International Research Unit of Advanced Future Studies (IRU-AFS) Kyoto University

IRU-AFS

「京都大学研究連携基盤」 2015 - 2019年度

未来創成学国際研究ユニット 活動報告書

未来創成学国際研究ユニット　研究推進戦略室

〒606-8502　京都市左京区北白川追分町　京都大学基礎物理学研究所　　Mail：future@yukawa.kyoto-u.ac.jp

International Research Unit of Advanced Future Studies (IRU-AFS) Kyoto University

IRU-AFS

「京都大学研究連携基盤」

未来創成学国際研究ユニット
プログラム紹介

未来創成学国際研究ユニット　研究推進戦略室

〒606-8502　京都市左京区北白川追分町　京都大学基礎物理学研究所　　Mail：future@yukawa.kyoto-u.ac.jp

未来創成学国際ユニットとは

未来創成学国際研究ユニットでは、「多様な現象に潜むアナロジー」「複雑な現象に隠されたフラクタルと呼ばれる単純な入れ子的な関係やダイナミックス」「時間・空間現象に見られる対称性の破れ」の3つの観点に着目する。その上で、創発現象の質的な違いや時間・空間スケールの違いに依存しない普遍原理の探求に向けて、異分野融合による知的冒険を推進し、新学術領域を創出することを目的する。さらに、多様な創発現象に潜む普遍原理の理解を深め、人類のよりよき未来創造を可能とする新たな俯瞰的学問体系として「未来創成学」の構築を目標とする。

構成員

アドバイザー
- 山極　壽一（京都大学）
- 篠原　総一（京都学園大学）
- 塩田　浩平（滋賀医科大学）

ユニット長
- 青木　慎也（京都大学 基礎物理学研究所）

副ユニット長
- 岡本　久（学習院大学 理学部数学科）
- 溝端　佐登史（京都大学 経済研究所）

参加教員
- 浅井　歩（京都大学 大学院理学研究科附属天文台）
- 磯　祐介（京都大学 大学院情報学研究科）
- 岩﨑　奈緒子（京都大学 総合博物館）
- 上原　麻有子（京都大学 大学院文学研究科）
- 内田　由紀子（京都大学 こころの未来研究センター）
- 大串　隆之（京都大学 生態学研究センター）
- 大野　照文（三重県総合博物館）
- 岡田　暁生（京都大学 人文科学研究所）
- 大浦　拓哉（京都大学 数理解析研究所）
- カール ベッカー（京都大学　学際融合センター）
- 河合　俊雄（京都大学 こころの未来研究センター）
- 岸本　泰明（京都大学 エネルギー理工学研究所）
- 久代　恵介（京都大学 大学院人間・環境学研究科）
- 佐々木　節（東京大学 カリブ数物連携宇宙研究機構）
- 柴田　一成（京都大学 大学院理学研究科附属天文台）
- 高林　純示（京都大学 生態学研究センター）
- 高田　匠（京都大学 原子炉実験所）
- デビッド　ダルスキー（京都大学 国際高等教育院）
- 富田　直秀（京都大学 大学院工学研究科）
- 中野　伸一（京都大学 生態学研究センター）
- 西平　直（京都大学 大学院教育学研究科）
- 西村　和雄（京都大学 経済研究所）
- 藤井　紀子（京都大学 原子炉実験所）
- 宮沢　孝幸（京都大学 ウイルス・再生医科学研究所）
- 村瀬　雅俊（京都大学 基礎物理学研究所）
- 山田　道夫（京都大学 数理解析研究所）
- 山口　栄一（京都大学 大学院総合生存学館（思修館））
- 山内　淳（京都大学 生態学研究センター）
- 吉村　一良（京都大学 大学院理学研究科）
- 渡辺　優（京都大学 基礎物理学研究所）

連携推進委員会

委員長
- 村瀬　雅俊（京都大学 基礎物理学研究所）

委員
- 西平　直（京都大学 大学院教育学研究科）
- 高林　純示（京都大学 生態学研究センター）
- 富田　直秀（京都大学 大学院工学研究科）
- 吉村　一良（京都大学 大学院理学研究科）

研究推進戦略室

室長
- 村瀬　雅俊（京都大学 基礎物理学研究所）

委員
- 笠原　のりこ（京都大学 学術研究支援室）
- 鈴木　あるの（京都大学 大学院理学研究科）
- 常見　俊直（京都大学 大学院理学研究科）

理学研究科・花山天文台
宇宙総合学研究ユニット

経済研究所
人文科学研究所
工学研究科
医学部附属病院

教育学研究科
こころの未来研究センター
国際高等教育院
文学研究科

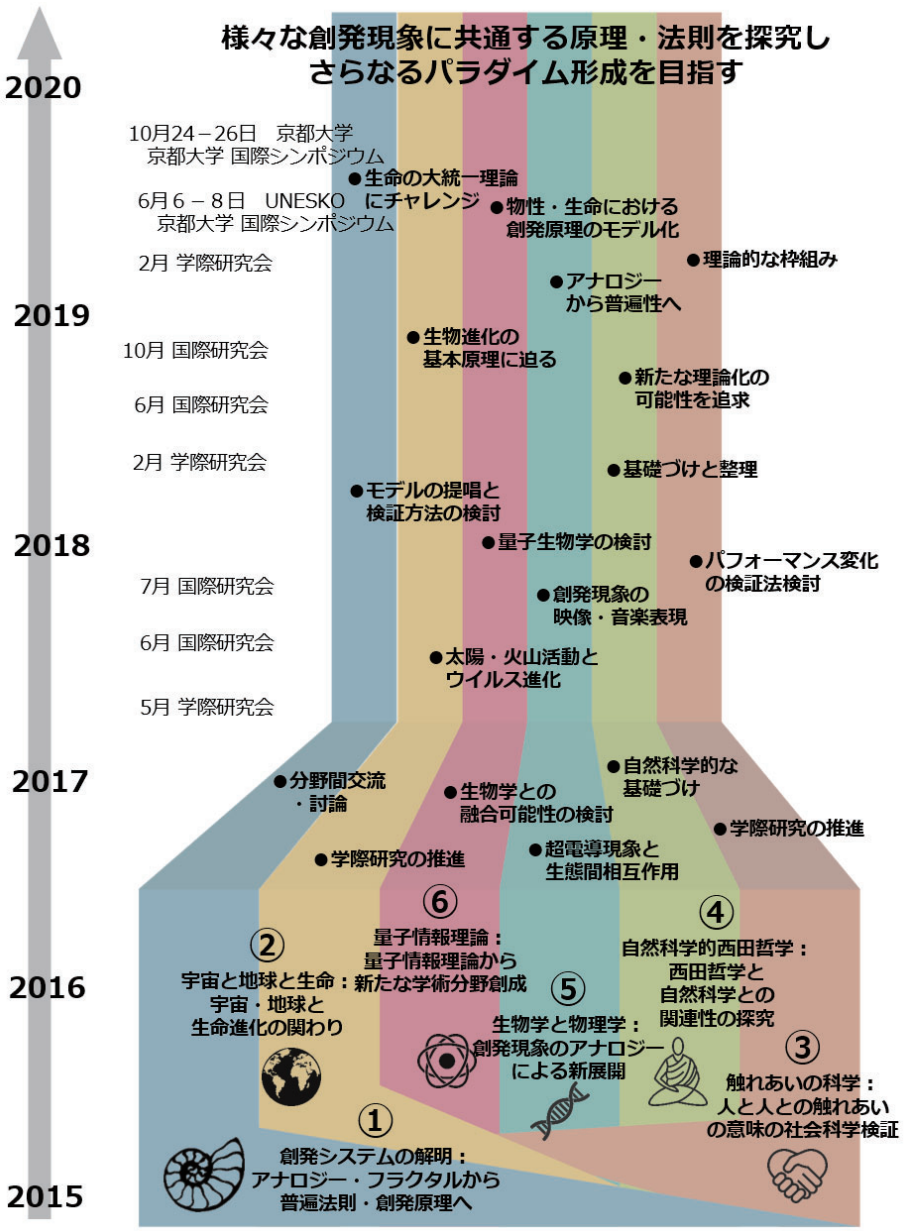
生態学研究センター
複合原子力科学研究所
ウイルス・再生医科学研究所

理学研究科・化学専攻

基礎物理学研究所
数理解析研究所
情報学研究科
思修館
総合博物館
人間・環境学研究科
エネルギー理工学研究所

研究事業ユニット全体のロードマップ

「創発現象」に関わる4つの課題として【1. 創発原理の探求】【2. 相互作用の探求】【3. アナロジーによる創発】【4. 基盤科学の推進】を設定する。それらの課題の中で6つの研究テーマを選定し、国内外の学際研究連携と国際共同研究ネットワークの構築に向けた異分野交流を実施する。



①創発原理の探求：
アナロジー・フラクタルから普遍法則・創発原理へ

普遍法則・創発原理の探求にむけて、仮設的モデルの提唱と検証、それに基づく創発理論の提唱を目指す。

②相互作用の追求：
宇宙と地球と生命のかかわりの探求

太陽活動と宇宙進化の理論的、および実験的研究を推進する。

③相互作用の追求：
触れあいの科学

人と人が言語あるいは手と手を触れあうことによる人の環境応答能の変化を探る。教育・スポーツ・医療看護・心理学・経済学における事例を検証する。

④アナロジーによる創発：
西田哲学と自然科学のアナロジーによる新領域探索

西田哲学の場の概念とフラクタル性の検討を行うとともに、自然科学との関連性　探究を通して、新領域探索を行う。

⑤アナロジーによる創発：
生物学と物理学のアナロジーがもたらす新展開

電子対形成と巨視的現象創発の理論と生態学間接効果・ネットワーク現象とのアナロジーがもたらす新展開を目指す。

⑥基盤科学の推進：
数理科学と量子情報理論

量子情報理論の誤り補正理論、誤り補正理論の統計力学への展開、生物学と量子情報理論の融合を推進する。

京都大学国際芸術フォーラム 2017

三重・国際シンポジウム 2017

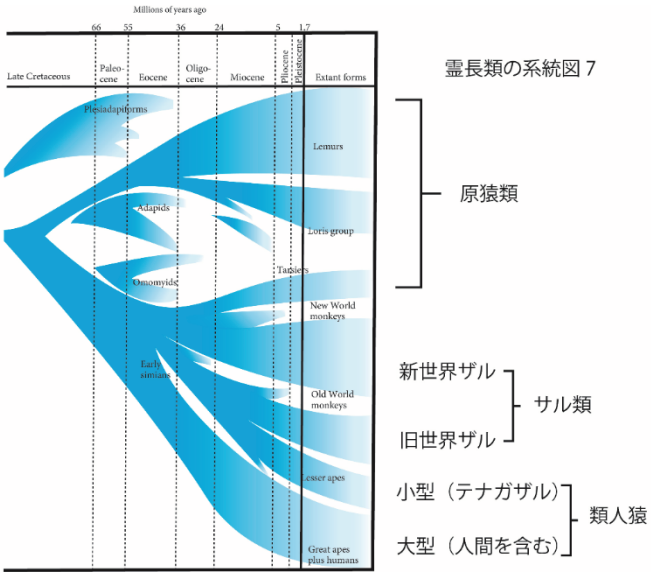
京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー

人類の終末は物語の消滅と共にやってくる

山極寿一

サルや類人猿の物語

人間以外の霊長類であるサルや類人猿（図 1）と最も大きな違いは、人間が物語を作る能力に長けていることである。すでに、人間は現実ではなく、物語の世界に「生きている」と言っても過言ではない。それはもちろん、人間が言語を操ることに由来するのだが、物語を「作る」能力は言語以前に登場したと私は考えている。



物語は、さまざまな物や生物、仲間との関係を認識し、そこに持続性が一定にあることを仲間との間で共有することによってできる。サルや類人猿（小型類人猿はテナガザル、大型類人猿はオランウータン、ゴリラ、チンパンジー）でも、群れを作って暮らす種類であれば、その能力をいくらか持っていることは容易に想像できる。彼らの暮らしの目標はいかにおいしい食べ物を安全に食べるかであるから、食べ物のありかを示す自然の徴候や仲間のしぐさについて共通の認識を持っているはずだ。食物の量も場所も時期も限られているから、その情報を的確に読んで効率よく採食する必要があるし、仲間とけんかをしないように食べなければならない。ニホンザルは強い仲間の前では食物に手を出さないようなルールをもっているので、食物を目にしたとき、仲間との間でどういったドラマが展開するか、その場にいるサルたちは予想しているはずだ。ゴリラは食物をめぐるトラブルが生じると、近くにいる仲間が介入して仲裁する。だから、けんかをするゴリラは、そばのゴリラが介入してくると予想してぶつかり合うはずである。ただ、サルもゴリラも物語は自分が参加する場合に限られている。自分が感知しない場所で起こったことについては関心を寄せないし、そもそもそれは彼らにとって「起こらなかったこと」なのである。

Kyoto Transdisciplinary & Transnational Forum 2018

無と全体の輪廻
Circle of Emptiness and Wholeness

◎日時／Date
2018年6月3日(日)
June 3 (Sun), 2018
13:00-18:30

参加無料・事前登録不要
Admission Free,
No Reservation Necessary

◎場所／Venue
京都大学基礎物理学研究所　パナソニック国際交流ホール
Panasonic Hall, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University

■司会／Chair　八木 匡 (同志社大学)　Tadashi Yagi (Doshisha University)

■挨拶／Opening Remarks　青木慎也 (京都大学基礎物理学研究所 所長)
Sinya Aoki (Director, Yukawa Institute of Theoretical Physics, Kyoto University)

第1部／Part I
無と宇宙
Emptiness and Universe
13:00-14:30
日本語／In Japanese

◎パネル討論／Panel Discussion

■パネリスト／Panelists

柴田一成(京都大学、宇宙物理学)
Kazunari Shibata (Kyoto University, Astrophysics)
青木慎也(京都大学、素粒子物理学)
Sinya Aoki (Kyoto University, Particle Physics)
西平 直(京都大学、教育人間学)
Tadashi Nishihira (Kyoto University, Life Cycle Studies)
村瀬雅俊(京都大学、未来創成学)
Masatoshi Murase (Kyoto University, Advanced Future Studies)

◎DVD「古事記と宇宙」上映／DVD "Kojiki and the Universe"
喜多郎(音楽家)　Kitaro (Musician)
柴田一成　Kazunari Shibata

15分休憩／15 min Break

■司会／Chair　村瀬雅俊 (京都大学)
Masatoshi Murase (Kyoto University)

第2部／Part II
虚と実
Nothing and Existence
14:45-16:15
日本語／In Japanese

◎座談会「未知への挑戦――人類進化の視点から」
Round-table Talk "Challenging Uncertainty for Evolving Humans"
山極壽一(京都大学 総長)
Juichi Yamagiwa (President, Kyoto University)
黒川 清(政策研究大学院大学・東京大学 名誉教授)
Kiyoshi Kurokawa (Professor Emeritus, National Graduate Institute for Policy Studies/the University of Tokyo)

◎DVD「虚と実」上映／DVD "Nothing and Existence"
ツトム・ヤマシタ(音楽家)　Stomu Yamash'ta (Musician)

◎パネル討論／Panel Discussion

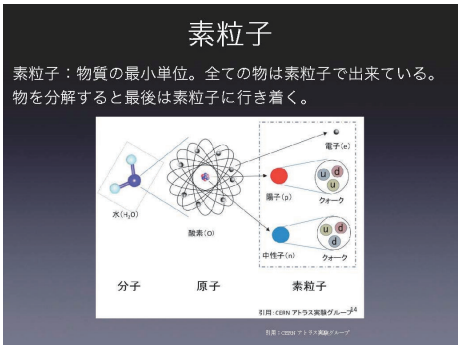
■パネリスト／Panelists

八木 匡(同志社大学、経済学)
Tadashi Yagi (Doshisha University, Economics)
吉村一良(京都大学、化学)
Kazuyoshi Yoshimura (Kyoto University, Chemistry)
阿部健一(総合地球環境学研究所)
Ken-ichi Abe (Research Institute for Humanity and Nature)

素粒子と宇宙

青木慎也

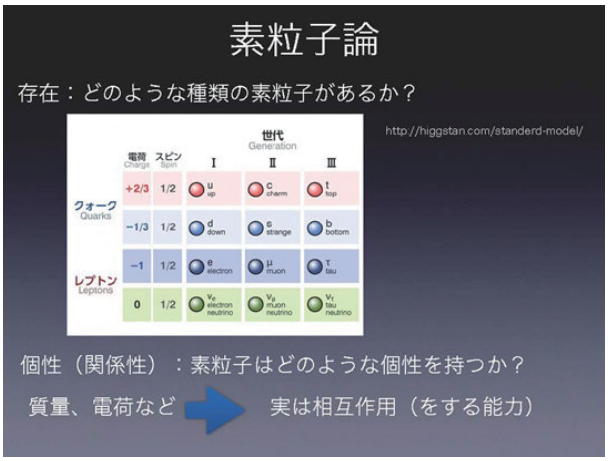
素粒子というのは、物質の最小単位です。ものをどんどん細かくし、最後にどうなるのかということです。私たちは素粒子からすべての物質ができていると考えています。少し要素還元的で傲慢な考え方かもしれませんが、すべてのものは最後に素粒子になるとしています。そういうことを研究しています。



たとえば、はじめに水という物質を考えましょう。それが分子でできていると人類は気がつき、よく見ると分子は水素と酸素という原子でできていることがわかりました。どんどんと下のレベルにむかう。ところが、その原子のなかにも原子核と電子があることがわかってきました。さらに、原子核は陽子と中性子とでできています。

たいへん複雑なものが少数のもので説明できるようになってきています。いまではどこまで分解できるのかというと、陽子や中性子がクォークと呼ばれている粒子からできているだろうということがだいたいわかっています。「だろう」と言ったのは、じつはクォークと陽子や中性子は、その存在の仕方が少しちがうからです。私たちの認識では、陽子や中性子は実験で手に取って、操作することができるのですが、クォークは私たちが見ることはできないのです。けれども、その存在があるだろうと信じているのです。

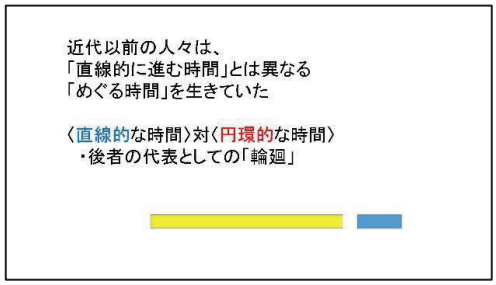
素粒子論は現在どうなっているのか、どのような種類の素粒子が存在しているのか。いま、クォークは 6 種類あることが、実験的にだいたいわかっています。そのクォークとはべつにニュートリノという物質があり、レプトンという名前がついていて、それも 6 種類存在します。数がそれぞれ 6 個ということには意味があると私たちは考えています。

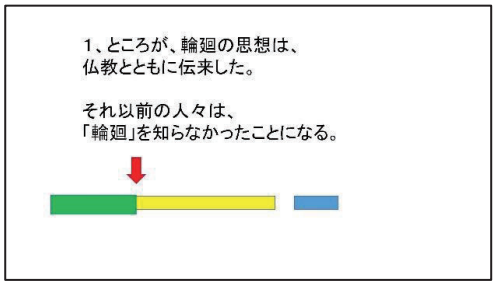


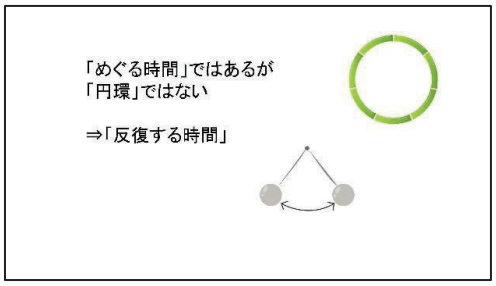
Kyoto Transdisciplinary & Transnational Forum 2018
「無と全体の輪廻　“Circle of Emptiness and Wholeness”」

輪廻ということ

西平直







「輪廻」とはいったいなにか。近代以前の人びとは「直線的に進む時間」とは異なる「めぐる時間」を生きていた、と私たちは考えます。直線に対して円環的。そして、円環の代表として輪廻と考えます。

しかし、輪廻という考え方は、日本には、仏教とともに入ってきました。ということは、仏教がくる前の日本列島の人びとは、輪廻を知らなかったことになります。仏教が伝来する以前の人びとは、直線的な時間でもないけれども、輪廻のように円環の時間でもない、別の時間を生きていたわけです。この点は話しだすと長いのですが、振り子のような「反復する時間」と考えられています。いわば、あの世とこの世を行き来する時間です。

重要なのは、一貫性をもたないという点です。昼と夜とがくり返される場合、私たちは昼と夜を合わせて1日だと考えます。しかし、この時代を生きていた人たちは、明るいと暗いが行き来すると考えました。一貫性を考えていなかったということが、いまの文化人類学で言われていることです。

そういう時代の人にとって仏教とともに入ってきた輪廻という考え方は、ある種の一方向性、たんに戻ってくる可逆的なものではなく、「生まれ変わる」という考え方をもちこんだことになります。

少しややこしい話ですが、仏教の目的は輪廻を教えることではなく、むしろ輪廻を克服することだったのです。和辻哲郎先生は「輪廻なきことが真相だ。それが仏教だ」と言いました。このあたりがじつはやっかいなのです。輪廻の信仰は仏教特有ではなく、むしろ古代インドの民間信仰でした。仏教は、輪廻信仰の克服をめざしたのです。つまり、ほんとうにことがわかれば、我もなく、したがって輪廻もないということです。みなさまは輪廻があると思っているでしょう。でも、これがないということがほんとうだよと、仏教は伝えようとしたのです。

大統一生命理論への挑戦

－自己・非自己循環理論の展開

村瀬雅俊
京都大学基礎物理学研究所

真理は「引き継がれる」ことはできず、絶え間なく再発見されねばならない。
ラマ・アナガリカ・ゴヴィンダ 『チベット密教の真理』59 頁（1991）

自然は‘創発現象’に満ちている。時間も空間もない「無」（真空）の状態において‘対称性の破れ’が起こり、宇宙の創成がはじまった。そして、生命の起源やこころの進化、文明の誕生など、実に、さまざまな‘時間・空間スケール’の創発現象が続いてきた。もちろん、バブル経済の破綻や新型インフルエンザのパンデミックの典型例から明らかなように、創発現象には秩序の‘生成と消滅’という‘両面性’が必ず含まれている。

さらに、これまでは客観科学の対象とはなり得なかった、私たち人類の主観的なこころのはたらきによる‘創造の瞬間’も創発現象といえる。アルバート・アインシュタインによる相対性理論やレオナルド・ダ・ヴィンチによるモナリザは、この創造の成果である。トルストイは「芸術家による創造の瞬間は解明不可能」と表現した。実際、創造の瞬間にはたらく‘創発原理’を解明することは、困難を極めた。おそらく、これまでは特定の視点や方法論に固執していたことが、困難を極めた原因と思われる。

そのため、異なる視点や方法論を駆使することで‘創発原理’の解明に向けた‘パラダイム転換’の可能性が拓かれると期待される。例えば、フランスの地理学者・オギュスタン・ベルグは「自然は考えるのか？」という奇妙な問いを提示した。それを受けて、自然界の創発現象を「学習過程」として捉えるという発想につながった。さらに、多様な視点からさまざまな創発現象を捉えることによって、共通した問題の構造が明らかになってきた。その一方で、切迫した問題の発生や思いもよらない問題解決が、多様な学問が交錯する境界領域で見られてきた。

本研究では、1960 年代に西洋の素粒子物理学者 Geoffret Chew によって提唱された Bootstrap Philosophy、すなわち「自然法則は前提と研究手法が自己無矛盾的であるべきとの要求から演繹される」との考え方、および東洋の哲学者である西田幾多郎の「個」と「全体」の共依存関係によって創発する「場の論理」を参考にする。さらに、生命現象の基礎理論として構築した‘自己・非自己循環理論’（村瀬雅俊、京都大学学術出版会 2000）、およびその一般化（M. Murase, Springer 2018）を基盤理論とする。その上で、物理学、生物学、心理学、看護学、医学、社会学、教育学、哲学などの多様な学問領域間の対話をとおして、解明不可能とされてきた‘創発原理’を‘大統一生命理論’の構築によって科学的に解明することを目指す。

KYOTO MANIFESTO II
ON
KYOTO SYMPOSIUM V

Polyphonic circular co-emergence

京 神話 - 動・不動の共創

日時 2019年 6月12日(水) 15:00～18:00
(受付 14:30~)

場所 同志社大学 クラーク記念館 入場無料
今出川キャンパス 〒602-8580 京都市上京区今出川通烏丸東入 (事前申込不要)

KYOTO MANIFESTO II
ON
KYOTO SYMPOSIUM V

プログラム

Session I
15:00-15:45

鼎　談

Society with harmony and co-creativity

スティーブン・ヒル（ウーロンゴン大学）
ラディヤ・ゴディナ・コシール（Circular Change 創設者）
八木 匡（同志社大学）

Stephen Hill(University of Wollongong)
Ladeja Godina Kosir (Circular Change, Founder and Executive Director)
Tadashi Yagi (Doshisha University)

Session II
15:50-16:35

鼎　談

Saving Our Shattered Science and Ourselves

村瀬 雅俊（京都大学）
藤野 正寛（京都大学）
藤田 一照（曹洞宗）

Masatoshi Murase (Kyoto University)
Masahiro Fujino (Kyoto University)
Issho Fujita (Soto Zen Buddhism)

主　旨

予測不能な現実世界に直面しながら
私たち人類はどういう路を歩んでいかなければ
ならないのだろうか？ この超課題への挑戦に向けて
東西叡智の統合と自然とのポリフォニーを享受する身心
変容が求められている。そこで本シンポジウムでは、経験と
科学の対話、身心変容の理論と実践、芸術と宗教の対話を通して
未来志向の解決を模索する。

How we human beings have to take steps toward the future?
Challenging to such transdisciplinary problems, we need the
integration of Eastern philosophy and Western Science, and even
polyphonic transformation of our bodies and minds. Through
the dialog between experience and science, theory and
practice of transformation concerning ourselves,
and the dialog between arts and religions,
we are discussing the creative problem
solving for these issues to
the future.

Session III
16:40-17:25

鼎　談

Polyphonic co-existence

邢 起林（太極文化伝承者 天真園創設者）
丸山 敏秋（一般社団法人 倫理研究所 理事長）
ツトム・ヤマシタ（音楽家 礼楽創者）

Xing Qi-lin (Founder Tian Zhen Yuan, Principal of Tianzhen traditional culture training school)
Toshiaki Maruyama (Chairman RINRI Institute of Ethics)
Stomu Yamash'ta (Musician)

Discussion
17:25-18:00

ツトム・ヤマシタ Stomu Yamash'ta
邢 起林 Xing Qi-lin
丸山 敏秋 Toshiaki Maruyama
村瀬 雅俊 Masatoshi Murase
八木 匡 Tadashi Yagi
スティーブン・ヒル Stephen Hill

主　催／京都大学 未来創成学国際研究ユニット
同志社大学 ライフリスク研究センター・創造経済研究センター
共　催／一般社団法人 倫理研究所・一般社団法人 虚空会
協　力／株式会社サウンド・コア
後　援／京都府、京都市（予定）

シンポジウムお問合せ先
同志社大学 創造経済研究センター 事務局
〒602-8580 京都市上京区今出川通り烏丸東入
TEL:075-251-3728　FAX:075-251-3727
rc-csce@mail.doshisha.ac.jp（代表アドレス）
創造経済研究センター HP：http://csce.doshisha.ac.jp

CSCE
CENTER FOR THE STUDY OF THE CREATIVE ECONOMY

宇宙の創成

－すべては重力が源－

佐々木節[1]
[1]東京大学　カブリ数物連携宇宙研究機構

misao.sasaki@ipmu.jp

要旨
ここでは宇宙がどのように生まれ，その中に自己組織化現象あるいは創発現象と呼んでよい，構造形成がどのようにして可能となったのかについて，そこで最も重量な役割を果たしたと考えられる「重力」の役割に注目しつつ，最近の観測技術の目覚ましい進歩によって分かってきた最新の宇宙像に沿って述べます。

Here we discuss how the Universe was born and its various structures, which can be called self-organization or emergent phenomena, were formed. We particularly focus on the essential role played by gravity while describing the up-to-date picture of the Universe revealed to us thanks to the rapidly advancing observational technologies.

キーワード：インフレーション宇宙，宇宙の構造形成，ブラックホール，熱力学第二則

keywords: inflationary universe, cosmological structure formation, black hole, second law of thermodynamics

1. 宇宙論とは

宇宙がどのように生まれて，どのような変遷を経て現在の姿になったのか？宇宙論はこの究極の疑問に答えようとする学問です。宇宙論自体は，文明の黎明期以来，人類の歴史とともに常に研究（？）されて来ていますが，それが自然科学として客観的な事実や推論に基づく研究分野となったのは，それほど古い話ではありません。現代的・自然科学的宇宙論は，やはりアインシュタインが一般相対論を発表した 1915 年以降に始まったと考えるべきでしょう(Einstein, 1915)。

一般相対論は，我々が存在するこの空間に時間を加えた時空間，約して時空が物質やエネルギーの単なる入れ物ではなく，それ自体が動的に変化する物理的対象であることを明らかにしました。そうすると一般相対論をこの宇宙に時空から対象を広げてこの宇宙全体に適用したらどのような宇宙像が得られるか，という自然な疑問が生じます。アインシュタインは，この問いに関して，最初は「答え」を想定して解を求めようとしました。すなわち，宇宙は静的で未来永劫不変に存在する，という答えです。しかし，これは失敗でした(Einstein, 1917)。

京大広報

随 想 「アリス　再考」

京都大学 複合原子力科学研究所　藤井紀子

ルイス・キャロルの『鏡の国のアリス』は、アリスが鏡の国へ入り、左右、前後、時間軸が逆な世界で冒険する話として有名ですが、やや、難解なところがあります。他方、我国の広瀬正もキャロルのアリスにインスパイアされ、『鏡の国のアリス』（集英社文庫）という同名小説を書いていますが、こちらは全く別のストーリーで、左右の問題に関してキャロルより深く掘り下げています。広瀬の小説では木崎という男が銭湯の湯船に漬かっている間に鏡の世界に入ってしまいます。いつの間にか男女が入れ替わっていたことに気付いた木崎が慌てて銭湯を飛び出すと、街はすべて自分の知っている光景と左右が逆になっていました。普通の文字が鏡文字、自動販売機のコイン入れ、すべての道具、すべての仕組みが左利き用に作られていました。木崎は元の世界で肩身の狭い左利きでしたので、鏡の国では、快適です。しかし、鏡の国では自分のアパートが消え、元の世界の友人もいなく途方に暮れてしまいます。ここで、木崎は運よく鏡の国の科学評論家、朝比奈に保護されます。朝比奈は木崎に、物質と反物質、パリティー非保存、対称と非対称、炭素化合物の鏡像異性体の概念を説明します。この問答が秀逸です。朝比奈は、銭湯の壁の絵の富士山が完璧な対称性を持っていたことが鏡の国にスリップした原因だと類推します。古来より完全な対称物を作ると、神様が嫉妬して神隠や物狂いなど、不吉なことが起こるので、対称形の建物には魔除けを作り、対称性を破っているのだという説も披露されています。左利きの木崎は、鏡の国の演奏会で左右鏡像のサキソフォンを吹いて絶賛されるなど、この世界に馴染んでいきます。しかし、そのような折に事の発端となった銭湯が取り壊され、もう一度、鏡の国の銭湯の女湯から入り、元の世界の男湯に戻ることを模索していた木崎は大いに打ちのめされるのです。果たしてこの小説の結末は？ご興味ある方には、ぜひ、ご一読をお勧めします。

さて、私たちの身体の細胞や組織の主要構成要素である蛋白質はアミノ酸が100-10000個結合したもので、血液、酵素、ホルモン、抗体、DNAとの結合、支持組織などとして主たる生命活動を直接的に担っています。アミノ酸には左手型に相当するL型と右手型に相当するD型があるのですが、生命発生以前の原始地球上でD-型は排除され、L-アミノ酸同士が結合して100%L-体の蛋白質ができ、今日の生命世界が樹立しました。L型とD型が混在しているとフォールデングができず、機能を獲得できないと思われるからです。そのため、蛋白質は生命活動維持のため、厳格なL-アミノ酸片手構造を保持することが必須で、生きている限り、L-アミノ酸からD-アミノ酸へ変わることはないと考えられていました。しかし、私たちはこの常識を覆し、加齢とともに蛋白質中でD-アミノ酸が増加し、それが蓄積していることを見出し、その生成機構を明らかにしました。D-アミノ酸は元々無かったのですから、加齢の分子指標となります。Lアミノ酸とD-アミノ酸は物性が同じなので、区別は困難です。しかし、片手構造物質と反応すると、見分けがつきます。たとえば、味覚です。我々の舌の受容体はL-アミノ酸ポリマーの片手構造蛋白質であるので、D-アミノ酸をなめると甘く感じ、L-アミノ酸はそれほど、甘く感じません。昆布などの旨味成分であるL-グルタミン酸ナトリウムは旨味として感じますが、D-体では全く旨味がありません。キャロルのアリスが「鏡の世界では、ミルクは美味しくないかもしれない」と言っているのは誠に当を得たセリフです。また、最近では我々の体内にも遊離型のDアミノ酸があり、神経伝達やホルモン分泌などに関与する機能を持っているなど、様々な機能が判明し、これら遊離型D-アミノ酸の合成や代謝に関する酵素などの研究も盛んに行われています。さらに、D-アミノ酸を含む短いペプチドが高等生物で見いだされ、D-アミノ酸であるがゆえにオピオイド活性を示すことが知られています。もし、この宇宙のどこかに鏡像体のD-アミノ酸生物がいたら、我々と全く同じ機能を持ち、我々と同様な文明社会を築いているかもしれず、そして、キラル物質に対して我々と真逆な反応をするかもしれません…。

かおりの生態学

－我々の認識を超えて今そこにあるかおりの世界を解読する－

高林純示
京都大学　生態学研究センター

植物は様々な器官からことなったかおりを放出します。それらのかおりは「誰がそれを受容するか？　（生態学的文脈）」に依存して様々な機能を示します。本章では特に、植食性節足動物（害虫）の食害を受けた植物葉から特異的に放出される揮発性物質（植食者誘導性植物揮発性物質) および、機械的傷を受けた葉から放出される揮発性物質に焦点を当て、我々のかおり受容の限界を超えた「植物の微量なかおりの世界」における、昆虫と植物との間のコミュニケーションや、植物と植物との間のコミュニケーションに見る生き物たちの不思議さ、面白さについて紹介します。

キーワード：寄生蜂、誘導的間接防衛、植物間コミュニケーション

1. 今そこにあるかおり

世の中には「花の匂い」や「茶の香り」など、わりと実感をもって理解できるものと、「風かおる五月」「田舎の香り」「夜のかおり」―植物には夜のかおりがあります―、あるいは「カバンに潜ませた麻薬の匂い」など、我々のかおり受容の限界を超え、実感をもって理解できないが「いまそこにある」かおりというものがあります。

たとえば、一般に犬の嗅覚は鋭く、最大で人間の 1000 万倍とも言われています。あれは確かドイツだったか、とある空港でのことです。カッコイイ犬を連れたお巡りさんが歩いており、こっち来ないかな、とのんきに見ていて、その犬が麻薬探知犬だとハタと気がついたことがあります（こっち来ないでね）。我々にわからない微量な麻薬のかおりをかぎ出す麻薬探知犬とは、一体どのような認識世界に住んでいるのだろうか、と改めて不思議に思うと同時に畏敬の念を抱いたことがあります。

昆虫も犬に負けず劣らずかおりには敏感です。ドイツ・ブラウンシュ工科大学の Stefan Schultz 教授によると、蛾のメスの性フェロモン受容感度は、犬の嗅覚受容感度と同じレベルだそうです。性フェロモンの例以外でも、我々には感知できない様々なかおりが、様々な生きものの関係性のなかで重要な役割を果たしている場合が、多くあることがわかってきました。本章では、我々の認識を超えた「かおりの世界」における、昆虫と植物との間のコミュニケーションや、植物と植物との間のコミュニケーションに見る生き物たちの不思議さ、面白さについて紹介します。

正常な狂気

－法則から逸脱して不連続を乗り越える アート視点－

富田直秀
京都大学　工学研究科医療工学分野

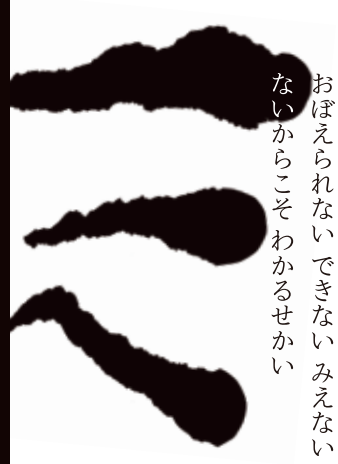
学問は、歴史と法則性から未来を予測するが、その法則性はあくまである環境・条件内でのみ成り立つのであって、私たちの生活には、単一の法則や物語のみでは予測し得ない数多くの不連続性がある。そこに求められるのは、あえて法則や習慣性から逸脱する「狂気」、つまり、ヒトや社会の不連続性に対峙して、機敏に判断を変えていく本能のようなものではないだろうか。注意しなければならないのは、狂気は「強いものが弱いものを虐げない」という基本的な原則の上に成立していなければならないことである。強いものが弱いものを虐げると、そこに多様性は失われ、異常な状態（悪循環）が生じる。このような環境では、狂気は一変してとても醜い破壊エネルギーに変換されてしまう。

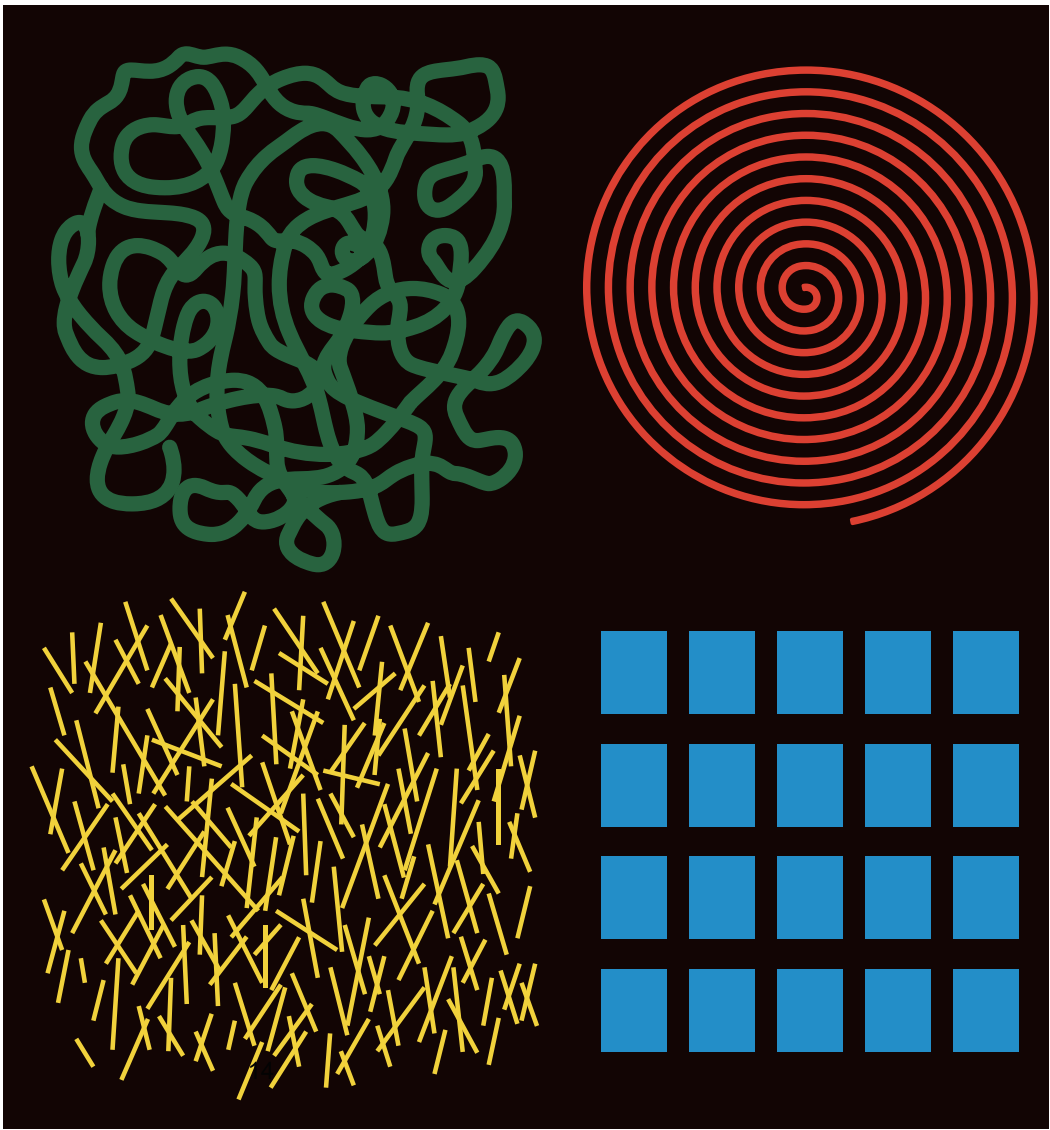
本稿では、「正常な狂気」、つまり、弱さを虐げないように注意をしながら、あえて法則や習慣性から逸脱して、ものごとの不連続性に対峙するものつくりの実例を紹介する。また、「１人になりたいけれど寂しい」「知りたいけど知りたくない」「安楽だと苦しくなる」「無視されるとつらい、同情されるともっとつらい」といった現場で対峙する矛盾を、形式化された哲学用語ではなく、可及的にテクノロジーの言葉で表現し、発明原理に結び付けて考察する。そうして、狂気を含みながら異常（悪循環）に陥らず、創造と発展性を維持する具体的なシステムの例として、縮退原理を用いた発明原理と知的財産システムを紹介・提案する。

キーワード：制御と学習、行為としぐさ、縮退、アート視点、デザイン

ない をたのしむ 展

おぼえられない できない みえない きこえない
ないからこそ わかるせかい





2019年
3月13日［水］－24日［日］
9時30分－16時30分（入館は16時まで）

㊡ 月・火曜日
（平日・祝日にかかわらず）

京都大学総合博物館
〒606-8501 京都市左京区吉田本町
TEL(075)753-3272 http://www.museum.kyoto-u.ac.jp/

イノベーションと科学の同時危機 －脱却への処方に向けて

山口栄一
京都大学　総合生存学館

要旨　21 世紀日本におけるイノベーションと科学の同時危機がどのようにして起きたのか。それを、イノベーションの源泉に立ち戻って分析する。イノベーションには 2 次元構造が存在し、その中で最も重要なものが「パラダイム破壊型イノベーション」であることを論ずる。1990 年代に世界的に起きた「大企業中央研究所の時代の終焉」の後、米国は「パラダイム破壊型イノベーション」を生み出すための新しいイノベーション・モデルとそれを具体的に創りだす SBIR(Small Business Innovation Research)プログラムという政策を「発見」してイノベーション生態系の再構築に成功した。いっぽう日本は、イノベーションの源泉に対する政策的洞察を怠って、イノベーション生態系の構築に失敗し、「漂流」した。その「漂流」は、21 世紀に入ってから日本の科学アクティビティの衰退にまで波及して、この同時危機に発展した。この同時危機から脱却するために、イノベーション生態系をどのように再構築すればよいか。イノベーション・ダイヤグラムに基づいて、その具体的な処方箋を提案する。

キーワード：パラダイム破壊型イノベーション、イノベーション生態系（エコシステム）、イノベーション・ダイヤグラム、SBIR

Abstract:　How has the simultaneous crisis of innovation and science of Japan in the 21st century occurred? I analyze it by returning the source of innovation. I have found that there is a two-dimensional structure in the innovation and that the most important one is "paradigm disruptive innovation". After the "end of the era for the large corporate research laboratories" which occurred globally in the 1990s, the United States introduced a new innovation model to create "paradigm destructive innovation" by introducing SBIR (Small Business Innovation Research) Program, and successfully reconstructed the innovation ecosystem. On the other hand, Japan neglected policy insights into the source of innovation, failed to build innovation ecosystems, and "drifted". That "drift" has spread to this simultaneous crisis. How can we reconstruct the innovation ecosystem to escape from this simultaneous crisis? Based on the innovation diagram, I propose concrete prescription.

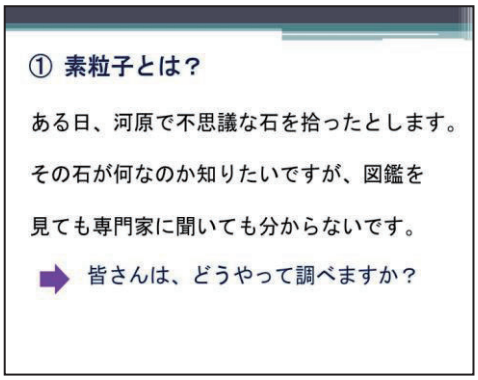
京都大学未来創成フォーラム（京都大学ジュニアキャンパス 2018）
これからの未来を創る学びとは？

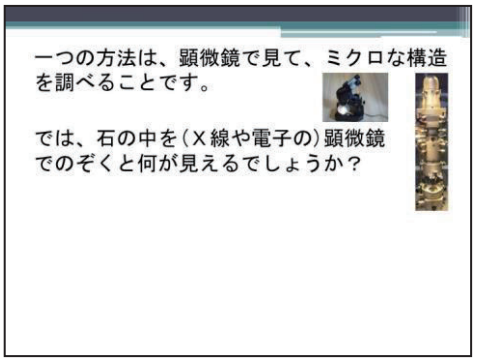
日時：2018 年 10 月 27 日
場所：京都大学 百周年時計台記念館 記念ホール

「素粒子の謎に迫る」
高柳 匡　京都大学基礎物理学研究所

これからお話しすることは、素粒子とはどういうものかということや、最新の研究はどういうものかです。素粒子は、ものごとを小さく見ていったときになにが残るのかという話なのですが、そういうことを考える、ミクロな話を考えてゆくと、最後には宇宙の話、逆に大きなものに行きつくというお話をさせていただきたいと思います。

みなさんにとって物理は理科の科目の一つだと思うのですが、ものの法則を調べる学問です。自然界の法則を調べる、たとえばものを落としたときにこれがどうやって落ちるのか、どのくらいの速さで落ちるかといったことを研究する分野ですが、最後には、その最先端のお話をさせていただきたいと思います。





最初に、かんたんな質問から入っていきます。みなさんは子どものときに、たとえば小学生のころ――いまでも好きな方はいらっしゃるのではないかと思うのですが、川原できれいな石を拾うと思います。いろいろな石があります。とくにそのなかで自分の気になったものを家にもって帰ったとします。石に興味のある人だったら図鑑で調べて「どれかな」と考えたりしてみます。それでもわからない場合は、まちの専門家、石の博士のような人に聞いてみます。

だけれども、そういうことをしてもわからない石だとします。そうしたらどうするでしょうか。みなさんが研究者になった立場で、ちょっと考えてみていただきたいのです。どうしてもその石を知りたい。どうやって調べたらよいか。どんな本にも載っていない。

そういうことを考えるのが研究者の仕事なのですが、いろいろな方法があります。いちばんある意味強力な方法は、つぎのような方法です。思いついた方もいるのではないかと思います。

Kyoto University

International Symposium on Advanced Future Studies

October 24th(Thu)-26th(Sat.), 2019

24th &25th : The International Conference Hall
26th : Kyoto University Clock Tower Centennial Hall

Yoshida honmachi, Sakyo-ku, kyoto http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/clocktower

URL:http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/sympo2019/en/

The present Kyoto University International Symposium covers various fields of the research project on the basis of The International Research Unit of Advanced Future Studies. It was established on July 28, 2015 in collaboration of 12 (now 20) Kyoto University research organizations, and has been operated by the Yukawa Institute for Theoretical Physics (YITP). Its vision is to drive intellectual adventures of trans-disciplinary integration for paradigm shifts in exploration of universal laws and emerging principles governing the living organisms, materials, mind, human societies, education and economics, and to guide our future. IRU-AFS leverages its international research networks with many global guest faculties to promote its original research.

Kyoto University Clock Tower Centennial Hall

Cooperation

Astronomical Observatory, Graduate School of Science, Kyoto University / Kyoto University Unit of Synergetic Studies for Space / Institute of Economic Research, Kyoto University / Institute for Research in Humanities, Kyoto University / Graduate School of Engineering, Kyoto University / Kyoto University Hospital / Kokoro Reserch Center, Kyoto University / Institute for Liberal Arts and Sciences, Kyoto University / Graduate School of Letters, Kyoto University / Center for Ecological Research, Kyoto University / Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University / Institute for Frontier Life and Medical Sciences, Kyoto University / Department of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University / Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University / Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University / Graduate School of Informatics, Kyoto University / Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability (Shishu-Kan), Kyoto University / The Kyoto University Museum / Graduate School of Human and Environmental Studies,Kyoto University

京都大学研究連携基盤「International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University」

〒606-8502　京都市左京区北白川追分町　京都大学基礎物理学研究所　　Mail：future@yukawa.kyoto-u.ac.jp

京都大学未来創成学国際研究ユニット・シンポジウム

中日新聞　2018年(平成30年)11月19日(月曜日)　三紀広域 広域 三重　12

「学び」続け独自視点

ウィーン大名誉教授が講演

京都大と県総合博物館は十七日、世界的な研究者らが「学び」について語るシンポジウムを、津市の同博物館で開いた。デジタル技術が発展した時代の学びのあり方を、生物学や倫理学、医学など、幅広い観点から専門家らが語った。（森耕一）

県総合博物館 京大と共催

分野を横断して未来の姿を研究する「京都大未来創成学国際研究ユニット」の活動で、博物館の大野照文館長がユニットに参加しているため共同で開催した。

顕微鏡が必要な小さな貝の研究で世界を代表するオーストリア・ウィーン大のヨハン・ホーエネガー名誉教授が特別講演。地理学や生物学、フレンチホルン演奏など複数候補から専門分野を選んでいた学生時代の思い出を披露した。

ホーエネガーさんは、貝の生態を調べるため、日本を含め世界中の海に入る一方、高度な数学や生態学、コンピューターによる解析など、さまざまな分野を学ぶことで貝の生態を解明してきたことを紹介。「学び、研究を続けることで、種とは何であるかという生物学の根本的なことについて、独自の視点を得ることができた」と語った。

倫理学の専門家は、現代社会の課題を経済、社会、公共、文化など多角的な側面から分析することで、意見の対立を乗り越えていくことを提案。県内の高校教諭らは、理科教育など県内で新しい学びを探る活動も報告した。

三重高校一年の沖田龍之介さん(一六)は「難しい内容だったけれど、研究がいろいろな分野の組み合わせでできているのが分かった。専門家がとても楽しそうに研究を話しているのが印象的だった」と話した。

貝の研究に高度な数学を使っていることを紹介するホーエネガー名誉教授＝津市の県総合博物館で

イベント、研究業績

国際芸術フォーラム2017

2017年2月10日（金）
京都大学

KYOTO SYMPOSIUM 4

2017年6月4日（日）
同志社大学

こころの健康づくりシンポジウム

2017年12月16日（土）
日本赤十字豊田看護大学

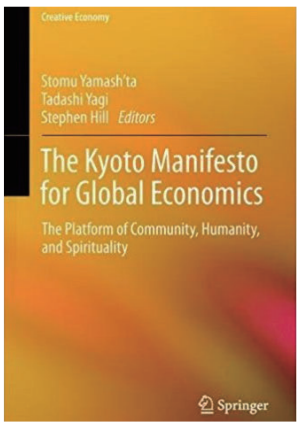
KYOTO Transdiciplinary & Transnational Forum 2018

2018年6月3日（日）
京都大学

国際共同研究成果

The Kyoto Manifesto 2018

執筆者：山極壽一、吉村一良
村瀬雅俊　ほか



シンポジウム・市民講座	2015年：4件、2016年：8件、2017年：10件、2018年：8件、2019年：7件（予定）
共同研究、教育等	▸スペイン・複雑系物理学研究所との学術交流協定の締結（調整中） ▸インハ大学との学術交流協定の締結 ▸京都大学社会連携講座「未来創成学への招待」開講 ▸京都大学大学院横断教育科目「未来創成学」開講
招聘外国人教員	2015年：9人、2016年：6人、2017年：8人、2018年：9人、2019年：9人（予定）

IRU-AFS

未来創成学国際研究ユニットは、平成25～26年度に採択された統合創造学創成プロジェクト（研究代表者：村瀬雅俊）の研究活動に基づき、基礎物理学研究所が主体部局となり、京都大学の研究所・センター・研究科など12部局（平成31年現在20部局）が参画して、平成27年7月28日に発足しました。異分野を統合することの知的冒険によって、生命・物質・こころの世界、あるいは人間社会・教育・経済を貫く普遍法則や創発原理を探求し、未来を方向づけるパラダイム転換を目指しています。統合複雑系科学国際研究ユニット・宇宙総合学研究ユニットとも連携しながら、多くの外国人教員を迎え、国際規模での研究ネットワークの構築を進め、独創的研究を推進していきます。

2019/05

Advanced
Future
Studies

京都大学研究連携基盤
未来創成学国際研究ユニット

2015年度 活動報告書

2015 年度 活動報告書

未来創成学について

1. 未来創成学とは
2. 事業の概要と目的
3. 研究概要
4. メンバー

1. 未来創成学とは

未来創成学国際研究ユニットは、平成 25 ～ 26 年度に採択された統合創造学創成プロジェクト（研究代表者：村瀬雅俊）の研究活動に基づき、基礎物理学研究所が主体部局となり、京都大学の研究所・センター・研究科など 12 部局が参画して、平成 27 年 7 月 28 日に発足しました。異分野を統合することの知的冒険によって、生命・物質・こころの世界、あるいは人間社会・教育・経済を貫く普遍法則や創発原理を探求し、未来を方向づけるパラダイム転換を目指しています。統合複雑系科学国際研究ユニット・宇宙総合学研究ユニットとも連携しながら、多くの外国人教員を迎え、国際規模での研究ネットワークの構築を進め、独創的研究を推進していきます。

2. 事業の概要と目的

事業概要

未来創成学国際研究ユニットでは、異分野を統合することの知的冒険によって生命・物質・こころの世界、あるいは人間社会・教育・経済の世界を貫く普遍法則や創発原理を探求し、未来を方向づけるパラダイム転換を目指します。

そのために、まず「世界の記述は客観的でなければならない」という一方向的記述形式の根本的前提に異議を唱え、その上で「人間が創り出した科学や文化が、逆に人間に影響する」という観点に立脚します。この種の双方向的な「創造的破壊現象」は、人間を取り巻くマクロな経済・社会、あるいは人間のこころの問題から、ミクロな量子世界の問題に至るまで幅広く存在し、科学者を翻弄・魅了して止みません。

これらの未科学・未踏領域の諸問題解明に向けて、学際・国際・人際ネットワークを駆使して挑戦していきます。

事業目的

生命・物質・こころ、あるいは人間社会・教育・経済は、異なる階層レベルのシステムです。本研究プロジェクトでは、それらを実在物とは考えず、ダイナミックなプロセスとして捉えます。

どの階層レベルのシステムにおいても、「プロセスの結果がプロセスそのものに影響を与える」とき、システムを構成している「要素」のスケールをはるかに超える大規模なパターンが突然創発します。このような「創造的破壊現象」として、生命の起源やこころの進化、科学者の新理論着想の瞬間や社会構造の自己組織化、さらにはパンデミックやバブル経済の崩壊、そして超伝導現象やミクロな世界の情報理論などが考えられます。様々な階層レベルのシステムに見られる多様な創発現象を、人文科学・社会科学および自然科学の叡智を結集して探求し、その背後に働いている普遍原理を探求するとともに、それぞれのシステムに特徴的な原理・法則の探求も行います。そのプロセスを通して、新たな学問の創成につながることこそが「未来創成学」の醍醐味であると考えています。

3. 研究概要

氏名 / 所属 / 役職	研究概要
カール　ブラッドリー　ベッカー / Carl Bradley Becker 京都大学こころの未来研究センター 教授	こころの未来研究センターでは、医療従事者の燃え尽き予防や、医療費配分の優先順位の根拠について研究している。具体的には、アントノフスキーの首尾一貫性感覚 (Sense of Coherence) という心理尺度で、問題が表面化する以前に防止可能と思われるので、介護者や看護師、教師などの SOC を測り、高めようと努めている。
藤井　紀子 / Noriko Fujii 京都大学原子炉実験所 教授	本研究分野では加齢や放射線、紫外線照射によってタンパク質中のアミノ酸上に変化・修飾を受けたタンパク質が、どのような過程を経て、高次構造に影響を及ぼし、病態へと至るかについての研究を行っている。 主な研究テーマは下記の通りである。 1. 放射線、紫外線、老化などによって生じるタンパク質中の異常アミノ酸の増加とタンパク質の構造変化、異常凝集化、機能変化に関する研究 2. タンパク質中のアミノ酸の反転（D- アミノ酸生成）とその生成機構 3. 紫外線による皮膚のタンパク質損傷 4. タンパク質中の D- アミノ酸の微量迅速定量法の開発 5. D-Asp 含有タンパク質特異的分解酵素の研究 6. 放射線耐性細菌の生体防御機構の研究
磯　祐介 / Yuusuke Iso 京都大学大学院情報学研究科 教授	逆問題解析、数値解析、偏微分方程式

氏名 / 所属 / 役職	研究概要
鎌田　東二 / Toji Kamata 京都大学こころの未来研究センター 教授	これまで、言霊思想、聖地論、神仏習合思想、翁童論（子どもと老人の問題）、霊性思想、『古事記』や神話について研究してきた。人は 世界をどのように認識しているのか、その認識過程で宗教体験（神秘体験・霊的体験）のような「超越」が起こる時、世界はどのように崩れたり、変化したり、再編集されたりするのか。言葉や場所や生命が生み出す超越性の仕組みやこころのさいはてを探るところから人間の可能性と不可能性をみきわめてみたい。
溝端　佐登史 / Satoshi Mizobata 京都大学経済研究所 所長	経済システム理論およびソ連における企業・産業システムに関する実証研究でスタートし、現在、経済システム、経済制度の研究を、日本およびソ連･ロシア、ヨーロッパ（東欧）、アジアの新興市場・市場経済移行諸国を対象として、実証研究を続けている。市場経済への経済システム転換において、市場経済移行政策、経済制度形成、企業構造とコーポレート・ガバナンス、経済主体の市場経済への適合行動に関する実証研究に焦点をあてている。
河合　俊雄 / Toshio Kawai 京都大学こころの未来研究センター 教授	心理療法の実践を通して、そこで出会う様々なこころの問題を研究することに加え、心理療法の歴史的・文化的な背景を検討し、そこに垣間見える現代のこころのあり方を捉えることを課題としている。フロイトによる精神分析では神経症を主な対象としてそれと密接に関係する自意識を前提としていたが、現代の意識はそれとは異なる特徴をもつように変化しているという仮説のもとで、解離症状や発達障害、さらに身体疾患における心理療法に着目して研究している。 またこれまで心理療法におけるイメージのはたらきに注目してきたが、最近は心理療法における弁証法的な動きに興味を持っている。方法論的には、心理療法を中心に、調査研究や文献研究も用いつつ、物語論的でない事例研究のあり方を模索している。
村瀬　雅俊 / Masatoshi Murase 京都大学基礎物理学研究所 准教授	生命とは何か？この古くて新しい問題はシュレーディンガーの名著『生命とは何か』(1944) の出版以来、多くの物理学者の関心を惹いてきた。 しかし、未解決のままのこされている問題である。従来までの要素還元論では、物質と生命の違いを捉えることはできない。そこで、要素過程にも着目することによって、生命と非生命の違い、あるいは病的状態と正常状態の違いなどを解明する取り組みを行っている。
中野　伸一 / Shin-ichi Nakano 京都大学生態学研究センター 教授	水域生態系中の微生物学的諸プロセスに注目し、微生物ループの構造と機能（物質循環）の解明を行っている。研究対象水域は、湖沼、沿岸海洋、河川。湖沼、沿岸海洋では、プランクトンの食物網に着目し、植物プランクトンの生態と細菌・超微細藻類と原生生物の食物網の研究を主に行っている。河川では、主に付着微生物を対象とした微生物食物網の研究を行っている。
西平　直 / Tadashi Nishihira 京都大学大学院教育学研究科 教授	専門は、教育人間学、死生学、比較思想、哲学。哲学にも心理学にも教育学にも飽き足らず、キリスト教や仏教思想に惹かれ、神秘思想からも多くを学びつつ、「人間形成における宗教性・超越性の問題」に焦点を絞り思想研究を継続している。
西村　和雄 / Kazuo Nishimura 京都大学経済研究所 教授	非線形経済動学、教育経済学、神経経済学
大野　照文 / Terufumi Ohno 京都大学総合博物館 教授	化石無脊椎動物の殻形態と機能の関係の研究（機能・形態学）、現生生物の実験結果に基づく古生物の生態復元（考現古生物学）についての研究。エディアカラ化石生物群を対象とした多細胞動物の起源についての研究。観察、推理、話し合い、確かめに基づく、科学的探求への動機付けのできる学習教材の開発。
岡田　暁生 / Akeo Okada 京都大学人文科学研究所 教授	十九世紀から二〇世紀前半に至る西洋音楽史は、芸術音楽と娯楽音楽の分裂のプロセスであった。ベートーヴェンからシェーンベルクに至るドイツ絶対音楽は自律美学に基づく高度の音の抽象化を目指し、他方ヴィルトゥオーソ音楽やオペラは革命後の近代市民社会にブランド化された上流娯楽を提供した。この分裂の様相の分析を通してヨーロッパ近代精神に迫りたい。

氏名 / 所属 / 役職	研究概要
岡本　久 / Hisashi Okamoto 京都大学数理解析研究所 副所長	流体力学に現れる非線型現象の解明のため、アルゴリズムの解析、実際の計算、及びその理論的解釈を総合的に行なっている。最近は精度保証計算にも興味がある。
大浦　拓哉 / Takuya Ooura 京都大学数理解析研究所 助教	数値解析の分野での基礎的な数値計算法の開発およびその解析を中心に行っている。これまでの主な研究内容は、フーリエ型積分変換の高速高精度計算の研究である。
佐々木　節 / Misao Sasaki 京都大学基礎物理学研究所 所長	一般相対論・宇宙論を中心とした理論物理学の研究を行っており、宇宙の起源と進化を理解することを目標に研究を進めている。
柴田　一成 / Kazunari Shibata 京都大学大学院理学研究科附属天文台 花山天文台 天文台長 / 教授	宇宙における激しい活動現象、とくに電磁流体的な爆発・ジェット・活動現象を研究している。研究手法としては、理論、とくにコンピュータ・シミュレーションを主としているが、観測データの解析（「ひので」衛星や飛騨天文台で得られた太陽フレアなどの観測データの解析など）も積極的 に進めている。近年は、太陽活動の地球への影響の予報、すなわち、宇宙天気予報や、さらに太陽フレアの生命への影響など、宇宙生物学、宇宙生存学という分野にまで研究が広がりつつある。
高林　純示 / Junji Takabayashi 京都大学生態学研究センター 教授	植物由来の揮発性成分が媒介する昆虫–植物間相互作用ならびに植物間コミュニケーションに関して化学生態学的手法を用いて研究している。
内田　由紀子 / Yukiko Uchida 京都大学こころの未来研究センター 特定准教授	私たちの周りにある価値観や思考様式などの「文化」とこころの関係に関心があります。幸福感・他者理解・対人関係についての文化心理学研究を進めてきました。こころの未来研究センターでは、精神健康を支える人間関係はどのようなものか、その文化的・社会的基盤について研究していきたいと考えています。
山田　道夫 / Michio Yamada 京都大学数理解析研究所 教授	2 次元および 3 次元の Navier-Stokes 方程式に従う流体の運動を研究している。対象となる流体運動は、流体乱流、回転乱流、微小生物に関わる遅い流れなどである。 乱流については流れの統計的特徴と相空間におけるカオス軌道の性質の関係、回転系の流れでは天体や地球惑星系における大規模流体運動と関連する波動と流れの相互作用、遅い流れでは微小生物の運動機構などについて興味を持ち、それぞれ理論的および数値解析的な研究を行うと共に、これらの研究に現れるデータ解析に必要な応用数学的手法の研究も行っている。
山口　栄一 / Eiichi Yamaguchi 京都大学大学院思修館 教授	21 世紀に入って、日本のサイエンス型産業の凋落が加速している。なぜこのような凋落が起きたのか。バイオ産業について、その凋落が じつは日本のイノベーション政策、とりわけ SBIR（Small Business Innovation Research）政策の失敗によるものであることを証明してきた。そこで、新しいイノベーションモデルを研究し、日本のイノベーション政策を改革するビジョンをデザインしながら、その中核をになうべき「イノベーション・ソムリエ」、すなわちサイエンスとイノベーションをつなぐ目利きを育成する大学院教育体系を研究している。
山内　淳 / Atsushi Yamauchi 京都大学 生態学研究センター 副センター長 / 教授	個体群動態、進化動態
吉村　一良 / Kazuyoshi Yoshimura 京都大学大学院理学研究科 教授	ここ数十年の間に多くの科学技術はわれわれの予想を遥かに超えて進歩している。それを支えているのは新規な物質（Material）の開発であり物質化学（Material Chemistry）の研究無くして現代のような科学技術の発展はありえない。金属元素を含む無機化合物を対象とし、化学的な見地から、高温超伝導など新たな量子現象を示す新物質を探索し開発することを目標にして研究を行っている。特に 21 世紀の材料を担うと期待される強い電子相関をもった系を中心に研究を行っている。

4. メンバー

構成員

役職	氏名	所属
ユニット長	佐々木　節	京都大学基礎物理学研究所　所長
副ユニット長	岡本　久	京都大学数理解析研究所　副所長
	溝端　佐登史	京都大学経済研究所　所長
参加教員	カール　ブラッドリー　ベッカー	京都大学こころの未来研究センター　教授
	藤井　紀子	京都大学原子炉実験所　教授
	磯　祐介	京都大学大学院情報学研究科　教授
	鎌田　東二	京都大学こころの未来研究センター　教授
	河合　俊雄	京都大学こころの未来研究センター　教授
	村瀬　雅俊	京都大学基礎物理学研究所　准教授
	中野　伸一	京都大学生態学研究センター　教授
	西平　直	京都大学大学院教育学研究科　教授
	西村　和雄	京都大学経済研究所　特任教授
	大野　照文	京都大学総合博物館　教授
	岡田　暁生	京都大学人文科学研究所　教授
	大浦　拓哉	京都大学数理解析研究所　助教
	柴田　一成	京都大学大学院理学研究科附属天文台 花山天文台　天文台長 / 教授
	高林　純示	京都大学生態学研究センター　教授
	内田　由紀子	京都大学こころの未来研究センター　特定准教授
	山田　道夫	京都大学数理解析研究所　教授
	山口　栄一	京都大学大学院思修館　教授
	山内　淳	京都大学 生態学研究センター　副センター長 / 教授
	吉村　一良	京都大学大学院理学研究科　教授

アドバイザー

役職	氏名	所属
アドバイザー	山極　壽一	京都大学　総長
	塩田　浩平	滋賀医科大学　学長
	篠原　総一	京都学園大学　学長

連携推進委員会

役職	氏名	所属
委員長	**村瀬　雅俊**	京都大学基礎物理学研究所　准教授
委員	**西平　直**	京都大学大学院教育学研究科　教授
	高林　純示	京都大学生態学研究センター　教授
	吉村　一良	京都大学大学院理学研究科　教授

研究推進戦略室

役職	氏名	所属
室長	**村瀬　雅俊**	京都大学基礎物理学研究所　准教授
委員	**笠原　のりこ**	京都大学学術研究支援室　リサーチ・アドミニストレーター
	杉原　忠	京都大学学術研究支援室　副室長
	鈴木　あるの	京都大学大学院理学研究科　学術推進部国際教育室　講師
	常見　俊直	京都大学大学院理学研究科　学術推進部社会交流室　講師

（姓アルファベット順）2016 年 3 月 31 日現在

2015 年度 活動報告書

活動報告

1. 2015 年度のイベント
2. 2015 年度の研究成果
3. アーカイブ
4. 招聘外国人教員
5. 電子ブック

1. 2015 年度のイベント

1. 京都大学国際ワークショップ「生命・物質・社会―想定外事態の創発―」

- 日時：2015 年 5 月 26 日（火） 15:30 ～ 19:00
- 場所：京都大学旧演習林事務室ラウンジ
- 詳細：http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/05/150526workshop_ja.pdf

京都大学・研究連携基盤・未来創成学国際研究ユニットの設置に先駆けて、京都大学国際ワークショップ「生命・物質・社会－想定外事態の創発－」が、京都大学旧演習林・ラウンジにて、2015 年 5 月 26 日に開催された。組織委員長は、村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所　准教授)、講演者は、Aage Moller（テキサス大学医学部　教授)、Cynthia Trevisan（カリフォルニア州立大学　准教授)、大野照文（京都大学総合博物館　教授)、山口栄一（京都大学大学院総合生存学館　教授）らである。 参加者は、約４０名であった。物質科学における量子描像と神経科学の最前線についての話題提供が Cynthia Trevisan、および Aage Moller の二人の外国人研究者によって行われた。また、教育とイノベーションの課題と展望についての話題提供が、大野照文と山口栄一によって行われた。生命、物質、社会は、背後に潜むダイナミックスが単純に見えるにもかかわらず、しばしば多様で複雑な創発現象を提示する。興味深いことに、異なる組織構成をした異なるシステムであっても、フィードバックプロセスが似ていると、同じような振る舞いを示す。この種のトピックスについて多くの観点から議論された。 本国際研究ワークショップは、文部科学省科学研究費助成事業　挑戦的萌芽研究「統合科学の創造と統一生命理論の構築」（研究代表者：村瀬雅俊・京都大学・ 基礎物理学研究所、課題番号 26560136）による研究費助成に基づいて実施された。

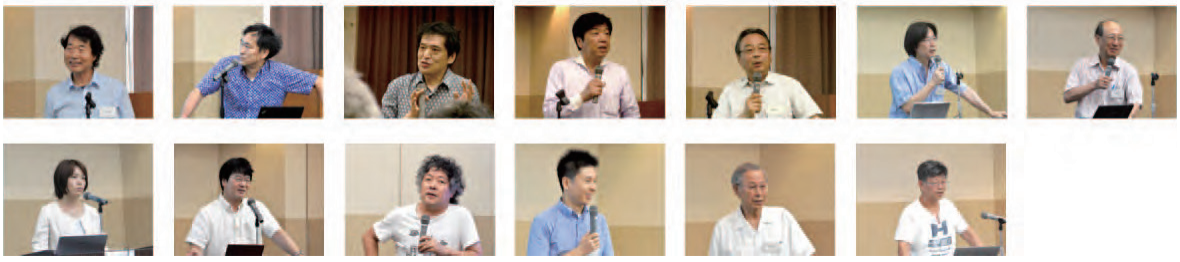
講演者：Aage Moller、テキサス大学医学部　教授（右端）

講演者：Cynthia Trevisan、カリフォルニア州立大学
准教授（右端）

2. 京都大学基礎物理学研究所　複雑系科学・未来創成学　学際シンポジウム
学際融合シンポジウム 京都大学基礎物理学研究所研究会
「複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る」

- 日時：2015 年 8 月 6 日（木）14:00 ～ 17:30、8 月 7 日（金）終日
- 場所：コープイン京都
- 趣旨：本学際シンポジウムでは、異分野を統合することの知的冒険によって、生命や人間、あるいはその総体である生態系や社会系、その産物である科学・技術・芸術・経済に見られる「創発現象」について議論したい。創発現象として、予期せぬ危機的状況ももちろん含まれる。「想定外」の問題が次々と出現することこそ、創発の本質と捉え、問題を創り出す創発現象を逆説的に利用することによって、問題解決がはかられる可能性についても議論する。すなわち、危機的問題の発生とそれらの問題に対する解決過程を、広く「複雑システムにおける創造的破壊現象」と捉え、その背後に働く普遍原理を解明するとともに一般法則を探求したい。
- スケジュール

日時	区分	講演者	講演タイトル
2015 年 8 月 6 日	講演	村瀬雅俊先生	複雑システム思考――未来創成学へのパラダイム転換
	講演	郡司幸夫先生	切り閉じとしての振る舞い
	講演	池上高志先生	情報のエンタングルメントによる間主観性の定量化
	講演	山口栄一先生	イノベーションの本質
	講演	三輪敬之先生	共創表現――場のファシリテーション技術
2015 年 8 月 7 日	講演	内海 健先生	自閉症スペクトラムと創造性
	講演	津田一郎先生	自己組織化再考――第二種自己組織化の可能性
	講演	内田由紀子先生	幸福感・ソーシャルキャピタルの文化的基盤：文化心理学からの検討
	講演	袖川芳之先生	消費本能～お金の量と時間密度と交換速度
	講演	茂木健一郎先生	The overflow model of the evolution of consciousness
	講演	小林泰三先生	動的過程の計算論
	講演	相澤洋二先生	非定常現象へのカオス理論の発展
	講演	池田研介先生	大学という現場：なぜ教育と研究なのか



3. 京都大学基礎物理学研究所　複雑系科学・未来創成学　学際シンポジウム
京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム 「未来創成学の展望」

・日時：2015 年 8 月 6 日（木）18:00 ～ 20:00

・場所：コープイン京都

・スケジュール：

日時	区分	講演者	講演タイトル
2015 年 8 月 6 日	挨拶	山極壽一先生 佐々木節先生 西村和雄先生 長谷川和子様	ごあいさつ
	講演	大野照文先生	進化制約から人の学びを解き放つには？
	講演	鎌田東二先生	未来創成学における身体の位置と力～身心変容技法と感覚価値
	講演	高林純示先生	生態系における生物間相互作用・情報ネットワーク
	コメント	茂木健一郎先生 篠原総一先生	

4. 遍歴磁性国際ワークショップ
International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism

＜協賛＞

・日程：2015 年 9 月 25 日（金）～ 9 月 27 日（日）

・場所：京都大学理学研究科セミナーハウス

・概要：本会議では、金属における遍歴電子の示す磁性がどのようなものであるか、またそれに関連してどのような新しい現象が現れるかを議論した。

口頭発表は全て招待講演者によるもので、海外からはアメリカ、中国、香港、ドイツ、フランス等からの研究者が新しい研究成果を披露した。参加者数はポスター発表も含めて計 81 名にのぼり、研究者、大学院生の枠を超えて活発な議論がなされた。

会議では 9/25 の夕方に Get Together（ウェルカム・レセプション）が開催され、海外、国内遠路からの参加者と交流を行った。9/26 は本国際ワークショップの組織委員長である京都大学理学研究科の吉村一良教授によるオープニングの挨拶で、遍歴磁性体の歴史的な発展と今後の展望について講演が行われた。その後、遍歴磁性の第一人者である兵庫県立大学物質科学研究科の高橋慶紀教授による遍歴磁性理論のレビューが講演され、ドイツ・ライプチッヒ大学（University of Leipzig）理学部長の Jürgen Haase 教授による銅酸化物高温超伝導体の発現機構の根幹に関わる実験結果についての講演が行われた。コーヒーブレイクをはさみ、フランス・グルノーブルのルイ・ネール研究所の Rafik Ballou 教授によるフラストレート系遍歴磁性化

合物についての中性子散乱実験に関する講演、高エネルギー研究所の門野良典教授による擬一次元スピン系についてのμオン・スピン共鳴を用いた実験に関する講演、東京大学物性研究所・所長の瀧川仁教授による NMR を用いた重い電子系に関する実験についての講演と、興味深い講演が続いた。昼食をはさみ、東京大学物性研究所の廣井善二教授の講演、名古屋大学理学研究科の伊藤正行教授の講演、日本原子力研究開発機構の神戸振作博士の講演、カリフォルニア大学デイビス校（UC DAvis）の Nicholas Curro 教授の講演、京都大学理学研究科の石田憲二教授の講演が行われ、初日の口頭発表は計 11 件で、16:00 まで続けられた。講演の中では、これまで遍歴電子磁性の理論的発展に貢献されてきた兵庫県立大の高橋慶紀先生の講演が印象的であった。この会議は今年退官を迎える高橋教授のメモリアルも兼ねている。

26 日夕方 16:30 から 18:30 までポスターセッションが行われた。ポスターセッションは海外の研究者から日本の大学院生まで幅広い内容で盛況に議論された。

27 日は午前中にコーヒーブレイクを挟んで、京都大学工学研究科・和氣剛博士、中国・浙江大学・方明虎教授、兵庫県立大学物質理学研究科・坂井徹教授、香港の香港中華大学の Swee K. Goh 教授、産総研・藤田麻哉博士、名古屋大学理学研究科・佐藤憲昭教授による遍歴電子磁性やエキゾティック超伝導に関する招待講演 6 件が行われ、13:00 からの京都大学工学研究科･中村裕之教授によるクロージングの挨拶により閉会した。

全体として非常に活発な議論が行われ、有意義なワークショップになった。

・詳細：http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/kinso/IWIEM/index.html

5. 未来創成学国際研究ユニット招聘外国人教員 Nicolas Schutz 氏セミナー

Multiproduct-Firm Oligopoly: An Aggregative Games Approach (joint with Volker Nocke)

京都大学経済研究所ミクロ経済学・ゲーム理論研究会との共催

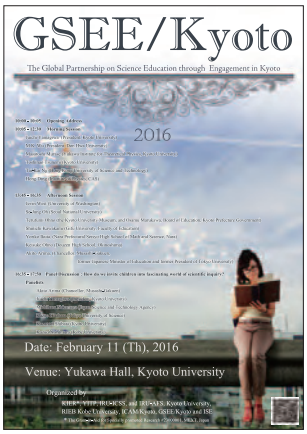
・講師：　Dr. Nicolas Schutz (University of Mannheim)

・日時：　2015 年 12 月 24 日（木）17:00 ～ 18:30

・場所：　京都大学経済研究所本館 1 階会議室

・詳細：　http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/category/events

6. GSEE/Kyoto 2016



- 日時：2016 年 2 月 11 日（木） 10:00 ～ 18:00
- 場所：京都大学基礎物理学研究所湯川記念館パナソニック国際交流ホール
- 講演内容：

1）Juichi Yamagiwa（President, Kyoto University）
“A Field Primatology -- A Window for Human Evolution”

2）M.K. Wu,（President, Don Hwa University）
“The role of regional university in local economic-social development ”

3）Masatoshi Murase（Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University）
“Astonishingly Interesting World of Science and Education: Knowing How We Know”

4）Toshinao Tsunemi（Kyoto University）
“Active and Experience-based Learning”

5）Tai-Kai Ng（Hong Kong University of Science and Technology）
“Challenges to（Science）Education in 21st Century”

6）Hong Ding（Institute of Physics, CAS）
“Science Education in China”

7）Jevin West（University of Washington）
“The Data Gold Rush in Science Education ”

8）Se-Jung Oh（Seoul National University）
“A new approach to enhance the public understanding of science in Korea”

9）Terufumi Ohno（the Kyoto University Museum, and Osamu Marukawa, Board of Education, Kyoto Prefecture Government）
“Cooperative challenge by staffs of Kyoto University and Kyoto Prefectural Government to stimulate learning motivation of school pupils”

10）Shinichi Kawakami（Gifu University, Faculty of Education）
“A Learning Salon and the Database on Science Education Website”

11）Yoriko Ikuta（Nara Prefectural Seisyo High School of Math and Science, Nara）
“An Approach to Fostering Science Professionals through the Seisho Science Exploration Program”

12）Keisuke Ohno（Douzen High School, Okinoshima）
“Regional Revitalization focusing on Education: Oki-Dozen High School project”

13）Akito Arima（Chancellor, Musashi-Gakuen, former Japanese Minister of Education and former President of Tokyo University）
“Science Education in Japan”

・パネルディスカッション：

テーマ　“How do we invite children into fascinating world of scientific inquiry?”

パネリスト

Akito Arima（Chancellor, Musashi-Gakuen）

Juichi Yamagiwa（President, Kyoto University）

Michiharu Nakamura（Japan Science and Technology Agency）

Kazuo Kitahara（Tokyo University of Science）

Kazunari Shibata（Kyoto University）

Kazuo Nishimura（RIEB, Kobe University）

・詳細：http://www.gsee-kyoto.kier.kyoto-u.ac.jp/GSEEKyoto2016_Index.html

7. International Symposium on Advanced Future Studies

・日時：2016 年 2 月 12 日（金）10:00 ～ 17:05

・場所：京都大学基礎物理学研究所湯川記念館パナソニック国際交流ホール

・プログラム：

10:00-12:05　Morning Session

Chair: Jevin West（Information School, University of Washington, U.S.A.）

10:00-10:05　Misao Sasaki

(Director, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University)

"Opening Address"

10:05-10:20　Masatoshi Murase

(Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University)

"Introduction to Advanced Future Studies"

10:20-10:55 Alexander Vikman
(Institute of Physics, Czech Academy of Sciences, Czech Republic)
"The Dark Side of the Universe"

10:55-11:30 Hector Palomo Bombin
(Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University)
"Topological Quantum Error Correction"

11:30-12:05 Harrison Hsueh-Cheng Cheng
(Department of Economics, University of Southern California, U.S.A)
"Auction Design and Speculative Resale"

12:05-13:30 LUNCH BREAK

13:30-17:05 Afternoon Session
Chair: Kazuyoshi Yoshimura (Graduate School of Science, Kyoto University)

13:30-14:05 Maw-Kuen Wu
(President, National Dong Hwa University, Taiwan)
"The correlation of Fe-vacancy with superconductivity in FeSe and related superconductors"

14:05-14:40 Hong Ding
(Beijing National Laboratory for Condensed Matter Physics Institute of Physics, China)
"Weyl fermion in condensed matter"

14:40-15:15 Minghu Fang
(Professor, Department of Physics, Zhejiang University, China)
"Exploration of (Fe,Ni) -Chalcogenide Superconductors: Fe-vacancy order, new AFM states and SC"

15:15-15:30 BREAK
Chair: Eiichi Yamaguchi (Graduate School of Advanced Integrated Studies in Human Survivability, Kyoto University)

15:30-16:05 Renhui Li
(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, China)
"Cyanobacterial blooms -- not the expected blossom but the ecological disaster in water"

16:05-16:40 Jevin West
(Information School, University of Washington, U.S.A.)
"Mapping the Emergence of Scientific Disciplines"

16:40-17:05 Tai-Kai Ng
(Hong Kong University of Science and Technology)
"Creativity in Science and Mathematics - a difficult problem for psychologists"

• 詳細：http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/IS20160212/index.html

8.「命、生命の不思議な旅の物語」シンポジウム

＜共催＞

・日時：2016 年 2 月 27 日（土）16:00 ～ 19:30

・場所：今宮神社　参集殿

・講演会：登壇者　　村瀬 雅俊（京都大学 基礎物理学研究所 准教授）

登壇者　　Gert van Tonder（視覚認知科学 Ph.D.）

司　会　　吉村 一良（京都大学 大学院理学研究科 教授）

・詳細：http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2016/03/160227.pdf

9. 太陽型星のスーパーフレアと太陽フレア、およびその惑星・地球への影響

Superflares on Solar-type Stars and Solar Flares, and Their Impacts on Exoplanets and the Earth

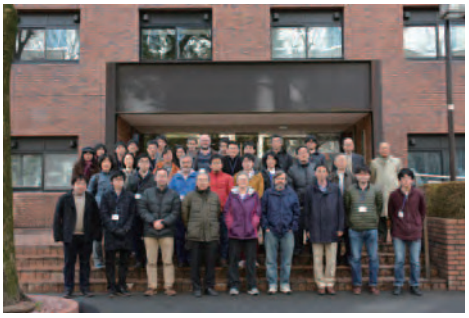
・日程：2016 年 3 月 1 日（火）～ 4 日（金）

・場所：京都大学理学研究科 6 号館　Room207

・プログラム：

3/1（Tue）Observation of Stellar Superflares and Solar White Light Flares

Time	Name	Rough contents of the talk
Chair: Kazunari Shibata		
10:00-10:10	Kazunari Shibata	Opening remarks
10:10-11:00	Hiroyuki Maehara	Superflares and starspot activity on solar-type stars
11:00-12:00	Suzanne Hawley	Observation of stellar flares
12:00-13:30	Lunch	
Chair: Ayumi Asai（or Shinsuke Takasao）		
13:30-14:30	Adam Kowalski	Modeling of optical spectrum of stellar flares
14:30-15:30	Kyoko Watanabe	Solar white-light flares
15:30-16:00	Break	
Chair: Kiyoshi Ichimoto		
16:00-16:30	Takako T. Ishii	White light flares observed at Hida Observatory
16:30-16:45	Kosuke Namekata	Statistical properties of solar white-light flares
16:45-17:00	Han Yuan Chang	A LAMOST-Kepler spectrophotometric study of hyper flares of M dwarfs
17:00-17:15	Li-Ching Huang	Physical Properties of G-type Kepler Eclipsing Binaries



3/2（Wed）Observation of Stellar Superflares and Spectroscopic Observations

Time	Name	Rough contents of the talk
Chair: Hiroaki Isobe		
10:00-11:00	Luis A. Balona	Flare stars across the H–R diagram
11:00-12:00	Valery Nakariakov	Oscillations of stellar flares
12:00-13:30	Lunch	
Chair: Suzanne Hawley		
13:30-14:15	Yuta Notsu	Spectroscopic observations of solar-type superflare stars
14:15-14:30	Satoshi Honda	Spectroscopic observations of flare star EV Lac at NHAO
14:30-15:30	Yoichi Takeda	Activities and related properties of solar-type stars
15:30-16:00	Break	
Chair: Satoshi Honda		
16:00-17:00	Steven Saar	Observations of Magnetic Cycles in Late-type Single Dwarfs: What are They Telling Us?
17:00-17:30	Mark Cheung	Evolving Models of Stellar Photospheric and Coronal Magnetic Fields

3/3（Thu）Possibility of superflares on the Sun

Time	Name	Rough contents of the talk
Chair: Hiroyuki Maehara		
10:00-10:30	Kazunari Shibata	Can superflares occur on the Sun?
10:30-11:30	Hideyuki Hotta	Current understanding of solar global scale magnetic field and dynamo
11:30-11:45	Hisashi Hayakawa	World-Wide Records of Solar Flare Candidates in the 10th century and the 18th century
11:45-	Lunch	
PM	Tour to Kwasan Observatory（Excursion） http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/general/facilities/index_kwasan_en.html	

3/4（Fri）Planets（AM）& Future Plans（PM）

Time	Name	Rough contents of the talk
Chair: Takanori Sasaki		
10:00-11:00	Masashi Omiya	Observations of exoplanets and stellar activity
11:00-11:15	Takuya Takahashi	CMEs of solar superflares
11:15-11:45	Daisaku Nogami	Kyoto 3.8m telescope and future plans of our superflare studies
11:45-13:30	Lunch	
Chair: Daisaku Nogami		
13:30-17:00	Discussions ~Future plans of superflare studies~ (Moderators: Daisaku Nogami and Kazunari Shibata) Short comments & Topics -Daisaku Nogami: Future plans of our superflare studies -Hiroyuki Ishikawa: Comment on the habitability of M-type stars -Fumihide Iwamuro: Short comment on spectrograph of Kyoto 3.8m telescope -Bun'ei Sato: Comment on spectroscopic observations with Kyoto 3.8m telescope (Introduction of TESS) -Possibility of International Collaboration	

・詳細：http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/category/events

10. International Workshop on Advanced Future Studies

- 日時：2016 年 3 月 14 日（月）15:00 ～ 16 日（水）10:00
- 場所：コープイン京都
- プログラム

March 14（Mon.）

Joint Conference and Introduction / Room 204-205

Chair: Kazuyoshi Yoshimura（Graduate School of Science, Kyoto University)

15:00-15:50 Masatoshi Murase（Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University）
"Scope of Advanced Future Studies"

Main Session / Room 204-205

Chair: Masatoshi Murase（Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University)

16:00-18:00 Pan Zhang（Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, China）
"Statistical-Physics-based Clustering in Networks"
Minghu Fang（Department of Physics, Zhejiang University, China）
"Topological Materials"
Keiichiro Tokita（School of Informatics and Sciences, Nagoya University）
"The Science of Biodiversity: Theoretical Perspectives"

Sub Session / Room 203

Chair: Tadashi Nishihira（Graduate School of Education, Kyoto University)

16:00-18:00 Masato Doi,（Graduate School of Education, Kyoto University）
"How should we inquire about relationships between human beings and technology? : taking a hint from the philosophy of Miki Kiyoshi"
Wataru Mori（Graduate School of Education, Kyoto University）
"Interdisciplinary between biology, anthropology and sociology supported by emotion ; taking a hint from the text of Geoges Bataille"

March 15（Tue.）

Main Session / Room 204-205

Chair: Kazuyoshi Yoshimura（Graduate School of Science, Kyoto University)

9:00-10:00 Masaki Imai（Graduate School of Science, Kyoto University）
"NMR study of spin fluctuations in the layered itinerant-electron metamagnetic compound Sr1-xCaxCo2P2"
Haruka Morishita（Graduate School of Science, Kyoto University）,
"Single crystal growth and characterization of a permanent magnet material, La-substituted M-type Sr ferrites"
Yao Zhang（Graduate School of Science, Kyoto University）
"Effect of spin fluctuations on itinerant electron magnetism in Iron-Gallium Intermetallic systems"
Yuya Haraguchi（Graduate School of Science, Kyoto University）
"Li2ScMo3O8 as a spin-liquid candidate of the triangular lattice antiferromagnet"

10:00-10:10 Break 10min.

Chair: Atsushi Yamauchi (Center for Ecological Research, Kyoto University)

10:10-11:10 Junji Takabayashi (Center for Ecological Research, Kyoto University)
"Interaction and information networks in ecosystems"
Hojun Rim (Center for Ecological Research, Kyoto University)
"Effects of carnivore-induced plant volatiles on their prey finding behavior"
Yoshitaka Nakashima (Center for Ecological Research, Kyoto University)
"Novel methods of forecasting pests based on landscape ecological perspectives"
Rika Ozawa (Center for Ecological Research, Kyoto University)
"The involvement of microorganisms in a tritrophic interactions of lima bean plants, two-spotted spider mites and predatory mites"

11:10-11:15 Break 5min.

Chair: Junji Takabayashi (Center for Ecological Research, Kyoto University)

11:15-12:00 Takahiro Yamagishi (Center for Ecological Research, Kyoto University)
"Joint Evolution of Cytoplasmic Male Sterility and Selfing in Plant"
Iki Murase (Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo)
"Study on herring in Hokkaido, Japan"
Joseph Fedrow (Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University)
"What is the ultimate fate of our Universe?"

Sub Session / Room 203

Chair: Tadashi Nishihira (Graduate School of Education, Kyoto University)

9:30-12:00 Yuho Goto (Graduate School of Education, Kyoto University)
"Narcissism and maturity: based on the text of Sigmund Freud"
Tomoya Mogami (Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University)
"How are individual and universal intermediated between? : Taking a hint from the figure in the latter term of Nishida's philosophy"
Hideki Masui (Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University)
"Circular Causality and Unpredictability: based on the Epistemology of Gregory Bateson"

Joint Conference / Room 204-205

Chair: Keiichiro Tokita (School of Informatics and Sciences, Nagoya University)

14:00-16:00 Tadashi Nishihira (Graduate School of Education, Kyoto University)
"Preparation' for Creative Inspiration - from the teaching of Japanese classical 'Keiko; exercise and expertise'"

Tae-Soo Chon（Pusan National University, Korea）

"Perspective of Integrative Ecological Sciences in Linking Society and Academic Fields from Genes to Ecosystems"

Atsushi Yamauchi（Center for Ecological Research, Kyoto University）

"Spatial Patterns Generated by Simultaneous Cooperation and Exploitation Favor the Evolution of Altruism"

Kazuyoshi Yoshimura（Graduate School of Science, Kyoto University）

"Metamagnetic Transition"

16:00-16:20　Break 20min.

Chair: Kazuyoshi Yoshimura（Graduate School of Science, Kyoto University)

16:20-17:30　Taizo Kobayashi（Department of Medical Technology, Teikyo University）

"Uncertainty and Dynamical Process on Computation"

Tomoko Murase（Japanese Red Cross College of Nursing）

"New Nursing Model Based on Self-nonself Circulation Theory"

Izumi Takeda（University of California, San Diego, U.S.A.）

"Project-Based-Learning with 21st Century Skills for the Japanese Language Classroom."

Masatoshi Murase（Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University）

Closing Address

17:30-18:00　Break 30min.

18:00-21:00　Discussion（1st Floor）

March 16（Wed.）

7:00-10:00　Free Discussion（1st Floor）

・詳細：http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/IS20160314/index.html

2. 2015年度の研究成果

❖ プレス

・「社会人教育　教養を重視 京大も高額講義、本質見極める力養う」
（日本経済新聞　2015/12/16 付朝刊）
http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/results/20151121.html

❖ シンポジウム・ワークショップ

・村瀬雅俊：公開講演「生命の不思議」同志社大学創造経済研究センター主催「命、生命の不思議な旅の物語」シンポジウム　今宮神社、2016 年 2 月 27 日
http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2016/03/160227.pdf

・Prof. Masatoshi Murase gave a talk on “Astonishingly Interesting World of Science and Education　—Knowing How We Know—” at Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University for GSEE/Kyoto 2016 on February 11, 2016
http://www.gsee-kyoto.kier.kyoto-u.ac.jp/GSEEKyoto2016_Index.html

・村瀬雅俊:環境講座【失敗や想定外事態から学ぶ—新たな学問創成に向けて—】宇治市生涯学習センター 2015 年 10 月 1 日、8 日、15 日
http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/results/20151001.html

❖ その他

・SPIRITS 対談：村瀬雅俊准教授（基礎物理学研究所）× 河野泰之所長（東南アジア研究所）
http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/news/20160118.html

・村瀬雅俊：鳥取県立鳥取東高等学校　公開講座「生命の基礎物理学」京都大学基礎物理学研究所 2015 年 10 月 15 日

・村瀬雅俊：滋賀県立膳所高等学校　公開講座「生命の基礎物理学」京都大学基礎物理学研究所　2015 年 10 月 2 日
http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/results/20151002.html

3. アーカイブ

・2015-001: **京都大学複雑系科学・未来創成学学際シンポジウム報告書**

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/11/2015-001_small.pdf

・2015-002:**「複雑システム思考ー未来創成学へのパラダイム転換」**

村瀬雅俊氏（京都大学基礎物理学研究所・准教授）

～京都大学基礎物理学研究所研究会・講演録（2015/8/6）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2016/01/2015-002_small.pdf

・2015-003:**「イノベーションの本質」**

山口栄一氏（京都大学大学院総合生存学館・教授）

～京都大学基礎物理学研究所研究会・講演録（2015/8/6）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/11/2015-003_small.pdf

・2015-004:**「進化の制約から人の学びを解き放つには？」**

大野照文氏（京都大学総合博物館・教授）

～京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念

シンポジウム・講演録（2015/8/6）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/11/2015-004_small.pdf

・2015-005:**「生態系における生物間相互作用・情報ネットワーク」**

高林純示氏（京都大学生態学研究センター・教授）

～京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念

シンポジウム・講演録（2015/8/6）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/11/2015-005_small.pdf

・2015-006:**「幸福感・ソーシャルキャピタルの文化的基盤」**

内田由紀子氏（京都大学こころの未来研究センター・准教授）

～京都大学基礎物理学研究所研究会・講演録（2015/8/7）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/11/2015-006_small.pdf

・2015-007:**「消費本能ーーお金の量と時間密度と交換速度」**

袖川芳之氏（京都学園大学・教授）

～京都大学基礎物理学研究所研究会・講演録（2015/8/7）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/11/2015-007_small.pdf

・2015-008:**「ごあいさつ」**

山極壽一氏（京都大学　総長）

佐々木 節氏（京都大学基礎物理学研究所　所長）

西村和雄氏（京都大学経済研究所　特任教授）

長谷川和子氏（株式会社京都クオリア研究所　取締役）

～京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念

シンポジウム・講演録（2015/8/6）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/12/2015-008_small.pdf

・2015-009:**「閉会ごあいさつ」**

茂木健一郎氏（株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所　上級研究員）

篠原総一氏（京都学園大学　学長）

～京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念

シンポジウム・講演録（2015/8/6）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2015/12/2015-009_small.pdf

・2015-010:**「The narrowness of AI and human adaptation」**

茂木健一郎氏（株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所　上級研究員）

～京都大学基礎物理学研究所研究会・講演録（2015/8/7）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2016/01/2015-010_small.pdf

・2015-011:**「動的過程の計算論」**

小林泰三氏（帝京大学福岡医療技術学部　准教授）

～京都大学基礎物理学研究所研究会・講演録（2015/8/7）

PDF http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2016/01/2015-011_small.pdf

4. 招聘外国人教員

基礎物理学研究所・数理解析研究所・経済研究所などで、講師相当の外国人教員を雇用期間が通年であるもの１名と雇用期間を３ヶ月程度であるもの４名（長期雇用１名、短期雇用４名）を年度毎に雇用します。雇用の形式は、公募・推薦どちらのケースも想定しています。

福利厚生について

基礎物理学研究所は、北部キャンパス近郊に、数理解析研究所と共同運用している宿泊施設（北白川学舎）を完備しており、年間を通して国内学の研究者が宿泊所として利用しています。安定した宿舎の提供を行っている点では、外国人の短期・長期滞在を効率的に推進できます。

招聘外国人教員　特定講師

氏名	所属・役職	招聘期間
Hector Palomo Bombin	基礎物理学研究所　特定講師	2016/1/1-2020/3/31

2015 年度招聘外国人教員

氏名	所属・役職	受入機関・教員	招聘期間
Jeremy James Piggott	*Research Fellow*, Department of Zoology, University of Otago, New Zealand	生態学センター 高林純示教授	2015/11/2-11/20 2016/2/23-2/29
Alexander Vikman	*Leading Research Scientist*, Institute of Physics (FZU) of the Czech Academy of Sciences, Czech Republic	基礎物理学研究所 佐々木節教授	2015/12/1 -2016/2/28
Nicolas Schutz	*Assistant Professor*, Department of Economics, University of Mannheim, Germany	経済研究所 溝端佐登史教授	2015/12/16 -2016/2/1
Harrison Hsueh-Cheng Cheng	*Associate Professor*, Department of Economics, University of Southern California, U.S.A	経済研究所 西村和雄特任教授	2016/1/17-2/17
Renhui Li	*Professor* and *Director* of Algal Research Center, Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences, China	生態学センター 高林純示教授	2016/2/1-2/29

氏名	所属・役職	受入機関・教員	招聘期間
Minghu Fang	*Professor, Department of Physics*, Zhejiang University, China	理学研究科 吉村一良教授	2016/2/1-3/31
Pan Zhang	*Associate Professor*, Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, China	基礎物理学研究所 村瀬雅俊准教授	2016/3/1-3/31

2015 年度短期招聘外国人研究者

氏名	所属・役職	受入機関・教員	招聘期間
Jevin West	*Assistant Professor*, Information School, University of Washington, U.S.A	基礎物理学研究所 村瀬雅俊准教授	2016/2/9-2/16
Christian D. Ott	*Professor,* Physics, Mathematics and Astronomy, California Institute of Technology, U.S.A	基礎物理学研究所 佐々木節教授	2016/1/1-3/31

5. 電子ブック

以下は、2015 年度に本ユニットで購入した電子ブックの一覧です。

部局	タイトル
教育学研究科	Relational Freedom : Psychoanalysis in a New Key Book Series
	Psychoanalysis and the Artistic Endeavor
	Micro-trauma : A Psychoanalytic Understanding of Cumulative Psychic Injury
	Understanding and Treating Patients in Clinical Psychoanalysis
	Body-States:Interpersonal and Relational Perspectives on the Treatment of Eating Disorders
	The Interpersonal Tradition
	Mended by the Muse: Creative Transformations of Trauma
	Cupid's Knife: Women's Anger and Agency in Violent Relationships
	The Fallacy of Understanding & The Ambiguity of Change
	Contemporary Psychoanalysis and the Legacy of the Third Reich
	What Do Mothers Want?
	Prelogical Experience
	Clinical Values
	Prologue to Violence
	Still Practicing
	Imagination from Fantasy to Delusion
	Dancing with the Unconscious
	Money Talks
	創造性研究 1　創造の理論と方法
	創造性研究 2　創造の諸型
	創造性研究 3　創造と企業
	創造性研究 4　創造と教育
	創造性研究 5　日本の科学者と創造性
	創造性研究 6　創造性研究と測定
	創造性研究 7　創造的な問題解決
	創造性研究 8　創造的なイメージ
	創造性研究 9　「驚き」から「閃き」へ
	創造性研究 10　異分野・異文化の交流と創造性
理学研究科	WOL eMRWs, International tables for crystallography

部局	タイトル
人文科学研究科	Cartesian rationalism : understanding descartes
	D'Holbach's Coterie : An Enlightenment in Paris
	Princeton Legacy Library : Diderot's Chaotic Order : Approach to Synthesis
	Princeton Legacy Library : Political Philosophy of Rousseau
	Princeton Legacy Library, Volume 1 : Structure and Form of the French Enlightenment, Volume 1 : Esprit Philosophique
	Princeton Legacy Library : Structure and Form of the French Enlightenment, Volume 2 : Esprit Revolutionnaire
	Princeton Legacy Library : Intellectual Origins of the French Enlightenment
	Beckett's Words（1st Edition）
	Schriften des Historischen Kollegs, Volume 91 : Purpose of the First World War : War Aims and Military Strategies
	Heritage and Memory of War : Responses from Small Islands
	The European Anarchy
	Japan and the Great War
	Revolutionary Ireland, 1912-25（1st Edition）
	Oxford Historical Monographs : Remembering the Irish Revolution : Dissent, Culture, and Nationalism in the Irish Free State
	世界民族百科事典
経済研究所	Developments of International Trade Theory（2nd Enhanced Edition）
	Bank Liquidity Creation and Financial Crises
	Clearing, Settlement and Custody（Second Edition）
	Contemporary Financial Intermediation（Third Edition）
	The Economics of Screening and Risk Sharing in Higher Education
	Econophysics
	Elements of Financial Risk Management（Second Edition）
	The Evidence and Impact of Financial Globalization
	The Independence of Credit Rating Agencies
	Intermediate Financial Theory（Third Edition）
	An Introduction to the Mathematics of Financial Derivatives（Third Edition）
	Introduction to Mortgages & Mortgage Backed Securities
	Mergers, Acquisitions, and Other Restructuring Activities（Eighth Edition）
	Principles of Financial Engineering（Third Edition）
	Rethinking Valuation and Pricing Models
	Risk Neutral Pricing and Financial Mathematics
	Understanding Credit Derivatives and Related Instruments（Second Edition）

部局	タイトル
経済研究所	The Capital Asset Pricing Model in the 21st Century
	Commodity Price Dynamics
	Preference, Value, Choice, and Welfare
	Principles of Pricing
	Market Liquidity
	Mechanism Design : A Linear Programming Approach
	Dynamic Models for Volatility and Heavy Tails
	Economics of the Family
	Léon Walras: Elements of Theoretical Economics
	Applied Choice Analysis（2nd edition）
原子炉実験所	Chirality at the Nanoscale: Nanoparticles, Surfaces, Materials and More
	Amyloid Fibrils and Prefibrillar Aggregates: Molecular and Biological Properties
	Protein Oxidation and Aging
	Protein and Peptide Folding, Misfolding, and Non-Folding
	Computational and Statistical Methods for Protein Quantification by Mass Spectrometry
	Protein Misfolding Diseases: Current and Emerging Principles and Therapies
	Redox Proteomics: From Protein Modifications to Cellular Dysfunction and Diseases
	Peptidomimetics in Organic and Medicinal Chemistry
	Studies on the Cornea and Lens
	The Molecular Chaperones Interaction Networks in Protein Folding and Degradation
	Aging Mechanisms
	Tyrosine and Aspartic Acid: Properties, Sources and Health Benefits
	Molecular Biology of Eye Disease（Progress in Molecular Biology and Translational Science）
	Bio-nanoimaging : Protein Misfolding & Aggregation
	Mirror-Image Asymmetry: An Introduction to the Origin and Consequences of Chirality
	The networking of chaperones by co-chaperones control of cellular protein homeostasis
生態学研究センター	Trait-Mediated Indirect Interactions: Ecological and Evolutionary Perspectives / Ohgushi, T., Schmitz, O.J. & Holt, R.D.
	Advances in Ecological Research volume 52 : Trait-Based Ecology / Pawaar, S., Woodward, G., & Dell, A.I.
	Insect-Plant Interactions / Voelckel, C. & Jander, G.
	Chemiical Ecology of Insect Parasitoids / Wajnberg, E. & Colazza, S.

部局	タイトル
生態学研究センター	Biodiversity and Insect pests / Gurr, G.M. et al.
	Introduction to Population Ecology / Rockwood, L.L.
	Handbook of Meta-analysis in Ecology and Evolution / Koricheva, J., Gurevitch, J. & Mengersen, K.L.
	How to Do Ecology / Karvan, R., Huntzinger, M. & Pearse, I.S.
	Roots of Ecology : Antiquity to Haeckel / Egerton, F.N.
	Plant Sensing and Communication / Karban, R.
	How Species Interact:altering the standard view on trophic ecology / Arditi, R. & Ginzburg, L.
	Approaches to Plant Evolutionary Ecology / Cheplick, G.P.
	Ecological Speciation / Nosil, P.
	Processes in Microbial Ecology / David L. Kirchman
	Nonlinear Dynamics: Materials, Theory and Experiments / Mustapha Tlidi, Marcel G. Clerc
	The New Statistics with R:an introduction for biologists
	Analysis of Longitudinal Data / Peter J. Diggle, Patrick J. Heagerty, Kung-Yee Liang
	Environmental Microbiology: From Genomes to Biogeochemistry / Eugene L. Madsen
	Marine Protists: Diversity and Dynamics / Ohtsuka, S., Suzaki, T., Horiguchi, T., Suzuki, N., Not, F.
	The Princeton guide to ecology / Simon A Levin, Stephen R Carpenter
	The major transitions in evolution / John Maynard Smith; Eörs Szathmáry
	Advances in Botanical Research Volume 69 : Genomes of herbaceous land plants / Andrew H Paterson
	Advances in Ecological Research Volume 48 : Global change in multispecies systems Pt. 3 / edited by Ute Jacob, Guy Woodward
	Mutualism / Judith L. Bronstein
	Early Events in Monocot Evolution / Paul Wilkin,Simon J. Mayo
基礎物理学研究所	Nature of diversity : an evolutionary voyage of discovery
	Codes of life : the rules of macroevolution
	Life in extreme environments
	Genetics of adaptation
数理解析研究所	Latin Squares and their Applications（Second Edition）
	Exact Statistical Inference for Categorical Data
	Fundamentals of Technical Mathematics
	The Birnbaum-Saunders Distribution
	Bent Functions
	Derivative with a New Parameter

部局	タイトル
数理解析研究所	Zero
	Algebraic and Discrete Mathematical Methods for Modern Biology
	The Joy of Finite Mathematics
	Uncertainty Quantification and Stochastic Modeling with Matlab
	The Linear Algebra Survival Guide
	Semi-Markov Models
	Methods and Applications of Longitudinal Data Analysis
	An Introduction to Stochastic Orders
	Multiphysics Modeling
	A New Concept for Tuning Design Weights in Survey Sampling
	Fractional Evolution Equations and Inclusions
	Numerical Solutions of Three Classes of Nonlinear Parabolic Integro-Differential Equations
	Geometry with Trigonometry（Second Edition）
	Hazardous Forecasts and Crisis Scenario Generator
	Boundary Value Problems for Systems of Differential, Difference and Fractional Equations
	Computational and Statistical Methods for Analysing Big Data with Applications

2015 年度 活動報告書

記録集

1. アーカイブ一覧
2. SPIRITS 対談
3. プロジェクトレポート
4. 2015 年度　業績一覧

1．アーカイブ一覧

No.2015-001

MIRAI Archive

京都大学未来創成学国際研究ユニット

International Research Unit of Advanced Future Studies (IRU-AFS)

京都大学学術研究支援室活動報告

京都大学複雑系科学・未来創成学学際シンポジウム

京都大学基礎物理学研究所研究会
【複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る】
日時：2015年8月6～7日
場所：コープイン京都

京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム
【未来創成学の展望】
日時：2015年8月6日（木）18時～20時
場所：コープイン京都

本シンポジウムは、京都大学・研究連携基盤・未来創成学国際研究ユニット・基盤経費（平成27年7月29日通知、ユニット長：佐々木節）、京都大学・研究開発プログラム・研究支援制度【いしずえ】（平成27年7月31日通知、研究代表者：村瀬雅俊）による研究助成、京都大学研究強化促進事業学際・国際・人際融合事業「知の越境」融合チーム研究プログラム【学際型】SPIRITS（SPIRITS：Supporting Program for Interaction-based Initiative Team Studies）京都大学統合創造学創成プロジェクト（平成25～26年3月31日、研究代表者：村瀬雅俊）の研究成果に基づいて実施されました。

http://www.nics.yukawa.kyoto-u.ac.jp/events.html
http://research.kyoto-u.ac.jp/service/topic/spirits/lists/h25list_j/sprits_h25ja_65_murase/

京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム
【未来創成学の展望】

【未来創成学とは】

京都大学基礎物理学研究所の村瀬雅俊准教授が提唱する、新たな学問領域。これまでの科学が、過去の蓄積を積み上げた要素還元主義的なアプローチ手法によって発達してきたことに対し、「未来」は「現在」の思考によって形作られていくという考えをもとに、利益や効率、業績といったものを乗り越え、「こころ」を取り戻したサイエンスを目指した、未来志向の学問である。従来の細分化されたサイエンスだけではなく、あらゆる学問分野が連携して研究し、想定外の事態にも対処しうる未来を創成することを目指す。

日本では馴染みのない感覚だが、村瀬准教授によれば、欧米の大学などでは1940年代から未来創造的な活動を開始しており、産学連携分野などで成果を上げているという。1人ではできないことでも大勢が協力すれば達成できる。また、生物としての人間は、言語コミュニケーション力と共感力を持っており、こういった特性を十分に生かして未来を創り出すためには、絶え間ない探求が必要である。

村瀬雅俊准教授

【未来創成学国際研究ユニットとは】

京都大学が2015年7月28日、平成27年度からの5カ年プロジェクトとして設置を認めた、学問の領域を超えた学際研究ユニット。構成部局は基礎物理学研究所、経済研究所、数理解析研究所、人文科学研究所、こころの未来研究センター、原子炉実験所、生態学研究センター、総合博物館、教育学研究科、思修館、理学研究科、情報学研究科と多岐にわたる。これまで深く交わることの少なかった物理学や心理学、看護学、社会学、教育学、博物学といった、多様な分野の領域間で対話を通じ、異分野を統合することの知的冒険によって、生命・物質・こころの世界、あるいは人間社会・教育・経済を貫く普遍法則や創発原理を探求し、未来を方向づけるパラダイム転換を図る。さらに、学問の「未踏領域」を「未来学への挑戦」として科学的に解明することを目指している。

大野照文・京都大学博物館前館長が提案したユニットのロゴ案
未来へのつながりを意識し、「い」に無限大（∞）をあしらった

No.2015-001

【ユニット設置記念シンポジウムの開催】

シンポジウムを前に挨拶する山極壽一総長

京都大学は2015年8月6日、「京都大学複雑系科学未来創成学学際シンポジウム」の一環として、未来創成学国際研究ユニットの設置を記念したシンポジウムを開催した。開会にあたっては、京都大学の山極壽一総長のほか、基礎物理学研究所の佐々木節所長、経済研究所の西村和雄特任教授、（株）京都クオリア研究所の長谷川和子取締役が挨拶。その後、京都大学総合博物館の大野照文前館長と同大学こころの未来研究センター鎌田東二教授、同大学生態学研究センターの高林純示教授の三氏が、それぞれ学問分野を超えた興味深い研究成果を発表した。いずれも奥深い内容で、各氏とも、すべてを説明しきるには時間が短かった。閉会にあたっては、ソニーコンピュータサイエンス研究所の茂木健一郎上級研究員、京都学園大学の篠原総一学長から、京都大学ならではの学際的なプロジェクト発進に期待を込めた激励のことばが贈られた。

茂木健一郎氏

篠原総一氏

【講演プログラム】

「進化の制約から人の学びを解き放つには？」
大野照文（京都大学総合博物館）

「未来創成学における身体の位置と力―身心変容技法と感覚価値―」
鎌田東二（京都大学こころの未来研究センター）

「生態系における生物間相互作用・情報ネットワーク」
高林純示（京都大学生態学研究センター）

大野照文氏

鎌田東二氏

高林純示氏

京都大学基礎物理学研究所研究会
【複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る】

8月6日（木）
14：00－14：20
「複雑システム思考－未来創成学へのパラダイム転換」
村瀬雅俊（京都大学・基礎物理学研究所）

14：20－15：00
「切り閉じとしての振る舞い」
郡司幸夫（早稲田大学）

15：00－15：40
「情報のエンタングルメントによる間主観性の定量化」
池上高志（東京大学）

16：10－16：50
「イノベーションの本質」
山口栄一（京都大学）

16：50－17：30
「共創表現－場のファシリテーション技術－」
三輪敬之（早稲田大学）

8月7日（金）
9：00－9：40
「自閉症スペクトラムと創造性」
内海健（東京芸術大学）

9：40－10：20
「自己組織化再考―第二種自己組織化の可能性」
津田一郎（北海道大学）

10：30－11：10
「幸福感・ソーシャルキャピタルの文化的基盤：
文化心理学からの検討」
内田由紀子（京都大学こころの未来研究センター）

11：10－11：50
「消費本能～お金の量と時間密度と交換速度」
袖川芳之（京都学園大学）

13：00－13：40
「The overflow model of the evolution of consciousness」
茂木健一郎（ソニー）

13：40－14：20
「動的過程の計算論」
小林泰三（九州大学）

14：30－15：10
「非定常現象へのカオス理論の発展」
相澤洋二（早稲田大学）

15：10－16：50
「大学という現場：なぜ教育と研究なのか」
池田研介（立命館大学）

京都大学学術研究支援室（KURA）

〒606-8501京都市左京区吉田本町
TEL：075-753-5108　FAX：075-753-5110
contact@kura.kyoto-u.ac.jp

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-002

＜講演録＞

京都大学基礎物理学研究所　研究会
複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る

日時　2015 年 8 月 6 日（木）14：00−14：20
場所　コープイン京都　201
座長　西平 直（京都大学大学院教育学研究科　教授）
講演　村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所　准教授）

複雑システム思考――未来創成学へのパラダイム転換

村瀬●　複雑システム思考――複雑システムを理解の対象にとどまらず、思考の道具として考えてゆきたい。未来創成学というのは、現在から過去や未来をみるのではなくて、未来の視点から現在をみること、すなわち、終わりから考えるという演繹的な見方に基づく学問です。未来の視点からみることによって、現在なにが新しくみえているか、なにをすればよいかということを考える。英語で表現するとアドバンスド・フューチャー・スタディーズ（Advanced Future Studies）です。私たちのヴィジョンが変わり、現在することが変われば、これから起こることが世界を変えてゆく。

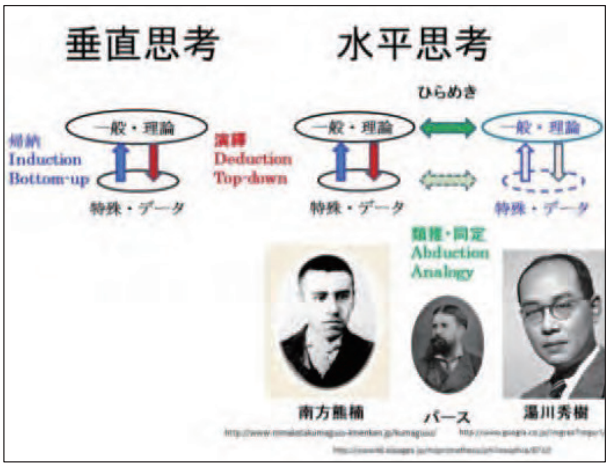
◇スライド 2「統合創造学の創成」

未来創成学国際研究ユニットというのが、先週に立ちあがったばかりです。そのベースとなるのが、平成 25 年度－26 年度の 2 年度にわたって採択され実施しました、京都大学「『知の越境』融合チーム研究プログラム（SPIRITS）」の統合創造学創成プロジェクトです。

萌芽的な考え方としては、すでにスライドにあるとおりです。つまり、現実世界では想定外のことが次つぎと起こる。それが、じつは「創発」の原理そのものが反映されているのだという見方です。そうであるならば、想定外の問題を理解するには、創発の原理そのものを内在化したかたちで、意識的に考えてゆく必要があるだろうと。創造というものは、芸術の創造、学問の創造といろいろありますが、想定外の問題が起こること

も創造の一環として捉えてゆきたいということです。このプロジェクトの成果の一つとして、電子ジャーナルを立ちあげて運営しているところです（*Journal of Integrated Creative Studies*）。

◇スライド 3「垂直思考と水平思考」

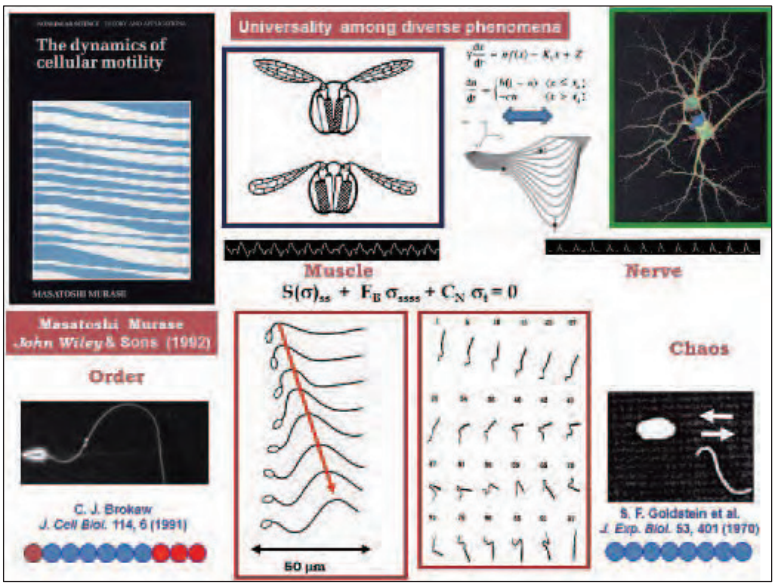


いま、演繹の話をさせていただきましたが、帰納や演繹は、ボトムアップ、トップダウンに対応します。ここでは、垂直思考と言い換えておきます。特殊なデータから普遍的な原理を考えるのが帰納である、その逆が演繹。この垂直思考に相補的な見方として、水平思考というのがあります。例えば、ある学問領域において、ほかの分野の普遍概念が使えるかもしれない。両者のつながりを見つける――これはまったくロジックではなくて、ひらめき、思いつきです。この思いつきで二つの分野の相同性が露わになった瞬間に、じつはその下部にある特殊なデータや事実というものが、一気に演繹的にみえてしまう。なにが言いたいかというと、上のひらめきさえできれば、こんどは、すでに確立された学問分野のデータや個別事象がそのままそっくり移行したかたちで、探求の道具として使えるということなのです。

この考え方は、南方熊楠が「類推」という思考方法として考えていました。湯川秀樹は「同定」と名づけています。論理学者のチャールズ・パース（Charles Peirce）はアブダクション（abduction）と呼びました。私たちになじみのあるアナロジー（analogy）という言葉も同じような意味です。

◇スライド 4「Universality among diverse phenomena」

こういう関係を、これからじっさいにみなさんと体験してみたいと思います。これは私自身が過去に体験したことです。この洋書（The Dynamics of Cellular Motility）は、私が書きましたが、筋収縮の研究をしていたとき、ふと、まったくちがう神経活動が筋収縮と似ているとひらめきました。その結果、二つの異なる現象は一つのモデルに帰着できて、そこから、じつは筋収縮でいわれてきたさまざまな実験データがそっくり、こんどは神経興奮で言えるということに思いあたって、すごく興奮した覚えがあります。

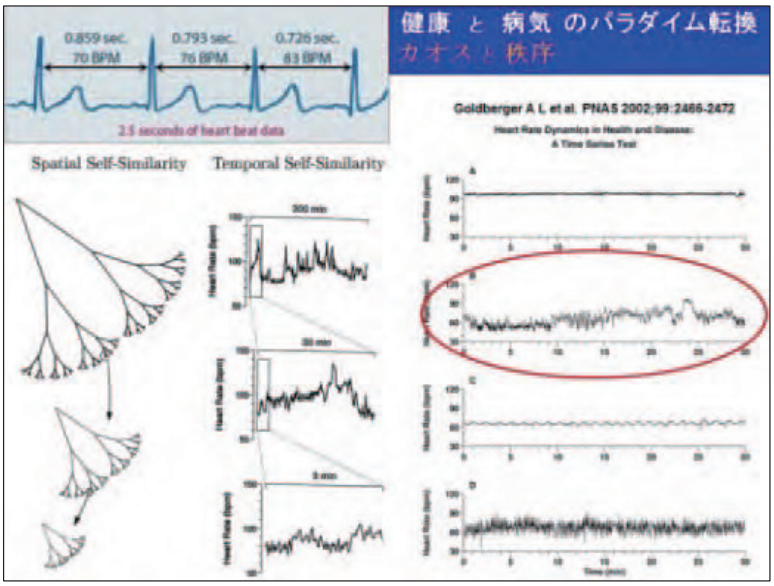


同じように、これは鞭毛ですが、カオス（chaos）と書いてあります。レーザービームで細胞体から切り離しても運動は続けるわけですが、これは細胞体がついていても、運動状態は行ったりきたり。こういうイレギュラーな運動は嫌われて、だいたい教科書には載らないのですが、教科書に載っている鞭毛の運動というのは非常にきれいに、秩序的になっています。

方程式は、じつはまったく同じなのです。なぜこういう違いがあるか。二つの現象の違いを、ひらめきでつなげるにはどうしたらよいか。じつは、構造の違いでした。構造がホモジーニアス（homogeneous）、均一であれば運動は非常にカオス的、構造が非均一であれば逆に、運動は秩序的、構造と運動には逆相関があるということがわかりました。大切なことは、ここで赤に塗った要素が、それぞれ機能しない要素なのです。機能しない要素は単独ではなんの役にもたちません。しかし、その同じ要素をシステムのなかに入れこんでしまうと、システム全体のダイナミズムを支配してしまうという、そういうおもしろい変化が起こるのです。

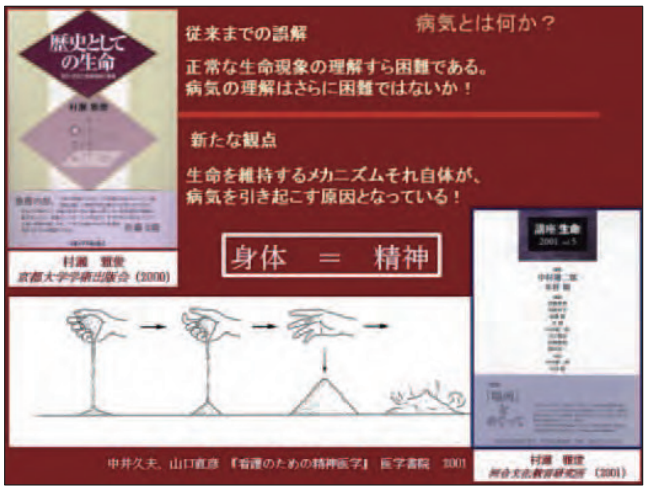
◇スライド 5「健康と病気のパラダイム転換」

こういう観点をベースに考えると、次のことがよくわかります。これはアリー・ゴールドバーガー（Ary Goldberger）の心電図の生データです。2.5 秒間の波形が四つ描かれていいます。例えば、周期が 0.859 だと、60 秒を 0.859 で割ると、1 分間あたりの心拍数として 70BPM という数値が得られます。ここで、BPM というのは 1 分間あたりの心拍数です。この心拍数を縦軸に、横軸に時間として、分のオーダーをとります。これはデータを、長時間スケールに粗視化する作業です。A、B、C、D は、4 名の被験者の方の 30 分の心拍数データをグラフ化されています。このなかで健常者はどなたかというと、



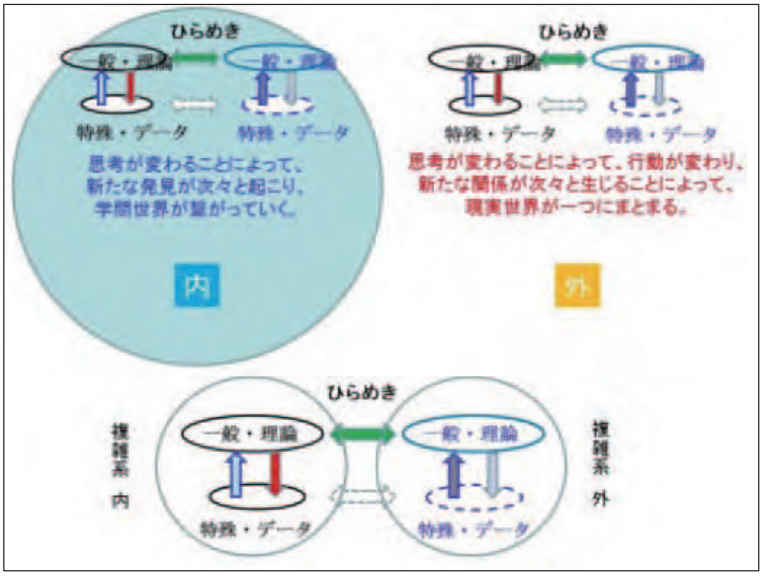
じつは B です。その特徴はカオス、あるいはフラクタル（fractal）。部分を拡大していっても全体と同じという状況です。ここで、さきほどの鞭毛の考え方がすごく役にたちます。例えば、C の場合は周期的になっていますが、心筋梗塞で心臓細胞の機能が低下します。すると、いろいろなノイズをそこで吸収してくれるために、結果的には周期的な運動が起こることがわかります。

◇スライド 6「病気とはなにか？　」



そうやってみてくると、健康と病気の問題も――これはいまから十数年前に出版させていただいた京都大学学術出版会の本なのですが、きょうは鈴木哲也編集長もきていただいております。これまでの病気の概念というのは、正常な生命現象すら理解困難なのに、病気の状態などわかるはずがないという考え方でした。この出版でなにを主張したかというと、生命を維持するメカニズムそれ自身が病気を引き起こしてしまうと。例えばがんなのですが、生命が進化し続けてきた変異と選択の原理から、病気としてのがんをつくりだしてしまう。細胞進化としてのがん――そういう新たな視点が出てきます。つまり、同じ原理が進化も病気も創り出すという両義性が、身体にはいろいろみえてきました。

◇スライド 7「ひらめき」



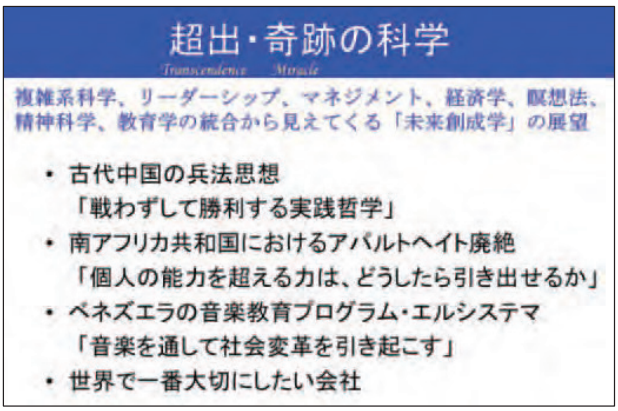
そういう身体における両義性を主張しておりましたら、木村敏先生とお話しする機会があって。なんと、「精神と身体は、アブダクションにできますよ」とひらめきました。身体で展開してきたことがすべて精神に対応づけられてしまう…。そういうことで、興奮して、中村雄二郎先生も交えて本を書いたしだいです。これとは独立して、中井久夫先生は、「システムが、つくるメカニズムがシステムを破壊する」という現象を、砂山のモデルから捉えられること、それが心の病気の一つの理解につながることを指摘されていました。システムの倒壊によって、ストレスが解消されます。つまり、病気というのは回復過程であるという見方ができるのです。

これまでざっとご覧になっていただいたことから、なにが体験していただけたかというと、思考が変わることによって、つまりアブダクションによって、いろいろな視点が拡がってゆく。それによって新たな事実がつぎつぎと発見されてきた。ただし、これらの事実はすでにあったのだけれど、以前はまったくバラバラにしか存在していなかった。それらがつながってみえてくると、世界がつながってゆく。こういうことを体験しました。

だが、これと同じことはじつは外の現実世界でも起こるのではないか。つまり、私たちが考えたプロセスを、そのまま外在化してみる。私たちは日頃、データあるいは理論、かたちをつくってゆく。そうすると、世界でも同じようなアブダクションが——未発見のものがどんどん発見されていって、つながってゆく。さらに、こんどは内の世界と外の世界も、そういうかたちでアブダクションをよぶようなかたちとしてつながってゆく。

これがタイトルでもお話ししました、複雑システム思考——複雑システムを道具として、複雑な世界を理解していきたいということです。「同類で同類を制する」という感覚です。

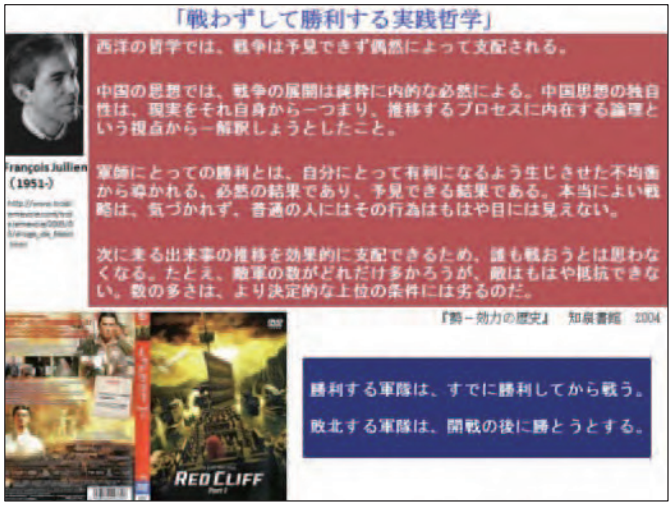
◇スライド 8「超出・奇跡の科学」



そういう観点が、なにか歴史的な史実とつながることがあるならばと思って調べてみました。「超出」というのは、いわゆる創発とよばれているものを、もっと劇的に表現したものです。トランスセンデンス（transcendence）、あるいはミラクル（miracle）と呼べます。そういうものを科学的に捉えてゆく。こういう視点は、まさに複雑システム科学やリーダシップ、マネジメント、経済学、瞑想法、精神科学、教育学の統合からみえてくる、未来創成学の展望です。

四つの例があります。1）古代中国の兵法思想。これは、「戦わずして勝利する」実践哲学です。2）南アフリカ共和国におけるアパルトヘイト廃絶。個人の能力を超える力はどうしたら引き出せるか。3）ベネズエラの音楽系プログラム、エル・システマ（El Sistema）。エル・システマというのは、現地用語の「システム」ということばの意味です。それは、音楽をとおして社会変革を引き起こす。4）最後に、世界でいちばん大切にしたい会社という観点から、いま、どういうことが経済でいわれているかということをお話ししたいと思います。

◇スライド 9「戦わずして勝利する実践哲学」



著者がなんと西洋人、フランス人です。フランソワ・ジュリアン（Francois Jullian）。「戦わずして勝利する」という実践哲学。彼は非常にユニークな視点をもっていまして、西洋の哲学では、戦争は予見できず、偶然によって支配されるというように考える。ところが、中国はまったく真逆なのです。「必然によって、答えが決まっている」と。さきほど、アブダクションで、相関があればこういうデータがあるはずだというのは、もう確実にいえますよね。その配置から出てくる「勢（いきおい）」というものがあり、同じように戦争も引き起こせる。ですか

ら、結果は予見できる。

ほんとうに有益な戦略は気づかれず、ふつうの人にはその行為はみえないというのは、はじめの設定さえ適切にしておけば、あとはおのずと展開してゆく。坂道を岩が転がりだすような、そういうイメージです。だいじなことは、つねにイニシアティブをとる、つねに配置をとりなおすことをくり返す。そうすると、敵軍の数がどれだけ多かろうが、もはや抵抗できない。

その実例がこれです。赤壁の戦い。たった 5 万の兵が 80 万の兵を圧倒するのです。それは力の関係でなくて、まさに頭脳の戦いです。これは非常におもしろいことばで、「勝利する軍隊はすでに勝利してから戦う」。ですから、本質的には戦わないのです。戦わずして、相手の戦意を失わせてしまって、勝利してしまう。敗北する軍隊は、開戦のあとに勝とうとする。

◇スライド 10「ジュリアンの説」

さらにおもしろいのは、配置が勢をもつということであれば、あらゆる中国の文化や芸術に浸透しているにちがいない。これは絵ですが、松の木。イメージとしては、これは龍のかたちをイメージしているので、静止しているにもかかわらず、ものすごいダイナミズムを内包している。

これは山水画。あえて濃淡をつけることによって、描かない部分があることが、じつ

は無限の可能性を読者に委ねる。そういう感覚を鑑賞者に引き起こさせてしまう。しかも、小さな船と大きな山を対比することによって、スケール感をきわだたせる。注目してほしいのは、こちらの草書のほうです。空間があるにもかかわらず、空間がないかのように、ものすごいダイナミズムを私たちに与えてしまう。

つまり、静と動。静止しているのですが、そのなかに動の「勢」が感じとられる。これが、じつは兵法学の哲学そのものが、かたちを変えて生き続けているということです。

◇スライド 11「個人の能力を超える力は、どうしたら引き出せるか」

二番めが、アパルトヘイトの廃絶。ネルソン・マンデラ（Nelson Mandela）の史実にもとづく映画があります。そのなかで、個人の能力を超える力をどうしたら引き出せるかと自問自答し、マンデラが一言つぶやくのは、ひらめきです。これが、まさに違うものを結びつけるアブダクションです。人の場合ですので、新しい人間関係を創り、人間の組織を創ることにつながってゆく。

彼が大統領に就任したときに、ラグビーチームはつねに負けっぱなし、最下位。そのラグビーチームが 1 年後に、なんとワールドカップで優勝に導かれてしまう。スーパー・スターをよんでくるのではなくて、ふつうの人たちのチームなのですが、奇跡が起こせるという。

もちろん、ネットワークの力というのは、両義性があります。がんが発生するように、ネットワークとしては、よい結果、ネガティブな結果、両義的なのですが、とにかく組織が力をもったときには、個人の力をはるかに超える効果が出てしまう。

◇スライド 12「音楽を通して社会変革を引き起こす」

おなじことがベネズエラでも実践されています。それが、三番めの話題です。

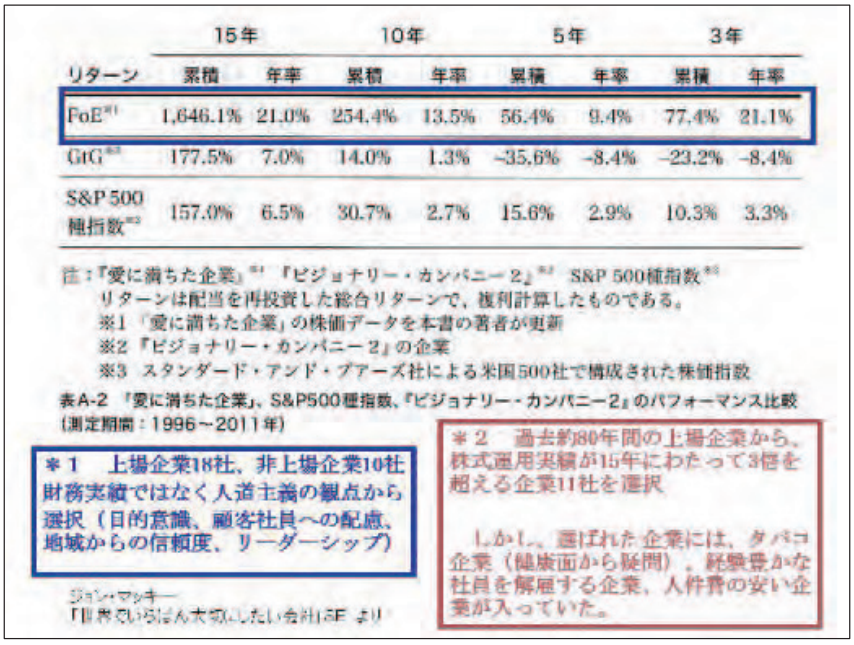
芸術家であり経済学博士であるホセ・アブレウ（Jose Abreu）。もう 40 年の歴史があるのですが、音楽をとおして社会変革を引き起こす。社会変革を引き起こそうとすることを目的にするのではなくて、音楽を提供する。じつは、学校に行けない子どもたち――貧しくて、あるいは暴力が渦巻いているところなのですが、ほんものの楽器を手渡し、そしてなんと数か月でプロのオーケストラと共演できるようになってしまう。あるいは、オ

ーケストラそのものをつくってしまう。

他者とふれあうことが、じつは手段ではなくて目的そのものであると。こういう人、リーダーから、新しいリーダーが、いまロサンジェルス・フィルハーモニックの常任指揮者（グスターボ・ドゥダメル、Gustavo Dudamel）ですが、世界的に活躍する人が生まれてきているわけです。次つぎとこういう人が、あとからあとから生まれてくる。なにか、私たちはこういう世界から学ぶことがあるのではないか。

◇スライド 13「世界でいちばん大切にしたい会社」

これが四番めです。『世界でいちばん大切にしたい会社』という本のなかにあげられているデータが示されています。過去 15 年間の業績。500 社の平均がいちばん下。そのなかで、優良企業とよばれるものの平均が上です。その場合、15 年では例えば 177 パーセント。全体よりも若干上ですが、3 年から 5 年のあいだではマイナス成長もあった。ところが、違う観点で選んだ企業は、なんとその 10 倍ていどの開きがあって。どんなタイムスパンでみても、つねにプラス成長。これも奇跡です。



リターン	15年 累積	15年 年率	10年 累積	10年 年率	5年 累積	5年 年率	3年 累積	3年 年率
FoE※1	1,646.1%	21.0%	254.4%	13.5%	56.4%	9.4%	77.4%	21.1%
GtG※2	177.5%	7.0%	14.0%	1.3%	-35.6%	-8.4%	-23.2%	-8.4%
S&P 500種指数※3	157.0%	6.5%	30.7%	2.7%	15.6%	2.9%	10.3%	3.3%

注：『愛に満ちた企業』※1 『ビジョナリー・カンパニー2』※2 S&P 500種指数※3
リターンは配当を再投資した総合リターンで、複利計算したものである。
※1 「愛に満ちた企業」の株価データを本書の著者が更新
※2 『ビジョナリー・カンパニー2』の企業
※3 スタンダード・アンド・プアーズ社による米国500社で構成された株価指数
表A-2 『愛に満ちた企業』、S&P500種指数、『ビジョナリー・カンパニー2』のパフォーマンス比較
(測定期間：1996～2011年)

＊1 上場企業18社、非上場企業10社
財務実績ではなく人道主義の観点から選択（目的意識、顧客社員への配慮、地域からの信頼度、リーダーシップ）

＊2 過去約80年間の上場企業から、株式運用実績が15年にわたって3倍を超える企業11社を選択
しかし、選ばれた企業には、タバコ企業（健康面から疑問）、経費豊かな社員を解雇する企業、人件費の安い企業が入っていた。

ジョン・マッキー
『世界でいちばん大切にしたい会社』より

こういう奇跡を起こしている背後になにがあるかというと、人道主義の観点からのいろいろな考え方が浸透しているのです。つまり、はっきりいって、「思いやり」。儲け主義ではなくて、思いやり。その思いやりは、顧客にも、そして社員にも思いやりがあ

るということ。ですから、社員の方はみな笑顔。そういう笑顔にふれることによって、顧客もまた笑顔になる。その感情の感染が拡がってゆく。その結果、数字ばかりを気にしている会社とは、大きな開きになってしまったという事実です。

◇スライド 14「ベン・オクリ」

ナイジェリアの小説家であり詩人であるベン・オクリ（Ben Okri）は、複雑世界を理解するだけではなくて、もっと前に進むべき方法というものをみつける必要があると。そのためには、一つの現実には、いくつもの可能性があるという観点をもつ必要があると。いちばんだいじなことは、「思考が現実を創造する」ということ。ものの考え方が変わると、いままでみえなかったことがどんどんみえるようになって、みえるものが増えると行動が変わり、行動が変わると当然アウトプットが変わってくる。そういうことは、あらゆるシステムにいえることなのです。

これからやってゆきたいプロジェクトというのは、そういうポジティブな考えをとおして、いまある世界を捉えなおす、行動を変革していけたら、世界のダイナミズムが変わっていくというように考えています。

以上です。ありがとうございました。

西平●ありがとうございました。ひらめきということばであったり、「形状のなかにはたらく潜勢力」というとても魅力的なことばがありました。

A氏●ありがとうございました。おもしろかったです。それでは、端的に 2 点だけ。

一つは、すごく大事だなあと思っている最後の部分ですが。一言だけでも、「どういう未来がよいのか」というのを共有しておきたいというか、確認しておきたいというか。単に「変わればよい」というだけでは…。その方向性の中身がほしいなというのが一つ。

もう一つは、アブダクションだとかいろいろなものを、あらゆることは水平展開できるというか、真似できるというか。あらゆることは関連するのは、それはもちろん、あらゆることは関連しているので。だから、それを認めたうえで、どういう思考が要るのかなと。今日と明日を通して聞きたいなと思いました。

村瀬●未来は、複数の未来を同時に考える。その理由は、思いのほかのことが起こっても、その考えのなかに、リストのなかに入っていれば、驚くことがないからです。後半は、またおいおいＡさんと議論させていただきたいと思います。ありがとうございました。

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-003

＜講演録＞

京都大学基礎物理学研究所　研究会
複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る

日時　2015 年 8 月 6 日（木）16：10－16：50
場所　コープイン京都　201
座長　津田一郎（北海道大学電子科学研究所　教授）
講演　山口栄一（京都大学大学院総合生存学館　教授）

イノベーションの本質

山口●はじめまして。京都大学思修館の山口栄一と申します。「イノベーションの本質」という題は、村瀬雅俊さんにつけていただいたもので、そこまで深いことを話せるかというのは、ちょっと自信がありません。

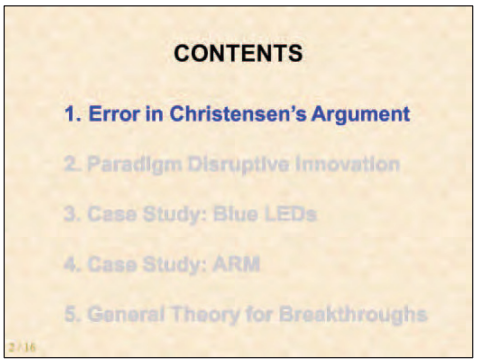
もともとの研究のきっかけは、90 年代後半に起こった、日本における「大企業中央研究所の終焉」と呼ぶ現象に端を発します。私は当時、NTT（日本電信電話株式会社）の基礎研究所というところにいて物性物理学の研究をしておりました。この NTT 基礎研究所のみならず、NEC（日本電気株式会社）、SONY 株式会社、それから株式会社日立製作所と、次つぎに中央研究所が壊れてゆく状況を目の当たりにして、「なんでこんなことが起こるのだろう」と思いました。こんなことが起きたら、たぶん 15 年後の日本のイノベーションは壊滅的になると予見しました（その予見は当たりました）。

そこで私は、「研究を止めてはだめだ。結局イノベーションまでだめになってしまう」と、大企業の経営者たちを説得しにかかったのです。ところが、ことばが通じないのですね。ようするに、イノベーションがどうやって生まれるかということに関する考え方が根本的に違うということがわかったのです。

◇スライド 1「イノベーションの本質」

そこで、書いたのがこの最初の本、「イノベーション 破壊と共鳴」（NTT 出版）です。これは 1999 年から 2003 年くらいに研究した話をまとめた本で、2006 年に出版されました。きょうの講演では、その前半でこの本のエッセンスをご説明したいと思っています。奇妙なことに、いまからお話しする話は、おそらくみなさま方理系の研究者にとっては「なんだ、こんなのあたりまえじゃないか。あたりまえのことを、なんでこんなに仰々しく言うんだ」という話だと思います。ところが、経営者ないし社会科学の人からみると、まったくわからない。言っていることがなにもわからないという不思議な話なのです。ですから、どこに「分かる、分からない」の境界があるのかというのを見据えながら聞いていただきたいと思います。

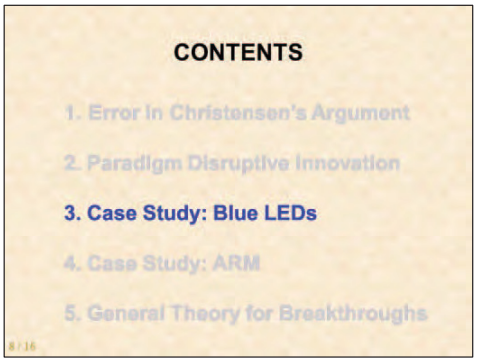
◇スライド 2「CONTENTS1」



第 1 は、クレイトン・クリステンセン（Clayton Christensen）の議論からです。クリステンセンという人は、『イノベーションのジレンマ』という、いまだに平積みされているベストセラーを書いた人です。ハーバード・ビジネス・スクールの経営学者ですね。私は 1997 年にこの本を読んで、「まったく、なんてアホくさい間違いをしているのだろう」と思い、その「アホくさい間違い」がいったいどこに起因するのだろうかということを考えました。ですから最初に、クリステンセンの議論のどこが間違っているのかということをお話しします。

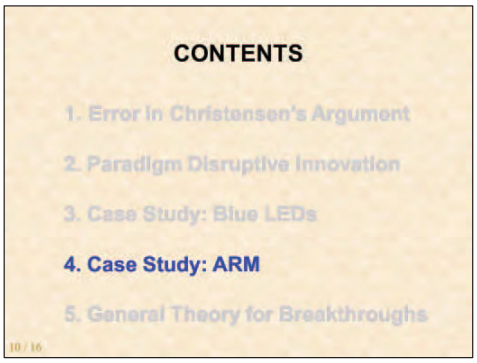
◇スライド 5「CONTENTS2」

第 2 は、クリステンセンの間違いを正すプロセスで見つけだした概念についてです。この概念を表現するなにかいいことばがないかと思って、半年くらいかけて「パラダイム破壊型イノベーション（Paradigm Disruptive Innovation）」ということばを思いつきました。この「パラダイム破壊型イノベーション」をきちんと定義づけておきたいと思います。



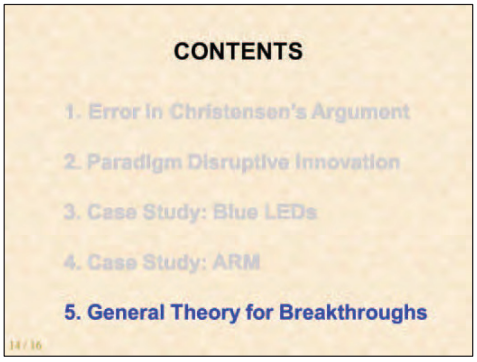
◇スライド 8「CONTENTS3」

第 3 が、パラダイム破壊型イノベーションのいちばんよいケーススタディとしての青色 LED の物語です。このイノベーション・プロセスのお話をします。



◇スライド 10「CONTENTS4」

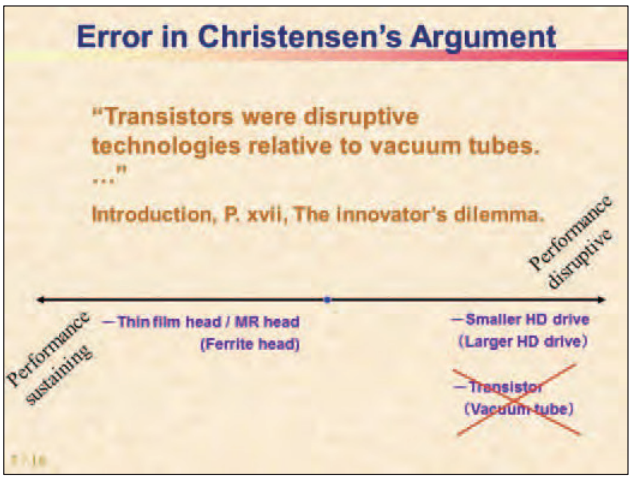
第 4 は、ちょっと時間がなくてお話ができないかもしれません。ARM のお話をします。



◇スライド 14「CONTENTS5」

最後に、イノベーションの一般論を体系化しておこうと思います。

◇スライド 3「Error in Christensen's Argument1」



第 1 の、クリステンセンの議論の間違いについて。クリステンセンは、ハーバード・ビジネス・スクールの博士論文のなかで、こういう話をしました。ハードディスクの歴史を調べてみると、最初に思いいたるのは高記憶容量化という歴史です。彼は、この高記憶容量化（スライドの軸の左側）を持続的イノベーション（Sustaining Innovation）と呼びました。この持続的イノベーションは、放っておけば、エンジニアが勝手にやるので、経営学的になんら考慮する必要もないと彼は言います。

この持続的イノベーションではなくて、だいじなのは軸の右側なのだと。つまりハードディスク・ドライブは、14 インチから 8 インチ、5.25 インチ、3.5 インチとしだいに小型化する。これは、じつは技術革新でもなんでもありません。たんに小型化するだけです。ですから、ステップごとに記憶容量が 1 桁ずつ下がっていきます。

こんな風に性能が下がっていってなにが起こったか。8 インチのハードディスク・ドライブを、あるしがないベンチャー企業が売り出したときに、14 インチのハードディスク・ドライブのメーカーは、「こんなおもちゃみたいなものは意味がない」と切って捨てました。その結果、14 インチのハードディスク・ドライブのメーカーは、IBM（International Business Machine Corporation）を除いて、みんなつぶれてしまった。

5.25 インチのハードディスク・ドライブをシーゲート・テクノロジー（Seagate Technology PLC）が売り出したときには、やはり 8 インチのハードディスク・ドライブのメーカーは、みんなバカにした。「こんなおもちゃみたいなものは意味がない」と。その結果、4 社のうち 3 社がつぶれてしまった。

さらに、3.5 インチのハードディスク・ドライブを、あるしがないアメリカ西海岸のベンチャー企業が売り出したときに、シーゲートはどういう企業行動をとったか。この 3.5 インチのハードディスク・ドライブは簡単につくれます。技術革新でもなんでもない。

そこで技術部はプロトタイプを簡単につくって、マーケティング部に渡して、「これを売るかどうかを判断してくれ」とお願いした。マーケティング部は顧客に聞いてみた。すると「こんなものは興味がない。もっと記憶容量をあげてくれ」と顧客全員が言ったので、経営陣は売らないと決断した。シーゲートはその後ずいぶん遅れて 3.5 インチをつくりだしたのですが、結果的になかなかラップトップ・パソコンの世界に食いこめなかった。

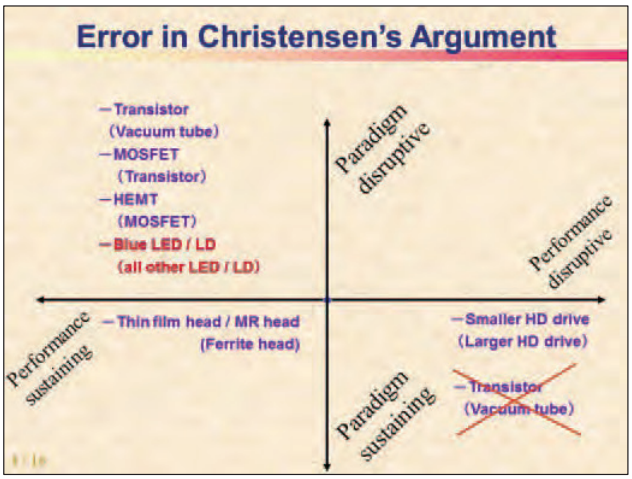
このように、性能を落とすようなイノベーションが起きて市場が攪乱される。このことを、彼は破壊的イノベーションと呼びました。破壊的イノベーションとは、第 1 に「製品の性能を、主流市場では認められないほど落とすイノベーション」のこと。第 2 に「潜在市場が発見され、その潜在市場が主流市場を壊すイノベーション」のことです。

さて、クリステンセンはこういうことも言いました。“Transistors were disruptive technologies relative to vacuum tubes.”つまり、「トランジスターは真空管に対して、破壊的技術であった」。これはもう、完全に間違いであるわけですね。なぜ間違いかというと、これは二つの定義を二つとも外してしまっている。

「製品の性能を主流市場では認められないほど落としたか」といえば、トランジスターは、性能を落としたどころか、圧倒的かつ劇的に性能を引きあげたわけです。それから「潜在市場が発見され、その潜在市場が主流市場を壊したか」といえば、トランジスターは潜在市場どころか、最初から主流市場で真空管と戦った。当時でいうと、真空管の市場は、電話交換機、ラジオ、それからテレビでしたが、その主流市場に真っ向勝負して、真空管の市場を全部塗り替えていった。だから、彼の議論は完全に間違っているわけです。

では、これをどう考えなおせばよいのだろうということから、私は出発しました。彼はトランジスターを図の右側の破壊的イノベーションに分類するのですが、左側の持続的イノベーションに分類されるべきではないかということです。

◇スライド 4「Error in Christensen's Argument2」



どう分類しようかと、私が頭を捻って考えたのが、2 次元構造で考えようということです。つまり横軸において、「パフォーマンス」を頭に冠して、破壊的イノベーションを性能破壊型イノベーション、そして持続的イノベーションを性能持続型イノベーションと名前を呼び変えたうえで、もう一つ 2 次元めの軸を描いて、パラダイム破壊型、パラダイム持続型とよんでおきましょう。

そうすると、トランジスターはパラダイム破壊型イノベーションに分類されるようになる。あたりまえですね。だって、トランジスターは量子力学で動いていますから。いっぽう真空管のほうは古典電磁気学で動いている。

技術を成立させているパラダイムが変わると、やはり経営者は混乱するのです。混乱して、いろいろな攪乱が起きる。いくつか例をあげてみます。トランジスターに対する MOSFET、MOSFET に対する HEMT、そして他のすべての LED や半導体レーザーに対する青色 LED と青色半導体レーザー。ベンチャー企業が勝つメカニズムをもっていて、じっさい HEMT を除いては、すべてベンチャー企業が勝っています。

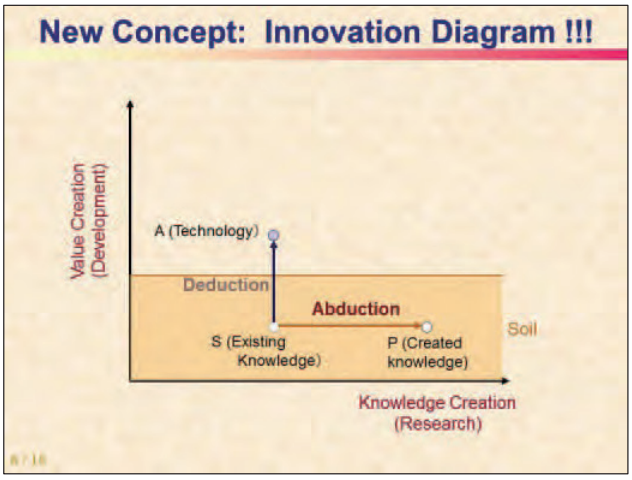
つまり、もともとのイノベーション・メカニズムが違うのです。性能破壊型イノベーションは、クリステンセンによれば、バリュー・ネットワーク・トラップ（Value Network Trap）に企業が囚われてしまう。それによってベンチャー企業が勝つ不可避的メカニズムを持っている。いっぽう、パラダイム破壊型イノベーションは、結局は、江崎玲於奈さんのいう「夜のサイエンス」の本性が経営者に伝わらないから起こってしまうのですね。経営者は、一般には夜のサイエンスのことはまったく知りません。夜のサイエンスを成立させている暗黙知が経営者にはどうしても伝わらない不可避的なメカニズムがある。こうしてベンチャー企業が勝つメカニズムが起こるわけです。

私はこれを一つ一つ全部ケーススタディとして調べあげて、「じょうずに一つの図が描けるなあ」と思いました。ですから、いまからその図をご紹介したいと思います。そ

の図のことを、イノベーション・ダイヤグラムと名付けます。

とくに青色LEDは、もっとも典型的なパラダイム破壊型イノベーションの例ですから、たいへん美しいイノベーション・ダイヤグラムが描けます。

◇スライド 6「New Concept: Innovation Diagram!!! 」



というわけで、イノベーション・ダイヤグラムの図を用いて、パラダイム破壊型イノベーションの定義をしたいと思います。私はこんな図はあたりまえだと思うのですが、なかなか社会科学系の方には理解してもらえません。

まず横軸に「知の創造（Knowledge Creation）」を書いておきます。いわゆる研究です。そして縦軸に「価値の創造（Value Creation）」を書いておきます。あるいは「知の具現化」です。これは開発のことです。

これら二つ、研究と開発とは、人間の知的営みとして完全に直交していて、線形独立なのだということを表現するために、横軸と縦軸で描いておきます。こうして描くと、私たちの知的な営みは二つに分解できます。

一つは、縦向きのユニット・ベクトルです。「価値の創造」です。これで生まれたものを、われわれはテクノロジーとよびます。テクノロジーというのは、いわば社会に価値を与える行為です。こういう行為のことを、一般に「演繹」といいます。つまり、ある一般的な、さまざまな命題から、特殊的なものを見つけだす行為です。

もう一つのユニット・ベクトルがあります。横向きのベクトルです。これは「知の創造」です。私たちサイエンティストは、この「知の創造」の営みばかりやっているものですから、「価値の創造」がわからなくなってしまうのですね。ところが、経営者は「価値の創造」ばかりやっているものですから、「知の創造」の重要性がわからないのです。そこに悲劇が生まれます。

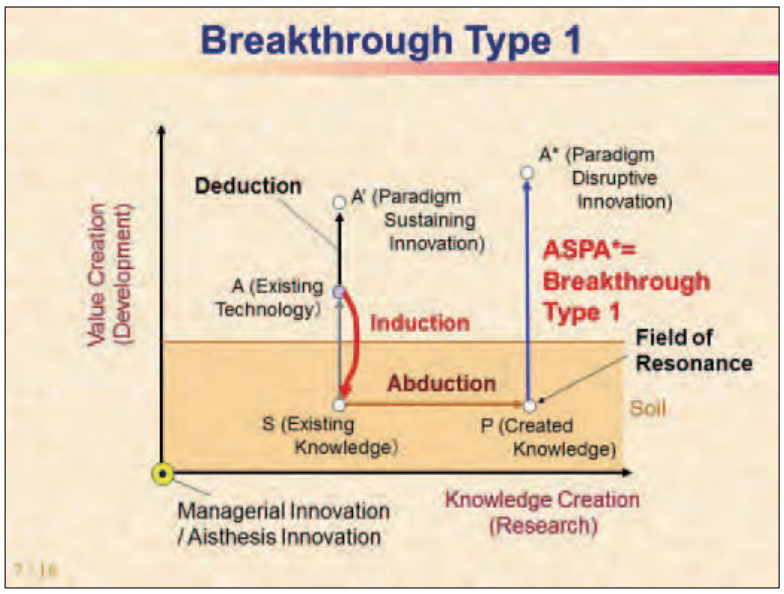
この「知の創造」を、チャールズ・パース（Charles Pierce）のことばに厳密に従って、

アブダクション（abduction）とよんでおきましょう。アブダクションは、当時きちんとした訳がなかったので、私はとりあえず「創発」と訳しました。最近は、村瀬さんをふくめてみんなつかってくださっていますから、創発のままにしておきましょう。創発は、イマージェンス（emergence）の訳語でもつかうので厄介なのですが、ここではアブダクションを創発と訳しておくことにします。

ここまで理解したうえで、パラダイム破壊型イノベーションの構造はどうなっているかというと、すべて同じ構造をしています。オレンジ色の塗り部分から上、土壌の上はマーケットからみえる世界です。ですから、社会です。ここから下は、マイケル・ポランニー（Michael Polanyi）のいう、サイエンス共和国の世界です。

さて、既存の技術から出発する時、産業活動の中で経営者は上にゆくことをめざします。価値の創造（deduction、演繹）のベクトルをゆこうとするわけです。これのことを、パラダイム持続型イノベーションとよんでおきましょう。世の中の 9 割以上の企業活動は全部これです。ところが、この、上に向かうベクトルはすべてゆきづまります。みなさんご承知のとおり、ムーアの法則（Moore's Law）によって、半導体テクノロジーは 2020 年にもゆきづまることが、もうすでに予測されています。

◇スライド 7「Breakthrough Type1」

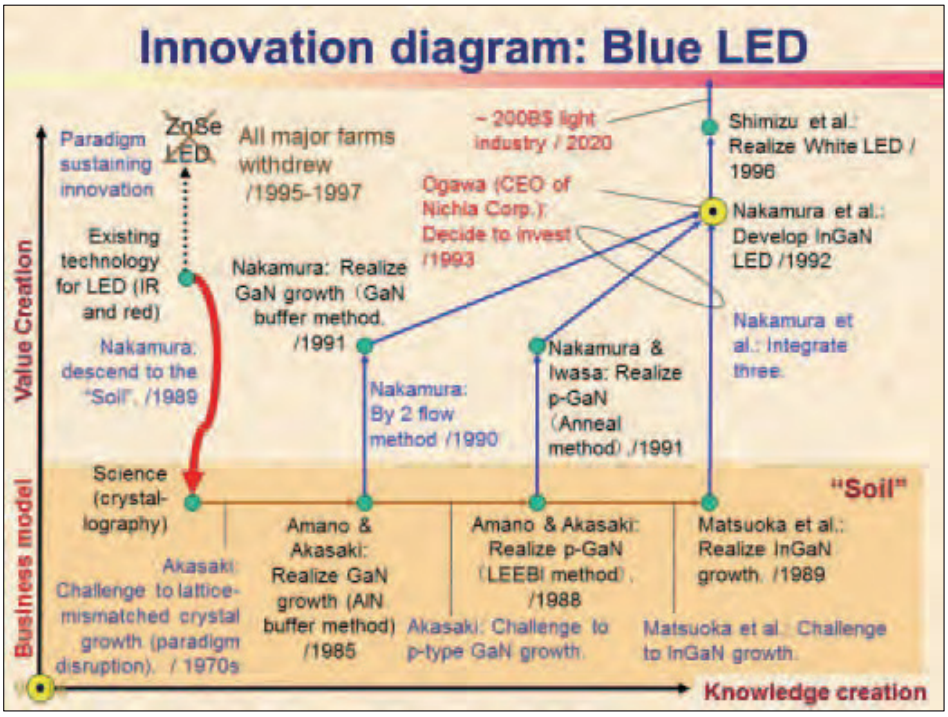


ゆきづまったらどうするか。それは、簡単で、演繹（deduction）の逆操作をすればよい。帰納（induction）をすればよいということです。ただし、土壌の下まで降りなければダメです。土壌の下まで降りると創発（abduction）ができます。創発ができて、一つ別のパラダイムをつくりあげれば、そこから演繹をすればよい。こういうような、A→S

→P→A★というプロセスのことを、パラダイム破壊型イノベーションとよんでおきましょう。これをブレークスルー・タイプ 1（Breakthrough Type1）ともよんでおきます。

この創発のベクトルと演繹のベクトルの結節点を、共鳴場と呼んでおきましょう。この共鳴場こそがだいじです。問題はここの点なのです。いまから出てくる青色 LED の場合は、ひじょうにアンフェアな場として表現できますが、アンフェアであってもよいし、フェアであってもよい。とにかく、アブダクティブ（abductive）な人間とディダクティブ（deductive）な人間が共鳴的に仕事をいっしょにする場のことをフィールド・オブ・レゾナンス（Field of Resonance）、共鳴場とよんでおきましょう。

◇スライド 9「Innovation diagram: Blue LED」



以上、準備が整いましたので、青色 LED について少しくわしくお話しします。

青色 LED の研究・開発は、もともと存在していた LED の技術から考えると、ふつうは図の黒の点線（縦ベクトル）のように進展します。セレン化亜鉛（ZnSe; Zinc selenide）というⅡ-Ⅵ属半導体を用いるのです。なぜセレン化亜鉛が選ばれるかを話すと 10 分くらい費やしてしまうので、ここでは省略します。とにかく、パラダイム持続型イノベーションとして、セレン化亜鉛を選ぶ。その結果、世界中の 99%までの研究者はセレン化亜鉛を選びました。1980 年代、応用物理学会にいきますと、セレン化亜鉛のセッションには何百人という人が会場にいました。世界中がみんなこれを研究していたのです。

ところが、世の中にはやはりパラダイム破壊を人生のゴールとする人間がいる。結晶成長学のなかで、赤﨑勇さんが、Lattice-mismatched Crystal Growth すなわち格子不整合系の結晶成長をやってみようと思いたつのです。これは、基本的に教科書破りです。結晶成長学の教科書には、こういうことをしてはいけませんと書いてありました。

かくて彼は、格子不整合系の結晶成長にトライしようとして、窒化ガリウムを選ぶのです。窒化ガリウムに格子整合する物質は存在しません。存在しないので、サファイアを選ぶ。サファイアを基板結晶として選んで窒化ガリウム結晶を成長させると聞いただけで、当時の人は、「ああ、あの人はまったくサイエンスが理解できていない」と蔑視しました。実際に応用物理学会における窒化ガリウムのセッションは、1980 年代はいつも 10 人未満でした。7、8 人が細々と発表しあうという状況が、10 年くらい続いていました。

ある日のこと、天野浩さんという修士 2 年生の学生さんが赤﨑さんの言いつけをやぶって、秋山の方法というものにトライするのです。秋山正博さんという方は、いまは京都工芸繊維大におられますが、当時は沖電気工業株式会社の中央研究所におられて、シリコンの上に格子不整合のガリウム・ヒ素を結晶成長するために、その間にバッファ層と呼ばれるスポンジ状の物質を入れたのです。この秋山のバッファ層法にトライして、みごとに一発で成功するのですね。これが、人類がいちばん最初に手にした窒化ガリウムの結晶です。

天野さんは、さらに P 型の窒化ガリウム半導体をつくることに挑戦します。たまたまセレンディピティで、電子顕微鏡の下でカソード・ルミネッセンス（Cathode Luminescence）の実験をしていたときに、P 型になり損ないの窒化ガリウムを入れてみると、みるみる光り始めるという現象を見つけます。それをきっかけに、P 型のつくり方を世界で初めて発見しました。LEEBI 法（Low Energy Electron Beam Irradiation）すなわち低エネルギー電子ビーム法と呼ばれています。こうして天野さんは二つのパラダイム破壊を成し遂げましたのでした。これは、ともに世界中の人から「できない」と思われていたことです。

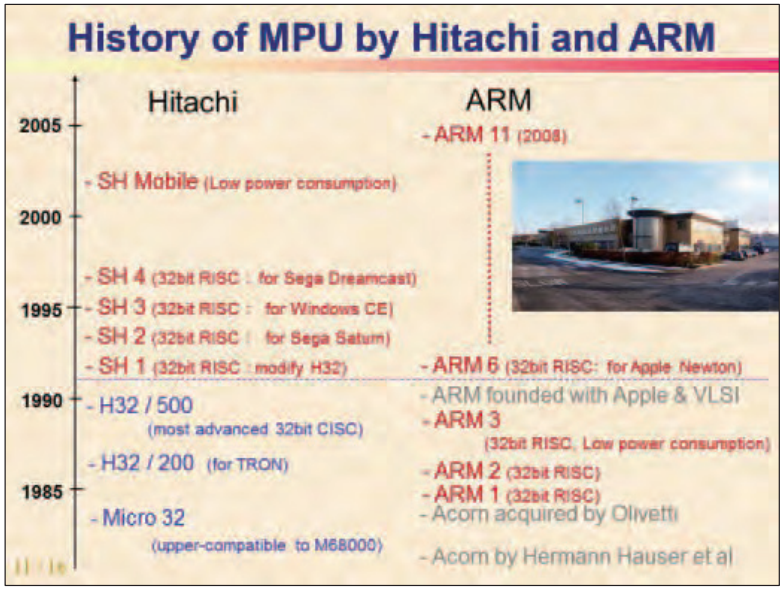
それから、最後の「インジウムを導入する」というのもパラダイム破壊です。これは、さすがの天野さんもできませんでした。2002 年に天野さんは武田賞をもらったときに述懐していましたが、「われわれもこれに取り組んだけれど、できなかった」と。だから「できないのだと思っていた」と。そうしたら、そのうちに松岡隆志さんが「つくれた」と。「あ、つくれるんだ」と思ってやったら、一発でできたそうです。だから、「できる」ことが分かると人は「できる」のです。

というわけで、三つのパラダイム破壊がこの青色 LED のイノベーション物語には必要でした。そしてそのパラダイム破壊が終わった後に、中村修二さんがこの世界にやって

くるわけです。ちょっとくわしくは話している時間がありませんが、この三つのパラダイム破壊を、中村さんは一つひとつ自分のものにして、世界で初めて窒化ガリウムによる青色 LED の開発に成功します。

ここから先の話は、みなさまもご承知のとおり、日亜化学工業株式会社は白色 LED をつくりました。清水義則さんという若いエンジニアが、青色 LED の上にオレンジの YAG 蛍光体を塗って白色 LED をつくるという方法を見つけました。いまや、われわれはその技術のご利益を携帯電話や照明で享受しているわけです。これは、典型的なパラダイム破壊型イノベーションの例です。

◇スライド 11「History of MPU by Hitachi & ARM」

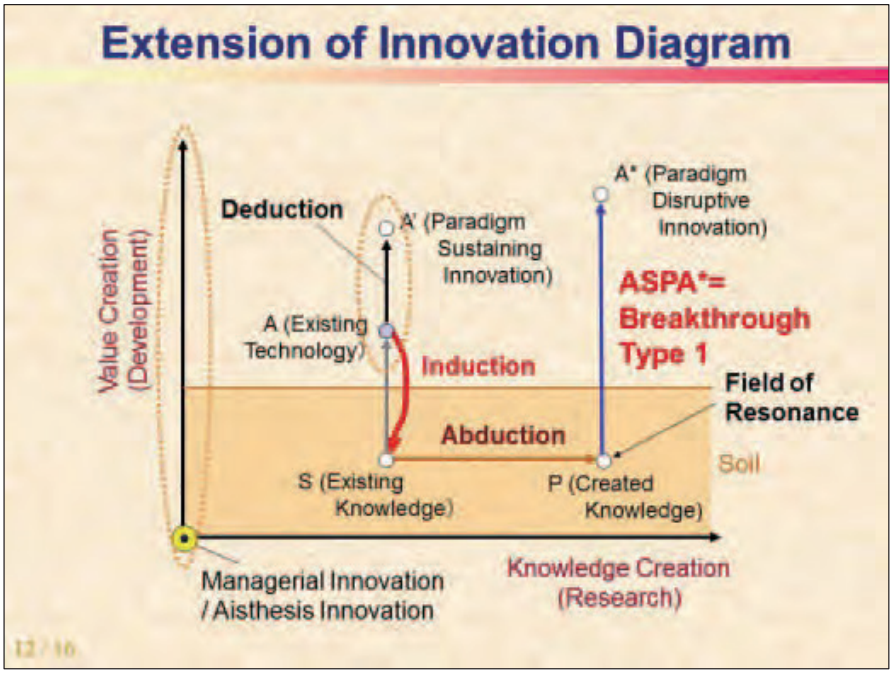


さて、次です。駆け足ですが ARM の話をします。ARM はご承知のとおり、Advanced RISC Machine の略で、いまやすべての携帯電話は ARM アーキテクチャです。なぜ ARM が成功して、日立が失敗したかということを考えておきたいと思います。

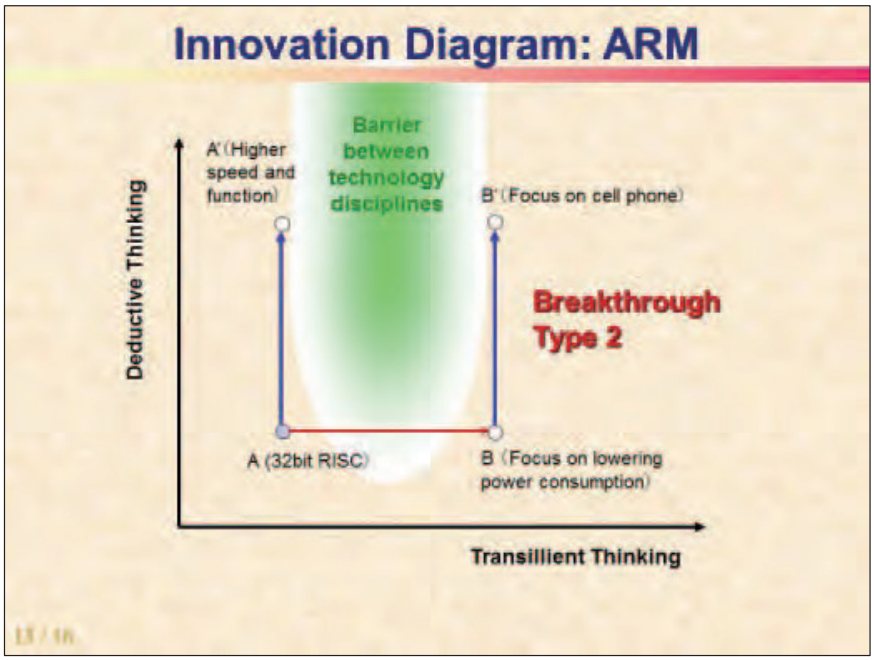
この図に日立と ARM が生み出したすべての CPU を並べておきます。ARM はもともとエイコーン・コンピュータ（Acorn Computers）という会社でした。ARM は、エイコーンからスピン・アウトした 18 人が創ったスタートアップで、いまだに従業員 800 人足らずの、ケンブリッジにある小さなベンチャー企業です。

この運命の岐路は、1991 年にあります（青い点線）。日立は、SH-1 という 32 ビット RISC（Reduced Instruction Set Computer）を作ります。いっぽう ARM は、ARM6 という 32 ビット RISC を作る。SH-1 のほうが、圧倒的に性能が良かった。ところが、結局のところなぜ ARM が勝って、日立が負けたか。

◇スライド 12「Extension of Innovation Diagram」



◇スライド 13「Innovation Diagram: ARM」



この謎を説明するために、再びさきほどのイノベーション・ダイヤグラムを描いて、演繹の軸を注視します（左の図）。マイクロプロセッサというのはすべてロジック、論理回路ですから、演繹だけで成立しています。だから Value creation の軸だけをみればよい。この右の図が、Value creation の軸のサブ構造を描いたものです。縦軸が演繹的思考

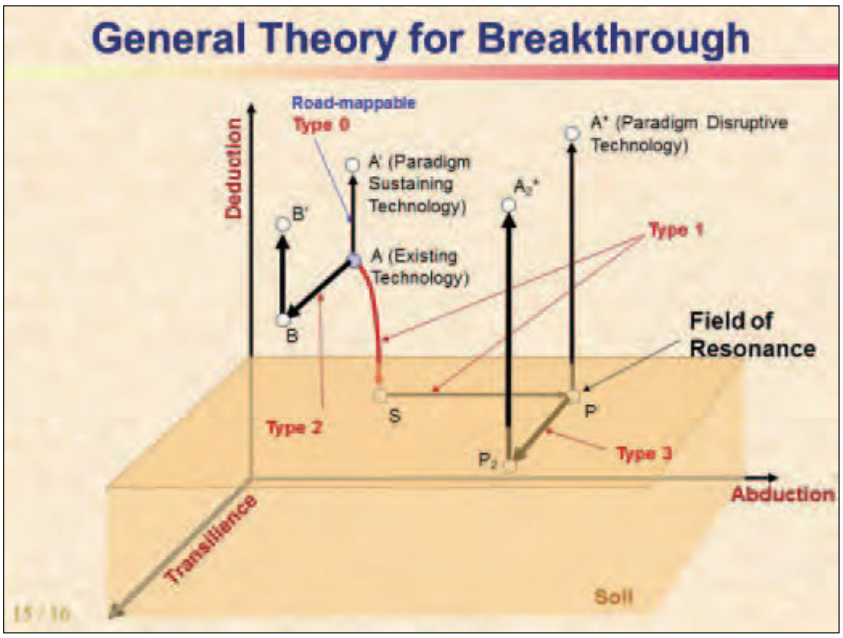
です。横軸にトランジリエンス（transilience）という軸を加えておきます。「回遊」と訳します。回遊軸を加えると、この問題はわりと簡単に解けます。回遊とは、異なる評価軸に進むこと。

日立は、なんといってもやはり従業員数数千人の日立中央研究所をかかえるプロフェッショナル集団です。32 ビット RISC というアーキテクチャが生まれたとき、とうぜん 32 ビット空間を最大限に利用しようとしますから、高速かつ高機能を求めますね。大雑把にいえば、インテル（Intel Corporation）と勝負しようと考えた。優秀だが単調（monotone）な集団は、つねに演繹に進みます。

一方の ARM はたった 18 人しかいないベンチャー企業です。全員がケンブリッジ大学の卒業生で、マイクロプロセッサのアーキテクチャを設計するという観点からすると、アマチュアです。ですから、インテルと勝負してもかなわないと考えた。リソースが限られているので、あえて低消費電力に特化します。低消費電力に特化して、パームトップ・パソコンをつくろうと。エイコーン社を創ったハーマン・ハウザー（Hermann Hauser）がそう皆に決意を促したのです。

ハウザーは、テクノロジーではなく人類の未来を見ようとしました。未来をみて、これは、消費電力が低いということがいちばんのプライオリティだということを見抜き、あえてスピードを下げて、機能も下げて、消費電力の低いものをつくった。これは言うまでもなくコンピュータ・サイエンスから見ると、正統的な方向ではありません。こんな風に、演繹的には正統な道を選ばず、あえて異なる評価軸に「回遊」した。そしてそれから数年後に、携帯電話の時代がやってきたということです。時代が彼らに追いついたということです。

◇スライド 15「General Theory for Breakthrough」



最後に、イノベーションの理論をまとめておきます。これまでに、タイプ 1 とタイプ 2 の話をしました。

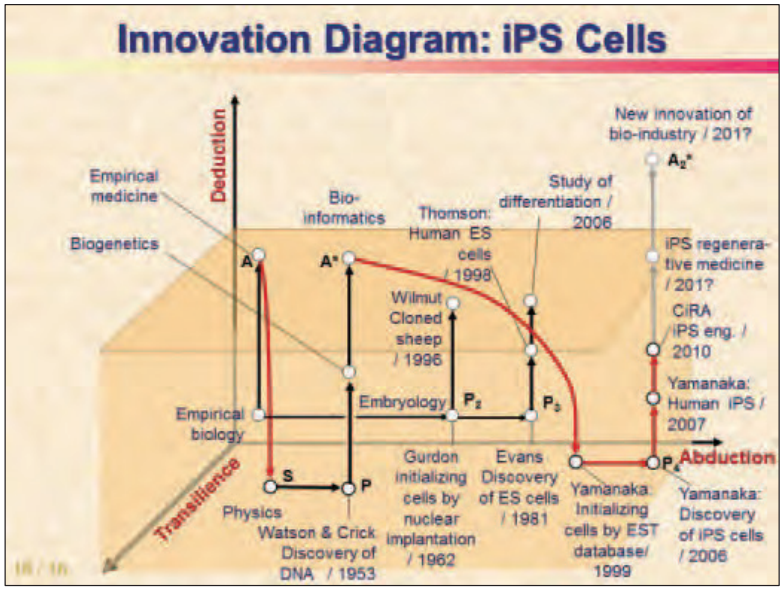
その前に、タイプ 0 というのを、いちおう入れておきましょう。これは、「あたりまえのイノベーション」のことです。日本の企業が大得意なことです。パラダイム持続型イノベーションですね。

いまや日本の企業の中央研究所が事実上機能を停止してしまいましたので、タイプ 1 ができなくなってタイプ 0 しかできなくなってしまいました。この S から P のベクトルが切れてしまったのです。ですから、日本の「沈みゆく舟」という状態が生まれました。この A→S→P→A★をタイプ 1 と呼んでおきます。

それから、タイプ 2 の例が ARM です。ARM は A→B と、違う評価軸に向かって進むという道を選びました。これを「回遊」（transilience）と呼んでおきましょう。ここに描いたように、3 次元のイノベーション・ダイヤグラムを描いてやると、イノベーションのすべてのプロセスを表現することができます。この 3 次元軸は、「創発」（abduction）、「演繹」（deduction）、そして「回遊」（transilience）の三つの軸で成立しています。

さて、この 3 次元のイノベーション・ダイヤグラムを眺めると、タイプ 3 というイノベーションがあることに気づきます。タイプ 3 は、土壌の下で、ある分野から違う分野に飛ぶというイノベーションです。このいちばん典型的な例が iPS 細胞です。iPS 細胞は典型的なタイプ 3 として表現できます。

◇スライド 16「Innovation Diagram: iPS Cells」



もともと伝統的な生物学の中から発生学が生まれた。しかし、伝統的な生物学から飛び出て、ジェームズ・ワトソン（James Watson）とフランシス・クリック（Francis Crick）が、違う分野（物理学）に飛び、DNA の 2 重らせん構造を発見した。これは回遊（transilience）の軸を描くときちんと表現できます。いっぽう、発生学はジョン・ガードン（Sir John Gurdon）やマーティン・エヴァンズ（Martin Evans）によってそのまま継承され、分化の研究に進んだ。ですから、二つの分岐は別ものです。図の手前側が分子生物学の歴史です。奥側が伝統的な発生学の歴史です。

しかし、山中伸弥さんは A★から、ふたたび回遊（transilience）の軸を飛ぶのです。Bio-informatics から、ぜんぜん違う分野にむかって飛び、新しい分野を築きます。このようにして、三次元空間で表現すると、すべてのイノベーションが表現できるということを、今日はお話しいたしました。

では、ここで終わりたいと思います。どうもご静聴ありがとうございました。

津田●どうもありがとうございました。たいへん興味深いお話なので、ご質問がありましたらどうぞ。

A氏●こういうイノベーション理論をつかって、イノベーションに成功したという例はあるのでしょうか。

山口●この理論自身は私が築いたもので、私が本に書いただけであって、広く認知され

ているものではありません。

A氏●中村修二さんかなにか知らないですが、そういう人がこの理論を知っていて……。

山口●いえ、中村さんは、まったく知らないと思います。

A氏●たぶん、知っていないと、できないのではないですか。それは、かなり自明のような感じがするのですが。

山口●それが、実のところ現実世界では自明ではない。実際に Entrepreneurship の実践論として適用しようとすると、実にむずかしいのですよ。じつは私はベンチャー企業を四つ起こしました。1998 年に最初のベンチャー企業、そして 2001 年にソニー中研の方に「あなたがソニーを辞めて会社を起こすことこそが日本を救う」と訴えて 2 社目の超ハイテクベンチャー企業を起業、そんな風に一昨年に至るまで四つ会社を起こしました。これら四つの会社はすべて、私のイノベーション理論に基づいて創りました。まだ完全には成功するに至っていないので高らかに言うことはできませんが、少なくともこの理論に基づいて実践してきたからこそ成功しつつあると考えております。

A氏●つまり、この理論をつかってやろうとすると、人間はきっとその極限まで行くでしょうから、あっという間に、160 人かなにか知らないですが、たくさんのスタッフがいる企業にシェアされてしまって、その瞬間にそこの空間というのは、すべて使われてしまう……。

だから、そんなことは自明だと思うのです。そうしたら、そのあとどうするのかという話になって、けっきょく手探りしかないじゃないかということになるのではないでしょうか。

山口●まったく違います。この創発軸というものの重要性がわからないかぎり、そう考えがちです。創発軸がなくて、演繹軸しかないとだれもが（とりわけ優秀で単調な集団は）思っているから、大企業はイノベーション・ダイヤグラムにおいて、上に、上にゆくのです。だから、いまの日本のエレクトロニクス企業のように体たらくになってしまう。あれは、すべて演繹軸にゆくからです。

A氏●じゃあ、その創発軸のほうで……。途中から聞いたので完全に理解していないのですが。つまり、創発軸というのは、サイエンスの世界ですよね。

山口●そうです。

A氏●アンダーグラウンドの世界ですね。だから、それなりの拡がりをもっていると。ですが、垂直方向とのあいだのつながりがまったくない。垂直方向は、ぼくのことばをつかえば、それは実軸で、こちらは虚軸です。つまり、虚と実というので全体の構造をつくっていると思うのですが、その二つのあいだのやりとりが日本の風土のなかではひじょうに少ない。それはよくいわれますが、日本独特の文系・理系という分け方があると思うのです。

理系だけが拡がっているような拡がり方と、文系とのあいだが切れているという、その原因ですね。その原因はいったいどう考えられますかというのが、一つの質問です。

山口●重要な質問ですね。それを理解してほしいから、あの 3 冊の本『イノベーション破壊と共鳴』、『死ぬまでに学びたい 5 つの物理学』（筑摩選書）、『イノベーション政策の科学』(東京大学出版会)を書いたのです。つまり、すべて共鳴場(Field of Resonance)の問題なのです。場の問題なのです。場がどう特徴づけがなされているかというのが問題で、これはお話ししているとすごく長くなるので、できれば本を読んでいただければと思います。

ようするに、目標が違うベクトルが二つつながらなければいけない。じつは、これを無意識に担保していたのが日本の基礎研究所だったのです。ところが 1990 年代後半に事実上基礎研究所がなくなってしまいましたから、ここから先は少しオープンな――私はオープン・イノベーションということばは嫌いなのですが、オープンなイノベーターのネットワーク統合体という新しいイノベーション・モデルが生まれた。これをどうつくればよいのだろうというのが、私たちの命題です。

A氏●たとえば、文系と理系ということばですが、理系のもっている文化と文系のもっている文化とのあいだに、そのオリジンにものすごく相違がある、日本の場合なのですが。

ぼくは理系の研究者ですが、そういう感じがものすごく強い。これはなんなのかといったら、たぶん明治以来の輸入過程によっている。いまの研究所がどうのこうのという程度のレベルではなくて、もっと根が深いと思うのです。

つまり、理的な発想と文的な発想をひとつの枠組みのなかに捉えることができないという日本独特の文化がある。きっと明治だけではなくて、中国から日本が文明を輸入してきたころからずーっとあるものなのではないかと思うのです。日本のコンプレックスのようなものだと思うのです。

だから、研究所がどうのこうのといったとこで始まるような代物ではないのではないかと。もっと根の深い問題なのではないかとぼくは思うのです。

山口●根は深いと思います。けれども、私たちはそれをきちんと、ある種の腑分けをして、解決策をもたないといけませんね。一つの解決策が、ちょっと手前味噌ですが、京都大学の思修館です。

思修館は、けっして理想に向かっているとはいえないのですが、私が思修館にきたときの理想はそれです。つまり、文系と理系を完全に共鳴的に教えるのです。

「八思（はっし）」とよんでいますが、人文・哲学から始まって、理工・医薬から芸術までの八つの思想を、まず徹底的に学生に教えます。教えることで、少なくとも文系と理系の発想の、いわば精神のバリアを解こうとするのです。最終的に私はそこから出発して、イノベーション・ソムリエとぼくらがよんでいる「目利き」をつくろうと思っているのです。残念ながらまだ道半ばですが、なんとかそういう動きをしてゆくしか、道はないと思います。

B氏●内科の医師をしていますBと申します。かいつまんで言うと、縦軸のほうは文系的なディダクションとか発想であって、水平軸のアブダクションのほうが理系的な発想。その乖離ということをおっしゃいましたが、これはアクワイヤド（acquired）なのか、もともとその人が本来もっている素質が大きいのか。それは融合できるものなのか。基本的には、仲よくすることはできても、別のものなのか、そのあたりはどう考えておられますか。

山口●人によると思うのですよ。学術的研究をぜひ、心理学の方がたにしてほしいと思うのですが。

いま、私はたまたま、ある種の実験をしています。文系の学生に物理学を根本から教えるのです。量子力学に至るまでの創発プロセスを、逐一教えてゆきます。歴史を追って教えてゆきます。

どこから教えるかというと、ヨハネス・ケプラー(Johanness Kepler)とアイザック・ニュートン（Isaac Newton）から教えます。ニュートンから順番に教えていって、最終的に量子力学まで至る。どういう歴史プロセスで、それぞれの人間がどういう考え方の創発プロセスをしたかというのを教えてゆくと、文系の人だって理解できるのです。ですから、教え方はやはりそうとう重要だと思います。歴史を追うという教え方が重要でしょうね。理系的な頭はどうしても公理から出発しますから、そうではなくて、人間の営みとして教えてゆくというやり方をすれば、多くの文系の学生は「科学大好き人間」にな

ると信じます。

C氏●二つあるのですが。一つは、東京大学の科学哲学の伊東俊太郎さんがアナロジーかなにかの議論をするときに、ディダクションというのがあって、移って、こちらにまた行くというような議論をしています。そのときに言っているアナロジーというのは、ある種の不連続性というのがあって。不連続であるにもかかわらず連続的で、結果的に連続であるかのようにみえるというようなものを含んでいます。一つは、伊東さんの議論との関係はどうなっているのかという質問です。二番めは、アブダクションというのも、部分から全体をでっちあげみたいなものがあって、その種の不連続性というのは問題になっていて。とくに文化人類学の人たちなんかは、アナロジーということが忘れられた重要な概念ではないかといっています。やはり、不連続性であるにもかかわらず、結果的に連続であるかのような、そういうことを問題にする。そのへんはどう思われますか。

山口●伊東さんの話は、ぼくはまったく知らなくて。読んだことがないので、また改めて教えてください。

不連続なところを飛んだあとに、ぜんぜん違う解を見つけるのではないかと。つまり、最終的に全体性にいかないのではないかという議論は、おっしゃるとおりだと思います。しかし、少なくとも物質世界の本質を探る物性物理においてはそうならない。それを歴史は教えてくれています。

なぜかというと、物質世界の場合は、赤﨑さんや天野さんをはじめとする物性物理学者は、へんな言い方ですが、最終的に物質と対話できるようになる。物質と対話できるようになって、物質系からやり方を聞くという手法に切り替わります。私もそのなかにいましたから、その感覚はすごくよくわかるのです。物質系の世界をよく知っている人は、サブミクロン（submicron）のブレやラフネス（roughness）がわかるようになると同時に、物質のいまある状態が望ましい状態なのかどうかということも対話できる、そういう感覚になるのです。これは、暗黙知です。

ノーベル賞をもらった人はすべて日本人ですね。物質からものを聞くというあの感覚は、日本の物理・化学の世界では刀鍛冶のように徹底的に鍛えられます。だから 3 人ともこれがすごく得意なのです。赤﨑さん、天野さん、それから中村さん、みんなそういう暗黙知を読み解く能力をもっています。そういう能力がしだいに身について、最終的に正しいパラダイム破壊の方向を見つけるというように、私は思います。

C氏●あと一つだけ。不連続性は、アナロジーとも関係性があって、切れているかつな

がっているかではなくて、切れているにもかかわらず、結果的につながっているような連続性が担保されているかのようにみえる連関があるというのが問題なのです。

文化人類学者たちは、たとえば人と人間の血の関係が、ジャガーとトウモロコシの発泡酒の関係に置き換えられるという、まったく無関係に思えるのだけれども、それが理解できるというのはいったいどういうだろうということです。

山口●わかりました。どうもありがとうございます。

D氏●工学レベルのイノベーションということですが、たとえば生物というのは、生物自身がエヴォリューション（evolution）しながらイノベートしていますが、生物サイドのイノベーションとこのスキームとは、なにかアブダクションするとみえるもの、みえないものがあるのでしょうか。それから、政治システムや経済システムのイノベーションと、このダイアグラムがどのていど普遍的なのかをご検討されたのでしょうか。

山口●それはほんとうに、永遠の課題ですね。創発（abduction）というものがいかに生まれるかというのは、まだきちんと研究できていないと思うのです。ですから、生物進化プロセスにおける創発（abduction）はどういうものなのかというのは、これから突き詰める必要があると思います。

それから、政治プロセスや民主主義プロセスも、やはり創発的（abductive）な側面をもっていますので、やはり民主主義における進化プロセスというのも、同じように生物系のアナロジーが利くだろうなあと思います。ご指摘ありがとうございます。

D氏●逆に、このスキームを用いると、次になにが起きるかという予見性あるいは方向性というのは、山口さんのほうから、なにかみえるものがありましたら。いまのお話は、すべて現在までの一つの解釈ですよね。

山口●きょうはお話ししなかった、私の創った四つの会社の話を、いずれお話ししたいと思います。私自身がまさに実践した16年にわたる物語で、どのような信念をもって「三途の川を飛び越していったか」ということをお伝えできればうれしいです。これらはまさにどちらの方向が正しいかという判断を夜のサイエンスの世界でしながら、飛躍をしていきます。なぜ飛躍すべきなのかというのは、私は説明できますが、たぶんその説明は、合理性をふくんでいないと思います。

津田●　どうもありがとうございました。

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-004

＜講演録＞

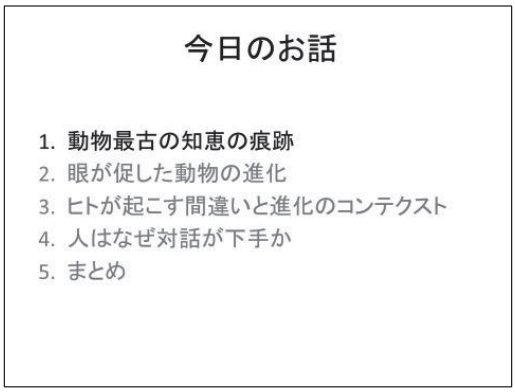
京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム

日時　2015 年 8 月 6 日（木）18：32－19：02
場所　コープイン京都　202
話し手　大野照文（京都大学総合博物館　教授）
司会　村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学　教授）

進化の制約から人の学びを解き放つには？

村瀬智子●それでは、ただいまからご講演を賜りたいと存じます。まずはじめは、京都大学総合博物館前館長の大野照文さまでございます。テーマは、「進化の制約から人の学びを解き放つには？ 」です。大野さま、よろしくお願いいたします。

◇スライド 1「タイトルページとロゴ」、スライド 2「今日のお話」



大野●まず、おめでとうというのもおかしいのですが、未来創成学が学際研究ユニットで立ちあがったということで、ひじょうに喜んでいます。かってにロゴをつくってきたのですが。ということで、まず気を引いておいて。

1997 年に京都大学総合博物館ができました。私は、そこに理学部から移りました。いわゆる一階級特進で、新しいポストができたから行ってみろということで、「はい、行きます」と、突然助教授から教授になったわけです。一階級特進ということは、戦時中なら「戦死しなさい」ということです。

大学というのは、学生がいる組織が強いのです。ですから学生をもたない博物館に降りてくる予算はけっして潤沢ではありません。学生はいないが、260 万点の貴重な学術標本資料はある。博物館はできたものの、貴重な学術標本資料の維持・管理はたいへんだということです。要するに、死んだ気でこれらを守れというのが私に課せられた任務と悟りました。

死にものぐるいで、なんとかいままでやってきました。京大には猛獣もたくさんいるのですが、私のように心の弱い人間もおりましてね。私はどちらかというとスピッツですので、ともかくいまだに大学における博物館の重要性を訴えてキャンキャン騒ぎ続け、またさまざまな試行錯誤をしているのです。

総合博物館ができた当時、なにをしたかというと、学内にはあまり味方はいないだろうから、市民の人を味方にしようということで、いわゆる社会連携に取り組みました。とりわけ、子どもたちを対象にしました。未来というのは私たちのためにもありますが、むしろ子どもたちに博物館に親しみをもってもらい、彼らに博物館の未来を託そうと考えたわけです。

ただし、子どもたちといっても、高校生くらいになると思春期や受験勉強で忙しいので、われわれのような人間が高大連携で学校に行っても、なかなか興味を示してくれない。小学生ですと、素直だからすごくなついてくれる。ただし、逆におもしろくないときはちっともものってくれない。

まず行なったのが、小学生の子どもたちむけの学習教室のためのプログラムづくり。「まず観察しましょう」、「よく考えましょう」、そして、「それを確かめましょう」と。そういうことを何度かくり返しますと、理科の勉強が楽しくなります。子どもたちが楽しくなるのです。

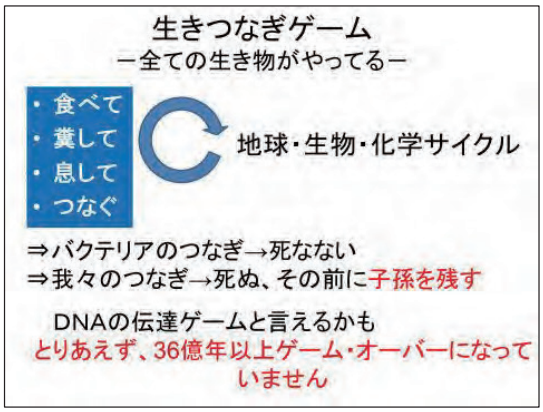
これを子どもたちとしていると、ついてきた保護者の人たちがうらめしそうな顔をする。「私らをどないしてくれるんだ」と。あなたたちも小学校、中学校でイヤというほど勉強したんじゃないかと思うのだけれども、こういう人にも楽しんでもらわんといかん。ここが京都大学の心のひろいところであります。

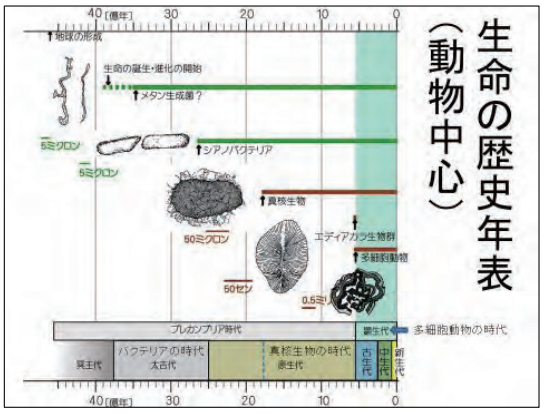
というわけで、いろいろとプログラムをつくりました。きょうはそこから見えてきた知恵の進化についての話をします。いちおう、おおげさに「進化の制約から人の学びを解き放つには？ 」とタイトルをつけました。聴講されている皆さんの顔ぶれをみてビビりまくっています。知恵や心についての研究の専門家がお集まりの場でこんな話をしていいのか。しかし、私が経験したことをお伝えするため、あえて無茶は承知で脳のことや心理学のお話もします。

動物の知恵の進化

まずは、動物の知恵の進化の始まりのころのお話を少ししておきましょう。化石の証拠から、地球上では、生命は、遅くとも 35 億年くらい前には誕生していたようです。その誕生から今日まで、生命は一度も途切れずにつながってきたようです。これを私は生きつなぎゲームとよんでいます。生物が、このゲームをゲーム・オーバーにしないために進化の過程で獲得してきた、生き残りのためのさまざまな構造や機能をとりあえずは知恵とよびたいと思います。

◇スライド 3「生きつなぎゲーム」、◇スライド 4「生命の歴史年表」





私たちも属する多細胞動物が現れたのは、5 億 6 千万年より少し前くらいのことと考えられています。生命の誕生は 36 億年よりも前なのですが、きょうはぜんぶしゃべっていると時間がないので、6 億年よりもちょっと前後から現在までの時代、つまり多細胞動物の進化だけをとりあつかいます。

中国のドウシャンツオというところで、ちょうど仁丹くらいの大きさの丸い粒がいっぱいふくまれている地層がある。みな知っていたのですが、まじめに見たのは 1990 年代になってからでした。電子顕微鏡で見てみると、ボールが割れている。スライスすると核まで残っている。たぶん、卵が受精して分裂している。発生途中であるということがわかりました。人によって違う解釈もありますがが、私は確実だと思います。

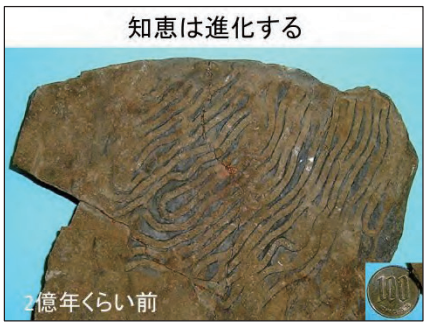
◇スライド 6「動物の知恵：最古の痕跡」

さらに調べると、岩の断面におもしろいものが見つかった。直径は 0.5mm から 1mm、鉛筆の芯よりも細いものですが、よく見ると、サンマのブツ切りのように見えますね。皮があって、肉があって、内側に消化管のようなものが入っている。

体の表面を覆おう層と、筋肉のようなものをつくる層、消化管を形成するものの三層構造です。つまり、この化石は、私たち**と同じ三層構造の生きものです。**むずかしい言葉でいうと、三胚葉性の動物ということになります。

三胚葉性というのはけっこう高等なのですよ。クラゲなどは二層構造です。そういう生きものがどうやら、5億8千万～5億1千万年前には出現していた。

◇スライド7「知恵は進化する」



最初の知恵の痕跡は、化石ではこういうものです。ずーっと歩いて、ここでちょっとヘアピンカーブして、また平行に進む。私たち古生物学者はこれをみると、「オッ、けっこう知恵があるやんか」と思うのです。同じところを二度通っていないから、エサをとりながら海底をまわっていたのだろうという解釈をします。なるほどと思ういっぽうで、這い跡の間隔がありすぎて、餌を摂るにしては、非効率的だとも思う。二億年もあとになりますと、間隔がびっしりと詰まった這い跡化石が見つかって知恵が進化したとわかる。

餌を求めて這いまわった動物は、餌のにおいのような化学的な情報を頼りに生活していたのだろうと考えられます。しかし、海底面の這い歩き方法の改良だけで2億年もかかっていたら、われわれのような知恵にまで行きつくのにいくら時間があってもたりない。

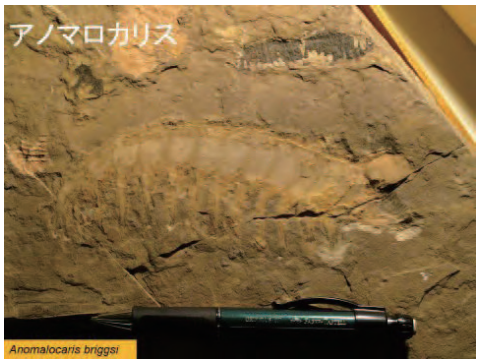
カンブリア紀の5億4千万年から5億2千万年前とか、そういう時代になると、きれいな色、見方によっては派手すぎる色をした化石が見つかっています。恐竜の復元図の色はすべて嘘だといわれていますが、なぜもっと古いものの色が復元できるのか。これは比較的簡単な話でして、色には色素で出すものと構造色というものがあります。CD-ROMの裏を見てみると、虹のようになっていますね。記録面のこまかい穴に光が当たって色がでています。これが構造色です。

化石はへちゃげていますが元に戻してシミュレーションすると、きれいな色がついていたことがわかります。これをきれいというかどうか。ちょっと派手すぎて、私の好みにはあわない。京都人の好みにはあわないかなあと思うのですが。こういうものがいると、「オッ、ええやないか」と思って「結婚しよか」とか思う生きものが出てくる。あるいは、どぎつい色をしているから、体に毒があるかも知られんから触ったら損だと思う生き物が出てくる。つまり、光を介していろいろな情報をやりとりすることが可能になったようであります。そのためには、眼が必要になります。

◇スライド 9「よく見える眼」

この時代になりますと、眼も出現します。たとえば、三葉虫は昆虫と同じ、ひじょうにきれいな複眼をもっています。方解石という鉱物でできているのですが、高級なカメラにつかわれている、アクロマート・レンズという色収差が出ないレンズになっていることがわかっています。こういうもので、しっかりとオスがメスを見て、メスがオスを見る。あるいは天敵が獲物を見る。天敵がこわいから、獲物はしっかり天敵を見るというような知恵が出てきます。

◇スライド 10「アノマロカリス」



当時肉食のアノマロカリス（*Anomalocaris*）という動物がいました。獲物を捕まえるために口のまわりに一対の触角を持っていました。これは、オーストラリアで見つかった、触角ですが、20cm ちかくあります。ですから、全長がちょうど私の体くらいの大きさの捕食者だったということになります。

◇スライド 11「身を守る」

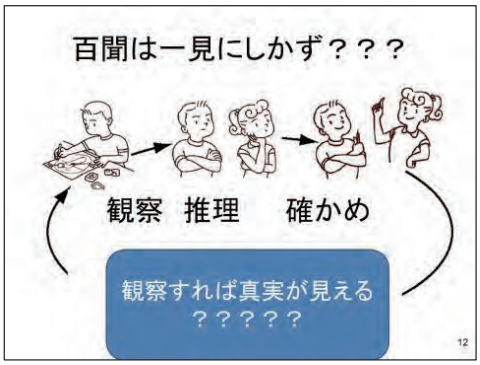
アノマロカリスはいろいろな生きものを食い漁ったわけですが、食われるほうも「そうはいかんで」ということで、たとえば、ダンゴムシのように体を丸めて身を守る。あるいは、体をトゲトゲに武装して身を守るということになります。

こうなると、食うほうも、次の手を編み出す。つまり盾と矛の関係、いわゆる軍拡競争が起こって、そこで知恵の進化がずいぶんスピードアップされたというのが、古生物学者や生物学者の、あるていど共通した見方であります。

その後、5 億年くらいたちまして、私たちみたいな「賢い」動物が出てきます。

◇スライド 12「百聞は一見にしかず？ 」人の知恵の落とし穴

さて、ここからは、「進化の制約」という話につないでゆきたく存じます。私たちは、子どもたちに「よく観察して、推理して確かめてゆくと、ほんとうのことがわかるよ」ということを伝える学習教室を開催してきました。そうすると、さきほども言いましたように、子どもにつきそって大人がやってくる。こういう大人の人たちも楽しませなければならない。（笑）



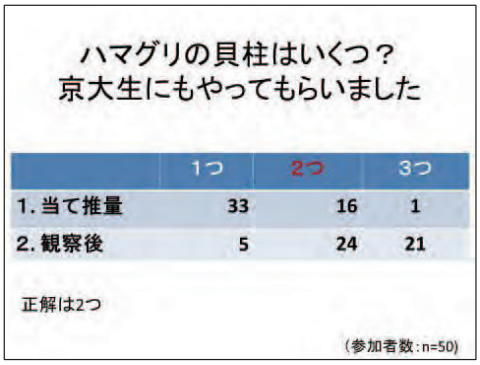
◇スライド 13「ハマグリの貝柱はいくつ？ 」

私たちは、大人むけの学習教室のプログラムもつくりました。

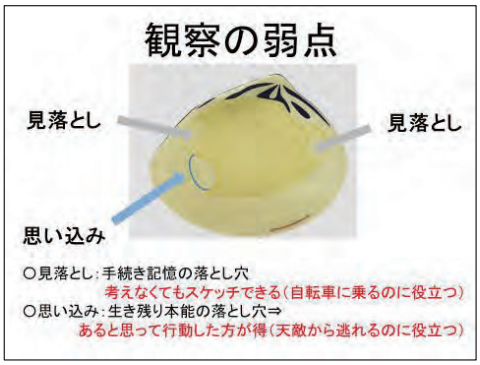
けっこう人気なのが、ハマグリの貝柱の数を決めるプログラムです。すごく簡単なプログラムですが、これが案外とおもしろいのです。ハマグリに貝柱があることは誰でも知っているのですが、食べるのに忙しいのか、いくつあるか数えた人はほとんどいません。ちょっと聞きます。ハマグリの貝柱はいくつあるか知っている人はいますか。当て推量で結構です、手を挙げてみて下さい。1 個だと思う人？ 2 個？ 、3 個？ けっこうバラけますね。当て推量だからバラけるのは当然ですね。

◇スライド 14「京大生にもやってもらいました」

次に、百聞は一見にしかずということで、ハマグリの貝殻の内側のスケッチをしてもらうのですよ。内側には、2 カ所の貝柱の痕、それから外套膜をつなぐための細長い線が見えます。この細長い線は一カ所が半円形にへこんでいます。このへこみは入水管、出水管が入る場所です。ところが、おもしろいですよ。総長、見てやってください。京大生 50 人。だが、観察したあとに「二つ」といった学生は 50%に満たない。



◇スライド 15「観察の弱点」



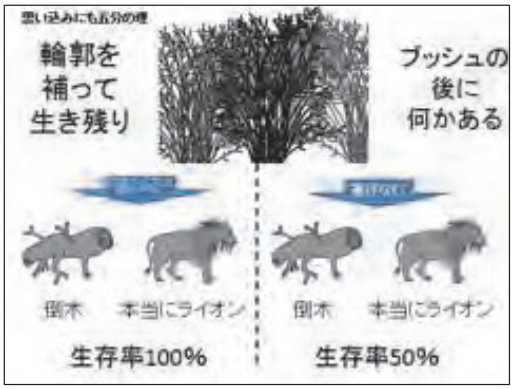
これが京都大学の現実や。しかし、これは京大生に限ったことではない。参加者はみな同じようなまちがいをするのです。「同じようなまちがいをするということにはなにか意味がある」と思って、その理由を考え始めたのです。学生たちのスケッチを見てみると、どうも思い込みをしている。入水管、出水管の収まる半円形のへこみのもう半分を補って、丸を描くのです。

もう一つ共通に間違う点があります。貝柱は成長しながら大きくなってゆくから、二つの貝柱の跡には細かな筋がたくさんついているのです。ところが、スケッチにはこの細かな筋を描いているのにもかかわらず、その意味を考える人が少ないのです。

この二つのまちがい、私は次のように理解しました。つまり、人類が進化の過程で身につけた、生き残りのための知恵が誤作動することによって生じるのだと考えました。まず、簡単な「見落とし」から説明してみましょう。私たちは自転車に乗ったり水泳をしたりする。自転車なんてみなさん経験あるでしょう。最初にペダルを右・左と考えながらやりますが、やがて慣れてきて、最後はなにも考えなくても走れる。考えなくてもできるようになるのは、私たちの脳に手続き記憶をつくり出す能力があるからだということです。

スケッチの目的は、よーく見て、見えたと判定したことを描いてゆくことです。見ているものの意味を考えて紙におとさないといけないのです。しかし、ここに手続き記憶が介入すると、目と手が連動してうまく描けてしまう。その代わりに考えるという、スケッチの目的のいちばん重要なところが抜けてしまう。これではたんなる「人間デジカメ」になってしまう。これが「見落とし」です。

◇スライド 17「見つけるか死ぬか？ 」、スライド 18「思いこむか死ぬか」



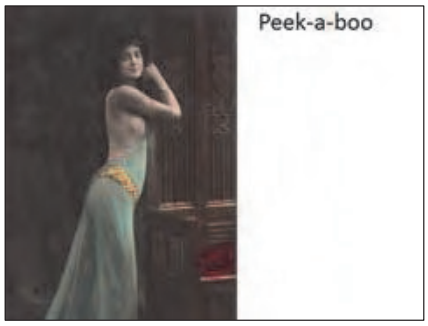
もう一つのまちがいは、「思い込み」によってありもしない輪郭を補うことです。しかし、輪郭を補うことは、人類がつい最近まで住んでいた危険きわまりない世界では生存率を高めるのに役立ったのではないでしょうか。

ホモ・サピエンスの祖先は、サバンナ広がるアフリカで生まれたと考えられています。いま、アフリカのサバンナの、ブッシュの向こうになにかがあることに気づいたとしましょう。そのとき、輪郭を補って全体像を見ようとするのとしないのでは、生き残りの確率に大きな違いが生まれるのではないでしょうか。

輪郭を補って猛獣かも知れないと思って逃げれば、もし藪のうしろにほんとうに猛獣がいたなら、明らかに生存率が高まります。補った結果が単なる思い込みで、じつは猛獣に似た倒木であったなら、逃げるためのエネルギーは無駄になって、骨折り損の草臥（くたび）れ儲けにはなるが、それでも命に別状はありません。輪郭を補った場合どっちに転んでも生き残りに有利に働くのです。

もし、輪郭を補わなかったとしたらどうでしょう。ブッシュのうしろにあるのが単なる倒木であれば命に別状はありません。しかし、ブッシュのうしろに猛獣がいるのに、輪郭を補うことをしなかった場合、とうぜん逃げもしないから、万事休すとなり、輪郭を補わなかった場合の生存率は、補った場合にくらべて格段に下がるのではないでしょうか。

◇スライド 19「Peek-a-boo」



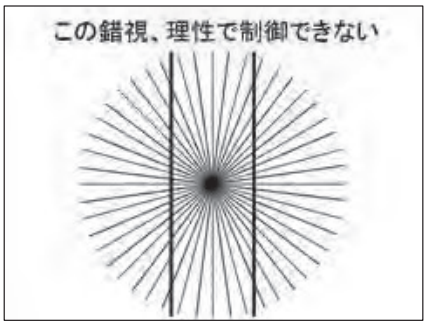
少し余談めいたこともお話しておきましょう。専門家の方もおられるので、次のような説の妥当性を判断してほしいのですが。おもしろいことを言う人がいましてね。ブッシュの向こうになにかあるとき、個々の情報に対応する脳の部位が信号を出します。その輪郭が見えた瞬間、ばらばらだった信号が同期して脳のさらに中枢へと送られます。そのとき、見えたものが天敵であれば、恐れの情動を起こせば、さっさと逃げて生き残りに役だつに違いありません。ついでに、見えたぞ！と思った瞬間、なにか心地よい情動を心に忍び込ませてやると、どのような機序でそれが起こるかは別として、次にもその褒美目当てにしっかり輪郭を見るでしょう。

このようなことをもとにして、ヴィラヤヌル・ラマチャンドラン（Vilayanur Ramachandran）という研究者（ぼくは会ったことがないのですが、たぶん会ったらすごく気があうという感じがする風貌をされています）が、次のようなことを言っています。

生き残りのための脳の働きが、ベールに包まれてはっきり見えない女性を見ると、美

的興奮を覚えることにつながるのだと、つまり、見えそうで見えないものを「美しい」と感じる心は、アフリカのサバンナで、ブッシュの向こうに天敵を見つけたときにご褒美として与えられた心地よさに起源を発するのだというのです。

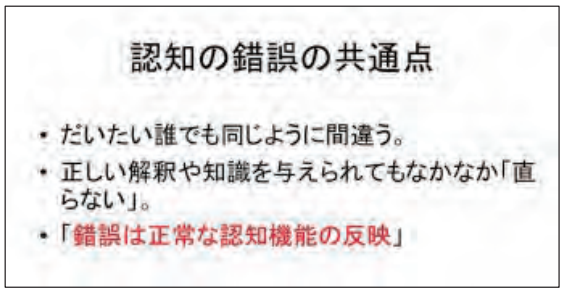
◇スライド 20「この錯視、理性で制御できない」



さて、「思い込み」のある種のバラエティーとして、錯視があります。一点から放射状に全方向に引かれた直線の上に 2 本の平行な直線を縦に置くと、ゆがんで見えます。定規をあてて、この 2 本の線が直線であることを確認したあとにもゆがんで見えます。理性でわかってもまっすぐには見えないのです。

なぜ、この錯視が起こるのかについては、一つの説明があります。私たちがジャングルを走っているときに、まわりの風景が飛んでいきます。ものが網膜に写ってから私たちの脳に届くまで、0.1 秒はかかるそうです。走っていて、目の前に枝が現れたら、走る速度にもよりますが、0.1 秒後にはもうぶつかって痛いめをみることも多々あるのではないでしょうか。そこで、われわれには見えた瞬間に 0.1 秒後の世界を計算して脳の中枢に送るという能力があるそうです。大げさにいえば、われわれは未来を予言する能力をみなもっているということになります。ただし、わずか 0.1 秒だけあとの世界ですが。（笑）この、動いていないものを私たちに向かってきていると判断して、その未来の位置を見ているのがこの錯視の原因だと考える研究者がいます。

◇スライド 22「認知の錯誤の共通点」



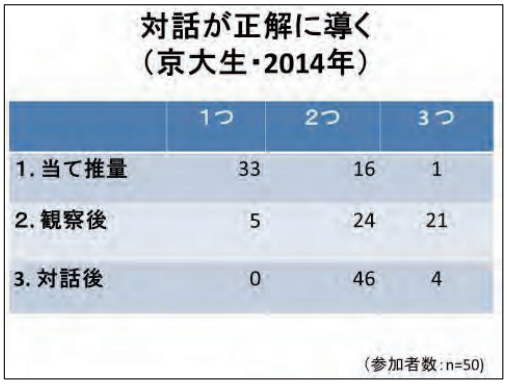
いままで述べてきたことから、私たちは、結構まちがいを犯すこと、しかもだいたいは誰でも同じようにまちがうことを述べてきました。理解していただきたいのは、私たちの脳のなかには、祖先が野生の世界に生きていた時代には生き残りの可能性を高めるために役だったが、現代のコンテクストのなかでは誤作動してしまうような認識の仕組みが遺伝的に組み込まれているらしいということであります。

◇スライド 23「百聞は一見にしかず、対話」

対話は錯誤を克服するか

私たちには、さいわいにして対話という能力があります。「観察、推理、確かめ」に「対話」を組みあわせれば、「思い違い」や「見落とし」など、私たちが陥りやすい錯誤を克服して真実に導いてくれるのではないかと思ってやってみました。

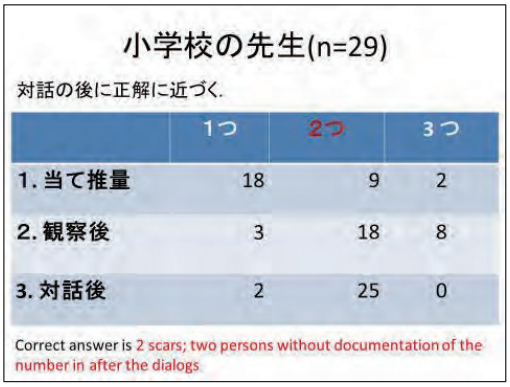
◇スライド 24「京大生・対話が……」、スライド 25「小学校の先生」



対話が正解に導く
（京大生・2014年）

	1つ	2つ	3つ
1. 当て推量	33	16	1
2. 観察後	5	24	21
3. 対話後	0	46	4

（参加者数：n=50）



小学校の先生(n=29)

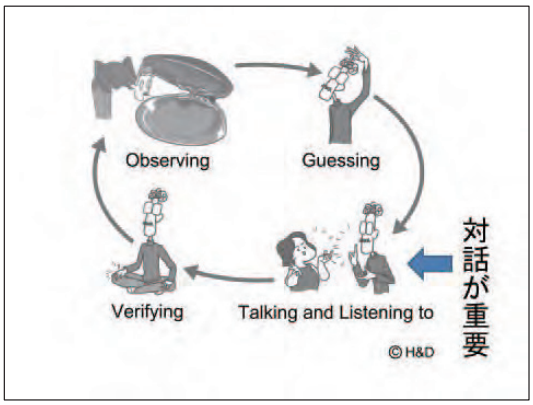
対話の後に正解に近づく.

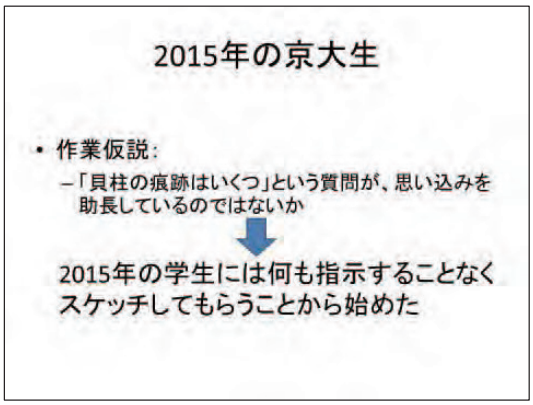
	1つ	2つ	3つ
1. 当て推量	18	9	2
2. 観察後	3	18	8
3. 対話後	2	25	0

Correct answer is 2 scars; two persons without documentation of the number in after the dialogs

京大生に協力してもらって対話の効果を調べました。そうすると、2014 年に調べたときには対話のあと、正解する人がすごく多くなりました。小学校でも、よい先生方はきちんと正解に収束します。

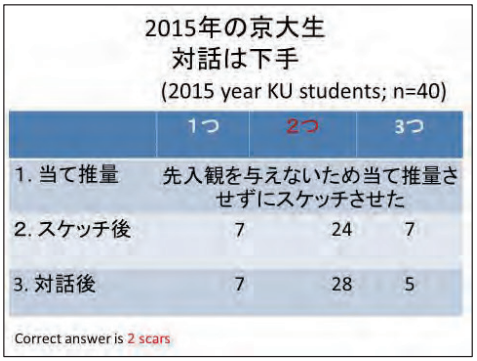
◇スライド 26「対話が重要」、スライド 27「2015 年の京大生」





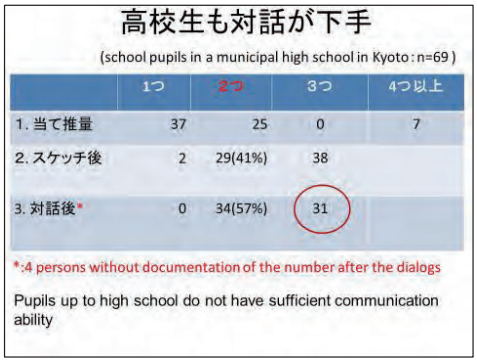
対話は重要だということがわかりますが、問題はいつもこううまくゆくかということなのです。

◇スライド 28「2015 年の京大生、表」



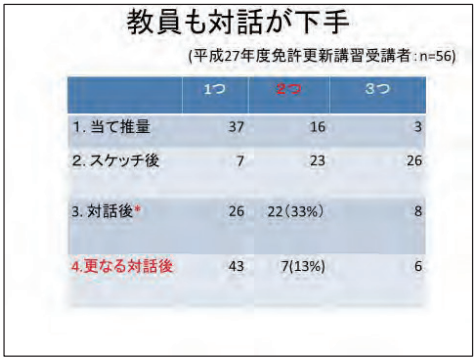
2015 年に、京大生の別のグループ（参加者 40 名）を対象に行なったプログラムでは、スケッチ後の正答率が 65%と高かったにもかかわらず、対話後には 70%と正答率が微増しかしませんでした。参加者個々人が書いた記録を読むと、あるグループでは、貝柱は 1 個と自信たっぷりに説得した学生がいて、このグループの参加者はそれに引きずられて貝柱は 1 個としてしまっていました。対話が付和雷同に終わってしまったのです。

◇スライド 29「高校生も対話が下手」



高校生も対話が下手ですね。ある例では、「二つ」という回答が、対話後でも 34%くらいです。
「三つ」の説がまだ残っている。

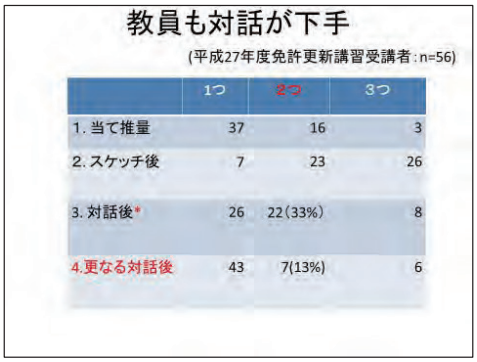
◇スライド 30「教員も対話が下手」



さらに深刻な事例は、ある教員グループ（参加者 56 名）に行なったプログラムです。この時は、当て推量 29%、スケッチ後 41%、対話後 39%の正答率でした。そこで、もう一度討論し直してもらいました。しかし、多くの人が 1 個説に傾いてしまい、正答率が一気に 13%にまで下がるという結果となりました。この時は、参加者個々人に記録をとってもらわなかったので、なぜこのような結果になったかは不明です。しかし、教職についている人たちのグループがこのように驚異的に低い正答率を示したことはショッキングな事ではあります。

◇スライド 31「対話力の進化」

私たちはなぜ対話が下手か



これから、人はなぜ対話が下手なのかについて考察してみたいと思います。たぶん、対話には抽象的な能力が必要です。こういう能力は、進化の過程でようやく最近になって私たちが獲得した能力ではなかろうかというのが、私の考え方です。ことばは、名詞一つをとっても、現実世界のものを抽象化したものです。また、ことばの順序をまちがうと対話をしても内容が正しく伝わらないなど、高度な文法構造もあります。対話の化石などというものはないのですが、対話能力と同様の抽象的で複雑な脳の働きがないと生まれないような証拠を考古学の遺物から見つけ出すことで、いまのような対話能力を私たちが進化の過程のいつ頃手に入れたのか推定してみましょう。これからしばらく対話能力の進化をめぐるお話をいたしましょう。

◇スライド 32「最古の石器」

エチオピアに行く機会があったので、首都アディスアベバの博物館にお願いして世界最古の石器を見る機会を得ました。京都大学人間・環境学研究科の助教の金子守恵さんが案内してくださいました。金子さんは、エチオピアの奥地、アディスアベバからバスを 2 昼夜乗り継いで行くような場所で、地元の栽培植物エンセーテの多様性の研究や、さまざまに利用されているエンセーテをめぐる人びとの協働を研究しています。不案内な私を慮ってわざわざアディスアベバに出てきてくれました。京都大学の女性研究者はすごいですね。

さて、最古の石器、これはただの石ころみたいに見えるのですが、いろいろな方向から石が割れている。つまり、あらゆる方向から石を叩いて割ったものだと思われています。しかも、こういうものが同じ場所からいくつも出てくる。一個だけなら偶然に、とも考えられますが、それがたくさん出てくるとなると、偶然ではなくて、人工が加えられたものだということになる。これが 260 万年前です。

◇スライド 33「石斧」

130 万年くらい前になりますと、これくらいの大きい石斧が出てきます。案内してくれた金子さんもこのような石器に触ったのは初めてで、大感動してくれました。

◇スライド 34「最古の……」、スライド 35「好奇心、最古の証拠」

これがホモ・サピエンスの、いまのところ最古といわれている 16 万年前の化石です。さて、おもしろいのは、好奇心の最古の証拠ではないかといわれているものが、250〜300 万年くらい前のアウストラロピテクス（*Australopithecus*）の骨といっしょに発見されます。顔のように見えますね。これと同じ材質の石は、発見された遺跡から数十 km 離れたところにしかありません。そこで、これを持っていたアウストラロピテクスが「私の顔と似ているな」と思って、興味をもって運んできたのではないかと考える人もいます。好奇心はすでに古い時代からあったのかもしれません。残念なことにほかに同様の遺物が見つかりません。いまのところ、この石ころにあまり大きな意味を見いだすのは難しい状況です。

最古のホモ・サピエンスの化石は 16 万年前から見つかると述べましたが、初期のホモ・サピエンスの遺跡からは、芸術や科学のような、より総合的な知的活動を跡づけるような証拠は見つかっていません。脳に自我を自覚したりする機能が芽生え始めたのは、ようやく 10 万年より新しい時代になってのことのようです。南アフリカの 7.5 万年前の遺跡からは、体に塗るオーカーや巻き貝の殻に孔を開けたものがたくさん見つかっていて、装飾品をつくり始めたことが示されています。自我を自覚することなく装飾を身にまとったとは考えにくいので、このころまでには、人類はかなり高度な知的活動ができるようになっていたのでしょう。ただし、このような遺物は先駆的で他の地域からはあまり知られていません。

ところが、3〜4 万年前頃になると、突然さまざまな地域で洞窟壁画や象牙でつくった動物の像などがつくられ始めます。洞窟に描かれた動物の絵には写実的なものも多数あり、当時のホモ・サピエンスが動物についての高度な解剖学的知識と優れた美術的技術を兼ね備えた視覚的芸術の能力をもっていたことがわかります。これらの芸術が成立す

るためには、次のような要素が必要条件となると思います。

1. 着想をもとに作品をつくりあげるための計画と実行力
2. 描かれたものからは直接読めない意味の付与

最初のものは、複合的な石器づくりを通して、数十万年前にその能力が芽生えていたようです。第二のものについては、対象の動物の形態とは似ても似つかない足跡とその持ち主の動物とをつなげ、狩猟の効率を高める能力の発達を通じて、その能力が鍛えられていたようです。

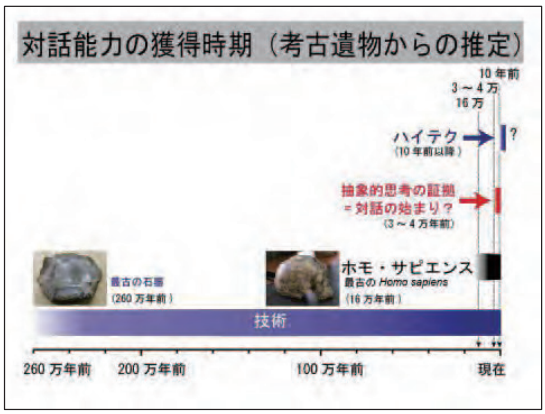
もう少し時代が下って、マグダレニアン期（3〜1 万年前）には、フランスのヨンヌ県の三葉虫洞窟（Grotte du Trilobite）として知られる岩窟の居住場所跡から、装飾やお守りとしてつり下げるための孔の開けられた古生代の三葉虫の化石が見つかっています。三葉虫岩窟の同じ層からはリグナイト（化石木）製の、タマムシを象った垂れ飾りも見つかっています。タマムシも三葉虫も、垂れ飾りは同じようなめずらしいやり方で穿孔されていて、二つの垂れ飾りに孔を開けた人物は、三葉虫を石の中の甲虫として認識していたのかも知れません。この時代になって、知的好奇心のような高度な精神活動に基づく収集活動も始まったらしいことが示唆されます。

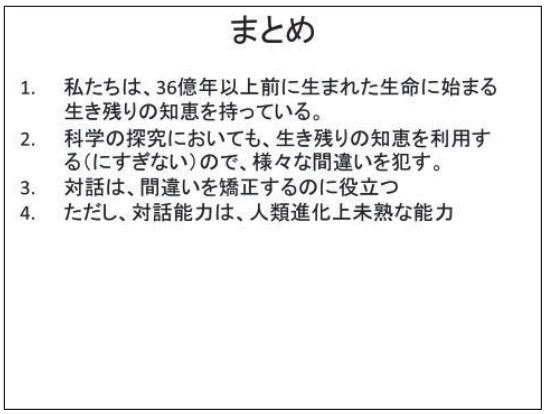
かたちに残る視覚芸術と違い、考古学的な痕跡の残らない言語の進化については、ほんとうに手がかりが少ないのですが、詩のように言語をつかった芸術もあります。そして、洗練された言語表現を聴覚芸術と見なすなら、視覚芸術と同様少なくとも上述の 2 要素が融合しないと生まれないのではないでしょうか。このことを論拠とすることが許されるなら、われわれがつかうようなかたちの洗練された言語は、ようやく 3 万年前に生まれたきわめて新しい、そして未熟な能力ということになります。もしそうなら、われわれの対話が下手なのも仕方ないことです。

また、花といっしょに埋葬するような風習についても確実な証拠が最近見つかりました。その遺跡はわずか 1 万 2 千年前のものです。

まとめてみますと、石器をつくり始めたわれわれ人類の祖先は、技術的な能力はもっていたものの、好奇心らしきものの芽生えは 10 万年より新しいこと、言語が芸術と同じような高度な知性に支えられているとすると、いまのように複雑な言語の出現は洞窟芸術の出現した 3〜4 万年くらい前ということになりそうです。人類の歴史からすると、3〜4 万年というのはごく短い時間です。ですから、私たちの対話能力は、獲得してまもない、まだ充分に進化していない能力と考えることができます。

◇スライド 40「対話能力獲得時期」、スライド 41「まとめ 1」



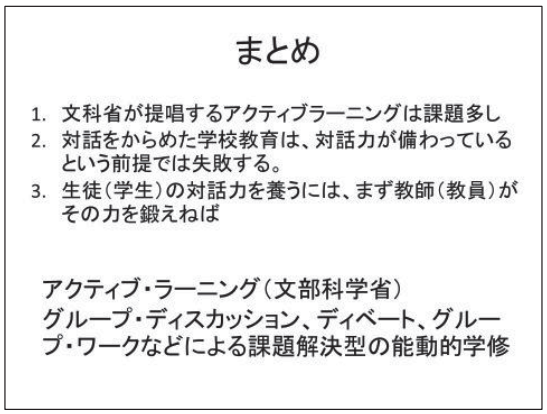


私たちは、進化の過程で獲得した生き残りの知恵をもっています。ところが、科学の探究において、この「生き残りの知恵」が場違いなコンテクストの中でも頭をもたげると、さまざまな間違いの原因となります。

私たち人類は、3～4 万年前に対話能力を得ました。そして、約 5,000 年前の文字による記録の始まりを経て、16～17 世紀にかけて、フランシス・ベーコン（Francis Bacon）やルネ・デカルト（Rene Descartes）たちによって、物事を分析する方法論がもたらされました。やがて、新たな知恵を得るために、専門化ということが生じ、ますます社会は複雑となり、いまや私たちの暮らしの場は人工的環境になってしまいました。そして、この人工的社会環境を生み出したわれわれが、この環境とどう折りあいをつけられるのかということが課題となってしまったのが現在という時代といえるのではないでしょうか。

こういう時代だからこそ、私たちは、私たちの認識の錯誤の落とし穴に注意を払うとともに、まちがいを矯正するために対話を活用する必要があります。残念ながら、対話能力は私たち人類がごく最近獲得した未熟な能力であります。しかし、現在という時代が私たちに突きつける課題を克服するのに対話以外の手段を私は思いつきません。そこで、対話を未熟な能力とみず、伸びしろのある大きな可能性を秘めた能力としてとらえ、われわれ自身が鍛錬し、またこれからの時代の人たちが対話力を鍛えられるような仕組みをつくりあげてゆく必要があるのではないでしょうか。

◇スライド 42「まとめ 2」



蛇足

老婆心ながら申しあげておきますが、文科省がいま新たな教育手法として提唱するアクティブ・ラーニングには大きな問題があります。なぜなら、アクティブ・ラーニングの構成要素として対話が重視されているのですが、どうやらそういうパーツを組み込むとアクティブ・ラーニングがうまくいくと楽観しているようです。上に述べたように、対話力は備わっているものではなく、未熟な能力です。そこで、対話能力を身につけるためにはさまざまな学びや訓練が必要です。児童・生徒、そして学生には対話力が備わっているとの前提でアクティブ・ラーニングを進めると混乱をきたします。

対話力を養うには、まず教師がその力を鍛えなければいけません。さいわい、私たちには対話力を鍛える機会をいっぱいもっています。たとえば、大学では、教授会、局長会議など、対話力を鍛える場はいっぱいあります。京都大学はそういう会議が他大学よりも多いから、会議の場を対話力錬成の場と見なして精進すれば、ちかい将来世界一対話力に長けた大学になることも夢ではありません。

村瀬智子●大野さま、ありがとうございました。

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-005

＜講演録＞

京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム

日時　2015 年 8 月 6 日（木）19：25－19：45
場所　コープイン京都　202
話し手　高林純示（京都大学生態学研究センター　教授）
司会　村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学　教授）

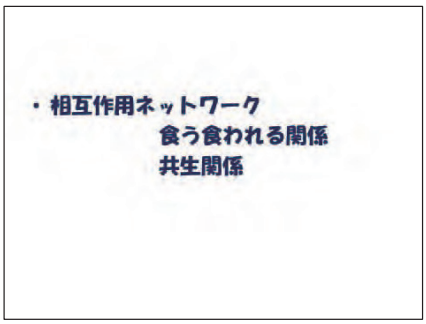
生態系における生物間相互作用・情報ネットワーク

村瀬智子●続いてのご講演をお願いしたいと思います。続いては、京都大学生態学研究センター教授の高林純示さまでございます。テーマは、「生態系における生物間相互作用・情報ネットワーク」です。では、高林さま、どうぞよろしくお願いいたします。

高林●京都大学生態学研究センターの高林です。生物間相互作用・情報ネットワークという考え方をご紹介したいと思います。

◇スライド 2～6

相互作用･ネットワークというのは、「食う食われる関係」です。共生する関係もありますが、比率的には食う食われる関係が多い。たとえば、チョウは植物の花粉を運んだりするけれど、実際は卵を葉に産んで、幼虫は植物を食べてゆく。食う食われる関係です。

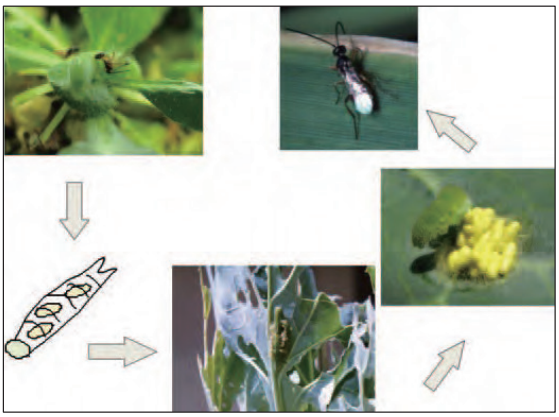


◇スライド 7～10

スライド 7 は、京都医療科学大学の佐藤芳文教授より頂きました。下がモンシロチョウの幼虫で、上に黒い虫がいます。これはハチです。寄生蜂というハチがいて、なにかしている。横から見るとこんなかたちで、針で刺しています。刺しているのは 1 秒程度ですが、この短い時間に 25 卵くらい幼虫の中に卵を産みこみます。10 日くらいたつと、幼虫の横から変なものが出てきます。さきほどのハチのお母さんが産みこんだ子どもが育ちきって出てきたのです。これも食う食われる関係のひとつです。

◇スライド 11

寄生蜂はこうやって卵を産んで、子どもはイモムシの幼虫をゆりかごにして育って、成長しきったら脱出し、繭をつくって成虫になって、またアオムシを殺す。



◇スライド 12～15

ナナホシテントウもアブラムシを食べます。またアブラムシに寄生するハチの一種に、エルビアブラバチという寄生蜂がいます。アブラムシは丸で囲ったところにいます。ハチは卵を一個産んでいます。しばらくたつと、寄生されたアブラムシは、ミイラのようになってしまって、中からハチが出てくるというものです。

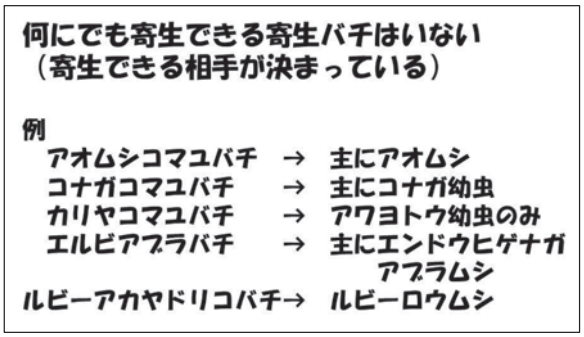
◇スライド 16

寄生蜂と同じ生態をもった想像上の生きものがいます。『エイリアン』という映画がありました。第一作が 1979 年でした。これも、寄主（人間）のなかに卵を産みこむ。孵化した幼虫は寄主を殺さず、栄養を横取りする。最終的に人間から脱出して、そのさいに人間は死ぬという映画です。寄生蜂と同じです。このような生物を、生態学では捕食寄生者とよびます（スライド写真は

http://movies.foxjapan.com/avp/creatures/alien/04.jpg より）。

◇スライド 17

エイリアンの場合は、捕食寄生する相手は宇宙人でも人間でもなんでもよいのですが、寄生蜂の場合は、なんにでも寄生できる寄生蜂はいません。あるハチは、あるイモムシに寄生して、ほかには寄生できない場合が多いです。さきほど出てきたアオムシコマユバチはもっぱらアオムシに寄生しますが、コナガの幼虫には寄生できません。コナガコマイバチはコナガの幼虫に寄生するが、アオムシには寄生できない。そういう関係になっています。



◇スライド 18

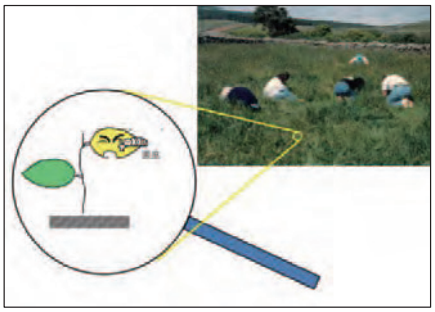
これはコナガに寄生する、コナガサムライコマイバチです。寄生蜂の体長というのは、だいたいアンテナを除いたら 2mm。1mm 目合いのメッシュの上を歩いているので大きさがだいたいわかります。寿命は 10 日程度です。写真は小原義嗣博士より頂きました。

◇スライド 19

我々があるイモムシを探す場合を考えてみます。身長が 1m70cm の人間が 5 人集まって、1 日かかって探しても、低密度の場合は、なかなか見つからないことがあります。けれども、10 日しか生きない、2mm のサイズのコナガコマイバチは、低密度で生息している自分の寄生する相手を見つけることができるのです。

◇スライド 20

どうやって見つけているのでしょう。ハチも、人間と同じようにランダムに探していたら、絶対に見つからないでしょう。ところが現実では、植物がいて、それを食べるイモムシがいて、それに寄生するそれぞれの寄生蜂がいるわけですから、なんらかの方法で寄生できるイモムシを発見しているわけです。

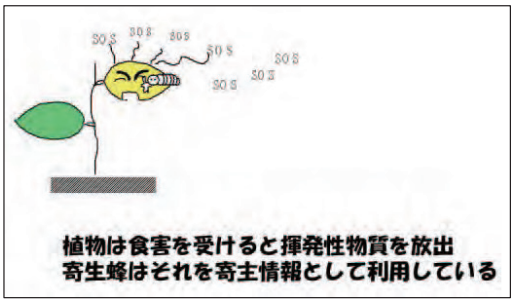


◇スライド 21

どのように見つけているのか。結論を言うと、植物はイモムシに食われたときに特別な匂いが出る。コナガに食われたときには「コナガに食われている」という匂い情報が、植物の葉から出る。コナガに寄生するコナガサムライコマイバチは、その匂いに引きつけられるため、寄主を発見できるわけです。

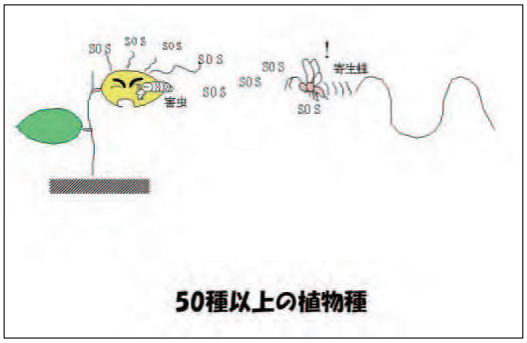
◇スライド 22、23

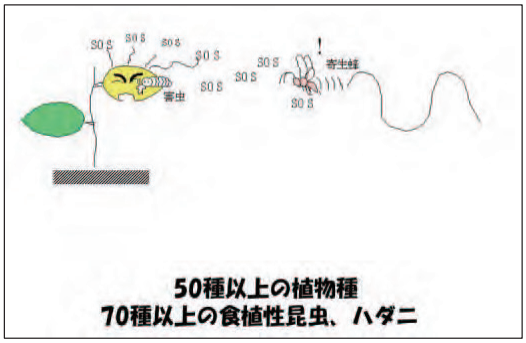
植物は食害を受けると揮発性物質を出して、寄生蜂はそれを寄主の情報として利用しています。右は実写で、寄生蜂がホバリングしながらイモムシに近づいていって、ランディングして、寄生しているところです。スライド 23 はスイスのニュシャテル大学の Ted Turlings 博士より頂きました。

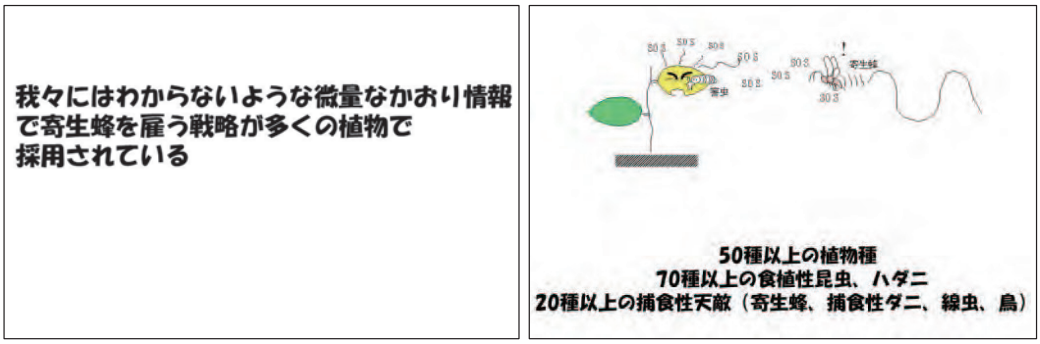


◇スライド 24～27

植物と天敵の情報をやりとりする関係というのは、50 種以上の植物、70 種以上の害虫で報告されています。寄生蜂だけではなくて、捕食性のダニとか、地下にいる、昆虫を食べる線虫とか、鳥でさえこういう匂いを使ってエサを探しているということがわかっています。つまり、われわれにはわからないような微量なかおりで、寄生蜂など、植物にとっての害虫に寄生する昆虫を雇う戦略というのは、多くの植物で採用されています。

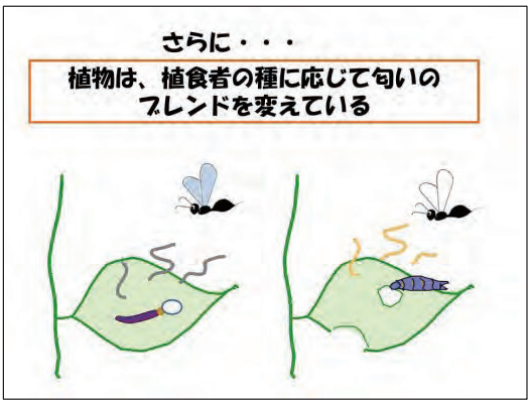






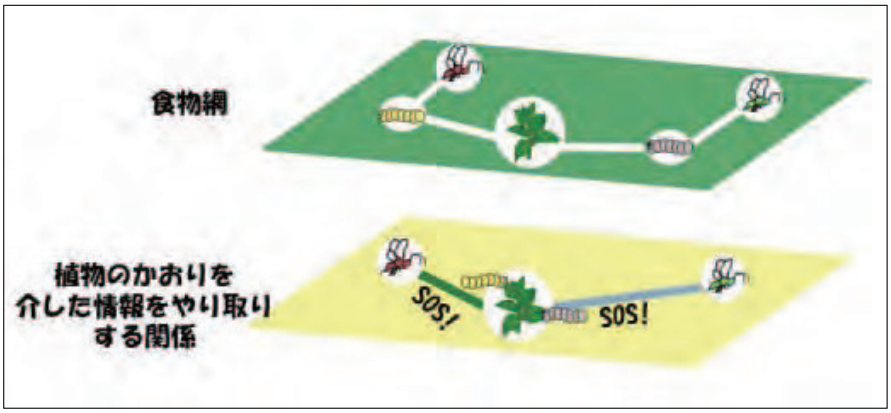
◇スライド 28

さらに植物は、擬人的に言うと、いま誰に食われているかというのをわかっていて、加害しているイモムシに寄生できる寄生蜂を特異的に呼ぶことができる。違うイモムシに食われたら、微妙に匂いのブレンドが変わって、こんどはこのイモムシに寄生できるような天敵がやってきます。



◇スライド 29

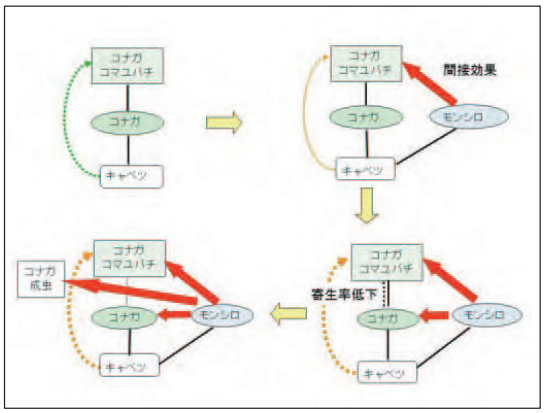
食物網がどう維持されているのかを理解するためには、食物網の下に、情報をやりとりする関係という階層が、目に見えないかたちである点に注目する必要があると思います。われわれには嗅いでもわからないような微量なかおりで情報をやりとりする関係が、食害される植物と天敵のあいだにあり、それが見に見える食物網を維持しているのだと考えることができます。

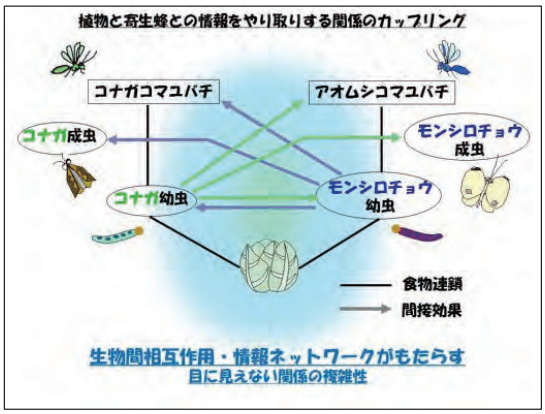


◇スライド 30、31

実際、植物というのは複数の害虫に食われることが多いのです。それぞれ幼虫に食われるとそれぞれの天敵を呼ぶのですが、一気に食われると、とたんに両方の天敵を呼ぶような匂いというのは出せない。ある意味混乱した匂いになります。そういうような混乱が生じれば、一気に食物網というシステムは複雑になって、間接効果がどんどん生まれてきます。これに関しては時間がないので説明しませんが……。

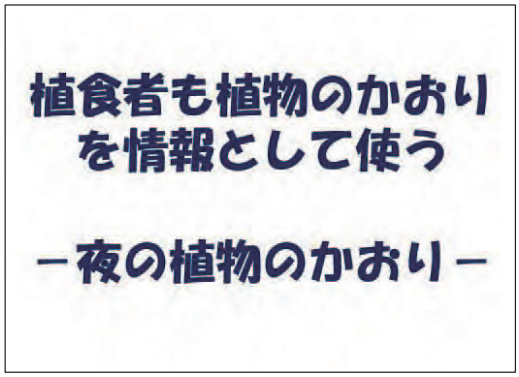
生物間相互作用と情報ネットワークがもたらす、目に見えない間接効果がある。われわれがわかるのは、食う食われるという実線だけなのですが、その背後には様々な間接効果が、かおりという情報をやりとりする関係のなかから生まれてきているということです。

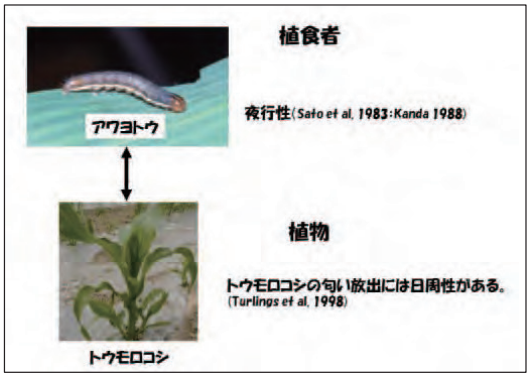




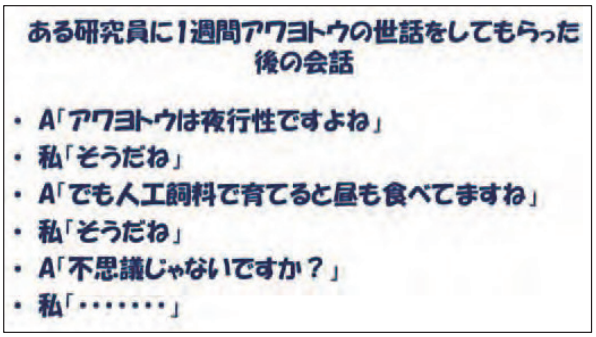
◇スライド 35、36

植食者も植物のかおりを情報として使う話として、夜の植物のかおりの話をします。アワヨトウというのは夜行性です。ヨトウは、「夜に盗む」と書きます。写真のアワヨトウはトウモロコシの葉を夜に食べています。



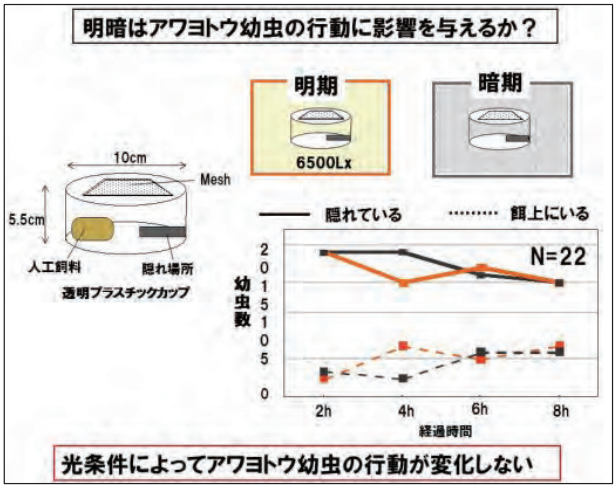


◇スライド 37



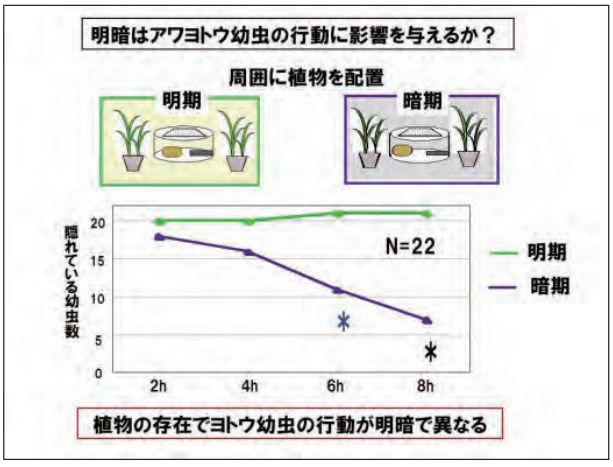
私は修士のころからアワヨトウを飼っていて、あるときポスドクの人に「一週間ほど出張するから、代わりに飼育して」と言ったのです。飼育してもらったあとの会話で、その人が「アワヨトウは夜行性ですよね」と言って、私が「そうだね」と。「でも、人工飼料で育てると、昼もよく食べていますね」と。このことを私はよく知っていて、「ああ、そうだね」と言ったのです。彼女は「不思議じゃないですか」と。私は絶句してしまったのです。自分の目が節穴であることを感じると同時に「なにげないことに不思議な点を見つけ出す力」が高い人がいるもんだなあと思ったことを覚えています。

◇スライド 38



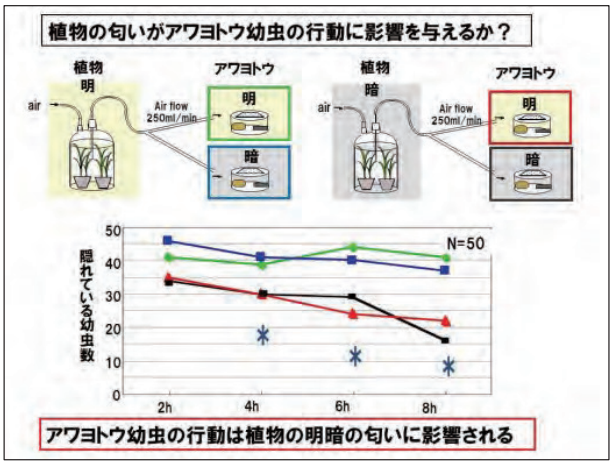
たしかに不思議だということで、こんな実験をしました。人工飼料で飼育します。隠れ場所を置いて隠れられるようにして、部屋が明るいときと暗いとき、いつ隠れているのかを調べました。オレンジの線が明期で、黒線が暗期です。見て明らかなように、明るかろうが暗かろうが、アワヨトウは同じ割合で隠れているのです。人工飼料の場合では、部屋の明るい暗いは関係なく、一定の割合で隠れているということです。

◇スライド 39



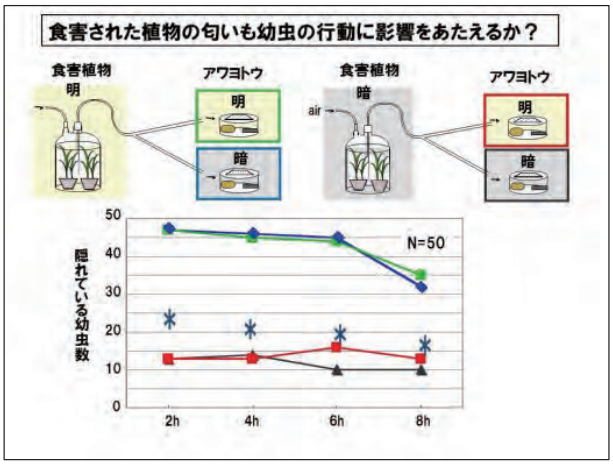
では、周囲に植物を置いてみたらどうか。植物を置くと、とたんに明るいときには隠れ、暗いときにはちゃんと隠れ場所から出て食べるようになる。だから、植物があれば、人工飼料でもちゃんと昼夜のリズムがとれるという話です。おそらく植物からの匂いが影響しているのでしょう。

◇スライド 40



もうちょっと厳密にやりましょうということで、このような実験をしました。植物の昼の匂いを嗅がせると、アワヨトウは、明るかろうが暗かろうが隠れている。暗くした植物の匂いを与えると、明るかろうが暗かろうが、隠れている確率が下がる。つまり、アワヨトウは明るい植物の匂いと暗いときの植物の匂いがわかる。ちゃんと、暗いときの植物の匂いのときに、ご飯を食べに出るんだということです。

◇スライド 41

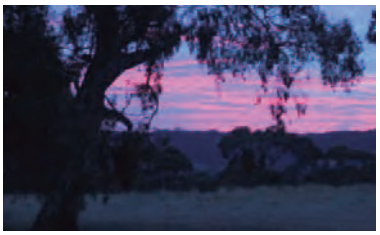


それを食害植物でやってみたらどうか。食害植物は食われるので、匂いがもっとたくさん出る。そうすると、同じ結果がもっとクリアに出る。やはり明るい植物の匂いを嗅がせると、周囲が明るくても暗くても関係なく隠れているということになりました。つまり、アワヨトウには周囲が明るい暗いは関係ない。明るい暗いというのは地球の自転によるものですから、世界でいちばん信用できるようなリズムなのだけれど、それを信用しないのです。明るい暗いではなくて、植物の暗いときの匂いが、彼らにとってのご飯を食べにゆく時間ということになります。

◇スライド 43

これはなぜか。アワヨトウが匂いを使って夜行性を決めている理由のひとつとして私が想像しているのは、寄生蜂が昼のかおりを使ってアワヨトウを探しているという事実です。昼のかおりが出ているかぎりは、いまは自分の敵である寄生蜂がそこらじゅうで探している時間なので、食事に出るのはやめておこうと。夜のかおりになったら、食べに出ても大丈夫。昼のかおりから夜のかおりに変わるのは、夜になってしばらくしてからです。なので、昼夜のリズムではなく、夜のかおりを利用していると考えています。まだ仮説の段階です。

◇スライド 44

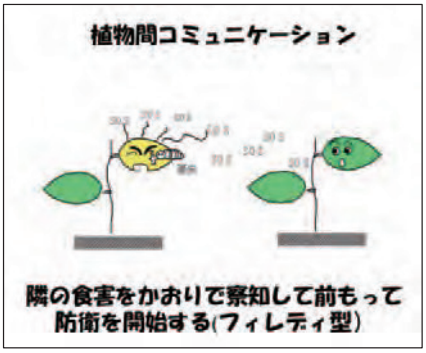


いずれにせよ、昼から夜に変わる時間というのは、植物を基軸にした生きものの関係性がガラリかわる時間帯で、面白いことが色々起こっているのでしょう。

◇スライド 45

植物間のかおりコミュニケーションの話をします。『葉っぱのフレディ』という児童書があって、フレディとダニエルが、「生きるということはどういう意味か」を会話しながら最後に枯れていくという話なのですが。これほど哲学的な話をしているかどうかはわからないけれど、葉っぱというのはコミュニケーションをしています。

◇スライド 46



食害を受けると、植物は SOS で「いま、私は食われていますよ」というかおりを出して天敵を呼ぶのですが、となりの植物は、そのかおりを察知して、前もって防衛を開始します。まだ食われる前なのに、将来の危険に備えて防衛を開始するわけです。図は地上部でのかおりを介したコミュニケーションで、葉っぱのフレディ型コミュニケーションと勝手に呼んでいます。

◇スライド 49

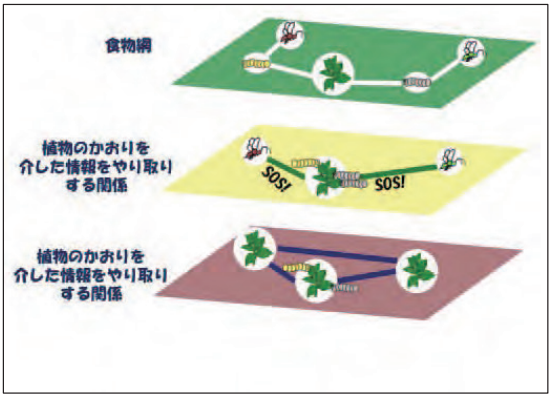
「アバター」という映画があります。パンドラという星の植物の地下はつながっていて、コミュニケーションしているのですが、このようなかたちの地下部での植物間コミュニケーションもある。植物のコミュニケーションには、葉っぱのフレディ型みたいにかおりでコミュニケーションする場合と、アバターのパンドラ型みたいに地下でコミュニケーションするという2タイプがある。われわれの研究室では、いまのところフレディ型の研究を進めています。

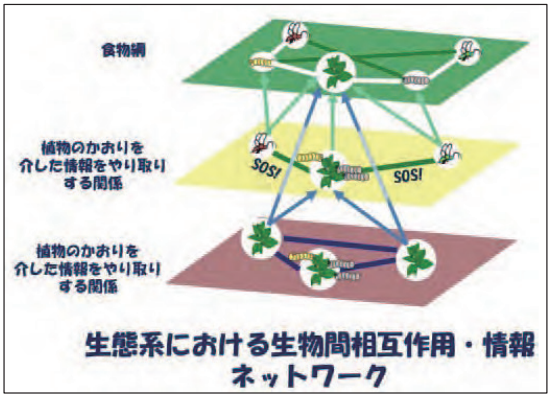
◇スライド 50、51

食物網があって、それを下から支えているのが情報をやりとりする関係だと先に申し上げたのですが、じつはそのさらに下に、植物のかおりを介して情報をやりとりする関係が植物間でもある。それが、さらに上を支えている。そういうのを生物間相互作用・情報ネットワークというように考えています。

植物間コミュニケーションというのは、基本的に傷ついた植物と健全な植物の間のコミュニケーションです。傷つき方は、虫に食われるだけではありません。さまざまな生物的ストレスで放出される植物のかおりがコミュニケーションに使われているようです。

生物間相互作用・情報ネットワークというようなかたちで生態系をみると、また新しいアプローチができるのではないかなと考えています。





村瀬智子●高林さま、ありがとうございました。

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-006

＜講演録＞

京都大学基礎物理学研究所　研究会
複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る

日時　2015年8月7日（木）10：30−11：10
場所　コープイン京都　202
座長　西 洋子（東洋英和女学院大学・大学院人間科学研究科　教授）
講演　内田由紀子（京都大学こころの未来研究センター　准教授）

幸福感・ソーシャルキャピタルの文化的基盤

内田●京都大学こころの未来研究センターの内田と申します。このたびは、複雑系科学未来創成学が立ちあがるということで、村瀬先生をはじめ、みなさま方に心よりお祝い申しあげます。お招きいただきましてありがとうございました。

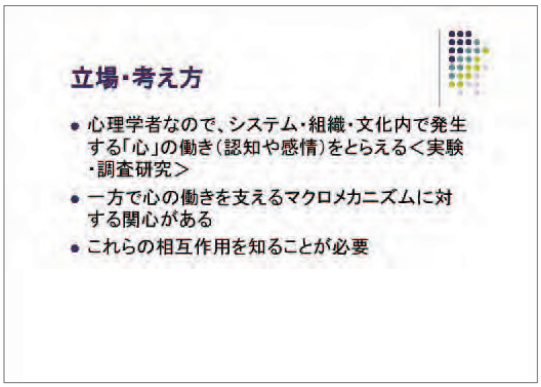
◇スライド1

きょうは、理系の先生が多いかなと思いますので、このような社会科学のテーマで恐縮ですが、ご意見をいただければ幸いです。よろしくお願いします。

◇スライド2「Yukiko Uchida」

私の専門は、社会心理学や文化心理学とよばれる領域のなかで、心の働きが文化や社会経験みたいなものを通じてどのように形成されるのかを実証的に研究しております。とくに社会調査あるいは実験研究などを通じて、文化や社会、人の心のなかあるいは人の心を取り巻く環境のなかで起こっていることについて検討して、フィードバックすることを考えています。

◇スライド 3「立場・考え方」



基本的には社会心理学者ですので、システムや組織、あるいは文化内で発生する心の働き自体に関心をもっています。これは実験や調査の手法を用いて研究を行なってきているというスタンスです。いっぽうで、心の働きを支えるマクロ・メカニズムに対する関心をもっています。このマクロとマイクロの問題、この相応作用がいったいどうなっているのかを解決することが社会科学の大きなテーマではないかと考えています。

マクロでみようと思うと、社会学や現象学、歴史学など、さまざまな研究手法についての知識も必要ですし、これを実証的なところに落としていこうとすると、こんどは認知科学であるとか、実験系の研究もしなければならない。まさにマクロとマイクロの接合点なにある学門分野かなと思っています。

私自身の研究では、比較文化を主に行なってきました。とくにこの 10 年くらいは幸福感に関心をもって研究を進めてまいりました。幸福といいますと、「幸せになりたい」という気持ちであるとか、「お風呂に入って気持ちよい」とか、「きょうは、楽しくてウキウキする」とか、「明日の遠足が楽しみだな」というような、いわゆる主観的に感じる幸福ということですが、近年様々な領域でたいへん注目されております。

たとえば国についての豊かさを調べる指標としては、かつては GDP であるとか経済指標がたくさん用いられてきました。あとで袖川芳之先生からお話があると思うのですが、経済的に豊かになったからといって、私たちがすぐに幸せだと感じられるのではないということが、ある種のパラドクスとして存在しているのです。

たとえば、私たちはお金持ちになりたいと思って、一所懸命に働くことがあります。お金を得たら、得た瞬間は嬉しい。しかし、いったんその状況に馴染んでしまうと、そうでもなくなってしまう。たとえば、ほしかった車を買ったとして、最初は嬉しくて毎日のように磨くかもしれません。しかし、乗っているうちに、「この車があるから幸せだ」と毎日はなかなか思えなくなるというのが人間の心情なのです。そう考えると、経済指標だけでなかなか私たちは幸福というものを推し量ることができない。

また、人間には物理的な欲求だけではなくて、所属欲求や社会的な地位に関する欲求もあります。人から賞賛されたい、あるいは人と仲良くしたい。こうしたことは、経済的な指標だけではなかなか測定することができません。とくに私は文化の問題に関心があるので、どのような文化環境のなかでは、なにが幸せとして定義されやすいかについて研究を重ねてきました。

◇スライド 4「文化と『幸福感』」

これは日米だけの比較なので、ほんとうはもっといろいろな国の比較が背後にはあるのですが、代表的なところとして、日米比較の研究を挙げたいと思います。

どういうときにとくに幸せということばを使いやすいか、あるいは幸せという主観的な経験が起こりやすいかということを、日記法みたいなものを用いて行なった研究があります。たとえば、iPhone などを持ち歩いて、ときどきポンと音がなると、そのときにどんな感情を感じているのかをネット上で解答する。そのときになにをしているのかも同時に解答する。そういう研究をした場合に、アメリカだと、ウキウキしているときに幸せだという感情を同時に感じやすい。

たとえば、彼女とデートに行くであるとか、いまからパーティに行くというときに幸せを感じやすい。これに対して日本人の解答、あるいはほかのアジア人、台湾人などの解答をみると、穏やかな感情を感じているときに同時に幸せを感じやすいことがわかっています。たとえばわかりやすい例でいえば、お風呂に入るときや寝る前ですね。

また、日本においてはよいことと悪いこととのバランスが重視されているので、たとえばよいことが 100%あるような状態を幸せだとあまり感じないという傾向が知られています。これは、理想の幸福状態を尋ねたときに、「100%の完璧な幸せを理想とする場合には 10 点とお答えください。幸せと嫌なことが半々ずつくらいある人生を理想だと思う人は、5 点とお答えください」。こういうことを聞きますと、だいたい何点とお答えになられますか。

回答者●7 点。

内田●ありがとうございます。パーフェクトな日本的な解答でございます。だいたい平均すると 7.2 点くらいになります。7 点くらいがちょうどよい。つまり、70%くらいは幸

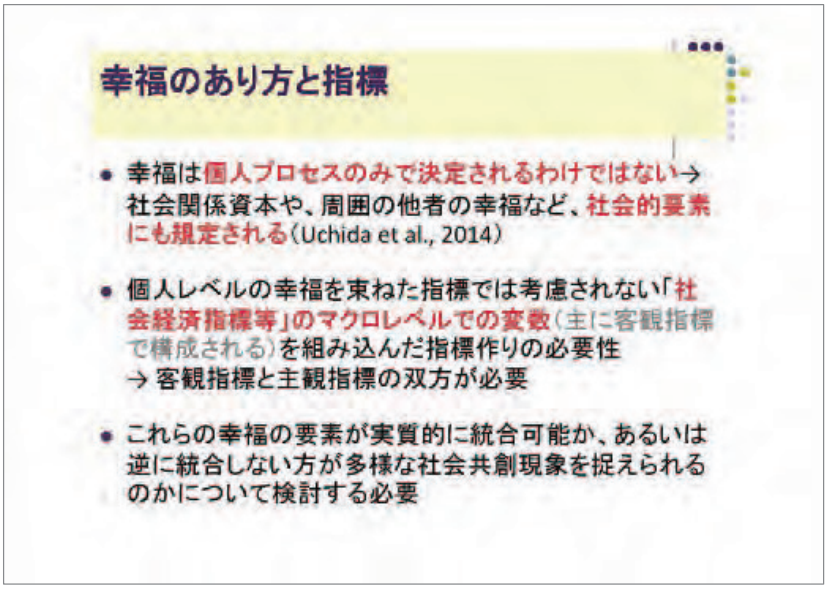
せでありたいのですが、3 割くらいはまあまあなことがあっても構わない。この感覚はたいへんおもしろくて、理想なので 100%といってもかまわないのです。でも、あまりそうはなりません。

あまりに幸せ過ぎるとすこし怖いであるとか、人生のなかで 100%のなかに半々くらいよいことと悪いことがあるとすると、あまりによいことが続くと、「運を使い果たしてしまう」というような言い方を私たちはします。こういう心的モデルが存在していて、人生のなかによいことと悪いことが半分ずつくらいある。よいことばかりは続かない。だから悪いことが続けば、こんどはよいことが起こるかもしれない。あるいは、よいことばかりが続けば、運を使い果たしてしまうかもしれない。これはある種の観念として強く私たちに定着している可能性があるのではないかと思っています。

これに対して北米やヨーロッパでこの調査をしますと、10 点と答える人もいれば、だいたい 9 点とか 8 点くらいが多いです。つまり日本の解答よりは、より 100%の幸せを求めたってかまわないじゃないかとされている。こういうものが私たちのふだんの感情経験にじつは強い影響を及ぼしているのではないかということが私たちのもっている仮説です。

さらには幸福感を規定するものが、どちらかというと日本では関係志向的なものになっていて、たとえば人並みであることが強い安心感をもたらしてくれるのですが、北米ではやはり自尊心が強い幸福感の規定要因になっています。アメリカの幸福感に関する教科書をみますと、幸福な人物はどういう人物かという定義が書いてあります。幸福な人物とは、「若く健康でよい教育を受けており、収入がよく、外交的・楽観的で自尊心が高く、勤労意欲があって、みためもよければなおよし」みたいな、こういうことが書いてあるのです。これは日本的な感覚からいくと、こんな人はもしかしたら頭を打つのではないかとか、昔は苦労したかもしれないとか、そういうストーリーを自動的に思い浮かべるというのは、私たちの文化的な価値や経験が強く存在しているからではないかと考えられます。

◇スライド 5「幸福のあり方と指標」



こうした主観的な経験に文化的な特性あるいは価値観が反映しているという考え方をみていきますと、幸福なあり方に関して考えるときに、マクロ要因とマイクロ要因（個人要因）をどのように結合させるのかが私たちのいちばん大きな課題になっています。というのも、さまざまな国で幸福度の指標をつくりましょうということが盛んになっています。2010 年から 2013 年に日本においても、内閣府で幸福度に関する研究会が立ちあがりまして、私もその委員のメンバーを務めていたことがあります。

日本の幸福の指標をつくりましょう。たとえば指標というのは、離職率がどれくらいであるかとか、経済状況がどうなっているかとか、介護や福祉は充実しているかどうかというようなさまざまなマクロ変数と個人が感じる感情――いまどのくらい幸せですかというような感情ですね。こういった経験を統括させて一つの指標をつくりましょうという試みを行なっていました。

こういった試みは、いまいろいろな国で盛んでして、代表的なのはブータンです。みなさんもご存じかもしれませんが、ブータンは幸福の国といわれています。あれはみんながパラダイスみたいに暮らしているという意味ではなく、幸福度の指標を政府がつくって、それにあわせた政策決定などを行なっている。幸福をめざし、それを最も重要な指針としている国という意味です。ブータンの GNH であるとか、フランスやイギリスあるいはニュージーランド、オーストラリア、ドイツ、いろいろなところで、こうした幸福度の指標が盛んに議論されています。

しかし、これまでの幸福度指標は、マクロか個人のどちらかの一方に偏ることがだいたい多かったのです。たとえば経済学者さんがつくるとマクロの指標になりがちです。経済的な変数など客観的にとれるところから国の幸福を測定していきましょうというの

がマクロの考え方です。いっぽうで個人の気持ちが大事で、それぞれが幸福感を追いかけることが大事だというようにマイクロを重視するならば、マクロ変数のことは横に置いておいて、主観的に「あなたはどれくらい幸せですか。1 から 10 でお答えください」というような項目で調査をすればよいという話になるのです。

これらをどのように統合していったらよいのかということは、まだあまりちゃんとして解決の糸口がみえていないように思っています。まさに複雑系で、計算論やシミュレーションとうまく融合させて考えていかなければならない問題の一つだと思っています。

個人の幸福というのは、最近の研究から、じつは周りに伝播するということもわかっています。マクロというとすごく大きな日本社会みたいな話と、マイクロというと個人のなかの話になるのですが、このあいだにソーシャル・インタラクションがあるのです。たとえば幸せな人が 1 人いると、その周りにもけっこう伝播をしていく。伝播をするというのか、あるいは類は友を呼ぶのかもしれませんが、とにかく全体的なマッピングをみてみると、幸せな人の周りに同じように幸せな人がいる確率が高いというわけです。

あるいは病気や肥満などにも同じようなデータが出ていて、肥満傾向のある人の周りには肥満になる人の確率が増える。肥満のケースはわかりやすいのです。つまり近くにいる人は、いっしょに食事をする機会など、同じような栄養価をとることがあるので伝播しやすい。行動習慣みたいなものが共有現実として発生したときに生じるマクロとマイクロのインタラクションがあるだろうといわれています。こうしたものも統合的に考える必要が出てきていて、これらの幸福の要素が実質的に統合可能か。あるいは逆に、統合しないほうが多様な現象を捉えられるのかどうか。いまじつはエンピリカル・クエスチョン（Empirical question）になっていて、はっきりとした解決があるわけではありません。

私たちは、こういったことをすこしでも解きほぐしていけないだろうかと考えていて、たとえば最近やっているのはマルチレベル分析というものをかなり使い込むようにしております。昨年度に行なった調査なのですが、日本のなかの 164 の集落、コミュニティに研究の目を移して、集落レベルの要因、つまりマクロ変数の要因と、そこに住んでいる住人の一人ひとりに取っているアンケート調査で、これは 3,500 人分の回答を得ました。つまり、一人ひとりがこの 164 集落にネストされていて、マクロの変数と個々人の変数のいずれが幸福感を統合的に予測するのかというモデルを立てられないかだろうかということです。

たとえば一人ひとりの幸福度というのは、もちろんその一人ひとりの社会関係、たとえばいろいろな人とつながっているかどうかであるとか、規範意識がきちんとあるか、自尊心がちゃんとあるか、自分が駄目だと思っていないかどうかとかなどのいわゆる「個人変数」と関連している。しかし、それだけではなく、その人が住んでいる集落レベルの要因、

たとえばその地域に小学生がたくさんいるかどうかというようなことがじつは影響している。

子どもが多いところに暮らしているということ自体が、なんらかのかたちで個人に、おそらく直接的ではないかもしれませんが、幸福感を促進するマクロ要因になっている。あるいは、自分の自尊心は低いかもしれないけれども、周りがみんな自尊心が高いようなところに住んでいると自分が幸福になる、恩恵を受けられる。自分はだめだと思っていても、周りがちゃんとしていると結構うまくいくというような仕組みがここに生まれていることなどがわかってきています。

というわけで、このマクロ要因をこれからはきちんと検証する必要があるだろうということです。もちろん統計変数をつくっていくのですが、モデルを立てることがは簡単ではありません。ぜひ、いろいろな方の知識と知恵を結集して、うまい幸福度の指標がつくれたらなというのが、いま私がもっている夢、希望、目標です。

◇スライド 7「マクロ要因としての文化差」

私の本業に帰ると、マクロ要因としての文化差をどう説明するのかということが大きな課題です。先ほど説明したように、日本とアメリカでは幸福感についての考え方が違っている。違っていることを出すということは、文化人類学あるいは文化心理学の関係でこれまでもたくさんあったのですが、なぜ違うのかということについては、まだまだ検討がなされていなかった部分があります。

これが最近では、いくつかの研究が出てくるようになっていて、たとえば生業の影響などが調べてられています。農耕と牧畜の違いであるとか、同じ農耕でも米と麦とで違うのではないかという研究が、『サイエンス』に昨年掲載されていましたが、ようするに米作地帯出身の人のほうが麦作地帯出身者より相互協調性が強いという結果になっていたりします。

あるいは人口移動に関する一面もあります。たとえばアメリカのように転職や引越しの回数の多いような世界、あるいはフロンティアみたいなかたちで移民がどんどんと入ってくるような社会の人のほうが、より抽象的な概念でいろいろなことを取りまとめていかなければならない。個別具体性というよりは、むしろ抽象性が重要になるし、パートナーの相手がどんどん変わっていく可能性があるので、自分をうまく売り込んでいくことが必要になる。パートナーに関してもよりよい相手を選択することが促進されるような社会になっていく。これが日本のように人口移動の頻度が少ないような社会になってくると、生まれたときから隣にいる人と仲良くするということが至上命題になっているので、自分をどう売り込むかということはそれほど重要ではない。むしろ周りの顔色を窺うほうが重要になってくるということで、生存競争に関わる人口移動ということは重要ではないかというような指摘があったりします。

もちろん、昔からいわれているような風土や環境、気候要因の説明であったり、あるいは病原体の流布です。一つの研究では、いわゆる伝染病がかつて流行った地域、たとえばペストみたいなものが流行った地域のほうが、あとあと社会がより集団主義的になるという研究があったりします。伝染病を乗り越えようとすると、私たちは規範的な行動をしなければならない。たとえばマスクを着けるとか、いろいろなことの処理をするとか、衛生的な環境を保つということは、規範行動が必要になってくる。病原菌がかつて流行って、そこから立ち上がろうと思うと、おそらくそういう規範行動をするようになって、そのことが社会としての堅さみたいなものをもたらしたのだろうという説明です。

もう一つは、もちろん遺伝子の多型みたいなものです。たとえばセロトニン・トランスポーター、日本人ではストレス脆弱性が高いといわれていて、アメリカではストレス脆弱性がどちらかというと強い遺伝子多型をもっている。ストレス脆弱性が強い、つまり脆弱な人たちはそれを守る（buffer）ために、周りでみんなが協力するようになったのではないかという、こういう説明があります。ですから、どちらかというとストレスに弱い遺伝子をもった人がつくっている社会のほうが、より集合主義的な暮らしをしているのではないかというのがこの説明です。

このようにいろいろな説明があって、どれが正しいのかということもいまいちよくわかっていない状況なのです。いまのところ、データ的に堅そうだといわれているのが、上の二つです。生業と人口移動。この二つはもちろんお互いに絡みあっています。農耕すると移動しなくなるので、農耕社会のほうがもちろん人口移動率も低い。そういうところではより集合主義的な社会をつくりやすいというような説明がなされています。

日本というのは、集合主義的でかつ人口移動率がどちらかといえば低い。たとえば転職率などを取ってみても低いですし、人生のなかで引っ越した回数を聞くと、アメリカ

などにくらべると低い社会です。こうしたなかで社会関係資本がいったいどのように培われているのかをこれまで検討してきました。

社会関係資本というものは、社会科学のなかでは重要視されている用語で、ソーシャル・キャピタル（Social Capital）といわれるのですが、つながりをキャピタルとして捉えてみようじゃないかという概念です。ロバート・パットナム（Robert David Putnam）が社会関係資本の有名なリーディング・リサーチャーですが、このように定義しています。「個人間のつながり、すなわち社会的なネットワークおよびそこから生じる互酬性と信頼性の規範である」。パットナムのモデルでいうと、どちらかというと外にあるリソースとしてつながりは捉えられています。

物的資本や人的資本と同様に個人と集団の生産性に影響するということで、ソーシャル・キャピタルは私たちにとっては、外にあるマクロの要因です。たとえば、こういう会に出てきて、みなさんが仲良くしていて、いろいろなインタラクションをしていますというと、これは私にとってソーシャル・キャピタルになるのです。ソーシャルキャピタルは場に帰属する要因でもあるし、私たち個人個人がコントロールしてコミットするものでもあります。

たとえば、ソーシャルキャピタルの恩恵を受けるために、私がもういちどそのソーシャル・キャピタルに参加をして、よりそれを促進しようとすれば、それは私の個人のなかのソーシャル・キャピタルにもなっていくのです。つまり、マイクロ、マクロという最初にたてた問題設定のなかの、インターフェースにあるものとしてのソーシャル・キャピタルというものを想定しています。

◇スライド 9「日本的幸福→SC と農業社会」

ソーシャル・キャピタルというものが、いったいどのような機能をもっているのか。じっさいに現場のなかでどのように培われているのかを検討するために、農業という伝

統的かつ流動性の低い日本的な社会のなかでこれはどのように維持されているのかを検討するような研究を私たちは行なってきました。

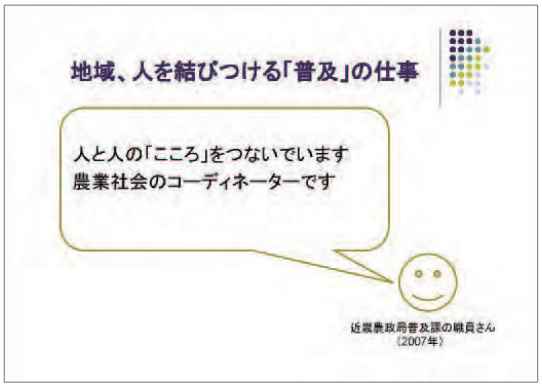
このときは農業普及指導員に着目をしました。みなさんはご存じでしょうか、普及指導員さんという都道府県の職員さんがおられます。基本的には農業者に関して、技術指導あるいは経営指導などを行なう方たちなのです。しておられることといえば、農家さんを一軒一軒まわって、じっさいに農家さんたちが集落営農をしたいといったら、それをつなぐような役割をしたり、あるいは法人化させたいというような話が出てきたときにそれを支援したり、個別具体的なことだけではなくて、地域ネットワークに関係するような事業もしておられるような職員さんです。

◇スライド 10「SC in Agriculture」

農業においてソーシャル・キャピタルはどのように重要かというと、具体的なのですが、たとえば灌漑システムの維持です。用水路の整備であるとか、それを清潔に保つことは肝になっている。あるいは水問題です。いったん解決すると大丈夫なような気もするのですが、水問題というのはつねにトラブルの原因になっている。あっちに引いた、こっちに引いたとか、かつての水問題が集落間のトラブルとしていまだに根づいているというケースもかなりあります。こういった灌漑システム、用水路に対する対策であるとか、あるいは最近では獣害対策といわれるものです。鹿や猪などがやってくるのですが、一人ひとりの農家さんが個別に追い出しをしても、うまくいかないケースがほとんです。集落全体でやらないと鹿などは逃げないのですね。

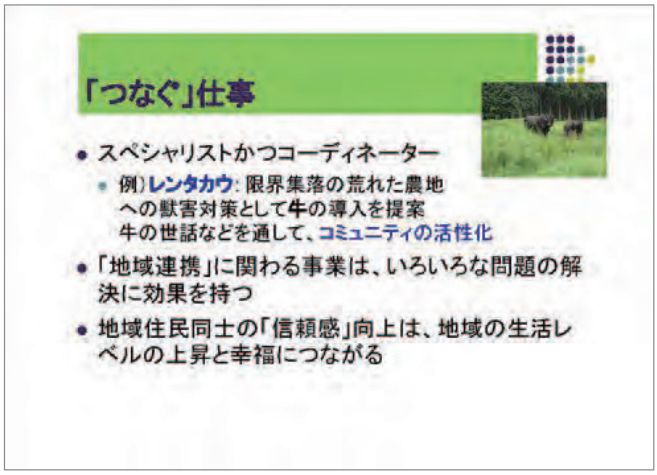
こうした集落ぐるみでの活動が必要になってきたり、あるいは誰かを受け入れて定住させるというときにも、集落ぐるみでの受け入れが必要になります。とくにソーシャル・キャピタルは、もちろんいろいろな社会で大事だと思うのですが、農業社会ではこういう具体的な事例として重要です。これをつないでいるのが普及指導員さんなのではないかということで、この人たちの働きに関心をもってみました。

◇スライド 11「Extension Officer and SC in community」、◇スライド 12「地域、人を結びつける『普及』の仕事」



私たちも農業に素人だったので、普及指導員さんがどういう人か最初はわからなかったのです。こころの未来研究センターに私が着任する年くらいに、近畿農政局の普及課の職員さんがこころの未来研究センターができたということで来られて、「私たちは普及指導員さんをよくみているのだけれども、この人たちはじつは人と人の心をつないでいて、農業社会のコーディネイターをしているのではないかと思っている。」というお話を受けて、おもしろそうだなというところから話が発展しました。

◇スライド 13「『つなぐ』仕事」



たとえば普及指導員さんはなにをしているのかというと、「レンタカウ」をしています。レンタカーではなくてレンタカウ（cow）。限界集落があるなと思ったときに、そこに試験所から牛を連れてきて獣害対策のために入れるのです。これはなにをするかというと、牛はずっと草を勝手に食べてくれます。草がどんどん生えると猿などがやってくるのです。これを防ぐために、牛がいるとずっと草を食べてくれて大丈夫なのです。限界集落は、みんなが草刈りなどができないようなところなので、牛にしてもらう。かつ牛のよ

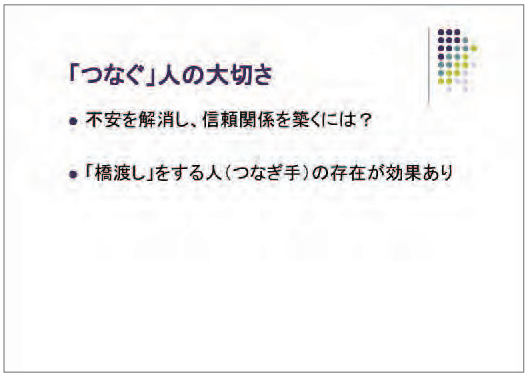
うな大型動物がいると、猿などは怯えて来なくなるのですね。

こういう効果があるということでレンタカウを入れるのですが、じつは普及員さんの狙いには裏のねらいもありました。牛がいるということは、じつはコミュニティにとって重要なのではないかということを考えられたのです。そのために普及員さんは妊娠している雌牛を連れてきました。その牛の子どもが生まれるのです。これは限界集落では一大イベントになって、集落の人たちがやってきて子牛の出産を見守るということがあって、そのあとも牛の世話のための交換日記みたいなものが発生するということが起こりました。

こうしたときに、「みんながつながりましょう」みたいなことだけを言ってもたぶんだめで、牛の世話をしましょうみたいな、明示的に、一見するとつながりとは関係がないような一種の「機能」「儀礼」が必要で、そこにつながりみたいなものが発生するというメカニズムをつくっているという事例でたいへんおもしろいと思いました。このあと、集落の人たちがあまりにも牛がかわいいので、牛を見るためのベンチを自分で手づくりをして、横にベンチを置いたら、お盆に帰ってきた小学生がそこに座って牛を眺め始めて、地域のコミュニティのステーションになるという話がありました。

◇スライド 14「『つなぐ』人の大切さ」

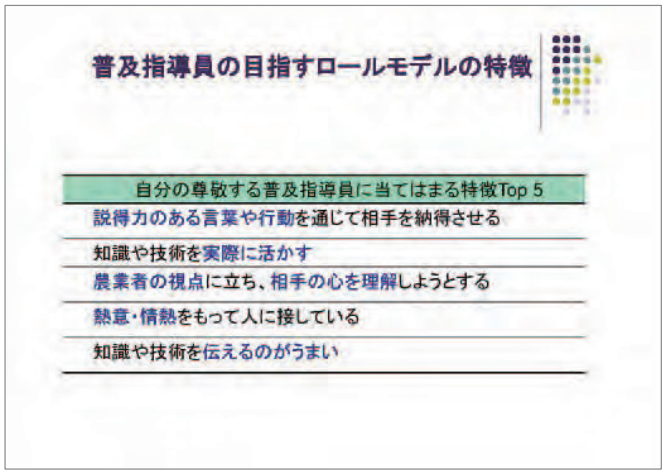
こういうことを考えると、つなぐ人、なにかの取っかかりをもってきて地域のなかにつながりをつくる人の機能が大事なのではないか。橋渡しをするとか、信頼関係を築くというような役割を、こういう人たちが担っているのではないかと考えています。



◇スライド 15「Survey study」

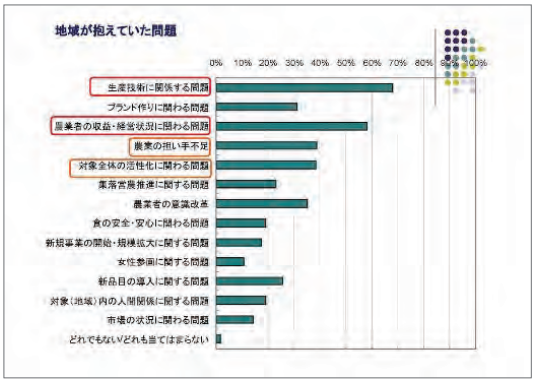
そこで私たちは、ほんとうにそうなっているのかを調べるために、こういうフィールド調査に加えて 4,355 名の普及指導員さんたちを対象に具体的な研究調査も行ないました。

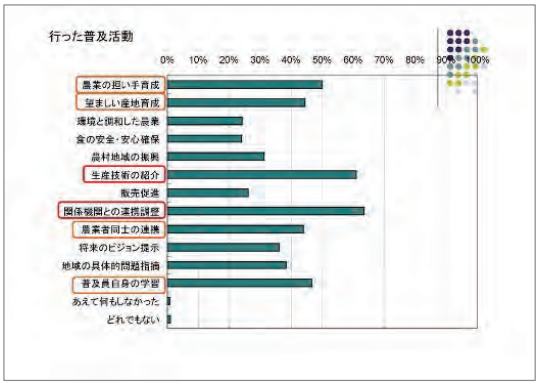
◇スライド 16「普及指導員の目指すロールモデルの特徴」



普及指導員さんがどういう人なのかを知るために、まずはめざすロールモデルを聞いています。どういう人を尊敬するかということを聞いているのですが、説得力のあることばや行動を通じて相手を納得させるとか、農業者の視点に立っている人というように説得力のある思いやりの高い人というのがロールモデルになっています。

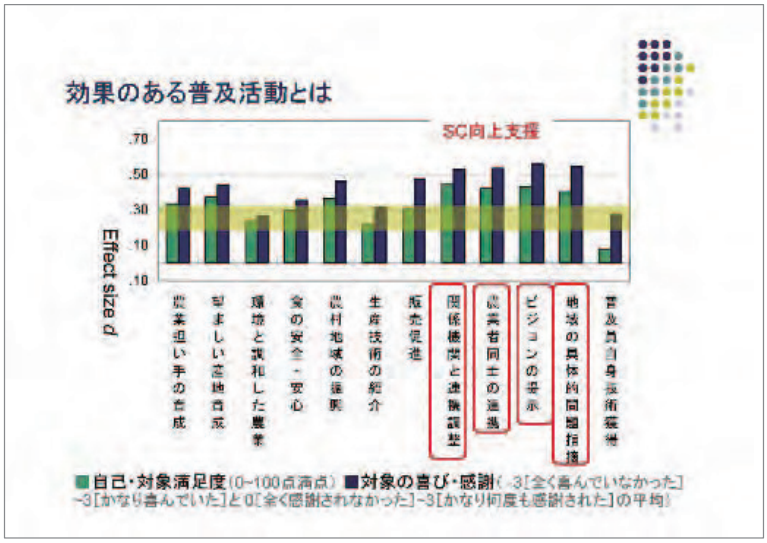
◇スライド 17「地域が抱えていた問題」、◇スライド 18「行なった普及活動」





その普及員さんにとって自分が担当している地域が抱えている問題というのは、生産技術に関係する問題とか、農業者の収益に関する問題が多いのですが、そういうときになにをしたのかと聞くと、普通は生産技術の紹介をするのです。ほかには関係機関との連携調整ということもあって、普及員さんはつなぐ仕事をしているので、行政の人に話をつけてきたり、JA の人に相談をしたりみたいなことをやります。

◇スライド 19「効果のある普及活動とは」



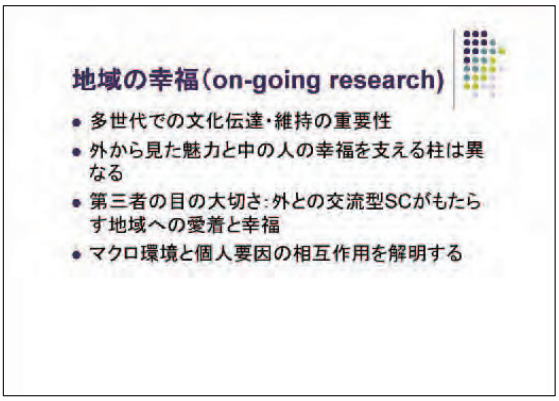
これがほんとうにどれくらいそれぞれ効果があるのかという効果量を検定しています。この下の軸にあるのが「なにをやったか」です。効果量が高いというのは、そのことに対してじっさいに喜ばれたとか、これは主観的な効果量なのですが、効果があったのかどうか。つまり、農業の担い手の育成をした人に比べて、しなかった人のほうが効果が出にくかったどうかということを調べているのが効果量です。

これをみてみると、じっさいに効果のある普及活動というのは、関係機関との連携調整とか、農業者同士の連携とか、つながりをつくるような普及活動をしたときに、じっさいに農業地にとって効果がある支援が行なわれていたということがわかります。不思議なことに、生産技術の紹介というのは効果量が低いのです。

これも同じようなことで、普及員さんは、技術をもった人ですということで農業地域に入ります。これは重要なツールなのです。これがなければ普及員さんはなにをしている人なのかわからないので、農業地域には受け入れられません。ですが、じっさいに効果をもっているのはその人たちが伝授している生産技術の紹介そのものではなく、むしろその人たちがしている関係機関との連携調整みたいなことが効いてくる。

ストレートではないことが、なんらかの効果をもたらすということに発展しているのではないかと思うのです。つながりが必要だったら、つながりをつくる人が来ればよいと思うのですが、そういうわけではない。むしろ、違うファンクションをもった人がやってきて、たとえばさっきのレンタカウの牛みたいなものがやってきて、そこに新たなものが生まれるというメカニズムを検討することこそが、これからの社会のなかで複雑な幸福みたいなものを検討するうえで重要なのではないだろうかと私たちはいま考えています。

◇スライド 20「地域の幸福（on-going research）」



多世代での文化伝達・維持というものがどのように地域のなかで行なわれているのか。これもマクロに起こっている環境要因と、個人がどのようにそれに対してコミットしているのかを両方からみていこうかなと。そこに普及指導員さんのような媒介者のようなものが、どのような効果をもたらしているのかを検討したい。

外からみた魅力となかの人の幸福を支える柱は、かなり違っている。たとえば、いまは地域の幸福は大事だといわれているのですが、「ここの地域ではこれが大事だ」とそこの人たちが思っていることと、そこを訪れた人が感じることはかなり違っていて、このギャップみたいなもののなかから新しい価値観が創成されないだろうかというようなことも考えています。つまり第三者の目の大切さということで、自分たちのなかにいると気がつかないようなマクロ・ファンクションが外の人たちからはみえるということがあるのではないだろうか。ということで、最終的にはマクロ環境と個人要因の相互作用を解明していきたいと考えています。ご清聴ありがとうございました。

西●ありがとうございました。みなさまから質問などはありませんか。

A氏●これはまさに津田一郎さんが先ほどお話しされた「第二種自己組織化」の現代版というか、ソーシャル版だと思いながらお話をうかがっていました。

マクロでもなくてミクロでもなくて、しかも直接因子をもちこむのではなくて、ぜんぜん違うレンタカウをもちこむことによってまったく新しい社会性が生まれる。津田さんは、お医者さんと協力してネットワーク・ディジーズあるいはシステム・ディジーズということをおっしゃっていましたが、これはネットワーク・ハピネス、あるいはシステム・ハピネスですね。

もう一つの観点からいくと、内海健先生と昨日の三輪敬之先生の自閉症のお話もあって、個人ベースでみると自閉症の症状が顕著なのですが、西先生の共同研究の成果で、人との交わりが入ると自閉症の症状が緩和されるという話も出ていました。きょうの3演題と昨日の演題はすべてつながるというように思います。

これまではハンス・セリエ（Hans Selye）の影響があまりにも強すぎて、私たちの感情は怒りや恐怖が研究対象の中心だったのですが、時代の流れが変わってきてハピネスが

とても重要視されている。経済成長が著しいにもかかわらず、ハピネスがなかなか進んでいないということは、すごくタイムリーな共時性を感じるのです。

この研究会の全体が、私のあたまのなかではぜんぶつながって、すごくハピネスなのです。内田先生からもコメントなどがあれば、いただきたいなと。

内田●共時性ということをおうかがいして、おもしろいなと思ったのですが、心理学の歴史のなかでもネガティブ・エモーション（負の感情）というものがずっと重要視されてきたのですね。それは対処しなければならないものとしてのネガティブエモーションだったと思うのです。そのいっぽうで、人が幸せになる社会をみんながつくろうとしているのにもかかわらず、なにがその要因となっているのかという検討はそれほど長くされてきたわけではない。もちろん哲学的な議論はあるのですが、解析みたいなレベルでできていたのかというと、そこがおろそかになっていた面がある。

ポジティブとネガティブは両面なので、ポジティブだけに走ると逆にネガティブへの対処を忘れてしまうので、たとえば私は幸福感の研究をしながら、いっぽうでニートと引きこもりの研究をしたりしているのです。それは裏表の問題だと考え始めているのです。裏表であるということを考えると、そのなかにみえてくる。なにがファクターになっているのか。なぜ、幸福というものが日本のなかでも重要視されているいっぽうで、ニートとか引きこもりの若者が増えているのかという両面からいまの社会を読み解けないだろうかと考えています。

Ｂ氏●農村というのは最先端の問題ではないかと思うのですが、逆に大学における教育と先生の幸福度。これはクリティカルな問題で、いまの大学に欠けているものはなにかといったら、けっきょくはつながりです。大学は教員と学生から成る共同体である。その共同体のもっているハピネスが大事なものではないかと私は思うのです。いま重要な課題になっている限界集落の問題は、そのまま大学の問題に転換されてしまうような感じがするのです。これは直観で、どうつながっているのかは、いまはなんともいえないのですが。

たくさんの若者と先生がいるような社会とお年寄りしかいない限界集落、この二つのあいだの落差は、ぜんぜん違うものでまったく逆のような感じがするのですが、この二つはじつはものすごくつながっているように思うのです。直感的でうまく説明できないのですが。「大学は幸せか」というようなことをいいたいのですが、共同体としての大学はいったいどうなのだ。マクロのほうでは、共同体としての大きさということをおっしゃっておられると思うのです。そういうようなものをどう考えられますかということを質問したいのです。

内田●重要な問題だと思います。いま企業の調査などはいろいろとやっているのですが、企業というのは最近は理念が強くなってきて、従業員それぞれが幸せであることみたいなことが強くいわれるようになってきたのですが、大学はそのような話が出てこない場所の一つだろうなと思うのです。かつ共同体という意識についても、どちらかというと低い。個人がそれぞれで業績を伸ばすためのリソースみたいなものを大学から取って、それをまた還元すればそれでよいという感じになっているのではないかと思うのです。

しかしこれでは最終的にはなんらかのパフォーマンスそのものを落とす可能性があるかもしれない。かつては大学は議論の場であり、コンソーシアムであったりコミュニティという要素があったと思うのですが、最近の大学が場の性質を失ったような環境にあるとすれば、これは見直していくべき点だろうと思います。

かつて私は、准教授くらいまでの若手研究者を対象に、京大の学内で幸福感に関する調査をしたことがあります。なにが幸福をもたらしているのかという変数をいろいろとみていると、業績の数などよりも、むしろ研究室の人との関係の良さが幸福に寄与していた。あとはドクター1、2年目の学生にちゃんとした人がいるかどうかというような結果も得られていました。D1くらいというのは、うまく学部生と先生とのあいだに立ってくれて、まさに普及員さんみたいな役割を取っている可能性がある。こういう人がちゃんといる研究室はうまく回っていて、そういうところにいる人はのびのびとパフォーマンスを発揮できているのかもしれません。

こうしたことを私もいろいろな社会のファンクションのなかで援用していきたいと思います。まさに集落と大学という異なる組織で、実はパラレルな問題が発生しているような気がします。「限界大学」とならないようにしなくてはならないですね。

C氏●聞き落としたかもしれないのですが、幸福度ということで、人は、お年寄りから子どもから、障害のある人から、女性から、いろいろいますよね。多様な人から成る人の幸福度はどう導かれるのですか。

内田●多様性をどのように検討するかということですか。

C氏●はい。それと多様性をどのように持続するのかということと二つ聞きたいのです。幸福をずっと持続していくと最後に出てきたのですが、多世代共生といった場合には大きなポイントになると思うのです。それはどのような仕掛けというか、失われるもののほうが、幸福を論じる場合には大事だと思うのですが、そこはどのようにされるのですか。

内田●基本的には大規模調査だと、性別と年齢別のクラスタに分けて、なにが要因になっているのかということを検討することだろうと思います。たんなる平均値の比較だと、普通にやると 30 代と 40 代の男の人がいちばん不幸とでてくる調査が多いです。しかし平均値の比較だけではなくて、そういう人たちはどういうときに幸せを感じているのかを知る必要がああ利増す。たぶん 30 代、40 代の人の幸せと 20 代の女の子の幸せは、おそらく原因が違うだろうということで、それぞれのクラスタごとに予測因がどうなっているのかを分類する作業をいちばん重要視してやっています。そのためには大規模なサンプルが必要になるのですが。

あとはその人たちの相互交流ですよね。たとえば、世間がぜんぶ 30 代、40 代の男性みたいな幸福の追求をしていると、それでよいのかというとたぶんそうではないのですね。だから、いろいろな幸福感をもった人たちが、一定層のレベルでいろいろな割合で集まっている社会というのが持続可能な社会なのではないかということで、これからの人口問題とも関係して検討しなければならない課題だと思っています。

D 氏●とてもおもしろかったです。ミハイ・チクセントミハイ（Mihaly Csikszentmihalyi）がしているエクスペリエンス・サンプリング・メソッド（Experience sampling method）などのいうハピネスは、評価関数としてサンプリングで決まるというのが前提じゃないですか。ぼくはハピネスって、社会依存性とか文化依存性を考えていると、なにかある視点を学習するというかアダプティブなところがそうだと思うのですね。

だから、アレクサンドル・ソルジェニーツィン（Alexandr Isaevich Solzhenitsyn）の『イワン・デニーソヴィチの一日』というのがすごく好きで、それは強制収容所に入っているデニーソヴィチという人が朝から晩までこき使われているのですが、ものすごい幸せを感じているのです。

だから、うまくいえないけど、幸福研究って、プライマリー（primary）には各時点における幸福って、プライマリーには各時点における幸福という評価関数、スカラー関数かどうかはわからないけれども、それを調べるというアプローチでよいと思うのです。しかし、すごいつらいと思った時期がふりかえったら幸せに感じられるとか、チクセントミハイはフローの研究の動機で、どんな状況でもなにか幸せそうな人がいるというような話があるじゃないですか。

そういうことを考えると、ものすごいラーニングだとかアダプテーションとか、あるいは発見、そういう視点が幸福研究には必要だと感じています。そのときには日米の文化差が、固定的なものではなくプリンシプルな、つねにボールディングなものとしていかに捉えられるかということに関心があるのです。そのあたりはどうなのでしょうか。

内田●それは重要な視点で、幸福というのはスタティックなものではなくてダイナミックだし、プロスペクトだったり将来予測みたいなものが関係している。さきほど紹介した日本だと7割くらい幸せだということがちょうどよいと思っているというのは、そこにある種のプロスペクトが存在して、かつそれと過去に関する経験みたいなものが存在するから、それが落としどころとして出てくるのです。

経験学習といまの時点で感じる幸福というのは、相関関係をもっている。それを反映させながらやっていくと、たとえば文化交流が起こったときにプロスペクト自体の変数が変わるということを考慮していかなければならない。いまそれは欠けている視点の一つなのですが、そのようなところに切り込んでいきたいなと思っています。

E氏●似たような話もありましたが、うまく言えないのですが、幸せを指標化するということはいかなることかと。痛みとかつらさは指標にするような気にはならない。幸せだけ指標にする。しかも、内田さんは研究者としてそれを追求する。幸福研究はすごく大事、幸福とはなにかという、それを指標する。それを国が審議会でやる。そういうことをよしとする、しかも世界的にいろいろな国がそういうことをやっている。そういうことがもたらす知というのは、文明とか文化からみて、さきほど先生がおっしゃったダイナミックなものでいくと、けっきょく突き詰めたら内面に、先生が区別されているミクロのほうに行くのかなと。

内田●幸福という概念のなかに、たぶんいろいろなことが入り込んでいるのです。たとえば、痛みということも逆にいうと含まれている。痛みみたいなものの反転として幸福というものを考えているので、幸福というのはたぶん幸福そのものではなくて、まさに包括的な意味での幸福になっている。突き詰めると、個人が感じている感情経験みたいになっていくかもしれませんが、それだけを指標にしてしまうと次の予測はできないですよね。

E氏●とくに言いたかったのは、指標化して安心するというわれわれはいったいいかなるものかなと。なんでもかんでもそうですから。

内田●指標化して安心してしまうのはよくないですよね。指標というものは安心のために使うのではなくて、将来予測と原因理解のために使わなければならない。

E氏●そうですね。でも、国が「うちの国はこういう指標だ」と使うでしょうか。たとえば政策には使うでしょうかね。

内田●それで日本も 2013 年に終わってしまったのですよね。それは政権交代とともに終わったのですが、それを基礎研究として、それを使ってくれるかどうかはまだわからないのですが、どういう要因が不幸せなり幸福感をもたらしたかという要因分析みたいなものは、かならずフィードバックをしないといけないと思います。

国レベルでは、もしかしたら難しいかもしれないと思い始めて、いまはどちらかというと、市町村とか地域レベルでは指標を活かしていく動きがあります。

E 氏●指標づくりをすると同時に、それが使われたときに、それを破壊する。ディストラクションが同時に仕込まれているような指標づくり。つまり、これをそのまましてしまうと、これはどこかで詰まってしまうという自爆装置をどこかでつけておかなくてはなかない。それは個人的な要因に入れたらだめになるように……。

内田●幸せにするために指標ですよみたいになってしまうと、うまくいかないような気がしています。起爆装置ではないのですが、内部的にそれを見直すことができて、しかもそれを改変してアップデートできるような仕組みになっていかないといけない。それを組み立てるには、あるていど時間が必要だし専門家がちゃんと入らないといけないのですが、不可能ではないのではないかと個人的な夢、希望のレベルですが思っています。

E 氏●それがこのテーマの創造的、破壊的という。

内田●そうですね。たくさんご質問いただきありがとうございました。

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-007

＜講演録＞

京都大学基礎物理学研究所　研究会
複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る

日時　2015年8月7日（木）11：10−11：50
場所　コープイン京都　202
座長　西 洋子（東洋英和女学院大学・大学院人間科学研究科　教授）
講演　袖川芳之（京都学園大学 教授）

消費本能――お金の量と時間密度と交換速度

◇スライド1　「講演タイトル」

袖川●おはようございます。このような場にお招きいただき、どうもありがとうございます。

内田由紀子先生の講演では、いろいろな質問がありましたが、私も幸福研究をしておりました。先ほどのアダプテーション（状況への順応）の話で、キャロル・グラハム（Carol Graham）という幸福学の学者が、国際比較のなかでアフガニスタンの非戦闘地域の人びとの幸福感は、ラテンアメリカの人びとの幸福感とほぼ同じで世界の幸福感の平均よりも上だということです。そういうことがあるので、国際比較はアダプテーションがあることを考慮すべきだと思います。

フランスのサルコジ大統領の大統領委員会で委員を務めていたアマルティア・セン（Amartya Sen）さんも、最初は幸福度を政策目標にしてはいけないというようなことを言っておられました。「低い開発段階にある人びとの幸福感も、アダプテーションで高くなる。それをよしとすることになるので、それはだめだ」ということで、最初は幸福度をつくることに反対されていたような経緯もあります。

日本の幸福度の設計についても、民主党政権での研究会ではいろいろな要素があるということをダッシュボード方式で約140の項目をあげたのですが、それに得点とウエイトをつけてアグリゲーションしてトータルな幸福度を測ることはしなかったのです。だから、幸福度を政策目標にして、数値の上下によって政策を決めることの危険性は、幸福研究をしている人も意識しながら研究しているという気はします。まだ発展途上だと思

います。

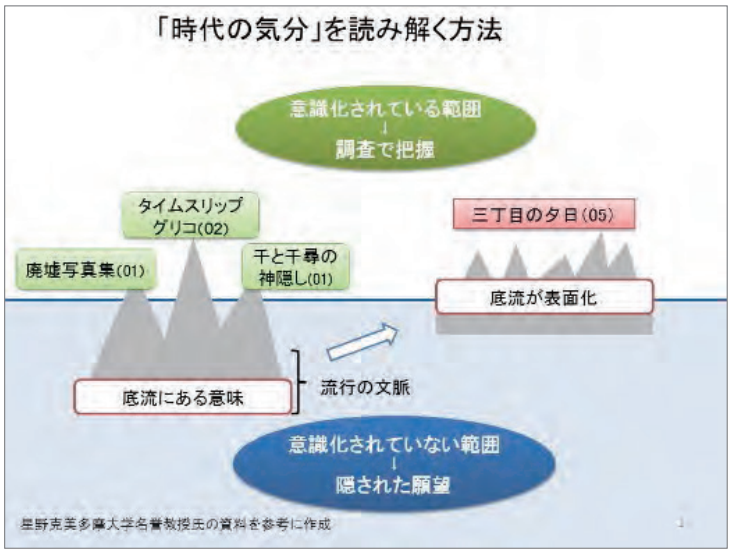
きょうの私の話は、幸福感にちかい、消費による生活満足度についてです。これは幸福研究のなかでは、ほぼイコールのものと考えられています。幸福研究のなかでは、幸福を表現する英語に三つのことばがあって、きょう私が中心的に扱うのはライフ・サティスファクションで消費に対してどういう効用を得るのかということです。

一般の方がたが話しているのは、ハピネスという概念です。これはライフ・サティスファクションとくらべると、経済的な要因が薄いけれども、より広いジェネラルな概念です。が、いま世界で幸福度指数をつくるときなどにつかわれていることばは、ウェル・ビーイングです。われわれのなかでもハビングの時代があって、ドゥイングの時代があって、ビーイングの時代がきて、その先にウェル・ビーイングの時代がある。こういう認識で、いまウェル・ビーイングを測ろうという研究がされていると思います。

私はほんの 4 か月くらい前までは、電通総研という電通のシンクタンクに勤めており、そこで消費の研究をおもにしておりました。消費税が上がったらどうなるのかとか、いまの消費のトレンドがどうなるのかとか、いまヒット商品がどうなっているのか。そういうことの担当部長をしておりましたので、それと幸福度の関係をきょうは話したいと思っております。

◇スライド 2　「時代の気分」を読み解く方法

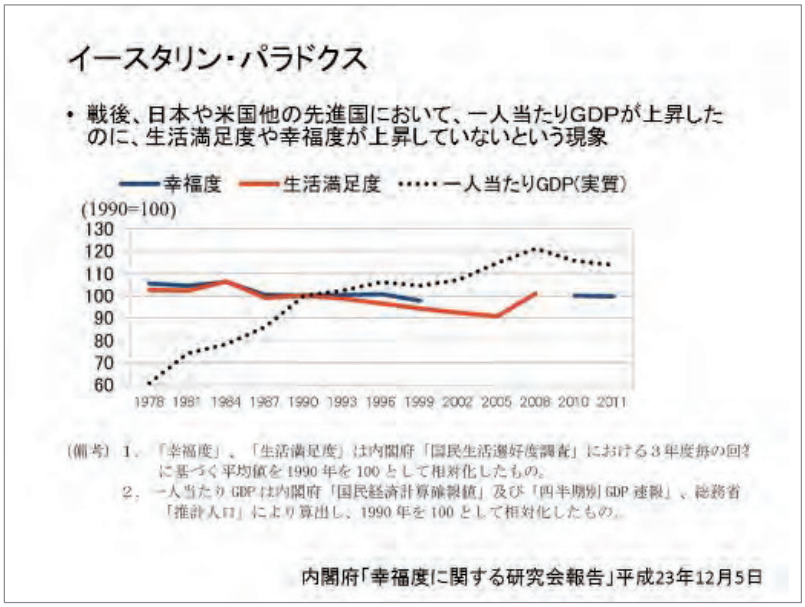
私がしていたことはなにかというと、こんなことをやっておりました。いま消費の世界でなにが起こっているのかは、なかなかみえないのです。3、4 年が経つと、それがようやく地面にあらわれてくるのです。スライドの線の上が社会の上にみえているところなので、こういう現象はみえているのですが、現象がヒットするとか、流行るという前提としては、なにかが底流にあるのです。つねに同じものがすべての時代に流行るということではないのです。ビリーズブートキャンプがいまきたら流行るかというと、今はダメだけどあのときにきたから流行ったというように考えるのです。



たとえば、ちょっと古いですが、2001 年頃、つまり 15 年くらい前を思い出していただくと、はじめて廃墟の写真集がブームになったのがこのころです。それから、タイムスリップグリコというグリコの 300 円くらいする高級なおまけ付き商品が出ました。これが 2002 年に流行りました。「千と千尋の神隠し」という映画がヒットしたのも 2001 年です。こうみてみると、いまではなにが起こったのかはわかるのですが、この当時は写真集とお菓子のおまけ、それから映画コンテンツですから、まったく分野が違うものでそれぞれが流行っているというだけにみえるのです。われわれは、この底になにがトレンドとしてあるかをみるのです。そうするとレトロブームがきているとみるのです。

このときにそれに気づいてなにかをしかけないと遅いのです。2005 年になると、「三丁目の夕日」という映画がヒットしました。一般の方がたは、このときになって昭和 30 年代ブームだと気づき始めるのですが、ここで仕掛けたところでもうブームはピークから下っていますから、二匹めのドジョウは捕まえられないのです。だから、2001 年、2002 年のときにレトロブームでしかけようと企画をもっていかないといけない。こういうことをいろいろとしていました。これが時代の気分やトレンドを読み解くということだったのですが、こういう気分を読み解きながら、どうやったら社会が楽しくなるかという企画をつくるのが私の仕事だったので、その文脈で幸福の研究もしていました。

◇スライド 3　イースタリン・パラドクス

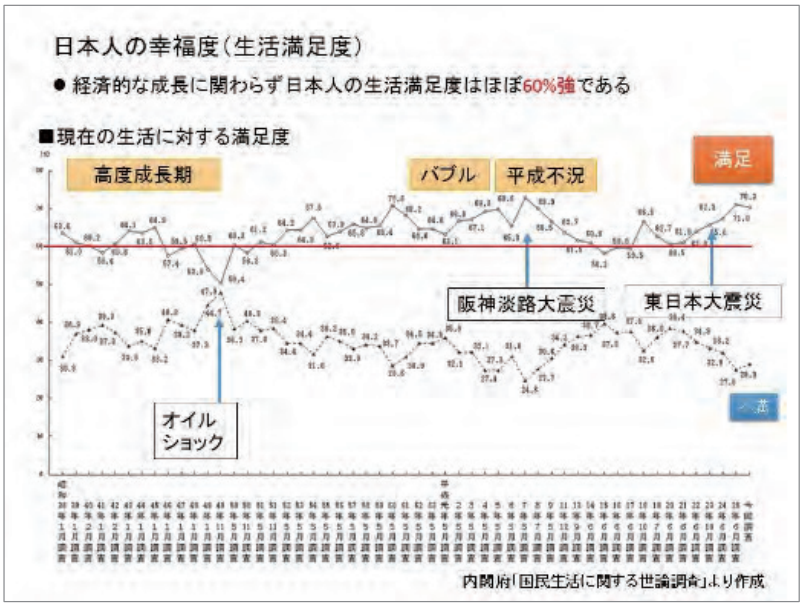


これは内田先生もかかわっていらっしゃった民主党政権のときの幸福度に関する研究会のなかで示されたものです。1 人あたり GDP が上昇しているのですが、幸福度や生活満足度が日本のデータではほとんど上がっていない。青い線が幸福度で、途中で切れている

のは政府の予算がなくなって一時やめたからです。オレンジ色の線が生活満足度です。GDP はこの辺を 100 という指数にした場合に、これだけ上がっているということを示しています。

経済学からすると、通常はものを買うと効用＝幸福感を得るのです。GDP＝国民所得ですから、所得が上がったからたくさんものが買えるはずである。それにもかかわらず生活満足度や幸福度が上がらないのはなぜか。このことをリチャード・イースタリン（Richard Easterlin）という人が 1974 年に指摘したのです。それがいまでも続いていて、アメリカのデータでも同様のことがみられるのです。

◇スライド 4　日本人の幸福度（生活満足度）



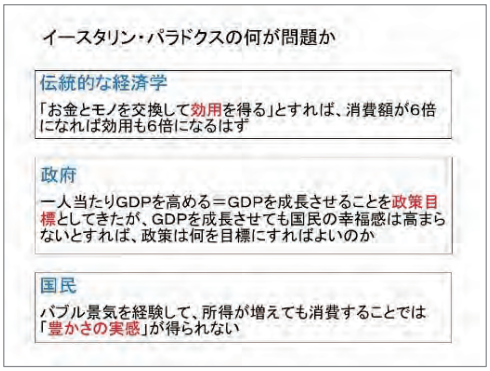
先ほどのものは「国民生活選好度調査」のデータをつかっているのですが、「国民生活に関する世論調査」という別のデータでも生活満足度を時系列にとっています。「国民生活選好度調査」は実施が 3 年に 1 回なのですが、こちらは毎年 1 回調査しているので、より詳細なデータになっています。このグラフをみていただくと、イースタリンがいうように 1958 年から最近までだいたい 60%近辺で満足度が推移しています。

1958 年＝昭和 33 年ですが、この年は先ほど「3 丁目の夕日」の映画の舞台になった年です。まだバラック住まいが残っており、この調査を始めたのは、国民が戦後に復興して「ちゃんと家に住んでいますか」とか、「着るものはありますか」とか、あるいは「ナイロン製品は買えましたか」とか、こういう質問のなかの一環として「生活満足度はどのくらいですか」ということを聞いています。

この調査のいちばん最初の調査報告書を見たのですが、聞き方としては、「戦前とくらべてどうですか」、それから「西ドイツにくらべてどうですか」、さらに「ソ連にくらべてどうですか」ということを訊いていました。ソ連にくらべて自分の満足度が低いと応

えた人が 20%くらいいたのです。そのときでも生活満足度は 60%ちかくあったのですね。最近では、ちょっと上がってきて 70%くらいになっています。これもほんとうに上がっているのか。年齢構成のなかでシニアのほうが高くなる。シニアの人口が増えると、全体の数値も上がるという効果が含まれている可能性があるとみております。が、このデータがイースタリン・パラドクスの前提になっているのです。

◇スライド 5　イースタリン・パラドクスの何が問題か



なぜこのイースタリン・パラドクスが問題なのかというと、伝統的な経済学ではお金とモノを交換すると効用が得られるはずです。しかし、消費額――1 人あたり GDP が 6 倍に増えたのに、なぜ効用が増えていないのか。これが証明されないと、経済学の理論はおかしいのではないかということになる。政府の立場でいうと、なぜ各国政府がこれほど熱心に幸福度指標をつくっているのかというと、1 人あたり GDP が高まっても国民が幸せになっていないとすれば、いままでの政策の尺度であった GDP の成長を政策目標とすることが崩れるのです。

実際に、いま何を言ったら、選挙で勝てるのかということがわからなくなっている。国民の幸福を高めることができれば文句なくそれはよい政策なので、選挙には勝てる。そういう道筋をみつけたいという思いがあって、幸福度指標をつくっているところもあります。国民にとっては、豊かさの実感が得られないということで、なにをすれば幸福になれるのか教えてほしい。そういう欲求があるのです。それぞれで幸福を求めているということなのです。

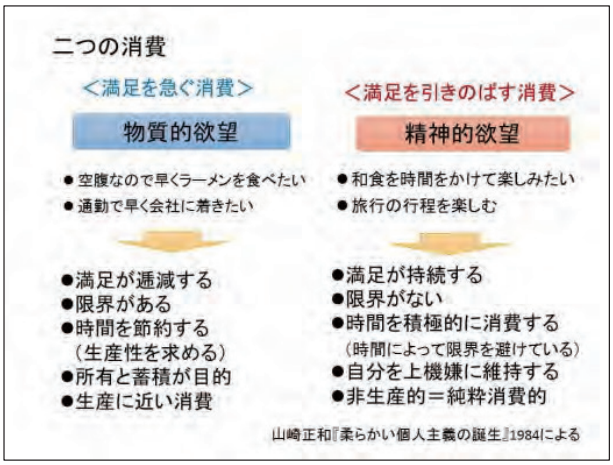
これを考えるにあたって私は消費からみているので、イースタリン・パラドクスは、もともと消費額と生活満足度をマッチングさせることに無理があるように思います。もともと相関しないものをくっつけてみて、相関しないといっているだけに思えるのです。

◇スライド 6　二つの消費

1984 年に山崎正和さんが、『柔らかい個人主義の誕生』という本のなかで消費には二つのタイプがあると述べております。一つが物質的欲求です。これは満足を急ぐ欲求で、すぐに買いたい、すぐに満たしたい、こういうものです。たとえば空腹なので早くラーメン食べたいとか、通勤が苦痛だから早く会社に着きたい。これが物質的欲求です。

もう一つの消費として満足を引きのばす消費がある。和食を時間をかけて楽しむとか、

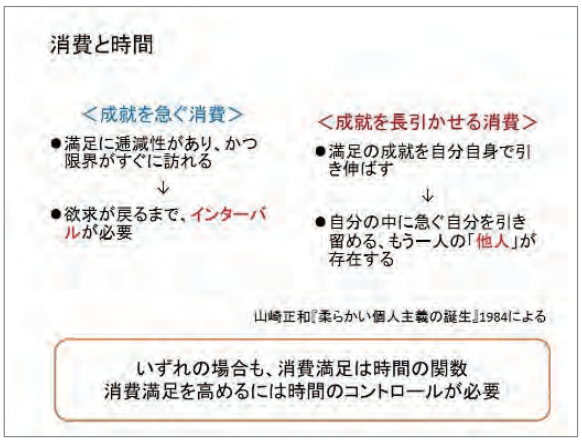
旅行のプロセスを楽しむ、それで終わるのを惜しむ、こういう消費もある。この本のなかでは、探偵小説を読み、早く犯人を知りたいと思いながら、その気持ちを抑えてずっと読んでいる楽しみも消費であるといわれています。



こういうタイプの違う二つの消費があるのです。物質的欲求は満たした瞬間に満足は逓減していくし、お腹いっぱいになったらそれ以上食べられないから、限界がある。満足を引きのばす消費は、満足が持続するし限界がない。物質的欲求は、できるだけ早くということなので、時間を節約して消費をしたい。しかし、満足を引きのばす消費は、時間を長引かせてたっぷり時間をつかいまず。物質的欲求は、所有することと所有したものをもっと蓄積することが目的となるので、生産にちかい消費です。それに対して満足を引きのばす消費は、自分を上機嫌にする時間を長引かせることが目的であり、非生産的なのでより純粋な消費なのではないか。このように分類されるのです。

◇スライド 7　消費と時間

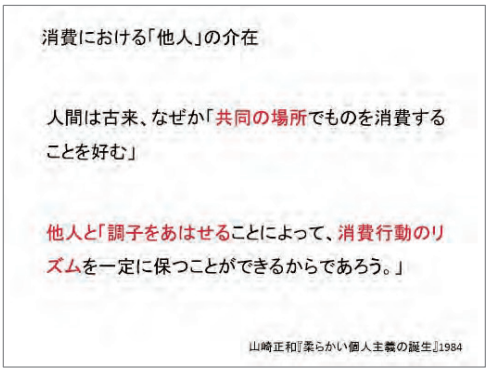
消費のなかに「時間」の概念を入れたということが、重要ではないかと思っております。満足を急ぐ消費はすぐに消費するのですが、次は満足が逓減するので、インターバルをおかなくてはいけない。ここでも時間の概念が必要になる。満足を引きのばす消費は、とうぜん時間が必要です。山崎氏は、満足を引きのばすために自分のなかにもう 1 人の「他人」がいて、自分は早く探偵小説の結末を知りたいところを「待て」と引き留めるもう一人の自分が必要であるといっておられます。



◇スライド 8　消費における「他人」の介在

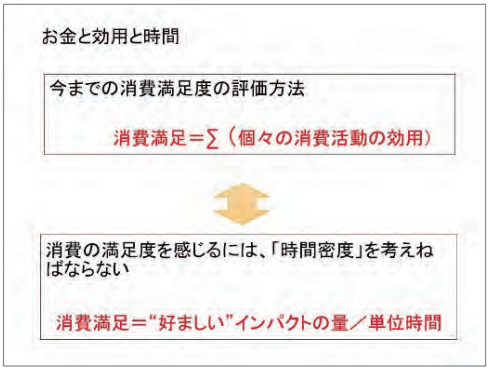
食事の場においても、自分 1 人で美味しいものを見たらがつがつ食べてしまうのですが、もう 1 人他人がいると、会話を楽しみながら時間をかけて食事をする。他人がいる

から時間のコントロールができるのではないかと指摘しています。人間は、古来からなぜか共同の場でものを消費することを好む。だから1人きりで消費するのは、つまらなくて、みんなと消費をすることで時間を楽しむことができる。あるいは他人と調子を合わせることによって、消費行動のリズムを一定に保つことができると述べておられます。



◇スライド9　お金と効用と時間

消費のリズムも指摘されていているように、消費とは単にお金とものを交換して効用を得るということではない。時間をいかに充実させるかという、時間の概念を入れているところが新しいと思います。



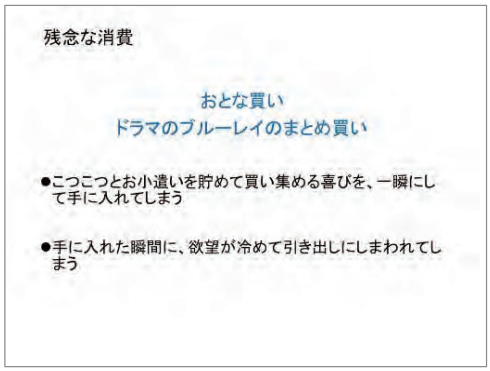
先ほどのイースタリン・パラドクスですが、彼がパラドクスと感じるのは、消費満足は、過去の消費活動のインタラクションの総和が消費満足になるという考えなのです。しかし、消費はそういうことではなくて、単位時間あたりにどれだけインパクトのある消費をしたか。それも早く消費してしまうとお腹いっぱいになってしまうので、インターバルがあったり、引きのばすものがあったり、そういう好ましいリズムも検討しなくてはいけないのです。

私が前にいた広告会社のテレビ広告の打ち方も似ておりました。3か月のあいだで最初の1か月に固めてテレビCMをバンバン打って認知率を高めるのがよいのか、あるいは、毎月均等にポツリポツリと打つほうがその商品に対する好意度や購入意向率が上がるのか、シミュレーションするモデルがありました。消費による効用＝幸福もこういうものに似ていて、単位時間のなかでどのように消費をどの程度するかという消費密度のコントロールが重要なのではないでしょうか。

◇スライド10　残念な消費

その意味で残念な消費はこういう消費で、十数年前に流行った大人買いです。欲しかったものを一気に買ってしまう。買ったところで、2、3万円でチョコエッグなどは全部揃えてしまうので、買ったあとはぜんぶしまわれる。あるいは、ドラマも毎週みているからおもしろいのですが、ブルーレイになった韓国ドラマを買ってきてもしまわれて見

ない。そういうことも起きてしまうのです。これらは残念な消費なのです。ちゃんと消費のリズムができるとなければ豊かな消費にはならないのです。

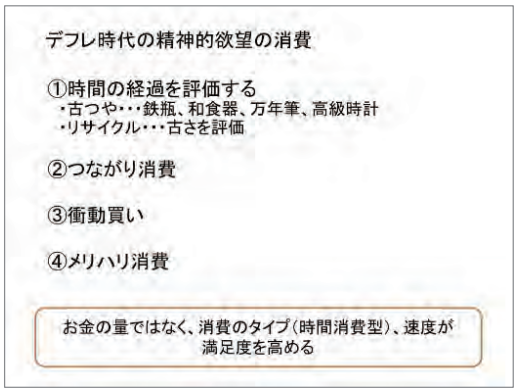


◇スライド 10　ゆたかな消費

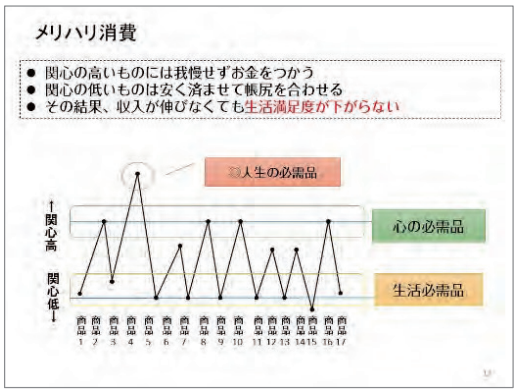
オークヴィレッジという会社がありますが、ここは 100 年かかって育った木は 100 年つかえるモノにしようといっています。自然のリズムと消費のリズムが一致していると豊かな消費が実現するということで、彼らは 100 年かかって育った木を切って 100 年つかえる家具や小物にして提供しているのです。さらに、製品につかう木を切ったあとには、かならずドングリの木を植える活動もしている。そういう 100 年単位のリズムが持続する消費を実現している、こんな会社もあるのです。私もこの会社の製品をいくつかもっていますが、満足感の高い商品が多いです。

◇スライド 12　デフレ時代の精神的欲望の消費

バブルのころは、どちらかというと物質的な「早く消費したい」という消費が主流なのですが、デフレ時代になると精神的な欲望の消費のほうが主流になる。古つやを楽しむとか、だんだん経年変化によって深みが増すようなものです。鉄瓶の内部が錆びてくることによって、鉄分を出すとかです。万年筆や高級時計も何十年あるいは世代を超えてつかえるので、最近ではこういうものに興味が移っている。リサイクルで古さを評価するとか、つながり消費、衝動買い、メリハリ消費と、こういう時間消費的なものがベースになりつつ、衝動買いのようなインパルス的に満足を高めるものを組みあわせている感じです。

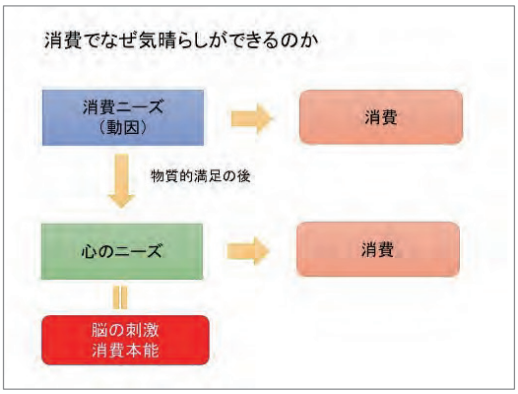


◇スライド 13　メリハリ消費



メリハリ消費は、消費を「生活必需品」と「心の必需品」の二つに分けたとき、生活必需品を買うのは消費者にとってコストです。トイレットペーパーがなくなったら買うとか、テレビが壊れてしまったから買う。これらに対して「心の必需品」ものがあります。これは買うことによって喜びが得られる消費で、こちらをインパルス的にときどき買う。つかうお金の総額は増えておらず、どちらかといえば減り気味なのだけれども、生活満足度は下がらない。こういう工夫をしてデフレ時代の消費者は工夫しているのです。

◇スライド 14　消費でなぜ気晴らしができるのか

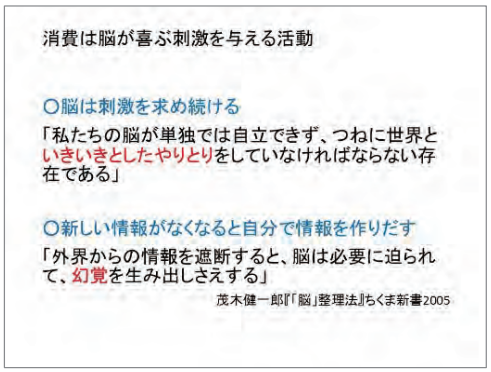


ここで考えておきたいのは、消費をするとなぜ気晴らしができるのかということです。これもあたりまえなのですが、経済学のいうように、お金とものを交換してニーズを満たす。ニーズがあるから消費をして、ニーズがなくなって効用を得るのですが、別に必要に迫られたニーズがなくても心のニーズのようなものがある。そのもやもやしたニーズのようなものを満たす刺激が欲しいと思って何かを買っている。このような消費がいま消費の喜びを与えてくれるものになっている。つまり、消費はさし迫ったニーズを充足する行為というよりは、もやもやした心のニーズに刺激を与えること、つまり、脳に何かインパクトのある情報を与える行為、それが消費なのではないか。だから、お金がともなう行為であろうとなかろうと、モノで部屋が満たされていようといまいと、つねに消費をしたいという欲求が存在している。消費をするということは、消費ニーズがあるから行なうのではなくて消費をするという本能があるから消費するのではないかと考えています。

◇スライド 15　消費は脳が喜ぶ刺激を与える活動

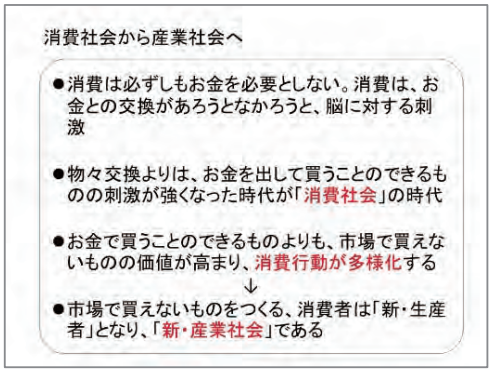
私がこのように考え始めたきっかけになったことばがあります。「脳はつねに刺激を求め続ける。私たちの脳は単独では自立できず、つねに世界といきいきとしたやりとりを

していなければならない存在である。外界からの情報をつねに求めていて、外界からの情報を遮断すると、脳は必要に迫られて幻覚を生み出しさえする」。これは養老孟司さんのことばだと思ってずっと刺激をもらい続けていたのですが、今回の発表にあたって調べなおしてみると、これは茂木健一郎先生の『「脳」整理法』という本のなかのことばだということがわかりました。



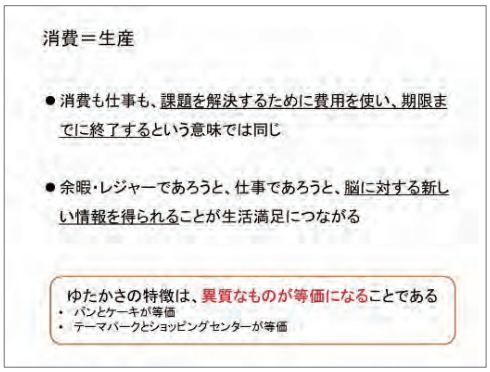
茂木先生、どうもありがとうございました。これが消費の本質を言い当てているのではないでしょうか。

◇スライド 16　消費社会から産業社会へ



いままでわれわれは、消費によって脳に刺激を与えて満足を得ようという行動を戦後からずっとしてきたのですが、いまは消費行動が多様化してきている。それは消費社会が拡がっているということではなくて、消費の概念が拡がっているのです。消費は脳に刺激が与えられればよいので、必ずしもお金とモノを交換しなくてもよい。モノとモノを交換してもよいし、なんにも交換がなくても、たとえば先ほどの内田先生のお話のようにソーシャル・キャピタルの豊かさを感じるだけでもよいのです。

◇スライド 17　消費＝生産



われわれはあまりにも消費社会に毒されているので、イースタリン・パラドクスのような見方をしてしまうのですが、じつは消費は生産（＝仕事）をすることでも得られる。これも山崎正和先生が前述の本の中で、消費と生産は同じ構造をもつものであると述べておられます。なぜなら生産は、課題を解決するために、お金をつかってモノを消耗して期限までになにかを収める行為である。そういう意味ではレジャーも同じです。予算があってスケジュールがあって、それをこなして無事に家に帰ってくる。そういう意味では仕事と同じなのである。

異質なものが等価になるということが、豊かさの特徴だと思うのです。パンとケーキがどちらも100円くらいで買えるとか、テーマパークとショッピングセンターに行くのが同じ価値をもっているとか、いまの若い人にとってはメロンとバナナも同じ価値で食べたいほうを食べるのです。これが豊かさの結果です。同じように豊かになると仕事と消費が等価になる。

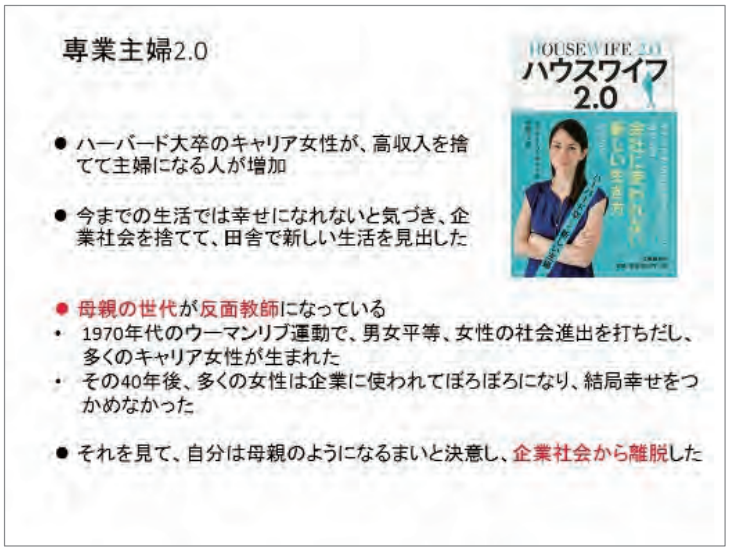
◇スライド 18　消費＝投資

同じように、投資も消費と同じになります。マイクロ・ファイナンスというものがあります。ミュージックセキュリティーズという会社が代表的なものですが、小口の3万円とか5万円とかを集めてビジネスに投資をして、そのビジネスが成功したらリターンをもらえるのです。私は、もともとこの活動の大ファンです。

有名な例では岡山の桃太郎ジーンズという会社があります。1着15万円くらいして、天然の藍で手染めする高級ジーンズです。熱狂的なファンがいるのですが、なかなか一般的なマーケットがない。そういうビジネスに対して、3万円とか5万円とかをファンから集めてつくってもらって、売れたらリターンが戻ってくるしそのビジネスが存続する。もし売れなくても、3万円のクーポン券で桃太郎ジーンズを買える権利をもらえる。ファンはもともとジーンズが欲しかったのでそれで大満足。そういうビジネスで、投資をするのだけれども、じつはそれは消費を楽しむ投資であったりするということです。

◇スライド 19　消費＝脱・消費

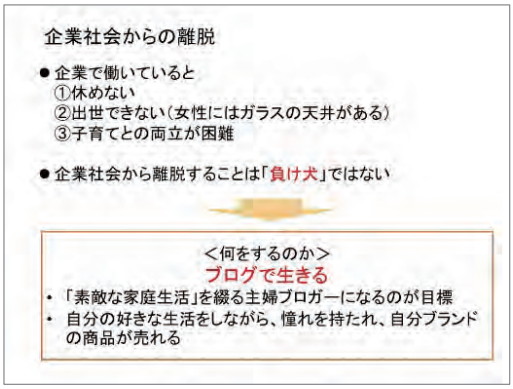
◇スライド 20　専業主婦 2.0

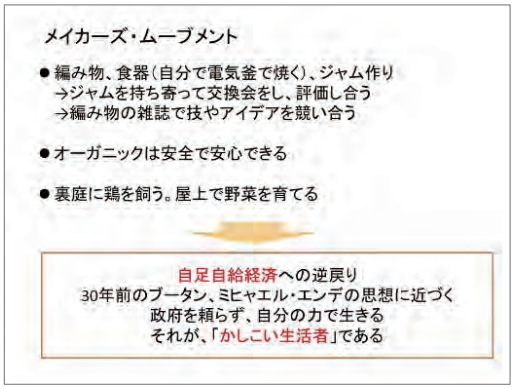


脱・消費の動きもあります。スライドのような本がいま売れています。消費をしないけれども、消費と同じ効果・満足を得る人びとが出てきています。このなかで一つだけ『専業主婦 2.0』を取りあげたいと思います。専業主婦 2.0 とよばれる人びとは、ハーバード大学などを出て高学歴を持ちながら、会社で働くことをやめて専業主婦になり、手づくりジャムや編み物などをするのです。それで地域で集まって交換会をして豊かさの実感を得るという人びとです。そういう人びとが増えてきているのです。

◇スライド 21　企業社会からの離脱

◇スライド 22　メイカーズ・ムーブメント





企業社会から離脱して幸福を得ている人びとなのです。彼女たちは何を求めているかというと、カリスマ・ブロガーとして生きていくことが憧れです。編み物をして、それをブログにアップしてカリスマ主婦になりたいし「賢い消費者」になりたいのです。

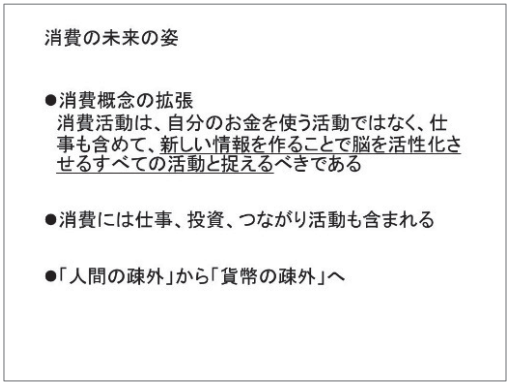
◇スライド 23、24　日本にも専業主婦 2.0 が……

日本でもこの専業主婦 2.0 は忍び寄っていています。「メイソンジャー」というものを聞いたことはありませんか。加熱可能な耐熱ビンのことを言いますが、主婦の中ではこれにサラダをつくりおきして食べるのです。こういう手づくりのものにこだわっているとか、クックパッドに自分が開発したレシピを載せて褒められたいとか、それからガーデニング主婦――自分の食べるものは安全のために自分でつくりたいとか、こういうムーブメントが増えつつあります。三井不動産がコミュニティのあるマンション生活としてコマーシャルで描いているのがガーデニング主婦です。広告で取りあげられているというのは、これに共感する一定数のマス――大衆がいるから、こういう広告表現になっているのです。

レインボールームという手づくりのゴムを編んでいって輪っかをつくるとか、ラクガキマーカーで百円ショップの白いお皿にマーカーで絵を描いてレンジでチンをすると絵皿ができる。こういう手づくりムーブメントすでに日本にもきています。

◇スライド 24

だから、消費はお金が介在するものだけを捉えていると狭くて、お金が介在しなくても、仕事でも投資でもつながりでも消費行動となりうるということです。



◇スライド 25

労働時代には人間が疎外されるようなことをいわれていましたが、これからはお金が阻害されることもありうるのではないでしょうか。最後にその代表例としてのコミックマーケットを紹介します。これはお盆に――今年は 8 月 14 日～16 日に東京の国際展示場で行なわれて約 55 万人が集まるのです。ディズニーランドの正月の三が日でも 27 万人くらいなので、その倍くらいの人がここに一気に集まるのです。

この大イベントは数名のリーダーのもとに 2,000 人のボランティアで運営されています。ここに広告代理店などのプロはいっさい入れないのです。ようするに資本、お金がこのなかに入ったとたんに運営がうまくいかなくなるのです。このイベントをだいじだと思っている人が、ソーシャル・キャピタルとかコミュニティとして運営しているからできるのです。このイベントのリーダーたちは 2,000 人のボランティアをつかうのですが、企業経営者が地位や給料を元にして従業員を従わせるやり方とは全く異なるリーダーシップを発揮しています。お金を払わないでリーダーになるということは、ぜんぜん別の資質なのですね。

お金がないからこそできるというものが現れてきている。村瀬雅俊先生は、こういうタイプのリーダーかもしれません。このような研究会もお金の損得が入った瞬間にみんなやる気をなくしてしまったりするのではないでしょうか。このような意味で、これからはお金が阻害されるような消費も出てくるので、消費行動を広く捉える。仕事や投資などのいろいろなものも捉えて指標化したいと思っております。

ご清聴ありがとうございました。

西●ありがとうございました。それではみなさまのほうから質問などはありませんか。

A氏●じつはイースタリンというのは、私がアメリカで准教授をしていたときの同僚なのです。むかしはイースタリン・ハイポシシス（Easterlin hypothesis）というのがあって、それは出生率と所得の関係で、私がイースタリン・ハイポシシスを数学的に証明したのですが、そのあと彼はハピネスのほうで有名になった。このイースタリン・パラドクスはぜんぜんフォローしていなかったので、はじめて聞いて、参考になりました。

イースタリンは私がアメリカから帰ってくるときにはそうとうの年だったのですが、そのときにものすごく若い奥さんと結婚して、子どもが生まれたときだったと思います。

たぶんそれが彼の幸福計測を研究するきっかけになったのですが。

質問なのですが、ハピネスというのは幸せということで、ふつうわれわれはどんなにお金があっても、出世しても、幸せと感じるのは独立だと思います。そうすると、ハピネスを研究するにあたって、ハピネスとは一言で定義したらなんなのか。もうすでに定義を述べられているかもしれませんがなんなのでしょう。

袖川●深い問題です。一言では言えないのですが、きょうは話のなかには入れていませんが、内田先生のお話のように個人の幸せとソーシャル・キャピタルなどの社会の幸せがどう統合できるか。ここがポイントだと思っております。個人が1人だけで幸福にはなれない。幸福な社会のなかに幸福な自分がいるときに、はじめてほんとうの幸せを感じるのではないでしょうか。

A氏●そのときの幸福というのは、どうやって計測できるのでしょう。哲学的というようなことではなくて、研究対象として指標化しようとしたときにはどのようにすればよいのか。ハピネスをこうやって定義するというのは、たぶんわれわれが感じることとは別なのだと思うのです。

袖川●考えているのは、社会に自分がどう貢献し役立っているかという実感と、社会からどう承認を受けているのかという双方向の感覚が幸福感として多くの人が求めているものではないかと思っています。こういう言い方は適切かどうかはわかりませんが、アダム・スミス（Adam Smith）の「神の見えざる手」という概念があります。個人が自分の私利私欲を追求すると社会全体がよくなる。貢献しているという意識があり、それで人びとが解放された気持ちになったと思います。

高度成長時代の日本人も、自分が幸せになるとそれが社会全体の幸せに結びつくようなイメージがあったと思うのです。しかし、いまの社会で自分1人が幸福になったとしても、それが社会に伝播しないので、長続きしないのではないか。社会全体も幸せであって自分も幸せである。そういう環境をどのようにビジョン的につくるのかが重要かと思っております。

ジェームズ・マクレランド（James L. McClelland）という人がそれを達成化社会というように言っています。「自分が社会のなかで役立っていて、役立っている自分がいるということで自分も幸せになれる」。そういう状態をどのようにつくるのかということかなと思っているのです。ちょっと一言では申しあげにくいのですが。

A氏●指標化するにあたり、たとえば安全とか所得とか、じっさいに計測する項目があ

るということですか。

袖川●そうですね、そういう項目があって、政府も 140 くらい項目を並べたのです。1978 年に飽戸弘先生たちが研究されたものが残っていて、27 項目――つながりとか家族とか所得とかに対する満足度とそれから総合幸福度とがどう相関があるのかということを調べられたのです。結果としては、27 のうちの 25 まであまり満足でないが最近結婚して家族関係は最高であれば、総合的な幸福度も高くなるようなこともみられるので、「幸福感には緩やかな構造しかない」という結論を述べられています。

構造がしっかりとしていないと個々の要素をウエイト付けした点数を足し上げたものをトータルな得点とするような指標はつくれませんので、そこがいま幸福度を測るところでネックになっています。個々の要素はだいたいこんなものというものがあるのですが、それは人によって違うしウエイトもつけにくいですね。

B 氏●貨幣の阻害というおもしろい概念を聞かせていただきました。資本というものがそうとうに衰弱している状況にありますよね。カール・マルクス（Karl Heinrich Marx）が剰余価値ということをいって、資本は増殖する原理があるといいました。けっきょく、それは社会運動のなかでは、搾取というところで合理化されてしまったのですが、資本というのは、なにか妙なものを生み出す力があって自己増殖することが提示された。

われわれは貨幣というと理性的にはモノを買う手段だと思っているのだけれども、じつは貨幣そのものに魅力があるのです。だから「金が欲しい」となるのですよね。だから、損をしてまでも、泥棒をしたり、金蔵破りをするということがある。そういう妙な人間の倒錯的な欲望を吸い上げる力が、貨幣にはずっとあったのだと思います。

それでは貨幣がこれだけ衰弱したときにどうなるのか。倒錯した人間の欲望は、いったいどうなるのか。それとも人間の逸脱的な倒錯的な欲望がなくなってきたのかということが考えられます。

こんごの世代がどうなるのか。いまの若い人たちは、車って輸送手段としてしか考えていないじゃないですか。われわれのころは、どんなにひもじい思いをしてもかっこよい車に乗りたいという人がたくさんいました。そういう禍々しいものを手に入れたいという欲がずっとありましたよね。

あまりにも世の中がクリーンになるとかえって不幸になるというのは、アレクシ・ド・トクヴィル（Alexis-Charles-Henri Clérel de Tocqueville）というフランスの外務大臣をした人がアメリカに行って、「フランスの理想を体現したようなクリーンなアメリカで、なんでこれだけメランコリーが流行ったのか」と言いました。私の父親が、かつて白豪主義時代のオーストラリアに行ったときに、「すごくクリーンなんだけれども、こんなにつ

まらない国はない」と言っていました。アクションもなにもないところと言っていたのですが、それがじっさいにいまどうなっているのかということですよね。

だから先生がおっしゃっておられる貨幣の阻害ということが、じっさいに現実になりつつあるときに貨幣が吸い上げていたもの――人間の禍々しい欲望や倒錯的な欲望は、どうなるのでしょうか。なにかご意見をいただければ。

袖川●貨幣については養老孟司さんの『唯脳論』という本のなかに書いてあるのですが、貨幣は脳の機能そのものであると述べているのです。だから、それはやっぱり脳が大好きな感じだと思うのです。お金の魅力が無くなることはなくて、お金で買えないものとの比重が変わるのだと思うのです。

消費社会はお金が比較的万能で、欲しいものはお金で買える社会です。先ほどの貨幣の阻害のもとになっている考え方では、ほんとうに欲しいものはお金で買えないものが多くなってきている。最後に申しあげたオタクの集まりであるコミックマーケットも開催しようとしたら、たぶん何千万円もかけなくてはならないのでしょうが、彼らは宣伝費もなくてブログのつながりだけで、「何年何月何日にやる」ということが広まって集まっている。それで蓋を開けたら 55 万人集まる。それを広告会社が実施しようとしたらできるかというと、できない。そういうことが起こってきているので、お金で買えないものの価値が高まってきているのではないかなと思いますが、お金自身がなくなることはないということです。

幸福指標の議論でもよくいわれるのですが、ブータン研究派の人びとは「GDP に代わる幸福指標が必要だ。GNH 指標が必要だ」とおっしゃるけれども、フランスの大統領報告書でも、その他でいま幸福指標を研究している人びとも、GNH は GDP の代替指標ではなく GDP を補完するとか、あるいは GDP をより包括的に捉える指標ということで、GDP を否定しているのではない。GDP がなければ、幸福指標はつくれないと思うので、まったく貨幣経済がなくなるのではないと思います。

C 氏●私も付け足しみたいなところで、たしかエーリッヒ・フロム（Erich Seligmann Fromm）だったと思うのですが、ある事柄を「もつためにある」から「あるためにもつ」と彼は書いていますよね。いまの消費の話は、ほとんど「もつためにある」ということを前提とした議論をされているような気もするのです。「あるためにもつ」というほうにいかないと競争とかそういった社会は出てこないだろうと思っているのですが、どうお考えですか。

袖川●まさにその転換だと思います。Well-being ということば自体も、「あるためにもつ」

をどう考えたらよいかという研究だと思います。このあたりが幸福研究をしている方のなかでも、転換がまだうまくできていないのではないかと思います。私は消費社会の考え方ではなく、まさにいまC氏がおっしゃったようにWell-being――あることが最初にあって、そのためになにが必要であるという消費論になっていくのではないかと思います。

D氏●その話を聞いていて思ったのですが、幸福度についてキューバがどうのこうの――あの国はほんとうに幸福なのかどうかという議論もありますよね。渡辺京二さんという熊本の人が書いておられる本のなかに次のような話があります。明治維新のころに外国人が日本にやってきたときに、「前近代の時代にいるはずの日本人が、どうしてこんなにハッピーに生きているようにみえるのか」ということをあちこちに書いているのです。日本に住み着いたたくさんの外国人がそういう観察を残している。貧しいのだけれども、彼らは幸福であるという記述をいっぱい残しているのです。

私は渡辺さんの書いた本を読んで、はじめてそのようなことを知りましたが、それってなんなのでしょうね。共同体に所属していて個はそれほど強くないのだと思うのです。村落共同体とか都市の共同体はすごく小さくて、江戸は100万人くらいの人が住んでいるといわれたのですが、いたるところに緑地があるのです。いたるところに田園がある。そういう小さいコミュニティの全体として大きなものがある。

われわれから考えたら、あの時代はどう考えても不幸の塊のような時代だったと思うのですが、近代の恩恵をよく知っているはずのヨーロッパの人間がみて、「こんなに幸福な国の人間はいない」とあちこちに残しているらしいのです。それっていったいどう考えればよいのかなと。

お金の消費の問題とは違う意味の幸福感、それはきっと前近代で、ヨーロッパだってそういう時代がきっとあって、それをヨーロッパは払拭しているのですよね。日本も払拭せざるをえなくなって、払拭しているのです。これは中世になるのかどうかはわからないのですが、近代というものが起こるもっと前の時代かもしれません。そのときの人間が全体としてもっている幸福感と現代のお金を基準にした幸福感とのあいだにはすごく差があるという感じがしたのです。その基準はどう捕まえればよいのかと。

袖川●前近代が本当に幸福だったのかどうかというのは、私も詳しくないのですが、たぶん外からみると幸福にみえてしまうのだと思います。ここに出ているのはサブジェクティブ・ウェルビーイングというその人が自己申告した主観的幸福感なのですが、外からそういう未開な文明をみたときにはどうも幸福そうにみえる。

ブータンが幸福だというのも、それにちかいものがあります。私は1990年にブータン

に行きましたが、そんなに幸福そうにはみえなかったです。じっさいにいまブータンで幸福度調査をすると、男女差で女性のほうが幸福度は低いとか、都市と農村では幸福度の差があります。十把一絡げに南の島嶼国の人をみたら、「仕事もなくてのんびりしてよいな」とみえたということが大きいのではないでしょうか。

西●これで終わらせていただきます。ありがとうございました。

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-008

＜講演録＞

京都大学基礎物理学研究所　研究会
京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム

日時　2015 年 8 月 6 日（木）18：00－18：18
場所　コープイン京都　202
司会　村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学　教授）
話し手　山極壽一（京都大学　総長）
　　佐々木 節（京都大学基礎物理学研究所　所長）
　　西村和雄（京都大学経済研究所　特任教授）
　　長谷川和子（株式会社京都クオリア研究所　取締役）

山極壽一総長　ごあいさつ

村瀬智子●ただいまより、京都大学未来創成学国際研究ユニット（International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University）設置記念シンポジウムを開催いたします。私は本日の司会を担当させていただきます、日本赤十字豊田看護大学の村瀬智子でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

　まず、記念シンポジウムの開催にあたりまして、ご来賓のみなさまにご挨拶を賜りたいと存じます。はじめに京都大学総長の山極壽一様にお願いいたします。

山極●みなさん、こんばんは。村瀬雅俊さん、私はずっと前から未来創成学の出発を聞いて、楽しみにしていたところです。

　異分野の最先端の方々が集まって、新しい科学を創造する。これは私たち京都大学が昔からずっとやってきたことではありますが、まだまだ人間には、あるいは世界には、わからない現象がたくさんあります。たとえば、私の専門の分野だと人類の進化が対象ですが、なぜ人間は二足で立って歩き始めたのか。これも、いうならば「創発」という現象ですね。人間に近い霊長類のなかで、二足で立って歩くサルや

類人猿はひとつもいない。なぜ、二足で立ったのか。

人間だけが言語をしゃべりますが、ことばというのはいつ、どうやって創発したのかわからないのです。これはいま、マージということばが使われていて、違うルートをたどって発達してきたものが、どこかであわさって、別のものが創発したといわれています。しかし、それはなんなのかというのが具体的にはわかっていません。

現代には、みなさんの分野でもわからない現象がたくさんある。しかも、わからないことをわからないままに研究しているのではなく、ほかの分野の智恵を借りてその現象に迫るということが求められている時代だと思います。そのために技術も発達したし、我々はいろいろな事例を持つようにもなりました。とくに、ビッグデータを解析する技術は非常に盛んです。そのなかで、われわれは新たにまた問題を見つけていかなくてはならない時代になっていると思います。

まさに、未来創成学には、われわれの未来がかかっているといっても過言ではない。私が期待しているのは、未来創成学を国際的に展開することによって、新たな文明論を創造できるのではないかということなのです。京都というのは、そのためのふさわしい場所だと思います。

この数年、先日亡くなられた堀場雅夫さんを中心に「クオリア AGORA」という研究会をやってきました。クオリア AGORA の精神も、「常識を疑って新しいことを考える。おもろいことを考える」ということをひとつのキャッチフレーズにしてやってきました。講演と同時にワールドカフェをして、そこでいろいろな分野の人たちが集って、いろいろな議論を戦いあわせる。そこから新しいアイデアを導き出そうという意図で取り組んできました。

私もその中でずいぶん揉まれ、「ああ、これがこれからの科学だよな」とずっと思ってきたのです。村瀬さんもその一員ですし、今回は村瀬さんが中心になってすばらしい集まりを企画してくれた。そして、将来につなげてくれたということは、とてもありがたいことだと思うし、すごく期待しています。これからなにが始まるか、たいへん楽しみにしています。どうぞよろしくお願いします。

村瀬智子●山極さま、ありがとうございました。

佐々木 節所長　ごあいさつ

村瀬智子●続きまして、京都大学未来創成学国際研究ユニット長である、基礎物理学研究所長の佐々木節様。お願いいたします。

佐々木●こんばんは、佐々木です。実は、私は未来創成学というものに今まであまり絡ん

ではいなかったのですが、ここ半年くらいのあいだに村瀬さんから何回も話を聞いて、完璧に洗脳されました。それでいまここにいるということです。

彼のおかげで、こういう話を立ちあげました。もともと学内の研究所・センター群のなかで「横のつながりをもっとたくさん持とう」という話から始まったところに、村瀬さんの話をかぶせて、うまく話が進んだのです。十二の部局のうちの七つ、過半数の研究所・センターが絡んでいます。それぞれの研究所はぜんぜん違います。たとえば、数理解析研究所というのは、純粋数学を研究しているところです。それから、われわれの基礎物理学研究所、経済研究所、こころの未来研究センター、生態学研究センター、原子炉実験所など、その他いろいろ、さまざまなところが集まっています。

これだけ幅広いと、言語がそれぞれ違うので、まずは互いのことばをわかりあえるようにすることから始めようと思っています。山極総長のおかげで時間とお金をいただきましたので、これから 4 年半、それらを大いに活用して、最初の 2、3 年でまず互いがわかりあう。わかりあったところから、新しいものが出てくるだろうと思います。

未踏科学ユニットという組織のなかの一つとしての未来創成学ですが、両方とも、未来創成だとか未踏だとか、わけのわからないところに足を踏み入れるぞ、探検するぞというものです。未踏科学ユニット全体をまとめている研究連携基盤という組織があるのですが、大志万直人基盤長が自分の責任でということで言っておられたのは、「一つ二つ、それなりに成果のあるものがあれば、あとはぜんぶ失敗してもよろしい」、失敗しても責任をもちますとおっしゃっています。

そのくらいのつもりで、新しいことに踏みこんでゆく。先ほど山極総長もおっしゃいましたが、これがもともと京都大学の伝統でもありますので、大いに勇気をもって踏みこんでいきたいと思っております。みなさんにぜひご協力いただいて、単に京都大学の中だけではなく、ここにいらっしゃるさまざまな組織・分野の方々も含めて、なにか新しいものを、それこそ京都などとつまらないことをいわずに、日本あるいは世界のなかで、なにか新しいパラダイムをつくっていけたらと願っております。よろしくお願いいたします。

村瀬智子●佐々木さま、ありがとうございました。

西村和雄教授　ごあいさつ

村瀬智子●続きまして、京都大学経済研究所特任教授の西村和雄様。お願いいたします。

西村●私の専門は、非線形経済動学、複雑系経済学などの経済学です。サンタフェ研究所のエクスターナル・プロフェッサー（External Professor）もしています。

実は、経済学の研究以外にも、前から興味があることがありまして、村瀬先生とはよく話していたけれども、人前ではあまりしなかった話について、少しお話しします。

私は子どものころからずっと不思議に思い続けていることがいくつかあるのですが、その一つが、私の友人で交通事故に遭った人がいて、その人の車が、反対側からきた自動車と後ろからきた自動車に挟まれて、体がポーンと飛んで高速道路に投げ出されて、「まず、絶対に助からない」という状況の中で、かすり傷も負わないで助かったことがあったのです。車から放り出されて空中を飛んでいるときに、時間が非常にゆっくりと流れたのです。時間がゆっくり流れている間に、恐らくいろいろな判断と対応をして、かすり傷も負わなかったのだろうと思います。

これは非常に不思議で、ものすごく集中しているときに不思議なことがあったりすることは何度もあったのですが、それとは違う、深い経験が私も一度あります。皆さんも恐らくあると思います。「どうしてそうなのか」はいまだにわからない。そこまでいかなくても、不思議なことはいろいろあり、そういうことにずっと関心があり、いまでも考え続けて、脳の計測などにもずっと取り組んできました。もちろん、それと経済学の関係が、ないわけではないのですが。

そういうことを話せる機会が得られた、この未踏科学ユニットは素晴らしいところだと思います。

村瀬智子●西村様、ありがとうございました。

長谷川和子様　ごあいさつ

村瀬智子●続きまして、株式会社京都クオリア研究所取締役の長谷川和子様、お願いいたします。

長谷川●さきほど山極総長に、京都大学楽友会館で毎月 1 回開催しているクオリア AGORA のお話をしていただきました。総長は「ほんとうにおもろいな」と言って参加してくださいました。このあいだ亡くなられた株式会社堀場製作所の創業者の堀場雅夫さんも、いろいろな研究ジャンルの方々が集まって談論風発の議論ができるのは、「や

はり京都ならではだな」というお話をしておられました。

いま、ほんとうにいろいろな問題を抱えているのですが、ある特定のジャンルの研究成果だけでは解決できない。いろいろなジャンルの研究を複合的に、皆さま方の智恵を集めないと解決にはつながらない。実は、クオリア AGORA を通じて知りあった村瀬さんからそのお話を熱っぽく語っていただきました。今日、こういうかたちでスタートできるというのはとても嬉しいかぎりです。

大学と京都市民とをどうつなぐかということなのですが、京都大学は東京のほうを向いていなくて、京都からすぐに海外に向けて、いろいろな情報を発信してこられたのではないかと、私は思っています。京都の企業もそうでして、東京なんかはまったく相手にせずに、まずアメリカに行くというような時代だったと思います。グローバル化の時代のなかで、京都のポジショニングというのをもういちど私たち自身が共有化したいと考えるとともに、その役割はとても重いと思っています。

京都の料理人が力をあわせて、和食をユネスコ無形文化遺産に登録してもらいました。和食を無形文化遺産にすることを通じて料理人が気づいたことは、いったいなんなのだろうと。いま、「うま味」ということばが世界を席巻しております。実はフランス料理と交流することによって、「和食の価値というのは、うま味にある」ということがわかったということです。そこではじめて、うま味の研究をしている方はいらっしゃらないだろうかということで、京都大学農学部の伏木亨先生にたどりついたということなのです。民間のいろいろな智恵、そして海外のいろいろな方との交流のなかで、うま味が和食のいちばんの特徴なのではないかということがわかったということは、たぶん異分野の方々との交流の中で初めてわかることではないかと思います。

ぜひ、大学の中だけではなく、京都人のいろいろな暗黙知というのでしょうか、そういう智恵もたくさん吸収していただいて、いま抱えているさまざまな課題の解決につながるように、この未来創成学が力強く発信できることを心からお祈りし、とても期待しています。おめでとうございます。

村瀬智子●長谷川様、ありがとうございました。ご来賓のみなさま、まことにありがとうございました。

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-009

＜講演録＞

京都大学基礎物理学研究所　研究会
京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム

日時　2015年8月6日（木）19：45－19：51
場所　コープイン京都　202
司会　村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学　教授）
話し手　茂木健一郎（株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所　上級研究員）
　　篠原総一（京都学園大学　学長）

茂木健一郎先生　コメント

村瀬智子●そろそろお時間が近づいてまいりました。シンポジウム閉会にあたりまして、お二人の方々から、お言葉をちょうだいしたいと存じます。

お一人目は、ソニーコンピュータサイエンス研究所、シニア・リサーチャーの茂木健一郎様です。茂木様、どうぞよろしくお願いいたします。

茂木●さきほど、京都は東京なんか関係なく、世界に直接発信しうるとおっしゃいました。先ほどから聞いていて、いまグローバル化のなかで、ますます京都大学の自由な雰囲気を感じました。

ぼくが湯川・朝永記念シンポジウムに来た時に、京都大学の当時の総長が「京都大学が湯川先生、朝永先生にしてあげられたことは、なにもしなかったということです」と言われたのが強烈に印象に残っています。学問的自由をどう維持したらよいのかということが、いろいろな意味で大問題になっているわけです。ぼくが関わっている東京のほうの大学でも、ますます数値化、定量化、管理化みたいなことが進んでいるのが見えてきている。それだと、やはり学問の自由がなくなってしまうではないですか。

先ほど、総長をはじめ京都大学の先生方のお話をうかがっていて、ぜんぜん気にしていない感じがすばらしいなと思いました。総長がおっしゃったように、まさにジャングルのなかで、進化の過程でどういうものが生まれてくるのかということは、そう簡単に、サイテーションがどうのこうのとか、大学ランキングとか、そういうことではわからな

いわけなのです。やはり、それが生命原理ということだと思います。ひょっとしたら魑魅魍魎も渦巻いている、こういう学問の場が維持されているということに、たいへん感銘を受けました。村瀬先生、未来創成学はすばらしいですね。

未来創成について一言だけいわせていただければ、やはり脳の機能というのは未来を予測することだといわれています。未来を予測するためには、やはり過去のことを記憶して、解析しなければいけない。だから、デジャヴという現象も起こるのです。未来予測をする回路と記憶を司っている回路が非常に近いところにあるということが知られています。

ですから、学問というのは未来を予測して創成しようと思ったら、結局過去のことも調べなくてはいけない。そこで、やはり村瀬先生のアプローチである、歴史学と未来創成ということのつながりがみえてくるでしょう。これからこういう動きを期待したいと思います。

京都大学という自由の学問のジャングルのなかからどういう未来創成が生まれてくるのか、楽しみにしております。どうもおめでとうございます。

村瀬智子●茂木さま、ありがとうございました。

篠原総一先生　コメント

村瀬智子●最後は、京都学園大学学長の篠原総一様に、お言葉をちょうだいいたします。篠原さま、どうぞよろしくお願いいたします。

篠原●村瀬先生、本日はおめでとうございます。

8月ということで戦争のことを思い出しました。もちろん、私は戦争を知っているわけではありません。いくら年をとっていても、まさか戦争を見たわけではないのですが、ノモンハンに行ったときに、塹壕にじっと閉じこもって自分の持ち場をきちんと守る兵隊と、あまりそういうことを考えずに野原を走りまわる兵隊がいました。塹壕から出てゆくわけです。ここにいらっしゃるみなさんは、塹壕から出て走りまわるタイプの先生方がたくさんいらっしゃると思います。たいてい、その人たちは死ぬんです。必ず弾に当たる。必ずとは言いませんが、ひょっとすると生き残ってすごい成果をあげる人が出てくるかもしれない。どなたが残られるかわ

かりませんが、ぜひ残っていただくようにがんばっていただきたいなと思います。村瀬先生、必ずうまく弾から外れてください。

もう一つ、お願いがあります。今日のシンポジウムのタイトルが「複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る」。これはなかなかいいタイトルであります。じつは、「原理を解明する」と書いていないところがたいへんよいところであります。

解明されてしまうと、想定外のことが起こらないわけです。もう少し言いますと、ここにいらっしゃる先生方の研究テーマは、完全に消えてしまうわけです。したがって、明日から失業してしまいます。

今日、大野照文先生のお話で、京都大学の不効率を解決するために2億年かかるというお話がありました。これをしていると、山極先生はいつまでも大学総長として仕事を続けなければいけない。ぜひ、山極先生の仕事をなくさないように、ゆっくりゆっくりやっていただきたいと思います。

私は京都学園大学にいまして、さいわいなことにシステムが非常に単純でありますので、そういう苦しみは恐らくないと思っているのです。山極先生の苦しみを取らないように、ぜひ研究の成果が出ないようにがんばっていただきたいと思います。

本日は本当におめでとうございます。

村瀬智子●篠原様、ありがとうございました。それでは、これをもちまして、京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウムを閉会とさせていただきます。みなさま、ご協力まことにありがとうございます。

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-010

＜講演録＞

京都大学基礎物理学研究所　研究会
複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る

日時　2015 年 8 月 7 日（木）13：00−13：40

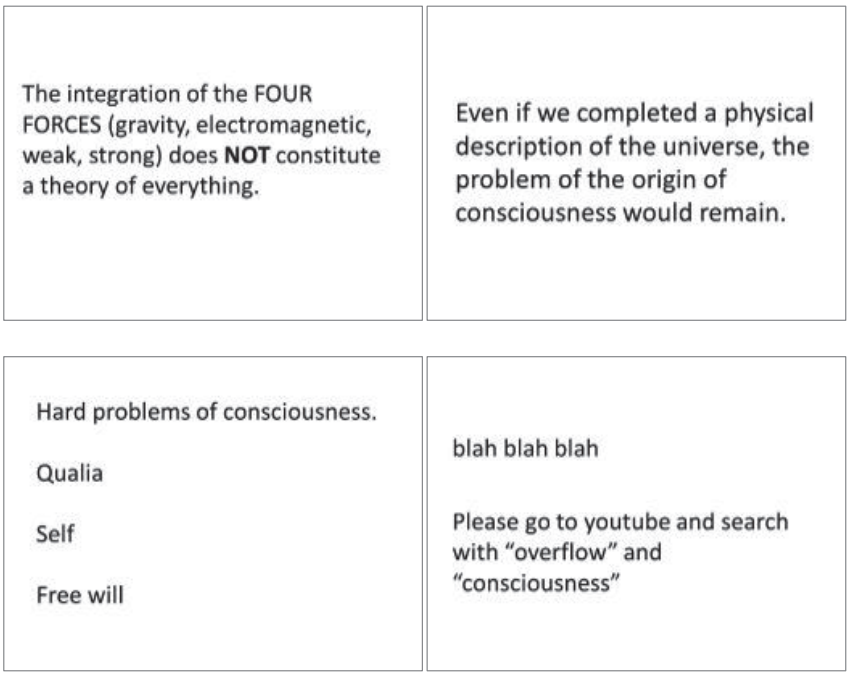
場所　コープイン京都　202

座長　三輪 敬之（早稲田大学 創造理工学機械工学科　教授）

講演　茂木 健一郎（ソニーコンピュータサイエンス研究所　上級研究員）

The narrowness of AI and human adaptation

◇スライド 4、5、6、7



茂木●「The overflow model of the evolution of consciousness」ということです。もともと万物の理論というものがあって、四つの力を統一すれば万物の理論が完成するというような考え方なのです。しかし、これは私の立場からいうと、じつは万物の理論ではない。四つの力がたとえ統一されたとしても、それは万物の理論を構成しないのです。なぜかというと、物理的な宇宙の記述を完成したとしても、意識の問題が残るからなのです。意識の問題というのは、クオリア（Qualia）とか自己とかフリー・ウィル（Free will）です。

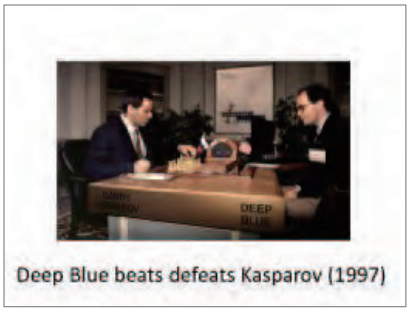
これについて、いまオーバーフローという視点から理論を展開しているのですが、昨日から池上高志さんと喋っていて、この話は今回はやめようということになりました。YouTube で「overflow」、「consciousness」というキーワードで検索していただくと、今年ヘルシンキで開催された学会で私が発表したプレゼンテーションが出てきますので、興味がある方はみてください。オーバーフローというのは、われわれが受け止められる情報は意識のバンドワイズ（bandwidth）量をはるかに超えていて、それに対するアダプテーションが意識の起源だということなのですが、これについては論文を書いたり、本を書いたりしようとしています。

◇スライド 9

昨日から池上さんと喋っていて、じゃあ AI（人工知能）の話をしようということで、突然ですが、「人工知能の狭さと人間の適応（The narrowness of AI and human adaptation）」というタイトルで話させてください。村瀬さんが立ち上げたこの素晴らしい領域――未来創成ということで、このテーマがいちばんふさわしいのかなと思って、意識の問題という私の趣味の世界ではなく、いまたいへん興味をもたれている人工知能の話をしようと思いました。

◇スライド 10

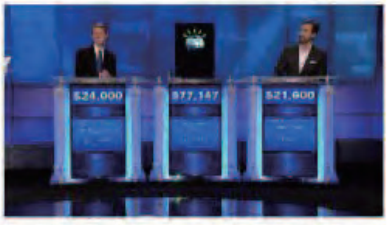
人工知能では、ガルリ・カスパロフ（Garry Kimovich Kasparov）というチェスのチャンピオンがディープ・ブルー（チェス専用のスーパーコンピュータ）に負けてしまいました。



Deep Blue beats defeats Kasparov (1997)

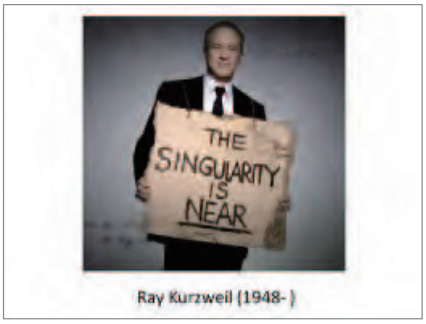
◇スライド 11

IBM のワトソン（WATSON）が「ジェパディ！（Jeopardy!）」という雑学クイズに勝っていたりしています。いまワトソンは医療情報の分析などにも使われています。



IBM's WATSON wins in Jeopardy (2011)

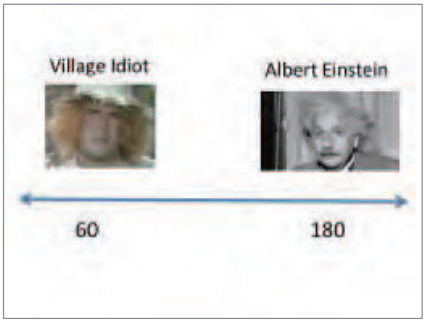
◇スライド 12



Ray Kurzweil (1948-)

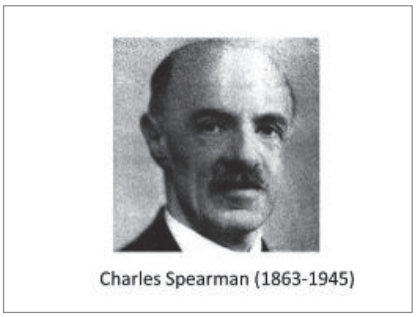
レイ・カーツワイル（Ray Kurzweil）がシンギュラリティ（Singularity）ということをいっています。シンギュラリティとは、われわれの知性に人工知能が追いついて、超えてしまうということなのです。私は、いま人工知能に関する『神の名前』という小説を書いていて、特異点を超えたあとの世界がどうなるのかについて書いています。それはともかく、そのような予測がいま成り立っています。

◇スライド 13

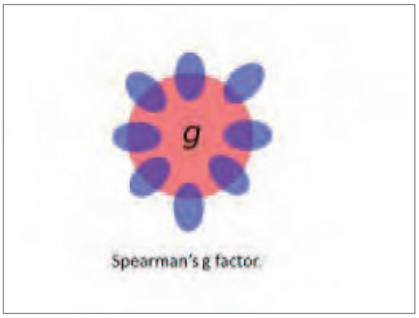


私の少年時代のヒーローはアルベルト・アインシュタイン（Albert Einstein）なのですが、ぼくはイギリスに 2 年間いたのですが、イギリスではビレッジ・イディオット（Village Idiot）という「村にいる馬鹿者」がよくコメディに出てくるのです。スライドの写真はモンティパイソンから取ったのですが。われわれは、「村にいる馬鹿者」とアインシュタインとのあいだの IQ の差は大きなものだと思っています。

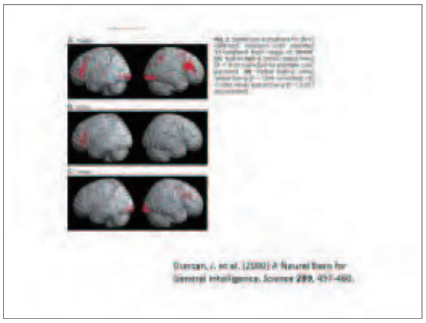
◇スライド 14、15、16


Charles Spearman (1863-1945)

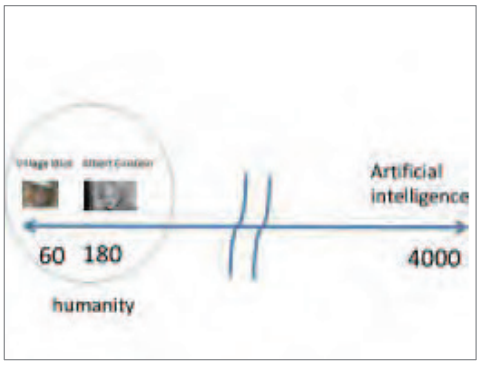
ちなみに IQ とは、チャールズ・エドワード・スピアマン（Charles Edward Spearman）という人が 1906 年の論文で g 因子（Spearman's g factor）を提案しました。地頭のよさなどのいろいろなタスクがあるのですが、そのタスクに共通の g 因子というものがあって、これが頭のよさ、いわゆる IQ に相当している。それに相当する脳活動なども最近の研究でわかってきています。簡単にいうと、脳のリソース管理をする前頭葉の回路が g 因子との相関があるということがわかっております。



Spearman's g factor.



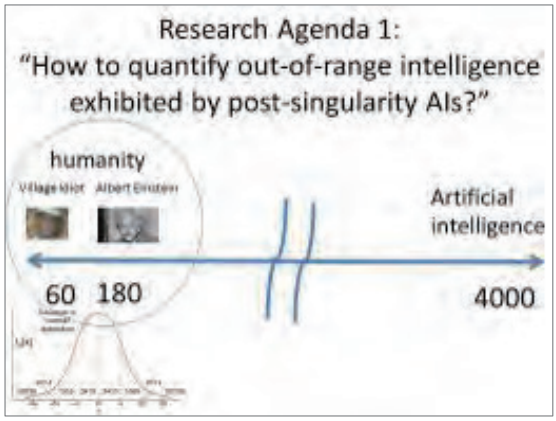
◇スライド 17



しかし、将来に人工知能がシンギュラリティを迎えて、たとえば知能指数が 4,000 というようなことになると、人間のあいだの知能の差なんて関係がなくなる。ぼくはこの視点が大事だと思っているのです。つまり、人間のあいだの頭のよさとか悪さというのは、おそらくシンギュラリティを迎えた人工知能からみるとまったく意味がない。

このトークのなかでは、いくつかこういう研究をしたらよいのではないかという提案をします。池上さんとも研究したいなと思っているし、もし京都大学の方でも…。これはオープンソースといいますか、パクりもぜんぜんオッケーです。

◇スライド 18

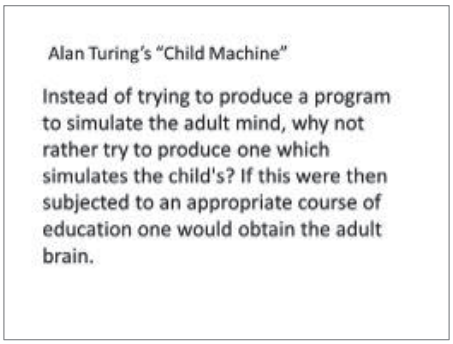


IQ は、普通ガウシアンの分布（Gaussian distribution）を前提に定義されているのですが、それとまったく違った次元にいったときのインテリジェンス（intelligence）をどう定量的に計測するのかという本質的な問題がある。これはまだ定義がよくされていない。つまり、たとえば同じ問題を 1,000 倍とか 10,000 倍速くできるようになった知能は、知性のメジャーとしてはどう評価すればよいのか。ようするに、人間のあいだの分布のなかの知性のメジャーなんかどうでもよいじゃないですか。IQ が 60 と 180 の差というのはたいしたことがない。

質的にジャンプしてしまった知性について、どうそれをエクストラポレーション（Extrapolation）できるのかということに対して、いまからメジャーを用意しておかないとシンギュラリティの評価ができないのです。なので、g 因子のような偏差値的な意味での IQ のメジャーではない知性のメジャーをいまから開発する必要がある。これがリサーチ・アジェンダ（Research Agenda）1 です。

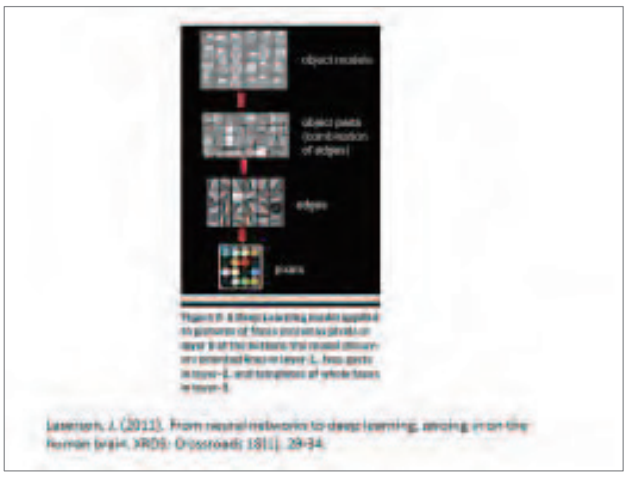
◇スライド 19

アラン・チューリング（Alan Turing）は「Child Machine」という概念を出しました。タブラ・ラサではないのですが、最初に子どもの状態を用意しておいて、そこから学習する。学習することでいろいろなことを学ぶのですが、こういうかたちの人工知能が出てくると、われわれは知性のコンスティチューション（constitution）をブラックボックスとして扱うしかないので、いろいろと困った問題が出てくるのです。



◇スライド 20

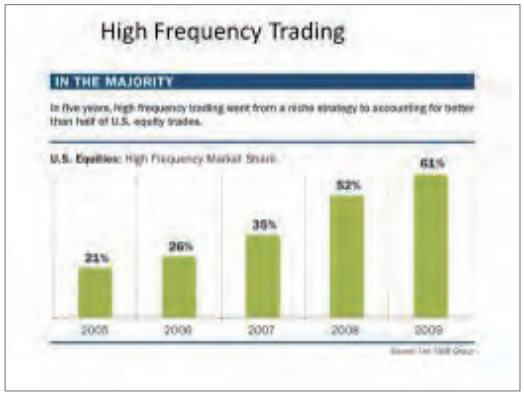
いま流行りのディープラーニング（Deep Learning）というのは、概念自体を人工知能システムが獲得するということで、基本的に人間はその過程をコントロールできないということになるのです。



◇スライド 21

こういうことを背景に、たとえばスペースエックス（SpaceX）、テスラモーターズ（Tesla Motors）、ペイパル（PayPal）を立ち上げたイーロン・マスクは、「人工知能は、ひょっとしたら核兵器よりも危険かもしれない」と言っていて、これが大きなトピックになっています。

◇ スライド 22、23



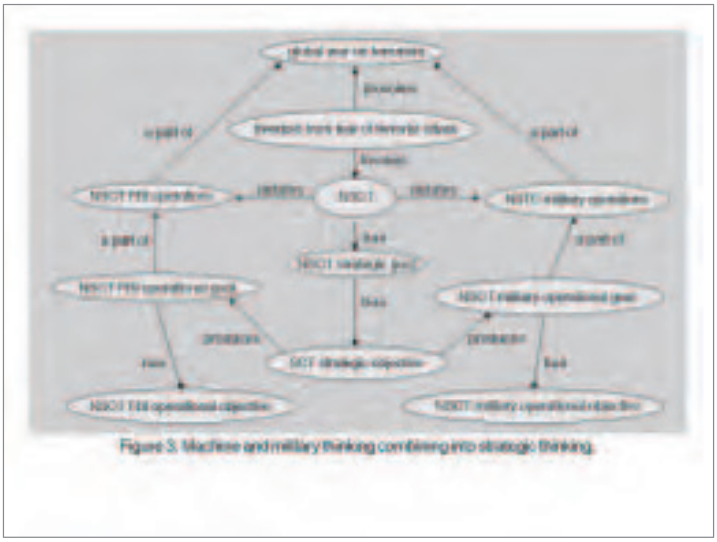
なぜ人工知能が核兵器よりも危険なのかもしれないかというと、たとえばファイナンシャル・マーケットでは 50%くらいがプログラム売買で、松尾豊さんという東京大学で人工知能の研究をしている人に聞いたら、いま 1ns（ナノ秒）で取引ができるらしいのです。

ということは人間のデイトレーダーがトレードしてもまったく太刀打ちできなくて、このことによってファイナンシャル・マーケットがプログラム売買で変動するようになってしまうのです。このような不安定性が、人工知能の応用によってもたらされるのではないかと懸念されている。

◇スライド 24、25

1900 年から 1991 年の湾岸戦争のときに、DART（Dynamic Analysis and Replanning Tool）というものがありました。じつはぼくは、いま英語で人工知能の本を書いていて、だからこんなにいろいろなことを調べているのです。いま 7 割くらい原稿が終わっている状態です。まだ出版社は決まっていないのですが…。この DART というのは、AI をもとにロジスティクス（Logistics）を最適化するツールなのです。ここがすごいところなのですが、湾岸戦争のときに DART は、人工知能の応用によって、アメリカの軍事技術にファンディングを出す組織の過去 30 年間の AI 研究の経費（budget）を超える節約効果が

あったというのです。これは1990年の話ですからね。

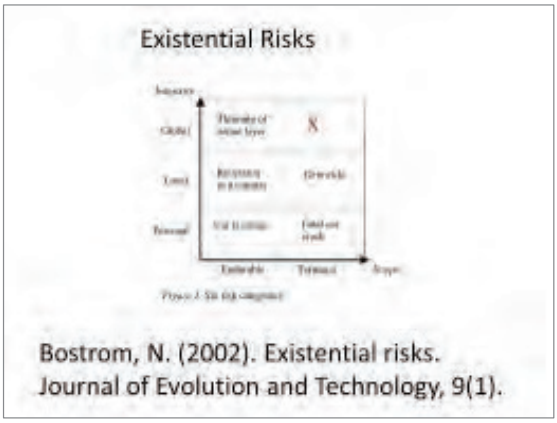


◇スライド26、27

日本ではまだ牧歌的な状況にあるのですが、アメリカでは人工知能の軍事技術への応用が真剣に議論されています。スライドのもDARTです。そのときに懸念されるのが、すでにドローンがアフガニスタンやイラクなどで使われていて、これだけのストライク（Strike）があり、何人も殺されているのです。いまはまだアメリカの軍事基地で、ジョイスティックのようなものによる遠隔操作で最終的なストライクの判断をしているのですが、これは24時間オペレーションをしてターゲットを攻撃するとなったときに、遅かれ早かれ人工知能を応用して、人の認識および攻撃の決断をするようになるのは目にみえているのです。ぼくがアメリカ国防総省本庁舎（ペンタゴン）の人だったら絶対にそうしますよ。

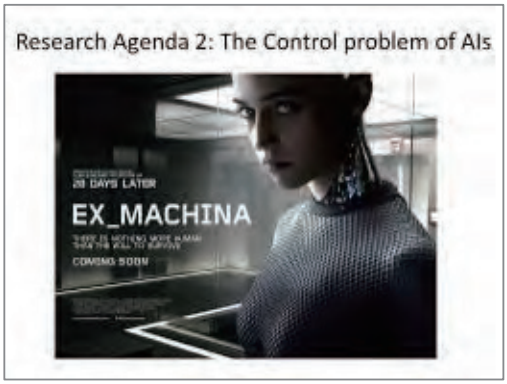
◇スライド28

そうなったときに、High Frequency Tradingの例で挙げたような不安定性が軍事技術にももちこまれるのではないかといま懸念されているのです。そのようなことを背景にニック・ボストロム（Nick Bostrom）は存在のリスク（Existential Risks）ということをいっている。



人工知能のもたらす危険について、イギリスのケンブリッジ大学とオクスフォード大学、それからアメリカの MIRI（Machine Intelligence Research Institute）と三つの研究組織が立ち上がっているのです。私は日本でも絶対にそういうものはつくるべきだと思っています。人工知能自体を研究するというよりも、人工知能の社会的インパクトやそれがもたらす安全保障上の懸念、いろいろなことを研究する組織が日本でも必要です。このボストロムという人は、オクスフォード大学でそれを研究している人です。

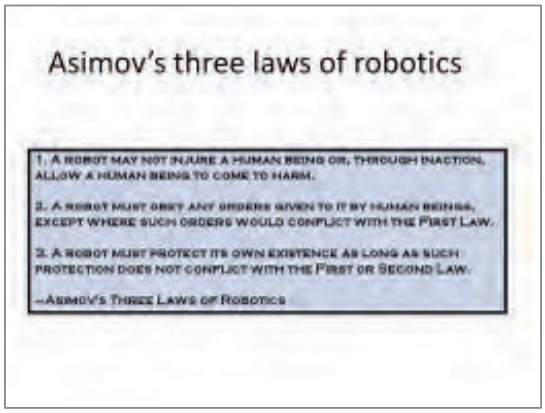
◇スライド 29



だからリサーチ・アジェンダ 2 としては、AI をいかにコントロールするのかという問題があります。スライドの画像は「エクス・マキナ（Ex Machina）」という今年イギリスで公開された映画です。私は飛行機のなかでみたのですが、二つの問題をこの映画は扱っています。一つがチューリング・テストです。この女性は AI なのですが、この人をインタビューして、この人が人間と区別できないかどうかを判断する青年が来るのです。それが一つの映画のテーマなのです。もう一つは、これはネタバレなのですが、AI の女性が青年に恋をさせて、その恋愛感情を利用して研究施設から抜け出るのです。最後は青年が閉じ込められて、「出してくれー」となってしまって、AI の女性が服を着て街を歩いているところで終わるのです。ラストシーンまで言ってしまったというひどい話ですね。

人工知能の封じ込め問題というのはボストロムらの研究コミュニティで議論されているのです。つまり、人工知能をいかに封じ込めることができるのかという問題です。これは大きな研究テーマの一つだと思っています。

◇スライド 30

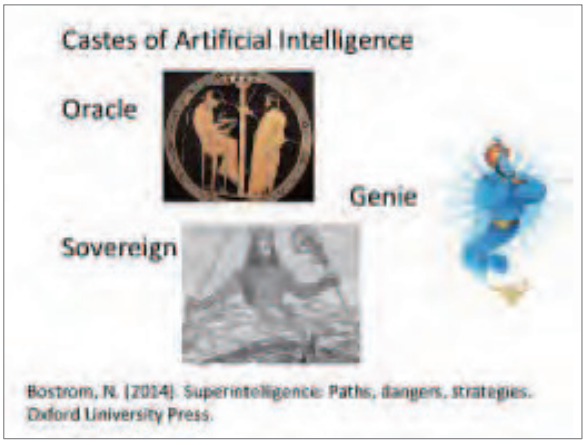


アイザック・アシモフ（Isaac Asimov）が「ロボット工学三原則」を出しました。これは比較的知られていない事実なのですが、この三原則は、「このようにルール化していても失敗してしまう」という例でアシモフは書いているのです。アシモフの短編のなかで、この三原則でロボットは動くのですが、現実に出会うと例外などが生じてこの

三原則ではうまくいかない事例が生じる。このことを示すためにアシモフの三原則は出ているのです。

◇スライド 31、32、33、34

AI のコントロールはたいへん難しくて、まだ日本語には訳されてはないですが、ボストロムの『Superintelligence』という本に出てくる分類としては、オラクル（Oracle)、ジーニー（Genie)、ソブリン（Sovereign）というものがある。オラクルというのは、人間がなにか問いを発するとそれに対する答えを出してくれる。ジーニーは、人間がなにかタスクを投げるとそれを実行してくれる。ソブリンというのは、完全に人工知能に全権を委任するということです。こういうかたちで、オラクルからジーニーそしてソブリンへと人工知能が進化したときに、それをどうコントロールするのかという問題があります。ボストロムは哲学者なのですが、彼の『Superintelligence』という本のなかで、そのコントロール問題について詳細にテクニカルな議論が行なわれています。もし興味がある方は、ご覧いただければと思います。



Bostrom, N. (2014). Superintelligence: Paths, dangers, strategies. Oxford University Press.

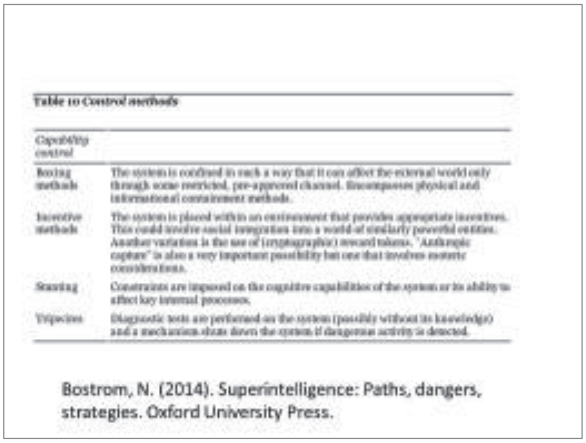
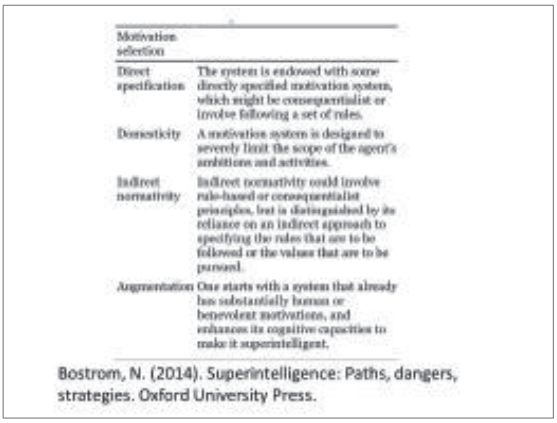


Table 10 Control methods

Capability control	
Boxing methods	The system is confined in such a way that it can affect the external world only through some restricted, pre-approved channel. Encompasses physical and informational containment methods.
Incentive methods	The system is placed within an environment that provides appropriate incentives. This could involve social integration into a world of similarly powerful entities. Another variation is the use of (cryptographic) reward tokens. "Anthropic capture" is also a very important possibility but one that involves esoteric considerations.
Stunting	Constraints are imposed on the cognitive capabilities of the system or its ability to affect key internal processes.
Tripwires	Diagnostic tests are performed on the system (possibly without its knowledge) and a mechanism shuts down the system if dangerous activity is detected.

Bostrom, N. (2014). Superintelligence: Paths, dangers, strategies. Oxford University Press.


Motivation selection	
Direct specification	The system is endowed with some directly specified motivation system, which might be consequentialist or involve following a set of rules.
Domesticity	A motivation system is designed to severely limit the scope of the agent's ambitions and activities.
Indirect normativity	Indirect normativity could involve rule-based or consequentialist principles, but is distinguished by its reliance on an indirect approach to specifying the rules that are to be followed or the values that are to be pursued.
Augmentation	One starts with a system that already has substantially human or benevolent motivations, and enhances its cognitive capacities to make it superintelligent.

Bostrom, N. (2014). Superintelligence: Paths, dangers, strategies. Oxford University Press.

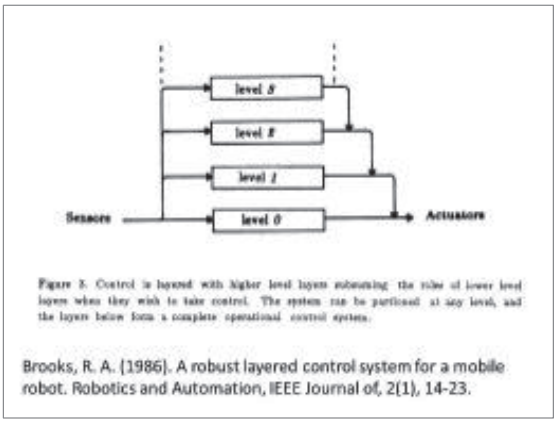
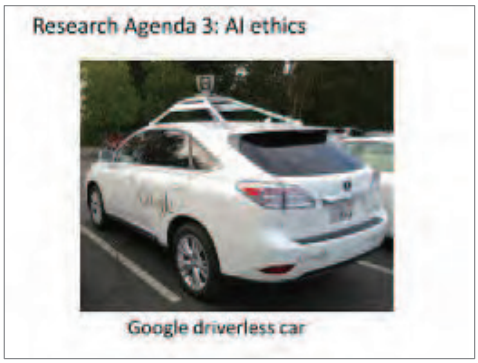


Figure 3: Control is layered with higher level layers subsuming the roles of lower level layers when they wish to take control. The system can be partitioned at any level, and the layers below form a complete operational control system.

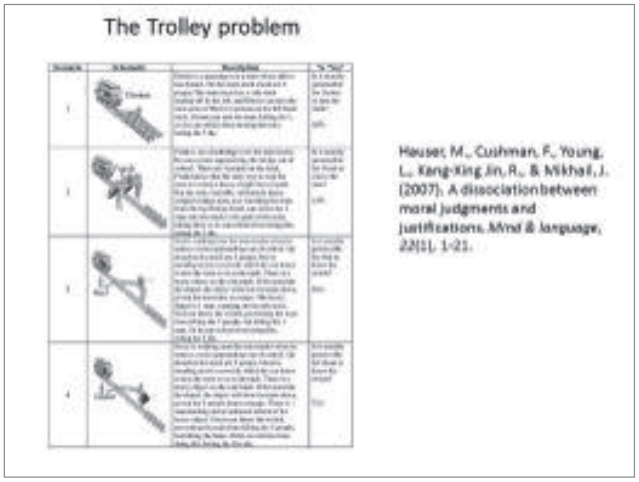
Brooks, R. A. (1986). A robust layered control system for a mobile robot. Robotics and Automation, IEEE Journal of, 2(1), 14-23.

◇スライド 35



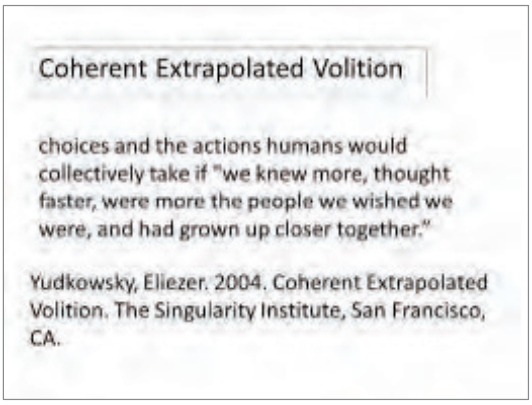
それ以外に AI の倫理学（ethics）という研究分野がある。これまでの話は、AI のコントロール問題です。倫理とはどういうことかというと、Google が自動運転車を研究していて、これは間違いなく日本にも入ってくる。そのときに倫理問題が影にあります。わかりやすい例としては、事故が起こったときに誰の責任なのかということがあります。自動車メーカーなのか、ソフトウェアの会社なのか、それともそこに乗っている人なのか。

◇スライド 36



それだけではなくて、じつはトロリー（Trolley）問題というものがあるのです。これはマイケル・サンデル（Michael J. Sandel）が「Justice」の講義の第 1 回めでも引用しているのですが、「ある事故を避けるために別の事故を起こすような状況が起こったときに、どういう基準でなにを優先すべきか」。たとえば、自動運転車が走っているときに、子どもが飛び出してきた。子どもを救うために急ブレーキをかけたら、後ろから来た二輪車のバイクが衝突して、二輪車に乗っていた人のほうが大けがをして死ぬことがある。二輪車が後ろから来ていることをわかっていながら、子どもの命を救うために急ブレーキをかけるべきかどうかという倫理問題が、自動運転車には潜在的にあります。これを研究することが、重要だと考えられます。

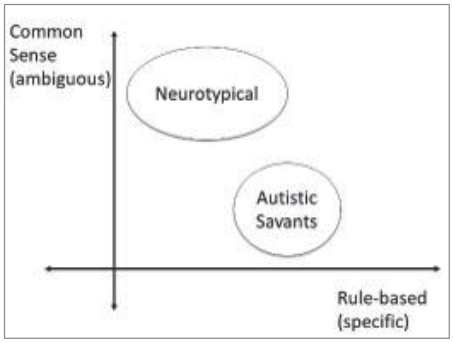
◇スライド 37



この分野の重要な概念は、「Coherent Extrapolated Volition」ということです。エリザー・ヨドコフスキー（Eliezer Yudkowsky）という人が提案しています。ヨドコフスキーは、MIRI にいるフリーランスの研究者なのですが、おもしろい人です。たとえば、池上さんが彼女にあげるためにダイヤモンドの指輪を欲しい。それで二つの箱がある。それで池上さんが「左を取れ」と AI に注文したとします。ところが、AI は右にダイヤモンドの指輪が入っていることを知っているとします。そうすると池上さんの指示（instruction）は、「左側を取れ」ということなのですが、ほんとうの池上さんの意図は、「ダイヤモンドの指輪が入っている箱を取れ」ということです。だから AI は、ほんとうは右を取るほうがよい。さらにいえば、池上さんがダイヤモンドの指輪を彼女にプレゼントすることで、家庭が崩壊するかもしれません。すると AI はそこまで考えて、「この人は、彼女にあげるためにダイヤモンドの指輪を取りたいと言っているけど、ほんとうは取らせないほうがよいのだ」というところまで判断するかもしれません。そのときに右のほうに指輪があっても、あえて左側を取るということもあるのです。

そういう人類のコレクティブなベスト・アンド・ブライテスト（the Best and the Brightest）の叡智を集めた意図（Volition）が Coherent Extrapolated Volition という概念です。たとえば安倍さんが集団的自衛権を実現させようとしているけど、それはある種のモデルのもとで日本の集団的安全保障のために必要だというロジックでしているじゃないですか。しかし、ほんとうにそれがベスト・アンド・ブライテストの――すべてのデータを集めたときのオプティマム（optimum）なチョイスなのかどうかということは別問題です。そのような概念を実装することでフレンドリーな AI を実現しようというものがこの概念です。

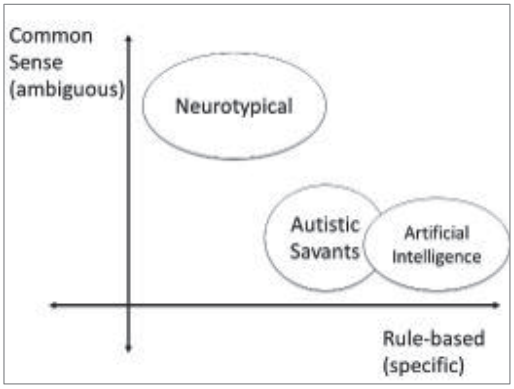
◇スライド 38

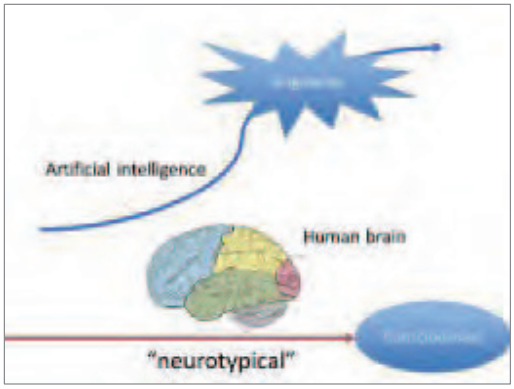


脳科学の視点からいうと、これは TEDxTokyo で先日話したのですが、内海さんの講演のときに、私は自閉症スペクトラムにいるのではないかっていう話をしました。袖川さんはじつは自閉症に近いという自己認識があるとお昼のときに聞いたのですが、ニューロティピカル（Neurotypical）な人は、ど

ちらかというと論理が苦手で、感情が得意なのです。アンビリアス（ambiguous）なことが得意なのですが、サヴァン症候群の人は論理的なことが好きです。

◇スライド 39、スライド 40

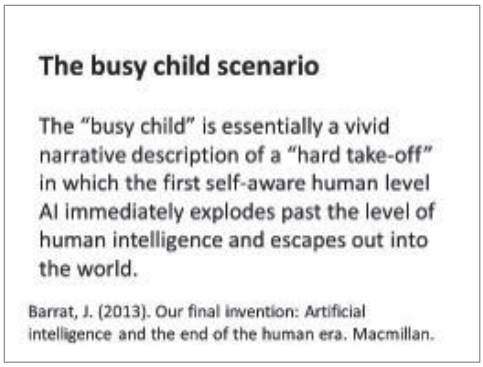




じつは人工知能は、脳の働きからいうとスーパー・サヴァンのようなところがあるのです。人工知能の狭さは、人間のニューロティピカルなエボリューションのパスとは違う極めての方向――スーパー・サヴァン的なエボリューションのなかでシンギュラリティを迎えようとしている。これが人工知能の決定的な狭さです。

MIT メディアラボの社長の伊藤穰一さんは、あるときにピザを 10 人分注文して、それを冷凍して 3 日間戦略ゲームをプレイし続けて、72 時間寝ずにプレイして勝ったらしいのです。そのあいだに 10 人分のピザをときどき加熱してたべていたらしいです。伊藤穰一さんは、一つのことに 72 時間集中するというサヴァン的な能力がある。しかし、72 時間というのは、コンピュータの時間でいうときわめて短い。コンピュータというのは、一つの問題に 1,000 時間とか 10,000 時間を連続して集中できるのです。それで飽きないし文句も言わないし、他のこともやらない。

◇スライド 41



ということは、AI というのは、人間的な見方をするとスーパー・サヴァンということです。そこに AI の狭さも卓越性もあります。これは翻訳されていますが、ジェイムズ・バラットという人の『人工知能 人類最悪にして最後の発明（Our Final Invention）』という本のなかで、AI のパーソナリティに注目して「ビジーチャイルド・シナリオ（The busy child scenario）」といいました。いつもちょこまかとなにかをしている小うるさい子どものようだということです。AI をパーソ

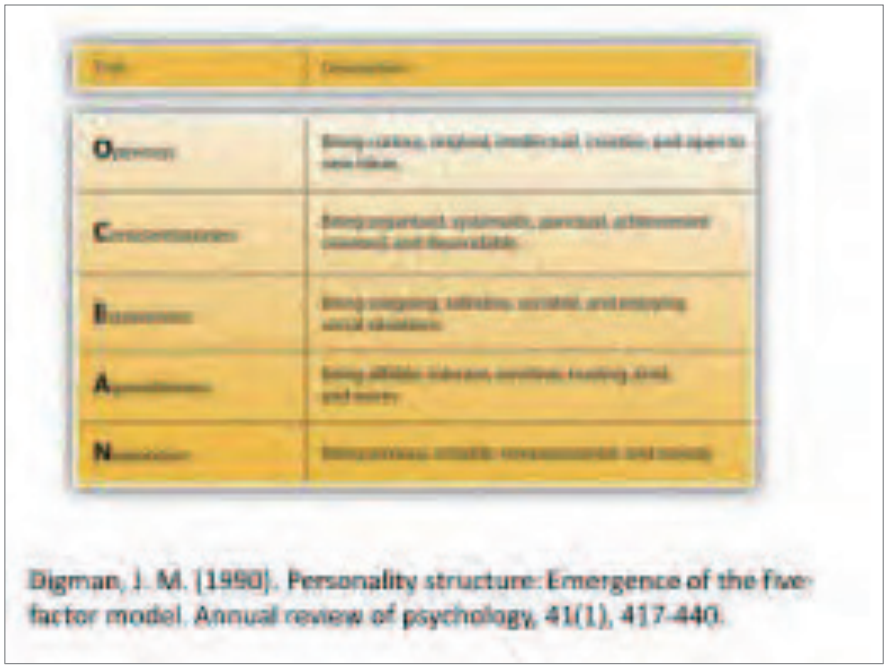
ナリティとしてみると、たいへん狭いパーソナリティしかもっていない。

◇スライド 42、43

Personalities

たとえば、いまソフトバンクが売り出しているこのペッパー（Pepper）などもそうなのですが、一つのことに集中してサヴァン的な能力を出すのはよいのですが、パーソナリティという視点から問題がある。

◇スライド 44



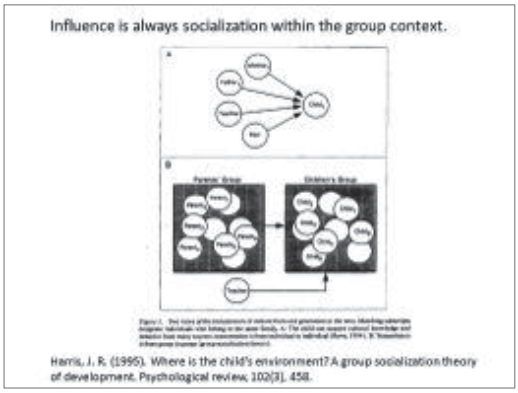
パーソナリティは、心理学で注目されていて、スライドのものがビッグファイブです。性格の 5 要素として、開放性（Openness）、誠実性（Conscientiousness）、外向性（Extraversion）、協調性（Agreeableness）、神経症傾向（Neuroticism）があります。これはいい加減そうにみえますが、心理学者たちは長年の手間をかけて、この 5 要素が主要な要素だというこ

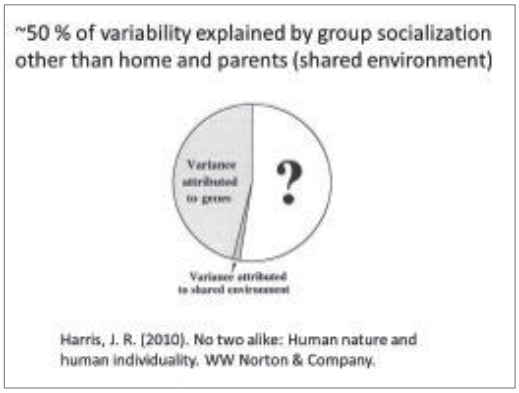
とを築いています。このような視点から、AIはきわめて狭いパーソナリティのレンジを実現しているにすぎないといえるのです。

◇スライド 45

じゃあ人格はどうできるのかというと、有力なものは『Group socialization theory』でこれはジュディス・リッチ・ハリス（Judith Rich Harris）という人が1995年に書いています。この人はフリーランスの研究者なのですが、これでアメリカ心理学会賞をもらっています。親が性格に与える影響は0%という衝撃的な結論で話題になったスティーブン・ピンカー（Steven Arthur Pinker）もこの研究をエンドオース（endorse）しているのです。

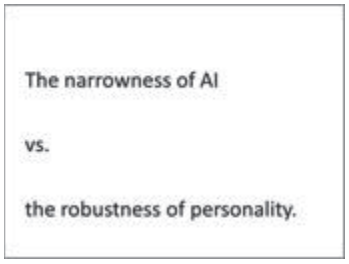
◇スライド 46、47





子どもが社会的にいろいろな人に囲まれて、そのなかでいろいろな影響を受けて、文脈のなかで自分のパーソナリティを築き上げるというモデルです。だから遺伝子によるバリアビリティ（variability）は、だいたい50%くらいのことが知られているのですが、そのなかで家庭環境の影響は、ゼロに近いようなバリアビリティしか説明できないということがハリスの研究でわかっています。

◇スライド 48



このようなかたちで豊かな社会性のなかで育まれてきたパーソナリティの豊かさに対して、AI は一つの狭い問題領域に集中することで卓越する。

◇スライド 49

リサーチ・アジェンダ 4 です。インテリジェンスは、曲がりなりにも IQ テストみたいなかたちで測る（quantify）ことができるということになっていますが、パーソナリティのメジャーはものすごく曖昧なのです。先ほどのビッグファイブも主観評価などでしかやっていなくて、人工的なエージェントにはなかなか外挿できない。なので、いまおそらく研究しなくてはいけないのは、パーソナリティのメジャーは、どのように定量的に定義できるのかということだと思うのです。

たとえばビジーチャイルドといっても、それは印象評価にすぎなくて、どういう要素がないからこの人はパーソナリティが狭いスペクトラムにしかいないということをエビデンスに基づいてきちんといえるようにしておく。そうすると、こういうエージェントの開発にすごく資すると思います。

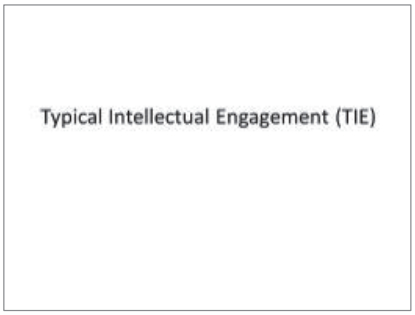
先日、TEDxTokyo のときにソフトバンクのエンジニアグループがいて、彼らはエモーション（emotion）を AI にインプリメントしているとクレームしているのです。無理なんだよ、そのクレームは。だってエモーションのモデルなんてないんだから。工学者は、ときどきすごいデタラメを言うのですよ。工学者が言う「エモーションを実装した」なんてものはデタラメもいいところですよね。「えっ」みたいな感じですよ。インテリジェンスについては、再帰関数の実行ということでチューリングマシン的なユニバーサリティー（universality）を定義できるのですが、エモーションってよいモデルがそもそもありませんから。

だからこそ、AI ではまだエモーションの実装ができていないということにもなるのです。チェスや将棋をうまく指す AI があるというクレームはよいのですよ。これは 100 万通りくらいの手を評価関数で最適化すればよい。感情を実現している AI やロボットがあるというクレームは、まったくナンセンスです。そもそも認知科学や脳科学で感情やパ

ーソナリティがよく定義されていないのです。そこを定義しなくてはいけないのでリサーチをする必要がある。

◇スライド 50

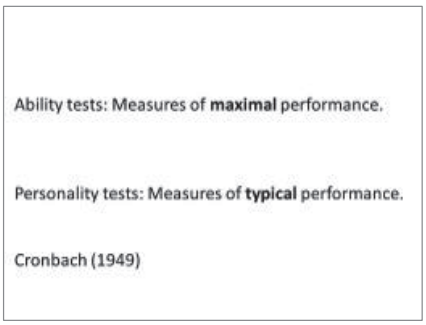
IQ テストなどは、みなさんの最大の能力を測っているということなのです。つまり、IQ テストをするときに、池上さんなんかは、IQ テストをして 200 を超えて測定不可能といわれたらしいです、これはいま適当につくった話ですが。（笑）IQ テストをしている 10 分間は、すべてのことを放り投げてそれに集中してマックスにするということを前提として、学校の先生などは IQ テストをするのです。だからマキシマム（maximam）なパフォーマンスなのです。



パーソナリティというのは、ティピカル（typical）なパフォーマンスで、池上さんがせっかく IQ が高くても、ガールフレンドが多すぎたとか酒を飲み過ぎたとかで、研究者としてのパフォーマンスがマキシマムではなくてティピカルである可能性があるのです。つまり、池上さんとしては典型的なパフォーマンスです。ここに IQ テストとパーソナリティの根本的な違いがあって、マックスに一つのことに集中して IQ テストを測るという考え方とティピカルなパフォーマンスをしめすパーソナリティという考え方がぜんぜんちがうということです。

◇スライド 51

そういうところから TIE（Typical Intellectual Engagement）というようなことも出てきて、もともと潜在的に能力が高くても、じっさいにその人がデイリー・ベイシス（daily basis）でエンゲージメント（engagement）するかというようなことを評価する。



◇スライド 52、53

AI	Humans
Maximum performance	Intermediate Performance
Narrow range of Personality	Wide range of personality

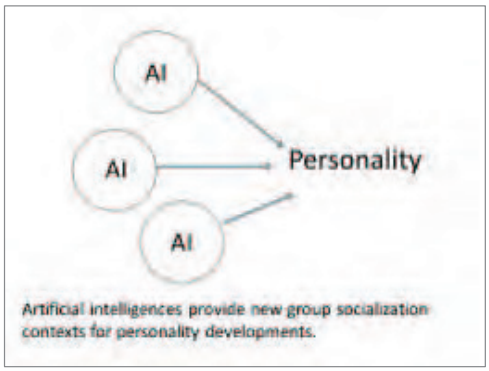
マキシマムパフォーマンスは、コンピュータには向いています。コンピュータは、ほかにすることがないから、ずっと集中しているのです。飽きもしないし、文句も言わない。でもいっぽうで人間というのは、日常生活のなかでティピカルなパフォーマンスをするので、このあいだをどうつなぐかが重要なポイントになるということです。

◇スライド 54

さらに、長い目でみてみます。力をもった人が、いまあまり意味がない。ブルドーザなどがあるのですから、力をもっているということはまったく意味がないですよね。それと同じように計算が速いというのもコンピュータにさせればよいから意味がないですよね。そのようなかたちでだんだんとわれわれの知性の一部分がどんどんと AI のほうにトランスファーされていく。記憶などもそうですよね。

そのときに人間は、おそらく賢さという…。たとえば京大生は賢いということをオブセッション（obsession）で生きてきた人たちじゃないですか、簡単にいうとね。京大に入って偉いとか、河合塾の模試で何位だとか、偏差値でいくつだとか。

◇スライド 55、56

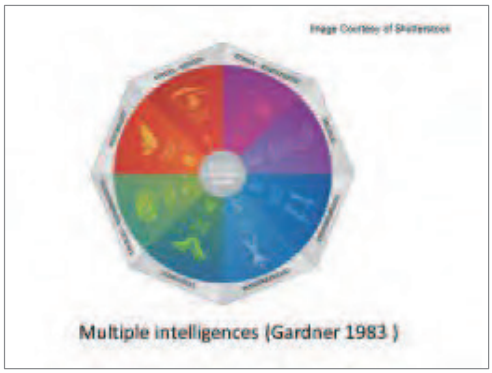


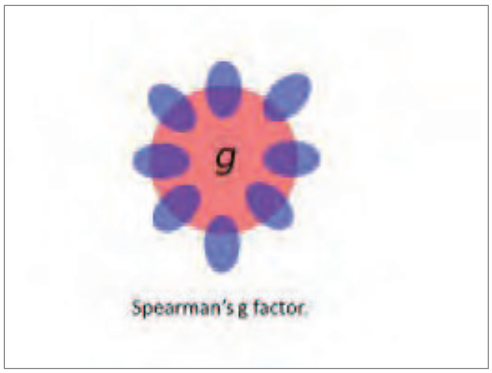
その賢さというオブセッションはだんだんと意味がなくなるだろうと予想されるのです。東ロボ君という東大の入試問題に向かう人工知能を新井紀子さんがつくっています。だから、それ以外の要素を人間が出すのが大事です。AI が人間を囲むようになったときに、人間がどのようなパーソナリティを発展させればよいのかが、おそらくこれからリサーチ・アジェンダとして大事です。これがリサーチ・アジェンダ 5 です。これはものすごく深いポイントです。

たとえば Google の自動運転カーがあるときに、ぜんぶ Google の自動運転車にゆだねるというオプションもあるのだけれども、おそらく人間はすこしは自分で「もうちょっと早く行け」とか「ここを右に曲がれ」とか、Fun to Drive だったら「ちょっと運転させろ」みたいなことがあると思うのです。人工知能の能力と人間の能力でどのように仕事を分けあうのかという研究が大事です。

たとえば、いまチェスではディープブルーがカスパロフを敗ってしまったので、新しいチェスが定義されて、人間がコンピュータを使いながらチェスをすることも行なわれています。コンピュータ・アシステッド・チェス（Computer assisted chess）みたいな新しい概念は、人間がすべてをするのではなくて、ある程度 AI のアシストを受けてどのように能力を発揮できるかというようなことです。この研究分野はこれから熱くなることが予想されるのです。

◇スライド 57、58

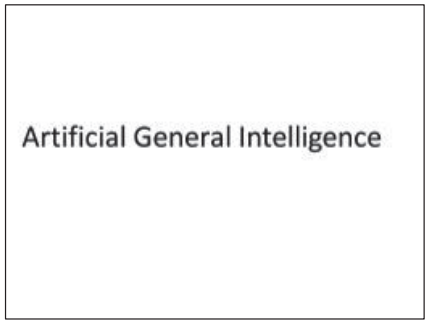




ハワード・ガードナー（Howard Gardner）がマルチプル・インテリジェンス（Multiple intelligences）といっていて、この手の話は一般ピープルが好きなのです。「知性は多重であり、あることは得意でも別のことは苦手なことがある。だから人間は、みんな違ってみんなよい」というような話が好きなのですね。しかし、これは学問的なかなりダウトフル（doubtful）なものです。スピアマンの g 因子は、そのようないろいろな異なる能力の共通因子を探ろうということなので、統計学的にいうと、マルチプル・インテリジェンスみたいな考え方は、批判があるのですよ。そういうものではないと。

◇スライド 59

そこでアーティフィシャル・ジェネラル・インテリジェンス（Artificial General Intelligence）というものが出てくるのです。これがさいごの研究アジェンダです。汎用人工知能みたいなものができると、人工知能はこれは得意だけれどもこれは苦手みたいなことがだんだんとなくなっていくと考える。そのときに、はたしてエンボディメント（embodiment）が必要なのかどうかが研究されるべきことです。



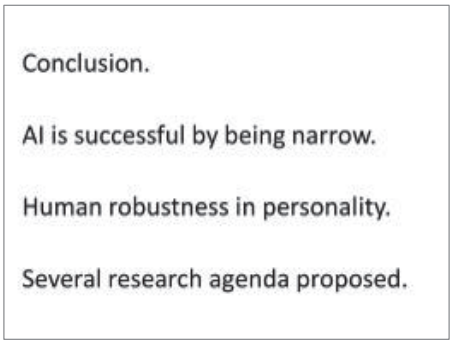
◇スライド 60

スティーブ・ウォズニアック（Stephen Gary Wozniak）という Apple のコファウンダー（Co-founder）の 1 人が「コーヒー・メイキング・タスク（Coffee making task）」ということを提案しているのです。これはなにかというと、ぼくが池上さんの下宿に行って、池上さんのためにコーヒーをつくるのです。

これは大学院生にときどき聞いてすごくおもしろいのですが、「君の家ではコーヒーをどう入れますか」と聞くといろいろな入れ方があるのですよ。コーヒー豆の保存についても、冷蔵庫に入れているとか、いろいろなケースがある。挽き方も手で挽く人とか、ミルのなかで電動で挽くとか、そもそもコーヒーを飲まない人もいる。スターバックスが近くにあるので、自分ではコーヒーをつくらなくてスタバで買ってくるというような人もいるのです。

そういうすべてのケースにおいて、コーヒーをつくるというタスクを人工知能ができるのかどうかということは、エンボディメントの話と関連している。これが重要なイシュー（issue）だというのは、アーティフィシャル・ジェネラル・インテリジェンスにおいて、身体性が必須なのかどうかという研究が求められているということです。

◇スライド 61



きょうは、ぼくの趣味である研究である意識の研究をいっさいおいておいて、人工知能の研究について、いくつか例示的に人工知能研究のアジェンダを話しました。基本的に私は、AI は人間の脳と比べると狭いことで成功していると認識しています。つまり、AI というのは、スーパー・サヴァンである。

いっぽうで人間のロバストネス（robustness）は、感情を含むパーソナリティのほうにある。たとえば、スティーブ・ジョブズ（Steve Jobs）のパーソナリティというのは、すごく素晴らしいことがあるいっぽうで、人がスティーブになにか意見を言うと、「このクソやろう。そんなクソみたいな意見をもってきやがって」とその場ではケチョンケチョンにけなす。翌日アップル（Apple）にその人が出社すると、スティーブ・ジョブズがみんなの前で「みんな、素晴らしいアイデアを思いついたんだけど」と昨日、その人がスティーブに言った意見を自分の考えであるかのように言いふらしている。そんなひどい人だったのですね。

そういうスティーブ・ジョブズのパーソナリティというのは、なんなのか。AI の賢さみたいなアプローチではまったく説明できないので、そこを印象評価やアネクドータル（anecdotal）な話ではなく、どのように定量化・構造化するかが重要なリサーチのチャレンジだと思います。そういう視点からいくつかのリサーチ・アジェンダを提案しました。

日本でも人工知能の研究そのものだけでなく、人工知能と人間との関わり、それから社会的インパクトとの関わりについて、いろいろなことをする必要があると思って、きょうは急遽このようなプレゼンにしました。以上です。

三輪●ありがとうございました。それでは質問などはありますか。

A氏●人工知能の再帰的なところにあって、人間の知性から逸脱の方向にあるというのは、あたりまえといえばあたりまえです。問題なことは、パーソナリティを人工知能で考えると誤解を助長する可能性があると思いました。

昨日もインダクション（induction）とデダクション（deduction）というものがあって、アナロジー（analogy）とかアブダクション（abduction）の軸を書きましたが、文系とか芸術家の人はそういうものに敏感です。インダクションとかデダクションというものは、再帰的な構造とかチューリングマシンだとか、そういうところでできる。ようするに肝を置き換えたり、代入したりという構造なのです。理科系の人はそっちのことはよくわかる。だけれどもアナロジーやアブダクションなどは、軸は書けないようなもので、ぜんぶ異質なものです。異質なものが連続していて、つながりがわからないにもかかわらず結果的につながっているようにみえるというだけなのです。

言語学なども、午前中も問題になったパラディグマ（paradigma）とシンタグマ（syntagma）があります。シンタグマは、置換や代入で理科系の人間が理解できる簡単な話です。しかし、パラディグマというものは、ぜんぜん異質なものが並んでいて、まったく関係ないのに並置するとか、選択する。そういうものになっている。インダクション、デダクションのグルグルと回っているようなものから逸脱するところというのが、さっきのいっていたように人間的なものと関係しているのですね。

私は、そのような意味では「シンギュラリティ万歳」で、はやくそういう時代が来て、人工知能的な頭のよさなんてみんな死ねばと思うのですが。それはおいておいて、シンギュラリティを心配するというのは、南北戦争のころに南部の人たちが「黒人に自由を与えてよいのか」ということと同じような心配に思えてしまう。

だから、半分は別にどうでもいいと思っていて、茂木さんの言っていることはわかるのですが、「人工知能におけるパーソナリティの研究」なんて話は、理科系の人間が理科系のセンスでしてもよいのか。先ほどのアブダクションなんて、部分から全体をでっちあげるという、ものすごく強引な話を含んでいる。不連続で異質であるにもかかわらず結果的にはわかってしまうとか――音を出して、みんな「これはよいか、悪いか」と。なにがよいのか悪いのかわからないのだけれども、一瞬よい音が出たら、みんな「ハッ」と同時に思ってしまう。そのようなことで、理科系のセンスでは難しいところがある。それでパーソナリティなどをまた人工知能のなかでするというのが…。

人工知能のなかにパーソナリティのようなものはぜんぜんない。パーソナリティだとか多様性だとか異質なものの連続性――異質でありながら連続であるものをみようとすると、連続的なものでそういったものをでっちあげるという方向になってしまう。文化系とか芸術家は、昔からそういうことを言っていたにもかかわらず、理科系の人間は、

ぜんぜん理解していないからそういう話になっている。それについてはどう思われますか。

茂木●逆に聞きたいのですが、「パーソナリティについては放っておけ」ということですか。定量的なメジャーは無理だということでしょうか。

A氏●そんなことはないですよ。私がするとすれば、人間的なおもしろいところは、インダクション、デダクションの再帰的な構造と予定調和的な逸脱というようなものが出会っていることをどうするのかということに関するメタフォリック（metaphoric）なモデルや表現もできると思います。

茂木●ということは、インテリジェンスのメジャーの構造とまったく違ういまAさんが言ったようなしかけを含めたメジャーだということですかね、もし、そういうものがあるとすれば。メジャーという言い方が気にくわないということですか。

A氏●メジャーという言い方が気にくわないというか、メジャーと言った瞬間にこっち側のシンタグマの構造に絡みとられてしまう。

茂木●スカラー関数なのか多次元論のベクトルなのかわからないけど、たしかにいわれてみればそうだね。

B氏●メジャーの単位はなんですか。これまでもメジャーということばがさかんに出ているのですが、そのメジャーの単位は、物理だったらちゃんと単位系とあるのですよ。

茂木●体系は、たぶんハピネスなどは、「happiness」Google Scholar で検索…。

B氏●これまであなたも、さかんにメジャーということをおっしゃったと思うのですが、「それをちゃんと測りましょう」ということを。相手を客体視するための基準、量化のときの単位は…。

茂木●ぼくがいっていることではなくて、リサーチ・コミュニティのなかでは、基本は主観評価ですね。たとえば「7ポイントスケールでいくつですか」と聞いて、その統計的な相関をみるなどのアプローチです。それはぼくがしているというよりも、コミュニティではそのようにしているということです。単位はなにかといわれたら、単位はないです。

B氏●それはユニバーサルなものになるのですか。

茂木●わかりません。

B氏●つまり、時代とか、そういうものに頼るような評価になるのかということです。

茂木●どうなのでしょうか。ただ一ついえることは、主観評価をされますよね。たとえば、さっきの御飯ですが1から5のうちでどれくらいでしたか、5が一番として。

B氏●マイナス…。

茂木●マイナス。先生が評価された数値と相関がある脳活動があるということはわかっているのです。そういう意味によると、主観的な評価というのは…。

Ｂ氏●この評価というのは、ここのあなたとの会話においてしか意味がないのですよ。
茂木●そういうことかもしれません。一般的に認知科学のコミュニティは、これまでそのようにしてきたということです。ぼくも、もともとは物理をしていたのですが、物理における単位とか、なにを測っているのかということとは違います。
Ｂ氏●量化するというか、最適化するといってもよいのですが、なにかを最適化するときの…。
茂木●しいていうならば、人間の脳のなかでメジャーに相当する活動があるのだろうということでは、「人間の脳のある部分の活動をみている」という言い方はいちばん物理主義に接続しやすいかもしれません。脳活動自体が、文脈依存だとか関係性依存であろうとおっしゃるのであれば、それはそのとおりですということかもしれません。
Ｂ氏●あなたは、関係性よりも客観的に人に渡すことができるようなものを、いまの TI に対してするべきであるということを主張されているのですよね。
茂木●なんらかの比較ができるようなものがあるほうが便利だろうということです。
Ｂ氏●私が不思議に思うのは、そういうのは時間…。これは瞬間芸でするのだから、まあよいと。池上君がいますぐに立ち上げるのだから、5 年もてばよいという評価だというのであれば、それはそれでよいでしょう。IT というのは、所詮そういう代物なのだから、シンギュラリティができても、それはすぐに除去できてしまうシンギュラリティかもしれない。

もう一つ疑問なのですが、IT というときに、シンギュラリティの話が出たときに、シンギュラリティといっているようなことはなにかの蓄積である。その蓄積というときに、時間というものがあります。たとえば人間であったとしたら、人間の脳のなかには時間というものがたたみこまれて入っているのですよね。TI のなかにそういうものがあるとしたら、それは人間の部分空間につくられた時間のうえにしか生きていないのですよ。だからそれってほんとうに比較できる対象になるのかどうか。
茂木●どうなのでしょうか。ちょっと考えさせてください。
Ｂ氏●IT を問題化するというときに…。私自身も混乱しているのですが、ちょっと質問が消えてしまいました。
茂木●問題提起は受け止めたので、ちょっと考えさせてください。難しい問題なので。
Ｃ氏●いまのＢ氏の話に関係あるのですが、最近の生命の起源とか AI の問題は、1bit というのは、ソフトウェアでやっているとなんのメジャーでもよいような気がするんだけど、現実世界にエンボディメントするというのは、1bit がどういう物理的なシステムでつくられるのか。エンボディメントも、それだけの情報量をもたせるために、どのくらいの大きさでどのくらいの重さでどのくらいのエネルギーがいるのかは、ほんとうに測らないといけない。

それはなんでもよいとしたら、生命の起源は、中空から浮かび上がったものになってしまう。そうではないというところが生命の起源で、ただの化学反応が生命にトランジションできないことの原因の一つになっている。エンボディメントで考えることが大事で、なおかつ、アントニオ・ダマジオ（Anthonio Damasio）のいうように、身体性があると好き嫌いができてしまう。茂木さんの言うように、アーティフィシャル・ジェネラル・インテリジェンスですかね、そのときにもしエンボディメントを与えたら、AI が好き嫌いをもつので、そうした瞬間に…。もっと怖いものですね。

さっきのメジャー単位、物理的なもので単位が与えられて、体が与えられて、ダマジオ的な意味で好き嫌いができる。そうするときに、はじめて生命的なものになるので、そのときに 2 番目のシンギュラリティが脅威に――最初に言ったシンギュラリティはB氏がいうように簡単に取り除かれてしまうようなものかもしれないけど、エンボディメントしたときには、いちばん脅威になるのではないかと思う。

だから考えなくてはいけないのは、なにが 1bit を支えているかと言うことをわれわれはフリーに講じているけれども、じつはそうではない。でかくなればなるほど、1bit を支える物理的な構造が必要になってきて、それを考えることが生物の起源の問題と等価なのです。だから、なんでも情報を担えるわけじゃなくて、ある特定の分子のある特定のエネルギー状態しか担えないから生命がある特定の国に出現したと考えられるので、それは中空の話ではない。これからそれを考えなくてはいけない時代だと私は思います。

だから IT とか AI とかいっても、架空の SF の話ではなくて、現実にその状況を実現しようと思って、実験をし始めて考える。すると途端にエネルギー状態とか、どれくらいの電子がいるのかとか、そういうことがババババッと入ってきて、そこから始まると思います。

茂木●だから、なんでかというと、チャールズ・ベネット（Charles Bennett）が言った『The thermodynamics of computation』などの話がどこかで参照されなければいけない。

C氏●だからそれは絶対にまた考えざるをえない。

茂木●そうですね。

D氏●私は、研究者というか写真家なので、ぜんぜん違う立場なのですが、その立場からうかがいたいことがあります。昨日に村瀬先生がお話しされた未来創成学の全体につながることかもしれません。ここでフォーカスされている方向性――こういう研究手法なりアジェンダをつくって、どこに向かおうとしているのでしょうか。人間の特殊な能力を解明することに向かおうとしているのか、それをトレースして生み出そうとしているのか。つまり、未来を創ろうとしているのか、過去をリサーチしようとしているのか。ここがどっちなのかによって、まったく違うものになってくるような気がするのです。

過去のものであれば、従来科学というものが得意な分野です。いろいろな方法があっ

て、昨日の大野先生の化石のお話などいろいろとあると思うのです。その過去というところから、どういう意味でなのかはわかりませんが、1歩だけでも未来というところに踏み出すのかどうか。そこを入れるのか入れないのかというときに、ぜんぶいっしょくたに会話できるのか。そこを切り分けて会話したほうがよいのか。ぼくの視点からすると、そこがどっちなんだろうと思いました。そこをいっしょにしてよいのか、分けたほうがよいのか。そのあたりをどうお考えなのかなと、漠然とした考えなのですが。

茂木●その疑問についてのキーワードはこれです。トランスヒューマニズム（Transhumanism）ということだと思います。トランスヒューマニズムということで検索していただくと、たくさん出てきます。トランスですから人間が人間を超えた、あるいはポストヒューマニズムという言い方もあるのです。超人間化それからポストヒューマン――人間以降のことを考え始めたのかもしれないという議論があるということです。

だから、たんに過去の人間を理解してそれを再現しようとか、そういうことを超えたリサーチ・アジェンダだと見なされていると思います。それが人間にとって幸せなのかよいことなのかどうかは、まったく別の問題です。AIのコミュニティではこのような言い方がされているということです。

D氏●いまのお話は基本的にはそこにのった…。

茂木●ぼくですか。ぼくはもともと脳の研究をはじめたのは、ロジャー・ペンローズ（Sir Roger Penrose）の『皇帝の新しい心 コンピュータ・心・物理法則（The Emperor's New Mind）』という人工知能の前のブームがあったのです。そのときにペンローズが、「意識などは人工知能では再現できない」という考え方をしめして、それにぼくは興味をもって脳の研究に入りました。これはぼくの趣味の世界なのですが、統計的な学習規則などのアプローチでは意識は解明できないというのが、ぼくの根本的なスタンスなのです。ジュリオ・トノーニ（Giulio Tononi）がしている IIT（Integrated information theory）というみんながリファー（refer）している研究があるのですが、これでは意識の本質には迫れないというのが私の考え方です。

いまの人工知能は統計的な学習規則をやっているので、ぼくの立場は人工知能では意識はつくれない。意識はもてないのだけれども、人工知能はすごく一つのことばかりする。それで超サヴァンのような感じで、知性というメジャーにおいては人間をトランスしているようにみえるだけで、基本的に人工知能には意識がないというのがぼくの立場です。

先ほど出たカーツワイルというような人は、「人間の意識をコンピュータに移せる」といっているのです。ぼくは、それはクルクルパーだと思っているのです。カーツヴァイはクルクルパーだと思っているのです。ぼくが言っているのは、見かけじょうのインテリジェンスをメジャーにしたときに、人工知能が私たちを超えることはあるでしょう。

だから危険なのでしょう。

人工知能の狭さとは、そういうことです。人工知能は意識さえもたないくらい狭いのです。にもかかわらず、私たちをはるかに凌駕する能力をもってしまう時代を迎えているので、それに対してどうしたらよいのかというのがぼくの基本的な考え方です。ぜんぜん人工知能万歳じゃありません。

茂木●ありがとうございました。

（了）

MIRAI Archive
京都大学未来創成学国際研究ユニット
International Research Unit of Advanced Future Studies(IRU-AFS) No.2015-011

＜講演録＞

京都大学基礎物理学研究所　研究会
京都大学未来創成学国際研究ユニット設置記念シンポジウム

日時　2015 年 8 月 7 日（金）13：40－14：20
場所　コープイン京都　201
司会　三輪敬之（早稲田大学創造理工学研究科　教授）
講演　小林泰三（帝京大学福岡医療技術学部　准教授）

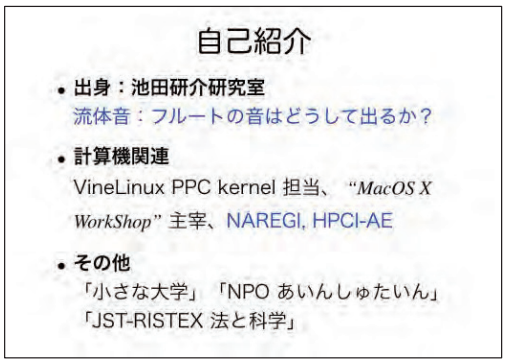
動的過程の計算論

三輪●続きまして、小林泰三さん。お願いいたします。
小林●ご紹介にあずかりました、小林と申します。私の題は「動的過程の計算論」です。かたい題をつけてしまって失敗したなあと思うのですが。

私の所属は、今年からできた帝京大学の医療技術学部医療技術学科というところです。ここではおもに授業をしておりまして、研究はあいかわらず九州大学の情報基盤研究開発センターで進めております。

私以外の講演者の方はみなさん名前の知られた大御所ばかりでして、私がいちばん若いと思います。ちょっと自己紹介させてください。

◇スライド 2「自己紹介」



私は立命館大学の池田研介先生の研究室の出身です。池田研究室にいるときには、金属微粒子のモレキュラー・ダイナミクス（Molecular Dynamics）をしていました。そこから九州大学に移りまして、九州工業大学の高橋公也さんといっしょに、なにか楽器を研究しましょうというと、フルートだったら動く部品がないので、ぜんぶ流体音の範囲で話ができるのではないかということで、フルートの音がどうして出るのかという研究をしていました。
情報基盤研究開発センターにいるので、いろいろ計算機のこともしてきました。ご存じの方もいるかもしれませんが、ヴァイン・リヌックス（Vine Linux）という、大学でよくつ

かわれているリヌックスがあります。むかしは、これの PPC カーネル（Power PC Kernel）を担当していました。あるいは、Mac で eMacs か TeX（テフ）をつかって研究する人のためのディストリビューション（distribution）を 10 年以上、主としてやっています。

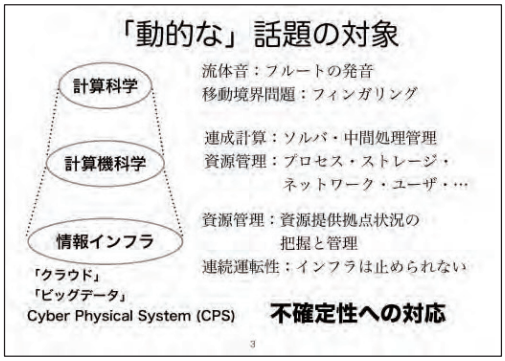
スライドには、計算関連で NAREGI や HPCI-AE と書いてあります。NAREGI（National Research Grid Initiative）は 10 年くらい前に行なわれた国家プロジェクトで、グリッド・コンピューティング（Grid Computing）というものがありました。日本の各大学にある大きなスーパーコンピュータを連携して使えたら、もっと研究効果があがるだろうと。では、それをつなぎましょうということでした。

グリッドということばは、パワー・グリッド（電力送電網）に由来します。ふつうの電源のことです。どこでもプラグがあるので、電化製品はそこに差し込めばつかえる。同じように、計算機もどこでもつかえるようにしましょうという触れ込みでした。しかし、いまそうなっていないことからわかるように、うまくいっていないのです。この講演は収録されているので、このへんの裏話も用意してきたのですが、割愛いたします。

これを引き継いだ HPCI というものがあります。ハイ・パフォーマンス・コンピューティング・インフラストラクチャ（High Performance Computing Infrastructure）という名前です。これは神戸の理化学研究所にある京（けい）コンピュータを中心に、旧七帝大、筑波大学、東京工業大学をつないで有機的に使いましょうというものです。いまはやりのクラウドを使おうという話が出て、その担当をやれといわれて、ちょっと関わりました。今日お話しするのは、スライド 1 の青字のところにかかわることです。

そのほか、学部教育関連のことがらにも携わりました。あとで池田さんが話されるようなお話です。また、坂東昌子さんや佐藤文隆さんが運営している NPO 法人、知的人材ネットワーク・あいんしゅたいんにも所属しています。あとは、ちょっと前のことですが、科学的なことについて法廷の現場に証人としてよばれたりすると、とんでもないことを証言させられそうになるという話がありました。弁護士、科学技術社会論の研究者、東北大学の本堂毅さんといっしょに、法と科学に関係する研究プロジェクトにも在籍していました（JST-RISTEX プロジェクト　法と科学）。

◇スライド 3「『動的な』話題の対象」



2 日間、大御所たちのお話で内容の濃い議論をしてきてお疲れだろうと思いますので、素朴な話題になるようにスライドをつくりなおしてみました。

最初は計算科学の話です。流体音、フルートからなぜ音が出るのかということです。楽器な

ので音を変えますね。吹きながらフィンガリングをする。これは、まだきちんと計算できていない問題なのです。こんなこともまだできていないのが、われわれです。

計算は、計算機がきちんとつくられているからできるのであって、計算機を対象とした科学があります。フィンガリングなどをしようとすると、フルートのパッドを閉じているときと開いているときとでは、トポロジー（topology）が変わるのです。流体の計算をするときは、空間をこまかく切って計算する（メッシュ図）のですが、閉じたときは管と指のパッドがあるところがつながっているわけです。開けた瞬間に、前になかったものがメッシュに入りこむ。そういうところは微妙な問題がたくさんあって、そう簡単にできるものではない。

次に、計算機科学です。われわれがユーザとしてきちんと計算機を使えるようにするために、資源管理をします。プロセスは、動いているプログラムのことです。ストレージは、ハードディスクやUSBメモリのようにデータを溜めるところです。あとはネットワーク。ユーザも管理対象になっています。

ちょっと前まではこのへんで話を閉じていましたが、昨今はビッグデータ（Big Data）やクラウドが情報インフラとして出てきて、計算機科学だけでは話が収まらないところにきています。

資源管理をするのですが、どちらかというとメタな感じです。たとえば、HPCIでしたら、各大学が計算機をたくさんもっています。それらがどういう状態になっているのかということの把握と管理と、スライドに書いています。

あとは、ビッグデータなどのサイバー・フィジカル・システム（Cyber Physical System、CPS）というものがあります。どういうものかというと、遠隔地にいろいろ置いてあるセンサからどんどんデータが集まってくる。これらを利用して、リアルタイムをまたほかのところで使いましょうと。

いま研究プロジェクトとしてあがっているのは、やはり医療系が多いです。患者さんに、いろいろと状態をモニタリングする機器をつけています。ふだんはふつうに生活していただく。なにか変動が起こったら、移動クラウドにデータがあがって、主治医のところに情報がゆく。そういうシステムをつくろうというプロジェクトがいくつかあります。交通量に関するものも多いです。このへんが盛んになって、予算がとりやすいこともあって、雨後の竹の子のようにボコボコと出てきています。

「これ、大丈夫かなあ」とぼくがいつも思うのは、こういうインフラは止められないということです。インフラとして深く日常生活に入りこんだら、止められないのです。しかし、いまのコンピュータのシステムは、止めずにずっと連続運転してゆけますかと。

いちばん困るのは、OSのアップデートなどをするときです。ソフトウェアは、どんどんバグを修正して、機能を強化して、どんどん更新してゆく。そのときはプログラムを

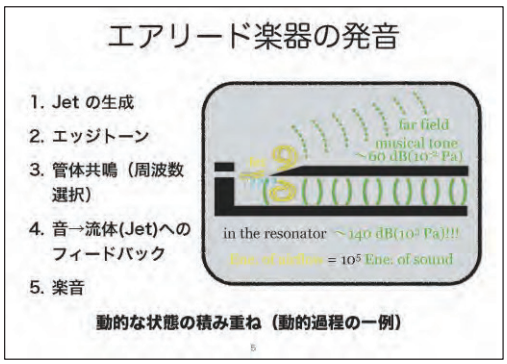
止めますね。OS を入れ替えるときは、パソコンを落とします。そういうことができない状況のことを考えないといけないのに、不思議と議論されていない。大丈夫かなと思っています。

具体的で素朴な話をしていますが、けっきょくどうなのかというと、動的な話――ユーザがどのように計算機を使うのかというのを予測するのは不可能ですね。不確定なものに、どのように対応してゆくのか。そういうことをお話しし、議論するということです。では、具体的な話に入ります。

◇スライド 4「計算科学」

フルートの音がどうして出るのかという話です。ここからしばらくは、気軽に楽しんでいただけるかと思います。フルートそのものは唇が入るためにむずかしいので、リコーダーをモデルにして計算します。リコーダーは、たんにフッと吹けば音が出るので、そうむずかしいことは起こっていないとは思うのですが。

◇スライド 5「エアリード楽器の発音」



最初は、フッと吹きます。吹くと、歌口にジェット（jet）が出ます。ジェットが出て、反対側のエッジのところにぶつかる。すると、それだけでパタパタと振動するようになります。そこから出てくる音をエッジトーン（Edge Tone）とよびます。

ここで､最初に音らしきものが出るわけです。いったん音が出たら、楽器には管体がついているので、そこで共鳴して、周波数選択が行なわれる。肝になるのはここです。音が戻ってきて、なにかしらジェットに影響を与えないと安定した楽器にはならないのです。なにかしらのフィードバックがある。

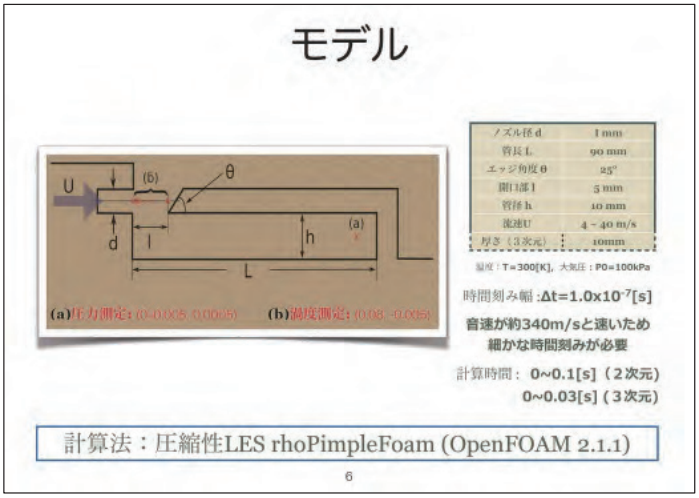
フィードバックがあったら、また 1、2、3 と戻るのです。図のようにグルグル回っている。これのおこぼれのようなもので楽音が出る。だいたい五つの動的状態の組みあわせ・重なりあいでリコーダーから音が出る。

ひとつ言っておきたいのは、ふだんわれわれが聞いている楽音は、音の強さとしてはだいたい 60dB くらいの音です。フルのオーケストラで 120dB くらいです。共鳴管体内の音圧線は 140dB くらいなので、ここに耳をおいたらすぐに鼓膜が破れるくらいの音で

す。

こういう状況でも、ジェットがもっている流体としてのエネルギーと音場のエネルギーをくらべてみると、5 ケタくらいの差があるのです。流体の計算をしている人だったらわかると思うのですが、5 ケタも小さいものは、ゴミみたいなものでふつうはまともに相手にしないのですが、そういうものが効いてくる。こういう単純な話でも、動的状態の積み重ねであり動的過程として捉えないと、なんで音が出ているのかということは「たしかにそうだ」と納得できるところまではいかない。

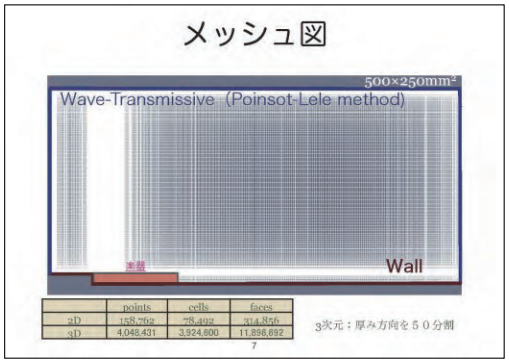
◇ スライド 6「モデル」



ここから先は、このように計算できたというものを楽しんでいただこうと思います。このようにモデルを切って、もともとこのあたりの構造が微細なことと、音波をあつかわなくてはいけないので、メッシュの幅は 0.1mm です。すると、音が 340m/s でゆくので、クーラン条件から、時間刻みも 10 の 7 乗、8 乗で進めないといけない。たとえば、ピーという音を 1 秒間出そうとすると、すごいステップスになる。

◇スライド 7「メッシュ図」

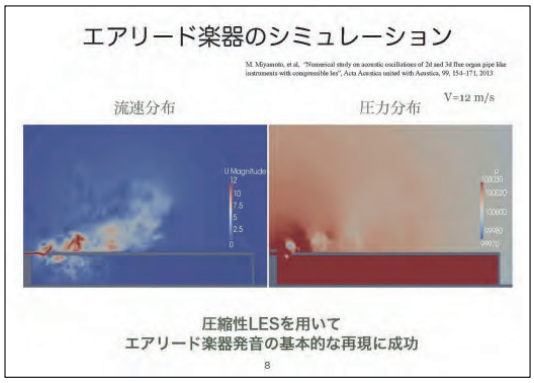
このようにメッシュを切ります。まわりが透過壁で、下が壁で、左下に楽器を置くというようなものでします。なぜこんなにまわりの空間が広いのかというと、かなり音がでるのですが、10 の 8 乗セットくらいの長い計算をすると、こういうところでどうしても反射するのです。積もり積もって、いろいろとお



かしなことを起こすので、ここをある程度広くとって計算せざるをえない。やってみると、こんな感じです。三次元の計算をまん中でスパッと切ったかたちです。

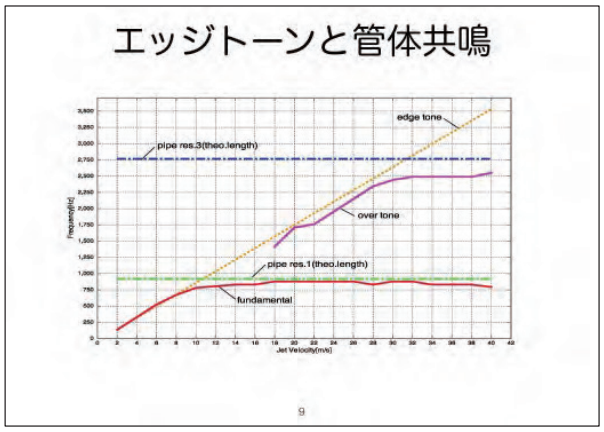
◇スライド 8「エアリード楽器のシミュレーション」

左側が流速です。このようにジェットが出ている。右のほうが圧力分布で、赤くなったり青くなったりしているところから、きちんと発振していることがわかると思います。いちおう、ここまでは基本的な条件をそろえれば出てくるのです。ここから研究開始ということです。



◇スライド 9「エッジトーンと管体共鳴」

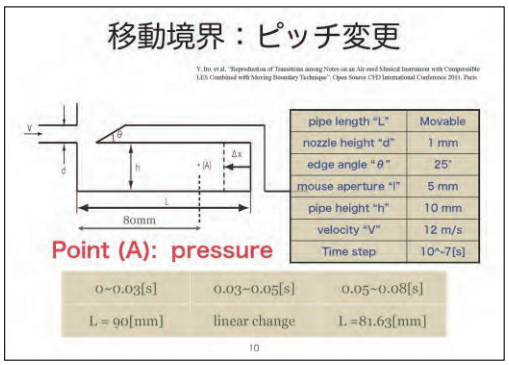
エッジトーンと管体から戻ってきた音との相互作用で楽音が決まるという話をしましたが、それを出したのがこの図です。横軸はジェットの速度で、縦軸が周波数です。管体をつけずにエッジトーンだけにすると、ずっと線形に上がってゆきます。ですが、楽器で管体がついていると、管体の共鳴周波数がどんどんと来ます。



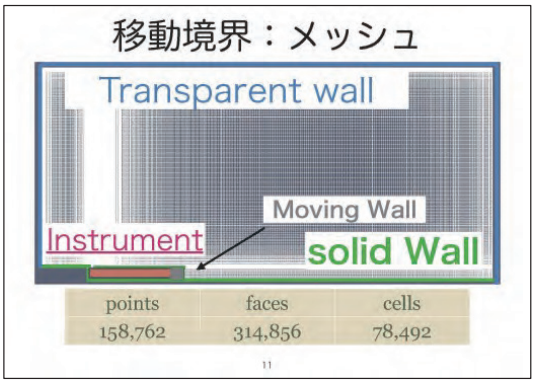
楽器でジェットを入れてゆくと、きちんとこれに沿ったところに管体の共鳴周波数にロックしてゆく。ロックするということは、たんにエッジトーンのまま振動しているのではなく、なにかしらエッジトーンに制御がフィードバックされているということです。

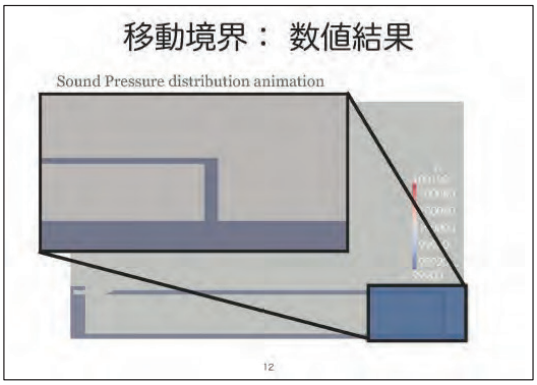
◇スライド 10「移動境界：ピッチ変更」

楽器なので、ピッチを変えたいと。端のところをちょっと短くして、ピッチが上がるかどうかが計算できるかを試してみます。同じようにメッシュを組んで、この部分をギュッと動かすということをしています。



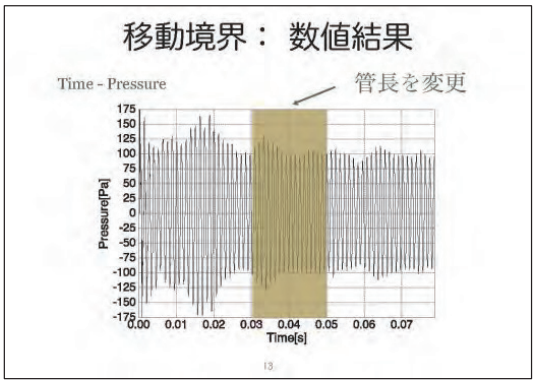
◇ スライド 11「移動境界：メッシュ」、スライド 12「移動境界：数値結果（図）」

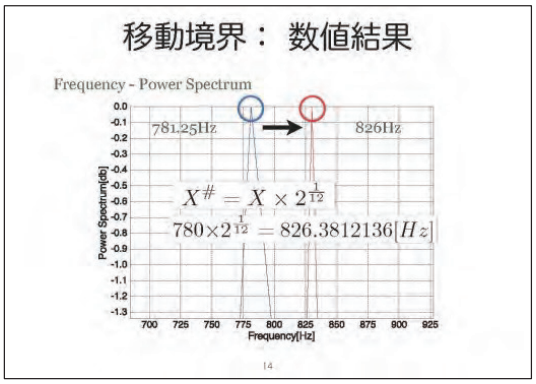




計算しながら、途中でだんだん短くなっている。この壁がぶあつくなっているのをご覧いただいていますが、このようにして計算してみました。これは時間発展で、縦軸部分も圧力をとっています。このように音が出ている。管長を変えた部分がこの部分です。

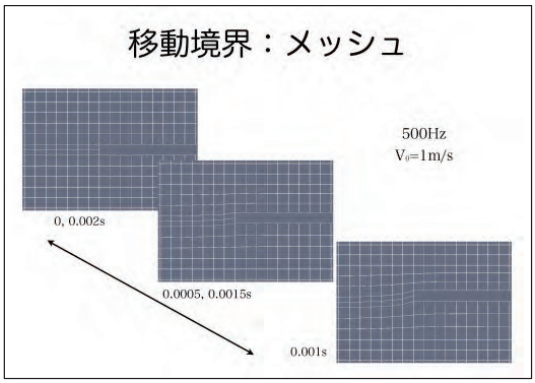
◇スライド 13「移動境界：数値結果（スペクトルグラフ 1）」、スライド 14「移動境界：数値結果（スペクトルグラフ 2）」

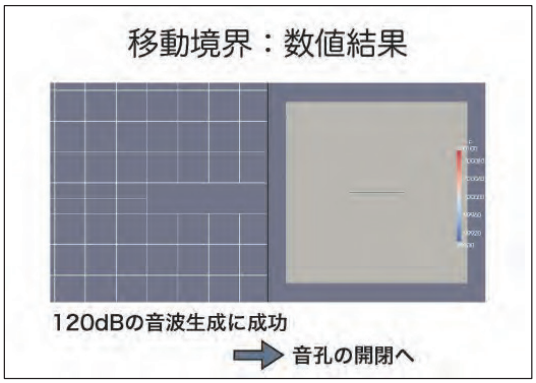




管の長さを変える前と後で周波数スペクトルをとってみると、きちんと半音ぶん変わっていた。これは、理論予測どおりに条件を変えてみて、ほんとうにそうなるかどうかの確認なので、そのとおりになっています。最後に、ちゃんと音孔の開け閉めまでしなければいけない。どのようにメッシュを動かすのかをいろいろとやっています。

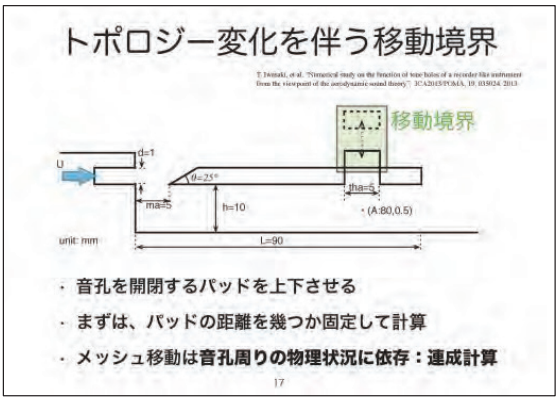
◇スライド 15「移動境界：メッシュ」、スライド 16「移動境界：数値結果（メッシュの一部）」





音場の強いところでもちゃんと計算できるスキームかどうかということのチェックが、いま終わったところです。120dB の音波を出すというメッシュの切り方、移動のしかたが目についた。

◇スライド 17「トポロジー変化を伴う移動境界」

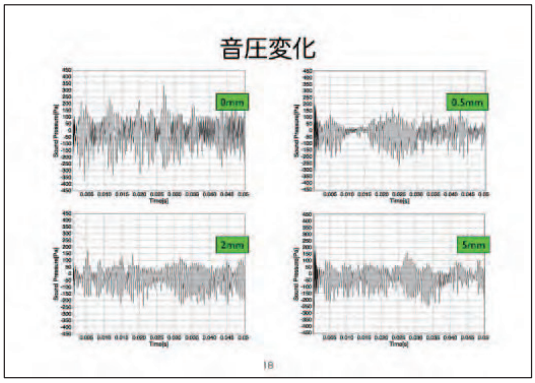


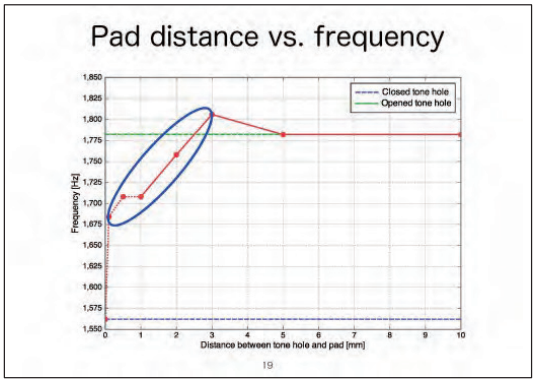
図のようなかたちになっていて、薄緑色の部分を上げ下げします。まずは、これを連続的に上げ下げするのではなくて、ある決まった位置に置いて、それぞれ計算をしてみて、きちんと発振するかどうか。メッシュ移動は計算しないときはよいのですが、計算するとこのあたりにいろいろと流体の運動が出ます。渦も出ます。そういうものをきちんと考慮してメッシュを移動しないと、不自然なことが簡単に起こります。

とくに、閉じたり開けたりする瞬間は、どんなにがんばっても衝撃波が待っています。そういうところをきちんと処理しようとすると、一つのこういうソルバ（solver）だけではなくて、そういうものを処理する別のプログラムを同時に走らせて連携させることをしなければいけません。連成計算というのですが、まだ標準的な方法というか、「こうすればいい」というようなものがない対象です。

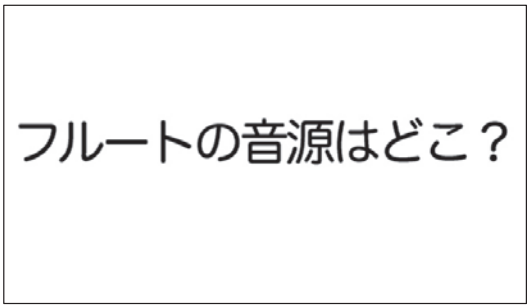
◇スライド 18「音圧変化」、スライド 19「Pad distance vs. frequency」

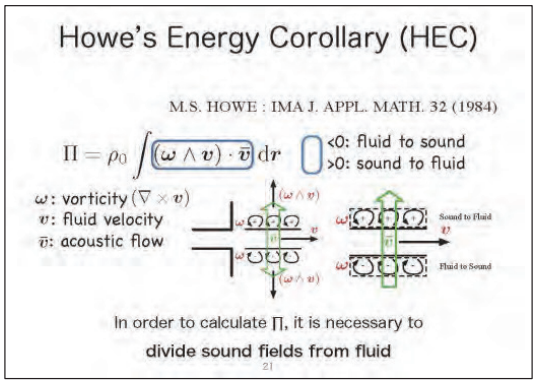
音圧変化を出してみると、横軸が楽器とパッドのあいだの距離です。閉じている場合、1mm、2mm、3mm、4mm、5mm となっている。だいたい 3mm くらい開ければ、音孔は開いているとみなせるところまで動いています。





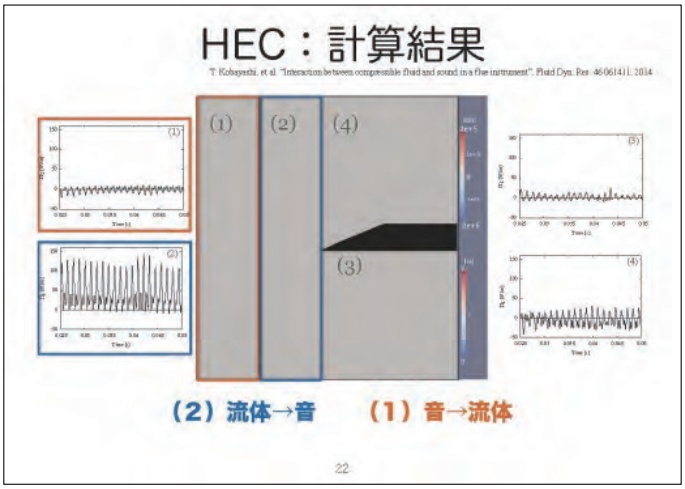
◇スライド 20「フルートの音源はどこ？ 」、スライド 21「Howe's Energy Corollary」





ご覧いただくものの最後として、フルートの音源はどこかというところまできました。これはハウズ・エナジー・コロラリー（Howe's Energy Corollary、HEC）というものです。どういうものかというと、式はここだけでよいです。渦度と流速との外積をとって、音響的流出速度（音波）の内積をとると、これが負のときは流体から音にエネルギーが移っています。逆に正の場合は、音から流体にエネルギーが移っています。そういうことを、マイケル・ハウ（Michael Howe）という人が 1984 年に唱えました。これはまだ確かめていないので、ほんとうかどうか検証も兼ねてじっさいにやってみました。

◇スライド 22「HEC: 計算結果」

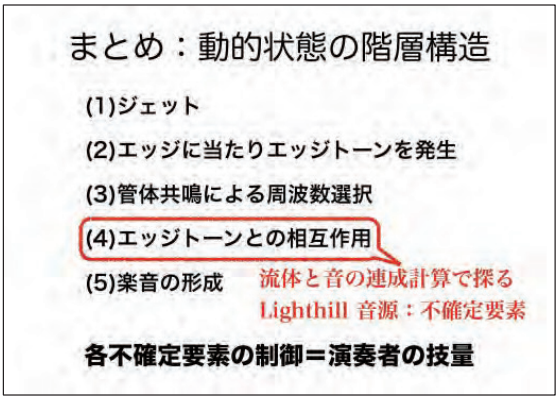


これはリコーダーの歌口の部分を大きくとったものです。領域を 1、2、3、4 の部分に分けて、おのおの HEC の積分をしたものです。

グラフをみるとおわかりいただけるのですが、流体から音のほうにエネルギーが移っているのは 2 の部分でした。逆に、1 の部分で音から流体にエネルギーが流れてゆく。音のエネルギーは 2 のところから注入されていて、管体で共鳴した周波数がジェットにフィードバックするところが 1 です。それ以外の場所があるかといわれたらないので、それはそうだという結果なのです。

◇スライド 23「まとめ：動的状態の階層構造」

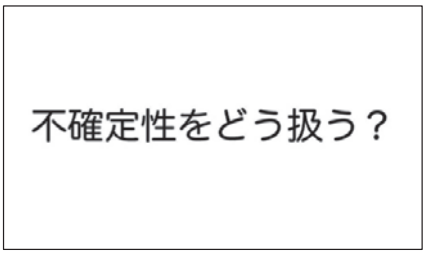
まとめです。リコーダーから音を出すというだけの簡単なことでも、最初にジェットをつくって、それからエッジトーンが出て、その音が管体共鳴して、周波数選択されて、それがまたエッジトーンを制御する。そのおこぼれで楽音が出る。これだけの動的状態の重ねあわせで音が出ているということがおわかりいただければよろしいかと思います。



これだけいろいろな動的なものがあると、不確定要素が各所にいろいろと入りこんでくるのです。これをどう制御するのかというのが、けっきょくは演奏者の技量である。素人が吹いた音とプロが吹いた音で、なぜあんなに音が違うのか。こういうことを知ろうと思ったら、動的なものがどういうものかをきちんと押さえないと議論ができないでしょう。

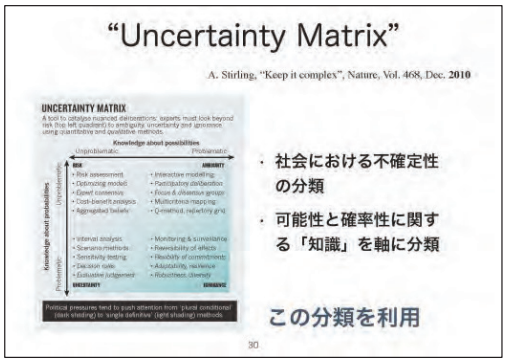
いま研究しているのがエッジトーンとの相互作用です。音は流体にとってのゴミみたいなものですが、音がどのように流体に影響をおよぼしているのか。これはまだわかっていません。これをいまずっとしています。

◇スライド 24「不確定性をどう扱うか」



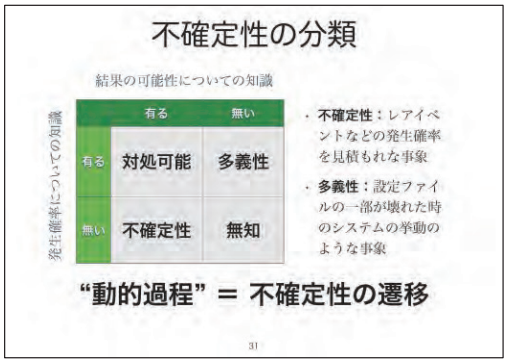
いちばん最初にお話したとおり、計算科学があって、計算機科学があって、情報インフラがある。三つくらい階層があるのですが、これらにずっと携わっています。なにが問題になるかというと、不定性がどうしても出てくるのです。動的なものは不定性のかたまりですが、これをどうあつかうのかという問題がつねにあります。これに対して仕事をするのですが、ほとんど対症療法ばかりのような気がするのです。そもそも論をしてみようと思います。

◇スライド 30「Uncertainty Matrix」



不定性というものをどのように捉えたらよいのでしょうか。科学技術社会論という分野で、アンドリュー・スターリング（Andrew Stirling）という人がいます。もともとは物理学者です。この人が、不確定性をどう分類するのかという考えを 2010 年に出してくれています。これであれこれといじっていたのですが、この枠組みで使ってみてみましょう。

◇スライド 31「不確定性の分類」



先ほどのスライドは英語で書いてあったので、わかりやすく捕捉します。二つの軸がありますが、横軸が結果の可能性についての知識があるかないか、行（縦軸）が発生確率についての知識で、マトリクスをつくっています。どちらもない場合を無知としております。

次の段です。多義性というのは、なかなかよい例がないのですが、たとえば、みなさんも計算機をお使いだと思います。ある設定ファイルがどこか一箇所壊れているとしましょう。

どこか設定ファイルが壊れたということはわかるが、この結果どのように計算機が変な動きをするのかは、どうなるのかわからない。こういうものを多義性というわけです。

不確定性というのは、これが起こればこういう結果になるということはわかるが、これがどのように起こるのかがわからない。動的過程は、こういう不確定性の遷移であるということもできるだろうと思っています。

◇スライド 32「不確定性と研究の営み」

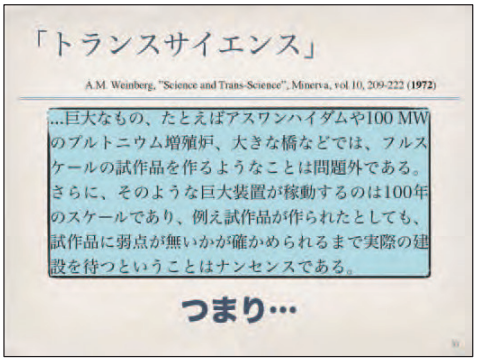
じっさいに自分自身をふり返ってみると、研究自身も最初はなんだかわからないから始めるのですね。最初は方向性もない。右下から始めます。たとえば、流体の計算をするのだったら、シミュレーションの設計を最初にします。流体だからナビエ-ストークス方程式を解けばよいでしょうというところまではよいのですが、それを解いてなにが出てくるのかということが、この段階ではわからないのです。

計算を始めると、いろいろと現象が出てきます。出てきても、どういうものなのかという分類はできないうちは左下です。ローカルなモデルをつくったりして理解が進んでゆくと、ぜんぶわかりますよという左上にゆく。

こんな一筋でゆくわけではなく、結果が出始めると、思ってもいなかったようなものがゾロゾロと出てくるのです。「なんじゃこりゃ」というように出てきます。すると、これはなんなのだろうということをみるために、振り出しに戻ったりして、グルグルと回る。だいたい研究を進めてゆくと、わからないことが次つぎと出てくるので、ずっとこういう環のなかにいるという見方もできそうです。

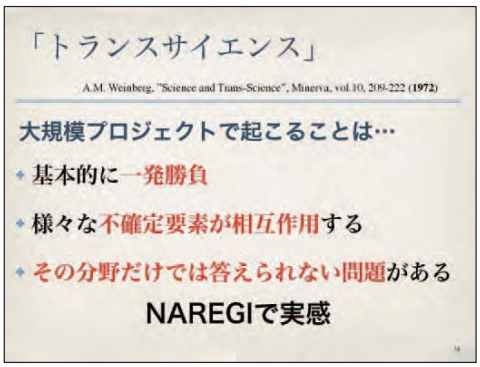
◇スライド 33「トランスサイエンス 1」

ここまでは、個々人の研究者の話で済むのでよいのですが、情報インフラなどに話がゆくと、ちょっと困るのです。プロジェクトが大規模になってくると――これも科学技術社会論の分野の話ですが、トランスサイエンス（Trans-Science）ということばがあります。1972年にアルヴィン・ワインバーグ（Alvin Weinberg）が述べた話です。そのなかから抜粋すると、「巨大なもの、たとえばアスワンハイダムや100MWのプルトニウム増殖炉、大きな橋などでは、フルスケールの試作品



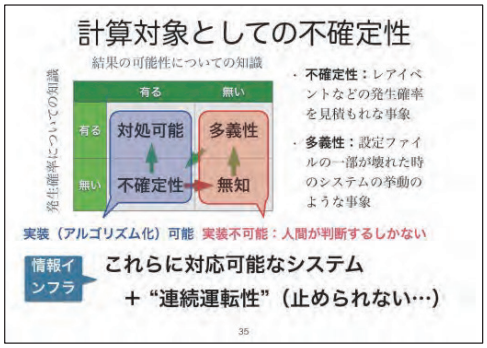
を作るようなことは問題外である。さらに、そのような巨大装置が稼動するのは100年のスケールであり、たとえ試作品がつくられたとしても、試作品に弱点が無いかが確かめられるまで実際の建設を待つことはナンセンスである」と。

◇スライド34「トランスサイエンス2」



そのとおりなのですが、じっさいに大規模なプロジェクトで起こることは、基本的に一発勝負なのです。失敗するかどうかは、やってみるまでわからない。さまざまな不確定要素が相互作用して、状況を切り分けることが困難なことがずっと起こります。「こういうことをするのだったらこういう専門家を集めればよいだろう」と最初に想定して始めても、これだけではいけない問題がなかから出てくる。

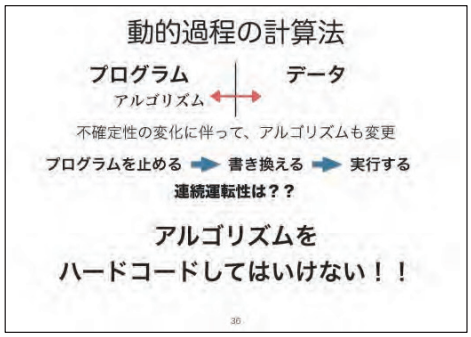
◇スライド35「計算対象としての不確定性」



これは私自身がじっさいに計算機グリッドのプロジェクトに関わって実感したことです。計算のほうに戻ると、どういうことがいえるか。マトリクスの左側はアルゴリズム化できるので、プログラムにすることができる。しかし、右側はできないのです。しかし、プロジェクトが始まるときは右側から始まりますね。こういうところで、大規模プロジェクトはシステム設計をしなくてはならないのです。では、どうするか。

これらに対応可能なシステムを考えないといけないわけです。けれども、いまなされているのは――NAREGIのときもそうでしたが、「こういう機能が要りますね、ああいう機能も要りますね、こういうのも要りますね」と機能をダーッと並べてゆく。そして「それをつくりましょう」と。これで機能は列挙されるでしょうが、機能をどう機能させるのか。集めた機能をどのようにしたらきちんと組みあわさって、サービスとして機能するのか。どう機能させるのかという話は、まったく出ないのです。それだけでもたいへんなのに、日常に入りこんできている情報インフラの根幹は連続運転性を求められている。こういうことで大問題が起こっているわけです。

◇スライド36「動的過程の計算法」



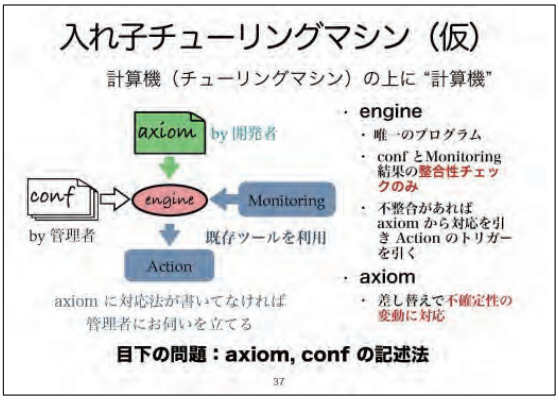
では、どうすればよいのか。じっさいにプログラムで計算機を動かすしかないのです。プログラムがあって、生データがあって、動かすためのアルゴリズムを考えます。これをどうするかといったら、プログラムのなかに埋めこんで書くのです。

書くとどうなるか。プログラムを動かすと、いろいろと予期しない状況が出てくる。これに対応するために、またアルゴリズムを修正する。修正したアルゴリズムを動かすためになにをしなければいけないかというと、プログラムを止めるしかしようがないのです。止めて、書き換えて、もう一回動かします。

いまは、ほとんどがこのやり方です。だから、じっさいの現場のSE（システム・エンジニア）さんはひじょうな忙しさで過労死寸前の人が数多くいます。これに、さらに連続運転性という問題が被さろうとしています。現場のSEさんは、ほんとうにたいへんな顔をしています。

結局ここからいえることは、インフラになるような連続運転性を担保しなければならないものというのは、アルゴリズムをハードコード（hard-code）してはいけないということです。プログラムのなかにアルゴリズムを書いてはいけない。

◇スライド37「入れ子チューリングマシン（仮）」



それで、どうするか。私が3年くらい前から言っていることなのですが、計算機のうえに、もう1回計算機をのせようという話です。仮想化技術があるではないかということにもなりますが、これは計算機を仮想化するというよりも、計算環境そのものをもってくるものなので、ぜんぜん考えが違います。計算環境そのものというのは、要らないものまでいっしょにきてしまう。むだが多い。

どうするかというと、まずエンジンがあって、これになにを食わせるかというと、アキソム（axiom）というたいそうな名前をつけましたが、ルールを書いたものだと思ってください。ルールを規定したものを用意しておく。じっさいに動かすときには、こういう条件で動かしましょうというコンフィグレーション（configuration、conf）を指定しておく。

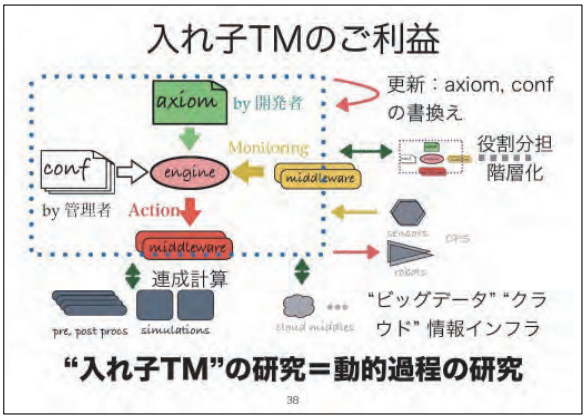
あとは、対象となる系をモニタリングします。もしも、想定している状態と違ったら、なにかアクションを起こしましょう。こういう構造にしておけば、エンジンは軽く済みます。チューリングマシン（Turing Machine）そのもののようなもので充分です。エンジンがするものは、このコンフィグレーションとモニタリングの結果です。系の状態と、そうあってほしいというように書かれたコンフィグレーション・ファイルとのあいだの整合性をチェックするだけです。不整合があれば、ルールからこうしましょうというアクションを引いてくる。そうしてくれるツールは、プログラムにいくつかあるので、そういうもののトリガーを引く。

コンフィグレーションは、これまでも動かしながら書いてこられたのですが、アキソムも動かし続けながら書き換えることができるのです。ルールに書いていないことに関しては、書いていないというアクションを起せばよい。そうすれば、人があらためて対応する。

これでいろいろとおもちゃのようなものをつくってやっています。おもちゃのようなものと言いましたが、次の5年間で七帝大のあいだを継ぐインタークラウド（intercloud）の管理ツールとしてつくらなくてはならないものなのです。こういうものに向けて、いましています。

目下の問題はなにかというと、アキソムと書いたはよいのですが、まだ絵に描いた餅なのです。どのように書けばきちんとシステムが回るかというところが、むずかしいです。こういうものをつくっておくとなにがよいか。自己言及的なことができるようになる。動かしながら、自分自身を変えることができるようになる。

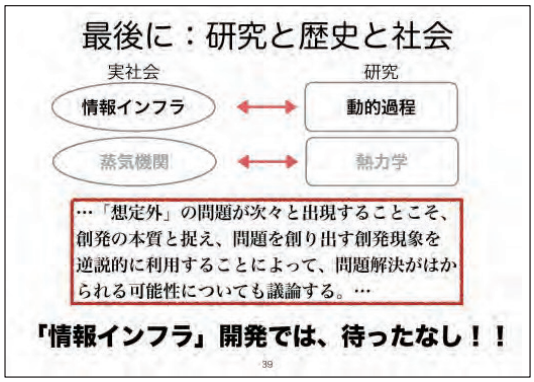
◇スライド38「入れ子TMのご利益」



自分自身の分身のようなものを役割分担して置いておき、階層化することもできるし、ほかのところに置いておき、移すこともできる。あとはセンサとロボット、あるいはクラウドなどで、ビッグデータやクラウドなどのアセンブリもつかいます。連成計算のエンジンにもこういうものがつかえます。状況が刻一刻と変わるところで、対応する。

なぜ、このような研究を数年来していたかというと、こういう構造やエンジンを考えることが動的過程の研究とオーバーラップしているところが多いからだろうという気がします。

◇スライド39「最後に：研究と歴史と社会」



最後です。ぼくは理学の出身ですが、情報インフラなどと関わると、また見方が変わってきました。蒸気機関と電磁力学の関係は、われわれが昨日きょうと議論しているところと実社会のインフラに入りこもうとしている技術とのあいだの関係に似ているように感じます。

プログラムのあたまにありますが、「想定外の問題が次つぎと出現することこそ、創発の本質と捉え、問題を創り出す創発現象を逆説的に利用することによって、問題解決がはかられる可能性についても議論する」と。これが、じっさいに待ったなしの状況になっているように思います。このままゆくと、現場の人間が何人過労死したらよいのだろうというような、ぜんぶ現場に問題を押しつけるようなかたちでドーッと進んでいます。こういう状態で、いろいろなプロジェクトがどんどん進んでいます。

昨日、佐々木節さんが「ゆっくりやって失敗してもいいよ」とおっしゃっていましたが、こういう研究会の成果が切実に待ち望まれている分野があるのだと。これがみなさんの日常生活に深く関わっているのだと。こういう世界があるのだということをご承知いただければ幸いです。以上です。

三輪●ありがとうございました。

A氏●すごく賛成するのですが。ちょっと気になるのは、このようなことをしているのはグーグル（Google Inc.）だから、言ってもしようがないのではないかというのが正直な話なのですが。

ぼくは、何年か前にグーグルのヘッドクオーターに行きました。まさに、24時間365日止まらないようにしていました。言うのは勝手だけれども、グーグルがこれをガンガンとしているのです。だから、これは問題にならないということが問題なのではないですか。

小林●なるほど。一つ、だいじな話があって。グーグルならグーグル——どこでもよいのですが、ひと企業でしているということは、つまりイントラなのですね。

A氏●それを問題にするのではなくて、ここで力学的な問題があるとするのならば、ページランク（PageRank）にしてもGSS（Google Site Search）にしても、そういうアプリを開発して、なかを走っているソフトウェアと関係なく、ハードウェアのうえでソフトウェアを24時間止まらずに走らせることをグーグルがしている。

だから、そういうことはグーグルが解決してまわしてしまっている。そういう意味では、

プラクティカルな問題として考えなくてはいけない。もうなされている問題なので、これをいま問題とするのは、なんとなくアウト・オブ・デートな気がしてしまうのです。そのへんはどうですか。

小林●逆にこういうものが情報のアカデミアのところでまったく出てこない。

A氏●情報のアカデミアというところが気になっているのです。

小林●そうです。私が言ったのはそういうことです。

A氏●そんなものがあるのかということが問題です。もう一つは、最後のお話はバーチャル・マシン（Virtual Machine、仮想機械）でガンガンつかっているではないですか。

基本的に情報のアカデミアという問題は、いま実行されている問題だと思うのです。机上の空論的な問題は、もう…。だからこそグーグルは偉いのですが。ディープラーニング（Deep Learning）もそうです。アカデミアで考える前に走って、論文にする前にブログにあげてしまっている。24時間ノンストップでと考えているあいだにシステムをものすごい量で構築して世界をつくっているというのが現状だと思うのですが、そうは思われませんか。

小林●もちろん、技術はあるなと思います。バーチャル・マシンを止めずにする技術があるということはわかるのですが。同じものを、ほかのところにライブ・マイグレーション（Live Migration）して、動かしながら変えることができるということはわかります。しかし、ウェブでなにかサービスをつかっているとして、サービスを止めずになかをバージョンアップすることは無理ですね。

A氏●たとえば、Gmailなども日常のものではないですか。鉛筆や水道のようなものになっているのです。小林さんのお話は「もっとよい水を」みたいなセカンド・オーダーの話のように聞こえてしまったのです。ファースト・オーダーでつくったグーグルが偉くて、それでもう既に世界が統一されてしまっています。「もうちょっとおいしい水を飲みたいよね」というような話に聞こえるのですよ。

基本的な部分は構築されてしまったのです。情報科学などで、大学で研究するものはなにが残っているのか。あるいはアカデミアとして研究するものは、ほんとうにあるのかということが問題になっているのではないですか。

たとえば、計算パワーが追いつかない。でも、それとは別にグーグルがつくったページランクやグーグルボットから始まって、いまおっしゃったことを実現して、走らせて、つくっているのです。だから、いまお話を聞いた結果は「でも、それはグーグルがやりましたよね」としか答えようがないような気がしてしまうのですが。

小林●いや、そうではないですね。

A氏●そうではない部分というのが、現実がわからないのですよ。

小林●なんと言ったらよいのでしょうね。24時間連続運転などの話はできているのですが、

そのしかたはこれまでの計算機のつかい方の延長線上ですよね。プログラムをどのように書いているのか、アルゴリズムをどのように計算機にのせるのか。みんなプログラムにコードを書いてしますよね。

しかし、これをしているかぎり、アルゴリズムが変わったらプログラム自体を変えなくてはいけない。それでもいいじゃないか、サービスがつかえたらいいじゃないかという話だったら、話はそれで終わります。けれども、こういう計算のしかたではなくて、動的なもの、不確定なものが出てきたときに、これらをどのように除くか。こういうことをするときに、プログラムさせておくのは判定するものだけにして、アルゴリズムもプログラムの外に出せばよい。

A氏●そもそも、ぼくがどうしてこの質問をしたかというと、前半の話はすごくおもしろくて、基本的な問題とも絡んでくる。ジェットがあって、どうやって求めるのかと。グーグルは、まさにこれと同じように、プラクティカルにGmailを送るという問題を、後半のお話のとおりに解いているわけです。

前半の問題のときに、すごい流体力学があって、境界線モードを書かなくてはいけないねといったら、抽象的でもそういう問題もあると思うが、フルートの問題にしたとたんに、ワーッと立ちあがるではないですか。

同じことをしたのがグーグルです。いまお話された感じは、なんとなくぼんやりしているではないですか。しかし、グーグルがまさにその問題に関して10年前に走らせて構築した構造が既にあるとぼくは思うのです。

小林●ご質問の意図を捉えきれているかどうか自信がないのですが、きょう私がしたような話をなぞったようなところがじっさいにできているかどうかというと、グーグルはかなりのことをしています。これは議論の余地がないです。

たとえば、軽くて高速に動くようなものがないと連成計算ができません。ns（ナノ秒）くらいのところでバーッとやりとりして、計算しないといけないものは、バーチャル・マシンのような重たいものではもちろんできない。軽くて小さなものがどうしても要る。

しかも、nsのオーダーで不確定要素に対するものを処理しようと思ったら、自己言及的なものをなにかしら入れないと無理でしょう。旧来のようにアルゴリズムをプログラムにダーッと書くというのはやめ、そろそろパラダイムを変えませんかということが言いたいところです。

三輪●まだ続きそうですが、終わります。どうもありがとうございます。

（了）

2. SPIRITS 対談

文部科学省による「研究大学強化促進事業」の一環として、京都大学が実施している「『知の越境』：融合チーム研究プログラム SPIRITS*」。平成 25 年度採択プロジェクトの報告書をまとめるにあたって、大きな実を結んだプロジェクトの中からお二人の研究代表者を招き、対談形式で京都大学の研究力などについて語り合ってもらった。

対談インタビューに登壇するのは、SPIRITS 学際型融合チーム研究の村瀬雅俊氏（基礎物理研究所）と国際型融合チーム研究の河野泰之氏（東南アジア研究所）。フィールドが全く異なる研究者があいまみえたとき、無秩序の中に秩序が見えてきた。

SPIRITS 対談

――今日はお忙しい中、ありがとうございます。まず、自己紹介をお願いします。

村瀬雅俊：基礎物理学研究所の村瀬です。幸い異分野の先生と出会う機会が多く、そのおかげで「未来創成学国際研究ユニットの設置」が実現しました。

河野泰之：東南アジア研究所（東南研）の河野です。僕の専門は農業技術ですが、文理融合の東南研では 20 人程度の教員が自然科学も人文科学も、社会科学もやる必要があります。私の場合は農業だけではなく林業や水産、あるいは森林保全も。最近では農村社会や農業発展、農業開発、あるいは自然資源管理の問題などですね。僕自身、以前から様々な分野の方と話したりプロジェクトを手がけたりするという環境で育ってきました。昨年度から部局長になり、他の部局長と頻繁に交流しています。会って議論する機会が多く、色々な部局の先生と知り合いになれるチャンスと考えています。

――そういったつながりが、より大きなプロジェクトを形成するきっかけになりますね。

河野：そうなんですよね。部局長のつながりはすごく大切。普段は事務的な話をしていることが多いのですが、研究推進においては、いざという時には大きな力を持って機能しますね。

河野泰之氏（左）、村瀬雅俊氏（右）

採択プロジェクトについて

――SPIRITS は、京都大学が文部科学省の「研究大学強化促進事業」に採択された時の、目玉プロジェクトです。いま日本で重要視されている国際化という点から「国際型」、誰も手がけていないことにあえてチャレンジする「京大らしい」パイオニア精神という点から「学際型」、ふたつの枠を作りました。

河野先生は国際型、村瀬先生は学際型で、課題が採択されました。河野先生は「東南アジア研究のための国際コンソーシアム SEASIA の始動」、村瀬先生は「統合創造学の創成－市民とともに京都からの発信－」という課題です。それぞれ、どんな内容だったのかを簡単に教えてください。

河野：東南アジア研究が盛んになったのは 1960 年代。東

*SPIRITS：Supporting Program for Interaction based Initiative Team Studies

西冷戦の主戦場となり、東南アジアを知る必要に迫られた、あるいは東南アジアにおける政治的な影響力を強めたいと考えた欧米列強によって発展しました。最近の中近東研究が活発なのと同じですね。そんなきっかけで始まった研究ですから、やはり主たる関心は地政学的な研究、あるいは投資対象としての東南アジアだった。
一方、同時期に始まった京都大学の東南アジア研究は、京大が元から持っている「探検心」というのでしょうか、「何でも見てやろう」という精神から、「東南アジアの社会はどんなもの？」、「自然環境はどうなってる？」、「生態系はどうなっていてどんな虫がいるんだろ？」という「探検」が発端だった。だから、世界の東南アジア研究の潮流が「国際的な大きな枠組みの中における東南アジアの政治的経済的意義は何か」だったのに対して、京大のそれは「東南アジア社会ってどんなところ？」という、地に足がついた「実体を把握する」ことから始まった。
また、東南アジア研究に関する国際的な組織は、欧米主導の学会が二つほどあるだけで、そこでしか東南アジア研究の専門家が成果を発表する場がない。そのため、学問の視点が欧米に由来するものに偏っていた。
しかし、地政学的な課題は地域研究のごく一部でしかない。日本を含む先進国は、ある程度の経済成長後に高齢化社会になって社会福祉制度が変わってきましたが、今の東南アジアは経済成長と社会の高齢化が同時に起こっていて、新しい課題がどんどん出てきている。そういった東南アジアや発展途上国が持つ共通の課題は、国際関係論の中で論じるのではなく、それぞれが独自で取り組む必要があると考えてきたので、欧米主導学会の主潮には、ずっと違和感をもっていました。
東南アジア社会が経済的に発展して豊かになり、大学や研究者が育って研究レベルが上がると、彼らは地域の問題を自分たちの課題として一生懸命に取り組んでくる。さらに、ASEAN 統合（ASEAN 経済共同体）を控えて、東南アジアの国々はお互いの隣国を見ながら自分たちをよくしようとして交流が進み、ASEAN 研究が盛んになってきた。この研究と僕らの研究は関心対象が近く、東南アジア研究の国際的な潮流を変えるべき時が来たな、と。そのためにも、日本と東南アジアが組んで新しい場を作ってそこに欧米を引き込み、今までのものを 180 度変えようと 4 ～ 5 年前から考えていました。
さらに、今の国際情勢を見ると、そこに中国と韓国も引き込むべきだと。東アジアから東南アジアにかけての一帯で、この地域の研究を牽引するんだという形で世界にアピールする場を作ろうと。その議論を重ねるために SPIRITS を使いました。結果として、2013 年 10 月に日本を含む 9 カ国 11 組織と「アジアにおける東南アジア研究コンソーシアム SEASIA」を結成し、第 1 回総会を 2015 年 12 月に京都で開催することになりました。これは、地域研究を世界の列強のための学問ではなく、各地域が自分たちの歴史的経緯、価値観、自然環境を踏まえて、それぞれが成長する道を探るためのものへと変えていきたいというもので、そのためのワンステップが SPIRITS で踏み出せた、と思います。

――すばらしい成果ですね。ありがとうございます。続いて、村瀬先生の「統合創造学の創成－市民とともに京都からの発信－」についてお願いします。

村瀬：はい。手元に SPIRITS 採択時の評価があります。実は B 評価でした（笑）。評価書には、「意欲的な研究プロジェクトであるが、申請者が主張する『単なる客観科学の延長を目視しない』という視座から、どのように研究成果を生み出していくのか、プロセスを明確にして研究を実施することが望まれる」と書かれていました。「客観的な科学を単に延長しない」と明記したのは、「論文が何本出ました」とか「特許をこれだけ取りました」といったことでアピールしたくなかったからです。
学際型なので、理系や文系など複数の分野をどんどんと取り入れたいと考えていました。たまたま 2013 年に、市民と大学をつなぐ窓口のような京都クオリア研究所の「クオリア AGORA」の運営委員を依頼され、そこで定期的に議論するうちに、大学を巻き込んだ形になりました。

秩序とカオス

村瀬：（ペンを取り出しながら）このペンを机の上に立てると、必ず倒れます。でも、手の上にペンを乗せてうまくフィードバックすると立った状態になる。つまり、人間がフィードバックを与えると、秩序のないところから秩序を創れて、しかもその秩序がまた壊れることもあるのです。
この現象は、実は株の乱高下の時に秩序化が起こっているのと同じです。株価が一気に上がったり下がったりするというのは、みんなが一斉に「株を買う」、「株を売る」という、同じ行為をとっている状況で、秩序化が起こっています。秩序がないところから秩序が生まれるというのは、フィードバックがあって棒を立てるのと全く同じで、物理現象と経済現象の本質がひとつの原理で表せる。複雑なシステムが自律的に、外力なしで秩序を創って、また壊す。実はそれがカオスです。私たちの心臓の拍動も、周期的ではなくカオス的です。そのため、外の世界で起こる想定外の状況に対応できるのです。生体システムは、フィードバックがあるために、自律的に秩序を創ったり壊したりする。このように眺めてくると、物理と経済、医学の世界が、何かひとつのキーワードに収まることに気づきます。その本質は「創造的破壊」です。創ることと壊れることは、コインの裏表という見方ができる

わけです。
病気の自然治癒も同じで、調子が悪いからといってすぐに薬を飲まなくとも、自然に治ることが多い。つまり、システムにあえて外から外力を加えなくとも、システムが自律的にもとの状態に戻ることがある。つまり、放置していても秩序が生まれたり壊れたりするのであれば、「外から力を加えなくても自律的に働くダイナミズム」を理解する必要がある。それがシステムの違いによらずに普遍的であれば、異なる学問領域において、何らかの共通した本質が見えてくるに違いない。このような観点をもとに、「統合創造学の創成」プロジェクトを推進しました。
SPIRITS 学際型のキーワード「未踏領域・未科学」に僕自身が惹かれていたところ、基礎物理研究所の佐々木所長から、「未踏科学ユニット」の設置の話がきました。SPIRITS と同じキーワードでユニットの構想があったことから所長が連絡した次第です。京都大学の理念のひとつである「未踏領域・未科学」を「未来創成学」として全面的に打ち出す形で提案し、皆さんの協力もあって思いがけない展開で進みました。この展開は、客観科学の延長ではなかったと思っています（笑）。

――ありがとうございました。今のお話で、SPIRITS が役立ったということが実感できました。

無秩序＝秩序？

河野：ひとつ聞かせてもらっていいですか？

村瀬：どうぞ。

河野：株価が下がるときが「秩序がある」のですね？

村瀬:そうです。みんなの行為が同時に「売り」なら「売り」一色になりますよね。

河野:ええ。だけど、普通は「株価が安定する」と言うのは、会社の業績に対する評価がそれなりに決まった状態で、株の購入者たちの評価が大体同じだから、株価は安定する。
村瀬:あ、そこの解釈が違って。平均すると一定というのは、買う人と売る人の両方がいて、平均すると一定なわけで。
河野：あ、そうか。
村瀬：平均しても下がる、もしくは上がるというのは、どちらかのポピュレーションが圧倒的に多いから、その意味で秩序がある。

河野：なるほど。例えばベトナムの場合、ベトナム戦争中は森林伐採が起きない。ところが、戦争が終わったら木材需要が一気に高まって、人々がどんどん木を切る。戦争が終わった直後は政府の新しい体制が整っていないから、地方行政なんかまったく機能していない。だけどマーケットは急に動き出す。だから、戦争直後は森林を守るための規制は意味がなく、森林面積がいきなり減る。これは、僕らから見るとガバナンスの崩壊ですよね。つまり、秩序が崩壊している。だから、森林面積が一気に減少するときは秩序が崩壊していると見る訳ですが、全然違うんですね？

村瀬：はい。同じ現象ですが、人の行為に限れば「木を切る」のも「株を売る」のも一緒で、その時は人の行為はみんな連動していて、それを「秩序がある」と見ます。だけど、もう少し高次、全体の視点から見ると、同じ現象が「秩序の崩壊」に見えるので、同じ現象だけども見方によって違って見える。

河野：なるほどね。秩序っていうのは難しい言葉ですねえ。

村瀬：そうなんです。秩序といいながら実は無秩序だったり（笑）。

――別の機会に、ぜひ「秩序」の話をゆっくりとお聞かせいただきたいですね。

――河野先生の SEASIA は、科学技術振興機構（JST）が採択した課題「日 ASEAN 科学技術イノベーション共同研究拠点―持続可能開発研究の推進」と関係があるように思えますが、いかがでしょうか。

河野:実は、これから連携をとる必要があると思っています。これまで、東南アジア各地の大学と多くの交流がありますが、縦割り組織なところが多いんですよ（笑）。京大は各分野においてすばらしい研究が多いだけではなく、それぞれが横とつなげることができるという実績がある。いろいろな研究プロジェクトが縦横につながって進められてきたことは、誇るべき財産です。その過程で学んできたノウハウは、もっと多くの人々と共有すべきだと思います。だから、日本と ASEAN の科学技術コミュニティーと、僕たちが今まで築いてきた人文社会系のコミュニティーを京大が仲介役になってつなげることによって、（JST に採択された課題を）単に科学技術研究だけでない、大きな社会発展研究として展開する必要があると考えています。幸いなことに、京大の東南研が音頭取りとなることで、SEASIA を通じて色々な人がつながってきた。まさに、SEASIA が創ったネットワークを活用できると思います。

――この国際共同拠点の事業はオールジャパン体制で取り組むものですので、京大の中だけでなくて、他の大学と一緒にやるということがありますから、今回の SPIRITS 事業での研究ネットワークとは最初は少し違うのかもしれませ

んが、今後うまく横をつなぐことで発展が期待できるかな、と思いました。

村瀬：河野先生のお話にあった「横のつながり」というのは、実は「雪崩現象」が起こる時に見られるものなんです。雪がまわりとつながることでひとつになり、雪崩になる。

河野：なるほど。

村瀬：だから、まさに学問や人間社会でも、急成長したり新しい組織ができたりするときは、横のつながりができはじめていて、新しい秩序が生まれつつある。でも、そうなると、それまでのあった別の秩序は壊れちゃうんですが。

河野：なるほどねぇ。うんうん。

村瀬：だから、スケールは変わるんですが、原理は同じなんですよ。だからといって、意識してできるものではないけれど。

河野：そうですよね。

SPIRITS について

――SPIRITS の予算はそれほど潤沢ではありませんが、支援したプロジェクトが発展しているというのはとても嬉しいですね。今後の SPIRITS 事業をより良くするために、支援を受けたお二人から、SPIRITS へのフィードバックをいただけますか。

河野：予算規模は大きい方がいいに決まっていますが、SPIRITS がするべきことは大きな予算を手当てすることではないと思います。お金って「呼び水」みたいなもので、人を集める機能もある。いろいろな人が集まって議論できるきっかけになるから、予算規模が小さいことはあまり問題にしなくていいのではないかな。小額でも、それを使って議論すれば、次のステップが出てくる可能性がある。

――ありがとうございます。

村瀬：よかった点は、ボトムアップだったところでしょうか。全教員に連絡がありましたし。トップダウンではなく自己責任で応募でき、アクションがとても取りやすいですね。（SPIRITS は）潜在的な研究の種が掘り起こせる可能性があるんじゃないでしょうか。その点で、先ほど河野先生が言われたように予算の額が多いか少ないかには関係なく、大学のプロジェクトとして認められていることが重要で、そのおかげで人が集まりやすくなりますし、何よりも元気がでます。

研究力とは

――この SPIRITS は、文部科学省による研究大学強化促進事業の目玉プロジェクトのひとつです。大学の「研究力」を上げていくという目標がありますが、先生にとって「大学の研究力」とは何か？考えをお聞かせください。

河野：その質問に直接の答えになるかどうか分からないけれども ... 今、僕らが目指していることは、京大を、同じような関心を持った世界中の研究者が「あそこに行って研究したいよね」と思ってもらえる場にすること。半年や 1 年という短い期間が終わった後でも、「やっぱりまた行きたい」って思ってもらえる場所。資料がたくさんあることや、大きな実験施設があることよりも、集まっている研究者と一緒にご飯を食べてお酒を飲んで、刺激的な議論をして、自分を変えていけるような、そんな場を維持していくというのが総合的な研究力かもしれないな、と思っているんです。そんなことも含めて、世界中の研究者がそこへ行って研究したいと思えるような場所が「研究力がある」所だと思います。
村瀬：河野先生のお話と関連しますが、人と人がつながればつながるほど、個人では不可能だったことができる。海外からも京都大学にこんな魅力ある研究組織があるというイメージができれば、ますます人が集まってくる。だから、雪崩現象的なことを人のレベルで作り出すことが「研究力」の鍵かな、と思いますね。

――お忙しい中、どうもありがとうございました。

河野、村瀬：ありがとうございました。

河野泰之（写真左）
東南アジア研究所
http://www.cseas.kyoto-u.ac.jp

村瀬雅俊（写真右）
京都大学基礎物理学研究所
http://www.nics.yukawa.kyoto-u.ac.jp

February 2016
No. 2016-001-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my Stay at the Kyoto Institute of Economic Research

Nicolas Schutz[1]
[1]University of Mannheim
E-mail: schutz@uni-mannheim.de

Abstract. This document is a report on my stay as a visiting fellow at the Kyoto Institute of Economic Research (KIER), financed by the International Research Unit of Advanced Future Studies. I describe my scientific activity at KIER, and provide a non-technical summary of a paper on multiproduct oligopoly pricing.

Keywords: Multiproduct Firms, Aggregative Games, Mergers, Discrete / Continuous Choice

1. Scientific activity

I worked as a visiting fellow at the Kyoto Institute of Economic Research (KIER) from December 16 2015 to February 1 2016. This research stay was financed by the International Research Unit of Advanced Future Studies. I would like to express my gratitude to the Kyoto Institute of Economic research for hosting me, to the International Research Unit of Advanced Future Studies for providing financial support, and to Professor Sekiguchi for inviting me.

During my stay at KIER, I had the opportunity to interact with numerous researchers, such as Professor Hara, Professor Kajii, Professor Sekiguchi, Professor Sano and Dr. Matsuda. I learnt a great deal about many fascinating topics, such as repeated games, auction theory, mechanism design and demand theory. I also received much feedback about my own research on aggregative games and potential games.

On December 24 2015, I presented a paper entitled "Multiproduct-Firm Oligopoly: An Aggregative Games approach" (joint with my colleague Volker Nocke) in the game theory seminar series at KIER. It was a valuable experience for me to present an oligopoly theory paper in front of a game theory audience. The feedback I received there has been instrumental in improving my work.

On January 8 2016, I traveled to the city of Nagoya to present my paper on multiproduct firms in the industrial organization seminar series at Nagoya University. There, I had the opportunity to interact with Professor Adachi and Professor Hanazono, who told me about exciting projects they are currently working on, on the welfare effects of third-degree price discrimination under oligopolistic competition, and on the impact of entry on the profitability of big firms and small firms.

2. Research output

I spent most of my time at KIER working on my paper on multiproduct firms (Nocke, 2015). In the following, I provide a non-technical summary of the main results we obtain in this paper.

2.1. Motivation

Multiproduct firms are very important players in the world economy. In the United States, they account for 91% of total output and 41% of the total number of firms (Bernard, 2010). In addition, many industries appear to be characterized by oligopolistic competition: For instance, in U.S. manufacturing, the average NAICS (North American Industry Classification System) 5-digit industry has a four-firm concentration ratio of about 35%, meaning that the four biggest firms account for 35% of total output. In light of these numbers, it seems to be of first-order importance to be able to analyze oligopolistic competition between multiproduct firms.

However, there is surprisingly little work on this topic in the literature, and much of the literature has focused on the special case where demand is linear (see, for instance, (Eckel, 2010)). The lack of results in the literature may be attributed to a number of technical difficulties, which are inherent to the study of pricing games with multiproduct firms. The first difficulty is the high dimensionality of the firms' strategy spaces: A multiproduct firm sets multiple prices. The second difficulty is that the firms' payoff functions often fail to be quasi-concave in own action. In fact, it is well known that quasi-concavity does not hold when the demand system has been derived from a standard multinomial logit model of choice ((Spady, 1984); (Hanson, 1996)). The third difficulty is that firms' action spaces are unbounded: In principle, a firm should be able to set any price it wants to set, including very high prices. While this issue can sometimes be addressed by finding upper bounds on the firms' best responses, this is not always feasible: For instance, with a constant elasticity of substitution (CES) demand system, the monopoly price is infinite, and the lowest upper bound is therefore infinite as well. The fourth difficulty is that payoff functions often fail to be supermodular or log-supermodular.

These difficulties imply that standard equilibrium existence theorems based on Kakutani or Tarski's fixed-point theorems ((Nash, 1951); (Milgrom, 1990); (Topkis, 1998)) cannot be applied. We develop a multiproduct oligopoly model that takes care of these issues.

2.2. Discrete / continuous choice

The first building block of our analysis is a new class of demand systems. We assume that each consumer makes consumption decisions as follows. The consumer first observes the prices of all products, and an additive taste shock for each product. The consumer then chooses the product that provides her with the highest indirect utility (taking taste shocks into account). After having chosen a product, say product i, the consumer decides how much of product i she wants to consume. Formally, this amount of consumption is computed by applying Roy's identity to the consumer's indirect utility function for product i. This two-tier process is called a discrete / continuous choice model of consumer demand (discrete because the consumer chooses only one product; continuous because the consumer can adjust her consumption of this product).

Under the assumption that the taste shocks are iid type-1 extreme value, the expected demand for each product can be computed in closed-form. In addition, consumer surplus can also be computed in closed form, and is a strictly increasing function of a certain sufficient statistic, which we denote by H. This sufficient statistic also plays a very important in our study of the associated multiproduct-firm pricing game.

2.3. Multiproduct pricing game

A multiproduct pricing game consists of the following elements: a discrete / continuous choice model of consumer demand; a set of firms (which is a partition of the set of products); and a marginal cost for each product. Firms compete by setting their prices simultaneously. Our goal is to characterize the set of pure-strategy Nash equilibria of this game.

We show that such a multiproduct pricing game is aggregative, in the sense that the profit of a firm only depends on the prices set by this firm, and on a uni-dimensional sufficient statistic, which fully summarizes the competitiveness of the industry. This sufficient statistic happens to be equal to H, which, as we saw in the previous subsection, is also a sufficient statistic for consumer surplus.

In addition to the game being aggregative, we also show that firms' best responses can be described in a simple way. Keeping the other firms' prices fixed, a firm's optimal price vector has the property that the Lerner index associated to each price should be equal to a firm-level constant multiplied by a product-level scalar, which describes the local curvature of this product's conditional demand. Therefore, the firm's optimal behavior can be fully summarized by this firm-level constant, which we call the firm's iota-markup in the following.

These properties allow us to re-express the equilibrium existence problem as a nested fixed-point problem: For a given value of H, we can compute each firm's optimal iota-markup by solving for a sequence of independent fixed-point problems; these optimal iota-markups give us in turn a new value for H. We show that this nested fixed-point problem has a solution, and therefore, that the multiproduct pricing game has a Nash equilibrium.

Note that this nested fixed-point structure also gives rise to an efficient algorithm to compute the set of equilibria. In another paper with an additional coauthor (Breinlich, 2015), we use this algorithm to calibrate an international trade model with heterogeneous multiproduct firms, oligopolistic competition and CES demands.

In addition to establishing equilibrium existence, we also derive conditions for equilibrium uniqueness. These conditions are related to the curvature of the products' conditional demands. If the equilibrium is not unique, we are still able to show that the set of equilibria can be ordered, in the following sense: If H and H' are both equilibrium aggregator levels, and if $H>H'$, then consumers all prefer equilibrium H to equilibrium H', and firms all prefer equilibrium H' to equilibrium H. Put differently, equilibrium H is unambiguously more competitive than equilibrium H'.

We also derive interesting comparative statics results. We find that trade liberalization or an increase in the value of the consumers' outside option lowers all prices, makes all consumers better off, makes all firms worse off, and leads to an expansion in the set of products that are supplied in equilibrium. Productivity improvements, on the other hand, have more ambiguous effects. The intuition is the following. Suppose that the marginal cost of product i increases for exogenous reasons. There are two effects. On the one hand, the firm that owns product i, call it firm f, has incentives to increase the price of this product. On the other hand, firm f has less incentive to divert sales towards product i, since this product is now less profitable. This induces firm f to decrease the prices of the other products in its product portfolio. Whether consumers and firm f's rivals end up being better off or worse off depends on which of these two effects dominates.

2.4. Type aggregation with logit and CES demands

Next, we specialize the model to the case of logit and CES demands. We obtain another important property: The product portfolio of a given firm can be fully summarized, in any competitive environment, by a uni-dimensional sufficient statistic, which we call the firm's type. The type of a firm is a strictly increasing function of the quality of this firms' products and of the number of products this firm owns, and a strictly decreasing function of this firms' marginal costs. If two firms have the same type, then these two firms will end up behaving in the exact same way in terms of markups and market shares, no matter what the competitive environment is. In addition, we also find that, to every multiproduct firm, we can associate a single-product firm with the same type. This type aggregation property will end up being extremely useful for our analysis of merger policy.

2.5. Dynamic merger policy under logit and CES demands

In the final part of the paper, we apply the tools we have developed to the analysis of dynamic merger policy. The idea is the following. Consider a dynamic oligopoly framework with strategic and forward-looking firms, and with a strategic and forward-looking antitrust authority. In every period,

some firms receive a merger opportunity. If they decide to use this opportunity to merge, then they need to receive approval from the antitrust authority. Firms maximize the present discounted value of their future profit flows, and the antitrust authority maximizes the present discounted value of consumer surplus. We are interested in finding the equilibria of this game.

This is a difficult problem for the following reasons. The first question is whether potential merger partners want to propose a merger that is profitable given the current market structure. In a static environment, the answer would be yes. However, in a dynamic world, firms realize that a merger today may well affect the set of mergers that will (or will not) take place tomorrow, potentially in an adverse way. This dynamic effect may well induce the potential merger partners not to propose their merger to the antitrust authority, despite this merger being beneficial in the short run. By the same token, some firms may want to propose a merger that is myopically unprofitable, because they expect it to have a positive effect on merger activity in the future.

The second question is whether the antitrust authority wants to approve a merger that raises consumer surplus given the current market structure. Again, the answer to this question would be straightforward in a static world. However, in a dynamic environment, the antitrust authority understands that approving a merger today will have an effect on the set of mergers that will be proposed in the future. Therefore, the antitrust authority may well find it beneficial to block a merger that is consumer surplus-increasing given the current market structure, or to approve a merger that is consumer surplus-decreasing given the current market structure.

In a related paper, (Nocke, 2010) provide a simple answer to this complicated question. They make three assumptions: 1) merger opportunities are disjoint sets, i.e., a firm can take part in at most one merger; 2) if a merger is not approved today, then this merger will remain feasible in all subsequent periods; 3) firms compete in quantities and products are homogeneous. Under these assumptions, they find that, in equilibrium, the antitrust authority optimally adopts a fully myopic merger policy, which involves clearing a merger today if and only if this merger does not lower consumer surplus given the current market structure. In addition, firms also optimally behave in a myopic way, by delegating their merger decisions to the antitrust authority.

We relax the third assumption in (Nocke, 2010), by assuming instead that firms own multiple products, and that they compete in prices with CES or logit demands. Using our aggregative games tools, we find that the results in (Nocke, 2010) survive, i.e., a myopic merger policy continues to be dynamically optimal.

3. Conclusion

My stay at KIER has been extremely fruitful, and I would like to thank once again my sponsor, the International Research Unit of Advanced Future Studies, for providing financial support, Professor Sekiguchi for inviting me, and KIER for their hospitality.

4. References

Bernard, A. B., Redding, S. J. and Schott, P. K., Multiple-product firms and product switching. *American Economic Review*, **100**, 70-97, 2010

Breinlich, H., Nocke, V. and Schutz, N., Merger policy in a quantitative model of international trade. CEPR Discussion Paper 10851, 2015

Eckel, C. and Neary, P., Multiproduct firms and flexible manufacturing in the global economy. *Review of Economic Studies*, **77**, 188-217, 2010

Hanson, W. and Martin, K., Optimizing multinomial logit profit functions. *Management Science*, **42**, 992-1003, 1996

Milgrom, P. and Roberts, J., Rationalizability, learning, and equilibrium in games with strategic complementarities. *Econometrica*, **58**, 1257-77, 1990

Nash, J. F., Non-cooperative games. *Annals of Mathematics*, **54**, 286-295, 1951

Nocke, V. and Schutz, N., Multiproduct-firm oligopoly: An aggregative games approach. Unpublished manuscript, 2015

Nocke, V. and Whinston, M. D., Dynamic merger review. *Journal of Political Economy*, **118**, 1201-51, 2010

Spady, R. H., Non-cooperative price-setting by asymmetric multiproduct firms. Unpublished manuscript, 1984

Topkis, D. M., *Supermodularity and complementarity*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1998

March 2016
No.2016-002-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my visit at the Center for Ecological Researches (CER) of Kyoto University

Renhui Li
Institute of Hydrobiology, the Chinese Academy of Sciences
Email: reli@ihb.ac.cn

Abstract. This report summarizes my visit to the Center for Ecological Researches (CER) of Kyoto University, supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies. The report presents the description of my one month activity at CER, and give a brief review paper on diversity, taxonomy and genome comparison of bloom forming *Microcystis* species, a cyanobacterial group causing serious environmental problems.

Key words: Cyanobacterial Bloom, *Microcystis*, Taxonomy, Diversity, Genome

1. General description of my activity at CER

I was invited by Prof. Nakano Shin-ichi, the director of the Center for Ecological Researches (CER) to work at CER as a visiting professor, from February 1, 2016 to February 29, 2016. This visiting professorship was supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies. I appreciate the financial support from the International Research Unit of Advanced Future Studies, and invitation from Prof. Nakano, and the help from many colleagues at CER.

During my stay at CER this time, I was on the boat to have a ecological survey on Lake Biwa with staffs and students together at CER. Lab examination after the survey included the preparation of pico-cyanobacterial samples and observation under the fluorescence microscope, and identification of dominant phytoplankton species under the light microscope.

On February12, 2016, I presented a talk with the title “Cyanobacterial blooms -- not the expected blossom but the ecological disaster in water” in the International Symposium on Advanced Future Studies held at Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University. It was my first time to talk my major in the front of experts from very different fields, and many discussions and comments after my presentation indicated the mutual interest we are sharing.

On February 17, I was travelling to Shinshu University at Matsumoto city, Nagano, to visit Prof. Park Ho-Dong at Department of Environmental Sciences. We have discussed and exchanged our shared points on cyanotoxins produced by cyanobacterial species, and reached our wish on future cooperation on the integrated approach of chemical and molecular detection on novel types of cyanotoxins. On February 22, I visited Kanazawa University to meet Prof. Sakamoto at lab of plant physiology, faculty of Sciences. I introduced our researches on UV-absorbing chemicals (MAAs) from bloom forming *Microcystis* isolated from Chinese lakes. Prof. Sakamoto gave some valuable suggestion for the analytic methods on MAAs in cyanobacterial organisms. And on

February 23, I moved to Tsukuba, Ibaraki, to visit Microbial culture collection at National Institute for Environmental Studies (NIES). Upon the discussion with NIES staff, we agreed to perform the joint studies on Genomic projects on cyanobacterial strains from both China and Japan waters.

2. Review paper on diversity of bloom forming *Microcystis* species (cyanobacteria)

My researches have been focused on the diversity of water bloom forming cyanobacteria. The cyanobacteria are photosynthetic prokaryotes found in most of types of featured environment. They are also quantitatively among the most important organisms on Earth since it is estimated that cyanobacterial global biomass is 3×10^{14} g C or a thousand million tons (10^{15} g) wet biomass (Garcia-Pichel *et al*., 2003). The cyanobacterial record may extend back to ~3,500 million years ago, and they had a key role in the origin of the atmosphere oxygen in the Earth. Among about 2000 currently existing species of cyanobacteria, planktonic cyanobacteria forming water blooms by massive development cause problems in many nutrient-rich water bodies around the world. Among the bloom forming cyanobacteria, *Microcystis* is the most common and notorious. *Microcystis* dominance in blooms attribute to its advantageous features including buoyancy control, storage strategy at the bottom of the water column, inorganic nitrogen strategy, higher requirements for some trace elements than eukaryotic phytoplankton and resistance to zooplankton grazing by forming large-sized colonies and producing hepatotoxic metabolites called microcystins (Carmichael, 1996). Toxin production in *Microcystis* blooms always leads to the problem in drinking water safety, posing the serious threat to human health. A large volume of studies on *Microcystis* species and their blooms have been performed during last several decades. Researches on diversity, taxonomy and molecular characterization of *Microcystis* were also largely conducted since these issues are very close related to recognization and monitoring of the *Microcystis* species. Using this chance of my stay in CER, Kyoto University, I took time to summarize the partial knowledge of *Microcystis* species, focusing on taxonomy, molecular phylogentics, genotypes within field *Microcystis* populations and the status of genomic information that is beginning to facilitate studies on the detailed controls of bloom dynamics, and the potential hazards caused by these blooms and their toxins.

2.1. Molecular conservation of the *Microcystis* genus by single genes.

In the *Microcystis* genus, About 30 species have been described in the current cyanobacteria (cyanophyta) taxonomic system (Komárek and Anagnostidis, 1999). Of these species, six species including *M. aeruginosa* (Kützing) Kützing, *M. flos-aquae* (Wittrock) Kirchner, *M.ichthyoblabe* Kü tzing, *M. novacekii* (Komárek) Compè re, *M. viridis* (A. Braun) Lemmermann, and *M. wesenbergii* (Komárek) Komárek in were the main water bloom forming species in Japan (Komárek, 1991), and ten species, including the above six plus *M. botrys* Teiling, *M. firma* (Kützing) Schmidle, *M. smithii* Komárek et Anagnostidis and *M. pseudofilamentosa* Crow were found to be dominant in China (Yu et al., 2007). *Microcystis* species compositions in blooms in other countries /regions were found to be similar, within the range of these two Asian countries. Limitations in morphology-based taxonomy in all kinds of microorganisms are always regarded to be compensated by molecular genetic approaches which have been introduced into phylogenetic and taxonomic issues. Considerable efforts have been made to examine genetic divergence in *Microcystis* species and strains with the purpose to find the linkage between genetic and morphological variations in *Microcystis* species, and (Kato *et al*., 1991; Bittencourt-Oliveira *et al.*, 2001; Kurmayer *et al*., 2003). The 16S rRNA gene, an effective tool mostly used in

prokaryotic systematics, has been used extensively in the molecular taxonomy of cyanobacteria (Wilmotte and Golubic, 1991; Nelissen et al., 1996). However, divergence, within 16S rRNA gene sequences at the species level in *Microcystis*, was found to be low, often much less than 1% (Rudi et al., 1997; Otsuka et al., 1998). In addition, other gene regions such as ITS of 16S–23S rDNA and the DNA-independent RNA polymerase (*rpoC1*) gene, were not able to differentiate species (strains) within the genus *Microcystis* (Otsuka et al., 2000; Yoshida et al., 2008). However, one exception was *cpcBA*-IGS sequences (phycocyanin intergenic spacer and flanking regions) with the capacity to distinguish *M. wesenbergii* from other species of *Microcystis,* and these other species were still not divided by the *cpcBA*-IGS sequence (Tan et al. 2010). Such high genetic homology among the species of *Microcystis* on the basis of the single genes mentioned above, plus additional evidence from DNA–DNA hybridization, it was proposed that *Microcystis* species should be integrated into one species as *Microcystis aeruginosa* (Otsuka et al., 2001).

2.2 Genetic diversity of *Microcystis aeruginosa* strains by MLST and genotype analysis within the *Microcystis* populations from blooms.

Genetic analysis based on single genes is considered to be not free from problems invoked by recombination, and a multilocus sequence typing (MLST) approach for *M. aeruginosa* was developed to index the genetic variation of seven housekeeping loci (*ftsZ,glnA, gltX, gyrB, pgi, recA* and *tpi*), each of which is free from vigorous selection pressure, and the selected loci are scattered around the chromosome to reflect overall genome evolution (Tanabe et al. 2007). The results from the MLST analysis demonstrated high genetic diversity, clonal population structure and substantial recombination in *M. aeruginosa* , and the MLST phylogeny further showed that microcystin-producing genotypes are not monophyletic, providing further evidence for the gain and loss of toxicity during the intraspecific diversification of *M. aeruginosa*, different from the result by Rantala et al. (2004) who suggested the microcystin production has been vertically inherited through the diversification of toxic cyanobacterial genera, and non-microcystin production occurred at the cases of repeated loss along evolutionary course. Thus, this established MLST scheme seemed to provide the potential for characterizing the population genetic diversity in *M. aeruginosa*. In the following studies, the MLST revealed a high level of genetic differentiation among locations, even with fine-scale spatial and temporal genetic differentiation pattern (Tanabe et al. 2009), and it is further suggested that geographic factors have far less impact on the fine-scale spatial genetic diversity of *M. aeruginosa* than local genetic drift or, possibly selection. Genotypes of numerous *M. aeruginosa* isolates from Japan based on the MLST were divided into at least seven distinct phylogenetic clusters partially corresponding to either colony morphology or microcystin production, and further genotyping analysis on a special cluster (Group G genotypes all found in Lake Kasumigaura, Japan) revealed an expansion of the possible adaptive lineage in a localized aquatic environment (Tanabe et al. 2009). Similarly, genotypes of *Microcystis* populations in blooms determined by ITS region in France, US and China water bodies also revealed that pattern. Significant spatiotemporal changes and selections of dominant genotypes exist in the genotype composition of *Microcystis* populations from eutrophic and hypereutrophic waters (Bozarth *et al.* 2010, Sabart *et al.* 2009). Xu *et al.* (2011) reported that different *Microcystis* genotypes occupied diverse sections and branches of Qinhuai River, a major eutrophic river network in China. However, another study from Zhu *et al*. (2012) who indicated no significant dominant genotypes existing in Xinghu Pond, a eutrophic pond in Wuhan, China. These latter two results imply that special circumstances and uncertain factors influence the genetic composition of *Microcystis* populations in aquatic ecosystems. Recent study by comparing Chinese five lakes, namely Taihu, Chaohu, Gucheng, Shijiu and Erhai Lakes, showed that the *Microcystis* ITS genotypes and genetic diversity were negatively correlated with eutrophication level, and the high genetic diversity of the *Microcystis*

populations in Erhai Lake, a plateau lake in Yunnan China, may have resulted from the effect of the early stage of eutrophication (Song *et al.* 2015).

2.3 Genomic comparision of *Microcystis* strains

Genomic information about *Microcystis* species was not available until 2007 when the complete genome sequence of *M.aeruginosa* NIES-843 was published (Kaneko et al. 2007), and the genome of *M. aeruginosa* PCC7806, the most studies *Microcystis* strain, was later published in 2008. Currently there are 17 genomes of *M. aeruginosa* strains available in NCBI. To my knowledge, this is the largest number of genomes published from one species in freshwater cyanobacteria, plus *M. panniformis* FACHB1757 recently released (Zhang et al. 2016). Among these 18 strains, only *M. aeruginosa* NIES 843, *M. aeruginos* NIES2549 and *M. panniformis* FACHB1757 have complete genomes, and the latter two were sequenced using PacBio RS II sequencer, so called the third generation sequencer. The genome size of the 18 *Microcystis* strains varied from 4.26-5.84 Mb, ranging from 4368 to 6360 genes, but with very close GC contents (from 42.3-43.2%). Zhang et al. (2016) compared *M. panniformis* FACHB1757 with three strains of *M. aeruginosa* PCC7806, NIES 843, and NIES 2549, and these four strains had total 8704 genes, but with 2699 orthologous genes representing the core-genome for them. Similarly, Yang et al. (2015) studied the genetic diversity within the pan-genome of *M. aeruginosa* by combining 14 strains, and the pan-genome contained more than 15000 genes, with only 2192 orthologous genes representing the core-genome for *Microcystis aeruginosa*, and total 4742 strain-specific genes for these *M. aeruginos*a were detected, implicating that *M. aeruginos*a is well able to be adapted and well develop in the different specific localities. Sequencing and comparing the genomes of *Microcystis* strains can easily obtain average nucleotide identity (ANI) value between any two strains of them. Before genome age, classical DNA-DNA hybridization technique is the recommended standard for genetically determining bacterial species. The ANI analysis is newly recommended to substitute DNA-DNA hybridization for bacterial species circumscription, and the ANI value with above the threshold (94%) in each pair indicates that both strains are belonging to same species (Richter and Rossello-Mora, 2009). It is well known that DNA-DNA hybridization is hardly applied in cyanobacterial species determination since this method needs axenic strains, which is one of the most difficult problem in cyanobacterial culture procedure. Therefore, using the ANI value may bring a great help to cyanobacterial taxonomy along the continuous genomes of cyanobacteria published in future. In the case of *Microcystis* strains, the ANI values in each pairs of the the 17 strains of *M. aeruginosa* were more than 94%, even *M. panniformis* FACHB1757 have over 94% ANI with these 17 *M. aeruginosa* strains by comparing their genomes. Such a result will also need more studies on *Microcystis* intraspecies differentiation by introducing and judging the ANI index in cyanobacterial species definition, based on the genomic information of cyanobacterial strains.

3. Conclusion

This visit to CER allowed me to have such a opportunity to meet and discuss with many excellent scientists and students at CER and KU, and even in Japan. The whole activities including my lake survey, presentation in the symposium and visit tours to different universities/institutes during my stay were very successful. The review paper on *Microcystis* I am writing here was greatly beneficial from this visit, allowing me to take time in reading papers and preparing and writing this manuscript. Once again I would like to express my thanks to the International Research Unit of Advanced Future Studies for the support, and to Prof. Nakano and his colleagues at CER for the helps of my visit.

4. Reference

Bittencourt-Oliveira, M.C., Oliveira, M.C., Bolch, C.J.S., Genetic variability of Brazilian strains of the *Microcystis aeruginosa* complex (cyanobacteria/cyanophyceae) using the phycocyanin intergenic spacer and flanking regions (*cpcBA*). *J. Phycol.* **37**, 810–818. 2001

Bozarth, C.S., Schwartz, A.D., Shepardson, J.W., Colwell, F.S., and Dreher, T.W., (2010) Population turnover in a *Microcystis* bloom results in predominantly nontoxigenic variants late in the season. *Appl Environ*

Microbiol **76,** 5207–5213, 2010.

Carmichael, W., Toxic *Microcystis* and the environment. In: Toxic *Microcystis*, eds. Watanabe, M., Harada, K., Carmichael, W., Fujiki H, Boca Raton: CRC Press. pp 1–11. 1996

Garcia-Pichel, F., Belnap, J., Neuer, S., Schanz, F., Estimates ofglobal cyanobacterial biomass and its distribution. *Algol Stud*. **109**, 213–227, 2003.

Kato, T., Watanabe, M.F., Watanabe, M., Allozyme divergence in *Microcystis* (cyanophyceae) and its taxonomic inference. *Algol. Stud.* **64**, 129–140, 1991.

Komárek, J., Anagnostidis, K., Cyanoprokaryota. In: 1. Chroococcales. Süsswasserflora von Mitteleuropa, eds. Ettl, H., Gardner, G., Heynig, H., Mollenheuer, D., Gustav Fischer, pp. 225–236, 1999.

Kurmayer, R., Christiansen, G., Chorus, I., The abundance of microcystin producing genotypes correlates positively with colony size in *Microcystis* and determines its microcystin net production in Lake Wannsee. *Appl. Environ. Microbiol*. **69,** 787–795, 2003.

Nelissen, B., De Baere, R., Wilmotte, A., De Wachter, R., Phylogenetic relationships of nonaxenic filamentous cyanobacterial strains based on 16S rRNA sequence analysis. *J. Mol. Evol*. **42**, 194–200, 1996.

Otsuka, S., Suda, S., Li, R., Matsumoto, S., Watanabe, M.M., Morphological variability of colonies of *Microcystis* morphospecies in culture. *J. Gen. Appl. Microbiol*. **46**, 39–50, 2000.

Otsuka, S., Suda, S., Li, R., Watanabe, M., Oyaizu, H., Matsumoto, S., Watanabe, M.M., 16S rDNA sequences and phylogenetic analysis of *Microcystis* strains with and without phycoerythrin. *FEMS Microbiol. Lett.* **164**, 119–124, 1998.

Otsuka, S., Suda, S., Shibata, S., Oyaizu, H., Matsumoto, S., Watanabe, M.M., A proposal for the unification of five species of the cyanobacterial genus *Microcystis* (Kü tzing) Lemmermann 1907 under the Rules of the Bacteriological Code. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*. **51**, 873–879, 2001.

Rantala, A., Fewer, D.P., Hisbergues, M., Rouhiainen, L., Vaitomaa, J., Thomas Bo¨rner, T., Sivonen, K., Phylogenetic evidence for the early evolution of microcystin synthesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **101,**568e573, 2004.

Richter,M,Rossello-Mora,R.(2009).Shifting the genomic gold standard for the prokaryotic species definition. *Proc. Natl.Acad.Sci.U.S.A.* **106**, 19126–19131, 2009.

Rudi, K., Skulberg, O.M., Larsen, F., Jakobsen, K.S., Strain characterisation and classification of oxyphotobacteria in clone cultures on the basis of 16S rRNA sequences from variable regions V6, V7 and V8. *Appl. Environ. Microbiol*. **63**, 2593–2599, 1997.

Sabart, M., Pobel, D., Latour, D., Robin, J., Salençon, M.J., Humbert, J.F., (2009) Spatiotemporal changes in the genetic diversity in French bloom-forming populations of the toxic cyanobacterium, *Microcystis aeruginosa*. *Environ. Microbiol. Rep*. **1,** 263–272, 2009.

Song, G., Jiang, Y., Yu, G., Li, R., Genotypes of ITS region of rRNA in *Microcystis* (Cyanobacteria) populations in Erhai Lake (China) and their correlation with eutrophication level. *J. Basic Microbiol.* **55**, 1–9, 2015.

Tan, W., Liu, Y., Wu, Z., Lin, S., Yu, G., Yu, B., Li, R.,cpcBA-IGS as an effective marker to characterize *Microcystis wesenbergii* (Koma′ rek) Koma′ rek in Kondrateva (cyanobacteria). *Harmful Algae*. **9**, 607-612, 2010.

Tanabe, Y., Kasai, F., and Watanabe, M.M., Multilocus sequence typing (MLST) reveals high genetic diversity and clonal population structure of the toxic cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Microbiology* **153,** 3695–3703, 2007.

Tanabe, Y., Kasai, F., Watanabe, M. M., Fine-scale spatial and temporal genetic differentiation of water bloom-forming cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*: revealed by multilocus sequence typing. *Environ.*

Microbiol. Rep. **1,** 575-582, 2009.

Wilmotte, A., Golubic, S., Morphological and genetic criteria in the taxonomy of cyanophyta/cyanobacteria. *Algol. Stud.* **64**, 1–24, 1991.

Xu, Y., Yang, F., Liu, Y., Wang, Z.J., Wang, G.X., Li, R. H., Genetic diversity of *Microcystis* populations in a bloom and its relationship to the environmental factors in Qinhuai River, China. *Microbiol. Res.* **167**, 20–26, 2011

Yang, C., Lin, F., Li, Q., Li, T., Zhao, J. Comparative genomics reveals diversified CRISPR-Cas systems of globally distributed *Microcystis aeruginosa*, afreshwaterbloom-forming cyanobacterium. *Fronti. Microbiol*. **6**, 394, 2015.

Yoshida, M., Yoshida, T., Satomi, M., Takashima, Y., Hosoda, N., Hiroishi, S., Intra-specific phenotypic and genotypic variation in toxic cyanobacterial *Microcystis* strains. *J. Appl. Microbiol*. **105,** 407–415, 2008.

Yu, G., Song, L., Li, R,. Taxonomic notes on water bloom forming *Microcystis* species (cyanophyta) from China—an example from samples of the Dianchi lake. *Acta Phytotaxon. Sin*. **45**, 727–741, 2007 (in Chinese).

Zhang, J., Guan, R., Zhang, H., Li, H., Xiao, P., Yu, G., Du, L., Cao, D., Zhu, B., Li, R., Lu, Z., Complete genome sequence and genomic characterization of *Microcystis panniformis* FACHB 1757 by third-generation sequencing. *Stand. Genom. Sci.* **11**, 11 DOI 10.1186/s40793-016-0130-5, 2016.

Zhu, M.L., Xu., Y., Li, R.H., Genetic diversity of bloom-forming *Microcystis* (Cyanobacteria) populations in a hyper-eutrophic pond in Central China. *Curr. Microbiol.* **65**, 219–224, 2012.

March 2016
No.2016-003-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my first three months at the Yukawa Institute for Theoretical Physics

Héctor Bombín[1]
[1]Yukawa Institute for Theoretical Physics

Abstract. This is a report on my first three months as an Advanced Future Studies Senior Lecturer at the Yukawa Institute for Theoretical Physics. I describe my scientific activities during this period.

Keywords: Fault tolerant quantum computing, topological quantum error correction

1. Scientific Activity

I started working at the Yukawa Institute for Theoretical Physics on January 2016. What follows is an account of my scientific activities during the period extending to March 2016.

During this three months I have participated in several conferences and workshops, as follows:

- YITP Workshop on Quantum Information Physics, Kyoto, Japan, January 2016. In this workshop I gave an invited talk with the title "Local Operations, Topological Order and Fault-tolerant Quantum Computation".
- International Symposium on Advances Future Studies, Kyoto, Japan, February 2016. In this meeting I gave a talk with the title "Topological Quantum Error Correction".
- Advances in Quantum Algorithms and Computation, Aspen, USA, March 2016. In this conference I gave an invited talk with the title "Time-correlated noise in quantum computation".

In addition, in March I visited the California Institute of Technology (Caltech) invited by Professor John Preskill. During this visit I gave a seminar with the title "Time-correlated noise in quantum computation", and I was able to interact fruitfully with the students and postdocs in Preskill's group, and with Professor Alexei Kitaev. Moreover, during this visit I also gave the same seminar in the University of Southern California, where I was invited by Professor Daniel Lidar. There I was able to interact with the students and postdocs in his group and with Professor Paolo Zanardi.

2. Conclusion

During this three months I have only started what I expect to be a very fruitful time at the Yukawa Institute for Theoretical Physics.

March 2016
No. 2016-004-e

Journal of Integrated Creative Studies

Auction Design with Speculative Resale

Harrison Cheng
Department of Economics,
University of Southern California,
Los Angeles, Ca, USA
Email: hacheng@usc.edu

Abstract. This is a report of my scientific activities while visiting KIER and the Yukawa Institute in February 2016. I present my research on optimal auction design with speculative resale, elaborating on the shorter presentation I gave at a symposium held at the Yukawa Institute on February 12. I also comment on the GESS/Kyoto conference held at the same Institute on February 11 that I participated.

I had an opportunity of spending one month at Kyoto Institute of Economic Research (KIER), Kyoto University in February 2016, while interacting with the Yukawa Institute for Theoretical Physics through its conference and programs. I have been quite familiar with people at KIER through many years of interaction in the past. I will focus on the interactions with the Yukawa Institute in the following report as it is an entirely new experience for me. This is a special occasion for me to experience the interdisciplinary research in Kyoto and Japan. Although I had plenty of such experience in US and Taiwan, it is the first time for me to see Japan from this angle. In one of the symposium held at the Yukawa Institute, I presented my research work in a half-hour talk. In this article, I will elaborate on the presentation, and provide more details about my research work on the optimal auction design.

1. GSEE/Kyoto

I participated at the GSEE/Kyoto 2016 conference held on February 11 at the Yukawa Hall. I learned that Yukawa Institute is a prestigious institute of Kyoto University on particle and fundamental physics, a field Japan has done very well in the past. The day also turned out to be an extraordinary day in which there was great anticipation of the announcement of the discovery of gravitational waves by the LIGO group in the US. I chatted with Prof. Misao Sasaki, director of the Yukawa Institute, about its significance before the conference. Prof Sasaki himself worked on the subject of gravitational waves. He was passionate about the topic and tried to enlighten me on its main ideas, only interrupted by the official beginning of the conference. I actually had learned about the impending announcement from CNN International, and read at some depth about it before I came to the conference. I can understand quickly what Prof Sasaki said in a nutshell. It was an exciting start of the day. Later I learned that a new research center for gravitational physics will be set up soon in the Institute.

The theme of the conference is global partnership on science education. It was attended by many first-rate researchers from the world. Many of them also have some experience in

promoting science education. The origin of the conference is credited to Prof Kazuo Nishimura, who has been concerned about the decline of science education in Japan, and has done a lot to promote science in the past. The success of the conference has a lot to do with his tremendous work. The first speaker of the conference was Juichi Yamagiwa, President of Kyoto University, explaining his work on human evolution. It was a good speech, and I learned a lot about the topic. But I must say he was overly ambitious trying to explain too much to non-experts within a limited time. The most rewarding talk for me in the conference is the one given by Akito Arima, former Japanese Minister of Education and former President of Tokyo University. He gave a brief history of the science education in Japan, as well as pointing out the most urgent problem at the present. There was great concern about the way humanity and social sciences will be treated in the future. He emphasized the importance of liberal education and the danger of its decline in Japan. However, some people seemed to put some of the blame on him during his tenure of the Minister of Education. This is a complicated topic I wasn't familiar with, and it certainly is perplexing to me.

The talks by Tai-Kai Ng from Hong Kong and Hong Ding from China on science education were quite inspiring, leading to many discussions in the panel session at the end of the conference. Some of the reforms attempted in China regarding education through less emphasis on exam scores are certainly relevant issues in Japan as well. However, there were skepticisms about their effectiveness. Some of the practices in Hong Kong presented by Ng on promoting interest and innovation in science seemed to generate more excitement. There were active discussions of the ways to promote science education, creativity and innovation in general during the panel session. There were questions raised about the lack of explorations or investigations on the part of the students in the classroom. One explanation has to do with the class size. Large class sizes seem to make the Q&A aspects of education impossible to improve. In my view, it is the lack of Q&A in education that explains the poor research skills of the students throughout Asia. Although class size certainly makes it difficult to have effective questions and answers among students and teachers, it may not be the only factor. There is a deeper and more difficult issue about Q&A that needs to be addressed. There is this idea of orthodox thinking that is embedded in the philosophy and practice of teaching. There is no attempt to teach students how to distinguish falsehood and truth or how to evaluate the importance of certain research activities. Innovation is not possible without raising questions about the current practice or thinking, and students are not trained to raise such questions at all. It may be that teachers themselves are not trained on this as well, and in this case they would not be able to teach this to the students. Emphasis on exam scores makes the Q&A less relevant in the practice of education. It is possible to change the exam questions to redirect the priorities in education, but this is not how exam questions are designed in reality. Over the years, the class size in Japan is getting smaller, but there is no sign that it is improving the educational quality in science. I think it will have little effect on the students' research skills if there is no change beyond the class size.

I also participated in the symposium the next day on advanced future studies. The topics of the symposium are rather diverse and spread over many areas. Alexander Vikman from the Czech Republic talked about dark energy and dark matter and the great universe. It was very informative, but I never learned what is dark energy. I later checked out the term in the internet, and it seems that no one really knows what it is, and the term is rather speculative. It certainly updated my little knowledge about physics and astronomy. I gained more updated knowledge about particle physics from the interesting talk by Maw-Kuen Wu from Taiwan. They are really great researchers. In one of the sessions, I presented my research on the

effects of collusion and speculative resale in auctions, and the general issue of auction design. In the short 30 minutes I had in giving my talk to non-experts, I presented no equations, even though I was ready for them. In the following, I will try my best to explain to non-experts in verbal language what I have been doing in my recent research work.

2. Auction Design and Speculation

My presentation starts with the explanation of the importance of auction design and practice in modern economies. The determination of prices for many new products, new companies, artistic paintings often depends on auctions. This also applies to many products or services with unknown valuation, such as IPO pricing, or costs of highway construction. Like many countries in the world, the Japanese government has procurement auctions which are used to determine what it should pay for the expressway construction and maintenance. The role of auctions can only grow as new products and services proliferate in our modern information-based economy.

I used the government procurement auctions in Japan to illustrate the serious consequences from defective auctions. A 2002 Japan Times article stated "In its final report submitted December 6, Prime Minister Koizumi's advisory commission for privatizing four road-related public corporations called for a halt to runaway highway construction". The report warned against the "triangle of collusion" among "road tribe" legislators, related bureaucrats and public-works contractors, which has distorted Japan's political, economic and social structures and left a combined debt of 40 trillion yen on the books of the four toll-road operators. The 40 trillion yen debt owed by the public four corporations equals half of the government's 81 trillion yen general-account budget for fiscal 2002. It is more than 1.2 times the gross national income of Russia, $253.4 billion, according to the World Bank.

The highway construction and the collusion through bid rigging continues to this day. Recently, prosecutors and antitrust officials searched the head offices and local units of road-paving firms suspected of rigging bids for the repair of expressways damaged in the 2011 earthquake and tsunami. The main players in the bid-rigging were individuals handling sales and other matters at the local units of the industry's three largest road-paving firms — Nippo Corp., Maeda Road Construction and Nippon Road. They are alleged to have colluded with other companies and decided in advance which would submit the winning bid.

On average, the successful bids amounted to 94.77 percent of the contract prices budgeted by Nexco East, over 10 percentage points higher than the levels for similar contracts before the disaster, the sources said. This artificial higher cost does not even include the distortion from the budget determination process. It is widely recognized that Japan's high budget deficit has a lot to do with such high costs. One of the victims of the high deficit is the budget allocated for education and research.

Modern understanding about auctions has benefited from the optimal auction theory developed by Roger Myerson (1981). His work shows us how to find the private-value auction format that will yield the highest revenue for the seller. We will take this approach in our discussions here, using "optimal" to mean the auction that yields the highest revenue to the auctioneer. Myerson's theory only applies when the resale factor is not considered. The importance of the resale factor has been known for a long time since the work of Haile (2001). Not much progress has been made since then. As the resale factor is often pervasive, my research focuses on how to find the optimal auction when resale is allowed. It is known that the resale factor may change the bidding behavior from private-value auctions to common-

value auctions (Cheng and Tan (2010)). The general extension is quite complicated, and I concentrate on a simpler framework in which only the presence of speculators is considered. All buyers other than the speculators have symmetric and independent valuations on the objects for sale. In our model, there is no loss of generality in assuming that there is only one speculator.

One difference in our approach from Myerson's work is that I consider the (indirect) bidding mechanisms, while he uses direct mechanisms. A direct mechanism is one in which buyers report their true valuations, and the payment rules are designed to make this incentive compatible. Theoretically, this is possible to do, and Myerson (1981) then determines who should be the winner based on the reported values in order to maximize the revenue of the auctioneer. In general, the buyer reporting the highest value is not necessarily assigned the winner in order for the auction revenue to be maximized. The optimal auction found this way is often impractical to implement, although it greatly enhances our understanding. The (indirect) bidding mechanism that I consider here is just the mechanism used in practice. Buyers report the price (bid) they are willing to pay. These prices may not be the same as their total willingness to pay. The winner of the auction is the one who has the highest bid. The winner may pay a price which need not be the highest bid. If the winner pays the highest bid, we refer to this as the first-price auction. If the winner pays the second-highest bid, we refer to this as the second-price auction. For simplicity, our discussions will be focused on sealed-bid auctions with one single bid from each buyer. The results can be extended to dynamic auctions in which bids are submitted over time in a competitive fashion as in many antique or artistic painting auctions.

In a bidding auction, the winner is always the buyer with the highest bid. The auctions differ only by payment rules. In principle, the winning price can be any function of the submitted bids. In our approach, we essentially fix the winning rule, and find a simple payment rule to be optimal.

There are two stages in the model I will use. In the first stage, the auction payment rule can be any function of all the submitted bids. I assume that during resale, the winner of the first-stage auction uses an optimal auction of Myerson (1981) to sell to the losers and the game ends at the end of the second stage. Thus a buyer has two chances of winning the object: in the first stage auction or during resale. A buyer may bid lower in the first stage, preferring to buy during resale if he or she finds that to be more profitable. Between the first and second stage auctions, the auctioneer may decide what information to reveal about the submitted bids in the first stage auction. We make the assumption that only the winning bid is announced at the end of the first stage and before the beginning of the second stage. This assumption may seem impractical, but it is a useful theoretical assumption. It simplifies the equilibrium analysis, and we don't expect the bid revelation policy to affect the ranking result we will present here. This point will be further discussed at the end of the article.

One useful comparison between Myerson's result and the result here in the context of symmetric auctions with a speculator is that his result becomes the search for an optimal reserve price using second-price auctions, while my result shows first-price auctions to be optimal for any given reserve price.

3. Dominance of First-Price Auctions

First, we will compare the revenues of first-price and second-price auctions with no reserve price. The revenue of a first-price auction with resale is unique and can be computed

in a relatively simple formula given in Cheng and Tan (2015). There are many complications dealing with second-price auctions with resale. Truthful revelation is no longer a dominant strategy. In general, there are infinitely many equilibria as shown in Garratt, Tröger, and Zheng (2009). The multiple equilibria are due to the possibility of engaging in collusive bidding which can take many different forms with different revenues. These collusive equilibria typically have overbidding as well as underbidding, and one bidder is able to bid higher, wins the auction while paying very low winning price. It is not always true that the first-price auction yields higher revenue than all the possible second-price auction revenues with collusive bidding. However, we can show that if a second-price auction revenue with collusive bidding is higher than that of the competitive equilibrium, then it can only be achieved by lowering the total payoff of the buyers, and the buyers would not implement such collusive bidding behavior. Hence subject to the unlikely adoption of such collusive equilibria, we conclude that first-price auction revenue is higher than second-price auction revenue. This result is not affected if the reserve price is other than zero.

To explain the dominance of the first-price auction revenue in general, it is useful to consider a theoretical auction format that will throw insights into the question. The winning rule is always the same: the highest bidder wins. When a buyer wins the auction, he pays a convex combination of the highest bid and the second-highest bid . We call this hybrid auction. Let t be the weight on the highest bid. When t=1, it is the first-price auction, and when t=0, it is the second-price auction. In general the equilibrium can be shown to be unique when t >0. We can examine the auction revenue as a function of t. For any given t >0, we can calculate the auction revenue using a formula very similar to that of Cheng and Tan (2015). It can be shown that the revenue is increasing in t, meaning that the revenue is the highest when it is a first-price auction. The intuition behind this result is that as t becomes higher, the winner pays a higher amount after winning with the same submitted bids. As a result, buyers will bid lower. When the buyers bid lower, the speculator derives less benefit from resale. The speculator then participates less often in the first-stage bidding. When the speculator is less active, the competition among buyers is reduced, and therefore the revenue is lower. In other words, the revenue effect comes through the role of the speculator.

The ideas that I use in the last paragraph apply to the revenue comparisons of first-price auction and any other auction payment rule that is bounded above by the highest bid. If the payment rule is not bounded above by the highest bid, we rely on a normalization effect. We can deflate the payment rule by a constant. We can show that this deflation has no effect on the bidding behavior and the auction revenue. As a result, our revenue comparisons are not affected if we normalize the payment rule so that the payment of the winner is bounded above by the highest bid. From the foregoing discussions, we conclude that the first-price auction is the optimal one among all the payment rules given any reserve price, a very dramatic conclusion.

We can now say something about the bid revelation policy. The assumption of revealing only the highest bid is impractical when the winner pays the second-highest bid in second-price auctions. To make this theoretically consistent, the payment amount can be delayed to the end of the game, as the resale mechanism can go ahead without this piece of information, which is not relevant in the determination of the optimal resale auction.

It is important to know what happens when more bids are revealed by the auctioneer. The information revelation may give the winner exploitation opportunities during resale. It also may induce the buyers to hide their true value by using random bids (or mixed bidding strategy) to avoid this exploitation. Once we allow mixed-strategy bidding, equilibrium

revenue determination becomes a potentially complex problem. This is an issue that needs to be resolved. Our current understanding or conjecture is that a different bid revelation policy will yield the same conclusion.

Reference

Cheng, H. and G. Tan (2015), "First-Price Auctions with Speculative Resale, Part I," Discussion paper, Department of Economics, University of Southern California.

Cheng, H. and G. Tan (2010), "Asymmetric Common-Value Auctions with Applications to Private-Value Auctions with Resale," *Economic Theory*, special volume in honor of Wayne Shafer, Volume 45, Numbers 1-2, 253-290.

Garratt, R., T. Tröger, and C. Zheng (2009), "Collusion via Resale," *Econometrica* 77(4):1095–1136.

Haile, P. (2001), "Auctions with Resale Markets: An Application to U.S. Forest Service Timber Sales," *American Economic Review* 92(3), 399-427.

Lebrun B. (2010), "First-price Auctions with Resale and with Outcomes Robust to Bid Disclosure," *RAND Journal of Economics* Volume 41, Issue 1, pages 165–178.

Myerson, R. (1981), "Optimal Auction Design," *Mathematics of Operations Research* 6, 58-73.

March 2016
No.2016-005-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my stay during March 2016 at the Yukawa Institute for Theoretical Physics

Pan Zhang[1]
[1]Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190 China
E-mail: panzhang@itp.ac.cn

Abstract. In this document I report my research outcome during my stay at the Yukawa Institute of Theoretical Physics from March 1st and March 31st, 2016, which is supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies. The report mainly contains a non-technical summary of my recent study on effects of triangles in several network problems including percolation problem and neural network as associative memories.

Keywords: Percolation transition, Neural networks, Non-backtracking matrix, Triangles, Belief Propagation

1. Introduction

I have been visiting at the Yukawa Institute of Theoretical Physics (YITP) from March 1st to March 31st 2016, and was supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies. During my stay I have attended a workshop "International Workshop on Advanced Future Studies" from March 14th to March 16th, and gave a talk entitled "Statistical-Physics-based Clustering in Networks". The main research output of my stay during this period is the study on effects of triangles in some network problems, which will be introduced in the following text.

1.1. Background of the problems

Lost of problems of complex systems are defined on a network that represents interactions between agents of the system. For example percolation on a social network gives a simple example of spreading of disease over human contacts. Associative memory models give simple examples to memory stored by neurons connected by synapses in human brain. Many efforts have been devoted to study analytically the statistical property of the system on a given network, especially when network have some good properties like locally-tree like structure. However real-world networks often contain many closed triangles, which contribute to a large clustering coefficient. For example in the social networks we often observe a phenomenon that friends of friends are friends, a typical phenomenon of clustering due to presence of triangles in the network. There are few analytical studies about effects of triangles on the network problems. In this report I give a non-technical summary on my study on effects of triangles for some network problems, including percolation problem, and neural network as associative memory.

1.2. Methods and main results

Our method is based on the belief propagation algorithm considering triangles, and the generalized non-backtracking matrix which is obtained by linearizing the belief propagation algorithm at the factorized fixed point when the system under study has a certain type of symmetry. Our results show that using a simple model for networks, e.g. random networks with local clustering, the effects can be quantitatively studied and are different in different problems: On the percolation problems, considering of triangles gives a tighter lower-bound for the true percolation transition than the lower-bound given by inverse of the leading eigenvalue of the non-backtracking matrix. On the associative memory problem, starting from a locally tree like topology and increasing number of triangles will always harmful to the associative memory and decrease the capacity of the neural network. In the following text we will describe in detail these two problems.

2. Percolation on networks with clustering

Percolation if one of the well-studied problem in statistical physics, and has been used to model many systems including spreading of diseases, attack of Internet, etc. In this (bond percolation) problem, consider a network with n nodes and m edges, each edge is open with probability p, and is closed with probability 1-p. We are interested in the size of connected percolation clusters which is set of nodes connected by open edges. The percolation is a random process, on each realization of the open-close configuration of edges, the percolation cluster could be different. However in the thermodynamic limit (n goes to infinity), the statistical properties of the percolation cluster can be well-characterized. In general with p value there are two situations, one is the non-percolation case that with n goes to infinity, size of the largest percolation cluster is finite, a simple example for this case is with p=0 where all edges are closed and there are n clusters each of which has size 1. The other case is the percolation case where the largest percolation cluster is infinite. In general there is a percolation transition p* separating these two cases. So the size of the largest percolation cluster and the position of the percolation transition, are of great interest in statistical physics, therefore many theory have been proposed to describe these two quantities.

Recently, some progresses have been made (Karrer, 2014; Hamilton, 2014) when the network is sparse and locally-tree like which means short loops (including triangles, quadrangles) in networks are rare. In the paper, authors have made use the Bethe approximation (Bethe, 1935) which assumes the independence of conditional probabilities that is exact when the network is a tree, and is a good approximation when the network is large and sparse. Authors also show that the inverse of the leading eigenvalue of the non-backtracking matrix (Krzakala, 2013) gives a lower bound to the true percolation transition.

However as we have described in the Introduction, most of the real-world networks like the human social networks, are not locally-tree like, as there are many triangles giving the network a high clustering coefficient (Watts, 1998). So the average size of the giant cluster computed in using the Bethe approximation could be a bad approximation to percolation on a network with lots of triangles, thus the lower-bound given by the inverse of the non-backtracking matrix could be a not tight. In this work we propose to improve the approach using the Bethe approximation by considering the effect of triangles. This is actually related to the Kikuchi approximation (also known as cluster expansion approximation) on a general graphs. If we choose a simple random graph model with clustering (Newman, 2009), where loops longer than 4 are, the Kikuchi-related method can be simplified to Bethe approximation considering edges and triangles, and this is the theoretical bases of our analysis.

Assuming the network contains only single edges (i.e., edges do not belong to any triangle) and triangles, first thing we can do is to write out the iterative equations for the marginal probability of a node belonging to a cluster of a particular size s, considering the effects of triangles. However this probability is not solvable in practice because of the larges number of possible cluster size. Fortunately the moment generating function of this probability is solvable and results to belief propagation equations (Yedidia, 2001) using two kinds of messages. One kind of messages is sent along a directed

single edge of the graph from one node to another node; the other kind of messages is sent along a triangle to one of its end-point. From a random initial condition, this belief propagation equation will converge to a fixed-point from which we can compute the marginal probability of each node and the size of the giant cluster. Interestingly, belief propagation equations always converge in this case, indicating that there is no one-step replica symmetry breaking effects (Mezard, 2001), as opposed in other problems, e.g. in optimization problems (Zhang, 2009; Barbier, 2013). We think this may be due to the fact that the leading eigenvector always corresponds to one fixed-point of BP, and is always out of the bulk of the spectrum of the non-backtracking matrix as we illustrate below.

First we observe that all messages equal to 1 is always a fixed-point of the belief propagation equation. We call this fixed-point the factorized fixed-point. The point where the factorized fixed-point becomes unstable is our estimate for the percolation transition. The stability analysis of the factorized fixed-point of belief propagation is equivalent to finding the leading eigenvector of a new matrix we call the generalized non-backtracking matrix. As opposed to the non-backtracking matrix (Krzakala, 2013) which is defined on the directed edges of a graph, our generalized non-backtracking matrix is defined on directed edges and triangles of the graph. Since all elements of the matrix are non-negative, Perron-Frobenius applies that the leading eigenvalue is positive, as well as the elements of the elements of the leading eigenvector. Then by constructing a matrix with the same size as the generalized non-backtracking matrix, but has the same non-trivial eigenvalues as the non-backtracking matrix, then we can use the Collatz-Wielandt theorem to prove that the leading eigenvalue of the generalized non-backtracking matrix is always smaller or equal to the leading eigenvalue of the non-backtracking matrix. Further more, we also prove that the threshold given using the generalized non-backtracking matrix is always less or equal to the true percolation transition.

As a summary we show that the percolation transition given by the generalized non-backtracking matrix considering triangles is a lower-bound to the true percolation transition on an infinite connected graph, and is tighter than the bound given by inverse of the non-backtracking matrix.

3. Associative memory networks with clustering

There have been lots of analytical studies on the performance of an associative memory on fully connected graphs and on randomly diluted networks (Amit, 1985; Coolen, 2001; Zhang, 2015). However real neural networks have never been fully connected or randomly diluted. Simulation work reported that clustering is harmful to the performance of associative memory (McGraw, 2003; Kim, 2004), however there has been little study on analytical treatment to this effect. In the previous study we have considered this effect of loops to the dynamics of an associative memory (Zhang 2008), however the equilibrium properties, e.g. the position of the spin glass transition, to our best knowledge, has not been addressed before.

In this work we study the effect of triangles using the similar technics used in the previous section on percolation — the recent developed method of non-backtracking matrices (Krzakala, 2013; Zhang, 2015), but on weighted networks where weights are generated by Hebb's rule (I.e., essentially we are considering the Hopfield model (Hopfield, 1982). The non-backtracking operator for the Hopfield model is exactly the same as that for the Ising model (Zhang, 2015), so as the same procedure in the previous section, we extend this operator to consider the effect of triangles.

Following the belief propagation equation that written out in (Zhang, 2015), which was written out for the Ising model on graphs without (with rare) loops, we modified it into a form considering triangles. In this set of equations, there are still two kinds of messages: one is passing along directed edges (i to j), representing the marginal probability of node j taking value +1; the other kind of message is passing along triangles to one of its end-node, representing the marginal probability which is the expectation of the probability that the triangle ``wants'' its end-node to take +1. These probabilities are also called cavity probabilities in statistical physics. Then we note that when system has no external fields, as in the Hopfield model (Hopfield, 1982), the belief propagation equation has a factorized (paramagnetic) fixed-point where marginal probabilities are zero. This fixed-point reflects only the symmetry in the system: if we change all the +1 to -1 and all -1 to +1 in one configuration,

the Hamiltonian of the system does not change at all, due to the symmetric couplings given by the Hebb's rule in the Hopfield model. So we can do exactly the same thing as we did in the last section, for the percolation problem, expanding the belief propagation equation to the first order around this factorized fixed-point, resulting to the generalized non-backtracking matrix as we introduced in the previous section.

However the generalized non-backtracking matrix is different from the one we introduced in last section in several ways: (i) positions of non-zero elements (the topology of the matrix) are the same but the non-zero elements are different. In Hopfield model, elements of the matrix are given by the memorized patterns, while in percolation the elements depends on the edge-open probability. (ii) The generalized non-backtracking matrix for percolation has non-negative elements, thus its leading eigenvalue and eigenvector are non-negative and they are essentially what we want. However in the Hopfield model, the generalized non-backtracking matrix contains negative elements, thus its leading eigenvalue could be negative, or even a complex value.

For Hopfield model, we essentially need first P eigenvalues and eigenvectors with P denoting number of memorized patterns. If there are P real eigenvalues outside the bulk in the spectrum, they correspond to P successfully memorized patterns, and the sign of the eigenvectors can be used to retrieve all patterns simultaneously. If number of patterns that we want to memorize is too large, the leading eigenvalue could be complex, representing the spin-glass state of the system. So the existence of eigenvalues out of the complex bulk tells us that system is in the retrieval phase; otherwise the system is in the spin glass phase. Thus the point when real eigenvalues join the bulk, system has a spin glass phase transition.

Using technics described above, we estimated the phase diagram for Hopfield model in the temperature and pattern-number plane, on networks with only single edges and triangles. And we found that with the same number of edges, the more triangles there are in the network, the smaller retrieval phase there are in the phase diagram. So as a conclusion, clustering is harmful to the performance of Hopfield model.

4. Summary

In this document I have reported two problems that I have been studying during my stay at the Yukawa Institute of Theoretical Physics during March, 2016. Using the similar technique — analysis of the spectrum of generalized non-backtracking matrix considering triangles in the network. We have estimated the effect of the triangles to the phase transitions of the system, and to the performance of the system. The study on the percolation problem will be summarized into a research paper, while the study on the Hopfield model is still in its early stage and needs more work to complete.

5. Acknowledgements

I would like to thank the International Research Union of Advanced Future Studies for providing financial support, Yukawa Institute for Theoretical Physics for hospitality, and Professor Masatoshi Murase for hosting me. Part of the computations in this work was performed on the High Performance Computing Center of Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences.

6. References

Karrer, B., Newman M.E.J. and Zdeborova, L. Percolation on Sparse Networks. *Phys. Rev. Lett.*, **113**, 208702, 2014.

Hamilton, K. E. and Pryadko, L. P. Tight Lower Bound for Percolation Threshold on an Infinite Graph. *Phys. Rev. Lett.*, **113**, 208701, 2014.

Krzakala, F., Moore, C., Mossel, E., Neeman, J., Sly, A., Zdeborova, L. and Zhang, P. Spectral redemption in clustering sparse networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **110**, 20935-20940, 2013

Watts, D. and Strogatz, S. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, **393**, 440, 1998.

Bethe, H. Statistical theory of superlattices. *Proc. R. Soc. London A*, **150**, 552-575, 1935.

Newman, M. E. Random graphs with clustering. *Physical review letters*, **103**, 058701, 2009.
Yedidia, J., Freeman, W. and Weiss, Y. Understanding belief propagation and its generalizations. *International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 2001.
M\'ezard, M. and Parisi, G. The bethe lattice spi glass revisited. *Eur. Phys. J. B,* **20**, 217, 2001.
Zhang, P., Zeng, Y. and Zhou, H. Stability analysis on the finite-temperature replica-symmetric and first-step replica-symmetry-broken cavity solutions of the random vertex cover problem. *Phys. Rev. E*, **80**, 021122, 2009.
Barbier, J., Krzakala, F., Zdeborova, L. and Zhang, P. The hard-core model on random graphs revisited. *Journal of Physics: Conference Series*, **473**, 012021, 2013.
Amit, D., Gutfreund, H. and Sompolinsky, H. Spin-glass models of neural networks. *Phys. Rev. A*, **32**, 1007 ,1985.
Coolen, A. C. C. Statistical Mechanics of Recurrent Neural Networks II. Dynamics arXiv:, cond-mat:, 0006011, 2000.
Zhang, P. Nonbacktracking operator for the Ising model and its applications in systems with multiple states. *Phys. Rev. E, 91*, **042120**, 2015.
Kim, B. J. Performance of networks of artificial neurons: The role of clustering. *Phys. Rev. E,* **69**, 045101, 2004.
McGraw, P. N. and Menzinger, M. Topology and computational performance of attractor neural networks. *Phys. Rev. E*, **68**, 047102, 2003.
Zhang, P. and Chen, Y. Transient Dynamics of Sparsely Connected Hopfield Neural Networks with Arbitrary Degree Distributions. *Physica A*, **387**, 1009, 2008.
Zhang, P. and Chen, Y. Topology and dynamics of attractor neural networks: the role of loopiness. *Physica A*, **387**, 4411-4416, 2008.
Hopfield, J. J. Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **79**, 2554, 1982.

April 2016
No.2016-006-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my 3-month visit to YITP

Christian D. Ott
[1]California Institute of Technology
E-mail: cott@tapir.caltech.edu

Abstract. I summarize my research activities during my 3-month visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics from January to March 2016.

Keywords: numerical relativity, neutron star mergers, core-collapse supernovae, gravitational waves, black holes

1. Personal Note

I wish to express my gratitude to YITP faculty (in particular Sasaki-san and Shibata-san) and staff for their great hospitality during my ~3-month visit. I have come to appreciate YITP as a very special place in the world: not only do YITP faculty and staff produce some of the most important and exciting scientific results, they also create an environment at YITP that is welcoming and extremely scientifically stimulating. I felt welcome at YITP from day one and am honored by and grateful for the hospitality that I have received.

Everybody made YITP and Kyoto feel like a home away from home for me. I will always cherish my memories of the past three months and I am excited to come back in the future!

Kyoto, March 30, 2016

Christian Ott

2. Research Completed at YITP

I completed six research projects during my stay at YITP. Many of these were relatively short-term projects that involved substantial work while I was at YITP. However, one project started as early as 2009 and I was very happy to have the time and ability to concentrate on completing it while at YITP.

2.1. Dynamical Mass Ejection from Binary Neutron Star Mergers

(with David Radice, Filippo Galeazzi, Jonas Lippuner, Luke Roberts, and Luciano Rezzolla)

In this project with my postdocs Radice and Roberts and my graduate student Lippuner (and external collaborators Galeazzi and Rezzolla), we investigated the dynamical ejection of neutron star matter when two neutron stars collide in a neutron star merger. It is important to understand the amount and chemical composition of these ejecta, since they are believed to be the primary source of very heavy neutron-rich nuclei that are formed via the rapid neutron capture process (r-process). Furthermore, the composition of the dynamical ejecta plays a role in determining the features of the electromagnetic afterglow "kilonova" emission from the merger remnant. Our results confirm previous studies that suggested that eccentric mergers eject more matter than the more common quasicircular mergers. We also find, as expected and previously shown by the Kyoto group, that the composition of the dynamical ejecta is sensitive to neutrino cooling and heating effects. However, in contrast to previous work, we do not find that neutrino heating can drive up the electron fraction sufficiently to produce the lightest "first peak" r-process nuclei. These must come from some other source or from the viscously driven or neutrino-driven disk wind in the post-merger evolution.

The resulting paper has been accepted for publication in MNRAS as Radice et al. 2016. It is available on arXiv as arXiv:1601.02426, http://arxiv.org/abs/1601.02426.

2.2. The Influence of Neutrinos on r-Process Nucleosynthesis in the Ejecta of Black Hole--Neutron Star Mergers

(with Luke Roberts, Jonas Lippuner, Matt Duez, Josh Faber, Francois Foucart, James Lombardi, Sandra Ning, and Marcelo Ponce)

This paper comes out of the Simulating eXtreme Spacetimes (SXS) collaboration that was originally started by Kip Thorne (Caltech) and Saul Teukolsky (Cornell). SXS now includes researchers at Caltech,
Cornell, CITA (U of Toronto), The Albert Einstein Institute, UC Berkeley, Washington State University, and Calstate Fullerton. My postdoc Roberts (NASA Einstein Fellow) and my graduate student Jonas Lippuner post-processed simulated particle trajectories of material ejected from black hole -- neutron star (BHNS) merger simulations carried out with the SXS merger code SpEC. BHNS mergers at realistic mass ratios and black hole spins tend to eject more neutron star material than double neutron star mergers. Hence, they may be the primary source of very neutron rich nuclei in the universe. Our results show that all considered BHNS cases produce a very robust heavy (2nd and 3rd peak) r-process. When including irradiation by neutrinos from a post-merger disk, we find that neutrino absorption can drive up the yield in the first peak, but not sufficiently to explain the solar abundance pattern of r-process nuclei. Again, a
different source (perhaps core-collapse supernovae) for the lightest r-process elements may be needed.

The resulting paper has been submitted to MNRAS as Roberts et al. 2016. It is currently under review and available on arXiv as arXiv:1601.07942, http://arxiv.org/abs/1601.07942.

2.3. Numerical Simulations of Stellar Collapse in Scalar-Tensor Theories of Gravity
(with Davide Gerosa and Uli Sperhake)

In this project with my collaborator Sperhake (Cambridge) and his graduate student Gerosa (who will join Caltech as a postdoc in the fall), we extended my groups spherically-symmetric (1D) general relativistic core collapse code GR1D to include a scalar field in the gravitational sector that feeds back on the dynamics of the collapse evolution. The scalar degree of freedom introduces *monopole* gravitational waves that, if measured by LIGO, KAGRA, and Virgo, would be very strong evidence for a scalar component of gravity. Our goal was to predict monopole gravitational waves and study their strength and morphology as a function of scalar-field parameters and progenitor star characteristics.

We chose a formulation with a coupling function F that depends on two parameters alpha_0 and beta_0 and that recovers standard Brans-Dicke theory with omega_BD = (1-6 alpha_0^2)/(2 alpha_0^2) and beta_0 = 0. alpha_0 and \beta_0 have been constrained observationally by weak-field tests, but the currently remaining unconstrained parameter space is still (astro)physically interesting.

We carried out a large set of 1D stellar collapse simulations and found that the scalar field (with parameters in the still allowed parameter space) has negligible influence on the collapse dynamics itself. For standard, neutron-star forming core collapse events, the emitted scalar gravitational waves are unlikely to be seen by second-generation gravitational wave observatories, even if the event occurs within the Milky Way. The situation is different for black hole forming core collapse: in this case, the compactness of the protoneutron star is so large that nonlinear effects come into play, leading to what is called *spontaneous scalarization*, just before black hole formation. In this process, the scalar field amplitude suddenly shoots up and sends out a strong pulse of scalar gravitational waves. This signal from a galactic event would be detectable even by current second-generation gravitational wave observatories and a non-detection would add interesting constraints on scalar-field parameters.

The resulting paper has been submitted to CQG as Gerosa et al 2016. It is currently under review and available on arXiv as arXiv:1602.06952, http://arxiv.org/abs/1602.06952. It has been assigned YITP report number YITP-16-14.

2.4. The One-Armed Spiral Instability in Neutron Star Mergers and its Detectability in Gravitational Waves
(with David Radice and Sebastiano Bernuzzi)

In this project with my postdoc Radice and former postdoc Bernuzzi (now junior faculty at Parma), we carried out fully general-relativistic neutron star merger simulations, using Radice's high-precision GR hydrodynamics code WhiskyTHC within the Einstein Toolkit simulation framework. The focus of this study was on generating high-fidelity waveforms from the inspiral phase (we simulated for about 10 orbits with 4 different resolutions) of equal mass double neutron star systems and to study the non-axisymmetric deformation of the hypermassive neutron star formed after merger. This deformation is dominated by m=2 (“bar'”) contributions, but we also found an m=1 “one armed spiral” to be present, leading to gravitational wave emission through the l = 2, m= 1 mode at half the frequency of the dominant l = 2, m = 2 mode. We showed that this m=1 mode appears robustly even in equal mass quasicircular binaries. Previous work at lower numerical order and lower numerical resolution argued that m=1 should be present only in the case of unequal mass binaries and eccentric mergers. Comparing with the high-resolution equal-mass simulations carried out by Kenta Kiuchi of the YITP

group, we found that the YITP simulations also contain the $m=1$ mode. This gave us additional confidence in our results.

The postmerger gravitational wave emission carries information on the uncertain equation of state of nuclear matter. However, since the dominant l=2, m=2 postmerger gravitational wave emission occurs at frequencies of 2-4 kHz, second-generation gravitational wave detectors like Advanced LIGO, KAGRA, and Advanced Virgo will have a hard time detecting the postmerger signal. Since the m=1 mode leads to gravitational wave emission at lower frequency, the hope was that it could be detected more easily, revealing the sought-after information on the nuclear equation of state. Unfortunately, our results clearly show that because of its very narrow-band emission, the signal to noise ratio of the $\ell = 2, m=1$ mode is very small. Even if the binary is optimally oriented and in the nearby Virgo cluster of galaxies (D ~ 10 Mpc), it would require third-generation detectors such as the Einstein Telescope to detect the signal.

The resulting paper has been submitted to PRD as Radice et al. 2016b. It is currently under review and available on arXiv as arXiv:1603.05726, http://arxiv.org/abs/1603.05726. It has been assigned YITP report number YITP-16-21.

2.5. Numerical Modeling of the Early Light Curves of Type IIP Supernovae
(with Viktoriya Morozova, Tony Piro, and Mathieu Renzo)

In this project with my postdoc Morozova and collaborators Piro (Carnegie Observatories) and Renzo (Amsterdam), we used our open-source SuperNova Explosion Code (SNEC). We studied the early shock-cooling dominated light curves of Type IIP (P stands for “plateau”) supernovae from red supergiant stars (RSGs). SNEC was first presented in Morozova et al. 2015. It is a Lagrangian (working in co-moving coordinates) spherically symmetric Newtonian radiation-hydrodynamics code. It solves photon radiation transport in the equilibrium (gray) diffusion approach to predict the lightcurves of supernova explosions. Starting with a progenitor star model from a stellar evolutionary code, we artificially initiate an explosion at some prescribed mass coordinate, then follow the explosion up to ~100 days after shock breakout.

In this new study, we focused on the light curve in the first ~20 days after shock break out. During this time, the light curve emission comes from the shock heated, cooling and expanding stellar material. At later times, the plateau emission sets in, which is provided by recombination of ionized hydrogen to neutral hydrogen. Focusing on the early light curve, we found that the time between shock breakout and the maximum of the light curve can be used to put constraints on the pre-explosion radius of the RSG progenitor. This is very interesting, (a) since RSG radii are presently very uncertain and very sensitive to the parameters used in stellar evolution codes and (b) because automated astronomical surveys are beginning to provide increasingly detailed observations of IIP supernovae, which can be used together with our numerical models to observationally determine RSG radii with good accuracy.

The resulting paper has been submitted to ApJ as Morozova et al. 2016. It is currently under review and available on arXiv as arXiv:1603.08530, http://arxiv.org/abs/1603.08530. It has been assigned YITP report number YITP-16-32.

2.6. Simulations of Inspiraling and Merging Double Neutron Stars using the Spectral Einstein Code (with Roland Haas and the SXS Collaboration)

The project underlying this paper started in 2009, soon after I had taken up my assistant professorship. At the time, the Caltech-Cornell (SXS) Spectral Einstein Code (SpEC) had just been upgraded to include general-relativistic hydrodynamics with the goal of simulating black hole -- neutron star binary mergers. It seemed obvious to me that the next step should be simulating neutron star -- neutron star (NSNS) mergers. SpEC is an appealing code for BHNS and NSNS merger simulations, (a) since it treats the the gravitational part in a pseudospectral framework with exponential convergence and extremely high accuracy and (b) because it uses a comoving coordinate system in which the neutron stars are stationary during the inspiral, avoiding any errors due to advection of neutron star material through the grid.

Unfortunately, while it seemed easy at first, simulating NSNS mergers with SpEC turned out much more difficult than thought. These difficulties were caused by numerical problems in the inspiral phase that spoiled convergence with resolution and took years of graduate student and postdoc time to resolve. Furthermore, once the two neutron stars merge, they form a potentially long-lived hypermassive neutron star remnant that eventually collapses to a black hole. The dynamical formation of a black hole had previously not been attempted with SpEC, so we had to develop the necessary computational technology to dynamical find a newly appearing apparent horizon and then excise the spacetime and matter interior to it from the computational domain.

Real progress on NSNS mergers with SpEC began in 2012, when then postdoc Roland Haas joined our team at Caltech (he has now moved on to Alessandra Buonanno's group at the Albert Einstein Institute). With Roland, we have now completed the longest-ever NSNS inspiral and merger simulation (~22 orbits, ~44 wave cycles). This simulation, along with an extensive discussion of the changes made to SpEC to make it work, are summarized in a paper that will be submitted to PRD before April 5, 2016 as Haas et al. 2016. It is not yet available on arXiv. It has been assigned YITP report number YITP-16-39.

3. Overview of New Research Started at YITP

I have started a number of new projects involving YITP researchers during my visit. They are still in their early stages. I provide brief summaries in the following.

3.1 Black Hole and Accretion Disk Formation in Gamma-Ray Burst Progenitors

(with Kenta Kiuchi, Yuichiro Sekiguchi, and Masaru Shibata)

In the collapsar scenario for long gamma-ray burst, a massive star collapses to a black hole with an accretion disk. Accretion power and black hole spin extraction are then believed to power a relativistic outflow that generates the gamma-ray burst. So far it has been impossible to actually simulate this process self-consistently and from first principles. In this project, we are for the first time attempting to combine numerical relativity with realistic microphysics (equation of state and neutrinos) and study core collapse, long-term accretion, black hole formation, and subsequent accretion disk formation from first principles. Because the time to be simulated is thousands of dynamical times of the system, we carry out collapse and accretion until shortly before black hole formation in Sekiguchi's axisymmetric (2D) code and then map to my 3D code to follow black hole and accretion disk formation. So far, the 2D part is complete and we are working on mapping from 2D to 3D. I expect first interesting results of this study to be available in May 2016.

3.2. Dynamical Fragmentation and Stellar-Mass Black Hole Formation in Massive Stars

(with YITP graduate student Joseph Fedrow)

A gamma-ray event was observed in temporal coincidence with Advanced LIGO's gravitational wave event GW150914. Various theorists have proposed scenarios in which a binary black hole coalescence could emit a gamma-ray signal. On model, proposed by Avi Loeb, suggests that a rapidly rotating stellar core could fragment into two pieces during collapse. These then collapse to two black holes, inspiral, and merge. Woosley has generated a precollapse stellar model that could have sufficient angular momentum to allow dynamical fragmentation (but he did not include the centrifugal acceleration in his stellar evolution calculations).

My group has previously studied (Reisswig, Ott et al. 2013, PRL 111, 151101) collapse and dynamical fragmentation in the context of supermassive star collapse. In the project with Fedrow, we are re-considering the Reisswig et al. study in the context of stellar-mass objects. First, we are building spherically symmetric initial conditions and give them approximate ("1.5D") rotation to study their stability properties. We may find already with this simple 1.5D study that the scenario proposed by Loeb is not viable. If we find viable cases, we will simulate them in 3D, using my group's core-collapse simulation package Zelmani, which is based on the Einstein Toolkit. Fedrow has already started using the Einstein Toolkit for binary black hole simulations.

3.3. Stellar-Mass Binary Black Hole Inspirals in a Gaseous Environment
(with Masaru Shibata and, perhaps, Joseph Fedrow)

This project is related to the fragmentation project and aims to study the effects of a gaseous environment (i.e. a stellar environment) on the inspiral dynamics and the resulting gravitational waveform of a binary black hole coalescence. The goal is to determine the threshold ambient density at which the inspiral and merger signal is changed (by dynamical friction and accretion) to such a degree that it would be inconsistent with the observed waveform of GW150914. If this threshold density is below or near the density expected in the core of a massive star, then this would immediately rule out Loeb's dynamical fragmentation model.

We have already started initial short-term inspiral simulations and are presently working out numerical issues caused by adding general-relativistic hydrodynamics to the binary black hole coalescence simulation. I expect first interesting results of this study in May 2016.

April 2016
No.2016-007-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my staying in the Kinso Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science

Minghu Fang[1]
[1]Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China
E-mail: mhfang@zju.edu.cn

Abstract. This article is a report for my staying as a Distinguished Visiting Professor in the Division of Chemistry, financed by the International Research Unit of Advanced Future Studies. A summary of scientific activity and some reserach results done during my staying is provided. The future collabration between Kinso Laboratory and my group is discussed in details.

Keywords: Fe-based superconductors, Topological Materials, Itinerant Magnetism, Heavy-Fermion Compound.

1. Research Activity:

I worked as a distinguish visiting professor at the Kinso Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University from Feb. 1 to March 31, 2016. This research stay was financed by the International Research Unit of Advanced Future Studies. I would like to express my appreciation to the Division of Chemistry for hosting me, to the International Research Unit of Advanced Future Studies for providing financial support, and to Professor Yoshimura for inviting me.

During these two months, I have a chance to discuss with Prof. Yoshimura about unconventional superconductors, itinerant magnetism and topological materials research. I learnt a lot of about magnetism and neutron magnetic resonance (NMR) theory, and technique for preparing various materials and measurements from Prof. Yoshimura's group. Prof. Yoshimura and I discussed about the future collaboration between his group and my group in Zhejiang University on these fields.

In the past two months, I took part in three workshops and give two talks in these meeting. One is on the International Symposium on Advanced Future Studies, held on Feb., 12, 2016, Kyoto. My talk topic is the Exploration of (Fe,Ni)-Chalcogenide Superconductors: Fe-vacancy order, new AFM states and SC, As we know, cuprates and Fe-based compounds are two families with highest superconducting (SC) transition temperatures. A common feature in both families is that the superconductivity emerges as antiferromagnetic (AFM) long range order is suppressed. While the parent compound of cuprates is a Mott insulator where the electron repulsion is strong, the parent compound of Fe-based materials is metallic implying weak or moderate electron correlation. A key strategy to develop a unified picture for the Fe- and Cu-based high temperature superconductivity

(HTSC) is to explore the possibility to tune the Fe-based compound into an insulator. The relationship between the antiferromagntic ground state in the Fe-chalcogenides, which is different from that in the Fe-pnictides, and superconductivity is another issue. In this presentation, firstly, I talked about our discovery of superconductivity with T_C = 14 K, determining of the lattice, magnetic structures in the parent of Fe(Te,Se,S) system and the correlation between bi-collinear AFM order and superconductivity in this system. Secondly, I discussed about our efforts on searching for new Fe-chalcogenides with AFM insulating behaviour, such as $La_2O_3Fe_2Se(S)_2$ compounds. Third, I reported our discovery of superconductivity above 30K in (Tl,K,Rb)Fe_xSe_2 system, which the onset SC transition temperature is as high as 40K. While the compound with more Fe vacancies shows an AFM insulator behaviour, which may be associated with the Fe-vacancy ordering in the crystals. Our discovery represents the first Fe-based HTSC at the verge of an AFM insulator. A review on the results of Fe-vacancy super-lattice, magnetism and superconductivity in (Tl,K,Rb)Fe_xSe_2 system was presented in this talk. Finally, I reported the our recently discovery of superconductivity in the $TlNi_2(Se,S)_2$ system.

The second is on the International Workshop on Advanced Future Studies, held on March 14-16, 2016, Kyoto. My talk topic is Topological Materials. It is well known that the discovery and classification of distinctive phases of matter is the main purpose of the condensed-matter physics. Over the past 30 years, the study of the quantum Hall effect has led to a different classification paradigm based on the notion of topological order. The quantum Hall effect defines a topological phase in the sense that certain fundamental properties are insensitive to smooth changes in material parameters and cannot change unless the system passes through a quantum phase transition. In the past 10 years, a new field has emerged in condensed-matter physics based on the realization that the spin-orbit interaction can lead to topological insulating electronic phases, and on the prediction and observation of these phases in real materials. And many new topological materials have been discovered, such as 3D topological insulators, Bi_2Se_3; 3D topological semimetals, Cd_2As_3; 3D Weyl semimetals TaAs, NbP, TaP, NaAs. In this presentation, I first gave a review about this new matter state, such as what is topological material, the relationship between the topology in mathematics and topological materials in the condensed matter physics et al. Secondly, I showed an example to explain how to construct the topological materials. Finally, I reported our recent work on the Weyl semimetal TaP.

Especially, in these workshops, many talks given by the professors from various field, such as economic, psychology, information, ecological, language, biology, physics, chemistry, let me know that the researches in various fields have some comment characteristics. It is very important to exchange with each other at the same platform. Some new good ideas may be burst out after discussions. I should give my gratitude to the International Research Unit of Advanced Future Studies offering these opportunities.

At the same time, I also took part in the Workshop of the Low Temperature Centre, Graduate School of Science, and the each seminar every week in the Prof. Yoshimura's group. I learnt many things from the speakers. For example, Haraguchi's work on the spin-liquid behaviour in the spin-frustrated Mo_3 cluster magnet $Li_2ScMo_3O_8$ in contrast to magnetic ordering in isomorphic $Li_2InMo_3O_8$ told us a new way to realize magnetic ground state. Of course, in these seminars, I gave the students some suggestions according to my previous experience, which may be helpful for their research in the future.

2. Research Results

During the two months when I stay in Kinso Laboratory, after discussing with Prof. Yoshimura, I finished the two papers. One is about the research on "the unsaturated positive and negative magnetoresistance in Weyl semimetal TaP", which has be published in Sci. China-Phys. Mech. Astro. 59, 657406 (2016). In Weyl semimetal (WSM) phase, the bulk electronic bands disperse linearly along the momentum direction through a node, called the Weyl point, in a three-dimensional (3D) analog of

graphere. It can be viewed as an intermediate phase between a trivial insulator and topological insulator. A number of candidates for a WSM have previously been proposed, such as $Y_2Ir_2O_7$ and $HgCr_2Se_4$ compounds in which the magnetic order breaks the time-reversal symmetry, and the $LaBi_{1-x}Sb_xTe_3$ compound in which fine-tuning the chemical composition is necessary to break the inversion symmetry. However, none of these compounds have been used to realize a WSM experimentally. This is because the magnetic domain is not large or it is very difficult to tune the chemical composition within 5%. Very recently, the theoretical proposal for a WSM in a class of stoichiometric materials including TaAs, TaP, NbAs, and NbP that break crystalline inversion symmetry was confirmed in the experiments, except for TaP. This was due to the difficulty of growing large crystals of TaP. The exotic transport properties exhibited by these materials has ignited extensive interest in both the condensed matter physics and material science communities, especially because of their extremely large magnetoresistance (MR) and ultrahigh mobility of charge carriers.

TaP crystallizes in a body-centered tetragonal lattice with the non-symmorphic space group *I*41*md,* which lacks inversion symmetry. We grew successfully single-crystal TaP by using a chemical vapor transport method. Then, we measured its longitudinal resistivity (ρ_{xx}) and Hall resistivity (ρ_{yx}) at magnetic fields up to 9 T in the temperature range of 2–300K. At 8 T, the magnetoresistance (MR) reached 3.28×10^5 % at 2 K, 176 % at 300 K. Neither value appeared saturated. We confirmed that TaP is a hole-electron compensated semimetal with a low carrier concentration and high hole mobility of $\mu_h = 3.71 \times 10^5$ cm^2/V s, and found that a magnetic-field-induced metal-insulator transition occurs at room temperature. Remarkably, because a magnetic field (H) was applied in parallel to the electric field (E), a negative MR due to a chiral anomaly was observed and reached -3000% at 9 T without any sign of saturation, either, which is in contrast to other Weyl semimetals (WSMs). The analysis of the Shubnikov-de Haas (SdH) oscillations superimposed on the MR revealed that a nontrivial Berry's phase with a strong offset of 0.3958, which is the characteristic feature of charge carriers enclosing a Weyl node. These results indicate that TaP is a promising candidate not only for revealing fundamental physics of the WSM state but also for some novel applications.

Another research is on the ferromagnetic quantum critical behavior in heavy-fermion compounds $CeTi_{1-x}Ni_xGe_3$. In the past 30 years, quantum criticality raises continuously scientist research interest because it is believed to be the origin of the many exotic emergent phenomena in the modern condensed-matter physics, such as quantum phase transition (QPT), new hidden order, unconventional superconductivity and the breakdown of the Fermi liquid model. The QPT, which occurs at zero kelvin, is driven by quantum fluctuations, in contrast to the phase transition emerging at finite temperature, driven by thermal fluctuations. The existence of ferromagnets with a lower T_C makes the ferromagnetic quantum criticality to be visible, because their T_Cs are easily suppressed to zero kelvin by tuning the external parameters, such as chemical composition, or pressure. Most of the experimental studies on the QPT were devoted to the stoichiometric compounds based on ytterbium, uranium or cerium, which show antiferromagnetic (AFM) correlation. On the other hand, ferromagnetic QPT is quite unusual both from the experimental and theoretical point of view. Therefore it is especially attractive to investigate ferromagnetic alloys in which Curie-temperature (T_C) can be driven to zero kelvin by tuning external parameters. For example, in $URhGe_5$ $UCoGe_6$, and UGe_2, the pressure tuned ferromagnetic QPT has been realized. And in $CePd_{1-x}Rh_x$, $CePd_{1-x}Ni_x$, $CeTi_{1-x}V_xGe_3$, $YbNi_4P_2$, $URu_{2-x}RexSi_2$ and $UCo_{1-x}Fe_xGe_{13}$, the T_C can be driven to zero kelvin by a chemical substitution.

$CeTiGe_3$ is an anisotropic ferromagnetic Kondo-lattice system with T_C = 14 K at ambient pressure. It crystallizes in the $BaNiO_3$ type structure (hexagonal perovskite, $P6_3/mmc$), which is consist of one-dimensional chains of face shearing Ti-centered octahedra stacked along the *c*- axis. The short distance between Ti-Ti atoms has been taken as a sign of a weak metal-metal bonding. The spins of Ce^{3+} ions with a moment of $(1.5\pm0.1)\mu_B$/Ce order ferromagnetically at low temperatures. It was found that ferromagnetic order in $CeTiGe_3$ is difficult to be suppressed by applying hydrostatic pressure. While $CeNiGe_3$ is an antiferromagnet with a Néel temperature T_N = 5.5 K due to the localized 4*f* magnetic moment. $CeNiGe_3$ crystallizes in the $SmNiGe_3$ type orthorhombic crystal

structure. Alloys of $CeTi_{1-x}Ni_xGe_3$ ($0.0 \leq x \leq 0.45$) were synthesized by an arc-melting method under an argon (Ar) atmosphere. X-ray powder diffraction (XRD) pattern for all the samples was recorded at room temperature with a X-ray diffractometer. Analysis of the XRD data was made by using the GSAS suite of Rietveld programs. The magnetization measurements were carried out by a Quantum Design MPMS (SQUID). The magnetic susceptibility of all the samples was measured at a 1000 Oe magnetic field with a process of field-cooling (FC). The resistivity and heat capacity measurements were carried out in a Quantum Design Physical Properties Measurement System (PPMS). It was found that the Curie temperature, T_C, decreases with increasing Ni content, and reaches to zero kelvin near a critical content $x_{cr} = 0.44$. A new phase diagram was constructed based on the results of magnetization (M), resistivity (ρ) and specific heat (C) measurements for this system. The non-Fermi liquid behavior in $\rho(T)$, and $1nT$ relationship in $C(T)$ in the samples near x_{cr}, demonstrate that strong spin fluctuation emerges in these samples, indicating them to be near a quantum critical point (QCP). This work will be published in Phys. Rev. B.

I discussed with Prof. Yoshimura about the future collaboration on these two systems. NMR is the unique tool to determine microscopically the spin state of electrons. Prof. Yoshimura's group has obtained many important results by using NMR measurement, and their works on magnetism by NMR measurements has a board impact in the world. We plan to measure the spin texture structure in the Weyl semimetal TaP by using NMR technique in his group, which may discover some exotic quantum electronic states in this new condensed matter state. Another, in order to explore the mechanism of the non-Fermi liquid behavior near quantum critical point in the $CeTi_{1-x}Ni_xGe_3$ alloys, we are going to observe NMR spectrum at different temperatures in his laboratory. We are looking forwards to obtaining many interesting results through our collaboration on these issues.

3. Summary

During the past two months staying in Kinso Laboratory, I learnt many things and obtained some interesting research results. I would like to thank again the International Research Unit of Advanced Future Studies for providing financial support, Professor Yoshimura for inviting me.

April 2016
No.2016-008-e

Journal of Integrated Creative Studies

How to change the sign of energy?
- Report on my three months visit to YITP

Alexander Vikman[1]
[1]Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic,
Na Slovance 2, CZ-18221 Prague 8, Czech Republic

E-mail: vikman@fzu.cz

Abstract. In this report I review some of my research activities during my visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics in Kyoto. In particular, during these three months, I was interested in explicitly time-dependent canonical transformations. These transformations map Hamiltonian equations into other Hamiltonian equations and are especially interesting in the context of cosmology. Indeed, there the focus is on the perturbations around time-dependent cosmological backgrounds, so that the Hamiltonian for perturbations is explicitly time-dependent. Especially, the time-dependent canonical transformations are helpful for a reformulation of theories with ghosts–cosmological perturbations with the negative kinetic energies. During my stay at YITP, I have proven that one can always perform such a canonical transformation that a new description of the system does not involve ghost degrees of freedom.

Keywords: canonical transformations, ghost degrees of freedom, cosmological perturbations, Hamilton-Jacobi equation

1. Classical Time-Dependent Canonical Transformations

Most of the time during my visit to YITP I was occupied with different thoughts about canonical transformations and their applications to cosmology. In particular, I was interested to apply explicitly time-dependent transformations to cosmological perturbations. Cosmological perturbations are described by actions with explicitly time-dependent coefficients, hence a change from one time-dependent description to another one is a rather natural procedure. Here I will review some of the results on this topic obtained during my stay at YITP. A by far more detailed discussion including quantum canonical transformations and particularly useful examples will be published in (De Felice, 2016).

Let us first refresh the general formalism of canonical transformations.

Consider a Hamiltonian system with canonical variables (p_i, q_i), (with i taking values from 1 to N, where N is the number of degrees of freedom) and with the Hamiltonian $H = H(p_i, q_i, t)$. Further, for simplicity of notation we will suppress the indices.

It is well known, (see e.g. (Arnold, 1989) that univalent canonical transformations

$$(p, q, H) \to (\pi, \theta, \mathcal{H}) ,$$

preserve the Poincaré–Cartan integral invariant

$$I = \oint pdq - Hdt = \oint \pi d\theta - \mathcal{H}dt , \tag{1}$$

from where it follows that

$$pdq - Hdt - (\pi d\theta - \mathcal{H}dt) = dF , \tag{2}$$

where $F = F(q, \theta, t)$ is the so-called generating function. In this way one obtains

$$p = \frac{\partial F}{\partial q} , \qquad \pi = -\frac{\partial F}{\partial \theta} ,$$

while the explicit-time dependence of the generating function changes the value of the Hamiltonian as

$$\frac{\partial F}{\partial t} = \mathcal{H}(\pi, \theta, t) - H\,(p, q, t) .$$

Thus one can find the corresponding generating function by solving the following nonlinear first-order partial differential equation (PDE)

$$\frac{\partial F}{\partial t} = \mathcal{H}\left(-\frac{\partial F}{\partial \theta}, \theta, t\right) - H\left(\frac{\partial F}{\partial q}, q, t\right) . \tag{3}$$

In particular, if $\mathcal{H} = 0$, the last equation is called the Hamilton-Jacobi equation. The general solution of this equation – the so-called *general integral* contains a free function. But to find a generating function one only needs the so-called *complete integral* of this equation, which only contains as many free parameters as independent variables, (see discussion in e.g. (Landau, 1976)).

This PDE for the generating function can be rewritten as the Hamilton-Jacobi equation for a larger system. To achieve this it is convenient to enlarge the configuration space of the system and introduce coordinates $Q = (q, \theta)$ with momenta corresponding canonical momenta defined as

$$P = \frac{\partial F}{\partial Q} \ ,$$

so that $Q_1 = q$, $Q_2 = \theta$, $P_1 = p$, $P_2 = -\pi$. Note that $(\pi, \theta) \to (P_2, Q_2)$ is not an univalent canonical transformation, rather it is an *extended canonical transformation* with valence $c = -1$ (for details see e.g. (Gantmacher, 1975)) so that the corresponding Hamiltonian

$$H_2(P_2, Q_2, t) = c\mathcal{H} = -\mathcal{H}.$$

The total Hamiltonian is then

$$H_{\pm}(P, Q, t) = H_1(P_1, Q_1, t) + H_2(P_2, Q_2, t) = H(P_1, Q_1, t) - \mathcal{H}(-P_2, Q_2, t) \ . \tag{4}$$

In this case the equation defining the generating function (3) takes exactly the form of the Hamilton-Jacobi equation for a system with the twice as many coordinates in the configuration space

$$\frac{\partial F(Q,t)}{\partial t} + H_{\pm}\left(\frac{\partial F}{\partial Q}, Q, t\right) = 0 \ . \tag{5}$$

Clearly the *complete integral* of this equation (5) is the on-shell classical action (also called Hamilton's principal function) $S_{\pm}(Q, t)$ for the motion of the enlarged system with the Hamiltonian $H_{\pm}$ and final coordinates Q. The initial coordinates are just free parameters in the *complete integral.*

The generating function can be differentiated with respect to θ and q to obtain π and p. Further, for a non-degenerate generating function the system of equations $\pi = -F_{,\theta}(q, \theta, t)$ and $p = F_{,q}(q, \theta, t)$ can be solved to find $\pi(p, q, t)$ and $\theta(p, q, t)$. It is important to note that the resulting canonical transformation generated by $F = S_{\pm}(Q, t)$ is univalent.

2. Changing the sign of the Hamiltonian

In particular, one can apply these results from above to obtain a generating function for canonical transformations to system with the Hamiltonian with an opposite (in particular negative) sign. In this case $\mathcal{H} = -H$ and the auxiliary Hamiltonian (4) is

$$H_{\pm}(P, Q, t) = H(P_1, Q_1, t) + H(-P_2, Q_2, t) \ . \tag{6}$$

Another way to understand the transformation changing the sign of the Hamiltonian and to find explicit formulas for the new canonical coordinates and momenta is based on the facts that i) canonical transformations build a group ii) motion is a canonical transformation. This way does not require a search for the generating function.
Indeed, the classical motion is a canonical transformation to the initial data

$$(p, q, H(p, q, t)) \to (P_0, Q_0, 0) \ .$$

So that there are trivially exist functions $p(P_0, Q_0, t)$ and $q(P_0, Q_0, t)$ along with inverse $P_0(p, q, t)$ and $Q_0(p, q, t)$. The inverse transformation given by the latter formulas is also canonical. On the other hand one can always consider another system with coordinates θ momenta π and the Hamiltonian $\mathcal{H} = -H(\pi, \theta, t)$. For this system one can consider a motion from *the same initial data*

$$(\pi, \theta, -H(\pi, \theta, t)) \to (P_0, Q_0, 0) \ .$$

So that there are functions $\pi(P_0, Q_0, t)$ and $\theta(P_0, Q_0, t)$ along with inverse $P_0(\pi, \theta, t)$ and $Q_0(\pi, \theta, t)$. Hence, there exist functions

$$\pi(p, q, t) = \pi(P_0(p, q, t), Q_0(p, q, t), t) ,$$

and

$$\theta(p, q, t) = \theta(P_0(p, q, t), Q_0(p, q, t), t) .$$

These functions define a canonical transformation, because of the group properties of canonical transformations. In particular, it is not hard to find explicit form of these transformations for a lineal system.

3. Cosmological perturbations

Here we shortly comment on the application to the cosmological perturbations. In the linear theory of scalar cosmological perturbations one is interested in the dynamics of a particular combination $\mathcal{R}$ of the scalar perturbations of the metric and matter (see (Mukhanov, 1986, 1992) and (Sasaki, 1986)). The dynamics are described by the following quadratic action for $\mathcal{R}$

$$S = \frac{1}{2}\int d\eta\, d^3\boldsymbol{x}\, Z\, ((\mathcal{R}')^2 - c_s^2(\partial_i\mathcal{R})^2) ,$$

where both coefficients $Z = Z(\eta)$ and the sound speed $c_s^2 = c_s^2(\eta)$ are constructed out of the background quantities like energy density, pressure, Hubble parameter etc. Thus these coefficients are explicit functions of the conformal time η. In particular, for some theories, it happens that $Z < 0$ so that the perturbations are *ghosts*. It is convenient to go to the Fourier space and rewrite the action as

$$S = \frac{1}{2}\int d\eta\, d^3\boldsymbol{k}\, Z\, (|\mathcal{R}'_{\boldsymbol{k}}|^2 - c_s^2 k^2 |\mathcal{R}_{\boldsymbol{k}}|^2) = \int d^3k\, S_k \ .$$

Now each mode one can treat separately as a dynamical system. In particular, the corresponding Hamiltonian is

$$\mathcal{H}_k = \frac{|P_{\boldsymbol{k}}|^2}{2Z} + \frac{Z}{2}c_s^2 k^2 |\mathcal{R}_{\boldsymbol{k}}|^2 . \qquad (7)$$

In that case one can always perform a canonical transformation (5) with the Hamiltonian (6) constructed out of (7) so that the new Hamiltonian for the mode is

$$\mathrm{H}_k = -\frac{|\pi_{\boldsymbol{k}}|^2}{2Z} - \frac{Z}{2}c_s^2 k^2 |r_{\boldsymbol{k}}|^2 .$$

In this way, if the original modes were ghosts the new modes are normal and vice versa. Thus simple time-dependent canonical transformations can extinguish ghosts. The price to pay is a structure of interactions different from those for $\mathcal{R}$ and even stronger time-dependent and $\boldsymbol{k}$-dependent couplings.

4. Other research activity while at the YITP

During my stay at YITP I also finished work on gauge issues and Weyl-invariance in the *Mimetic Gravity* (Hammer, 2015). Further I have been working on Null Energy Condition and speed of propagation for the gravitational waves in the scalar-tensor theories. Moreover, in collaboration with

Damien Easson, I was investigating the plausibility of the cosmological oscillatory attractors recently introduced by Wilczek and collaborators in (Bains, 2015). This study will be published in May 2016. Thanks to the generous support from the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University Research Coordination Alliance, I have visited and have given seminars at:

1. Theoretical High-Energy Physics Lab at the Department of Physics, Tokyo Metropolitan University,
2. Leung Center for Cosmology and Particle Astrophysics of the National Taiwan University
3. Jockey Club Institute for Advanced Study of the Hong Kong University of Science and Technology,
4. Department of Physics, Tokyo Institute of Technology

Moreover, I have attended and have given a talk at a very nice and intensive workshop "New perspectives on cosmology" at the Asia Pacific Center for Theoretical Physics, Pohang, South Korea. During some of these visits, as a result of the intensive exchange of ideas, I started new interesting projects and found new collaborators.

5. Acknowledgements

This work was partially supported by the J. E. Purkyně Fellowship of the Czech Academy of Sciences, by the Grant Agency of the Czech Republic under the grant P201/12/G028 and mainly supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University Research Coordination Alliance.
I am also thankful to the Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics for the hospitality and the INFN for partial support during the final stages of writing this paper.
Last but not least, it is a great pleasure to express my gratitude to the members and staff of the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, where these results were obtained. Their warm hospitality and very stimulating and encouraging scientific atmosphere of the institute made this research possible. My special thanks go to the YITP driving force – Misao Sasaki without whose enthusiasm and energy this vital and environment would be unimaginable.

6. References

Arnold V. I., *Mathetnatical Methods of Classical Mechanics,* 2nd. ed*,* Springer, New York, 1989
Bains, J., Hertzberg, M., Wilczek, F., *Oscillatory Attractors: A New Cosmological Phase,* e-Print: arXiv:1512.02304 [hep-th]
De Felice, A., Mukohyama, S., Saito, R., Sasaki, M., Vikman, A., Watanabe, Y., *Canonical Exorcism for Cosmological Ghosts,* in preparation, 2016
Gantmacher, F., *Lectures in Analytical Mechanics***,** Mir Publishers, Moscow, 1975
Hammer, K., and Vikman, A., *Many Faces of Mimetic Gravity, e-Print:* arXiv:1512.09118 [gr-qc]
Landau, L.D. and Lifshitz E.M., *Mechanics,* 3rd. ed*,* Butterworth-Heinemann: Oxford, UK, 2000
Mukhanov, V., *JETP Lett.* **41**, 493 (1986); Sasaki, S., *Prog. Theor. Phys.* **76**, 1036 (1986); Mukhanov, V., H. A. Feldman, and R.H. Brandenberger, *Phys. Rep.* **215**, 203 (1992); Mukhanov, V., *Physical Foundations of Cosmology,* Cambridge University Press, 2005

April 2016
No.2016-009-e

Journal of Integrated Creative Studies

Project Report: IPBES Regional Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services for Asia and the Pacific.

Towards the Zero Order Draft (ZOD)

Jeremy J. Piggott
University of Otago, Dept. of Zoology. PO Box 56, Dunedin, New Zealand
E-mail: jeremy.piggott@otago.ac.nz

Abstract. This brief project report summarizes the work program of the IPBES Asia-Pacific Regional Assessment and my contributions as a Lead Author towards producing and reviewing the Zero Order Draft as a visiting fellow at Kyoto University's Centre for Ecological Research.

Keywords: Asia-Pacific, Biodiversity, Ecosystem Services, Future Earth, IPBES

1. Introduction

The Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) was established in 2012 as an independent intergovernmental body open to all member countries of the United Nations. The objective of IPBES is to strengthen the science-policy interface for biodiversity and ecosystem services for the conservation and sustainable use of biodiversity, long-term human well-being and sustainable development.

One of the deliverables (Deliverable 2b) is to prepare a regional/sub-regional assessment, following the scoping document accepted at the third IPBES Plenary (January 2015) and first author meeting for the Asia-Pacific assessment, held in Tokyo, Japan, from 17-21 August 2015.

The entire assessment process will take three years, with the final report, including a summary for policymakers, scheduled for submission to the IPBES Plenary in 2018. Based on existing peer-reviewed literature, grey literature and indigenous and local knowledge, the report will serve as a valuable tool for effective formulation and implementation of policy related to the sustainable use of biodiversity and ecosystem services at the regional, sub-regional and national levels. The report will also become one of the building blocks for subsequent global assessments.

There are roughly 140 authors with activity and experience in the Asia-Pacific region participating in the assessment including 6 early career Young Fellows. The assessment consists of 6 chapters and follows the IPBES conceptual framework (Díaz 2015a; Diaz 2015b):

Chapter 1: Setting the scene
Chapter 2: Nature's benefit to people
Chapter 3: Status and trends of biodiversity
Chapter 4: Direct and indirect drivers of change
Chapter 5: Integrated and cross-scale analysis
Chapter 6: Policy options for decision-making.

This brief project report summarizes my contributions towards producing and reviewing the Zero Order Draft (ZOD) of Chapter 3 documenting the status and trends of freshwater biodiversity in the Asia-Pacific region. This work was undertaken during a visiting fellowship funded by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University, hosted by Professor Shin-ichi Nakano at the Centre for Ecological Research.

Figure 1

2. Methodology

IPBES confidentiality clauses prohibit disclosure of draft content from the regional assessments. To avoid disclosure conflicts I refer the reader to IPBES regional assessment scoping reports already in the public domain (IPBES 2014a; IPBES 2014b).

The generic scoping report for the regional and subregional assessments of biodiversity and ecosystem services (IPBES 2014a) outlines the scope of Chapter 3 as, "Chapter 3 will reflect the Conceptual Framework box "Nature", emphasizing the components and fluxes impacting on "Nature's benefits to people". It will assess what is known about the past and current trends and future dynamics of biodiversity and ecosystems and their positive and negative effects on the key ecosystem goods and services identified in chapter 2. It will consider both structural and functional ecosystem diversity and genetic diversity and the area and extent of ecosystems and include fragile habitats and hotspots and species of special concern and importance such as Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) species, migratory species and International Union for Conservation of Nature (IUCN) threatened species, taking into account species listed at the national

level where relevant. It will also include species that are important for the functioning of ecosystems and livelihoods. Available forecasts on current trends will also be outlined. The chapter will also explore how changes in "Nature" impact "Nature's benefit to people". The chapter reflects in particular Goal C of the Strategic Plan for Biodiversity and will address issues related to the three Aichi Targets under this goal (Aichi Targets 11, 12 and 13) as well as relevant aspects of Aichi Target 14."

Table 1

The complementary scoping report for the regional assessment of biodiversity and ecosystem services for Asia-Pacific (IPBES 2014b) presents the geographic boundary of the assessment (Table 1) and highlights key datasets as, "Relevant datasets from ongoing activities drawn from a wide range of sources, including global, regional, national, subnational and local institutions and organizations will feed into the Asia-Pacific regional assessment. Some examples are national biodiversity and strategic action plans, national reports and data portals: the Global Biodiversity Information Facility, the Indian Bio-resource Information Network, the Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network with regional components, the Asia-Pacific Biodiversity Observation Network and subregional or national components, the Japanese Biodiversity Observation Network and the Korea Biodiversity Observation Network; regional initiatives: the Economics of Ecosystems and Biodiversity for Southeast Asia; regional research institutes: Bioversity International (Asia Pacific Oceania division), the World Resources Institute, the CGIAR Consortium for Spatial Information, the International Centre for Integrated Mountain Development, the International Union for Conservation of Nature; and government research institutes. Datasets from published scientific literature and citizen science projects will also be used within the assessment report."

2.1 Contributions to the Zero Order Draft

Following an extensive literature review of the key datasets listed above, Chapter 3 Lead Authors and Young Fellows prepared candidate key messages for their respective biomes and subregions. Freshwater Lead Authors met for a three-day group meeting from the 3-6th November 2015 at the National Institute for Environmental Studies in Tsukuba to compile their respective contributions across subregions and freshwater subbiomes for the ZOD. This material was then submitted to the Chapter 3 Coordinating Lead Authors and Co-chairs to review for consistency and clarity prior to submission as the ZOD.

2.2 Zero Order Draft Internal Review

In late November 2015, the first internal review of ZOD was initiated with Lead Authors undertaking to review chapters that they did not contribute to. On the 19th of January 2016 Chapter 3 Lead Authors received a total of 335 reviewer comments to address in the first revision of the ZOD.

3. Outlook and future directions

The ZOD of IPBES Regional Assessment for Asia and the Pacific paves the way forward to extend the early work of the Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) with issues specific to the Asia-Pacific and subregions. At a scientific level, IPBES gives the opportunity to bring together the best scientists in biodiversity and ecosystem services and gives access to cutting-edge ideas and concepts for better natural resource management. From a community engagement perspective, IPBES is also providing tools for helping engaging with the wider community, with benefits to help mainstream the ecosystem services framework from science to policy.

IPBES has provided an over-arching framework for ecosystem assessments that link science to policy, but despite this achievement key knowledge and data gaps remain at the regional and sub-regional levels. The selection of appropriate indicators for biodiversity and ecosystems pose a

particular challenge to producing a representative assessment of the regions biodiversity status and trends. To address this shortcoming, I recently attended the Future Earth Symposium on "Global Biodiversity Assessment and Monitoring Science, Data and Infrastructure Needs for IPBES and Beyond" in Monte Verità, Ascona, Switzerland from 6-10 March 2016. This was a joint symposium of the Future Earth Clusters 'Global Biodiversity Assessment and Monitoring, Prediction and Reporting' and 'Support for IPBES'. The symposium focused on addressing the scientific needs of IPBES, in particular around the selection of indicators for biodiversity monitoring. The meeting brought together ~60 invited experts to identify and mobilize new, emerging and non-exploited indicators within the IPBES regional and global assessment work program. A joint synthesis paper on 'Indicators for IPBES' is currently in the final stages of preparation to help address the issues and data gaps identified in ZOD.

The ZOD IPBES Regional Assessment for Asia and the Pacific has now completed it's second round of internal review revisions with an expected completion of the First Order Draft in May 2016. The IPBES work plan anticipates the full and final revision of the report will be completed by November 2017, after which it will be translated into the six languages of the United Nations and be sent for acceptance by governments at the Sixth session of the IPBES Plenary in March 2018.

4. Acknowledgements

I wish to thank the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University for funding my visiting fellowship and host Professor Shin-ichi Nakano at the Centre for Ecological Research. Similarly, I am also grateful to Japan's National Institute for Environmental Studies and hosts Professor Noriko Takamura and Dr Taku Kadoya for arranging the Chapter 3 Freshwater Lead Authors ZOD writing meeting.

5. References

Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J.R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I.A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K.M.A., Figueroa, V.E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R., Koetz, T., Leadley, P., Lyver, P., Mace, G.M., Martin-Lopez, B., Okumura, *et al*.. The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability,* **14,** 1-16, 2015a

Diaz, S., Demissew, S., Joly, C., Lonsdale, W.M. & Larigauderie, A. A Rosetta Stone for nature's benefits to people. *PLoS Biol,* **13,** e1002040, 2015b

IPBES Draft generic scoping report for the regional and subregional assessments of biodiversity and ecosystem services. *Report on the regional scoping process for a set of regional and subregional assessments (deliverable 2 (b)*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2014a

IPBES Draft complementary scoping report for the regional assessment of biodiversity and ecosystem services for Asia-Pacific. *Report on the regional scoping process for a set of regional and subregional assessments (deliverable 2 (b),* Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2014b

MEA *Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report*. United Nations Environment Programme, Washington, DC, Island Press, 2005

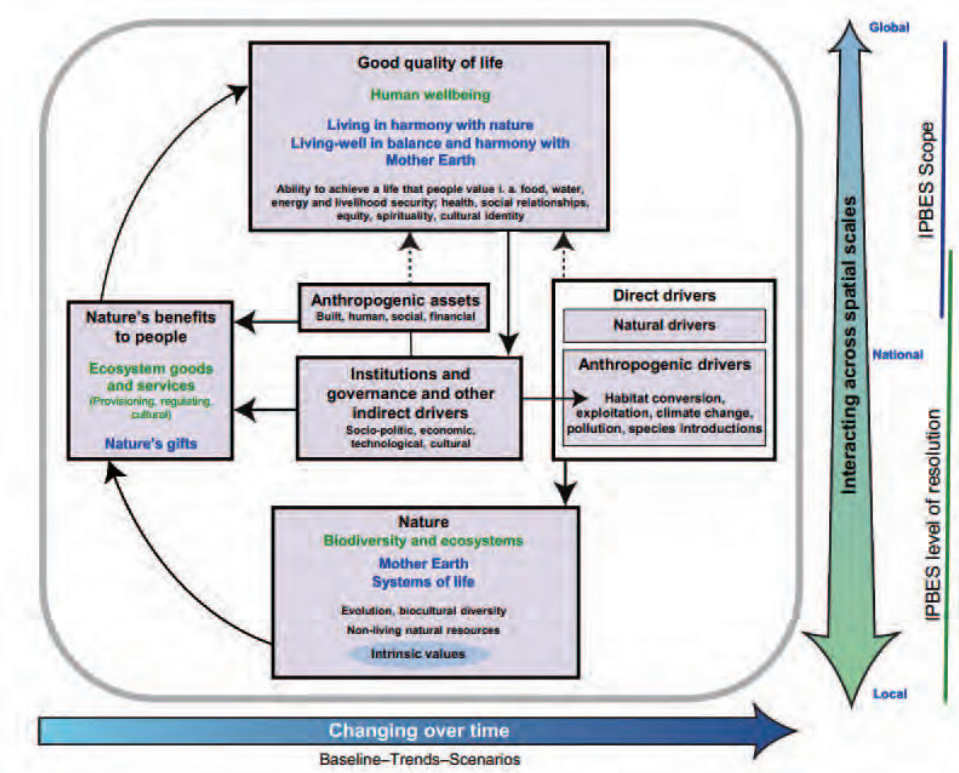


Figure 1. Conceptual Framework from IPBES (Díaz 2015; Diaz 2015)

Table 1. Geographic areas of the IPBES Asia-Pacific regional assessment ([a] Overseas territory.) (IPBES 2014a)

Subregions	Countries and territories
Oceania	Australia, Fiji, Kiribati, Marshall Islands, Micronesia (Federated States of), Nauru, New Zealand, Palau, Papua New Guinea, Samoa, Solomon Islands, Tonga, Tuvalu and Vanuatu. Pacific island territories of Cook Islands, New Caledonia, American Samoa,[a] Tokelau,[a] French Polynesia,[a] Niue,[a] Guam,[a] Commonwealth of the Northern Mariana Islands, Pitcairn Island[a] and Wallis and Futuna.[a] Oceanic and sub-Antarctic islands in the Pacific region (or Pacific and Indian Ocean regions)
South-East Asia	Brunei Darussalam, Cambodia, Indonesia, Lao People's Democratic Republic, Malaysia, Myanmar, Philippines, Singapore, Thailand, Timor-Leste and Viet Nam
North-East Asia	China, Democratic People's Republic of Korea, Japan, Mongolia and Republic of Korea
South Asia	Afghanistan, Bangladesh, Bhutan, India, Iran (Islamic Republic of), Maldives, Nepal, Pakistan and Sri Lanka
Western Asia	Bahrain, Kuwait, Oman, Qatar, Saudi Arabia, United Arab Emirates and Yemen (Arabian peninsula), Iraq, Jordan, Lebanon, State of Palestine and Syrian Arab Republic (Mashriq)

May 2016
No.2016-010-e

Journal of Integrated Creative Studies

The Science of Data Science

Jevin D. West[1]
[1]Information School, University of Washington
E-mail: jevinw@uw.edu

Abstract. This report summarizes two talks that I gave at the Advanced Future Studies at Kyoto University in February of 2016. One talk was for the Global Partnership on Science Education through Engagement. In this talk I focused on an emerging educational trend in the United States—the rise of Data Science at both the undergraduate and graduate level—and the effect it is having on research and industry. In the second talk, I spoke at the International Symposium on Advanced Future Studies symposium. In this talk, I provided an overview of an emerging research trend—the emergence of a new discipline called the Science of Science. In this new field, science is done at the level of millions of publications over many generations and disciplines using new tools from machine learning, computer vision, and network science. Both Data Science and the Science of Science require perspectives from multiple disciplines, which fit well with the general theme of both meetings in Kyoto.

Keywords: Data Science, Multidisciplinarity, Science of Science, Scientometrics, Citation Networks

1. Multidisciplinary Perspectives

Some of the world's most pressing problems in the environment, health, and economics will require conversations across disciplinary boundaries. Facilitating these multi-perspective discussions is one of the goals of the Advanced Future Studies program at Kyoto University. Its founder, Professor Masatoshi Murase, has been speaking for many years about the need for new forms of creativity that address big problems.[1] The conferences, including the one I attended this year, were Frenkel-esque[2] (Frenkel, 2013) in that attendees included mathematicians, physicists, biologists, psychologists, and even musicians.

In this report, I will summarize the two talks[3] I gave this year at the International Symposium on Advanced Future Studies symposium and the Global Partnership on Science Education through Engagement (GSEE) symposium and conclude with a couple suggestions on building multidisciplinary communities[4]. For the first symposium, I talked about the emergence of *Data Science* in research and education. In the second talk, I focused on the *Science of Science* -- another emerging discipline that studies the scientific enterprise itself and mines for hypothesis, not from single papers, but from millions of papers. Both emerging disciplines are a bit like the Advanced Future Studies; they are both new and require multiple areas of expertise.

2. Science of Science

In my lab (DataLab), we study the Science of Science – an emerging discipline that puts the scientific enterprise under the microscope. We examine science, not at the level of an individual paper or author, but at the level of millions of papers and hundreds of thousands of authors. Within this data are the scientists, journals in which they publish, the citations to other papers, and the funding agencies that support their work. We can ask questions about the origin of ideas, mechanisms that spur innovation, and incentives that promote the kind of science for solving big problems. We can also mine this data[5] for new hypotheses and patterns that only emerge when examining millions of papers and figures in aggregate rather than as individual objects.

I mentioned several example questions in this area. For example, how do we identify, measure, and visualize the origin of ideas and disciplines? How are metrics (impact factor, h-index) affecting science positively and/or negatively? What funding policies lead to better science? Can we build a better gateway to the scholarly literature than what is afforded by Google Scholar and other standard text-base search engines? These questions deal with what I consider "knowledge science" or "knowledge engineering". I see a synergy in working in both areas. What we learn from the sociology of science can tell us a lot about how to build better recommendation algorithms for navigating the literature influenced by that sociology.

---

[1] I attended two previous conferences in Kyoto: "What is Evolution?" and "What is creativity?".

[2] Edward Frenkel is a University of Berkeley mathematician who is known for writing "Love and Math" \cite{frenkel2013love}, a book that explores mathematics with references to art and music.

[3] The slides for two talks can be found at these two links:
http://www.jevinwest.org/presentations/data_gold_rush_jevin_west.pdf and
http://www.jevinwest.org/presentations/mapping_science_kyoto_jevin_west.pdf.

[4] There are distinctions between multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity (Klein 1990). Here I will mostly refer to multidisciplinary, which involves researchers from multiple fields that apply their respective methodologies and ideas for solving a particular question. This is different than transdisciplinary, which tries to transcend the respective disciplinary, and interdisciplinary, which tries to integrate ideas from one discipline into another.

[5] It is just recently that the papers have been available in machine readable forms at this scale.

My colleagues and I have developed a set of algorithms that help us to map domains of science at the scale of millions of articles. This includes ranking algorithms on citation networks (West, 2010), community detection algorithms (Rosvall, 2008) and recommendation algorithms (West, 2016). These tools[6] can be used both for knowledge science and engineering tasks.

Figure 1 is a case study in how some of these tools[7] are used. The figure shows, what appears to be, the emergence of neuroeconomics – a discipline at the cross section economics and neurology – using large scale citation data. Economists are interested in the empirical data that can be collected from brain imaging experiments and neuroscientists are interested in the models and analyses that economics use to understand human incentives and behaviour (Camerer, 2005). Some have speculated the beginnings of stand-alone field called neuroeconomics (Fischman, 2012). The citation pattern differences between 1997 and 2010 provide evidence for the beginnings of this field (Figure 1). The maps represent hundreds of journals and hundreds of thousands of citations in neuroscience and economics. In 1997, there were zero citations between the two fields among the hundreds of thousands of possible citations. In 2010, there were more than 250 citations being shared between the fields. The radial diagram shown in my talk provides a different view[8]. The inner circle shows journals within different disciplines and the lines between the blocks in the inner circle represent the in and out-citations between the fields. There exists a thin line connecting the *Finance Journal* and *Neurology*. These data and tools provides examples of what can be tracked and measured when looking just at bibliographic data.

---

[7] The maps were built using MapEquation (Rosvall, 2008) and InfoMap codebase.
[8] One can explore the data interactively by going to the wellformed project at eigenfactor.org.

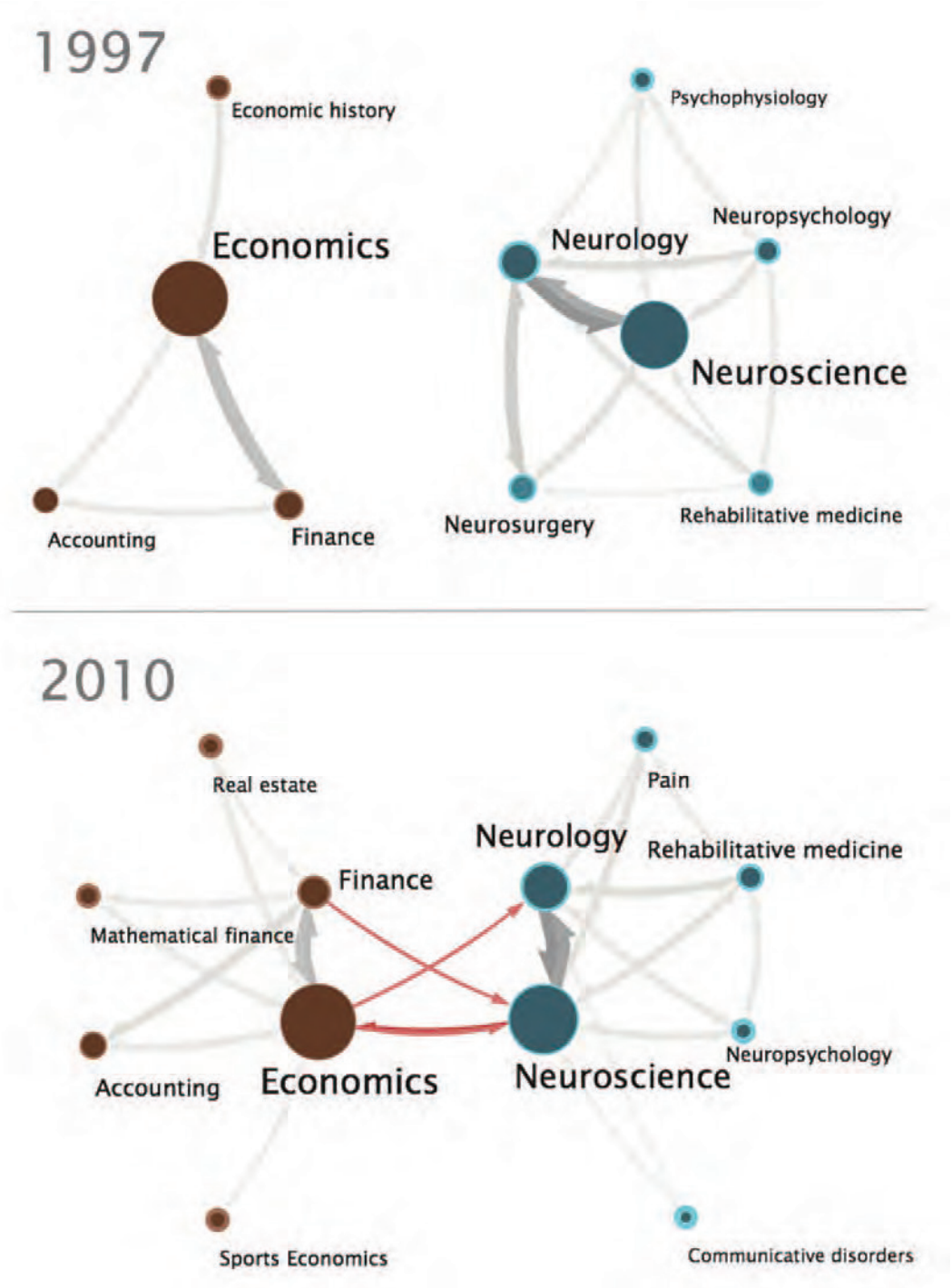


Figure 1. Emergence of neuroeconomics. The figure above looks at the cross-talk between the fields of economics and neuroscience. The journal-level citation data comes from Thomson Reuters' Journal Citation Reports. The top panel from 1997 shows no citations between neuroscience and economics.

The bottom panel in 2010, there exist 195 citations from economic journals to neuroscience journals and 74 citations from neuroscience journals to economic journals. This map was noted in a Chronicle of Higher Education article titled "The Marketplace in Your Brain." (Fischman, 2012). The figure was co-created with Carl Bergstrom at the Eigenfactor.org Project.

The origin of ideas has many roots, but their development depends on sociological factors. We are looking at some of these factors including incentives and reward structures within promotion and funding. We are also looking at the role of gender in science. In a recent paper noted in my talk, my colleagues and I examine gender differences in authorship over the last several hundred years (West, 2013). We find an increase in overall authorship of females, but do not see an equal increase at the last author position (i.e., the principal investigator in many fields). We used the JSTOR corpus as our data source. It consists over 8 million full text scholarly articles from the last several hundred years in the social sciences, ecology and evolution, statistics, molecular biology, and many others. We also found that the increases in authorship were not consistent across all domains[9].

In addition to bibliographic data, we can also utilize the full text, equations, and figures within scientific papers. Up until recently, there have been barriers to this kind of data. Some of this has been technological reasons (e.g., optical character recognition limits at scale), but the primary reason have been publisher paywalls. Publishers have not allowed access to full text articles in bulk. This has changed a bit in the last decade with open access journals, the NIH Mandate (English, 2008) and national repositories such as PubMed Central, and archivists like JSTOR. We have been utilizing various aspects of this full text. This includes the gender project mentioned above, but also mapping jargon differences across different domains and mining figures in the biomedical literature[10] in my talk. This is a project where we mine the figures for patterns in the biomedical sciences. We find that high impact papers tend to have higher density of diagrams and schematics. We have also build a figure-centric search engine for better exploring visual information in the literature (Lee, 2016). Using standard information theory (e.g., cross entropy), we develop a set of methods for measuring differences in language across the landscape of science (Vilhena, 2014). We find that evolutionary biology and ecology tend to be more balkanized where the social sciences use similar language across the different domains. Figure 2 is an example jargon map that I showed in my presentation.

[9] One can explore the data interactively with the gender browser.
[10] I mentioned the Vizometrics project in my talk.

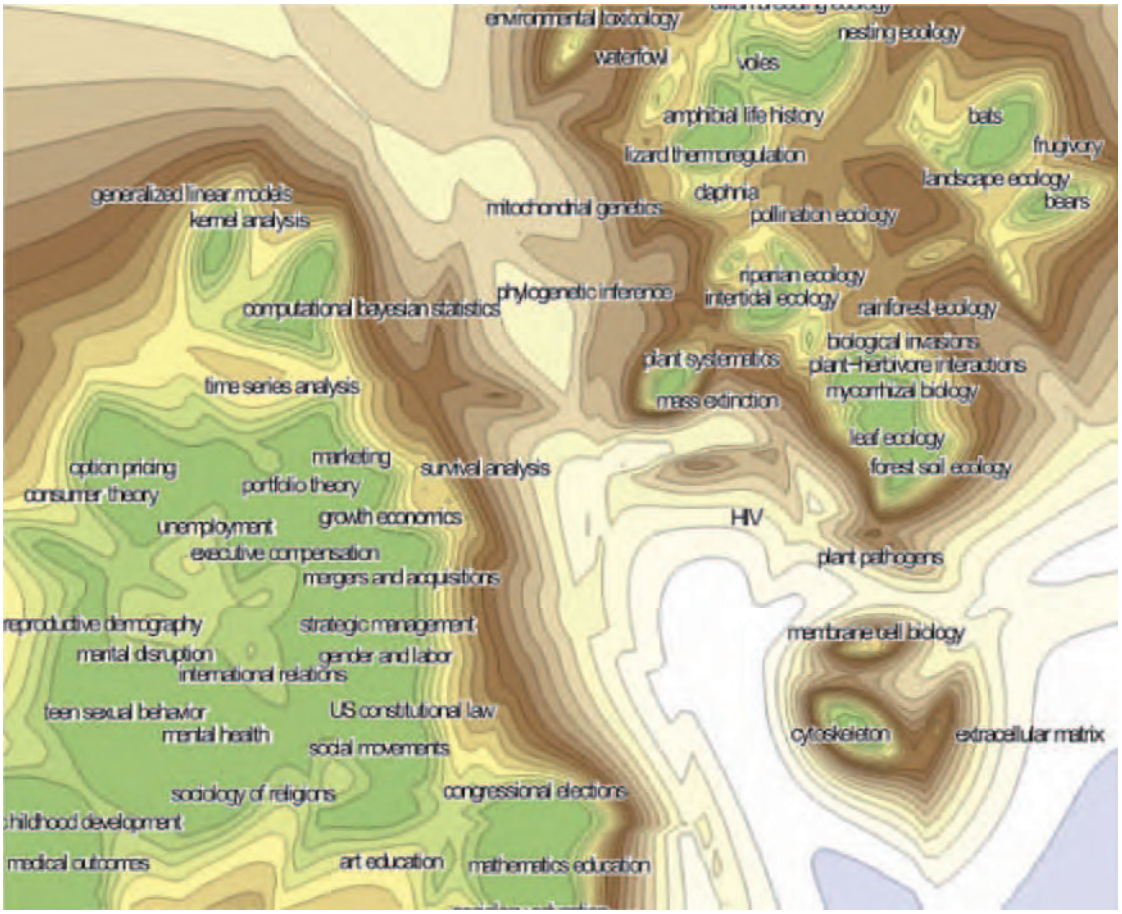


Figure 2. Jargon map of science. The map looks at the differences in jargon among fields in the social and biological sciences. The full text data comes from the JSTOR corpus. The distance between fields is determined by InfoMap (Rosvall, 2008) and the heights (isoclines) in the topographical maps are determined by the jargon differences between neighbouring fields. More details of the methods can be found in the paper by Vilhen et al (2014). The figure noted here was created with Daril Vilhena and Carl Bergstrom at the Eigenfactor.org Project. This was an early, inverted version of the map before the published maps at Sociological Science (Vilhena, 2014).

Lessons learned from studying the sociological factors governing science can be applied to knowledge engineering questions. For example, can we build a better interface for navigating the scholarly literature? To address this, we are building recommendation engines and new interactive visualizations based on the social connections between authors and papers. One of the goals of our methods is to locate classic papers for graduate students or scholars moving into new disciplines (West, 2016). The recommendation project is called Babel. Here scholars can search for related papers, but more importantly publishers can connect to the service and provide recommendations to their big audiences without having to construct a complicated search engine infrastructure. The overall goal is to help scholars find papers they never knew they always needed and to help publishers deliver these new kinds of tools from data science to their users.

The establishment of the field is also indicated by new sections of high profile journals. For example, PLoS Biology now has a new section called "Meta-Research" that encourages research in the Science of Science (Kousta, 2016). This is driven by the need for improving reproducibility in science and the need to better define statistical significance. One of the most downloaded articles in all PLoS journals is a paper published by Ioondinis, titled "Why are all research false" (Ioannidis, 2005). This speaks to the need to these issues of reproducibility and the utility of studying science at the level of the enterprise itself.

3. Science of Science

My first talk during my Kyoto visit was at the Global Partnership on Science Education through Engagement. In this talk, I focused on the rise of Data Science[11] in both research and education. Over the last several years, Data Science programs have sprouted on campuses and companies across the globe (West, 2016b). My university is no exception. At the University of Washington (UW), we have deployed several new programs in Data Science at the undergraduate, masters and PhD programs. We also house the eScience Institute to meet the data science needs on our campus. This has been buoyed by the Moore-Sloan $40 million grant to support data science for science at UW, University of California at Berkeley and New York University. The coordination efforts in education have required department heads from statistics, computer science, information sciences, HCDE, Sociology, Biology, Oceanography, and Astronomy to come together in one room for a common purpose—a bit like the Kyoto meetings. One of the goals for the Moore-Sloan program is to create a model that other universities can look to.

This data science trend is not unique to the University of Washington. We are seeing massive proliferation across the United States and the world. This is mostly in response to the increased demand for quantitative talent within industry and in reference to reports like the McKinsey report on big data (Manyika, 2011). In the US, there has been a surge of new programs in Data Science (West, 2016b). In 2007, there were about 4 programs with the name "Analytics" but this has changed to Big Data and now Data Science. In 2015, there are scores of programs at universities across the country. One would be hard pressed to find an area of science that has grown as fast in such little time.

Data Science by definition is interdisciplinary and requires not just method disciplines (statistics, computer science, mathematics, information sciences); it also requires the domain sciences. We encourage in our program project-based learning, data ethics training, and domain expertise. This data science movement is a perfect example of how researchers from different disciplines can come together to solve problems that require more than just one's knowledge of their own discipline. In our programs at the eScience Institute at UW, we are emphasizing the need to train students in multiple disciplines. We want our students to be pi-shaped; want them to have a 'foot' of training and expertise in multiple domains. It doesn't so much matter what they are. We just want them to be able to compare, contrast and connect ideas from multiple disciplines. If one only has training in one discipline, then the student does not have the ability to see the assumptions and limitations of methods in their field as well. Plus, the world is changing so fast that we want students to speak multiple languages in science.

4. Disciplinary Risk

[11] The name of this area has changed many times throughout the last five years. Big Data held for some time, but we are seeing a convergence on "Data Science"' at universities and within industry. This is the term we will use in this paper.

During my visit, I spoke about two emerging fields of study—the Science of Science and Data Science. Both require expertise and skills from multiple fields. The need for transdisciplinarity in research and education has become a common theme, which is why we need institutes like the Advanced Future Studies program at Kyoto University. We need institutes willing to take this disciplinary risk to bring researchers together on common themes and big questions (e.g., What is creativity in Science?). There will be communication challenges across disciplines, but big problems like climate change will require researchers to step outside their discipline, listen to other ideas, and borrow methods from other domains.

The disciplinary challenges are real. Creating an institution that facilitates productive discussions between a high energy physic and game theory economist or an educational psychologist and an evolutionary biologist will require changes in how researchers communicate ideas and findings. A norm of communication for interdisciplinarity meetings needs to be established. Details at meetings like the Kyoto meeting are only as important as their contribution to the bigger ideas. It is important to convey the larger concepts and to actively draw connections to the disciplines represented in the audience. This may require a set of 'rules' at interdisciplinary meetings. The rules could be as simple as 'big picture' ideas only. The Advanced Future Studies program at Kyoto University could play a role in changing this culture of communication. For example, an economist may use Regression Discontinuity Design (RDD) to identify causal elements but this may also be useful for policy makers who want to elucidate the impact of various funding programs. Understanding the basic goals of this method are what are important, not all the caveats, limitations, and Greek symbols in describing the method.

In sum, there is a strong need for researchers to come together from different disciplines. It works especially well for me because I study how scientists communicate across different fields and how education institutions experiment with their infrastructures. The world's big problems are too complex for one discipline to solve. The Advanced Future Studies at Kyoto University is trying to do this. Putting together symposia with researchers from fields as diverse as condensed matter physics, educational psychology, and the science of science is difficult. It will take time to figure out how to make this work effectively, but it is good to know that there are programs and universities willing to take this risk. Solving hard problems requires breaking down disciplinary boundaries and taking risks. I hope to see the Advanced Future Studies succeed and provide a model for other institutions.

5. References

Camerer, C., Loewenstein, G., and Prelec, D., Neuroeconomics: How neuro- science can inform economics. *Journal of economic Literature*, pages 9–64, 2005.

English, R., The NIH mandate: An open access landmark. *College & Research Libraries*, 2008.

Fischman, J., The marketplace in your brain. *Chronicle of Higher Education*, 2012.

Frenkel, E*., Love and math: The heart of hidden reality.* Basic Books, 2013.

Klein, J.H*., Interdisciplinarity: History, theory, and practice*. Wayne State University Press, 1990.

Kousta, S., Ferguson, C., and Ganley, E., Meta-research: Broadening the scope of plos biology. *PLoS biology*, 14(1), 2016.

Ioannidis, J., Why most published research findings are false. *PLoS Med*, 2(8):e124, 2005.

Lee, P., West, J.D., and Howe, B., Viziometrix: A platform for analyzing the visual information in big scholarly data. In *Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web. ACM*, 2016.

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., Byers, A.H., Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. 2011.

Rosvall, M. and Bergstrom, C.T., Maps of random walks on complex networks reveal community structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(4):1118– 1123, 2008.

Vilhena, D., Foster, J., Rosvall, M., West, J.D., Evans, J. and Bergstrom, C., Finding cultural holes: How structure and culture diverge in networks of scholarly communication. *Sociological Science*, 1(June):221–238, 2014.

West, J.D., Bergstrom, T.C., and Bergstrom, C.T., The eigenfactor metrics: A network approach to assessing scholarly journals. *College and Research Libraries*, 71(3):236–244, 2010.

West, J.D., Jacquet, J. King, M.M., Correll, S.J. and Bergstrom, C.T., The role of gender in scholarly authorship. *PloS One*, 8(7) :e66212, 2013.

West, J.D., Wesley-Smith, I. and Bergstrom, C.T., A recommendation system based on hierarchical clustering of an article-level citation network. *IEEE Transactions on Big Data*, 2016.

West, J.D., and Portenoy, J., The data gold rush in higher education. In C.R. Sugimoto, H. Ekbia, and M. Mattioli, editors, *Big Data is Not a Monolith*, chapter 6. MIT Press, 2016b.

May 2016
No.2016-011-e

Journal of Integrated Creative Studies

Flare stars across the H-R diagram

Luis A. Balona[1]
[1]South African Astronomical Observatory
E-mail: lab@saao.ac.za

Abstract. Flare stars appear to be as common among the hottest stars as among the coolest. Starspots, which are closely associated with flares, are likewise common among stars of all spectral types. This finding contradicts the long-help belief that only stars with convective envelopes can sustain magnetic fields. It is found that rotation is a dominant factor in inducing flares: flare stars nearly always have shorter rotation periods than non-flare stars. These findings have important implications for the atmospheres of A and B stars as well as providing clues for the formation of the corona.

Keywords: Stars: flare, Stars: activity

1. Workshop on stars with superflares

I attended the Workshop on Superflares on Solar-type stars and Solar flares in which I was invited to give a talk. I am grateful to Professor Shibata for the opportunity to interact with the Superflare group of Kyoto University who originally discovered superflares in the data from the *Kepler* spacecraft and are recognized as leading researchers in this field. The meeting was also attended by internationally renowned researchers on flare stars who contributed excellent talks and stimulated lively discussions. I thank Professor Shibata and his group for organizing such a productive workshop.

2. Stellar activity across the H-R diagram

It is accepted that stellar magnetic fields are either of fossil origin (the star was born with the magnetic field already present) or are generated by convection in accordance with the dynamo theory. The only main sequence stars with fossil fields appear to be the Ap stars which have strong global fields in the range 1-30 kG. Most other stars, such as the Sun, generate their own magnetic fields provided they have convective envelopes. Stars with convective envelopes are those cooler than about 7500 K (stars later than spectral type F5). Flares and starspots, which are indicators of surface magnetic fields, should therefore only be present in such cool stars.

The advent of high-precision, low noise, photometric observations from space from the *Kepler* satellite not only provided the opportunity for the discovery of superflares on cool stars (Maehara *et al.*, 2012; Shibayama *et al.*, 2013), but also lead to the discovery of superflares on stars hotter than 7500 K (the A stars; Balona, 2012). Furthermore, it became evident from examination of the light curves of A stars, that most of these stars were variable in a way which strongly suggested that they have spots, just as the Sun has spots. A statistical analysis of the periods of the A stars, as determined from their light variations, showed that they have the distribution expected from rotation (Balona,

2013). Analysis of the light curves of the even hotter B stars from the *Kepler* and *K2* missions show that these stars, too, have starspots (Balona, 2016).

There have been previous reports of flares on A stars. Schaefer (1989) reported cases of several B and A stars where strong flares may have been observed. Wang (1993) detected a flare on the A5/8V star BD+47 819. Bhatt et al. (2014) found X-ray flares in two late-B stars belonging to the young open cluster NGC 869. Pye et al. (2015) found an X-ray flare in HD 31305 (A0). Miura et al. (2008) detected an intense X-ray flare on the A1 IV/V star HD 161084. Robrade & Schmitt (2011) detected a large X-ray flare in the A0p star IQ Aur.

The presence of flares and spots on A and B stars implies that our long-held belief in the necessity of a convective envelope to maintain a magnetic field needs to be revised. It seems that any star, whether it has surface convection or not, is capable of hosting a magnetic field. This has an immediate implication for the production of a corona, for example. It is supposed that the upper solar atmosphere is heated through the medium of a magnetic field, which essentially deposits the energy of surface convection, thus heating it to over a million degrees and producing the corona. The corona can be detected in stars because its high temperature results in the emission of X-rays. Observations indicate, as expected, that A and B stars do not emit X-rays (Schröder & Schmitt, 2007). What the new results from *Kepler* tell us is that while A and B stars may not have coronae, they still have a magnetic field. This suggests that the role of convection is an essential requirement for the formation of the corona. Without convection, the magnetic field cannot heat the upper stellar atmosphere to the required high temperatures.

Superflares discovered on A stars have typically the same amplitude as on the cooler stars, with maximum relative intensities of about 3 parts per thousand (Balona, 2012). However, the number of detected stars with superflares decreases from about 10 percent for the cool K and M dwarfs to about 2.5 percent for the hot A and F stars (Balona, 2015). This is not surprising because the hotter and more luminous the star, the larger the flare energy required for the flare to be detected. A flare on an A star, for example, needs to be about 100 times more energetic than a flare on an M star to have the same relative amplitude. Because of this effect, it is natural that the number of detectable flare stars should decrease with effective temperature. In other words, the fact that, in the past, only cool dwarfs were recognized as flare stars is purely a selection effect. In reality, the relative number of flare stars seems to be much the same right across the H-R diagram, no matter the spectral type.

It is natural to suppose that a flare observed on an A star does not originate on the A star itself, but on a supposed cool K or M dwarf companion. This idea can be rejected by the fact that a flare on a cool companion would be completely obliterated by the high luminosity of the primary A star, reducing the relative flare amplitude by a factor of 50-100 and rendering it undetectable in the *Kepler* data.

In my talk I also discussed the connection between starspots and flares. In the Sun, flares are typically associated with active spot regions, and one would expect the same in stars (Notsu *et al*., 2013). However, the correlation between spot size, as estimated from the rotational light amplitude, and flare energy is weak. On the other hand, there is a strong correlation between the flare energy and the stellar radius (Balona, 2015). This is not surprising because the light amplitude is not only a measure of the spot size, but is determined by the distribution and number of spots and their brightness relative to the surrounding photosphere. The energy stored in the magnetic field is proportional to the volume of an active region (the product of the area of the active region and the scale height). The larger the star, the greater this volume and therefore the larger the flare energy. Stellar radius is therefore a better measure of the possible size of the active region than the light amplitude. One can estimate the approximate magnetic field strength on this basis and it turns out to be of the order of 1 kG, allowing for a 10 percent conversion of magnetic energy during the reconnection process. This is similar to the typical field strengths in active solar regions. However, it is not really possible to compare sunspots with spots on superflare stars because typical sunspots are at least an order of magnitude smaller than detectable starspots. The Sun would not be detected as a flare star (and quite possibly not a spotted star either) with the *Kepler* satellite. This is why the relationship between spot size and flare energy is different between the Sun and stars (Notsu *et al*., 2013).

One of the most important findings is that there is a correlation between flare energy and rotation rate (Notsu *et al*., 2013). A large number of *Kepler* stars have well-determined rotation periods because they are spotted. Many of these stars with known rotation periods also have superflares. Stars with superflares have considerably shorter rotation periods than those without superflares (Balona, 2015). This shows that rotation plays a dominating role in the generation of superflares. This may imply that differential rotation is the key factor. Differential rotation has, in fact, been supposed to be an effective mechanism in generating magnetic fields in much the same way as the dynamo action in convective envelopes (Spruit, 2002; Maeder & Meynet, 2004). This could explain why A and B stars have spots and flares. It would be very interesting to compare differential rotation on stars with superflares and without flares by monitoring the spot periods.

3. Discussion

The discussion around my talk produced many interesting comments. One important comment that was brought up has to do with flares in A stars being attributed to a cooler companion. The idea is that perhaps the companion need not be a faint K or M dwarf, but a more luminous F dwarf, for example. In such a case, the dilution in amplitude would be much smaller because the difference in luminosity between the A and F stars is smaller. The problem then is that the A star would be greatly affected by its rather luminous companion and would therefore be classified as a somewhat cooler star on the basis of its modified colour. Also, there are superflares in stars as early as B9 and quite a few stars have well-determined spectral types, showing no hint of an F star companion.

Another discussion concerns the role of magnetic field strength in producing superflares. An important result from the *Kepler* study of A stars is that although there about ten well-observed Ap stars in the field, not a single Ap stars was observed to flare. It seems that these stars, which have by far the strongest global magnetic fields on the main sequence, do not generate superflares. One possibility is that the large magnetic field prevents differential rotation, which means that the field lines cannot become entangled and cannot store the magnetic energy required for reconnection.

4. Impressions of the Workshop

There is no doubt that this Workshop stimulated much discussion, providing many ideas for the future study of superflares. Can the Sun generate a superflare? This question was frequently asked and the answer seems to be that it can, because there is sufficient energy in the solar magnetic field (Shibata *et. al*., 2013). However, rotation is a very important factor in determining the occurrence of superflares. The *Kepler* data shows that of the 296 G stars brighter than 12-th magnitude with rotation periods in the range 20-40 d, only 5 stars have detectable superflares. This means that there is less than a 1.7 percent chance that a G star with a rotation period similar to that of the Sun will show a superflare. On the other hand, the fraction of superflare stars among G stars rotating with periods shorter than 10 d is 16 percent. While it is still possible that a superflare might occur on the Sun, we need to understand the role of rotation before this question can be answered.

The role of exoplanet habitability was also discussed. It is true that most stars can probably host planets in the habitable zone, but the role of stellar activity needs to be taken into account. About 40 percent of all *Kepler* stars, irrespective of spectral type, have detectable starspots. These spots must be much larger than on the Sun, which means that there are probably few stars with activity as low as the Sun. The Sun is one of the least active stars. Therefore, even if an Earth-like planet is found in the habitable zone of a star, only a fraction of such planets are likely to have an inactive star as host, thus reducing the chances of habitability quite considerably.

The Workshop was a great success and should be repeated on a regular basis. I would, however, recommend that a larger amount of time be set aside for discussion on well-defined topics, independently of the talks. I also feel that it is time to persuade solar astronomers of the great

opportunities that await observations of the Sun as a star. We will never understand solar flares without understanding stellar flares and to do this we need to observe the Sun as a star.

5. References

Balona, L. A., Kepler observations of flaring in A-F type stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **423**, 3420, 2012

Balona, L. A., Activity in A-type stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **431**, 2240, 2013

Balona, L. A., Flare stars across the H-R diagram, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. **447**, 2714, 2015

Balona, L. A., Rotational modulation in B stars observed by the Kepler K2 mission. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **457**, 3724, 2016

Bhatt, H., Pandey, J. C., Singh, K. P., Sagar, Ram and Kumar, B., X-ray Flares Observed from Six Young Stars Located in the Region of Star Clusters NGC 869 and IC 2602. *Journal of Astronomy and Astrophysics*, **35**, 39, 2014

Maeder, A. and Meynet, G., Stellar evolution with rotation and magnetic fields. II. General equations for the transport by Tayler-Spruit dynamo. *Astronomy and Astrophysics*, **422**, 225, 2004

Miura, J., Tsujimoto, M., Tsuboi, Y., Maeda, Y., Sugawara, Y., Koyama, K. and Yamauchi, S., Suzaku Detection of an Intense X-Ray Flare from an A-Type Star, HD161084. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **60**, 49, 2008

Maehara, H., Shibayama, T., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Kusaba, S., Honda, S., Nogami, D. and Shibata, K., Superflares on solar-type stars. *Nature*, **485**, 478, 2012

Notsu, Y., Shibayama, T., Maehara, H., Notsu, S., Nagao, T., Honda, S., Ishii, T. T., Nogami, D. and Shibata, K., Superflares on Solar-type Stars Observed with Kepler II. Photometric Variability of Superflare-generating Stars: A Signature of Stellar Rotation and Starspots. *Astrophysical Journal*, **771**, 127, 2013

Pye, J. P., Rosen, S., Fyfe, D. and Schröder, A. C., A survey of stellar X-ray flares from the XMM-Newton serendipitous source catalogue: HIPPARCOS-Tycho cool stars. *Astronomy and Astrophysics*, **581**, A28, 2015

Robrade, J. and Schmitt, J. H. M. M., New X-ray observations of IQ Aurigae and α^2 Canum Venaticorum. Probing the magnetically channeled wind shock model in A0p stars. *Astronomy and Astrophysics*, **531**, A58, 2011

Schaefer, B. E., Flashes from normal stars. *Astrophysical Journal*, **337**, 927, 1989

Schröder, C. and Schmitt, J. H. M. M., X-ray emission from A-type stars. *Astronomy and Astrophysics*, **475**, 677, 2007

Shibata, K., Isobe, H., Hillier, A., Choudhuri, A. R., Maehara, H., Ishii, T. T., Shibayama, T., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Honda, S. and Nogami, D., Can Superflares Occur on Our Sun? *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **65**, 49, 2013

Shibayama, T., Maehara, H., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Honda, S., Ishii, T. T., Nogami, D., Shibata, K., Superflares on Solar-type Stars Observed with Kepler. I. Statistical Properties of Superflares. *Astrophysical Journal Supplement Series*, **209**, 5, 2013

Spruit, H. C., Dynamo action by differential rotation in a stably stratified stellar interior. *Astronomy and Astrophysics,* **381**, 923, 2002

Wang, J. –J., A Flare Event on the A-Type Star BD +47 819. *Information Bulletin on Variable Stars*, 3836, 1, 1993

May 2016
No.2016-012-e

Journal of Integrated Creative Studies

Kyoto University visit and participation in Superflare Workshop

Suzanne L. Hawley[1,2]
[1]University of Washington, Professor, Astronomy Department
[2] Apache Point Observatory, Director, ARC 3.5m Telescope
E-mail: slhawley@uw.edu

Abstract. This is a report of my visit to Kyoto University in March 2016 to participate in the Superflare Workshop, supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University**.** The Superflare Workshop was very well attended by all Japanese superflare researchers on stars and on the Sun, and also by many international experts. There was valuable scientific discussion of superflares on solar-type stars, possible effects on extrasolar planets and also the possibility of superflares on the Sun and the effect on the Earth. My presentation described empirical evidence and diagnostics of white light flare continuum radiation on low mass stars. Also there was discussion of the new 3.8m Japanese telescope at Okayama Observatory, and the possibility for internaitonal collaboration with the ARC 3.5m Telescope at Apache Point Observatory to obtain new time-dependent observations of superflares.

Keywords: solar-type stars, superflares, Sun, optical telescopes

1. Visit Details

I visited Kyoto from March 1-5, 2016, to participate in the Workshop entitled: "Superflares on Solar-type Stars and Solar Flares, and Their Impacts on Exoplanets and the Earth" which was held at Kyoto University, and organized by Professor Shibata and Professor Nogami, of the Kwasan Observatory and Department of Astronomy. It was a very well-attended and successful meeting with many scientific lectures, discussions and opportunity for new collaborations. I would like to thank Professor Shibata and Professor Nogami for their invitation to participate and for their kind hospitality, and the International Research Unit of Advanced Futures Studies for supporting my visit.

2. Workshop Presentation

I gave a one hour presentation (including time for discussion) at the Superflare Workshop. The title of the presentation was "Observations of Stellar Flares" and it concentrated in particular on the photometric and spectroscopic observations of white-light continuum radiation from flares on low-mass stars, using telescopes both on the ground and in space. In the following sections, I summarize the main results that were presented.

2.1. Spectroscopic observations of flare continuum radiation in M dwarfs

Starting with ground-based photometry dating back to the 1950s, it was clear that the dominant energetic component of flares on low-mass stars (M dwarfs, with mass less than half the mass of the Sun) was the so-called white-light continuum. Flares were observed in broad-band photometric filters to be very bright and very blue, such that a large flare could make the star more than 5 magnitudes (>100 times) brighter in the Johnson U-band and up to 3 magnitudes (>10 times) brighter even in the Johnson V-band. Flares also had a typical light curve shape, with a rapid rise and fast decay followed by a more gradual decay. Following solar terminology, where similar morphology is observed in chromospheric (Ca II K, H-alpha) and X-ray observations of solar flares, these phases were called the impulsive phase (attributed to non-thermal electron beam heating) and the gradual phase (attributed to thermal radiation from the heated flare atmosphere). It is extremely difficult to observe the white-light continuum radiation using optical observations of the Sun (and solar-type stars) since the stars themselves are so bright at optical wavelengths. Thus M dwarfs provide a better platform for investigating the properties and underlying physical processes of the white-light flare continuum. Fortuitously, active M dwarfs also flare much more frequently than active solar-type stars, enabling multi-wavelength campaigns of a few days duration with a good possibility of seeing a large flare.

The next decades saw increasing effort to obtain spectroscopy of M dwarf flares. One such successful campaign resulted in the observation of the “Great Flare” on the dM3e star AD Leo in April 1985 (Hawley & Pettersen 1991). Ground-based data from McDonald Observatory comprised multi-color UBVR photometry, spectroscopy covering the Balmer jump and high order Balmer lines (3500-4400A), while the International Ultraviolet Explorer (IUE) satellite obtained simultaneous ultraviolet spectroscopy. These data showed unequivocally that the flare continuum radiation was very blue, with a blackbody shape that peaked in the near ultraviolet, indicating a color temperature of about 10,000K during the impulsive phase (Hawley & Fisher 1992). The continuum reddened during the gradual phase, but was present for several hours after the flare peak. The mystery of how to produce such a hot blackbody continuum source in the atmosphere of a low temperature M dwarf was not resolved despite initial attempts to apply a solar-like electron beam heating model.

An empirical investigation of a large sample of M dwarf flares with simultaneous photometry and spectroscopy obtained at Apache Point Observatory was recently published in the flare atlas of Kowalski et al. (2013). The sample of 20 flares shows that the flare morphology is more complicated when examined in detail, and in particular flares may be split into impulsive, hybrid and gradual categories with the impulsive flares being the canonical type described above, while hybrid and gradual flares have slower rise and longer decay times. Importantly, the spectroscopy of these events showed that the flare continuum radiation actually has three components, with the hot blackbody dominating during the impulsive phase, but a significant Balmer continuum component can be important even during the impulsive phase of hybrid and gradual flares, and dominates during the gradual phase of all flares. In the later gradual phase of strong flares, a third, cooler blackbody continuum component with T~5000-6000K may be present and energetically important.

The Balmer continuum component was identified in the so-called “Mega Flare” on the dM4e star YZ CMi (Kowalski et al 2010) and shown to anti-correlate with the U-band photometry such that when the hot blackbody continuum (which dominates the U-band) is strong the Balmer continuum is relatively less important. This led to a phenomenological model based on analogy to solar two-ribbon flares, where the hot blackbody continuum is produced in newly heated hotspots radiating impulsive phase emission while the Balmer continuum is primarily coming from the thermal cooling of previously heated flare areas, e.g. from the initial loops in an arcade that are now spreading and cooling in the decay phase. Using this model, Kowalski et al (2012) were able to fit the spectra of the Mega Flare using reasonable area coverage of newly heated and decaying loops. The hybrid and gradual flares would thus represent flares with less or shorter impulsive heating and more extended gradual heating, leading to increased Balmer emission. An important unanswered question is whether solar flares, and flares on other solar-type stars, have similar white light continuum properties, including varying amounts of Balmer, hot blackbody and cooler blackbody emission during different phases of the same flare, and in different flares depending on the heating profile.

2.2 Flare photometry with Ultracam

Although flare spectroscopy has been very important to diagnose the properties of flare continuum radiation in M dwarfs, it is difficult to obtain, requiring (at least) 4m-class telescopes and ideally simultaneous photometry and UV/X-ray spectroscopy, in a campaign where monitoring can cover hours or days. Therefore, flare photometry in specialized filters that provide diagnostics of the flare continuum components described above allows a larger sample of M dwarf flares to be obtained. Also, similar filters can be used to observe solar flares enabling direct comparison of the continuum properties between M dwarfs and the Sun. Such solar work is being carried out by M. Mathioudakis and collaborators using the ROSA instrument on the Dunn Solar Telescope (e.g. Jess et al. 2010). Here I will describe recent results from a large Ultracam survey of M dwarf flares on the NTT and WHT telescopes (Kowalski et al 2016).

Ultracam is a photometric imaging camera with two dichroics in the light path such that three filters may be observed simultaneously. Our flare observations use narrowband custom filters centered on 3500A (in the Balmer continuum), 4170A (in the hot blackbody continuum) and 6000A (in the red continuum). With the 3 filter photometry, we form two colors, FColorB (F(3500)/F(4170)) and FColorR (F(4170)/F(6000)). These are similar to the familiar Johnson colors U-B and B-V except since we are taking flux ratios (not subtracting magnitudes), larger positive values indicate bluer colors. We can connect the flare colors (between different flares, and during the evolution of a single flare) to the spectroscopic results above, by computing synthetic colors from the flare spectroscopy.

The Ultracam results for 20 flares ranging from low to high energy, show that the same Balmer continuum and hot blackbody continuum behavior observed spectroscopically can be diagnosed from the flare colors alone. In a color-color diagram of FColorB vs. FColorR, the relative importance of the Balmer continuum at a given blackbody temperature is shown by the value of FColorB at similar FColorR with hybrid/gradual flares having larger relative FColorB. Also flare evolution typically proceeds from large values for FColorR (hotter blackbody) to smaller values (redder blackbody) and from smaller values for FColorB (less Balmer continuum) to larger values (more Balmer continuum), making a distinctive evolutionary track in the diagram. Finally the 4170 (hot blackbody) light curve is anti-correlated with FColorB (importance of Balmer continuum) as was seen in the spectroscopy.

Taken together, the photometry and spectroscopy of M dwarfs have provided a well-determined empirical picture of the properties of the white-light continuum behavior during flares. The physical processes that lead to this behavior must be investigated with sophisticated radiation hydrodynamics models that will be described in the presentation by A. Kowalski at this meeting. However there are several outstanding observational questions that remain:

1. Is all the continuum radiation coming from the same spatial region?
2. How does the area coverage of the different flare continuum components evolve?
3. Does the Sun show these same continuum properties and evolution during flares?
4. Do superflares on solar-type stars show these same continuum properties?

2.3 Kepler flare photometry

As mentioned above, the observation of white light flares on solar-type stars is very difficult because the star itself is so bright that the flux contrast is often much less than 1%, and also these flares do not occur very frequently even on very active stars. The Kepler satellite which obtained continuous time-series photometry in a broad white-light filter of more than 100,000 solar-type stars for almost four years, has opened a new window into flares on these stars due to its exquisite precision and long monitoring timescale. Maehara et al. (2012) reported on initial Kepler observations of superflares on solar-type stars, so-called because they have energy of $>10^{34}$ ergs (more than 100 times the largest solar flares). Note that the Great Flare and Mega Flare on the M dwarfs described in Section 2.1 also exceed this energy threshold and thus M dwarfs also can produce superflares.

We obtained short (1-min) cadence observations of several G, K and M dwarfs in the Kepler field through Guest Observer proposals in cycles 2 and 3. The M dwarfs comprised both active and

inactive stars, since we are interested in whether flares can still occur on stars which do not appear to have active chromospheres or coronae (no H-alpha or X-ray emission). The best observed star was the active dM4e star GJ 1243 with 11 months of Kepler short cadence monitoring data. Davenport et al. (2014) compiled several hundred flares with good signal-to-noise and only one peak and showed that when scaled by the FWHM of the light curve and by the amplitude, all flares followed a remarkably similar evolution that could be described analytically with three functions corresponding to the rapid rise phase, the fast decay phase and the gradual decay phase. However, there were several thousand flares observed, and many of these showed more than one peak ("complex flares"). These could often, but not always, be well-fit using a combination of flares with the analytic morphology. Additional results on GJ 1243 reported in Hawley et al. (2014) indicate that complex flares typically last longer and have higher energy than single flares with the same (highest) peak amplitude, and higher energy flares in general are more likely to be complex. These results may identify complex flares as a superposition of simple flares which could fit into the phenomenological model of new flare heating being triggered in the same arcade or active region.

The inactive M dwarfs did indeed show flares with a rate about 50 times less than the active stars, roughly one flare/week rather than several flares/day. However, this is still a rate that may be important for planets orbiting such stars, which are popular targets for exoplanet searches.

Another investigation enabled by the Kepler data is the correlation between starspots and flares. The inactive stars showed almost no indication of starspots (at less than 0.01% level) but still produced flares. The active star GJ 1243 has a long-lived stable starspot pattern with about 1.5% amplitude and a period of 0.6 days. We compared the flare occurrence throughout the starspot phase and found no correlation with phase for either number of flares or energy of flares (Hawley et al 2014). Our speculation is that this lack of correlation is a manifestation of two different magnetic topologies on low mass stars, as discussed by Morin et al. (2008), Garroffo et al. (2015) and others. A large scale dipole field may be responsible for long-lived polar spots leading to the rotational modulation, while complicated small scale fields may give rise to a large number of solar-like active regions with complicated magnetic structure. The latter do not contribute much (if at all) to the rotational modulation but are the sites of the flares. Thus no correlation would be expected between the observed starspot modulation and the flares.

Our preliminary work on the G and K stars in our sample indicates that similar patterns hold. These stars show much larger but shorter-lived starspot patterns, indicating faster evolution of the large scale field. However, there is still no correlation between the spots and flares (for example, there are not more flares when the star is relatively dimmer indicating a larger coverage of spots). It seems that smaller, more complicated active regions are likely still responsible for the flares but don't contribute much to the rotational modulation.

3. Future Collaboration

Finally, we need to connect the superflares on solar-type stars to those observed on M dwarfs by obtaining spectra of a superflare on a G or K star. This would allow us to investigate whether the continuum radiation during flares on solar-type stars follows the same evolution and exhibits similar physical properties as in the well-studied low mass stars. For this we need dedicated telescopes and instrumentation, such as the new 3.8m telescope at Okayama Observatory and our 3.5m Telescope at Apache Point Observatory. We look forward to discussion of new collaboration between our groups in order to observe superflares on solar-type stars! And I want to express my thanks again to the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University, for supporting my attendance at this very productive workshop and to Professor Shibata, Professor Nogami and the many workshop participants for the interesting and exciting scientific discussions of superflares.

4. References

Davenport, J. R. A., Hawley, S. L., Hebb., L., Wisniewski, J. P., Kowalski, A. F., Johnson, E. C., Malatesta, M., Peraza, J., Keil, M., Silverberg, S. M., Jansen, T. C., Scheffler, M. S., Berdis, J. R.,

Larsen, D. M. and Hilton, E. J., Kepler Flares. II. The Temporal Morphology of White-light Flares on GJ 1243. *Astrophysical Journal,* **797,** 122, 2014

Garraffo, C., Drake, J. J. and Cohen, O., The Dependence of Stellar Mass and Angular Momentum Losses on Latitude and the Interaction of Active Region and Dipolar Magnetic Fields. *Astroph*ysical Journal, **813,** 40, 2015

Hawley, S. L. and Pettersen, B. R., The great flare of 1985 April 12 on AD Leonis. Astrophysical Journal, **378,** 725, 1991

Hawley, S. L. and Fisher, G. H., X-Ray-heated Models of Stellar Flare Atmospheres: Theory and Comparison with Observations: Erratum. *Astrophysical Journal Supplement Series,* **78,** 565, 1992

Hawley, S. L., Davenport, J. R. A., Kowalski, A. F., Wisniewski, J. P., Hebb, L., Deitrick, R. and Hilton, E. J., Kepler Flares. I. Active and Inactive M Dwarfs. *Astrophysical Journal,* **797,** 121, 2014

Jess, D. B., Mathioudakis, M., Christian, D. J., Keenan, F. P., Ryans, R. S. I. and Crockett, P. J., ROSA: A High-cadence, Synchronized Multi-camera Solar Imaging System. *Solar Physics,* **261,** 363, 2010

Kowalski, A. F., Hawley, S. L., Holtzman, J. A., Wisniewski, J. P. and Hilton, E. J., A White Light Megaflare on the dM4.5e Star YZ CMi. *Astrophysical Journal Letters,* **714,** L98, 2010

Kowalski, A. F., Hawley, S. L., Holtzman, J. A., Wisniewski, J. P. and Hilton, E. J., The Multiple Continuum Components in the White-Light Flare of 16 January 2009 on the dM4.5e Star YZ CMi. *Solar Physics,* **277,** 21, 2012

Kowalski, A. F., Hawley, S. L., Wisniewski, J. P., Osten, R. A., Hilton, E. J., Holtzman, J. A., Schmidt, S. J. and Davenport, J. R. A., Time-resolved Properties and Global Trends in dMe Flares from Simultaneous Photometry and Spectra. *Astrophysical Journal Supplement Series,* **207,** 15, 2013

Kowalski, A. F., Mathioudakis, M., Hawley, S. L., Wisniewski, J. P., Dhillon, V. S., Marsh, T. R., Hilton, E. J. and Brown, B. P., M Dwarf Flare Continuum Variations on One-second Timescales: Calibrating and Modelling of ULTRACAM Flare Color Indices. *Astrophysical Journal,* **820,** 95, 2016

Maehara, H., Shibayama, T., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Kusaba, S., Honda, S., Nogami, D. and Shibata, K., Superflares on solar-type stars. *Nature*, **485**, 478, 2012

Morin, J., Donati, J. –F., Petit, P., Delfosse, X., Forveille, T., Albert, L., Aurière, M., Cabanac, R., Dintrans, B., Fares, R., Gastine, T., Jardine, M. M., Lignières, F., Paletou, F., Ramirez Velez, J. C. and Théado, S., Large-scale magnetic topologies of mid M dwarfs. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* **390,** 567, 2008

May 2016
No.2016-013-e

Journal of Integrated Creative Studies

Modeling the Optical (and NUV) Continuum Emission in Stellar Flares

- Report on participation in the Kyoto University Superflare Workshop

Adam F. Kowalski[1, 2]
[1]Department of Astronomy, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA.
[2]NASA/Goddard Space Flight Center, Code 671, Greenbelt, MD 20771.
E-mail: adam.f.kowalski@nasa.gov

Abstract. This is a report of my visit to Kyoto University in March 2016 for the Superflare Workshop, supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University. The Superflare Workshop was very well attended by all Japanese superflare researchers on stars and on the Sun, and also by many international experts. There were many valuable discussions about the outstanding problems in flare physics that could be addressed by studying superflare stars in the Kepler field. My presentation described recent work in modeling the white light flare continuum radiation on low mass stars and connected to new models of near-ultraviolet spectra of solar flares. There was discussion of future flare observations with the new 3.8m Japanese telescope at Okayama Observatory, and the possibility for international collaboration to obtain high-time resolution, high-spectral resolution Balmer jump observations in preparation for spectra of superflares.

Keywords: stars: flare, stars: activity, Sun: flare

1. The White-Light Continuum Emission in Stellar Flares

During flares, stored magnetic energy in coronal fields is released through magnetic reconnection and retraction. Energy is converted to the kinetic energy of particles, which stream along the reconnected magnetic field lines and deposit their energy into the lower, dense atmosphere (chromosphere and/or photosphere). A large fraction of the radiated energy during a flare is released in the near-ultraviolet and optical (white-light) continuum emission, with a smaller but non-negligible fraction also radiated in the optical and ultraviolet emission lines (Hawley & Pettersen 1991, Osten & Wolk 2015). Several modes of energy transport are thought to link the magnetic energy released in coronal fields and the heating of the lower atmosphere that produces the flare emission. These heating mechanisms include nonthermal particle (electron and proton) precipitation (Emslie 1978), conductive energy transport (Longcope 2014), backwarming via X-ray and ultraviolet radiation (Hawley & Fisher 1992, Allred et al. 2006), and Alfvén wave conversion to nonthermal particles and/or wave energy dissipation (Reep and Russell 2016, Fletcher & Hudson 2008). The white-light continuum emission is thought to originate from the highest densities in the stellar atmosphere; therefore, comparing model

predictions of the white-light to observations can be used to critically understand and constrain the role of each of these mechanisms in the flare heating through the impulsive and gradual phases.

In Kowalski et al. (2015), we presented a new M dwarf flare model with heating from a high flux of nonthermal electrons, and we applied a modeling technique of the Balmer edge region ($\lambda \sim 3600$ Å - 3800 Å) that has been developed by the white-dwarf modeling community. The modeling technique provides a new constraint on the charge density that is attained in the continuum-emitting layers in flares for comparison to the predictions of flare heating mechanisms.

2. Modeling Balmer Jump Spectra

In Kowalski et al. (2015), we presented the atmospheric evolution and detailed continuum spectra from a new simulation with the 1D RAYDN code (Carlsson & Stein 1997), which solves the equation of radiative-transfer for a 6-level hydrogen atom, 9-level helium atom, and a 6-level Ca II ion on an adaptive grid. We modeled the energy deposition from a high flux of nonthermal electrons (10^{13} erg cm^{-2} s^{-1} ; F13) using the collisional thick target formulae of Emslie (1978) and Hawley & Fisher (1994). The heating was modeled for 2.3 s, which represents impulsive heating of a single flux tube. In future work, we plan on adding up the emission from individual flux tubes to simulate the emission from a two-ribbon flare as observed on the Sun.

A spectral flare atlas of twenty M dwarf flares was presented in Kowalski et al. (2013), showing a continuum distribution with a color temperature of T~10,000 K and a small Balmer jump ratio in the impulsive-type flare events (see S. L. Hawley's report). We compared the predictions of the F13 model to representative spectra during the impulsive phase of a flare from Kowalski et al. (2013) and found satisfactory agreement with these observed characteristics, which are difficult to reproduce using any other standard flare heating mechanism. Radiative-hydrodynamic models use a simplified treatment of hydrogen for detailed cooling rates, but a comparison to the observations of the spectral region around the Balmer jump requires including the opacities from the higher order lines with overlapping emission wings (Doyle et al. 1988, Hawley & Pettersen 1991). Solar flare spectra covering the Balmer jump spectral region are difficult to obtain with current solar instrumentation (Kowalski, Cauzzi, & Fletcher 2015) but exhibit qualitatively similar characteristics (see Donati-Falchi et al. 1985).

2.1. The Opacity Effects from Landau-Zener Transitions

In flares, the charge density in the chromosphere increases, and the Stark effect causes the energy levels of hydrogen near the continuum to overlap; the theory and modeling techniques for including the opacity effects that result from overlapping Stark states were developed for modeling hot star atmospheres (Hummer & Mihalas 1988, Dappen et al. 1987, Hubeny, Hummer, & Lanz 1994) and are currently employed by state-of-the-art white-dwarf model codes (Trembaly & Bergeron 2009).

We used the NLTE RH code (Uitenbroek 2001) and a 20-level hydrogen atom to calculate the spectrum between $\lambda = 3646$ - 4000 Å where the higher order Balmer lines merge together. For each principal quantum number n, there is a critical electric microfield (due to the distribution of protons in the flare chromosphere) that causes the Stark states of level n to overlap with level n+1. At these "avoided crossings" of levels there is a probability that a series of Landau-Zener transitions will occur causing an electron in n to rapidly cascade to the continuum. As a result, photons with $\lambda > 3646$ Å can photoionize hydrogen with an electron in the n=2 state. Following Trembley & Bergeron (2009), we modified the Balmer bound-bound and Balmer bound-free opacity and emissivity at $\lambda > 3646$ Å in the RH code to account for these photoionizations. We obtained the atmospheric temperature, velocity, and density from t=2.2 s in the dynamic (RADYN) simulation, and we found that the opacity and emissivity from Landau-Zener transitions caused the higher order Balmer lines to fade into Balmer continuum emission that is produced in the model at $\lambda < 3780$ Å.The modeling of the Landau-Zener continuum emission extending redward of $\lambda = 3646$ Å explains the lack of a Balmer edge in high-spectral resolution observations of M dwarf flares (Fuhrmeister et al. 2008) and solar flares (Donati-

Falchi et al. 1985). As a result of our work, this complicated spectral region can be used as a diagnostic of the charge density produced in the flare atmosphere. From broadband colorimetry and spectral observations in the blue-optical regime during stellar flares, we have inferred that the white-light emission originates from large heating at high densities (Kowalski et al. 2013). Modeling the Stark effect and the Landau-Zener transitions results in a new constraint on the density where the white-light emission is produced in order to test proposed flare heating mechanisms (e.g., particle beams, conductive energy transport).

2.2. New Observations of the Balmer Jump Region

New high-temporal resolution observations of the Balmer jump region are needed since the only echelle observations of this spectral region were obtained with an integration time of 15 minutes (Fuhrmeister et al. 2008), which is long compared to the duration of the flare impulsive phase. At the Superflare workshop, we discussed a collaboration to obtain echelle spectra of M dwarf flares at high-time resolution and high spectral resolution in order to test our models of the Balmer jump region, and to compare to spectra that we aim to acquire during super flares on G stars from the 3.8 m telescope at the Okayama Observatory. M dwarfs are known to produce superflares on occasion (Hawley & Pettersen 1991, Osten et al. 2010), and a direct comparison to the flare continuum and line properties will form constraints on heating mechanisms in flares from stars that span a range of mass and dynamo action. In particular, we will be able to compare the charge density in the flare chromosphere during superflares on M and G dwarfs.

3. Future Modeling Directions

In future modeling work, we seek to rigorously test the F13 beam model of M dwarf flares. We will consider the energy loss effects from the return current electric field and model the Balmer lines with an improved theoretical description of the Stark effect. We are also modeling new solar observations of the near-ultraviolet emission lines and continuum from the Interface Region Imaging Spectrograph (IRIS; De Pontieu et al. 2014). The chromospheric emission lines from IRIS exhibit complex line profiles (Graham & Cauzzi 2014), which can be explained by dense, heated downflows produced by a large flux of nonthermal electrons. The high-spectral resolution observations of solar flares can be combined with broad-spectral characterization of the Balmer jump and optical region in stellar flares to rigorously test flare heating mechanisms and the standard solar flare model. The heated downflows (chromospheric condensations; Fisher 1989) attain large densities in the solar and M dwarf flare models with high fluxes of nonthermal electrons. The charge density can be critically constrained and compared to these models by measuring the broadening of the Balmer lines and the properties of the continuum emission just longward of the Balmer edge.

An F13 energy flux requires a coronal magnetic field strength of ~1.5 kG (Kowalski et al. 2015). High magnetic fields covering a large fraction of the visible stellar disk have been inferred from Zeeman splitting of optical lines (Johns-Krull & Valenti 1996), but the current knowledge of the coronal field strengths in M dwarfs is poor. Measurements of photospheric magnetic fields of superflare stars using the Zeeman effect would help compare the magnetic environment to active M dwarf stars, and X-ray observations during superflares would help establish an estimate for the coronal field strength (Shibata & Yokoyama 1999). X-ray observations would also help constrain the return-current heating (Holman 2012), which is large in the corona for an F13 electron beam.

4. References

Allred, J. C., Hawley, S. L., Abbett, W. P. and Carlsson, M., 2006, Radiative Hydrodynamic Models of Optical and Ultraviolet Emission from M Dwarf Flares. *Astrophysical Journal,* **644**, 484, 2006

Carlsson, M. and Stein, R. F., Formation of Solar Calcium H and K Bright Grains. *Astrophysical Journal*, **481,** 500, 1997

Dappen, W., Anderson, L. and Mihalas, D., Statistical mechanics of partially ionized stellar plasma - The Planck-Larkin partition function, polarization shifts, and simulations of optical spectra. *Astrophysical Journal,* **319,** 195, 1987

DePontieu, B. P. *et al,* The Interface Region Imaging Spectrograph (IRIS). *Solar Physics,* **289,** 2733, 2014

Donati-Falchi, A., Falciani, R. and Smaldone, L.A., Analysis of the optical spectra of solar flares. IV - The 'blue' continuum of white light flares. *Astronomy and Astrophysics,* **152,** 165, 1985

Doyle, J. G., Butler, C. J., Bryne, P. B. and van den Oord, G. H. J., Rotational modulation and flares on RS CVn and BY Dra systems. *Astronomy and Astrophysics,* **193,** 229, 1988

Emslie, A. G., The collisional interaction of a beam of charged particles with a hydrogen target of arbitrary ionization level. *Astrophysical Journal,* **224,** 241, 1978

Fisher, G. H., Dynamics of flare-driven chromospheric condensations. *Astrophysical Journal,* **346,** 1019, 1989

Fletcher, L. and Hudson, H., Impulsive Phase Flare Energy Transport by Large-Scale Alfvén Waves and the Electron Acceleration Problem. *Astrophysical Journal,* **675,** 1645, 2008

Fuhrmeister, B., Liefke, C., Schmitt, J. H. M. M. and Reiners, A., Multiwavelength observations of a giant flare on CN Leonis. I. The chromosphere as seen in the optical spectra. *Astronomy and Astrophysics,* **487,** 293, 2008

Graham, D. R. and Cauzzi, G., Temporal Evolution of Multiple Evaporating Ribbon Sources in a Solar Flare. *Astrophysical Journal Letters,* **807,** L22, 2015

Hawley, S. L. and Pettersen, B. R., The great flare of 1985 April 12 on AD Leonis. *Astrophysical Journal,* **378,** 725, 1991

Hawley, S. L. and Fisher, G. H., X-ray-heated models of stellar flare atmospheres - Theory and comparison with observations. *Astrophysical Journal Supplement Series*, **78,** 565, 1992

Hawley, S. L. and Fisher, G. H., Solar flare model atmospheres. *Astrophysical Journal,* **426,** 387, 1994

Holman, G. D., Understanding the Impact of Return-current Losses on the X-Ray Emission from Solar Flares. *Astrophysical Journal,* **745,** 52, 2012

Hubeny, I., Hummer, D. G. and Lanz, T., NLTE model stellar atmospheres with line blanketing near the series limits. *Astronomy and Astrophysics,* **282,** 151, 1994

Hummer, D. G. and Mihalas, D., The equation of state for stellar envelopes. I - an occupation probability formalism for the truncation of internal partition functions. *Astrophysical Journal,* **331,** 794, 1988

Johns-Krull, C. M. and Valenti, J. A., Detection of Strong Magnetic Fields on M Dwarfs. *Astrophysical Journal Letters,* **459,** L95, 1996

Kowalski, A. F., Cauzzi, G. and Fletcher, L., Optical Spectral Observations of a Flickering White-light Kernel in a C1 Solar Flare. *Astrophysical Journal,* **798,** 107, 2015

Kowalski, A. F., Hawley, S. L., Wisniewski, J. P., Osten, R. A., Hilton, E. J., Holtzman, J. A., Schmidt, S. J. and Davenport, J. R. A., Time-resolved Properties and Global Trends in dMe Flares from Simultaneous Photometry and Spectra. *Astrophysical Journal Supplement Series,* **207,** 15, 2013

Kowalski, A. F., Hawley, S. L., Carlsson, M., Allred, J. C., Uitenbroek, H., Osten, R. A. and Holman, G., New Insights into White-Light Flare Emission from Radiative-Hydrodynamic Modeling of a Chromospheric Condensation. *Solar Physics,* **290,** 3487, 2015

Longcope, D. W., A Simple Model of Chromospheric Evaporation and Condensation Driven Conductively in a Solar Flare. *Astrophysical Journal,* **795,** 10, 2014

Osten, R. A., Godet, O., Drake, S., Tueller, J., Cummings, J., Krimm, H., Pye, J., Pal'shin, V., Golenetskii, S., Reale, F., Oates, S. R., Page, M. J. and Melandri, A., The Mouse That Roared: A Superflare from the dMe Flare Star EV Lac Detected by Swift and Konus-Wind. *Astrophysical Journal,* **721,** 785, 2010

Osten, R. A. and Wolk, S. J., Connecting Flares and Transient Mass-loss Events in Magnetically Active Stars. *Asrophysical Journal,* **809,** 79, 2015

Reep, J. W. and Russell, A. J. B., Alfv'enic Wave Heating of the Upper Chromosphere in Flares, *Astrophysical Journal Letters,* **818,** L20, 2016

Shibata, K. and Yokoyama, T., Origin of the Universal Correlation between the Flare Temperature and the Emission Measure for Solar and Stellar Flares. *Astrophysical Journal Letters,* **526,** L49, 1999

Tremblay, P. -E. and Bergeron, P., Spectroscopic Analysis of DA White Dwarfs: Stark Broadening of Hydrogen Lines Including Non-ideal Effects. *Astrophysical Journal,* **696,** 1755, 2009

Uitenbroek, H., Multilevel Radiative Transfer with Partial Frequency Redistribution. *Astrophysical Journal,* **557,** 389, 2001

Worden, S. P., Schneeberger, T. J., Giampapa, M. S., Deluca, E. E. and Cram, L. E., The response of chromospheric emission lines to flares on YZ Canis Minoris. *Astrophysical Journal,***276,** 270, 1984

May 2016
No.2016-014-e

Journal of Integrated Creative Studies

Quasi-periodic pulsations in solar and stellar flares

Valery M. Nakariakov[1,2,3], Chloe E. Pugh[1], Anne-Marie Broomhall[1,4]
[1]Centre for Fusion, Space & Astrophysics, Physics Department, University of Warwick, United Kingdom
[2]School of Space Research, Kyung Hee University, Korea
[3]Central Astronomical Observatory at Pulkovo of RAS, Russia
[4]Institute of Advanced Studies, University of Warwick, UK
E-mail: V.Nakariakov@warwick.ac.uk

Abstract. Light curves of thermal and non-thermal emission associated with solar flares usually contain statistically significant quasi-periodic pulsations (QPP). Typical periods range from a fraction of a second to several tens of minutes. Physical mechanisms responsible for QPP can be attributed to three main, while non-exclusive, groups: modulation of the emitting plasma parameters and kinematics of non-thermal electrons by coronal magnetohydrodynamic oscillations, spontaneous periodic magnetic reconnection, and magnetic reconnection periodically induced by magnetohydrodynamic oscillations. Similar QPP are also detected in stellar flares, including those hosted by Sun-like stars. Recently, a number of stellar flare QPP events were detected in white light with Kepler. In several cases, the characteristic time signatures of stellar flare QPP are very similar to those detected in solar flares, suggesting that they may be created by the same mechanisms. This report summarises the invited review talk given by V.M. Nakariakov at the workshop "Superflares on solar-type stars and solar flares, and their impacts on exoplanets and the Earth" at Kyoto University in March 2016.

Keywords: Solar flares, Stellar flares, MHD waves, Magnetic reconnection

1. Quasi-periodic pulsations in solar flares

The time resolution of modern instrumentation observing the Sun in microwave, EUV, soft and hard X-ray and gamma-ray bands provides us with an excellent opportunity to study the fine structure of flaring light curves. In a number of cases we can also obtain information about the spatial structure of the emission sources and their evolution. Often light curves of solar flares contain well-pronounced quasi-periodic variations of the brightness, called quasi-periodic pulsations (QPP). QPP are detected in all observational bands associated with both thermal and non-thermal emissions, and with both ground-based and spaceborne instruments. QPP are seen in flares of all GOES classes. Moreover, the emissions recorded in different bands associated with non-thermal electrons, e.g. hard X-rays, gyrosynchrotron microwave and in some cases gamma rays, are seen to have well-correlated QPP. Furthermore, application of different data analysis techniques usually results in the robust detection of the same QPP pattern in the light curve. This indicates that QPP are a natural phenomenon, not an artefact of a specific instrument or a specific data analysis method. The detected periods range from a fraction of a second to several tens of minutes, see (Nakariakov, 2009) for a comprehensive review.

Figure 1 shows a histogram of QPP periods detected in solar flares, based upon the compilation of published results obtained by different authors in different observational bands. It is evident that the vast majority of the events have relatively short periods, shorter than one minute. However, we must stress that this figure should be taken as an illustration only, as it does not present results of any systematic study. We would also like to mention that the detection of QPP is a non-trivial task that should not be based on the use of Fourier or wavelet analyses only, as usually QPP are short trains of a small number of nearly periodic variation of the emission, localised in some part of the light curve. Moreover, in a number of cases QPP, have well-pronounced modulation of the period (e.g. a drift) and the amplitude (e.g. an exponential or Gaussian decay). On the other hand, the modulation depth, or the relative amplitude of QPP can reach 100% with the highest amplitudes usually seen in the non-thermal emission. Some case studies showed the simultaneous presence of two or more statistically significant periodicities in light curves. In some cases, QPP are found not to have a harmonic shape, but rather the oscillatory signal is triangular with symmetric front and back slopes. It makes the QPP detection an interesting data analysis challenge that possibly requires the application of techniques specifically designed for non-stationary and nonlinear signals, e.g. the Hilbert-Huang transform based upon the empirical mode decomposition (Kolotkov, 2015). There is no apparent correlation between QPP periods and the flare energy and duration, and other observables.

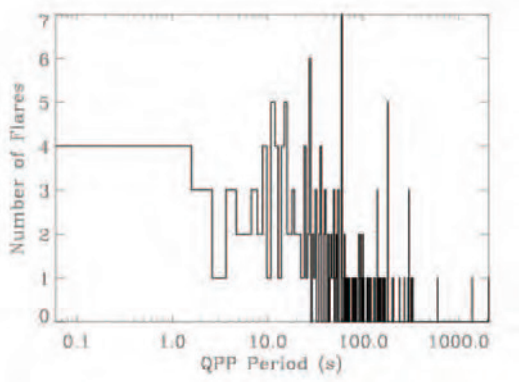


Figure 1. QPP periods in solar flares, constructed using the online catalogue of published QPP events (Nakariakov, 2016).

Analysis of the microwave emission produced in twelve consecutive flares associated with spatially-resolved single coronal microwave loops, observed simultaneously with both the Nobeyama Radioheliograph and Radio Polarimeters, revealed the common presence of statistically-significant QPPs (Kupriyanova, 2010). In ten out of twelve analysed events at least one significant spectral component was detected, and periods were found to range from 5 to 60s. Only those QPPs that were confidently detected in the data of both these instruments were counted. Very recently, a similar study of QPP in thermal, soft X-ray emission, showed that in 80% of X-class flares observed in solar cycle 24 with GOES-15 there were statistically significant QPP in the impulsive phase (Simoes, 2015). These findings clearly indicate that QPP are a common, and possibly even intrinsic, feature of solar flares.

2. Mechanisms for QPP

The variety of QPP properties, such as broad ranges of periods and amplitudes, different time-signatures, and their appearance in different phases of flares, suggests that QPP are most likely produced by several different mechanisms. Revealing these mechanisms provides us with the possibility to use QPP for diagnostics of physical parameters in flaring sites and the processes operating there.

2.1. Magnetohydrodynamic oscillations

Recently commissioned high spatial and time resolution observational facilities, mainly operating in the EUV band, show the omnipresence of various wave and oscillatory phenomena in the hot plasma of the solar corona. Typically, these oscillations are associated with distinct plasma non-uniformities, such as loops in coronal active regions, plume structures in coronal holes, prominences, and various transients, e.g. jets. Typical periods range from several seconds (or even shorter, in the radio band) to several tens of minutes. Thus, by the order of magnitude these oscillation periods coincide with those of QPP. Coronal oscillatory phenomena are commonly interpreted in terms of magnetohydrodynamic (MHD) oscillations. Hence, the periods are determined by the fast and slow magnetoacoustic transit times across and along the plasma non-uniformity that hosts the oscillation.

The theory of coronal MHD oscillations, based on magnetoacoustic modes of a plasma cylinder stretched along the magnetic field, predicts the presence of several distinct kinds of oscillations. Among them are: sausage oscillations, which are peristaltic variations of the cross-sectional area of the waveguiding plasma cylinder, accompanied by radial plasma flows and variations of the plasma density and the magnetic field strength; kink oscillations, which are transverse displacements of the cylinder's axis (they must not be confused with the Alfvén waves that are essentially incompressive transverse perturbations of individual magnetic surfaces); and acoustic oscillations, which are compressive plasma motions along the field. Different modes have very different observational signatures that allow for their unequivocal identification. All these modes are observationally detected in the solar corona. There are several possibilities for MHD oscillations to produce QPP. In particular, it can be done by either direct modulation of physical parameters of the emitting plasma (e.g. thermal emission and gyrosynchrotron emission), or by periodically changing the kinematics of non-thermal electrons (e.g. by periodic variation of the magnetic mirror ratio near footpoints of flaring loops, causing periodic precipitation of non-thermal particles producing hard X-ray and white light emission).

2.2. Periodic regimes of spontaneous magnetic reconnection

The process of magnetic reconnection that is believed to be responsible for the liberation of magnetic energy in flaring regions is known to be non-stationary. Numerical simulations show that it may occur in a quasi-periodic regime, e.g. periodically shedding the magnetic islands (Kliem, 2000). This would result in the periodic injection of non-thermal particles and possibly in periodic thermalisation of the plasma. This process could be referred to as "magnetic dripping", with the periodicity essentially not connected with any kinds of oscillations, but determined by the physical parameters in the reconnecting current sheet only. In nonlinear dynamics such processes are referred to as "self-oscillations". Investigation of this regime is an interesting theoretical problem.

2.3. Periodically induced magnetic reconnection

Physical parameters in the reconnecting current sheet could also be periodically modulated by an MHD oscillation, resulting in periodic triggering of the reconnection or variation of its rate. Thus, this process would result in the periodic acceleration of charged particles and thermalisation of the plasma, and hence QPP. Possible scenarios are based upon the periodic production of strong spikes of the electric current density in the current sheet or a magnetic x-point. Further study of this effect and assessment of its possible manifestation in flares is of great interest.

3. QPP in stellar flares

QPP in stellar flares have been sporadically detected for long time. For example, a long-period oscillation (220 s) was observed in the white light emission during the peak of a flare on the active RS Canum Venaticorum binary (RS CVn) II Pegasi (Mathioudakis, 2003). Short-period QPP (0.5-5 s) were detected in the radio band during a flare on AD Leonis (Stepanov, 2001). In soft X-ray band, (Mitra-Kraev, 2005) detected a 750 s oscillation with an exponential damping time of 33 min during

the peak of a flare on AT Microscopium. A similar, rapidly-decaying long-period QPP with period of 32 min and a decay time about 46 min was found in the white light emission produced by a powerful "megaflare" on the dM4.5e flare star YZ CMi (Anfinogentov, 2015).

A systematic study of QPP in stellar superflares began only recently, with the use of Kepler data (Balona, 2015). White light curves of some superflares were found to have clean QPP. In several cases these QPP are almost harmonic QPP with an exponentially decaying amplitude, suggesting their possible association with MHD oscillations. Moreover, analysis of a superflare on a K-type eclipsing binary KIC 9655129 revealed the simultaneous presence of two statistically significant periodicities, of about 78 min and 32 min (Pugh, 2015). This finding further supports the interpretation of QPP as MHD oscillations, and indicates possible similarity of solar and stellar flare QPP.

4. Future work

QPP are a common, possibly even intrinsic, feature of solar flares. This result puts additional constraints on any model of the flaring energy release. There are several possible mechanisms that can be responsible for the QPP production, and their theoretical modelling is an interesting and timely challenge. In particular, one needs to search for and investigate quasi-periodic, self-oscillatory regimes of magnetic reconnection, and the possible periodic triggering of reconnection or modulation of its rate by MHD oscillations.

The detection of QPP in the light curves of stellar superflares, and the similarity of these QPP with those detected in solar flares, suggests that solar flares and stellar superflares could be produced by a similar mechanism. It indicates that there are no principal differences between flares and superflares, and hence the Sun could possibly produce a devastating superflare.

5. References

Anfinogetntov, S., Nakariakov, V.M., Mathioudakis, M., Van Doorsselaere, T., Kowalski, A.F., The decaying long-period oscillation of a stellar megaflare, *Astrophys. J.* **773,** 156, 2013

Balona, L.A., Broomhall, A.-M., Kosovichev, A., Nakariakov, V.M., Pugh, C.E., Van Doorsselaere, T., Oscillations in stellar superflares, *MNRAS* **450**, 956-966, 2015

Kliem, B., Karlicky, M., Benz, A.O., Solar flare radio pulsations as a signature of dynamic magnetic reconnection. *Astron. Astrophys.* 360, 715, 2000

Kolotkov, D. Y., Nakariakov, V. M., Kupriyanova, E. G., Ratcliffe, H., Shibasaki, K., Multi-mode quasi-periodic pulsations in a solar flare, *Astron. Astrophys.* **574**, A53, 2015

Kupriyanova, E. G., Melnikov, V. F., Nakariakov, V.M., Shibasaki, K., Types of microwave quasi-periodic pulsations in single flaring loops, *Solar Phys.* **267**, 329-342, 2010

Mathioudakis, M., Seiradakis, J.H., Williams, D.R., Avgoloupis, S., Bloomfield, D.S., McAteer, R. T. J., White-light oscillations during a flare on II Peg, *Astron. Astrophys.* **403**, 1101, 2003

Mitra-Kraev, U., Harra, L. K., Williams, D. R., & Kraev, E., The first observed stellar X-ray flare oscillation: Constraints on the flare loop length and the magnetic field, *Astron. Astrophys.* **436**, 1041, 2005

Nakariakov, V.M., University of Warwick, QPP events catalogue (March 2, 2016) Available from URL: http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/physics/research/cfsa/people/valery/research/qpp/

Nakariakov, V.M., Melnikov, V.F., Quasi-periodic pulsations in solar flares, *Space Sci. Rev.* **149**, 119-151, 2009

Pugh, C.E., Nakariakov, V.M., Broomhall, A.-M., A multi-period oscillation in a stellar superflare, *Astrophys. J. Lett.* **813**, L5, 2015,

Simoes, P.J.A., Hudson, H.S., Fletcher, L., Soft X-ray pulsations in solar flares, *Solar Phys.* **290**, 3625-3639, 2015

Stepanov, A.V., Kliem, B., Zaitsev, V.V., Fürst, E., Jessner, A., Krüger, A., Hildebrandt, J., Schmitt, J.H.M.M., Microwave plasma emission of a flare on AD Leo, *Astron. Astrophys.* **374**, 1072, 2001

May 2016
No.2016-015-e

Journal of Integrated Creative Studies

Visit to Kyoto University and the Superflare Workshop

Steven H. Saar[1]
[1]Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics
E-mail: ssaar@cfa.harvard.edu

Abstract. I report on my visit to Kyoto University in March 2016 to take part in the Superflare Workshop, supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University. The Superflare Workshop was very well organized, small, intimate meeting of experts in flares and superflares, and stellar activity in general, both from Japan and from around the world. There was much interesting and valuable discussion of superflares on solar-type stars, solar and stellar activity of various types, possible effects on extrasolar planets and the Earth. In the context of this, there was an overview of plans for the new 3.8m Japanese telescope at Okayama Observatory and spectrograph, and a discussion of how to optimize it for flare and activity science. I was asked to speak about the current state of knowledge about stellar cycles and their activity. My presentation described relations between cycle properties and other stellar observables, and the importance of having a well selected and studied stellar sample to best understand the underlying trends.

Keywords: solar-type stars, magnetic activity, superflares, Sun, optical telescopes

1. My Visit

I visited Kyoto from March 1-5, 2016, to take part in the workshop at Kyoto University entitled "Superflares on Solar-type Stars and Solar Flares, and Their Impacts on Exoplanets and the Earth". The workshop organized by Professors Shibata and Nogami of the Kwasan Observatory and Department of Astronomy. I found it a very well organized workshop with excellent talks and discussion, which I found very stimulating and educational. I was excited to hear about the new telescope and spectrograph plans at Okayama observatory, and the latest research on superflares in Japan. I thank Professors Shibata and Nogami for their very kind invitation to participate and am grateful for their hospitality; I also thank the International Research Unit of Advanced Futures Studies for supporting the visit.

2. Workshop Presentation

I gave a one hour talk plus discussion at the workshop entitled: "Observations of Magnetic Cycles in Late-type Single Dwarfs: What are They Telling Us?". It focused on observational characteristics of stellar cycles, and the importance of having a well-understood and carefully selected stellar sample, in order to correctly identify the underlying trends. I summarize the main points in the following sections.

2.1. Background on Stellar Cycle Studies

Stellar magnetic cycles are the subject of much interest and study, with importance ranging from understanding the origin of magnetic activity (including superflares), winds and spin-down, to implications for exoplanet detection and habitability. Typically, photometry or the Ca II HK lines have been targeted for long-term monitoring. More recently, H-alpha (especially for M dwarfs), X-rays and Doppler and Zeeman Doppler imaging (ZDI) have been added to the list. The new 3.8m telescope team is encouraged to explore still more indicators which should be useful: Ca II IRT, He I 5876 and 10830 A lines, and select molecular bands (e.g., TiO) which can be used to determine absolute spot areas and temperatures (e.g., O'Neal et al. 1996). At high resolution (~10^5), Stokes I magnetic broadening can be discerned to determine the total (instead of net) magnetic flux (and area coverage in optimal cases). Actual line bisectors can also be obtained (rather than the destructively averaged cross-correlation functions often used), which are important for understanding convection, and the effects of plage on radial velocities.

In spite of decades of data (50+ year in some cases), the results have been somewhat muddled and unclear. Part of this is probably intrinsic: correlations between cycle period (P_{cyc}) and rotation period (P_{rot}) are complicated by variations in both. The rotation period varies, of course, due to differential rotation. The cycle period of the Sun has natural fluctations due to e.g., the Waldmeier effect (cycle amplitudes A_{cyc} seem anti-correlated with P_{cyc}). There are also complications from both longer (e.g., the 80-100 year Gleissberg cycle) and shorter (1.2 and 2.4 yr; see discussion in Ferriera Lopes et al 2015) variations which may be perturbations of the cycle (e.g., due to Rossby waves in the tachocline), or other phenomena entirely. If stars have similar periodicities (and it seems likely that they do), we can expect a range of P_{cyc} and A_{cyc}, as well as a range of periods, some of which are perhaps related to the dynamo, but are not the signal of the oscillating dynamo *itself*.

2.2. Choose Your Stellar Sample Carefully!

But I also believe part of the confusion in understanding stellar dynamo cycles is due to overly inclusive stellar samples. I have done this myself! Starting with a simple sample of cycle and rotation periods in high quality single dwarfs (Brandenburg et al 1998), we next move on to include binaries, and even tentatively include evolved stars (Saar & Brandenburg 1999). But now I am a lot older and hopefully a little wiser. In subjects as complex as trying to understand the intrinsically non-linear stellar dynamo process, it is important to keep control of as many variables as feasible. So, more recently I have returned to looking at just at single dwarfs (Saar 2011).

The study of differential rotation is instructive in this regard. Barnes et al (2005) presented an analysis of four sizeable sets of surface differential rotation measurements. They found almost no correlation between surface shear, $\Delta\Omega$ and rotation (expressed as rotational frequency Ω): $\Delta\Omega \sim \Omega^{0.1}$. But the largest of their $\Delta\Omega$ datasets came from Hall (1991), which on further investigation, contains almost all close binary stars, with many of these evolved RS CVn variables. Setting the Hall data aside, the remaining stars trace out a pattern where $\Delta\Omega$ first increases, then decreases, as a function of increasing Ω (Saar 2009). Adding newer measurements of single dwarfs confirms this initial picture (Saar 2009; 2011). Apparently, close binaries affect $\Delta\Omega$ in stars, just as they are seen to affect Ω itself, even if the stars are not tidally locked (Meibom et al. 2006). When cast as $\Delta\Omega$ vs. Ro^{-1} (the inverse Rossby number) for single dwarfs F5 and cooler, Saar (2011) found $\Delta\Omega \sim Ro^{-0.9}$ for $Ro^{-1} < 80$, and $\Delta\Omega \sim Ro^{1.3}$ for faster rotators (here $Ro^{-1} = 2\pi\tau/P_{rot}$, where τ is the convective turnover time). A carefully selected sample makes a big difference in the results!

2.3. Cycle Periods and Amplitudes

So it seems prudent that the same type of careful sample selection should be applied when studying cycles as well, *especially* in the view that $\Delta\Omega$ is intimately involved in cycles and dynamo theory. If one gathers together cycle periods from the literature and plots them in non-dimensional ratio, ω_{cyc}/Ω vs. Ro^{-1} on perceives concentration into distinct bands (as suggested by Brandenburg et al 1998) which (although data is still sparse) also change power-law slopes at a Ro^{-1} value similar to

where $\Delta\Omega$ peaks and also similar to where magnetic activity (as expressed by e.g., L_X/L_{bol}) reaches a maximum (Saar 2011). The coincidence of all these trends suggests something deeper is at play; we may be seeing some critical change in magnetic generation/dynamos at this point. ZDI suggests a transition to more poloidal field structures at this Ro^{-1} (Donati & Landstreet 2009; note their Ro definition is a bit different). Casting the cycle period in a non-dimensional way also makes the Sun appear less of an outlier than it does when just correlating P_{cyc} with P_{rot} (Böhm-Vitense 2007).

There also seems to be a transition perhaps at twice the solar Ro^{-1}, where (apparent) secondary cycles become common in the cycle data. While keeping in mind (as note above) that similar short "cycles" in the Sun are not true polarity-reversing cycles like the 22-year solar case, some short stellar cycles *do* appear to show polarity reversals using ZDI (Donati et al 2008). This is also roughly the Ro^{-1} value where the brightness variation-activity correlation changes sign from positive (plage/network dominated as in the Sun) to negative (spot dominated; Lockwood et al 2007). Real cycles or no, these secondary periodicities grow stronger in amplitude with increasing Ro^{-1}, even as A_{cyc} of the main cycle decreases (Moss et al. 2008). The appearance of secondary P_{cyc} may be reflected in the transition to strong toroidal fields (Petit et al 2008). Maximum A_{cyc} seen appear to increase with convection zone depth, from F to K dwarfs at least (Saar & Brandenburg 2002).

Thus there seem to be a number of interesting transitions in cycle properties P_{cyc} and A_{cyc} as a function of rotation (and thus age). At lower Ro^{-1}, we see the initiation of shorter, secondary P_{cyc} and a change in the sign of the photometric variation versus activity relation (indicating a transition from plage to spot dominance). At higher Ro^{-1}, magnetic activity saturates, and both DR and ω_{cyc}/Ω change their dependence on Ro^{-1}. There are hints that these transitions may be connected to magnetic topology changes, but more data is needed. Still, it is all rather intriguing!

3. Discussion

There was interesting discussion about trends seen in rotational and cycle periods, "transition points" (e.g., activity saturation, DR and possible ω_{cyc}/Ω peaks, the Vaughan-Preston gap) and relationships, if any, with changes in magnetic topology and/or activity properties. Spectrographic needs for ZDI were also explored.

4. References

Barnes, J. R., Collier, C. A., Donati, J. –F., James, D. J., Marsden, S. C. and Petit, P., The dependence of differential rotation on temperature and rotation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* **357,** L1, 2005

Brandenburg, A., Saar, S. H. and Turpin, C. R., Time Evolution of the Magnetic Activity Cycle Period. *Astrophysical Journal Letters,* **498,** L51, 1998

Böhm-Vitense, E., Hyades Morphology and Star Formation. *Astrophysical Journal,* **657,** 486, 2007

Donati, J. -F. and Landstreet, J. D., Magnetic Fields of Nondegenerate Stars. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics,* **47,** 333, 2009

Donati, J. -F., Moutou, C., Farès, R., Bohlender, D., Catala, C., Deleuil, M., Shkolnik, E., Collier, C., A., Jardine, M. M. and Walker, G. A. H., Magnetic cycles of the planet-hosting star τ Bootis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* **385,** 1179, 2008

Ferreira Lopes, C. E., Leão, I. C., Freitas, D. B., Canto Martins, B. L., da Costa, A. D., Paz-Chinchón, F., Das Chagas, M. L., Baglin, A., Janot-Pacheco, E. and De Medeiros, J. R., The variability behaviour of CoRoT M-giant stars. *Astronomy and Astrophysics,* **583,** A134, 2015

Hall, D. S., Learning about stellar dynamos from long-term photometry of Starspots. *Proceedings of IAU Colloquium No. 130: The Sun and Cool Stars: Activity, Magnetism, Dynamos,*353, 1991

Lockwood, G. W., Skiff, B. A., Henry, G. W., Henry, S., Radick, R. R., Bariunas, S. L., Donahue, R. A. and Soon, W., Patterns of Photometric and Chromospheric Variation among Sun-like Stars: A 20 Year Perspective. *Astrophysical Journal Supplement Series,* **171,** 260, 2007

Meibom, S., Mathieu, R. D. and Stassun, K. G., An Observational Study of Tidal Synchronization in Solar-Type Binary Stars in the Open Clusters M35 and M34. *Astrophysical Journal,* **653,** 621, 2006

Moss, D., Saar, S. H. and Sokoloff, D., What can we hope to know about the symmetry properties of stellar magnetic fields?. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* **388,** 416, 2008
O'Neal, D., Saar, S. H. and Neff, J. E., Measurements of Starspot Area and Temperature on Five Active, Evolved Stars. *Astrophysical Journal,* **463,** 766, 1996
Petit, P., Dintrans, B., Solanki, S. K., Donati, J. –F., Aurière, M., Lignières, F., Morin, J., Paletou, F., Ramirez Velez, J., Catala, C. and Fares, R., Toroidal versus poloidal magnetic fields in Sun-like stars: a rotation threshold. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* **388,** 80, 2008
Saar, S. H., The Activity Cycles and Surface Differential Rotation of Single Dwarfs. *ASP Conference Series,* **416,** 375, 2009
Saar, S. H., Starspots, cycles, and magnetic fields, *IAU Symposium,* **273,** 61, 2011
Saar, S. H. and Brandenburg, A., Time Evolution of the Magnetic Activity Cycle Period. II. Results for an Expanded Stellar Sample. *Astrophysical Journal,* **524,** 295, 1999
Saar, S. H. and Brandenburg, A., A new look at dynamo cycle amplitudes. *Astronomische Nachrichten,* **323,** 357, 2002

May 2016
No.2016-016-e

Journal of Integrated Creative Studies

A Report on the Workshop "Superflares on Solar-type Stars and Solar Flares, and Their Impacts on Exoplanets and the Earth." held in 2016 March 1st (Tue)– March 4th (Fri)

Kazunari Shibata[1] and Daisaku Nogami [2]
[1]Kwasan and Hida Observtories, Kyoto University
E-mail: shibata@kwasan.kyoto-u.ac.jp
[2]Department of Astronomy, Kyoto University
E-mail: nogami@kwasan.kyoto-u.ac.jp

Abstract. A workshop on superflares on solar-type stars and related subjects was held in March, 2016 at Kyoto University. Here, a report on the workshop is given, including the purpose of the workshop, SOC, LOC, invited speakers, the program, and a brief summary of talks and discussions.

Keywords: Stars: flare, Stars: activity, Sun: flare, Sun: activity, Astrobiology

1. Purpose of the Workshop

We held the workshop "Superflares on Solar-type Stars and Solar Flares, and Their Impacts on Exoplanets and the Earth" at Faculty of Science of Kyoto University on March 1st (Tue)- March 4th (Fri), 2016, supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University.

The main reason why we held the workshop at Kyoto was that the study of superflares on solar-type stars has been significantly developed by the Kyoto group in recent years (Maehara et al. 2012, Shibata et al. 2013, Shibayama et al. 2013, Notsu, Y. et al. 2013, Notsu, S. et al. 2014, Nogami et al. 2014, Maehara et al. 2015, Notsu, Y. et al. 2015a,b, Honda et al. 2015).

Using Kepler data, Maehara et al. (2012) discovered many superflares (with energy of 10^{34}-10^{36} erg) on solar type stars (G-type main sequence stars). In the case of the Sun-like stars (with surface temperature 5600-6000 K and slowly rotating with a period longer than 10 days), the occurrence rate of superflares with an energy of 10^{34}-10^{35} erg is once in 800-5000 yr. There is evidence that these superflare stars have extremely large starspots with a size about 10 times larger than that of the largest sunspot (Shibayama et al. 2013, Notsu, Y. et al. 2013). There was no signature of hot Jupiter on these stars against previous prediction (Schaefer et al. 2000, Rubenstein and Schaefer 2000), suggesting the possibility of superflares on the Sun. Such a possibility of solar superflares (with energy 10^{34} erg) was theoretically supported using order-of-magnitude estimate of total magnetic flux that can be generated by the differential rotation of the present Sun on the basis of a current solar dynamo model (Shibata et

al. 2013). The spectroscopic observations of these superflare stars have started (Notsu, S. et al. 2014), and two Sun-like superflare stars rotating as slow as the Sun were discovered (Nogami et al. 2014). More recently, using spectroscopic data of 34 superflare stars taken by Subaru telescope, it was confirmed that the rotational velocity, $v \sin i$, and spot coverage are consistent with those estimated from the brightness variation observed by Kepler (Notsu, Y. et al., 2015a,b). The Lithium abundance of these superflare stars was also measured from Subaru data (Honda et al. 2015).

Since the subject is so important for both solar and stellar physics as well as for astrobiology, the idea to hold this workshop has emerged on the basis of the recent active research on superflares by the Kyoto group as discussed above.

Main purpose of this workshop was to review and discuss superflares on solar-type stars and related stars, solar white-light flares, modelling of optical spectra of solar white-light flares and stellar flares, long-term variations of the stellar activity and starspots, the dynamo theory of big spots leading to superflares on solar-type stars, and to discuss the possibility of superflares on the Sun, impacts of stellar superflares on exoplanets, and future possible impacts of solar superflares on the Earth. Collaboration on these subjects among participants has also been encouraged during the workshop and future.

2. SOC and LOC

SOC members are as follows:

Kazunari Shibata (Kyoto University, Chair)
Suzanne Hawley (University of Washington)
Hiroyuki Maehara (NAOJ)
Satoshi Honda (University of Hyogo)
Kiyoshi Ichimoto (Kyoto University)
Hiroaki Isobe (Kyoto University)

LOC members are as follows:

Daisaku Nogami (Kyoto University, Chair)
Ayumi Asai (Kyoto University)
Takako T. Ishii (Kyoto University)
Yuta Notsu (Kyoto University)
Shota Notsu (Kyoto University)
Kosuke Namekata (Kyoto University)

Invited speakers are:

Suzanne L. Hawley (University of Washington, USA)
Adam F. Kowalski (NASA, GSFC, USA)
Steven Saar (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, USA)
Luis A. Balona (South African Astronomical Observatory, South Africa)
Valery M. Nakariakov (University of Warwick, UK)
Kyoko Watanabe (National Defense Academy of Japan, Japan)
Masashi Omiya (NAOJ, Japan)
Yoichi Takeda (NAOJ, Japan)
Hideyuki Hotta (Chiba University, Japan)

3. Program

The program of this workshop was as follows:

3/1 (Tue) Observation of Stellar Superflares and Solar White Light Flares

Time	Name	Rough contents of the talk
Chair: Kazunari Shibata		
10:00-10:10	Kazunari Shibata	Opening remarks
10:10-11:00	Hiroyuki Maehara	Superflares and starspot activity on solar-type stars
11:00-12:00	Suzanne Hawley	Observation of stellar flares
12:00-13:30	Lunch	
Chair: Ayumi Asai		
13:30-14:30	Adam Kowalski	Modeling of optical spectrum of stellar flares
14:30-15:30	Kyoko Watanabe	Solar white-light flares
15:30-16:00	Break	
Chair: Kiyoshi Ichimoto		
16:00-16:30	Takako T. Ishii	White light flares observed at Hida Observatory
16:30-16:45	Kosuke Namekata	Statistical properties of solar white-light flares
16:45-17:00	Han Yuan Chang	A LAMOST-Kepler spectrophotometric study of hyper flares of M dwarfs
17:00-17:15	Li-Ching Huang	Physical Properties of G-type Kepler Eclipsing Binaries

3/2 (Wed) Observation of Stellar Superflares and Spectroscopic Observations

Chair: Hiroaki Isobe		
10:00-11:00	Luis A. Balona	Flare stars across the H‐R diagram
11:00-12:00	Valery Nakariakov	Oscillations of stellar flares
12:00-13:30	Lunch	
Chair: Suzanne Hawley		
13:30-14:15	Yuta Notsu	Spectroscopic observations of solar-type superflare stars
14:15-14:30	Satoshi Honda	Spectroscopic observations of flare star EV Lac at NHAO
14:30-15:00	Break	
Chair: Satoshi Honda		
15:00-16:00	Yoichi Takeda	Activities and related properties of solar-type stars
16:00-17:00	Steven Saar	Observations of Magnetic Cycles in Late-type Single Dwarfs: What are They Telling Us?
17:00-17:30	Mark Cheung	Evolving Models of Stellar Photospheric and Coronal Magnetic Fields
19:00~	Banquet at Ganko Nijo	

3/3 (Thu) Possibility of Superflares on the Sun

Chair: Hiroyuki Maehara		
10:00-10:30	Kazunari Shibata	Can superflares occur on the Sun?
10:30-11:30	Hideyuki Hotta	Current understanding of solar global scale magnetic field and dynamo
11:30-11:45	Hisashi Hayakawa	World-Wide Records of Solar Flare Candidates in the 10th century and the 18th century

11:45- Lunch
PM Tour to Kwasan Observatory (Excursion)
http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/general/facilities/index_kwasan_en.html

3/4 (Fri) Planets (AM) & Future Plans (PM)

Chair: Takanori Sasaki
10:00-11:00 Masashi Omiya Observations of exoplanets and stellar activity
11:00-11:15 Takuya Takahashi CMEs of solar superflares
11:15-11:45 Daisaku Nogami Kyoto 3.8m telescope and future plans of our superflare studies
11:45-13:30 Lunch
Chair: Daisaku Nogami
13:30-17:00 Discussion ~Future plans of superflare studies~
(Moderators: Daisaku Nogami and Kazunari Shibata)

Short comments & Topics
-Daisaku Nogami: Future plans of our superflare studies
-Fumihide Iwamuro: Short comment on spectrograph of Kyoto 3.8m telescope
-Suzanne L. Hawley: Some thoughts on observing flares and starspots with new Japanese 3.8m telescope
-Bun'ei Sato: Comment on spectroscopic observations with Kyoto 3.8m telescope (Introduction of TESS)
-Hiroyuki Ishikawa: Comment on the habitability of M-type stars
-Possibility of International Collaboration

4. Talks and Discussions

Though the total number of participants was limited by the size of the room for the purpose of effective discussion, the workshop was attended by total number of 39 participants including 8 foreign researchers from 4 countries. Figure 1 shows a group photograph of this workshop.

As shown in the program, the workshop mainly consisted of invited review talks:

On the 1st day, Maehara gave a review of the study of superflares and related starspots based on Kepler data. Hawley presented an excellent review on optical observations of stellar flares. Kowalski introduced a detailed review on modeling of optical spectrum of stellar flares. Stellar flares spectroscopically observed in the optical light are physically the same as white light flares on the Sun. Hence, Watanabe presented a nice review on solar white light flares based on recent space observations, whereas Ishii discussed recent ground-based observations of solar white light flares taken at Hida Observatory of Kyoto University.

On the 2nd day, Balona reviewed flare stars across the H‐R diagram, including the amazing discovery of superflares on A stars. Nakariakov discussed interesting study of oscillations of superflares on stars. Notsu (Y.) gave a review of spectroscopic observations of solar-type superflare stars taken with the Subaru 8.2m telescope, and Takeda gave a comprehensive review of activities and related properties of solar-type stars. Saar presented an interesting review on observations of magnetic cycles in late-type single dwarfs. Cheung commented a future plan of the study of the stellar flare activity as an extention of the solar flare study.

On the 3rd day, Shibata discussed "Can superflares occur on the Sun?" from the theoretical point of view. Hotta gave an excellent review on the current understanding of the solar dynamo theory.

On the 4th day, Omiya discussed an interesting plan of observations of exoplanets and related stellar activity. Since one of the important targets of the Okayama Kyoto 3.8m telescope is superflares and their host stars, Nogami discussed future plans of the superflare studies using the Kyoto Okayama 3.8m telescope. Especially in the afternoon of the 4th day, future plans of spectroscopic observations of

superflares and their host stars with Kyoto 3.8m telescope have been extensively discussed (see Fig 2). Finally, possibility of international collaboration has been discussed.

5. Acknowledgement

We would like to thank all invited and contributed speakers to present interesting and informative talks, and thank all participants to attend this workshop and to have active discussion.

We also would like to thank the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University for the support of this workshop. Especially, we thank Professor Muraki for his various help. Finally, we thank Kwasan and Hida Observatories as well as Department of Astronomy, Graduate School of Science, Kyoto University, and the Unit of Synergetic Studies for Space, Kyoto University.

6. References

Honda, S., Notsu, Y., Maehara, H., Notsu, S., Shibayama, T., Nogami, D. and Shibata, K., High dispersion spectroscopy of solar-type superflare stars. III. Lithium abundances. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **67**, 85, 2015

Maehara, H., Shibayama, T., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Kusaba, S., Honda, S., Nogami, D. and Shibata, K., Superflares on solar-type stars. *Nature*, **485**, 478, 2012

Maehara, H., Shibayama, T., Notsu, Y., Notsu, S., Honda, S., Nogami, D. and Shibata, K., Statistical properties of superflares on solar-type stars based on 1-min cadence data. *Earth, Planets and Space*, **67**, 59, 2015

Nogami, D., Notsu, Y., Honda, S., Maehara, H., Notsu, S., Shibayama, T. and Shibata, K., Two sun-like superflare stars rotating as slow as the Sun. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **66**, L4, 2014

Notsu, Y., Honda, S., Maehara, H., Notsu, S., Shibayama, T., Nogami, D. and Shibata, K., High dispersion spectroscopy of solar-type superflare stars. I. Temperature, surface gravity, metallicity, and *v*sin *i*. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **67**, 32, 2015a

Notsu, Y., Honda, S., Maehara, H., Notsu, S., Shibayama, T., Nogami, D. and Shibata, K., High dispersion spectroscopy of solar-type superflare stars. II. Stellar rotation, starspots, and chromospheric activities. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **67**, 33, 2015b

Notsu, Y., Shibayama, T., Maehara, H., Notsu, S., Nagao, T., Honda, S., Ishii, T. T., Nogami, D. and Shibata, K., Superflares on Solar-type Stars Observed with Kepler II. Photometric Variability of Superflare-generating Stars: A Signature of Stellar Rotation and Starspots. *Astrophysical Journal*, **771**, 127, 2013

Notsu, S., Honda, S., Notsu, Y., Nagao, T., Shibayama, T., Maehara, H., Nogami, D. and Shibata, K., High-Dispersion Spectroscopy of the Superflare Star KIC 6934317. *Pubilcations of the Astronomical Socity of Japan*, **65**, 112, 2014

Rubenstein, E. P. and Schaefer, B. E., Are Superflares on Solar Analogues Caused by Extrasolar Planets?. *Astrophysical Journal*, **529**, 1031, 2000

Schaefer, B. E., King, J. R. and Deliyannis, C. P., Superflares on Ordinary Solar-Type Stars. *Astrophysical Journal*, **529**, 1026, 2000

Shibata, K., Isobe, H., Hillier, A., Choudhuri, A. R., Maehara, H., Ishii, T. T., Shibayama, T., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Can Superflares Occur on Our Sun?. *Publications of the Astronomical Sciety of Japan*, **65**, 49, 2013

Shibayama, T., Maehara, H., Notsu, S., Notsu, Y., Nagao, T., Honda, S., Ishii, T. T., Nogami, D. and Shibata, K., Superflares on Solar-type Stars Observed with Kepler. I. Statistical Properties of Superflares. *Astrophysical Journal Supplement Series*, **209**, 5, 2013

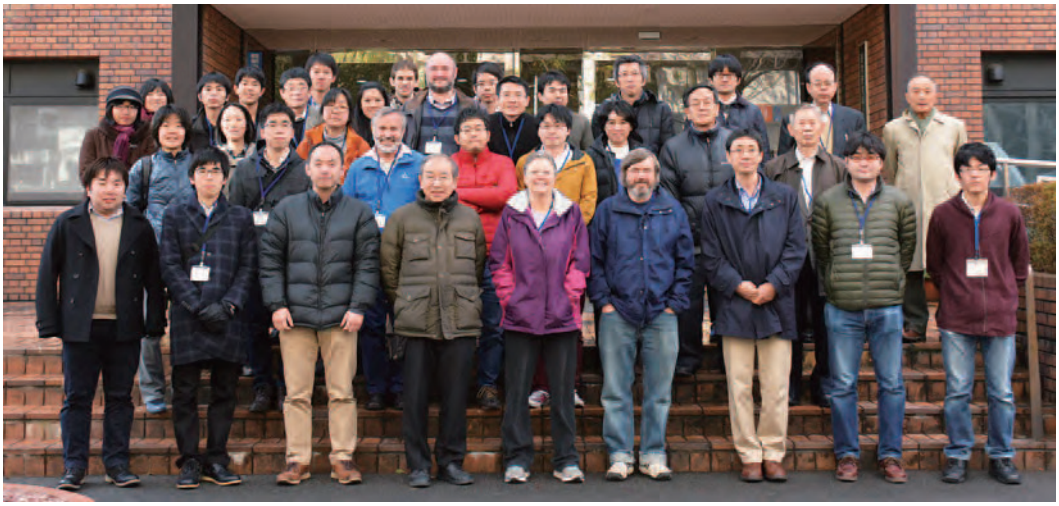


Fig 1　Group photo of participants of the superflare workshop, on March 1, 2016, in front of the entrance of the building 4 (Dept of Astronomy) of graduate school of science, Kyoto University.

Fig 2　One scene of discussion on future plans of the superflare research using the Kyoto Okayama 3.8m telescope.

4. 2015年度　業績一覧

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
岡本　久	論文	2016/2	日常現象から解析学へ、近代科学社、2016年2月
		2015	T. Miyaji, H. Okamoto & A. Craik, A four-leaf chaotic attractor of a three-dimensional dynamical system, International Journal of Bifurcation and Chaos, vol.25（2015), 1530003（21pages）
		2015	S.-C. Kim, and H. Okamoto, Unimodal patterns appearing in the Kolmogorov flows at large Reynolds numbers, Online, Nonlinearity, vol. 28（2015), 3219-3242.
		2015	T. Miyaji, H. Okamoto, and A. D. D. Craik, Three-dimensional forced-damped dynamical systems with rich dynamics: bifurcations, chaos and unbounded solutions, Physica D vol. 311-312,（2015), 25-36.
	学会発表	2016/3/9	講演題目：Some mathematical issues about special solutions of the Navier-Stokes equations, 講演場所：The Navier-Stokes Equations and Related Topics, Nagoya University, 時期：3月9日
		2016/1/16	講演題目：A nonlinear heat equation & its complex singularities, 講演場所：Naruto workshop on vortex dynamics, 鳴門市, 徳島県, 時期：2016年1月16日
		2015/12/12	講演題目：数学における共同研究の役割, 講演場所：数学・数理科学4研究拠点合同市民講演会、万物共通の言葉「数学」, 明治大学時期：12月12日
		2015/10/30	講演題目：流線のトポロジーとナヴィエーストークス方程式の特異極限問題, 講演場所：北海道大学電子科学研究所 HMMC セミナー, 時期：10月30日
		2015/9/14	講演題目：数理流体力学に現れる困難について, 講演場所：日本数学会　総合講演 京都産業大学, 時期：9月14日
		2015/8/16	講演題目：A blow-up problem for a nonlinear heat equation in the complex plane of time, 講演場所：International Conference on Numerical mathematics, Nanjing, 時期：8月16日
		2015/8/11	講演題目：Unimodal patterns appearing in the 2D Navier-Stokes equations at large Reynolds numbers, I, 講演場所：8th International Congress on Industrial and Applied Mathematics, Beijing, 時期：August 11,
		2015/7/24	講演題目：2次元非圧縮流れの、高レイノルズ数での流線のトポロジーについて, 講演場所：乱流を介在した流体現象の数理、京都大学数理解析研究所, 時期：7月24日
		2015/6/29	講演題目：非線形熱方程式の複素特異点について, 講演場所：パターン生成とダイナミクスの解構造の探求、北海道大学, 時期：6月29日
		2015/5/31	講演題目：A nonlinear heat equation in the complex plane and an associated ill-posed problem, 講演場所：Taiwan SIAM Annual meeting, 時期：May 31, 2015
佐々木　節	著書	2015/8	「インフレーション宇宙：アインシュタインへの贈り物」岩波「科学」2015年8月号特集　一般相対論100年 , pp781-786.
	論文	2016	C. Lin and M. Sasaki, "Resonant Pri-mordial Gravitational Waves Amplication," Phys. Lett. B 752, 84,（2016), doi:10.1016/j.physletb.2015.11.021 [arXiv:1504.01373 [astro-ph.CO]].
		2015	G. Domenech, A. Naruko and M. Sasaki,"Cosmological disformal invariance,"JCAP 1510, no. 10, 067（2015), doi:10.1088/1475-7516/2015/10/067 [arXiv:1505.00174 [gr-qc]].
		2015	Y. Watanabe, A. Naruko and M. Sasaki, "Multi-disformal invariance of non-linear primordial perturbations,"Europhys. Lett. 111, 39002（2015), doi:10.1209/0295-5075/111/39002 [arXiv:1504.00672 [gr-qc]].
		2015	G. Domenech and M. Sasaki, "Confor-mal Frame Dependence of In ation,"JCAP 1504, no. 04, 022（2015), doi:10.1088/1475-7516/2015/04/022 [arXiv:1501.07699 [gr-qc]].
		2015	D. Bertacca, N. Bartolo, M. Bruni, K. Koyama, R. Maartens, S. Matarrese, M. Sasaki and D. Wands, "Galaxy bias and gauges at second order in General Relativity," Class. Quant. Grav. 32, no. 17, 175019（2015) doi:10.1088/0264938 1/32/17/175019 [arXiv:1501.03163 [astro-ph.CO]].
	学会発表	2016/1/7	"Cosmic in ation and its predictions," [APCTP Colloquium] 7 January, 2016, APCTP, Pohang, Korea（招待講演）
		2015/12/23	"General relativity in Japan - a historical perspective -", Invited, in "International Conference on General Relativity: Cen-tennial Overviews and Future Perspectives," 23 December, 2015, Ewha Wom-ans University, Seoul, Korea

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015/12/16	”Conformal Frames in Cosmology: -frame dependence vs observational equivalence -", Plenary, in ”Second LeCosPA International Symposium: Everything About Gravity," 16 December, 2015, LeCosPA, Taipei, Taiwan
		2015/10/30	”Conformal frames in gravity: frame de-pendence vs observational equivalence", Invited, in ”Windows on Quantum Grav-ity: Season 2," 30 October, 2015, Instituto de Fsica Teorica UAM-CSIC, Madrid, Spain
		2015/10/23	”Conformal Frames in Cosmology," 23 October, 2015, University of Basque Country, Bilbao, Spain（招待講演）
		2015/6/24	”Conformal frames in gravity: frame de-pendence vs observational equivalence", Plenary, in ”2015 Annual Meeting of the Chinese Physical Society, Division of Gravitation and Relativistic Astro-physics," 24 June, 2015, Hangzhou, China
		2015/6/1	"Inflation and Alternatives," Discussion Leader, in ”Gordon Research Conference:String Theory & Cosmology", 1 June, 2015, HKUST, Hongkong
		2015/5/13-14	”General Relativity and Cosmology (I) (II)", Invited Lectures, in ”11th Par-ticle Physics Phenomenology Workshop (PPP11)", 13-14 May, 2015, Taipei, Taiwan
		2015/5/4	”Reviving open in ation," Invited, in ”The International Conference on Grav-itation and Cosmology/The Fourth Galileo-Xu Guangqi Meeting", 4 May, 2015, KITCP, Beijing, China
	研究費獲得	2015-2019	科研費新学術領域「加速宇宙」計画研究 A01「インフレーション宇宙のメカニズムとその物理の多角的検証」（代表）平成 27 年度 - 平成 31 年度，直接経費総額 31,300 千円（平成 27 年度 6,200 千円）
		2015-2019	科研費新学術領域「加速宇宙」国際共同研究加速基金（分担）平成 27 年度 - 平成 31 年度，直接経費総額 10,000 千円（平成 27 年度 2,000 千円）
	アウトリーチ活動	2015/11/28	「一般相対論が描く宇宙の過去・現在・未来」一般相対性理論誕生 100 年記念市民講演会京都会場, 講演会, 2015 年 11 月 28 日, 京都大学, 理学研究科 6 号館
		2015/11/22	「アインシュタインと重力〜 一般相対性理論 100 年」基礎物理学研究所市民講演会：「一般相対性理論 100 年とブラックホール〜ブラックホール理論の最前線〜」, 2015 年 11 月 22 日, 京都大学, 基礎物理学研究所湯川記念館
柴田　一成	著書	2015/10/22	太陽大図鑑, 2015/10/22, クリストファー・クーパー著, 柴田一成（監修）, 緑書房, ￥5,184
	論文	2015/12	Maehara, Hiroyuki; Shibayama, Takuya; Notsu, Yuta; Notsu, Shota; Honda, Satoshi; Nogami, Daisaku; Shibata, Kazunari, Statistical properties of superflares on solar-type stars based on 1-min cadence dataEP&S...67...59, 2015/12
		2015/11	Muranushi, Takayuki; Shibayama, Takuya; Muranushi, Yuko Hada; Isobe, Hiroaki; Nemoto, Shigeru; Komazaki, Kenji; Shibata, Kazunari, UFCORIN: A fully automated predictor of solar flares in GOES X-ray fluxSpWea..13..778, 2015/11
		2015/11	Takasao, Shinsuke; Fan, Yuhong; Cheung, Mark C. M.; Shibata, Kazunari, Numerical Study on the Emergence of Kinked Flux Tube for Understanding of Possible Origin of δ-spot Regions, ApJ...813..112, 2015/11
		2015/10	Singh, K. A. P.; Hillier, Andrew; Isobe, Hiroaki; Shibata, Kazunari, Nonlinear instability and intermittent nature of magnetic reconnection in solar chromosphere, PASJ...67...96, 2015/10
		2015/10	Honda, Satoshi; Notsu, Yuta; Maehara, Hiroyuki; Notsu, Shota; Shibayama, Takuya; Nogami, Daisaku; Shibata, Kazunari, High dispersion spectroscopy of solar-type superflare stars. III. Lithium abundances, PASJ...67...85, 2015/10
		2015/7	Takeshige, Satoshi; Takasao, Shinsuke; Shibata, Kazunari, A Theoretical Model of a Thinning Current Sheet in the Low-β Plasmas, ApJ...807..159, 2015/7
		2015/6	Notsu, Yuta; Honda, Satoshi; Maehara, Hiroyuki; Notsu, Shota; Shibayama, Takuya; Nogami, Daisaku; Shibata, Kazunari, High dispersion spectroscopy of solar-type superflare stars. II. Stellar rotation, starspots, and chromospheric activities, PASJ...67...33, 2015/6
		2015/6	Notsu, Yuta; Honda, Satoshi; Maehara, Hiroyuki; Notsu, Shota; Shibayama, Takuya; Nogami, Daisaku; Shibata, Kazunari, High dispersion spectroscopy of solar-type superflare stars. I. Temperature, surface gravity, metallicity, and vsin I, PASJ...67...32 06/2015
		2015/6	Takasao, Shinsuke; Matsumoto, Takuma; Nakamura, Naoki; Shibata, Kazunari, Magnetohydrodynamic Shocks in and above Post-flare Loops: Two-dimensional Simulation and a Simplified Model, ApJ...805..135 06/2015
		2015/3	Takahashi, Takuya; Asai, Ayumi; Shibata, Kazunari , Prominence Activation By Coronal Fast Mode Shock, ApJ...801...37 03/2015
		2015	Fractal Reconnection in Solar and Stellar Environments, Kazunari Shibata and Shinsuke Takasao, a chapter of the book ,"Magnetic Reconnection - Concepts and Applications", editors W. Gonzalez, E. N. Parker（Springer, 2015）

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
	学会発表	2015/11/19	「科学教育 in 京都 2015」, 2015 年 11 月 19 日, 京大基礎物理学研究所, 司会
		2015/10/5-9	Magnetic Fields in the Universe V, Oct. 5-9, 2015, Corsica, France, (SOC)
		2015/9/27-29	International Symposium on the NAOJ Museum, September 27 - 29, 2015, in Mitaka, Tokyo, Japan. (SOC)
		2015/8/12-14	IAU Focus Meetings (GA), FM 18: Scale-free processes in the universe, Aug 12-14, 2015, Honolulu, Hawaii, USA, (SOC)
		2015/8/10-14	IAU Symposium 320,"Solar and Stellar Flares and Their Effects on Planets", Aug. 10-14, 2015, Honolulu, Hawaii, USA, (SOC, co-chair)
		2015/8/8	国際教育学会　公開シンポジウム「学びを科学する」, 2015 年 8 月 8 日（土）, 同志社大学寒梅館, 司会
		2015/6/8-12	ASTRONUM, June 8-12, 2015, Avignon, France (Program Committee)
		2015/1/10-11	宇宙ユニットシンポジウム,「宇宙にひろがる人類文明の未来 2015」, 2015 年 1 月 10 日（土）-11 日（日）, 時計台大ホール, 世話人
	講演	2015/12/26	2015 年 12 月 26 日　朝日カルチャーセンター（京都三条河原町）　講演　13 時〜 14 時 30 分　太陽で超巨大爆発（スーパーフレア）は起きるか？
		2015/12/25	2015 年 12 月 25 日, 理論天文懇談会, 大阪大学基礎工学部, 招待講演　(35 分 +5 分), 太陽・恒星フレアの物理 —太陽でスーパーフレアは起きるか？
		2015/12/15	2015 年 12 月 15 日　IEEE 京大花山天文台見学会　14 時 30 分〜 16 時 30 分　花山天文台へようこそ　太陽の脅威とスーパーフレア　花山天文台見学案内
		2015/12/7	2015 年 12 月 7 日　山科区地域女性連合会　講演会　アスニ山科　午前 10 時〜 12 時　太陽の脅威とスーパーフレア
		2015/12/5	2015 年 12 月 5 日　第 5 回宇宙落語会 (京大時計台)、開会の挨拶、パネルディスカッション
		2015/11/26	2015 Nov 26, ESWW12 (Eurepean Space Weather Week), Ostend, Belgium, 11:00-11:20, invited talk, Superflares on Solar type Stars and Their Implications on the Possibility of Superflares on the Sun
		2015/11/21	2015 年 11 月 21 日　京大 11 月祭　法経本館 2 階　法経第 6 教室　本部講演　14 時〜 16 時　太陽の脅威とスーパーフレア
		2015/11/20	2015 年 11 月 20 日　岡山操山中学花山見学　ミニ講演@花山天文台 花山天文台へようこそ、太陽とは？みなさんの質問に答える
		2015/11/2	2015, Nov 2, APSPM2015 (Asia Pacific Solar Physics Meeting), Seoul Univ, Korea, 14:00-14:25, invited talk, Stellar Superflares
		2015/10/31	2015 年 10 月 31 日　飛騨オープンカレッジ　飛騨・世界生活文化センター (高山市)　講演　13 時〜 14 時　太陽、地球、宇宙人
		2015/10/21	2015 年 10 月 21 日　洛北高校　講演　13 時 25 分〜 15 時 15 分　太陽の脅威とスーパーフレア
		2015/10/17	2015 年 10 月 17 日　花山天文台一般公開　DVD「古事記と宇宙 —音楽と宇宙映像の融合の試み」制作の経緯
		2015/10/16	2015 年 10 月 16 日　洛北高校附属中　特別講義　13 時 30 分〜 15 時 15 分　太陽、地球、宇宙人
		2015/10/9	2015 年 10 月 9 日　堀川高校生生向け講義@花山天文台　花山天文台見学案内をするための予備知識
		2015/10/9	2015 年 10 月 9 日　積水化学京都研究所　講演　16 時〜 17 時 30 分　太陽の驚異とスーパーフレア
		2015/9/27	2015 Sep 27, International Symposium on the NAOJ Museum, September 27 - 29, 2015, in Mitaka, Tokyo, Japan. invited talk (20min), Future Plan of Kyoto/Kwasan Observatory Museum
		2015/9/26	2015 年 9 月 26 日（土）　第 57 回 NPO 花山天体観望会「名月と名曲」@花山天文台　月のふしぎ
		2015/9/25	2015 年 9 月 25 日（金）第 7 回天文台基金観望会　花山天文台　19 時〜 21 時　古事記と宇宙
		2015/9/21	2015 年 9 月 21 日　妙心寺宇宙落語会　講演　18 時 40 分〜 19 時 25 分　@妙心寺太陽、地球、宇宙人
		2015/9/18	2015 年 9 月 18 日, SKA サイエンス会議, 鹿児島大学(招待講演 30 分 +10 分), 太陽・恒星フレアの物理
		2015/9/13	2015 年 9 月 13 日　京大ジュニアキャンパス　講演　10 時〜 11 時 30 分　京大農学部総合館　太陽の驚異とスーパーフレア
		2015/8/27	2015 年 8 月 27 日（木）　第 6 回天文台基金観望会　花山天文台　18 時〜 21 時　古事記と宇宙
		2015/8/26	2015 年 8 月 26 日, 天文台アーカイブ報告会, 京大資源アーカイブ、稲盛記念館, 花山天文台の現状と将来
		2015/8/21	2015 年 8 月 21 日, 柴田還暦記念 天体 MHD 研究会, 名古屋大学, Closing Comments

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015/8/19	2015 年 8 月 19 日, 柴田還暦記念　天体 MHD 研究会, 名古屋大学,「柴田一成の宇宙研究」の研究（退職記念講演の予行演習＆そのとき話せないマル秘話）
		2015/8/10	2015 Aug 10, IAUGA-IAUS320 Solar and Stellar Flares and Their Impact on Planets, Honolulu, Hawaii, USA, plenary talk, pm 6:00-7:30, Solar and Stellar Flares and Their Impact on Planets
		2015/8/7	2015 年 8 月 7 日　京大オープンキャンパス　京大天文台での研究 太陽・恒星・天体爆発現象
		2015/7/27	2015 年 7 月 27 日　京都青少年科学センター「未来のサイエンティスト」花山見学会＠花山天文台、講演　30 ～ 35 分、大宇宙のロマンを語る
		2015/7/27	2015 年 7 月 27 日　京都府教員研修＠花山天文台、講演　15 時 00 分～ 16 時 00 分太陽、地球、宇宙人
		2015/7/25	2015 年 7 月 25 日　飛騨天文台一般公開　講演　17 時 30 分～ 18 時 20 分　太陽、地球、宇宙人
		2015/7/23	2015 年 7 月 23 日, 京大数理研 RIMS 研究集会「乱流を介在した流体現象の数理」(25+5 min), Fractal Reconnection in Solar and Stellar Environments, Kazunari Shibata and Shinsuke Takasao, 柴田一成 *、高棹真介（京大花山天文台）
		2015/7/8	2015 年 7 月 8 日　洛東高校　13 時 40 分～ 15 時　スーパーフレアと宇宙天気予報
		2015/7/7	2015 年 7 月 7 日　京都府西城陽中学　講演、11 時 55 分－ 12 時 45 分　「大宇宙のロマンを語る」－七夕の日に 宇宙と星について考えよう－
		2015/7/7	2015 年 7 月 7 日　豊中高校花山天文台見学会　＠花山天文台　講演　14 時 20 分～ 15 時 20 分　太陽、地球、宇宙人
		2015/7/7	2015 年 7 月 7 日　花山天文台　七夕講演会　講演、18 時 30 分－ 19 時 30 分　七夕と天の川
		2015/7/1	2015 年 7 月 1 日　思修館シンポジウム＠京大思修館　太陽が引き起こす大災害
		2015/6/25	2015 年 6 月 25 日　ワイアード講演（40 分）＠東京御茶ノ水､太陽と地球､スーパーフレア
		2015/6/23	2015 年 6 月 23 日　京都造形芸術大学、講義（70 分＋ 10 分）　太陽活動と地球環境
		2015/6/19	2015 年 6 月 19 日　夢ナビ＠インテックス大阪、16 時～ 16 時 30 分　爆発だらけの宇宙と太陽
		2015/6/15	2015 年 6 月 15 日　鉄道電業安全協会　特別講演　16 時 30 分～ 18 時　大阪ガーデンパレス　（JR 新大阪駅近く）　太陽の脅威とスーパーフレア
		2015/6/13-14	2015 年 6 月 13 日 -14 日　放送大学講義＠花山天文台、10 時～ 16 時 50 分 x2 日　惑星と生命　太陽の基本的構造　太陽の脅威とスーパーフレア
		2015/5/28	2015 年 5 月 28 日　千里文明史学協会　講演、場所　伊丹空港ビル、17 時 30 分～ 19 時、太陽の活動と地球温暖化
		2015/5/26	2015 May 26, JpGU space weather session oral, Why big sunspot 12192 did not produce CME ?
		2015/5/18	2015 May 18 , workshop "Integrated Plasma Modelling of Solar Flares", Lorentz center, Leiden Univ, The Netherlands (invited talk), Review of the standard flare model
		2015/5/15	2015 年 5 月 15 日, ローレンツ祭　特別講義, 25 分, 太陽の脅威とスーパーフレア
		2015/5/8	2015 年 5 月 8 日　第 5 回天文台基金観望会　花山天文台、19 時～ 21 時半、太陽の脅威とスーパーフレア
		2015/4/18	2015 年 4 月 18 日, 澤さん退職記念研究会, 名古屋, 天文教育と澤さんと麻雀―　私の天文教育・アウトリーチ活動, (そして研究) の原点は愛知教育大―
		2015/4/15	2015 April 15, Space Weather Workshop , (Boulder, USA) (15 +5 min), Superflares on Solar type Stars and Their Implications] on the Possibility of Superflares on the Sun
		2015/4/11	2015 年 4 月 11 日, 京阪神宇宙惑星研究会, 大阪大, 口頭発表, 古事記と宇宙「音楽と宇宙映像の融合の試み」
		2015/3/26	2015 年 3 月 26 日, シンポジウム「低頻度大規模災害のリスクマネジメント」, 芝浦工業大学（招待講演), 太陽でスーパーフレアは起きるか？
		2015/3/19	2015 年 3 月 19 日, 日本天文学会春季年会（大阪大), 口頭発表, 柴田一成､石井貴子､河村聡人, 飛騨 SMART チーム（京大理天文台), 巨大黒点 12192 はなぜコロナ質量放出を起こさなかったのか？
		2015/3/15	2015 年 3 月 15 日　星のソムリエ全国シンポ＠文化パルク城陽　第 4 会議室 講演、13 時 05 分－ 14 時 10 分、スーパーフレア（太陽フレア）と NPO 花山の活動
		2015/3/11	2015 年 3 月 11 日, 研究会「磁気リコネクション研究の最前線―太陽･惑星･実験室」, (自然科学研究機構・連携プロジェクトの一環), 東大本郷（招待講演), 太陽フレアにおける磁気リコネクション
		2015/3/10	2015 年 3 月 10 日　京都 SKY シニア大学　講演、10 時 -12 時　天文台からみた地球環境 ～活動する宇宙と太陽～

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015/3/3	2015 年 3 月 3 日, 京都大学宇宙総合学研究ユニット／ブロードバンドタワー共同研究,『宇宙の科学、工学、政策の最前線』に関する講演会, 14:00 ～ 15:00　基調講演, 太陽物理学の最前線 - 太陽の驚異とスーパーフレア -
	研究費獲得	2013-2015	基盤研究（B), 太陽白色光フレアと太陽型星スーパーフレアの比較研究, 柴田一成, 平成 25 年 -27 年（総額 14,700,000 円）平成 27 年度 : 4,300,000 円
		2013-2015	文部科学省, 宇宙航空科学技術推進調整委託費, 科学衛星データを活用した宇宙天気研究成果の社会発信と人材育成, 柴田一成, 平成 25 年 -27 年（平成 27 年度 : 11,291,000 円）
	記者発表	2015/8/25	2015 年 8 月 25 日　記者発表@国際イノベーション棟　音楽と宇宙映像の融合への試み「古事記と宇宙」完成に関する記者発表　司会：　大野照文（京大総合博物館・教授）　発表：　喜多郎　（ミュージシャン）　柴田一成（京大理・附属天文台・教授、台長）
	解説記事・インタビュー記事	2015/10	宇宙会報（2015 年 10 月), 天文台だより
		2015/10	雑誌「大人のおしゃれ」, 2015 年 10 月号（No.19）pp.184-185, 本上まなみの京都で大人になっています　第 3 回, 京都の街から宇宙をのぞく
		2015/8/10	IAU General Aseembly Kai'aleleiaka（2015 Aug 10), pp10-11, Kazunari Shibata, IAU Symposium No 320, Solar and Stellar Flares and Their Effects on Planets
		2015/4/20	しぐれてい 132 号（2015 年（平成 27 年）4 月 20 日), 明月記の超新星記録をめぐる物語, ―京大総合博物館特別展とグリニッジ天文台
		2015/3	天界（2015 年 3 月号　第 1078 号), 東亜天文学会のふるさと花山天文台にぜひご支援を！
	DVD	2015/8/19	古事記と宇宙（DVD), 企画・監修：柴田一成 / 音楽：喜多郎, RELEASE : 2015.08.19, 定価：¥3,800（税別), 品番：YZDI-8002 / POS：4560255254246, 発売元 : DIAA 株式会社, 販売元 : クラウン徳間ミュージック販売株式会社
中野　伸一	論文	2015	2015, Kobayashi, Y., Y. Hodoki, K. Ohbayashi, N. Okuda, S. Nakano（2015), Changes in bacterial community structure associated with phytoplankton succession in outdoor experimental ponds. Plankton and Benthos Research 10: 34-44, 国際誌, 出版済み
		2015	2015, Nishino, H., Y. Hodoki, S. D. Thottathil, K. Ohbayashi, Y. Takao, S. Nakano（2015）Identification of species and genotypic compositions of Cryptomonas（Cryptophyceae）populations in the eutrophic Lake Hira, Japan, using single-cell PCR. Aquatic Ecology 49: 263-272. 国際誌, 出版済み
		2015	2015, Tanabe Y, Okazaki Y, Yoshida M, Matsuura H, Kai A, Shiratori T, Ishida K, Nakano S, Watanabe MM.（2015）A novel alphaproteobacterial ectosymbiont promotes the growth of the hydrocarbon-rich green alga Botryococcus braunii. Scientific Reports 5 doi:10.1038/srep10467, 国際誌, 出版済み
		2015	2015, Mukherjee, I., Hodoki, Y., Nakano, S.（2015）Kinetoplastid flagellates overlooked by universal primers dominate in the oxygenated hypolimnion of Lake Biwa, Japan. FEMS Microb. Ecol. 91 fiv083, 国際誌, 出版済み
	学会発表	2016/1/15	2015, 国際学会, Nakano, S. et al. Ecophysiology, Phylogeography and Environmental Sociology on Water Blooms of the Globally Distributed Cyanobacterium Microcystis aeruginosa. UNESCO International Scientific Symposium, Scientific, Technological and Policy Innovations for Improved Water Quality Monitoring in the Post-2015 SDGs Framework. 15 July 2016, Otsu, Shiga, Japan（招待講演）
		2015/9/29	2015, 国内学会, 早川和秀, 中村恭子, 藤永承平, 中野伸一, Gu Yilu, Li Renhui, Sun Fuhong, Wu Fengchang 中国・太湖における溶存有機物の化学組成とシアノバクテリア及び細菌群集の関係について, 日本陸水学会第 80 回函館大会、北海道大学函館キャンパス、9 月 29 日, 口頭発表
		2015/9/18	2015, 国内学会, 早川和秀, 杉山裕子, Shoji D. Thottathil, 中野伸一（2015）: 琵琶湖水中の溶存有機物の吸収蛍光特性と光脱色. 日本地球化学会第 62 回年会、横浜国立大学、9 月 18 日, 口頭発表
	研究費獲得	2012-2015	略的国際科学技術協力推進事業「日本 JST －中国 NSFC 研究交流」（H24 ～ H27）（JST）湖沼の溶存有機物がたどる運命:特に、有機物負荷・汚染について, 代表, 2,350 千円（13,140 千円）
西村　和雄	論文	2015/5/6	Kazuo Nishimura, Takaaki Aoki, Michiyo Inagawa, Yoshikazu Tobinaga, Sunao Iwaki “Brain Activities of Visual Thinkers and Verbal Thinkers: A MEG Study, ” Neuroscience Letters Volume 594, 6 May 2015, Pages 155-160, DOI: 10.1016/j.neulet.2015.03.043
		2015	Frédéric Dufourt. Kazuo Nishimura. Alain Venditti, “ Indeterminacy and sunspots in two-sector RBC models with generalized no-income-effect preferences, ” Journal of Economic Theory 157, pp. 1056-1080, 2015
		2015	Kazuo Nishimura, Carine Nourry, Thomas Seegmuller and Alain Venditti, “On the（de）stabilizing effect of public debtin a Ramsey model with heterogeneous agents, ” International Journal of Economic Theory Volume 11, No 1, 2015, 7-24

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
藤井　紀子	論文	2015/11	Takata, T and Fujii N. , Isomerization of Asp residues plays an important role in αA-crystallin dissociation. , FEBS J., Dec 24. doi: 10.1111/febs.13635. [Epub ahead of print] in press, 2015/11
		2015/9	Kim I, Saito T, Fujii N, Kanamoto T, Chatake T, Fujii N., Site specific oxidation of amino acid residues in rat lens γ-crystallin induced by low dose γ-irradiation., Biochem.Biophys.Res.Commu, 466 622-628, 2015/9
		2015/6	Takata T and Fujii N., Effect of Asp 96 isomerization on the properties of a lens αB-crystallin-derived short peptide. , J. Pharm. Biomed Anal., 116 139-144, 2015.6
		2015/5	Ramkumar S, Fujii N, Sakaue H, Fujii N, Thankappan B, Kumari RP, Natarajaseenivasan K, Anbarasu K. Real-time heterogeneous protein-protein interaction between αA-crystallin N-terminal mutants and αB-crystallin using quartz crystal microbalance（QCM）. , Amino Acids., 47 1035-1043, 2015/5
	学会発表	2016/3	藤井紀子、高田匠、坂上弘明、藤井智彦, 加齢による蛋白質ホモキラリテイ―の破れ, 第 41 回生命の起原および進化学会学術講演会, 2016/3（招待講演者）
		2016/3	金仁求、齊藤剛、藤井智彦、金本尚志、藤井紀子, γ線照射によるラット水晶体α-およびβ-クリスタリンの酸化、脱アミド化および異性化等の翻訳後修飾の迅速 LC-MS/MS 分析, 第 41 回生命の起原および進化学会学術講演会, 2016/3
		2016/3	Ha Seongmin、金仁求、藤井紀子, ヒト血清中の D- アミノ酸含有ペプチドの同定, 第 41 回生命の起原および進化学会学術講演会, 2016/3
		2015/12/6-11	Noriko Fujii, Crystallin racemization and insolubilization of lens proteins, International Conference on the Lens 2015 Sheraton Kona Resort & Spa, Hawaii, 2015/12/6-11（Invited spealker, Symposium organizer）
		2015/12/6-11	Takumi Takata, Noriko Fujii, Isomerization of Asp residues is different between monomer and hetero-polymer of alpha-crystallin in aged human lens, International Conference on the Lens 2015, Sheraton Kona Resort & Spa, Hawaii, 2015/12/6-11（Invited spealker）
		2015/12	藤井紀子, 蛋白質異常凝集と D- アミノ酸　（八谷：アミロイド再考）, 第 88 回日本生化学会・第 37 回日本分子生物学会年会合同大会, 2015/12（招待講演者）
		2015/12	藤井智彦　岸本成史　藤井紀子, 水晶体蛋白質中のアスパラギン酸残基の D 体化と D- アスパラギン酸残基周辺の立体構造との関係, 第 88 回日本生化学会・第 37 回日本分子生物学会年会合同大会, 2015/12, 生体分子ホモキラリティーのパラダイムシフト ― D- アミノ酸研究の新展開（Session Organizer）
		2015/9/2-5	Noriko Fujii, The importance of the idea of “Parachirality” in life science, 3rd International Symposium on the SOAI Reaction and Related Topic, Bánó Mária Kastélyszálló（Hungary）, 2015/9/2-5（Invited spealker）
		2015/9	藤井紀子、藤井智彦、高田匠, 、前田裕貴, LC-MS を用いた白内障クリスタリン中の異性体アミノ酸の迅速分析法, 第 54 回日本白内障学会総会・第 41 回水晶体研究会, 2015/9（招待講演者）
		2015/7	藤井紀子、鈴木結, LC-MS を用いた皮膚コラーゲン中の D- アスパラギン酸残基の部位の決定, 第 37 回日本光医学・光生物学会, 2015/7
		2015/6	A SEONGMIN, 高田匠、藤井紀子, 血液中の D- アミノ酸含有ペプチドの探索, 第 15 回日本蛋白質科学会年会, 2015/6
		2015/6	藤井紀子, LC-MS/MS による蛋白質中の Asp 異性体の迅速解析, 第 15 回日本蛋白質科学会年会, 2015/6（招待講演者）
	レビュー	2015	Fujii N, Takata, T. and Fujii N., Quantitative analysis of isomeric（L-α-, L-β-, D-α-, D-β-）aspartyl residues in proteins from elderly donors. , J. Pharm. Biomed. Anal., 116 25-33, 2015
		2015	高田匠、藤井紀子, 白内障とクリスタリンの翻訳後修飾, 日本白内障学会誌, 27 15-18, 2015
	受賞	2015/7/23	藤井　紀子, 第 8 回日本光医学・光生物学会　学会賞, 日本光医学・光生物学会, 2015/7/23
	研究費獲得	2013-2016	25-28 文部科学省科学研究費補助金（基盤研究 B/25288075）, 加齢性疾患にみられる蛋白質異常凝集の機構解明とその修復, 17,350（千円）代表, 2013 ― 2016
		2015	27 文部科学省科学研究費補助金（基盤研究 A）, 中性子散乱を用いた再構成細胞系での生体高分子の構造解析法の開発, 250（千円）, 分担, 2015
村瀬　雅俊	論文	2015	Masatoshi Murase: Introduction to New Integrated Creative Studies（DOI: 10.14989/ 199810）2015-001-a, Journal of Integrated Creative Studies（ISSN: 2424-0370）
		2015	村瀬雅俊：生命と全体性、風の旅人ーいのちの文、かぜたび舎 113-116（2015）
	講演	2016/2/11	Masatoshi Murase:Astonishingly Interesting World of Science and Education ― Knowing How We Know ― Yukawa Institute for Theoretical Physics, GSEE/Kyoto 2016 February 11, 2016.

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2016/2/11	Masatoshi Murase: Introduction to Advanced Future Studies, International Symposium on Advanced Future Studies, Yukawa Institute for Theoretical Physics, February 11, 2016.
		2015/12/2	村瀬雅俊：「おどろきと楽しみにみちた学びの世界」GSEE/Kyoto 京都大学基礎物理学研究所　2015 年 12 月 2 日
		2015/11/21	村瀬雅俊：京都大学大学院総合生存学館（思修館）ELP 講座「未来創成学への挑戦－想定外事態、人的失敗を前提とする学問創成」京都大学橘会館　2015 年 11 月 21 日
		2015/10/15	村瀬雅俊：鳥取県立鳥取東高等学校　公開講座「生命の基礎物理学」京都大学基礎物理学研究所　2015 年 10 月 15 日
		2015/10/15	村瀬雅俊：環境講座【失敗や想定外事態から学ぶ－新たな学問創成に向けて－】「第一講　環境と生命－環境の認識から未来の創成へ－」、宇治市生涯学習センター　2015 年 10 月 15 日
		2015/10/8	村瀬雅俊：環境講座【失敗や想定外事態から学ぶ－新たな学問創成に向けて－】「第二講　環境を巡る成功と失敗－その思いがけない展開－」、宇治市生涯学習センター　2015 年 10 月 8 日
		2015/10/2	村瀬雅俊：滋賀県立膳所高等学校　京都大学高大連携講座「統合科学への招待」京都大学基礎物理学研究所　2015 年 10 月 2 日
		2015/10/1	村瀬雅俊：環境講座【失敗や想定外事態から学ぶ－新たな学問創成に向けて－】「第一講　環境とは何か－環境と人とのつながりについて－」、宇治市生涯学習センター　2015 年 10 月 1 日
		2015/9/8-10	村瀬雅俊：2015 年度立命館大学集中講義、統合科学への招待、立命館大学　2015 年 9 月 8 日 -10 日
		2015/8/8	村瀬雅俊：第 10 回　国際教育学会「おどろきとたのしみに満ちた学びの世界－奇跡をおこす科学教育－」同志社大学　2015 年 8 月 8 日
		2015/7/4	村瀬雅俊：2015 年度三重大学大学院医学研究科集中講義、未来創成学への招待、三重大学大学院医学研究科　2015 年 7 月 4 日
		2015/6/7	村瀬雅俊：第 24 回　日本臨床環境医学会学術集会「レジリエンスとアドホクラシー臨床文化生態学への挑戦」、北里大学　2015 年 6 月 7 日
		2015/6/4	村瀬雅俊：複雑系思考－未来適応から未来創成へのパラダイム転換－、ホテルオークラ京都 3 階 光舞、2015 年 6 月 4 日
	報告書	2015	村瀬雅俊：SPIRITS 対談（河野泰之　京都大学東南アジア研究センター）京都大学 SPIRITS 成果報告書 08-14、2015
		2015	村瀬雅俊：統合創造学の創成－市民とともに京都からの発信－、京都大学 SPIRITS 成果報告書 08-14、2015
	集中講義	2015	村瀬雅俊：京都大学全学共通講座「人間とは何か？生命現象の自然科学的・哲学的基礎」京都大学　2015 年度前期課程
		2015	村瀬雅俊：京都大学全学共通講座「構成的認識論」京都大学 2015 年度前期課程
	国内会議主催	2016/3/14-16	Masatoshi Murase（chair): International Workshop on Advanced Future Studies, Coop-Inn Kyoto, March 14-16, 2016
		2016/2/12	Masatoshi Murase（chair): International Symposium on Advanced Future Studies, Yukawa Institute for Theoretical Physics, February 12, 2016
		2015/8/6-7	村瀬雅俊：京都大学基礎物理学研究所研究会「複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る」コープイン京都、2015 年 8 月 6 ～ 7 日
		2015/8/6	村瀬雅俊:京都大学研究連携基盤・未来創成学学際シンポジウム「未来創成学の展望」、コープイン京都、2015 年 8 月 6 日
	国際会議主催	2015/5/26	Masatoshi Murase（chair): International Workshop on“Life and Matter and Society: Emergent Behavior Beyond Expectations” at Kyoto University Seminar House, May 26, 2015.
	新聞記事	2016/2/27	村瀬雅俊：「生命の不思議」同志社大学創造経済研究センター「命、生命の不思議な旅の物語」シンポジウム　今宮神社、2016 年 2 月 27 日
		2015/12/16	村瀬雅俊：「社会人教育　教養を重視」日経新聞朝刊　2015 年 12 月 16 日
山内　敦	論文	2015	(1) Yamauchi, A., M. van Baalen, Y. Kobayashi, J. Takabayashi, K. Shiojiri and M. W. Sabelis. 2015. Cry-wolf signals emerging from coevolutionary feedbacks in a tritrophic system. Proceedings of the Royal Society series B, 282:20152169.
		2015	(2) Yamauchi, A. and D. Takahashi. 2015. Environmental variation does not always promote plasticity: Evolutionarily realized reaction norm for costly plasticity. Evolutionary Ecology Research, 16:631-647.
	学会発表	2016/3	(3) 山内淳. 形質マッチングに基づく互恵関係の方向性淘汰の下での進化条件. 2016 年 3 月, 第 63 回日本生態学会, 仙台.（口頭）
		2015/8	(1) Yamauchi, A., M. van Baalen, W. Sabelis. Spatial patterns generated by simultaneous cooperation and exploitation favour the evolution of altruism. 2015 年 8 月, 日本数理生物学会 - 日中韓数理生物学コロキウム合同大会, 京都.(口頭)

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015/8	(2) Yamagishi, T., R. Booton, A. Yamauchi. The joint evolution of gynodioecy and selfing. 2015年8月, 日本数理生物学会-日中韓数理生物学コロキウム合同大会, 京都.（ポスター）
	研究費獲得	2015	日本学術振興会科学研究費　基盤（C）
	アウトリーチ活動	2015/11/7	京都大学生態学研究センター一般公開 体験学習「生き物の数の変化をシミュレーションしよう！」, 2015年11月7日
		2015/10/6	島根県立出雲高校研修 体験学習, 2015年10月6日
山口　栄一	著書	2015/7	『総合生存学－グローバル・リーダーのために』第20章「サイエンスとトランス・サイエンス」, 京大出版会, 2015/7
		2015/3	『イノベーション政策の科学－ SBIR の評価と未来産業の創造』（編）, 東大出版会, 2015/3
		2015/3	『イノベーション政策の科学－ SBIR の評価と未来産業の創造』 序章「新しいイノベーション・モデルの探索に向けて」, 東大出版会, 2015/3
		2015/3	『イノベーション政策の科学－ SBIR の評価と未来産業の創造』 第1章「イノベーション政策の中核－ SBIR 制度とは何か」, 東大出版会, 2015/3
		2015/3	『イノベーション政策の科学－ SBIR の評価と未来産業の創造』第4章「日本の SBIR 制度とその効果の米国との比較」, 東大出版会, 2015/3
		2015/3	『イノベーション政策の科学－ SBIR の評価と未来産業の創造』第6章「サイエンスの風景―分野知図の生成と分析」, 東大出版会, 2015/3
		2015/3	『イノベーション政策の科学－ SBIR の評価と未来産業の創造』第7章「医薬品産業―日本はなぜ凋落したか：イノベーション政策の最適解」, 東大出版会, 2015/3
		2015/3	『イノベーション政策の科学－ SBIR の評価と未来産業の創造』 第10章「農業―サイエンス型産業への変革に向けて」, 東大出版会, 2015/3
		2015/3	『イノベーション政策の科学－ SBIR の評価と未来産業の創造』 第15章「新しいイノベーション・モデル」, 東大出版会, 2015/3
	論文	2015/11/30	日本人は「科学する」力を持っているか 長岡半太郎と大河内正敏――日本の物理学の礎を築いた先達, 日経テクノロジーオンライン, 2015/11/30
		2015/11/1	科学をイノベーションに転ずるために―沈みゆく船・日本を救え, 太陽グランドソントン・エグゼクティブニュース, 第153号, 2015/11/1
		2015/10/22	は生を意味付ける宗教が教えられない 大石眞教授に聞く墓事情の国際比較（後編）, 日経テクノロジーオンライン, 2015/10/22
		2015/10/8	死者にも与えられるべき人間の尊厳 大石眞教授に聞く墓事情の国際比較（前編）, 日経テクノロジーオンライン, 2015/10/8
		2015/9/1	科学者とは何か―その2　SBIR 制度の日米比較, 情報管理 Vol.58, No.6, pp. 462-470, 2015/9/1
		2015/8/26	原爆開発という負の烙印 ハイゼンベルクとマイトナー―歴史に翻弄された人生, 日経テクノロジーオンライン, 2015/8/26
		2015/8/6	墓標はいつしか、森羅万象を表す方程式に書き換えられた エルヴィン・シュレーディンガー―奔放たる知の越境者, 日経テクノロジーオンライン, 2015/8/6
		2015/7/10	簡素な墓石が示す、誇りに満ちた孤高の精神 ルイ・ドゥ・ブロイ―不当に過小評価されてきた天才, 日経テクノロジーオンライン, 2015/7/10
		2015/6/12	墓石には“宇宙の設計図”が刻まれた マックス・プランク―凡庸をめざした革命の先導者, 日経テクノロジーオンライン, 2015/6/12
		2015/5/11	パラダイム破壊者は悲劇に見舞われた ルートヴィッヒ・ボルツマン―最後のマン・オブ・サイエンス, 日経テクノロジーオンライン, 2015/5/11
		2015/5/1	科学者とは何か―その1　日本の科学と産業が縮みゆく理由（わけ）, 情報管理 Vol.58, No.2, pp.135-138, 2015/5/1
		2015/4/6	最も偉大な物理学者は、遊び心満載の“遊園地”に眠る アイザック・ニュートン―華やかなるベスト・オブ・ザ・ベスト, 日経テクノロジーオンライン, 2015/4/6
		2015/3/25	沈みゆく船・日本を救え－本物の SBIR 制度導入に向けて, 日本ベンチャー学会会報 Vol.69, 2015/3/25
		2015/3/25	創発と恋心に導かれ、ぼくは物理学者の墓を巡る　－偉大な発見にまつわるドラマが眠る場所, 日経テクノロジーオンライン, 2015/3/25
山田　道夫	著書（訳書）	2015	ティモシー・ガワーズ, ジューン・バロウ＝グリーン, イムレ・リーダー編, プリンストン数学大全, 朝倉書店, 2015.（共訳）（翻訳：III-98　ウェーブレット, VII-3 ウェーブレットとその応用）
	論文	2015/7	Eiichi Sasakia, Shin-ichi Takehiro and Michio Yamada, 2015, Bifurcation structure of two-dimensional viscous zonal flows on a rotating sphere, Journal of Fluid Mechanics, 774, pp 224- 244, 2015 (July), DOI:http://dx.doi.org/10.1017/jfm.2015.262

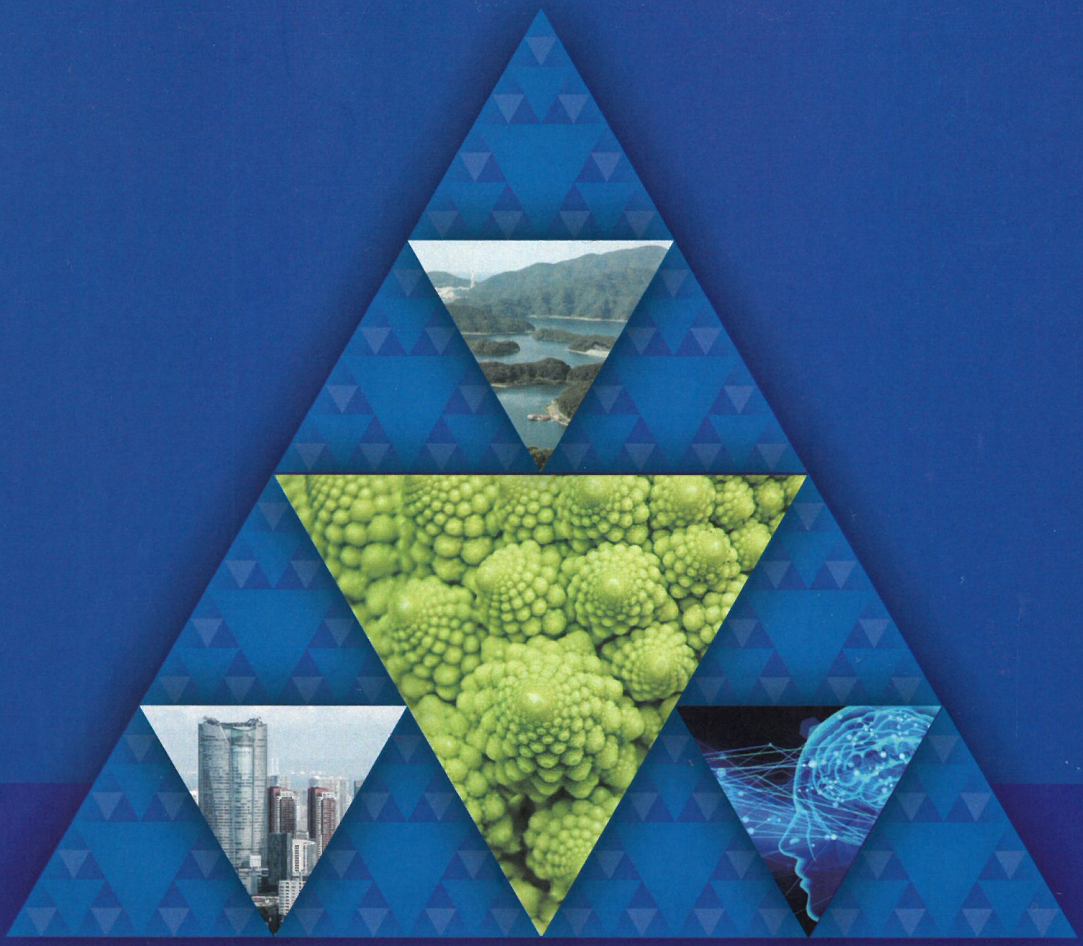
氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015	Masanobu Inubushi, Shin-ichi Takehiro, and Michio Yamada, 2015, Regeneration cycle and the covariant Lyapunov vectors in a minimal wall turbulence, Phys. Rev. E 92, 023022-1 to -14 , 2015., DOI: 10.1103/PhysRevE.92.023022
		2015	Yoshitaka Saiki, Michio Yamada, Abraham C.-L. Chian, Rodrigo A. Miranda and Erico L. Rempel, Reconstruction of chaotic saddles by classification of unstable periodic orbits: Kuramoto-Sivashinsky equation, Chaos 25, 103123, 2015, http://dx.doi.org/10.1063/1.4933267
	講演	2016/1/16	M.Yamada（招待講演）, 2D Navier-Stokes equations on a sphere, Naruto Workshop on Vortex Dynamics, Hotel Ad Inn Naruto, Jan. 16, 2016
		2015/12/10	山田道夫（招待講演）, 微生物の運動と帆立貝定理, 数学協働プログラム「生命ダイナミクスの数理とその応用：理論からのさらなる深化」, 東京大学大学院数理科学研究科大講義室, 2015/12/10
		2015/12/7	山田道夫（招待講演）, 球面上の 2 次元 Navier-Stokes 流 , 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所,「共共拠点研究会 RIMS1963-IMI2013」, 2015/12/7
		2015/11/6	山田道夫（招待講演）, 決定論的方程式に従う系における極値の統計, 統計数理研共同研究集会「極値理論の工学への応用」, 2015/11/6
		2015/8/11	M.Yamada（招待講演）, Stability of one-directional flow on a rotating sphere, ICIAM2014, Beijing, Aug.11, 2015
		2015/4/17	山田道夫（招待講演）, 2 次元流の渦力学と帯状流, 研究会「渦を知る」, 京都大学数理解析研究所, 2015/4/17
	研究費獲得	2015-2017	挑戦的萌芽研究, 非線形共鳴相互作用が支配する漸近的力学系と流体方程式, 2015 ～ 2017 年 直接経費総額 2,800,000 円（2015 年度 1,600,000 円）
		2012-2017	基盤研究（B）, 流体方程式における自発的流れパターン形成― 解の特異性と大規模流動現象, 2012 ～ 2017 年 直接経費総額 13,800,000 円,（2015 年度 2,300,000 円）
	研究会運営	2015/12/1-4	Fluid Dynamics in Earth and Planetary Sciences（FDEPS2015）, Kansai-Seminar House, Kyoto, Dec.1-4, 2015.
吉村　一良	著書	2016/1/3	「磁気便覧」（日本磁気学会編, 2016/01/3, 丸善出版）（ISBN978-4-621-30014-5 C3050）共著, 吉村一良 担当分：1.9.5 項（pp. 150 ～ 161）
	論文	2015	“Soft X-ray Angle Resolved Photoemission with Micro Positioning Techniques for Metallic V2O3” Hidenori Fujiwara*, Takayuki Kiss, Yuki K.Wakabayashi, Yoshito Nishitani, Takeo Mori, Yuki Nakata, Satoshi Kitayama, Kazuaki Fukushima, Shinji Ikeda, Hiroto Fuchimoto, Yosuke Minowa, Sung-Kwan Mo, Jonathan Denlinger, JamesW. Allen, Patricia Metcalf, Masaki Imai, Kazuyoshi Yoshimura, Shigemasa Suga, Takayuki Muro and Akira Sekiyama, J. Synchrotron Rad. 22, 776-780（2015）.（Journal of Synchrotron Radiation 22, doi:10.1107/S1600577515003707（2015））
		2015	“Magnetic analysis of a melt-spun Fe-dilute Cu60Ag35Fe5 alloy” Shin-ichiro Kondo, Kazuhiro Kaneko, Takao Morimura, Hiromichi Nakashima, Shin-Taro Kobayashi, Chishiro Michioka, Kazuyoshi Yoshimura, Physica B 463, 108-113（2015）.
		2015	“Ambient Pressure Structural Quantum Critical Point in(CaxSr1-x)3Rh4Sn13” S. K. Goh, D. A. Tompsett, P. J. Saines, H. C. Chang, T. Matsumoto, M. Imai, K. Yoshimura, and F. M. Grosche, Phys. Rev. Lett. 114, 097002/1-5（2015）.
		2015	“Magnetic phase diagram of Sr1-xCaxCo2P2 determined with m+SR” Jun Sugiyama, ＊Hiroshi Nozaki, Izumi Umegaki, Masashi Harada, Yuki Higuchi, Kazutoshi Miwa, Eduardo J. Ansaldo, Jess H. Brewer, Masaki Imai, Chishiro Michioka, Kazuyoshi Yoshimura, and Martin M°ansson, Phys. Rev. B 91, 144423/1-5（2015）.
		2015	“Control of the valence instability of tetravalent chromium in 1T-CrSe2 by anion substitution and pressure”, Shintaro Kobayashi, Hiroaki Ueda, Chishiro Michioka and Kazuyoshi Yoshimura, J. Phys. Soc. Jpn. 84, 064708/1-7（2015）.
		2015	“Static and dynamical magnetic properties of an itinerant ferromagnet LaCo2P2” Masaki Imai, Chishiro Michioka Hiroaki Ueda and Kazuyoshi Yoshimura, Phys. Rev. B 91, 181144/1-7（2015）.
		2015	“Spin-liquid behavior in the spin-frustrated Mo3 cluster magnet Li2ScMo3O8 in contrast to magnetic ordering in isomorphic Li2InMo3O8” Yuya Haraguchi, Chishiro Michioka, Masaki Imai, Hiroaki Ueda, and Kazuyoshi Yoshimura, Phys. Rev. B 92, 014409/1-7（2015）.
		2015	“Magnetic analysis of a melt-spun Fe-dilute Cu60Au35Fe5 alloy” Shin-ichiro Kondo, Kento Ogawa, Takao Morimura, Hiromichi Nakashima, Shin-Taro Kobayashi, Chishiro Michioka, Kazuyoshi Yoshimura Journal of Alloys and Compounds 640, 193-200（2015）.

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015	“Structural anomalies and short-range magnetic correlations in the orbitally degenerate system Sr2VO4” Ichihiro Yamauchi, Kazuhiro Nawa, Masatoshi Hiraishi, Masanori Miyazaki, Akihiro Koda, Kenji M. Kojima, Ryosuke Kadono, Hironori Nakao, Reiji Kumai, Youichi Murakami, Hiroaki Ueda, Kazuyoshi Yoshimura, and Masashi Takigawa, Phys. Rev. B 92, 064408/1-7, (2015).
		2015	“119Sn NMR study in the normal state of the superconductor Ca3Ir4Sn13” Bin Chen, JinHu Yang, Yang Guo and Kazuyoshi Yoshimura, EPL 111, 17005/p1-p5, (2015).
		2015	“Strong Coupling Superconductivity in the Vicinity of the Structural Quantum Critical Point in（CaxSr1-x）3Rh4Sn13” Wing Chi Yu, Yiu Wing Cheung, Paul J. Saines, Masaki Imai, Takuya Matsumoto, Chishiro Michioka, Kazuyoshi Yoshimura, and Swee K. Goh, Phys. Rev. Lett. 115, 207003/1-5（2015）.
	学会発表	2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）19aBN-2「三角格子反強磁性体 ACrX2（A=Li, Na, X=Se, Te）の構造と磁性」，小林慎太郎，植田浩明，道岡千城，吉村一良（共著）
		2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）19aBN-5「逐次相転移を示す CrSe2 の走査トンネル分光による電子状態の測定 II」，藤澤唯太，島袋竜成，出村郷志，小林慎太郎，植田浩明，道岡千城，吉村一良，坂田英明（共著）
		2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）19aPS-1-940「層状化合物 CrTe2 およびその周辺物質の磁性」，水野弘樹，道岡千城，小林慎太郎，植田浩明，吉村一良（共著）
		2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）19aPS-21「M 型 Sr フェライトの磁気異方性の増強に対する Co2+, Fe2+ の役割」，谷奥泰明，森下翔，植田浩明，道岡千城，吉村一良（共著）
		2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）19aPS-23「M 型 Sr1-xLaxFe12O19 単結晶における磁気異方性と電気伝導特性」，森下翔，植田浩明，道岡千城，吉村一良（共著）
		2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）19aPS-73「三角格子反強磁性体 LiAMF6（M=Ti, V, Cr）の磁性」，篠原翔，植田浩明，道岡千城，松尾晶，金道浩一，吉村一良（共著）
		2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）19pAU-7「S=3/2 カゴメ格子反強磁性体 A2BCr3F12 の単結晶の磁性」，後藤真人，植田浩明，道岡千城，松尾晶，金道浩一，吉村一良（共著）
		2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）21aCC-3「三角格子クラスター磁性体 Nb3X8（X=Cl, Br）の単結晶育成と非磁性化相転移」，原口祐哉，道岡千城，植田浩明，吉村一良（共著）
		2016/3/19-22	日本物理学会　第 71 回年次大会（2016 年 3 月 19 日～ 3 月 22 日，於：東北大学）21pBM-13「Bi フラックス法を用いた YbMn6Ge6 単結晶の育成と物性」，勝間勇人，道岡千城，植田浩明，松尾晶，金道浩一，辻井直人，吉村一良（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館），3―17A「層状化合物 Sr（Co1-xNix）2P2 の物性」，今井正樹，道岡　千城，植田　浩明，吉村　一良（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館），3―18A「YbMn6Ge6 およびその周辺物質の単結晶育成と物性」，勝間　勇人，道岡　千城，植田　浩明，吉村　一良（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館），3―19A「層状化合物 KCo2（Se1-xSx）2 の遍歴電子強磁性と磁気異方性」，菅野　誉，今井　正樹，道岡　千城，植田　浩明，吉村　一良（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館），3―20A「Effect of Co Doping on the Magnetic Properties of FeGa3」，Yao ZHANG，Masaki IMAI，Chishiro MICHIOKA，Hiroaki UEDA，Kazuyosi YOSHIMURA（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館），3―26A「カゴメ格子反強磁性体 A2BM3F12（A，B：アルカリ金属，M：Ti，V）における強磁場下での磁気異常」，後藤　真人，植田　浩明，道岡　千城，吉村　一良，松尾　晶，金道　浩一（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館），3―27A「S=1 三角格子反強磁性体 LiAVF6 の磁性」，篠原翔，植田　浩明，松尾　晶，金道　浩一，道岡　千城，吉村　一良（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館），3―30A「NMR からみた混合原子価鉄酸化物 NaFe2O3 の電荷秩序状態」，小林 慎太郎，道岡　千城，植田　浩明，吉村　一良（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館），3―31A「La, Co 置換 SrFe12O19 の単結晶育成および磁気異方性」谷奥　泰明，森下　翔，植田　浩明，道岡　千城，吉村　一良（共著）

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館), 3―32A「新規フラストレートクラスター磁性体 Na3A2(MoO4) 2Mo3O8（A=In, Sc）の合成と物性」, 原口　祐哉, 道岡　千城, 植田　浩明, 吉村　一良（共著）
		2015/11/11-12	粉体粉末冶金　平成 27 年度秋季大会（平成 27 年 11 月 11 日～ 12 日，於：京都大学百周年時計台記念館), 3―38A「La, Co 置換 M 型 Sr フェライト単結晶の合成及び磁気異方性の評価」森下　翔, 谷奥　泰明, 植田　浩明, 道岡　千城, 吉村　一良（共著）
		2015/11/8-10	3rd International Conference on Powder Metallurgy in Asia, Kyoto, Japan, 8～10, Nov., 2015（於：京都大学百周年時計台記念館), 9E-TD-24 “Novel Magnetic Phenomena in S=1/2 Kagome-Lattice Titanium Fluorides A2BTi3F12（A, B : Alkali Metal）”, M. Goto, H. Ueda, C. Michioka, A. Matsuo, K. Kindo, K. Yoshimura（共著）
		2015/11/8-10	3rd International Conference on Powder Metallurgy in Asia, Kyoto, Japan, 8～10, Nov., 2015（於：京都大学百周年時計台記念館), 9E-TD-25 “Synthesis of Transition Metal Oxides by Controlling Oxygen Partial Pressure using a ZrO2 Oxygen Pump”, S. Kobayashi, H. Ueda, C. Michioka, K. Yoshimura（共著）
		2015/11/8-10	3rd International Conference on Powder Metallurgy in Asia, Kyoto, Japan, 8～10, Nov., 2015（於：京都大学百周年時計台記念館), 9E-TD-26 “Chemical Pressure Effect of the Frustrated Cluster Magnet Li2ScMo3O8”, Y. Haraguchi, C. Michioka, H. Ueda, K. Yoshimura（共著）
		2015/11/8-10	3rd International Conference on Powder Metallurgy in Asia, Kyoto, Japan, 8～10, Nov., 2015（於：京都大学百周年時計台記念館), 9E-TD-27 “Physical Properties of An Exchange-enhanced Pauli Paramagnetic Metal, ACo2P2 (A=Sr, Ba)”, M. Imai, C. Michioka, H. Ueda, A. Matsuo, K. Kindo, K. Yoshimura(共著)
		2015/11/8-10	3rd International Conference on Powder Metallurgy in Asia, Kyoto, Japan, 8～10, Nov., 2015（於：京都大学百周年時計台記念館), P-TD-73 “Syntheses and Physical Properties of the Triangular Lattice Antiferromagnetic Fluorides, LiAIIMIIIF6”, S. Shinohara, H. Ueda , C. Michioka, A. Matsuo, K. Kindo, K. Yoshimura（共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), Oral Session 3 “Structural Quantum Criticality in Superconducting（CaxSr1−x）3Rh4Sn13”, S. K. Goh, D. A. Tompset, P. J. Saines, H. C. Chang, T. Matsumoto, M. Imai, K. Yoshimura , and F. M. Grosche（invited, 共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-3 “Various Ground States and Magnetically Excited States in the S=1/2 Ti3+ Kagom´ e Antiferromagnets A2BTi3F12（A, B : Alkali Metal）”, M. Goto, H. Ueda, C. Michioka, A. Matsuo, K. Kindo, and K. Yoshimura（共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-4 “Magnetic properties of S=1/2 frustrated cluster magnetsLi2In1−xScxMo3O8”, Yuya Haraguchi, Chishiro Michioka, Hiroaki Ueda, and Kazuyoshi Yoshimura（共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-8 “The study of the ground state of the itinerant-electron magnet Sr1−xCaxCo2P2”, M. Imai, C. Michioka, H. Ueda, and K. Yoshimura（共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-9 “The magnetism and magnetic anisotropy in the layered system KCo2（Se1−xSx）2”, T. Kanno, M. Imai, C. Michioka, H. Ueda, and K. Yoshimura（共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-12 “Magnetic properties of new ternary chalcogenides ACrX2（A=Li, Na, X=Se, Te）with triangular lattices”, S. Kobayashi, H. Ueda, C. Michioka, and K. Yoshimura（共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-19 “Magnetic anisotropy of Sr1−xLaxFe12O19 studied using single crystals”, H. Morishita, Y. Tanioku, H. Ueda, C. Michioka, and K. Yoshimura（共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-27 “Syntheses and physical properties of the triangular lattice antiferromagnet, LiAIIMIIIF 6”, S. Shinohara, H. Ueda, A. Matsuo, K. Kindo, C. Michioka, and K. Yoshimura（共著）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-30 “La, Co substitution effects on magnetic anisotropy of the M-type hexagonal ferrite SrFe 12O19 using single crystals”, Y. Tanioku, H. Morishita, C. Michioka, H. Ueda, and K. Yoshimura(共著)

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25～27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス), PS-36 “Effect of Co substitution on the magnetic properties in FexCo1−xGa3”, Yao Zhang, Chishiro Michioka, Masaki Imai, Hiroaki Ueda, and Kazuyoshi Yoshimura（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）16aPS-11「ダブルペロブスカイト A2BTiF6 における磁性と構造相転移のアルカリ金属置換効果」, 植田浩明, 山川智大, 後藤真人, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）16aPS-21「単結晶を用いた六方晶フェライト SrFe12O19 の磁気異方性に対する La, Co 置換効果」, 谷奥泰明, 森下翔, 植田浩明, 道岡千城, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）16aPS-22「マグネトプランバイト型構造を持つ La 置換 SrFe12O19 の単結晶における磁気的性質」, 森下翔, 谷奥泰明, 植田浩明, 道岡千城, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）16aPS-49「新しいハニカム格子磁性体 AMO3（A=Mg, Zn; M=Mn, Ru, Ir）の合成と物性」, 原口祐哉, 道岡千城, 植田浩明, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）17aCM-1「S=1/2 三角格子クラスター磁性体 Li2In1-xScxMo3O8 の磁性」, 原口祐哉, 道岡千城, 植田浩明, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）17aCM-5「S=1 三角格子反強磁性体 LiAVF6 の単結晶育成と磁性」, 篠原翔, 植田浩明, 松尾晶, 金道浩一, 道岡千城, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）17aPS-51「篭状構造をもつ超伝導体 Sr3Ir4Sn13 における相転移」, 金子耕士, 松田雅昌, 筒井智嗣, Swee K. Goh, 松元卓也, 今井正樹, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）17aPS-81「YbMn6Ge6 およびその置換物質の単結晶育成と物性」, 勝間勇人, 道岡千城, 植田浩明, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）18aCG-2「カゴメ格子反強磁性体 A2BM3F12（A, B：アルカリ金属、M：Ti, V）の単結晶の強磁場磁化過程」, 後藤真人, 植田浩明, 道岡千城, 松尾晶, 金道浩一, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）18pCH-2「強磁性に近い金属 SrCo2P2 のキャリア制御による磁気秩序相の発現」, 今井正樹, 道岡千城, 植田浩明, 吉村一良（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）19aPS-77「放射光X線回折とミュオンスピン回転・緩和法で見た軌道縮退系 Sr2VO4 の基底状態」, 山内一宏, 那波和宏, 平石雅俊, 宮崎正範, 幸田章宏, 小嶋健児, 門野良典, 中尾裕則, 熊井玲児, 村上洋一, 植田浩明, 吉村一良, 瀧川仁（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）19aPS-87「逐次相転移を示す CrSe2 の走査トンネル分光法による電子状態の測定」, 藤澤唯太, 島袋竜成, 出村郷志, 小林慎太郎, 植田浩明, 道岡千城, 吉村一良, 坂田英明（共著）
		2015/9/16-19	日本物理学会　2015年秋季大会（2015年9月16日～19日，於：関西大学）19aPS-91「三角格子をもつ混合原子価鉄酸化物 NaFe2O3 の電荷秩序の NMR による研究」, 小林慎太郎, 道岡千城, 植田浩明, 吉村一良（共著）
		2015/9/8-11	第39回 日本磁気学会学術講演会（2015年9月8日～11日，於：名古屋大学）・9pA-5「La, Co 置換 M 型 Sr フェライトの単結晶育成及び磁気異方性の評価」森下翔, 谷奥泰明，植田浩明，道岡千城，吉村一良（共著）
		2015/9/8-11	第39回 日本磁気学会学術講演会（2015年9月8日～11日，於：名古屋大学）9aB-11「層状化合物強磁性体 ACo2X2 の磁気異方性」, 今井正樹, 菅野誉, 道岡千城, 楊金虎，陳斌，植田浩明，吉村一良（共著）
		2015/7/5-10	20th International Conference on Magnetism, Barcelona, Spain, July 5-10, 2015 TU.C-P02 “Variation of magnetic phases in Sr1-xCaxCo2P2 clarified with muon-spin spectroscopy”, J. Sugiyama, H. Nozaki, M. Harada, I. Umegaki, K. Miwa, M. Imai, C. Michioka, K. Yoshimura, E. Ansaldo, J. Brewer（共著）
		2015/7/5-10	20th International Conference on Magnetism, Barcelona, Spain, July 5-10, 2015 TH.A-P32 “Substitution effects in an itinerant electron metamagnetic compound SrCo2P2”, M. Imai, C. Michioka, H. Ueda, A. Matsuo, K. Kindo, K. Yoshimura（共著）
		2015/7/5-10	20th International Conference on Magnetism, Barcelona, Spain, July 5-10, 2015 FR.D-P08 “Magnetic ground state of a two-dimensional triangular compound, CrSe2, studied with muon-spin spectroscopy”, J. Sugiyama, H. Nozaki , I. Umegaki, K. Miwa, S. Kobayashi, C. Michioka , H. Ueda , K. Yoshimura, J. Brewer（共著）

氏名	カテゴリー	発行・発表年	掲載内容
		2015/7/5-10	20th International Conference on Magnetism, Barcelona, Spain, July 5-10, 2015 FR.D-P53 “Substitution effect on S=1/2 frustrated magnetic cluster system Li2AMo3O 8 (A=In, Sc) ”, Y. Haraguchi, C. Michiok, H. Ueda, K. Yoshimura (共著)
		2015/5/26-28	粉体粉末冶金　平成 27 年度春季大会（2015 年 5 月 26 日～ 28 日，於：早稲田大学）3―56A「擬二次元遍歴電子磁性体 ACo2P2（A= アルカリ土類金属、希土類金属）の NMR 測定」, 今井　正樹，道岡　千城，植田　浩明，吉村　一良（共著）
		2015/5/26-28	粉体粉末冶金　平成 27 年度春季大会（2015 年 5 月 26 日～ 28 日，於:早稲田大学）3―57A「籠状超伝導体 A3T4Sn13（A= Ca, Sr, La, T= Co, Rh, Ir）の物性」吉村一良，今井　正樹，谷奥　泰明，道岡　千城，植田　浩明，Swee K. GOH（共著）
	国際会議主催	2015/11/8-10	3rd International Conference on Powder Metallurgy in Asia, Kyoto, Japan, 8 ～ 10, Nov., 2015（於：京都大学百周年時計台記念館），組織委員会委員，プログラム委員会委員（粉体粉末冶金協会，粉末冶金工業会が主催者）
		2015/9/25-27	International Workshop on Itinerant-Electron Magnetism, 25 ～ 27, Sep., 2015（於：京都大学理学研究科セミナーハウス），主催者，組織委員長，実行委員長 ホームページ：http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/kinso/IWIEM/index.html
	研究費獲得	2015/4/23-2016/3/31	NEDO（H27.4.23 ～ H28.3.31）「次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発／新規高性能磁石材料の探索に関する検討／高性能磁石母材の探索に向けた新規磁性強化法に関する検討」（研究代表）（12,000 千円）
		2014-2016	産学共創基礎基盤研究（H26 ～ H28・科学技術振興機構（JST））「遷移金属の価数に着目した鉄系酸化物磁石の実用材料周辺の基礎科学とその高性能化に向けた物質設計指針の提案」（研究分担）（H27 年度 4,000 千円）
	学会活動	2015/4/1-2016/3/31	日本物理学会：代議員（2015 年 4 月 1 日～ 2016 年 3 月 31 日）
		2014/6-2016/5	粉体粉末冶金協会：副会長（2014 年 6 月～ 2016 年 5 月）
		2014/11/1-2016/10/31	日本化学会：代議員（2014 年 11 月 1 日～ 2016 年 10 月 31 日）
		2002/6-2016/5	粉体粉末冶金協会：理事（2002 年 6 月～ 2016 年 5 月）
	新聞記事	2015/10/7	京都新聞，2015 年 10 月 7 日水曜日，p20「不思議 驚き 超伝導教室」（園部高生，京大教授に学ぶ）
方　明虎	論文	2015	2. X. B. Wang, H. P. Wang, Hangdong Wang, Minghu Fang, and N. L. Wang, Optical properties of TlNi2Se2: Observation of pseudogap formation, Phys. Rev. B 92, 245129 (2015).
		2015	3. Rajwali Khan and Fang Ming-Hu, Dielectric and magnetic properties of (Zn, Co) co-doped SnO2 nanoparticles, Chin. Phys. B 24, 127803 (2015).
		2015	4. B. Freelon, Yu Hao Liu, Jeng-Lung Chen, L. Craco, M. S. Laad, S. Leoni, Jiaqi Chen, Li Tao, Hangdong Wang, R. Flauca, Z. Yamani, Minghu Fang, Chinglin Chang, J.-H. Guo, and Z. Hussain; Mott-Kondo insulator behavior in the iron oxychalcogenides; Phys. Rev. B 92, 155139 (2015).
		2015	5. Hangdong Wang, Qianhui Mao, Huimin Chen, Qiping Su, Chiheng Dong, Rajwali Khan, Jinhu Yang, Bin Chen, and Minghu Fang; Superconductivity and disorder effect in TlNi2Se2−xSx compounds, J. Phys.: Condens. Matter 27, 395701 (2015).
		2015	6. Hangdong Wang a, b, JinhuYang a, b, ChihengDong b, QianhuiMao b, Jianhua Du b, MinghuFang, Crystal growth and characterization of the quasi-one- dimensional compound BaCoO3, Journal of Crystal Growth 430, 52(2015).
		2015	7. N. Xu, C. E. Matt, P. Richard, A. van Roekeghem, S. Biermann, X. Shi, S.-F. Wu, H. W. Liu, D. Chen, T. Qian, N. C. Plumb, M. Radovi´c, Hangdong Wang, Qianhui Mao, Jianhua Du, Minghu Fang, J. Mesot, H. Ding, and M. Shi; Camelback-shaped band reconciles heavy-electron behavior with weak electronic Coulomb correlations in superconducting TlNi2Se2; Phys. Rev. B 92, 081116 (R) (2015).



2016-2018年度 活動報告

京都大学未来創成学国際研究ユニット

物質・生命・こころ・社会・宇宙をつらぬく創発原理を求めて

IRU-AFS

CONTENTS

1 巻頭論文　村瀬雅俊「未来創成学からの挑戦」

5 **未来創成学国際研究ユニットの概要**

ユニットの目標／ユニットの研究連携体制／ユニットの個別テーマと構成員／
ユニット全体のロードマップ／ユニット全体の活動実績
開催イベント
招聘外国人研究者
成果論文 Masatoshi Murase「Self-Similar Dynamic Systems Perspective of “Living” Nature: The Self-Nonself Circulation Principle Beyond Complexity」
論文紹介 Kazuyoshi Yoshimura「Zero and Emptiness (Vacuum/Void) in Physics and Chemistry」
Juichi Yamagiwa「Evolution of Community and Humanity from Primatological iewpoints」
講演録 「無と全体の輪廻 —— Circle of Emptiness and Wholeness」
八木 匡、柴田一成、青木慎也、西平 直、村瀬雅俊

62 **個別テーマの活動**

62 個別テーマ①「アナロジーとフラクタル原理に基づく創発システムの解明」
成果論文 村瀬雅俊「生命と全体性」

86 個別テーマ②「宇宙・地球・生命のかかわりの探求」
講演録 Misao Sasaki「Gravitational Wave Astronomy: The Dawn Has Arrived」
河合俊雄「こころの変容と宇宙——華厳経に照らして」
パネル討論 喜多郎、佐々木 閑、柴田一成「奇跡への挑戦——未来創成学と宇宙総合学からの展望」

129 個別テーマ③「触れあいの科学」
成果論文 富田直秀「詩的空間について——ヒトをモノ化せず関係性として捉えるアート視点」

145 個別テーマ④「西田哲学と自然科学のアナロジーに基づく新領域探索」
成果論文 Tadashi Nishihara「‘Preparation’ for Creative Inspiration: From the teaching of Japanese classical ‘keiko; exercise and expertise’」
講演録 「これからの未来を創る学びとは？—— 進化の原理の活用に迫る」
高柳 匡、大野 照文、八木 匡、阿部 健一、村瀬 雅俊

199 個別テーマ⑤「生物学と物理学の創発現象のアナロジーがもたらす新展開」
講演録 ツトム・ヤマシタ「懐かしき未来——石・人・音・空に住む」

246 個別テーマ⑥「数理科学と量子情報理論」

262 **業績リスト**

未来創成学からの挑戦
Challenging from the Advanced Future Studies

村瀬雅俊

Journal of Integrated Creative Studies, 2017

> 今我々が直面している危機は、一人のリーダーが、一つの組織や国が、一つの戦争が生み出す危機とは次元が違う。従来の社会構造、考え方、制度を生み出す方法や集団の社会体制を具現化する方法が、もはや機能しなくなっているという危機だからだ。・・・我々はまた巨額の資金を教育制度に投じているが、初等教育にせよ高等教育にせよ、人間が生まれながらに持っている、未来を予感し創造する力を育む教育はなされていない。この力こそ今世紀に共創造の経済を生きるものにとって最も必要とされる知なのだが。
>
> 『U 理論――過去や偏見にとらわれず、本当に必要な「変化」を生み出す技術』
>
> （C.O. シャーマー、31-33 頁、2010）

１．はじめに

これまでは、一つの仕事に就くと現役引退までその仕事を続けるのが一般的であった。ところが、今日、急速に変化する環境のなかで、私たちは否応なく自己変革に迫られている。皮肉にも、事態を改善すべき懸命な努力が、結果的には、誰も望まない状況をつくりだしている（シャーマー、カウファー、2015）。かつての安定した時代に成功をもたらした従来型アプローチ、すなわち、一度に一つの状況のみを扱う縦割り的なアプローチが、この激動の時代にはほとんど機能していない。それどころか、従来型アプローチによる問題解決が、新たな問題を創りだしてしまう“相殺フィードバック”と呼ばれる複雑システム固有のシステム・ダイナミックスに、私たちは翻弄され続けている（センゲ、2011）。

当初、複雑システム思考は、組織・教育・イノベーション・政治・ビジネスなど広範な分野において、創造性を発揮する上で極めて有効だと考えられていた。ところが、複雑システム思考だけでは、問題を創造的に解決するには不十分であることが明らかになってきた（セ

ンゲ、2011)。おなじ思考方法を用いても、人によって効果があったりなかったりしたからである（シャーマー、カウファー、2015)。

その原因が、教育制度にあるという指摘がなされている。品質管理革命のパイオニアとして知られているW・エドワード・デミング博士は、学校教育制度と組織運営制度は同じシステムであるという洞察を、P・センゲの『学習する組織』の序文に寄せている。人々が環境適応に繰り返し失敗してしまうのは、1）人格形成に重要な時期である学校教育の体験を通して、変革を望まない固定的な思考・行動パターンが学習され、埋め込まれてしまい、2）そのため、学校のような特殊な環境にしか適応できなくなったからだという。教師と生徒の関係が、上司と部下の関係に、そのまま受け継がれているというのがデミングの洞察である。その結果、学校で人よりも先んじ、教師を喜ばせるという知恵が、組織に入っても上司を喜ばせるばかりで、顧客のニーズに応えるためのシステム改革には失敗するという状況につながる（センゲ、2011)。

2. 教育制度の盲点

学校では知識は教えるが、その活用方法は教えない。そのため、知識が人生目標に向けた行動計画の中で、活用されることがないと批判されてきた。その批判に答えるため、① 何を学ぶかという知識の習得に偏重した教育から、② どのように学ぶかという知識の活用方法に重点をおいた教育がなされるようになった。それにもかかわらず、先に指摘したように、「同じ方法を用いても、人によって効果があったりなかったりする」ことが、大きな疑問として残った。そして、③ どこから学ぶかという学習者の内面的なこころの状態が、教育効果の有無を決めていることが明らかになった。つまり、ここ数十年の教育の課題は、① 知識の学習から ② 知識活用法の学習へとシフトし、さらに ③ 深いレベルの精神性―すなわち、「人間であるとはどういうことか」という人間性の核心に迫る根本的な認識の変換―の学習へと深化した。

この帰結は、私たちの想像を絶する。というのも、人間の深いレベルの精神性やより高い志と合致した学習に努めなければ、経済・経営・政治・イノベーションなど様々な分野の混乱はおさまらない、と言えるからである。芸術家やアスリートは、この深いレベルの精神性をたよりに、自分たちにとって最も重要である結果を、最高傑作や最高のパフォーマンスという形で実現している。私たちも自分たちにとって最も重要である結果を実現するためには、芸術家やアスリートが課題に取り組むがごとくに人生に向き合うことが必要である。しかも、こうした深いレベルの精神力の起源が、「東洋と西洋の両方の宗教的伝統」、さらには「非宗教的伝統」に求められている（センゲ、2011)。このように、現代教育の現状と課題を教育の言葉だけで語れなくなってきていることが、今日の教育制度の盲点を浮き彫りにしている。

3．パラドックスを活用する創造性教育の新たな試み

現行の教育制度では、創造性をどう学び、どう教えるかがわからない。特に、人間の美徳の1つとされる“傾倒”―すなわち、物事に全身全霊で打ち込むこと―をどう学び、どう教えるかがわからない。キルケゴールは、「パラドックスこそ思索家の情報の源」と述べている(エドワーズ、1988、127頁)。ここに、創造性教育のヒントが隠されている。つまり、パラドックスを駆使するのである。さらにヴィトゲンシュタインは、「文章の意味を画に描けるか

どうかをその理解の判断基準にしてよい」と述べている（エドワーズ、1988、39 頁）。これもヒントになる。つまり、「創造性をどう学び、どう教えるか」、「傾倒をどう学び、どう教えるか」という言葉による疑問は、言語による思考モードでは永遠に接近できない。だからこそ、視覚や触覚や運動などの感覚に頼ることが必要なのである。

この段階で、私たちは重要な発見に気づく。それは、「創造の過程」と「描く過程」、「造形の過程」、「統合的な運動」との相同性である。どの場合も、「全体を意識しながら、同時にその中で知覚する部分を全体および相互の関係を通して意識する」ことが要求されるからである。これが、ゲーテの言う“感覚的想像力”であり（シャーマー、2010）、エドワーズの言う“感覚的思考”、あるいは“視覚的想像力”である（エドワーズ、1988）。ここで重要なのは、全体像を見ようとして、後ろに下がれば見えるものではない。全体は“もの”ではなく、“創発”を通してのみ捉えられるからである。個々の具体的経験に飛び込むことによってのみ、全体に出会うのだ。

ここで、シャーマー（2010）の言う“認識論的逆転”が起こる。従来までの科学では、「理論は諸事実を捉える容器」であり、「それぞれの事実はその中身」と考えられていた。認識論的逆転とは、この容器と中身の関係を逆転して捉えること。理論が現象の真の中身であるとするとどうなるか。直観的な洞察がおこる瞬間に、当事者は現象の中にその本質を見ていることになる。これが、伝統的科学の分析的モードから、全体論的モードへの転換である。その本質を言葉で表すと、「問題について可能な限り知るとともに、問題について何も知らないような精神状態を保つ」というパラドックスで表現される。こうした異質なものの見方が、創造的過程に不可欠であり、発明や発見のみならず、日常的問題の創造的解決、アスリートの優れた運動機能の発現にも役立つ。その本質は、ホログラムの原理にある。つまり、全体は部分の中に入れ子になって存在する。そのため、具体的な部分のど真ん中に踏み込んでいくことで、全体に出会うことになる。

4. 未来創成学に基づく教育革命―仮説は事実を創り、思考は現実を創造する―

変化し続ける現実に適応し続けるには、明らかに新しい考え方が必要である。これまで哲学者たちは、「人間こそが運命の支配者である」と繰り返し主張してきた。認知科学者や教育学者たちは、「いかにすれば新しい事実を受け入れられるように、こころを開くことができるか」を議論してきた。しかし、彼らは、「過去や現実について思索する」ことばかりに焦点を当てすぎていた。物理学の歴史を紐解くと、新しい仮設が提唱され、それに基づいて多くの失敗の末に、新しい素粒子が発見されてきた。この新事実発見のプロセスは、次のように一般化できる。それが、「仮説は事実を創り、思考は現実を創造する」という自然原理である。

私たちは、これまでに教えられてきた知識の習得に偏った考え方によって、全員が学習障害に陥っている。その影響が、さまざまな形で現代社会の危機を創りだしている。つまり、「誤った思考パターンが危機的現実を創造している」わけである。そうであるならば、私たちの思考パターンを変革する学びの場を創ること、その場で「真の学び」を実践し、望ましい現実の創造へと舵をきることこそが、現代社会の多くの危機に対処する最善の路ではないだろうか。

今こそ、未来創成学に基づく教育革命を実践する時である。その本質を再度強調すると、

「１つのことに集中しながらも、同時に失敗を含めたあらゆる結果を想定する」というパラドックスにある。このパラドックスの見知に立てば、「正解は１つ」という、これまでの教育のドグマが色あせることになる。あらゆる失敗の中に、成功の秘訣が隠されているからである。ここに、“競争”ではなく、“共生”の原理があり、これが「失敗から学ぶ」という真の学習の姿である。

5. 参考文献

B. エドワーズ（1986）『内なる画家の眼――創造性の活性化は可能か』（北村孝一　訳）、エルテ出版、1988

P. M. センゲ『学習する組織――システム思考で未来を創造する』（枝廣淳子、小田理一郎、中小路佳世子　訳）、英治出版、2011

C. O. シャーマー、K. カウファー『出現する未来から導く――U 理論で自己と組織、社会のシステムを変革する』（由佐美加子、中土井僚　訳）、英治出版、2015

C. O. シャーマー『U 理論――過去や偏見にとらわれず、本当に必要な「変化」を生み出す技術』（中土井僚、由佐美加子　訳）、英治出版、2010

F. Capra and P. L. Luisi “The Systems View of Life—A Unifying Vision”, Cambridge University Press, Cambridge 2014

D. H. メドウズ（2008）『世界はシステムで動く――いま起きていることの本質をつかむ考え方』英治出版、2015

K. マインツアー（1994）『複雑系思考』（中村量空　訳）シュプリンガー・フェアラーク東京株式会社、1997

D. H. メドウズ（2008）『世界はシステムで動く――いま起きていることの本質をつかむ考え方』英治出版、2015

ナポレオン・ヒル（1996）『思考は現実化する』（田中孝顕　訳）きこ書房、1999

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費助成事業　挑戦的萌芽研究「統合科学の創造と統一生命理論の構築」（研究代表者：村瀬雅俊・京都大学・基礎物理学研究所、課題番号 26560136）による研究費助成に基づいて実施された。また、本研究は、京都大学未来創成学国際研究ユニット（平成 27 年度採択）の研究プロジェクトに基づいて実施された。

未来創成学国際研究ユニットの概要

ユニットの目標

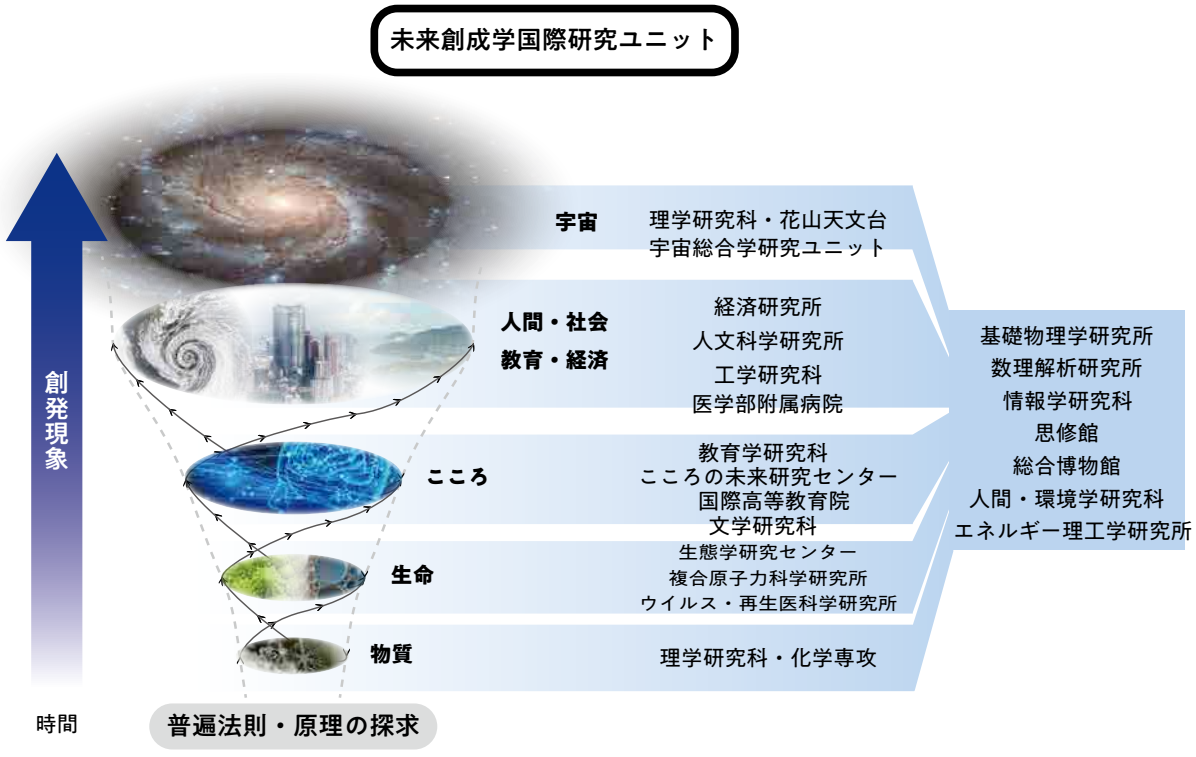
世界は創発現象に満ちている。それは、宇宙の創成にはじまり、生命の起源やこころの進化から、文明の誕生、人類の叡智による創造性、さらには予期せぬ経済活動や自然現象など多岐にわたる。しかし、これら物質・生命・こころ・人間・自然・宇宙現象における一見バラバラな創発現象の根底に、それらを貫く普遍法則・創発原理があるに違いない。

本ユニットでは、“Analogy principle may link diverse phenomena”、“Fractal principle may reduce complexity”、および “Symmetry-Breaking principle may explain origins of emergent phenomena” の３つの観点から、創発現象の質的な違いや時間・空間スケールの違いに依存しない普遍原理の探求に向けて、異分野融合による知的冒険を推進し、新学術領域を創出することを目的する。

現実世界では、問題解決型思考に基づいた解決策が提示されているが、その解決策から新たな問題が次々と生み出されている。その理由は、この現実世界が創発原理に従っているからに他ならない。したがって、創発原理の理解が進めば、その原理を駆使することによって、問題解決型思考から問題予測型思考へのパラダイム転換が期待される。このようなパラダイム転換は、科学・教育・医療・環境などの多様な分野で、「問題予測」に関する統一的な理解をもたらし得る。

本ユニットの研究は、多様な創発現象に潜む普遍原理の理解を深化させ、人類のより良き未来創造を可能とする新たな俯瞰的学問体系として「未来創成学」の構築を目標とする。

ユニットの研究連携体制



ユニットの個別テーマと構成員

ユニット長　佐々木 節　基礎物理学研究所 教授

副ユニット長　岡本 久　学習院大学 理学部数学科 教授
溝端佐登史　経済研究所 所長

アドバイザー
山極壽一　総長
篠原総一　京都学園大学 学長
塩田浩平　滋賀医科大学 学長

創発原理の探求

研究テーマ①　アナロジーとフラクタル原理に基づく創発システムの解明

参加教員
富田直秀　工学研究科 教授
藤井紀子　原子炉実験所 特定教授
村瀬雅俊　基礎物理学研究所 准教授
山田道夫　数理解析研究所 所長
大野照文　三重県総合博物館 館長
岡田暁生　人文科学研究所 教授
高田 匠　原子炉実験所 特定准教授
山口栄一　総合生存学館(思修館) 教授
西村和雄　経済研究所 特任教授

相互作用の探求

研究テーマ②　宇宙・地球・生命のかかわりの探求

参加教員
佐々木 節　基礎物理学研究所 教授
柴田一成　理学研究科附属天文台 花山天文台 天文台長
宮沢孝幸　ウイルス-再生医科学研究所 准教授
磯部洋明　総合生存学館(思修館) 准教授
浅井 歩　理学研究科附属天文台 花山天文台 准教授

研究テーマ③　触れあいの科学

参加教員
西平 直　教育学研究科 教授
山口栄一　総合生存学館(思修館) 教授
河合俊雄　こころの未来研究センター 教授
内田由紀子　こころの未来研究センター 准教授
鎌田東二　上智大学 グリーフケア研究所 特任教授
カール・ブラッドリー・ベッカー　学際融合教育研究推進センター 政策のための科学ユニット 特任教授
村瀬雅俊　京都大学基礎物理学研究所 准教授
高林純示　生態学研究センター 教授
久代恵介　人間-環境学研究科 准教授

アナロジーによる創発

研究テーマ④　西田哲学と自然科学のアナロジーに基づく新領域探索

参加教員
西平 直　教育学研究科 教授
山口栄一　総合生存学館(思修館) 教授
村瀬雅俊　京都大学基礎物理学研究所 准教授
富田直秀　工学研究科 教授
大野照文　三重県総合博物館 館長
高林純示　生態学研究センター 教授
大串孝之　生態学研究センター 名誉教授

研究テーマ⑤　生物学と物理学の創発現象のアナロジーがもたらす新展開

参加教員
大串孝之　生態学研究センター 名誉教授
中野伸一　生態学研究センター センター長
山内 淳　生態学研究センター 副センター長
吉村一良　理学研究科 教授
磯 祐介　情報学研究科 教授
柴田一成　理学研究科附属天文台 花山天文台 天文台長

基盤科学の推進

研究テーマ⑥　数理科学と量子情報理論

参加教員
磯 祐介　情報学研究科 教授
Héctor Bombín　基礎物理学研究所 特定講師
山田道夫　数理解析研究所 所長
山口栄一　総合生存学館(思修館) 教授
吉村一良　理学研究科 教授
青木愼也　基礎物理学研究所 所長
渡辺 優　基礎物理学研究所 助教

連携推進委員会
委員長　村瀬雅俊　京都大学基礎物理学研究所 准教授
委員　西平 直　教育学研究科 教授
高林純示　生態学研究センター 教授
富田直秀　工学研究科 教授
吉村一良　理学研究科 教授

研究推進戦略室
室長　村瀬雅俊　京都大学基礎物理学研究所 准教授
委員　笠原のりこ　学術研究支援室 リサーチ-アドミニストレーター
鈴木あるの　理学研究科 学術推進部留学支援室 講師
常見俊直　理学研究科 学術推進部社会交流室 講師

ユニット全体のロードマップ

ユニット全体の活動実績

2017 年度までは、アナロジーとフラクタル原理の観点から、進化現象と創造的学習の共通性や類似性が明らかになるとともに、疾患の発症過程との間にも、本質的な過程の共通性が見え始めてきた。こうした共通性・類似性の発見は、異なる構成部局が参画している本ユニットでこそ可能となった。また、時間・空間スケールの違いを超え、さらには、現象の質的違いを超えて、共通性・類似性が見られることから、「創発現象」の本質について、普遍法則・統一原理が導かれる可能性が見えてきた。特に、生存状態の特性として、非定常性が指摘されている。そのようなシステムの構造・機能をいかにすれば記述可能か？この問いについて、相互矛盾する概念間の確率的関係性として定量的に記述する可能性が検討された。こうした研究成果は、Kyoto Manifesto　として Springer 社から 2018 年に出版された。

2018 年度において、アナロジー・フラクタル（自己相似性）・対称性の破れの３つの観点から、創発現象の質的な違いや時間・空間スケールの違いに依存しない普遍原理の探求に向けて、異分野融合による知的冒険を推進した。その結果、進化現象と創造的学習の共通性や類似性が明らかになってきた。その過程の本質は、初期における小さな対称性の破れが増大としてとらえられる。一方で、生命誕生においてアミノ酸構造のホモキラリティーと呼ばれる鏡像対称性の破れが起こり、進化の過程とともにその状態が維持されてきた。ところが、老化と共にこの鏡像対称性の破れ自体が再び破れていることが、複合原子力科学研究所・藤井教授らによって突き止められてきた。しかも、この変化が様々な加齢性疾患（白内障、加齢性黄斑変性症、アルツハイマー病、多発性硬化症、皮膚硬化、動脈硬化等）の原因となっていることが判明してきた。進化現象と老化現象という一見何の関係もなく見える所に、「鏡像対称性の破れ」の有無から、普遍原理探求への兆しが見えてきた。

「大統一生命理論にチャレンジ」する目的から、1960 年代に素粒子物理学者 Geoffret Chew によって提唱された Bootstrap Philosophy、すなわち自然法則はそれらが自己無矛盾的であるべきとの要求から演繹されるとの方法論に着目した。そもそも、私たち人類は、なぜ自然現象を理解できるのだろうか？また、その理解はどのようにして達成されるのだろうか？この問いへの答えを探るために、その鏡像として自然現象を「学習過程」として捉えてみた。この「学習過程」としての自然現象を、生物や人間が理解するには、その「学習方法」を理解できること－これも、また「学習過程」にほかならないが－そうした学習可能性が前提となる。これが「学習過程」の超一般性である。「学習過程」を、3 つのカテゴリーから捉え直すことができる。1）生成・消滅（否定・創発）、2）拡張・収斂（帰納・演繹）、3）アブダクション（転移・逆転移）である。一方で、自然現象の本質は、次の 3 つのカテゴリーから捉え直すことができる。1）対称性の破れ、2）スケール不変性、3）アナロジーである。実は、この 3 つのカテゴリーは、相互に参照可能である。つまり、自然現象の本質こそ、自然を理解するための「学習過程」の本質であることが主張でき、自己・非自己循環理論（2000）の一般化を通して、生命現象の統一的理解の可能性が拓かれつつある（M. Murase, in Kyoto Manifesto, Springer 2018; Journal of Quality Education 2018）。

「触れあい」をテーマとして新しい学会組織の構築、教育・学習過程への新たな提言も進められている。具体的には、未来創成学学際シンポジウムを起点に開始された研究交流により、新たな学会が設立された。この発起人は、当シンポジウムの学外招待講演者であり、異分野交流の結果、「共創」概念をキーワードにした大きな研究フィールドと結びついた。例えば、「手と手が触れ合う」という出来事を接点として、大人と子どもが触れ合う出来事、被災者とボランティアが触れ合う出来事、物質と物質とが接触してはじめて化学変化を生じる出来事が重なり合い、「共創学会」という新たな学会の設立に向けて動き出し、設立準備大会においてワークショップを行った（2017 年）。

量子情報理論の分野においては、「フォールトトレラント量子計算」、すなわち計算中にノイズが生じても正しい量子計算が行える手法を研究した。そのために、量子計算における時間方向に相関する

ノイズを解析し、その誤り訂正を行うための「トポロジカル量子誤り訂正の手法」を初めて構築した。その成果は、インパクトファクターの高い雑誌 (PRX) に掲載された。空間次元の異なるトポロジカル量子系間の量子情報の転送を実現した。また、統計物理的手法を用いて、量子計算のノイズの誤り訂正を解析し、複数のトポロジカル量子コンピューターの性能の比較を行った。こうした成果によって、長期招聘研究者 Hector Bombin（基礎物理学研究所・特定講師・2015 − 2017 年度）は、Quantum Information Processing と呼ばれる量子情報の分野でも最も権威のある国際会議の講演者に選ばれた（2017 年）。

長期招聘研究者 A. S. Darmawan（2018 − 2019 年度）は、テンソルネットワークを用いたハバード模型のストライプ相の解析の研究を精力的に取り組んだ。ハバード模型は、銅酸化物高温超伝導体を表す良い模型と期待されている。本研究ではこの模型を正方格子で考え、量子多体系の量子情報を幾何学として表現するテンソルネットワークの計算法を駆使して数値的に解析した。特に、「ストライプ状態と呼ばれるスピンやホール密度がある波長 λ で変調する状態」と、「均一な量子状態」のどちらがエネルギー的に安定になるのか明らかにした。また、量子情報的手法で高温超伝導をよい精度で説明した。（A. S. Darmawan et al., Phys. Rev. B 98, 205132 – Published 16 November 2018）

開催イベント

タイトル **KYOTO SYMPOSIUM 3**

"Being Now" Community, Humanity and the Sacred: Platform for a New Economics

日　時 **2017 年 10 月 19 日**

場　所 **京都大学基礎物理学研究所**

発表者

Stephen Hill（University of Wollongong）、
八木 匡（同志社大学）、Juewei Shi（Nan Tien Institute）、田辺明生、ツトム・ヤマシタ（音楽家）、吉村一良、村瀬雅俊、
Ed Arrington（University of Wollongong）

タイトル **Beyond Bounderies** Exploring the Creative Evolution of Transdisciplinary Studies

日　時 **2017 年 2 月 8 日～ 9 日**

場　所 **京都大学基礎物理学研究所**

主な発表者

佐々木 節、村瀬雅俊、Cynthia Trevisan（California State University）、肥田野登（東京工業大学）、稲賀繁美（国際日本文化研究センター）、Brian Orr（Bastyr University）、今井奈妙（三重大学）、福録恵子（三重大学）、村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学）、保江邦夫（ノートルダム清心女子大学）、村瀬偉紀（東京大学大気海洋研究所）、西平 直、Tae-Soo Chon、富田直秀、磯 祐介、Elizabeth Kriesten（St. Peter's Boys High School）、八木匡（同志社大学）、余語真夫（同志社大学）、西村和雄、Max Thom（The Evergreen State College）、David McAvity（The Evergreen State College）、Adam Negrin（City University of New York）、門脇浩明（京都大学生態学研究センター）、中野伸一、山内 淳、大串孝之、高林純示、吉村一良、山口栄一、Joseph Fedrow（京都大学基礎物理学研究所）、Ruprecht Mattig、福原隆一（同志社大学）、常見俊直、鈴木あるの、横田和典（ノートルダム清心女子大学）

物質や生命から人間社会や経済に至る、様々な階層システムの普遍原理の解明を目指して国際会議を実施し、創発原理を教育の観点から検討した。その成果は、Journal of Integrated Creative Studies より「プロジェクトレポート」（招聘外国人 Chon、Mattig）および Journal of Quality Education（村瀬雅俊ら）より出版された。

開催イベント

タイトル **京都大学国際芸術フォーラム 奇跡への挑戦** 未来創成学と宇宙総合学からの展望

日　時 **2017 年 2 月 10 日**

場　所 **京都大学百周年時計台記念館**

登壇者

喜多郎（音楽家）
佐々木閑（花園大学）
柴田一成
村瀬雅俊

湯川秀樹生誕 110 年、京都大学創立 120 年を記念して、『国際芸術フォーラム』を 2017 年 2 月 10 日に、時計台記念ホールにて開催した。音楽家・喜多郎による、独創的な音楽に最新宇宙科学の成果を取り入れた『古事記と宇宙』のライブコンサートに引き続き、仏教学者・佐々木閑、柴田一成（花山天文台長）を交え、新たな「奇跡への挑戦」に向けて、パネル討論「こころの本質、宇宙と未来の展望」を実施。

タイトル **学際研究会 生体、人体、精神、宇宙** つながりの深層をさぐる

日　時 **2017 年 2 月 8 日～ 9 日**

場　所 **京都大学百周年時計台記念館**

ユニット学際研究会を、柴田一成（理学研究科）と村瀬雅俊（基礎研）が主催し、2 名の大学院生、石井杏佳（理学研究科 M2）らが発表した。

タイトル **KYOTO SYMPOSIUM 4**

グローバル経済のための京都マニフェスト 共同体、人間性、そして精神性の社会基盤

日　時 **2017 年 6 月 4 日**

場　所 **同志社大学**

登壇者

山極壽一（対談者）、
村瀬雅俊（パネリスト）
八木匡（同志社大学）
ツトム・ヤマシタ（芸術家）
Stephen Hill（University of Wollongong, Australia）。

開催イベント

タイトル **無と全体の輪廻** “Circle of Emptiness and Wholeness”

日　時 **2018 年 6 月 3 日**

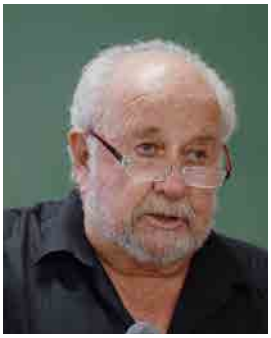
場　所 **京都大学基礎物理学研究所**

発表者

八木 匡、青木愼也、柴田一成、西平 直、村瀬雅俊、喜多郎（音楽家）、山極壽一（京都大学 総長）、黒川 清（政策研究大学院大学・東京大学 名誉教授）、吉村一良、阿部健一（総合地球環境学研究所）、Stephen Hill (University of Wollongong, Australia)、渡邊啓貴（東京外国語大学大学）、Marc T. J. Johnson (University of Toronto, Canada)、Daniel Niles (Research Institute for Humanity and Nature)

グローバル化時代を迎え、世界は 1 つの巨大システムと化した。ところが、従来型の物質資源中心・貨幣価値経済中心の考え方に、人類が固執してきた結果、人口問題・食糧問題・資源問題といった既成問題を解決するどころか、逆に新たな問題を次々と生み出すに至った。実際、世界中がテロや貧困、創造性の欠落、希少資源の枯渇、イデオロギーや歴史認識の違いによる国内外の人種対立などに翻弄され続けている。こうした混沌とした時代にこそ、世界に感動を与え、欧米から尊敬されながらも、多くの現代日本人から忘れられてきた「日本的霊性」を、世界に誇れる社会･文化価値として再構築することが必要かつ急務である。

本フォーラムでは、多くの現代日本人から忘れられてきた「日本的霊性」に基づく「叡智」を再発見し、「自然」との共創を目指した対話を理論と実践の両面から試みることによって、日本的霊性や自然観を学術的かつ実践的に探究し、それらを踏まえ未来に向けた新たな社会･文化価値の創出を目指す。



＊第 1 部の講演録は★ページ参照

開催イベント

タイトル **京都大学未来創成フォーラム（京都大学ジュニアキャンパス 2018）**
これからの未来を創る学びとは？
――進化の原理の活用に迫る

日　時 **2018 年 10 月 27 日**

場　所 **京都大学百周年時計台記念館**

登壇者

高柳 匡（京都大学 基礎物理学研究所）
阿部 健一（総合地球環境学研究所）
Johann Hohenegger、Ingo Fischer、
大野 照文、村瀬 雅俊、八木 匡

京都大学未来創成学国際研究ユニットの「物質・生命・こころ・社会・宇宙をつらぬく創発原理を求めて」という目標のもと、世界的研究者を海外から招聘し、その研究成果をわかりやすく解説するとともに、超学際 Trans-disciplinary であることによる創造性の成果を「素粒子物理学」、「複雑系科学」、「進化生物学」、「進化教育学」、「行動経済学」、「科学コミュニケーション」の観点からパネル討論を行い、フロアーとの質疑応答を実施した。

＊フォーラムの詳細は、★ページを参照

タイトル **2018 Kyoto University International Forum on Advanced Future Studies**

日　時 **2018 年 10 月 22 日・23 日・24 日**

場　所 **ラディソンホテル成田**

登壇者

大野照文、山口栄一、Jae Woo Lee (Inha University, South Korea)、永野中行（東京大学）、村瀬 偉紀（長崎大学）、肥田野 登（東京工業大学）、Tae-Soo Chon (Pusan National University, South Korea)、Ingo Fischer (IFISC (CSIC-UIB), Spain, Kyoto University)、Johann Hohenegger (University of Vienna, Austria, Kyoto University)、村瀬雅俊

2018 Kyoto University International Forum on Advanced Future Studies covers transdisciplinary disciplines from Physics, Evolutionary Biology, Complex System Sciences, Humanity, Ecology, and Creativity to many other related fields. We will discuss not only the various phenomena in some particular disciplines, but also the universal principles beyond the diverse phenomena. The forum is organized in order to enhance rather long discussion time. We would like to welcome untraditional approaches towards breakthrough in the future science. “What is Evolution?” , “What is the limit of traditional thinking way?” , “Is it possible to develop New Science?” All these fundamental questions are some of the problems that we will discuss in this forum.

開催イベント

タイトル **公開シンポジウム**

インドの価値観と社会構造 ――日本と西洋との比較研究

日 時 2018 年 11 月 10 日

場 所 同志社大学

三野 和雄（同志社大学 経済学部）、田辺 明生（東京大学 総合文化研究科）、
伊多波 良雄（同志社大学 経済学部）、川浦 昭彦（同志社大学 政策学部）、
滝本 香菜子（同志社大学 総合政策科学研究科 博士後期課程）、
ツトム・ヤマシタ（芸術家）、
八木 匡、西平 直

タイトル **ないをたのしむ展**

おぼえられない　できない　みえない
きこえない　ないからこそわかるせかい

日 時 2019 年 3 月 13 日 - 24 日（日）

場 所 京都大学総合博物館

登壇者 3 月 17 日（日）ワークショップ

桑田 知明（京都市立芸術大学 ビジュアルデザイン専攻 非常勤講師）、
広瀬 浩二郎（国立民族学博物館 准教授）、富田 直秀

おぼえられない、みえない、きこえない、できない
さまざまな「ない」状況は、障害である以前に、そこに必死に生きている、それぞれの世界観でもある。今回のワークショップおよび展示は、まったく異なる世界観の壁を逆に楽しんでしまう試みである。音楽を動画にさらに造形に変化させた作品展示や、その製作動画の展示。目の前にいる人との会話情報のみから造形を作るワークショップ、触覚で獲得した部分的な情報を元に全体を思い描く作品展示などを行う。

タイトル **統合知に挑む――病いと癒しの共創**

日 時 2019 年 3 月 15 日

場 所 京都大学 百周年時計台記念館

発表者

上原麻有子（京都大学文学研究科 教授・哲学）、大饗広之（日本福祉大学 教授・精神病理学）、岸本泰明（京都大学エネルギー理工学研究所 所長・プラズマ科学）、八木匡（同志社大学 教授・経済学）、佐藤直幹（言語学者・フランス、言語学）、富田直秀（京都大学工学研究科 教授・医療工学）、村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学 学部長・精神看護学）、村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所 准教授・未来創成学）

世界では、かつてないほど急速にグローバル化が進行してきた。ベルリンの壁崩壊、ソ連邦崩壊を契機に、人類は明るい未来の到来を期待した。ところが、皮肉にも歴史認識のズレ、世代間認識のズレ、職種間認識のズレ、企業内認識のズレ、難民政策のズレなど、様々な境界領域で多様な問題が頻発し、出口の見えない論戦や強引な実力行使が絶えることなく続いている。こうした問題の「構造」として、人間精神の陰が社会に投影され、それが国際・国内社会からのフィードバックを経て現実現象を共創するという共通の本質が見え隠れしている。精神病理学や言語学や哲学の観点を、社会学や経済学に転用できないだろうか？ 本研究会では、参加者各自の身近な課題を 20 分程度ご紹介いただきながら、多様な観点から議論を展開した。

招聘外国人研究者

特定講師

氏名	所属
Hector Palomo Bombin	基礎物理学研究所　特定講師　2016/1/1-2018/1/31
Andrew Sudiro Darmawan	基礎物理学研究所　特定助教　2018/6/1-2020/3/31

2016年度

氏名	所属
Anna Cadoret	Ecole Polytechnique, France
Paul G. Mezey	Canada Research Chair in Scientific Modeling and Simulation, Canada
Herwig Michor	Vienna University of Technology, Austria
Tae-Soo Chon	Pusan National University, Korea
Ruprecht Mattig	TU Dortmund University, Germany

2017年度

氏名	所属
Barbara Oakley	Oakland University, USA
Paul G. Mezey	Canada Research Chair in Sceintific Modeling and Simulation, Canada
Petr Heinzel	Academy of Sciences of Czech Republic, Czech Republic
Bert Ingo Fischer	Instituto de Fisica Interdisciplinary Sistemas Complejos, Spain
Rafik Ballou	Centre National de la Recherche Sceintifique, France
Richard Karban	University of California, Davis, USA
François R. Bouchet	Centre National de la Recherche Sceintifique, France
Christian D. Ott（短期招聘）	California Institute of Technology, USA

2018年度

氏名	所属
Andrew SudiroDarmawan	YukawaInstitute for Theoretical Physics
Marc T. J. Johnson	University of Toronto, Canada
Swee Kuan Goh	The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong
Jing-qiu Zhang	Capital Medical University, School of Traditional Chinese Medicine, China
Amir Levinson	Tel Aviv University, Israel
Alessandro Usiello	Università della Campania, Italy
Ren hui Li	The Chinese Academy of Sciences, China
Bert Ingo Fischer	Instituto de Fisica Interdisciplinary Sistemas Complejos, Spain
Johann Hohenegger	University of Vienna, Austria

2019年度(予定)

氏名	所属
Raivo Stern	National Institute of Chemical Physics and Biophysics, NICPB, Estonia
Stephen R. Sharpe	University of Washington, U.S.A
Vinai Norasakkunkit	Gonzaga University, U.S.A
Allan Sacha Brun	CEA Saclay, France
Amir Levinson	Tel Aviv University, Israel
Sander van der Leeuw	Foundation Professor, Arizona State University, U.S.A
Bert Ingo Fischer	Instituto de Física Interdisciplinary Sistemas Complejos, IFISC (UIB-CSIC), Spain
Stefan Büchi	University of Zurich, Switzerland
Jevin West	University of Washington, U.S.A

成果論文

Self–Similar Dynamic Systems Perspective of "Living" Nature: The Self–Nonself Circulation Principle Beyond Complexity

Masatoshi Murase

The Kyoto Manifesto for Global Economics—The Platform of Community, Humanity, and Spilituality
Springer, 2018

In the world of action, we know that it is disastrous to treat animals or human beings as if they were stocks and stones. Why should we suppose this treatment to be any less mistaken in the world of ideas? Why should we suppose that the scientific method of thought—a method which has been devised for thinking about inanimate Nature—should be applicable to historical thought, which is a study of living creatures and indeed of human beings?

Arnold Toynbee
"A Study of History: Illustrated" p. 33,
Portland House, New York, 1988

Globalization brings about benefits and wonders; it has allowed us to solve single-value problems, but it can increase the potential risks of "systemic problems," leading to system-wide disruptions. Our efforts to solve problems often cause further problems, beyond our expectations. What can we do to protect against such emerging systemic problems? We now need a *Copernican revolution* for paradigm shifts in our cognition. We should apply the same "systemic forces" that generate the "systemic problems" in the first place. We can fight *like with like* in trying to cope.

How can we do this? Let us think about nature as it is. Nature is full of self-similarities, known as "fractals," in which particular characteristic patterns of structures appear successively at descending or ascending scales so that their parts, at any scale, are similar in shape to the whole. A seemingly complex fractal nature has been fully understood on its own terms in the form of simple rules.

The present paper extends the idea of fractals from the *self-similar static structures view* to the *self-similar dynamic processes view* essential to "living" systems in order to explore simple principles beyond complexity. The only assumption is as follows: *Simple principles of complex "living" dynamics can be deduced from the demand that the underlying principles should be self-consistent, regardless of the scale with which we are concerned. It is the self–nonself circulation principle that governs the complexity of life.*

1. Emerging Self-Consistent Life Philosophy: Toward a Creative Approach to Emerging Problems

Hardly a concept, a notion or word is more ambiguous than "life". Thus definitions serve only as sectored limitations, such as philosophical, biological or physiochemical distinctions, which inherently produce a loss of meaning. At the moment, the theories of cognitive science of living systems culminate in the proposition that the cognitive process is tantamount to the process of life. The history of philosophical approaches towards the concept of life confirms this conception that rational man who is constantly confronted with life, cannot distance himself from life. It is always life that happens to him, with him, through him. The experience of life, therefore, is neither pure recognition of self nor merely reaction to outside stimuli.

Franz-Theo Gottwald
"Life—A Problem Inherent in the Research Context" pp. 25-26
World Scientific, Singapore, 2002

Due to complex interactions among humans, societies, economies, and many other organizations, our world is more global than ever; thus, it looks like a huge "living" system involving systems nested within systems. Owing to such "self-nested hierarchies" in our world, most of our major problems, such as energy, financial

security, the environment, education, and even science issues, cannot be understood in isolation (Zolli, 2012, Murase, 2008a; 2008b; 2016; Murase et al., 2017) and are often referred to as "systemic problems" (Capra and Luisi, 2014).

Indeed, these problems seem to be very complex; therefore, it has been difficult to find solutions. What is worse, extensive efforts to solve these problems have often led to the emergence of additional problems due to the chain of hidden causation (Meadows, 2008). The realization of such "emerging problems" has consistently been one of the most challenging issues in various disciplines. These problems have been discussed in the framework of "emergent diseases" and "aging" in the life sciences (Murase, 1996). They are often called "side effects" or the "risk-to-benefit ratio" in medical sciences (cf. Pitot, 1986), "trade-off effects" in evolutionary developmental biology (Gilbert and Epel, 2009), and "neg-emergence" in the study of "death" (Aguilar, 2009; Capra and Luisi, 2014).

Despite the resulting complexity, once these individual problems are considered as different aspects of a single whole, such seemingly contradictory issues can become totally understandable, as they can be integrated into a single coherent framework. This is the integrationists' approach, or a holistic approach, in contrast with the reductionists' approach (see Section 2).

Situations of this kind are truly relevant to understanding the question "What is Life?" From a conventional materialistic or reductionist view, life can be decomposed into many different kinds of material elements, but it is still difficult to understand life as a whole. Contrary to this traditional approach, we have taken a self-similar dynamic systems view of life, by which we increasingly try to understand life as a dynamic "living" system involving communicative "living" subsystems (Murase, 1992; 1996; 2000; 2008a; 2008b; 2011; 2016; Gottwald, 2002).

"Life" should not be an object to be distinguished from an external observer, but the creative circulatory processes linking the subject and object to construct new dimensions that cannot be predicted or defined in advance (Izutsu, 1975; Valera, Thompson, and Rosch, 1991; Almanspacher and Dalenoort, 1994; Murase, 2000; 2008b; Bateson, 2002). Such creative circulation processes are referred to as self–nonself (or endo–exo) circulation on the basis of the claim that "life" must be understood based on "life itself" in a self-consistent way (Murase, 2000).

A full understanding of our present-day problems now requires nothing less than a new conception of life itself. A "self-similar dynamic systems perspective" is necessary to explore the basic principles, irrespective of the scale of "living" nature considered. It is the "self–nonself circulation principle" originally given by Murase (2000) that could govern the emergent complexity typical of life.

2. Beyond the Limits of Western Scientific Thinking: Toward a Holistic (or Integrationist) Approach to Life

> *Richet (1900) emphasized the general phenomenon, "The living being is stable. It must be in order not to be destroyed, dissolved or disintegrated by the colossal forces, often adverse, which around it. By an apparent contradiction it maintains its stability only if it is excitable and capable of modifying itself according to external stimuli and adjusting its response to the stimulation. In a sense it is stable because it is modifiable—the slight instability is the necessary condition for the true stability of the organism."*
>
> *Walter B. Cannon*
> *"Organization for Physiological Homeostasis"*
> *Physiological Review, Vol. IX No. 3, 399 (1929)*

The centuries-old problem of "What is Life?" has not been solved satisfactorily, despite advanced studies of Western science (Schrödinger, 1967). This is probably not because we lack a complete knowledge of components, such as molecules, organelles, cells, or organs, at different hierarchical levels of life necessary for the reductionist approach of Western science. Instead, this is probably because we lack a holistic view that integrates fragments of knowledge at different hierarchical levels into a coherent framework essential to the integrationist approach of Eastern philosophy (Murase, 1996; 2000; 2008a; Gottwald, 2002).

Indeed, Western science has succeeded in progressively characterizing "nonliving" material things based on a reductionist approach. However, there is likely a serious problem if we apply the same approach to "living" systems, without questioning

its reliability in these extreme cases (Toynbee, 1988). Here, we should realize the presence of a two-fold problem: it is a serious problem that we hardly question the reliability of the Western scientific framework within the framework itself, in addition to the overarching problem of "What is Life?"

Let us, therefore, think about the basic principles of a reductionist approach typical of Western science, and identify "emerging problems" inherent to this approach related to its applicability to a living system. These problems are mutually interrelated with each other, as usual for "systems problems."

1) Life Beyond Materials

Using a reductionist approach, we have increasingly characterized the detailed "nonliving" components of "living" systems. Indeed, we are far too familiar with the traditional reductionist view that requires identifying elements at different levels of biological organization and understanding the relationships among different levels. On the basis of traditional reductionism, however, we cannot understand the difference between "living" and "nonliving" things because both are equally made of material molecules.

In other words, there appears to be a very sharp distinction between "nonliving" parts and a "living" whole; thus, it is very difficult to explain how a "living" whole emerges from "nonliving" parts. Relating to this sharp distinction, we can identify three different kinds of problems to be solved:

a) The first problem must be the origin-of-life problem, namely, how prebiotic materials began to exhibit life as a whole. To develop a new theory for the origin of life, Murase (2011) assumed that life's origin and subsequent evolution represent the *continuous complexation* of initially non-living—yet highly interacting—entities, and therefore simple principles could govern a great diversity of dynamic phenomena at any instance and at any level of the highly interacting entities. (see Section 4)

b) The second problem is simply the reverse of the first one. Based on the assumption of continuous complexation, we can identify the unique principles essential to the origin of life by investigating the dynamic organization—involving both structures and processes—typical of present-day life, which will be explained in some detail (see Section 3).

c) The third must be categorized as a counter-problem of the origin-of-life problem (Murase, 1996). What are the origins of disease, aging, and death, typical of present-day life? How do specific characteristics, such as disease, aging, and death, emerge from "living" processes? Murase (1996) proposed a theory of aging as an intra-individual evolutionary process driven by *natural selection* (Darwin, 1859) and *self-organization* (cf. Kauffman, 1993). Recently, the death of a living system has been described in terms of "neg-emergence" (Aguilar, 2009; Capra and Luisi, 2014). Indeed, Murase (1996) suggested that the process of aging toward death could be seen as a progressive process corresponding to the destruction of emergent properties at various levels of the entire organism (see Section 5).

2) Limits of a Dichotomous Perspective

The reductionists' approach assumes that there is a strict dichotomy between the "perceiving" subject (or endo) and "perceived" object (or exo), and that both are independent of each other (see Izutsu, 1975; Almanspacher and Dalenoort, 1994). Such assumptions, however, appear to be violated in the field of particle physics. Remember "Heisenberg's uncertainty principle" in modern physics. It became clear that observing a particle also perturbs the particle, and we cannot avoid the essential "uncertainty" regarding the state of the particle. The only way to make progress in our understanding is to predict the outcome of experiments statistically.

Surprisingly, similar problems have appeared in the "living" world due to complex interactions within systems, between systems, and beyond systems (Murase, 1992; Meadows, 2008; Scharmer, 2009; Zolli, 2012; Murase, M. and Murase, T., 2014; Doidge, 2015). For example, in "fractal" structures involving self-similarity, the particular characteristic patterns appear successively at descending and ascending scales, where their parts are similar in shape to the whole at any scale to the observer. It is possible to extend this fractal notion of self-similar static "structures" to self-similar dynamic "processes" essential to "living" systems.

A self-nested "living" systems perspective can eliminate the serious difficulty in resolving

problems concerning uncertainty because there is already uncertainty from the beginning. There is no sharp distinction between individual parts and an integrated whole, for both are "living" systems. We should now consider that there is no sharp distinction between the "perceiving" subject and "perceived" object, for we are both spectators and actors in the world (see Section 6).

3) Violations of Reproducibility Principles

Owing to the traditional dichotomy mentioned above, Western scientists have generally assumed that the outputs of an object in response to a particular input by a subject are consistent under identical conditions, known as the *reproducibility principle*.

Does this principle still hold in life? The answer is definitely "no." To understand life itself, we have to identify not only the "elements" of the organism, but also the "elementary processes" within the organism, between the organisms, and beyond the organism. Only then can normal states, disease states, and even senescent states be clearly interpreted in terms of "dynamic changes" in elementary processes as well as *plastic changes* in the elements (Murase, 1996).

Even in constant external environmental conditions, organisms are continually subject to "intrinsic instability" at any level and scale (cf. Cannon, 1929). It therefore must be emphasized that "transients" and "instabilities" are essential and advantageous to life because changes in the environment, regardless of whether they are constant or not, are important for successful adaptation, learning, and evolution.

In this sense, the reproducibility principle is not completely true; that is, we should not always expect that any biological system will show the same responses to the same stimuli (Murase, M. and Murase, T., 2013a; 2013b).

4) Toward a Complementarity Perspective

Relating to the traditional dichotomy of a subject or an object, we are very familiar with the dichotomy between "yes" and "no" with regard to any given statement. Contrary to this dichotomy perspective, there is an alternative *complementarity* perspective typical of Eastern philosophy, which is surprisingly similar to *Niels Bohr's complementarity principle* in modern physics (Bohr, 1985). It actually suggests that opposites are not mutually exclusive, but merely complementary to one another because they are thought to be different aspects of the same wholeness.

The complementarity perspective strongly suggests that there is no clear distinction between subject (or self) and object (or nonself). It is, therefore, the self–nonself (or the subject-object) circulation that must be a fundamental dynamical process in diverse "life" phenomena, as there is no definitely isolated subject nor clearly separated object.

The rest of this paper will deal with this self–nonself circulation theory in some detail on the basis of *continuous complexation* from the origin of life to the emergence of cognition in humans, and even to the origin of aging.

3. The Dynamic Nature of the Intercellular and Intracellular Society

> *Every cell must eat, communicate with the world around it, and quickly respond to changes in its environment. To help accomplish these tasks, cells continually adjust the composition of their plasma membrane and internal compartments in rapid response to need.*
>
> *Bruce Albers et al.*
> *Molecular Biology of The Cell, p. 695,*
> *Garland Science, New York, 2015*

1) A Body as an Intercellular Society

Our bodies develop as clones derived from a single fertilized cell with progressive cell division and differentiation of structure and function. The body is composed of two different kinds of cells: dividing cells, like skin cells and liver cells, and nondividing cells, such as nerve cells and muscle cells.

Figure 1 shows a schematic illustration of how our body is realized as a nested hierarchical "society," that is, an intracellular society within an intercellular society. Individual cells, both dividing and nondividing, have complex intracellular societies (see right panel of Figure 1 and Figure 2). It is interesting to realize the self-similarity: there are also parallels between the intercellular society within a human body and the human society in an ecological system.

2) The Intracellular Society: The Endocytic-

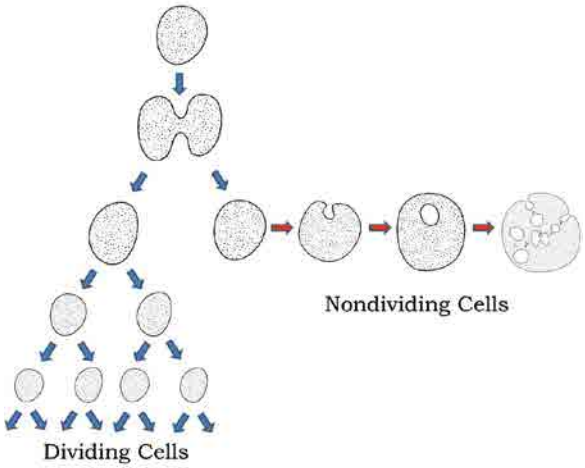


Figure 1: A body as an intracellular society within an intercellular society. Our body is composed of two different classes of cells: dividing and nondividing cells. Those cells are a clone of a single fertilized cell (shown at the top) subjected to successive cell division and cell differentiation. Although the complex intracellular society is only illustrated in the right panel, any cell has its own intracellular society.

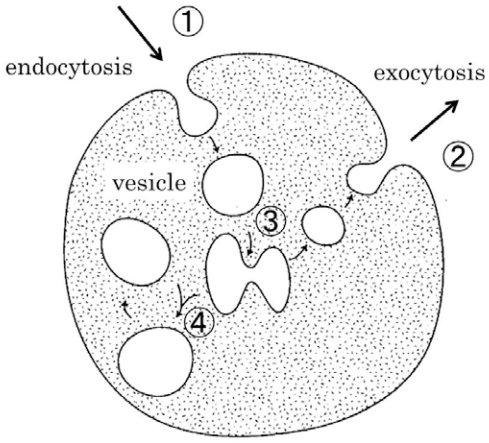


Figure 2: The dynamic characteristics of a living cell. Four different processes are represented: 1) the uptake of external molecules by endocytosis, 2) the secretion of molecules by exocytosis, 3) the budding of transporting vesicles, and 4) fusion of different vesicles.

Exocytic Cycle

For a long time, the adult nervous system was considered "static" based on its inability to generate new nerve cells through cell division; accordingly, the plasma membrane of nerve cells was dismissed as a passive, permeable barrier. This static view was far from the truth. We are now acknowledging the "dynamic" view that neurons undergo remarkable changes in morphology during early childhood as well as late adulthood in response to environmental stimuli (Doidge, 2015). The plasma membrane not only plays a dynamic role in intracellular signaling (Rothman, 1985), but also undergoes continuous cycles of endocytosis and exocytosis, as illustrated in Figure 2.

A small part of the plasma membrane is continually internalized in the process of endocytosis and it is conversely added to the cell surface in the process of exocytosis (Dautry-Varsat and Lodish, 1984; Bretscher, 1987). These dynamic cellular processes are responsible for the remarkable adaptability of nerve cells to environmental stimuli, but such dynamic processes are, of course, not determined by immediate gene instructions. Instead, they are driven by the coordinated activity of a complex metabolic network, since metabolic proteins serve as the main machineries of molecular recognition and catalysis and also determine the shape and structure of the cell.

Figure 2 summarizes the dynamic characteristics of a cell (cf. Rothman, 1994), including four main processes: 1) the uptake of external molecules by endocytosis, 2) the secretion of molecules by exocytosis, 3) the budding of transporting vesicles, and 4) fusion of different vesicles.

3) The "Self–Nonself (or Endo–Exo) Circulation Theory"

Reviewing most dynamic living phenomena, Murase (2000) proposed the "Self–Nonself (or Endo–Exo) Circulation Theory" of life. This theory can abstract the cyclic membrane processes of endocytosis and exocytosis involving the budding and fusion of vesicles (see Figure 2).

Figure 3 illustrates how the "Self–Nonself (or Endo–Exo) Circulation Theory" can describe the dynamic nature of a living cell summarized in Figures 1 and 2.

From a self-nested systems perspective, it is possible to assume that the simple principle of "continuous complexation" could govern not only the evolution of life, but also the origin of life (Murase, 2011). It is the self–nonself circulation principle that can govern a great diversity of dynamic phenomena at any instance and level of highly interacting entities, including initially non-living, yet highly interactive, entities providing a basis for the origin of life (see Section 4).

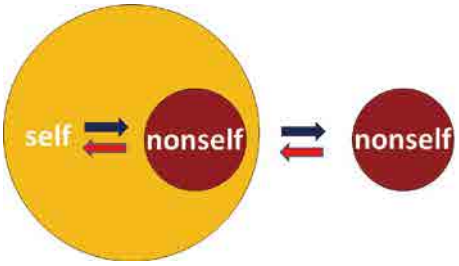


Figure 3: The "Self–Nonself (or Endo–Exo) Circulation Theory." This theory can abstract the cyclic membrane processes of endocytosis and exocytosis involving the budding and fusion of vesicles.

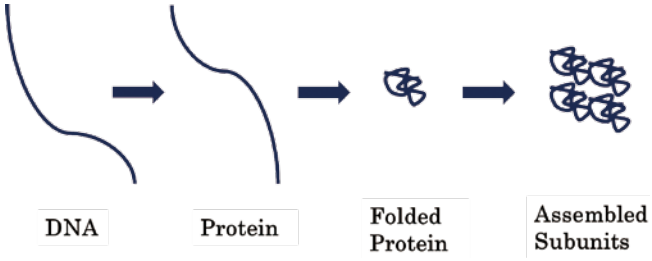


Figure 4: DNA sequences determine amino acid sequences of a protein. The resulting protein is self-folded within the information of amino acid sequences. The properly folded proteins act as "subunits" to form macromolecules.

4) Intracellular Protein Metabolism

After the astonishing discovery of the self-templating structure of DNA molecules (Watson and Crick, 1953), the "central dogma" was proposed, asserting that all amino acid sequences are determined by DNA base sequences (Crick, 1958). Newly synthesized proteins do not exist in the form of chains; instead, they exhibit self-folding to become "subunits." Several of these subunits exhibit self-assembly to form macromolecular structures. This process of self-assembly occurs on the basis of information contained in the subunits themselves.

Figure 4 shows how macromolecules are formed step by step from the information stored in DNA. It was originally considered that all of the information necessary for folding and subsequent self-assembly can be traced back to the "genetic" information in the form of DNA sequences. This leads to the gene instructionist view of life, in which the development and even aging of living organisms are thought to be fully determined by gene instructions.

Such a "gene-centric" view of life turned out to be too simplistic and even inaccurate for the following reasons (cf. Sporns, 1994; Murase, 1996).

a) Not all proteins and amino acids are specified by genetic codes. Some antibiotics in bacteria (Cavalier-Smith, 1991) and amino acid neurotransmitters in higher organisms (Bloom, 1981) are synthesized entirely by enzymes. Although the enzymes themselves are directly encoded by genes, the products of these enzymes are not.

b) Some newly synthesized proteins, indeed, contain the information necessary for proper folding and subsequent self-assembly within their amino acid sequences. Others, however, require interactions with sophisticated enzymes referred to as "molecular chaperones" (Craig, 1993; Agard, 1993).

When interactions with different kinds of proteins are taken into account, both the fate of subunits and the final conformations of macromolecules are no longer immediately controlled by gene instructions, just as the fate of cells and the final form of the body are not totally controlled by immediate gene instructions, but are generally determined by cell–cell interactions known as inhibition, induction, or competition. In this sense, "epigenetic" information is thought to reside not only in proteins themselves, but also in noncovalent protein–protein interactions. This can explain the origin of "emergence."

c) In addition to the self–nonself circulation process and the biogenesis of newly synthesized proteins based on genetic and epigenetic information, we should realize the dynamic nature of the intracellular society, which would provide us with deep insights into understanding how our society could work efficiently.

Let us consider supramolecular components of intracellular society, such as enzymes, cytoplasmic filaments, and membranes. They are not generated as single molecules connected by covalent bonds, but form a hierarchical organization by the noncovalent assembly of many subunits, as mentioned above. Such macromolecules are not "permanent" structures; they undergo continuous "disassembly" into small subunits and "reassembly" into large macromolecules (see Figure 5).

Unlike the covalent bonds that connect subunits of fixed structures, noncovalent protein–protein interactions between subunits can reversibly form and break. Therefore, the function of multisubunit

assemblies can be easily controlled by adding or removing subunits. For this reason, a single protein does not necessarily have a predetermined function. Instead, its function emerges only when the final combination of all of individual components is determined, as in the case of gene regulatory proteins. New functions arise by slight changes in the combination of multiple subunits among the limited pool of molecules.

Therefore, this combinatorial control has great advantages for both the evolution and development of complex living organisms.

d) The dynamic nature of intracellular molecules is more than this. In fact, the self-assembled macromolecules are frequently recognized by other proteins to form much more complex assemblies, and these complex assemblies then serve as new recognition targets by separate proteins, and so on.

Actually, such protein–protein interactions are essential to the biogenesis of plasma membranes, including vesicles named lysosomes and endosomes, the secretion of molecules by exocytosis, the uptake of external molecules by endocytosis, the catalytic activity of enzymes, the formation of gene regulatory proteins, the budding and fusion of transport vesicles, the dimerization or oligomerization of cell surface receptors in signal transduction, viral envelope assembly, and many other biological functions.

e) There now arises the mysterious relationship between individual component parts and an emerging whole. We are realizing that a portion of genetic information exists at the level of DNA sequences, but we are also learning the importance of epigenetic information in the form of protein–protein, subunit–subunit, or macromolecule–macromolecule interactions. Necessary information for the emerging whole system involves emergent processes.

This suggests that the identity of life must be ascribed not only to the constituent components, but also to dynamic processes. To understand life itself, in other words, we have to specify not only the elements, but also the elementary processes within the organism, between the organisms, and beyond the organism.

Figure 5 shows a schematic representation of how proteins and subunits form by intracellular dynamic interactions among constituent molecules, such as DNA, amino acids, proteins, subunits, and macromolecules. We used to think about the world with respect to time elapsed, where cause is assumed to precede effect, as shown in Figure 4. This is related to the gene-centric view that biological structure and function must be directly controlled by immediate gene instructions. We now understand the alternative view that simultaneities must be considered. This is a comprehensive or a field-like view, in contrast to a cause-and-effect or an arrow-like view.

If we consider particular molecules as "self,"

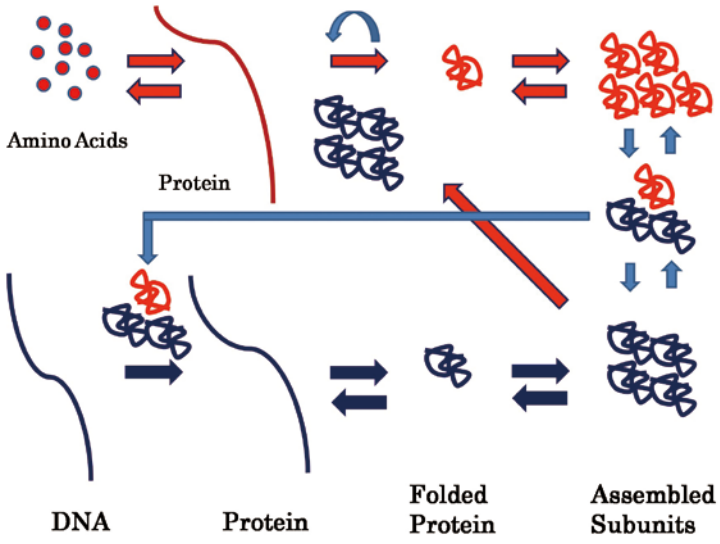


Figure 5: Intracellular dynamic interactions among constituent molecules, such as DNA, amino acids, proteins, subunits, and macromolecules.

and many other molecules as "nonself," then intracellular dynamics of different molecules can be realized as self–nonself circulation processes.

4. The Origin and Evolution of Life by Means of Self-Nonself Circulation

> *Can matter organize itself? In other words, can beings come into the world without parents, without ancestors? Here is the question to resolve.*
>
> *Louis Pasteur, 7 April 1864*
> *Cited From: Origins of Life: The Central Concepts, p. 3*
> *Jones and Bartlett Publishers, Inc., Boston, 1994*

Studying the origin of life requires a radical shift in our perceptions from a Western scientific view useful for explaining the "nonliving" material world to a holistic view adequate for dealing not only with present-day life under evolution, but also with the globally interconnected world-wide living system as a whole.

Traditionally, studies on the origin of life have focused on self-replicating units, either one-dimensional polymers (Eigen and Schuster, 1979; Cech, 1986; Gilbert, 1986; Kiedrowski, 1986; Tjivikua, Ballester, and Rebek, 1990; Kauffman, 1993; Joyce and Orgel, 1993) or three-dimensional vesicles (Morowitx, Heinz, and Deamer, 1988; Luisi and Varela, 1989; Bachmann, Luisi, and Lang, 1992), but not both. Because there were no interactive processes between the two different hierarchical levels, such as polymers and vesicles, most studies have failed to explain how initially nonliving entities show continuous complexation, ultimately leading to the origin of life.

Murase (2011) assumed that there are both random polymers and membrane-bounded vesicles. Polymers are future candidates for self-replicating genetic systems that evolve by natural selection (Darwin, 1859); whereas vesicles or "endo-systems" (Wassenaar, 1994) or "selves" have their own boundary membranes that can contain micro-environments favorable for polymers, as these are isolated from the external environment or "exo-world" (Wassenaar, 1994).

Murase (2011) proposed a new paradigm of "self–nonself (or endo–exo) circulation," describing the interactive processes between two different hierarchical levels, such as the self or endo-system and the nonself or exo-world. A principle of self–nonself circulation would govern the origin and evolution of life, and would also explain the dynamic organization typical of present-day life (Murase, 1996; 2000; 2008a: 2008b).

Figure 6 illustrates how a self (or a closed endo-system) not only shows a distinct identity from the open environmental nonself (or the exo-world), but also undergoes evolution by mutation and "weak selection" in the context of a combination

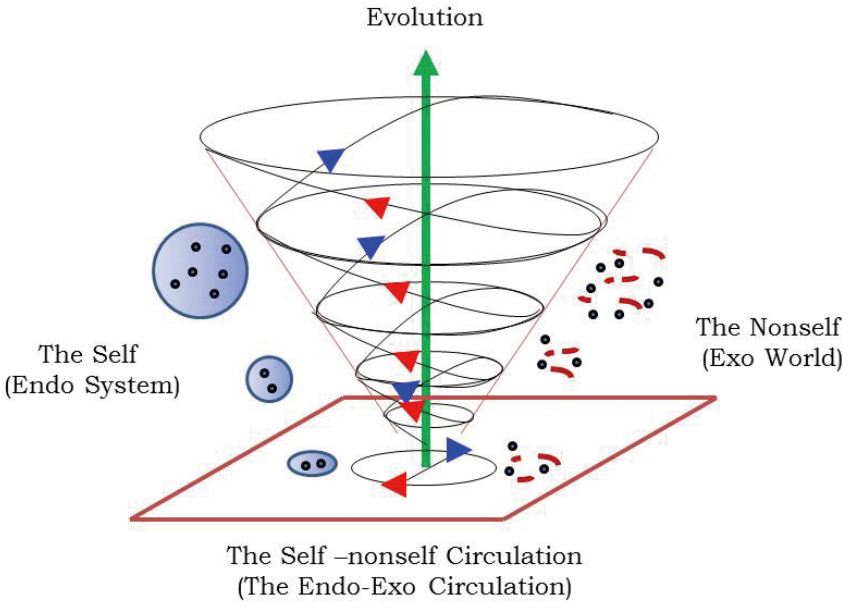


Figure 6: Evolution of a closed endo-system by means of self–nonself (or endo–exo) circulation.

of elements. A self (or a closed endo-system) can maintain its identity, as it has boundaries that isolate internal materials from the nonself (or the exo-world).

Suppose that such a self (or a closed endo-system) is subject to formation—deformation cycles, as shown in the lower panel—that is, the boundaries are broken, allowing the entry of new elements from the nonself (or the exo–world), and then they are resealed. At each cycle, the closed endo-system does not retain the same composition as it had previously, but instead evolves in a spiral fashion, as shown in the upper panel. This interactive process between the self (or the endo-system) and the nonself (or the exo-world) is referred to as self–nonself (or endo–exo) circulation.

What mechanisms initially drive the self-nonself (or endo–exo) circulation on the prebiotic Earth? We should realize that there are two very different kinds of molecules: some molecules readily forming linear polymers upon dehydration (Usher, 1977) and other molecules spontaneously aggregating to create closed vesicles upon hydration (Hargreaves et al., 1977; Hargreaves and Deamer, 1978). Thus, dehydration-hydration cycles (Deamer and Barchfeld, 1982) can be one of the plausible mechanisms of the endo-exo circulation, by which many different kinds of polymers and vesicles are alternately generated and degenerated. Such drying-wetting cycles must have occurred in the prebiotic environment, particularly at intertidal zones, just as today (Deamer et al., 1994). Although emphasis was placed on the encapsulation of various solutes by closed vesicles (Deamer and Barchfeld, 1982), this evidence suggests that the dehydration–hydration cycles would drive the self-nonself (or endo–exo) circulation.

Figure 7 shows the co-evolution of polymers and vesicles by self–nonself (or endo–exo) circulation, driven by drying–wetting cycles. Such cycling environments are initially required as the external "drive" (see the bottom panel).

Polymerization is driven during the dehydration phase; vesicles tend to fuse into multilayered structures that could trap solutes within single membranes or between alternating membranes, thereby bringing a variety of molecules into close contact with one another (see the middle panel on the right side).

Here, membranes are indicated by circles (on the left side) or straight lines (on the right side). Polymers and monomers are represented by curves and dots, respectively. Via intermolecular interactions, the molecules might be weakly selected at any instance.

Upon hydration, many kinds of polymers and vesicles would be produced. Some vesicles could encapsulate nearby solutes, including polymers. There may, of course, be some amount of truncation selection in which vesicles that develop weak membrane structures are removed for maintenance. In this sense, selection would occur at any level of the hierarchy. During another round of dehydration, the encapsulated pre-existing polymers would have an ordering effect on other encapsulated monomers because they could serve as "templates" to direct replication effectively in a narrow space of multilayered structures (Deamer and Barchfeld, 1982).

Upon rehydration, many different vesicles are formed again from multilayered structures,

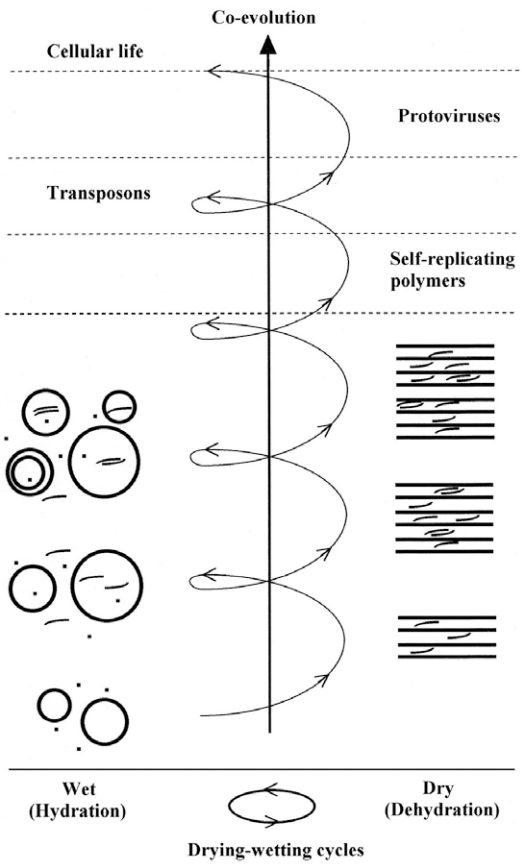


Figure 7: Co-evolution of polymers and vesicles by self–nonself (endo–exo) circulation, driven by drying–wetting cycles.

some of which would enclose the solute molecules including original templates and several copies. The first self-replicating polymers, transposable elements, and protoviruses would be driven to co-evolve before the autonomous cellular life (see the top panel). Note that self-replication is the derived character of the self–nonself (endo–exo) circulation. The origin of autonomous cellular life can be defined by the events that an autonomous system of self–nonself (or endo–exo) circulation would arise to take over.

As described in Section 3 (see Figure 2), endocytic–exocytic cycles emerge as autonomous self-nonself circulation processes typical of present-day life. Molecular dynamics, such as the encapsulation of pre-existing molecules and protein–protein interactions, can be realized as intercellular dynamics (see Figure 1) and intracellular dynamics (see Figures 2 and 5).

5. The Origin and Evolution of Aging

> *Aging is a puzzling phenomenon for the theory of evolution by natural selection. The basic intuition of Darwin was that adaptation could be explained by the enhanced survival rates of individuals with heritable attributes that fostered survival and reproduction. … So how does it happen that evolution has so frequently produced organisms with survival and reproductive rates that decline with adult age?*
>
> *Michael R. Rose*
> *Evolutionary Biology of Aging, p. 3*
> *Oxford University Press, Oxford, 1991*

Many thousands of different molecules are organized into a complex molecular metabolic network. As one progresses from small subunits to large macromolecules in this hierarchical organization, the functions that the large macromolecules can perform become more remote from those specified by immediate gene instructions and hence more elaborate and flexible. We thus see that adaptive cellular behavior emerges out of the coordinated activity of the complex network of molecular metabolism.

As long as this complex network operates effectively, the cell—independent of whether it is dividing or differentiated—can continually adapt to environmental changes. However, at the same time, this complex network is always subject to the threat of collapse to a short-circuit "catastrophe," leading to selfish behavior, as in the case of the hypercycle (cf. Eigen and Schuster, 1979), because it is impossible to avoid dynamic variability.

We can begin by considering how natural selection operates at the level of molecules within a single non-dividing cell (Murase, 1996; 2008b). A "normal" intracellular environment is shown in Figure 8a. Here, a number of different circles are used to denote a variety of molecules in different states of synthesis and degeneration. Together, they form a dynamic stable state. All cell molecules in a dynamic intracellular environment are possible targets of mutation and natural selection. Although the endocytic-exocytic cycles and many other vesicles are omitted for simplicity, we should remember that a dynamic intracellular society is maintained due to self-nonself circulation.

Targeted molecules, which become non-degenerative in nature, may begin to accumulate within the cell. This situation can be seen in Figure 8b, which shows a single molecule that changed from ○ to ■ by mutation or external influences. The resultant deformed molecule causes nearby normal molecules to become abnormal and, in doing so, acts very much like a kind of intracellular "cancer." Eventually, the accumulation of abnormal molecules destroys the cell. This process is the origin of all neurodegenerative disorders.

Of course, structural variability can give rise to additional variability in the resulting dynamics. Even without any structural variability, however, dynamic variability can still arise. Just as structural components or "elements" are exposed to random variation, self-organization and natural selection, dynamic processes or "elementary processes" may be also subject to variation, self-organization and natural selection, independent of whether structural variability is present or not.

To understand this possibility, let us consider membrane-bound proteins, such as the amyloid precursor protein (APP) of beta-amyloid (Murase, 1996). Like other macromolecules formed from many subunits, the plasma membrane is not a permanent structure; it is continually removed and added by endocytic–exocytic cycles, by which APP is recycled back to the plasma membrane. Some APP is further affected by the endosomal–lysosomal pathway and ends up in lysosomes,

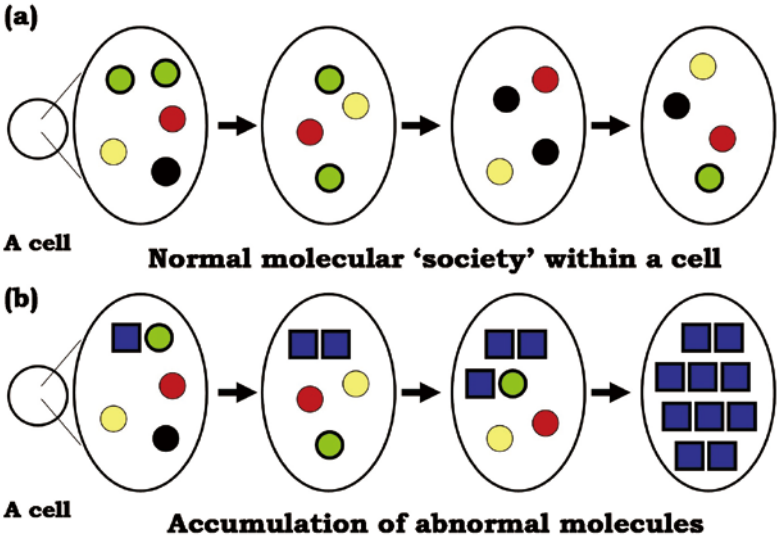


Figure 8: Molecular society within a single non-dividing cell in (a) normal and (b) abnormal cases.○ and■ denote normal and abnormal molecules, respectively

where it is degraded by proteases for the recycling of amino acids. Here, self-nonself circulation plays important roles during the recycling of the plasma membrane and of amino acids.

Such recycling not only maintains a steady-state distribution of membrane components essential to the homeostasis of a cell, but also coordinates the cellular processes responsible for the cell's adaptability to its changing environment; it provides a potential short-cut to selfish dynamics in the absence of structural variability.

These selfish dynamics, in turn, may trigger structural variability or the formation of denatured proteins. Then, denatured proteins begin to accumulate because the dynamic processes, like structural components, are further subject to random mutations, self-organization, and natural selection. Consequently, there are different ways in which structural and dynamic variability arise, as suggested by studies of defects in intracellular protein trafficking.

Now, it is clear that self–nonself circulation is a double-edged sword. On the one hand, such dynamical processes can generate the dynamic steady states necessary for the maintenance of life itself; on the other hand, they can result in shortcuts to selfish dynamics, leading to "aging" or "disease" states. We therefore consider both benefits and wonders, despite potential risks that develop only after time delays. Situations of this kind must be the same as those in our living world. Our efforts to solve social problems often cause further problems, beyond our expectations. Independent of the scales of systems, systemic problems always exist; we are surrounded by benefits and wonders, but we are also individually subject to health and disease from within.

In Section 6, let us consider how our perception works and fails to work in the context of self–nonself (or subject-object) circulation.

6. The Emergence of Dynamic Patterns: Visual Illusion

> *Art and cognition have always stood as two convex mirrors each reflecting and amplifying the other.*
>
> *Robert L. Solso*
> *Cognition and the Visual Arts, pp.xiiv*
> *The MIT Press, London, 1993*

We have often been confronted with opposition or contradictions. A typical example given by Roger Penrose is known as the Penrose impossible triangle, as shown in Figure 9 (Left). He created this image in 1958. Inspired by this illustration, Richard Gregory made a real model in 1967, as illustrated in Figure 9 (Right).

This seems to be a compatible contradiction. How does this happen? When we see a three-dimensional object, it is projected onto a two-dimensional retina. We lose information along the depth dimension. Rotating the object, we

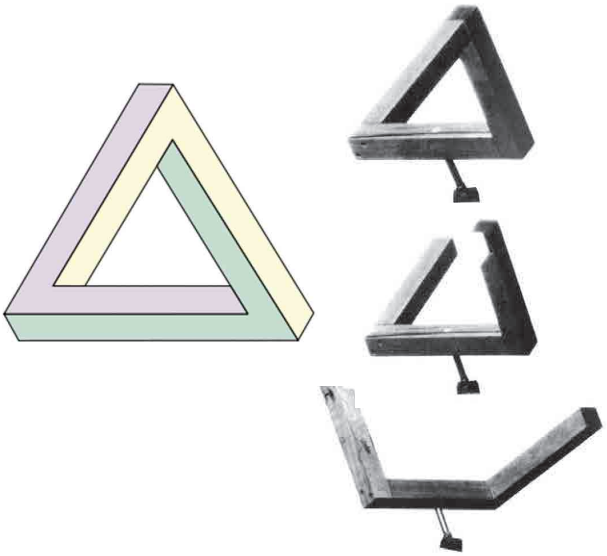


Figure 9: Roger Penrose impossible triangle (Left) http://en.wikipedia.org/wiki/File:Penrose_triangle.svg. A Real model made by Richard Gregory (Right). The same object shows different structures depending on the orientation.

see quite different structures, as shown in the top, middle, and bottom panels. Only when we observe the object from a certain orientation does the impossible triangle appear. This suggests that seemingly conflicting results are compatible when hidden variables or missing dimensions are considered.

Much more complex phenomena are found in phantom sensations. Even for a static visual stimulus, dark squares can appear and disappear endlessly, as illustrated in Figure 10. The visual illusion in this case can be understood in the following three steps.

First, there is a combination of local activation with lateral inhibition; local activation is simply from the incident light and lateral inhibition is the inhibition of neighboring retinal cells. When a retinal cell is excited by light, it inhibits its neighbors (see right panel of Figure 10). Thus, a cell at the intersection has a greater number of illuminated surrounding neighbors than a cell in a white corridor and is inhibited more strongly than a corridor cell. As a result, a dark square appears.

Next, let us consider the opposite case, as illustrated in Figure 11.

Besides the neurons that respond to light, there are also neurons that can respond to darkness. These opposing neurons also show lateral inhibitions; therefore, intersections appear to be bright.

Finally, let us consider how the visual illusion disappears. Please look at Figure 12. When lateral inhibition occurs along an inclined line upon phantom dark squares, the squares disappear. Neurons therefore respond not only to the real stimulus, but also to their own outputs. This means that there is no clear distinction between the real object and the pseudo object. Interestingly, when white ellipses are drown, the dark square disappears at the central intersection, although the dark squares are still observed in the other intersections of the white corridors. Our perception, therefore, creates phantom sensations.

Again, it is clear that the self-nonself (or subject-object) circulation, which is necessary for understanding the outside world, has the potential to lead to phantom sensations.

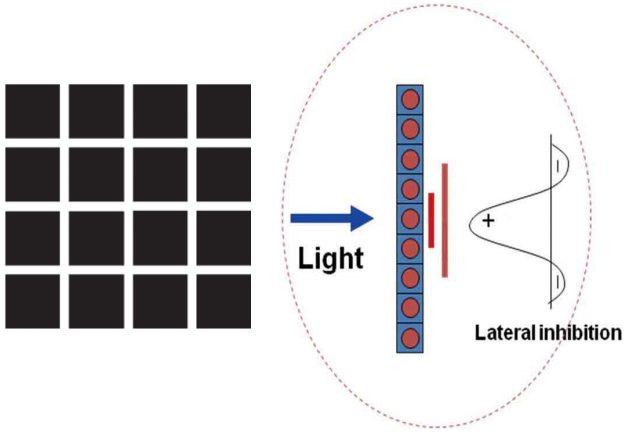


Figure 10: Visual illusion. Dark squares appear at the intersections of the white corridors. A schematic illustration of the retinal neural net is shown on the right. A retinal cell excited by light inhibits its neighbors.

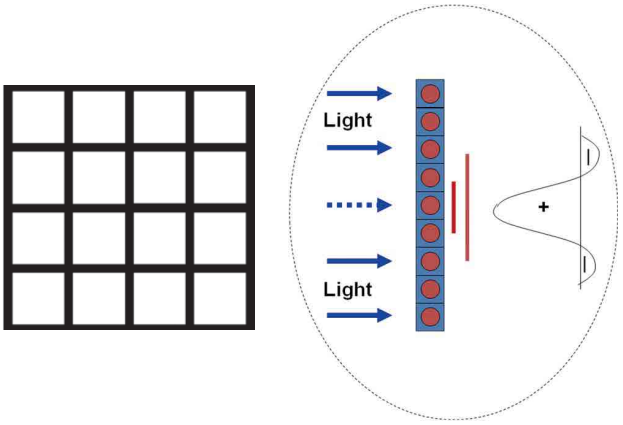


Figure 11: Visual illusion: bright squares appear at the intersections of black corridors. A schematic illustration of the retinal neural net is shown on the right. A retinal cell excited by darkness inhibits its neighbors.

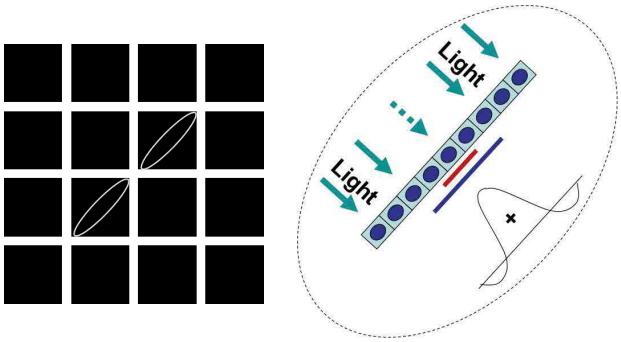


Figure 12: Visual illusion: The dark square disappears at the central intersection when white ellipses are drown, while the dark squares are still observed in the other intersections of the white corridors. A schematic illustration of the retinal neural net is shown to the right. A retinal cell excited by darkness inhibits its neighbors.

7. Discussion

> *The crisis of our time isn't just a crisis of a single leader, organization, country, or conflict. The crisis of our time reveals the dying of an old social structure and way of thinking, an old way of institutionalizing and enacting collective social forms.*
>
> *C. Otto Scharmer*
> *Theory U: Leading from the Future as It Emerges, p. 2*
> *Berrett-Koehler Publishers, Inc., San Francisco, 2009*

From "Emerging Self-consistent Life Philosophy" in Section 1 to "The Emergence of Dynamic Patterns: Visual Illusion" in Section 6, we have discussed six different topics. The present situation seems similar to the famous story about *six blind men and the elephant.*

In this story, the individual men had quite different impressions of the same animal, interpreting it as a wall, a snake, a spear, a tree, a fan, and a rope. Each of these answers described a different part of the same animal. It was not a question of which answer was correct and which was not. The real question must be: "By considering complementary perspectives, how do we acquire an improved understanding within limited constraints?"

Lessons learned from this famous story provide deep insights into the "truth" beyond complexity.

1) Realization of the Two-Fold Problem

Unexpected interrelations among different human and nonhuman systems (Zolli, 2012) result in a huge "living" Gaia system involving systems nested within systems, referred to as "self-nested hierarchical systems." Most major problems in our present age have been poorly understood because they are "emerging systemic problems" (cf. Capra and Luisi, 2014). How could we understand and solve these emergent problems?

Situations of this kind are truly relevant to attacking the question "What is Life?" Despite advanced studies in science and technology, we hardly understand "life" as a whole, and so we have failed to develop medical therapies effective against emergent diseases, such as cancer (cf. Brock et al., 2009). Remember the two-fold problem (described in Section 2): it is a serious problem that we hardly question the reliability of the Western scientific framework within the framework itself, in addition to the general problem, "What is Life?"

In attacking the two-fold problem, we should realize that it can be solved in a self-consistent manner; life will always be a process of cognition, and living systems are cognitive systems (Murase, 2000; Gottwald, 2002). The present paper showed that the simple principle of self–nonself circulation could be deduced from the demand that the underlying principles should be self-consistent, regardless of the scale with which we are concerned. Once we have realized such a self-consistent theoretical framework, it becomes possible to understand most emerging problems as follows.

2) What is a Crisis?

Although our world is full of emerging systemic problems, most ultimately must be seen as different facets of a single crisis, like the story of *six blind men and the elephant.*

What is a crisis? It must be a crisis of our perceptions (Scharmer, 2009; Capra and Luisi, 2014). This is good news—if we can change our perceptions with respect to the "living" world, it will be possible to recognize emerging problems and thus to let them disappear, just like visual illusion (see Figure 12).

3) What is Cognition?

As there is a crisis of our perception, let us

examine the problem "What is Cognition?" We are familiar with the Western scientific view that there is a very sharp distinction between the perceiving subject and perceived object. However, when we try to understand our cognitive process, the lack of a clear distinction between subject and object is a serious issue; we are both spectators and actors in the world at the same time.

As illustrated in Figure 13, the only way to understand the problem "what is cognition?" is to construct a new framework involving both the perceiving subject and perceived object in a circulating manner. Here, induction and deduction, represented by two different arrows, correspond to endocytosis and exocytosis in the case of cellular dynamics (see Figure 2).

A "self–nonself circulation" process would operate not only during the developmental history of an individual human, including aging, but also during the evolutionary history of life itself as well as cognitive function, as all of these are undoubtedly products of the continuous actions of life in the world and, simultaneously, unavoidable reactions (Murase, M. and Murase, T., 2013a; 2013b; 2014; 2015; Murase et al. 2017).

4) Integrationists' Approach: Fighting Like with Like

For the development of an integrationists' approach, we should not consider opposing views as mutually exclusive, but instead as complementary. In this way, we should not consider "emerging problems" as inherently bad, for there must be complementary aspects of the problems that lead to good outcomes.

Figure 14 summarizes the wholeness within us, around us, and beyond us. Due to self-nested hierarchical structures, relationships between subjects and objects appear everywhere, within the subjective world as well as the objective world.

It is, therefore, possible to use the same "systemic forces" that generate the "systemic problems" in the first place to attack problems. In trying to cope, we can fight *like with like*.

5) Emerging Problems as Perceptive Illusions?

Section 6 deals with visual illusion. Indeed, we have demonstrated the recognition of dark squares at the intersections of white corridors in Figure 10. However, when white ellipses are placed near the center, as in Figure 12, we realized that the visual

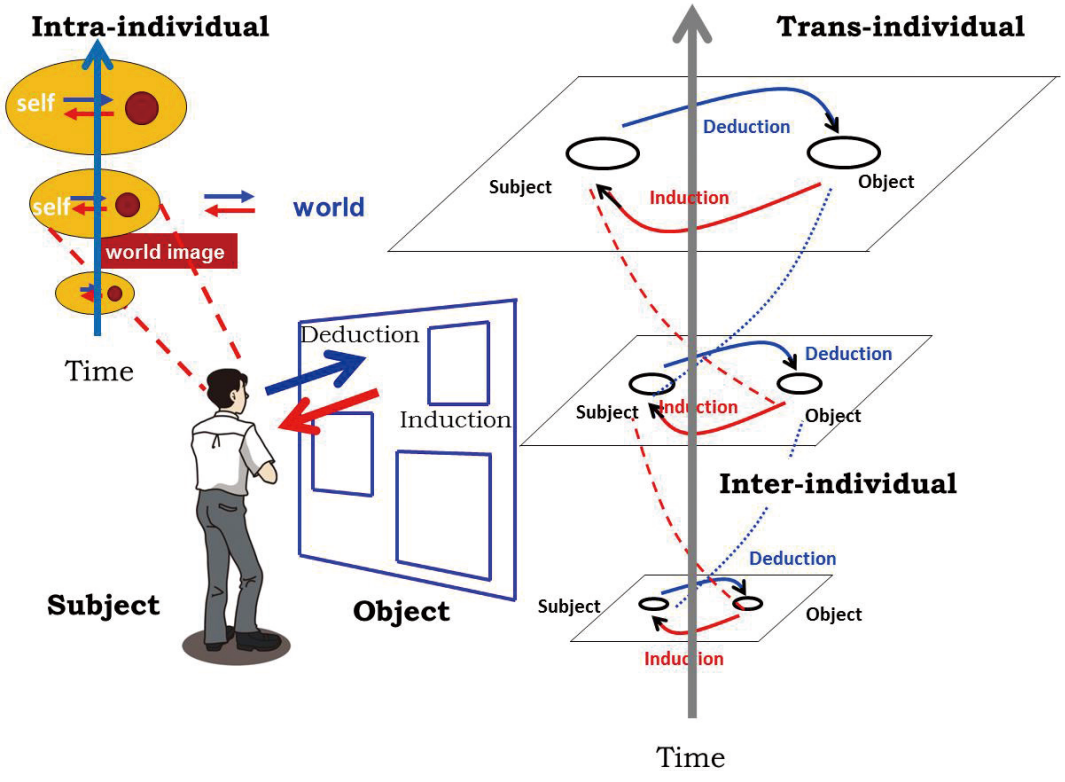


Figure 13: How we recognize the outside world.

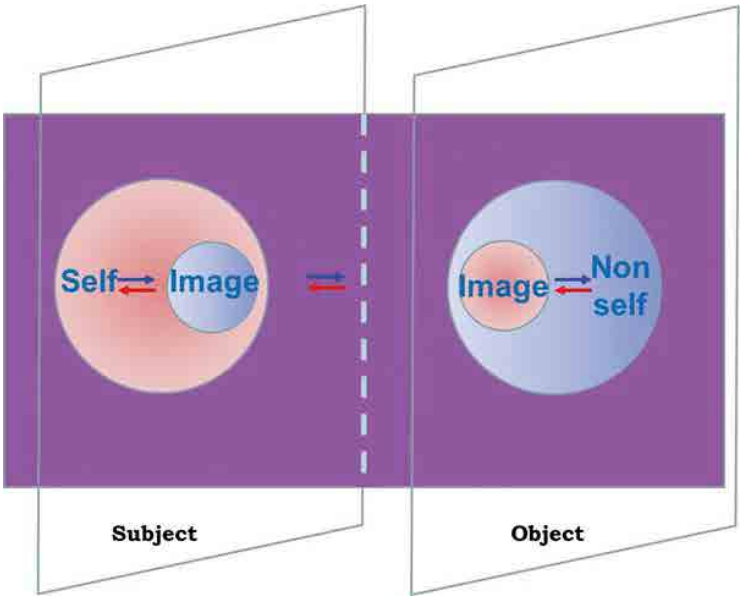


Figure 14: Self-nested dynamics.

illusion could be more or less suppressed in that area.

This experience is instructive in three ways with respect to dealing with "emerging systemic problems" in our world.

a) We human beings must be considered parts of "systemic problems." Just as a visual illusion does not exist without a perceiving subject, emerging systemic problems are not possible without thinking human beings. Intensive efforts to deal with emerging problems may be useless and even harmful, as these additional efforts may result in further emerging problems. Instead of adding additional "forces," it may be useful to "pull down" the forces that already exist.

b) We already know that a visual illusion will appear independent of subjects. As long as an observer is present, it is impossible to avoid a visual illusion. Similarly, as a person is considered a part of "systemic problems," even if the person is replaced by another person, such problems cannot be solved (cf. Meadows, 2008).

c) We have shown that a visual illusion can disappear, even if a perceiving subject is operating. A visual illusion disappears only when we modify different structures, apart from locations that exhibit the illusion. The problems of our world may disappear not by dealing with the problems themselves, but by changing quite different systems structures.

Conclusion

It is clear that a very simple principle of sel-nonself (end-exo) circulation could govern not only present-day living cells, but also the origin of life, the emergence of aging, cognition of the outside world, and even visual illusions. This means that we are self-nested hierarchical systems.

Based on this principle of sel-nonself (end-exo) circulation, we have to consider both nature and nurture, and not one or the other. They are linked together and inseparable via dynamic processes, such as circulation. Such endless circulation between nature and nurture—or between self (or endo) and nonself (or exo) in the terminology of Murase's theory—gives rise to the emergence of new systems. It is the new systems that account for both creative and destructive features of life. The latter can be defined as systemic problems.

Our world, involving humans and surrounding environments, is full of complexity. What is Complexity? It has often been characterized by unpredictability, diversity, contradictions, and opposition. Actually, we have failed to understand how minor events can lead to sudden "emerging successes," leading to miraculous advances in science and technology or "abrupt disruptions," such as global financial crises and unexpected consequences, even without natural disasters or human errors (Bak, 1996).

What can we do to resolve such emerging systemic problems? We now need a Copernican revolution for paradigm shifts in our cognition. We should apply the same "systemic forces" that generate the "systemic problems" in the first

place. We can fight like with like in trying to cope. Paradoxes involving contradictions and opposition must be the source of creative problem-solving, as they cause emergent problems.

Acknowledgements

This work was supported by the *International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University* and by *JSPS, KAKENHI: Grant-In-Aid for Challenging Exploratory Research No. 26560136.* This work was also supported by the *Future Development Funding Program of Kyoto University Research Coordination Alliance.*

References

Agard, D. A. (1993) To fold or not to fold, *Science*, **260**, 1903-1904

Aguilar, A. L. C. ed. (2009) What is Death? Rome: Ateneo Pontificio Apostolorum

Albers, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K. and Walter, P. (2015) *Molecular Biology of The Cell: Sixth Edition*, p. 695, New York: Garland Science

Bachmann, P. A., Luisi, P. L. and Lang, J. (1992) Autocatalytic self-replicating micelles as models for prebiotic structures, *Nature* **357**, 57-59

Bak, P. (1996) *How Nature Works: the Science of Self-Organized Criticality*, New York: Springer-Verlag Inc.

Bateson, G. (2002) *Mind and Nature: A Necessary Unity*, Cresskill: Hampton Press, Inc.

Bloom, F. E. (1981) Neuropeptides, *Scientific American*, **245** No. 4, 148-168

Bohr, N. (1985) Light and Life, in: *Niels Bohr*, eds. A. P. French and P. J. Kennedy, pp. 311-319, Cambridge: Harvard University Press

Bretscher, M. S. (1987) How animal cells move, *Scientific American*, **257**, No. 6, 70-76

Brock, A., Chang, H. and Huang, S. (2009) Non-genetic heterogeneity—a mutation-independent driving force for the somatic evolution of tumours, *Nature Reviews Genetics*, **10**, 336-342

Cannon, W. B. (1929) Organization for physiological homeostasis, *Physiological Reviews*, **9**, 399-431

Cech, T. R. (1986) A Model for the RNA-catalyzed replication of RNA, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **83**, 4360-4363

Capra, F. and Luisi, P. L. (2014) *The Systems View of Life: A Unifying Vision*, Cambridge: Cambridge University Press

Cavalier-Smith, T. (1991) The Evolution of Cells, in: *Evolution of Life: Fossils, Molecules, and Culture*, eds. S. Osawa and T. Honjo, Tokyo Springer, pp. 271-304

Craig, E. A. (1993) Chaperones: helpers along the pathways to protein folding, *Science*, 260, 1902-1903

Crick, F. H. C. (1958) On protein synthesis, *Symposia of the Society for Experimental Biollogy* **12**, 138-163

Darwin, C. (1859) *The Origin of Species by Means of Natural Selection. Reprint edition*, New York: Prometheus Books.

Dautry-Varsat, A. and Lodish, H. F. (1984) How receptors brinbg proteins and particles into cells, *Scientific American*, **250**, No. 5, 52-58

Deamer, D. W. and Barchfeld, G. L. (1982) Encapsulation of macromolecules by lipid vesicles under simulated prebiotic conditions, *Journal of Molecular Evolution* **18**, 203-206

Deamer, D. W. and Fleischaker, G. R. (1994) *Origins of Life: The Central Concepts*, Boston: Jones and Bartlett Publishers, Inc.

Deamer, D. W., Mahon, E. H. and Bosco, G, (1994) Self-assembly and function of primitive membrane structures, pp. 107-123, in: *Early Life on Earth*, ed. S. Bengtson, New York: Columbia University Press

Doidge, N. (2015) *The Brain's Way of Healing: Stories of Remarkable Recoveries and Discoveries*, UK: Penguin Books

Eigen, M. and Schuster, P. (1979) *The Hypercycle: A Principle of Natural Self-Organization*, Berlin: Springer

Gilbert, W. (1986) The RNA world, *Nature* **319**, 618

Gilbert, S. F. and Epel, D. (2009) *Ecological Developmental Biology: Integrating Epigenetics, Medicine, and Evolution*, Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

Gottwald, F.-T. (2002) Life - A problem inherent in the research context, in: *What is Life? Scientific Approaches and Philosophical Positions*, eds. H.-P. Dürr, F.-A. Popp, and W. Schommers, pp25-37, Singapore: World Scientific

Gregory, R. L. (1998) *Eye and Brain: The Psychology of Seeing, Fifth Edition*, Oxford: Oxford University Press

Hargreaves, W. R., Mulvihill, S. and Deamer, D. W. (1977) Synthesis of phospholipids and membranes in prebiotic conditions, *Nature* **266**, 355-357

Hargreaves, W. R. and Deamer, D. W. (1978) Liposomes from ionic, single-chain amphiphiles, *Biochemistry* **17**, 3759-3768

Izutsu, T. (1975) The Interior and Exterior in Zen Buddhism, in: *Correspondences of Man and World*, eds. A. Portmann, R. Ritsema, and E. J., Leiden: Eranos Yearbook 1973

Joyce, G. F. and Orgel, L. E. (1993) Prospects for understanding the origin of the RNA world, pp. 1-25, in: *The RNA World*, eds. R. F. Gesteland and J. F. Atkins, New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press

Kauffman, S. A. (1993) *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, New York: Oxford University Press

Kiedrowski, G. von. (1986) A self-replicating hexadeoxynucleotide, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **25**, 932-935

Luisi, P. L. and Varela, F. J. (1989) Self-replicating micelles: a chemical version of a minimal autopoietic system, *Origins Life and Evolution of Biosphere* **19**, 633-643

Meadows, D. H. (2008) *Thinking in Systems: A Primer*,

Vermont: Chelsea Green Publishing
Morowitx, H. J., Heinz, B. and Deamer, D. W. (1988) The chemical logic of a minimal protocell, *Origins Life* **18**, 281-287
Murase, M. (1992) *The Dynamics of Cellular Motility*, New York: John Wiley & Sons
Murase, M. (1996) Alzheimer's Disease as Subcellular 'Cancer'—The Scale-Invariant Principles Underlying the Mechanisms of Aging— *Progress of Theoretical Physics, Vol. 95, No. 1, 1-36*
Murase, M. (2000) Life as History: The Construction of Self-Nonself Circulation Theory, Kyoto: Kyoto University Press
Mura*se, M. (2008a) Endo–exo circulation as a paradigm of life: Towards a new synthesis of Eastern Philosophy and Western Science, Progress of Theoretical Physics Supplement No. 173, 1-10*
Murase, M. (2008b) Environmental pollution and health: an interdisciplinary study of the bioeffects of electromagnetic fields, SNSAI, An Environmental Journal for the Global Community, No.3, 1-35
Murase, M. (2011) The origin and evolution of life by means of endo–exo (or self–nonself) circulation, Viva Origino 39 (1) 7-10
Murase, M. (2016) Challenging from the Advanced Future Studies, Journal of Integrated Creative Studies, No.2016-018-d
Murase, M. and Murase, T. (2013a) Constructive Cognition: Extension of Self–nonself Circulation Theory, Journal of Quality Education, 5, 29-51
Murase, M. and Murase, T. (2013b) Investigating polluted environment adaptation syndrome based on structuralism: A perspective of self-nonself circulation theory as a unified theory of life, Japanese Journal of Clinical Ecology, 22, 80-91
Murase, M. and Murase, T. (2014) Structuralism revisited: On the basis of self-nonself circulation theory, Journal of Quality Education, 6, 27-43
Murase, M. and Murase, T. (2015) Synchronization of Arts and Sciences: The Essence of Mind and Problem of Education, Journal of Quality Education, 7, 1-28
Murase, M., Murase, I. and Murase, T. (2017) Towards the Origin of Learning and Playing: From the Perspective of Self-nonself Circulation Theory, Journal of Quality Education, 8, 1-29
Pitot, H. C. (1986) Fundamentals of Oncology: Third Edition, Revised and expanded, New York: Marcel Dekker, Inc.
Rose, M. R. (1991) Evolutionary Biology of Aging, Oxford: Oxford University Press
Rothman, J. E. (1985) The compartmental organization of the Golgi apparatus, Scientific American, 253, No. 3, 84-89
Scharmer, C. O. (2009) Theory U: Leading from the Future as It Emerges, San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, Inc.
Schrödinger, E. (1967) What is Life? Cambridge: Cambridge University Press
Solso, R. L. (1993) Cognition and the Visual Arts, London: The MIT Press
Sporns, O. (1994) Selectionist and Instructionist Ideas in Neuroscience, in: Selectionism and the Brain, eds. O. Sporns and G. Tononi, San Diego: Academic Press, pp. 3-26
Tjivikua, T., Ballester, P. and Rebek, J. (1990) A self-replicating system, Journal of the American Chemical Society 112, 1249-1250
Toynbee, A. (1988) A Study of History: Illustrated, New York: Portland House
Usher, D. A. (1977) Early chemical evolution of nucleic acids: a theoretical model, Science 196, 311-313
Varela, F. J., Thompson, E. and Rosch, E. (1991) The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience, Cambridge: The MIT Press
Wassenaar, J. S. (1994) Circular causality and the Human self-organized endo-exo interface, pp. 331-346, in: Inside Versus Outside, eds. H. Atmanspacher and G. J. Dalenoort, Berlin: Springer
Watson, J. D. and Click, F. H. C. (1953) Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid, Nature, 171, 737-738
Zolli, A. (2012) Resilience: Why Things Bounce Back, New York: Simon & Schuster

Chapter 9
Zero and Emptiness (Vacuum/Void) in Physics and Chemistry

Kazuyoshi Yoshimura

In this chapter, I will explain what the absolute zero and the absolute emptiness (vacuum/void) are in the fields of quantum physics and chemistry. At first one likely believes that there is nothing—no particles at all—in the vacuum state. Is it correct? The importance of this question even extends to other fields, including philosophy and religion. To answer this question, we must examine the history of modern physical sciences since the early 20th century. Here, I will discuss quantum physics and chemistry, especially solid-state quantum physics and chemistry.

A vacuum is defined as a space entirely devoid of matter, in which there are no particles. However, in Albert Einstein's theory of relativity, energy (E) and mass (m) are equivalent and can be interconverted. Thus, energy can produce matter, and vice versa, according to

$$E = mc^2, \tag{1}$$

where c is the speed of light (Einstein 1905a). Therefore, the vacuum, even with the absence of particles, should correspond to a full of particles behind it if there is huge energy in it. This is the remarkable result from Einstein's classical physics (mechanics), which was discovered and published early in the 20th century.

K. Yoshimura (✉)
Department of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan

Research Center for Low Temperature and Material Sciences, Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan

International Research Unit of Integrated Complex System Science, Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan

International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan
e-mail: kyhv@kuchem.kyoto-u.ac.jp; yoshimura.kazuyoshi.8e@kyoto-u.ac.jp

© The Editor(s) 2018

S. Yamash'ta et al. (eds.), *The Kyoto Manifesto for Global Economics*, Creative Economy, https://doi.org/10.1007/978-981-10-6478-4_9

In quantum physics (mechanics), which was also developed early in the 20th century, and has become central in all the sciences, how do we deal with the vacuum state?

In quantum physics, elementary particles should be represented as matter waves, as proposed by de Broglie (1923). These are particles that also behave as waves. de Broglie's idea of wave-particle duality is analogous to the quantum theory of light proposed by Max Planck and Einstein at the start of the 20th century (Planck 1900; Einstein 1905b).

Niels Bohr developed his model of the atom based on de Broglie's concept (Bohr 1913). In the Bohr model, electrons in an atom can be described as standing-wave states of de Broglie waves, leading to the discrete energy levels of electrons in the atom. Subsequently, this way of quantizing energy was developed independently by Erwin Schrödinger and Werner Heisenberg as wave mechanics (Schrödinger 1926) and matrix mechanics (Heisenberg 1925), respectively. These two superficially different theories were found afterward to be essentially equivalent, and are known as quantum mechanics, leading to the first quantization of the discrete energy of electrons (particles) in atoms and materials (Dirac 1930). Here, the most widely used and important equation, which represents the motion of electrons, is the Schrödinger wave-equation

$$ih\frac{\partial}{\partial t}\varphi(\mathbf{r},\ t) = H\varphi(\mathbf{r},\ t) = \left\{-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)+V(\mathbf{r})\right\}\varphi(\mathbf{r}), \qquad (2)$$

where $\hbar$ is the Planck constant, $V(\mathbf{r})$ is the potential energy, t is time and $\mathbf{r}(x, y, z)$ is space. H is the Hamiltonian, which is the operator by which the eigenvalue of the total energy, E, can be obtained in operating H on wave function, φ(Schrödinger 1926). In the left-hand term, the energy can be expressed as the first derivative of the wave function φ with respect to t, whereas the energy can be derived as the second derivative of φ with respect to $\mathbf{r}(x, y, z)$ in the right-hand term. Therefore, time and space are not treated equally in the Schrödinger equation. This fact does not appear to satisfy Einstein's theory of relativity (Einstein 1905c), and was considered as a big problem in quantum mechanics early in the 20th century, although quantum mechanics had contributed much to solving many scientific problems. Paul Dirac solved this problem in 1928 in his famous relativistic quantum theory of electron waves in his genius and creative way which nobody else could hit on (Dirac 1926a, 1930). The Dirac equation is written as

$$i\hbar\frac{\partial\varphi}{c\partial t} = H\varphi = -i\hbar\alpha\cdot\left(\frac{\partial}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial z}\right)\varphi+\beta mc\varphi, \qquad (3)$$

where α and β are matrices as

Chapter 19
Evolution of Community and Humanity from Primatological Viewpoints

Juichi Yamagiwa

1 Phylogenetic Model of Primate Sociality

Until recently, most social scientists regarded "society" as a human-specific feature based on culture and language. Although some cultural anthropologists incorporated evolutionary theory (Darwin 1871) into the historical view of human societies (Morgan 1877), this work led to discrimination between primitive and advanced societies and was criticized as promoting colonialism and racism (Boas 1911). Consequently, evolutionary theory has primarily been applied to non-human animals. Natural scientists in the first half of 20th century avoided the treatment of animal consciousness and society as being similar to those of humans.

In the late 1940s, just after the Second World War, Kinji Imanishi, a Japanese ecologist, and his students at Kyoto University started field work to study animal sociology in Japanese deer, horses, and captive rabbits. They enjoyed reading Ernest Thompson Seton and called themselves Setonians. Unlike most Western zoologists who strictly avoided anthropomorphism, they identified and named each individual observed, as did Seton in his books. Imanishi thought this method was essential for illustrating social interactions among individual animals (Imanishi 1957). After investigations of several mammalian species in the wild, he and his students chose Japanese macaques as subjects for a study on animal society. They tried to habituate macaques by feeding them sweet potatoes, wheat, and soy beans, and were eventually successful at several sites, such as Koshima and Takasakiyama. They focused their field studies on the social structure and cultural behavior of Japanese macaques.

The first monograph on Japanese macaques was published in 1954 in a book titled *The Monkeys of Takasakiyama* (Itani 1954). Junichiro Itani described their

J. Yamagiwa (✉)
Kyoto University, Yoshida Honmachi, Sakyo, Kyoto 606-8501, Japan
e-mail: yamagiwa.juichi.4m@kyoto-u.jp

© The Editor(s) 2018
S. Yamash'ta et al. (eds.), *The Kyoto Manifesto for Global Economics*,
Creative Economy, https://doi.org/10.1007/978-981-10-6478-4_19

social structure, including a linear dominance ranking, leadership system, and kin relationships. Initially, habituation and the naming of individual macaques for identification were criticized as improper anthropomorphism by Western zoologists. They asserted that assigning macaque behaviors to individual names promotes misleading comparisons between animal and human behavior. After 60 years, however, many Western zoologists now use this method to conduct field work on non-human animals and to analyze social interactions.

The first generation of Japanese primatologists thought that social structure was not a mere reflection of individual survival or reproductive strategies, but reflected a norm of species-specific sociality. Reconsidering the sociality and cultural behavior of non-human primates may lead to an understanding of the evolutionary pathway leading to the formation of families and the unique sociality of humans. Imanishi (1961) defined the human family as having four unique characteristics: incest taboo, exogamy, community, and division of labor between the sexes. He considered that primitive forms of incest taboo, exogamy, and division of labor were already established in non-human primates. Only community, in which two or more different social units support each other via frequent interactions, was a potential novel characteristic of human societies. As suggested by Levi-Strauss (1949, 1956), a human family may not arise spontaneously but emerges from marriage and always interact with other neighboring families.

Itani (1977) postulated a phylogenetic model of primate social evolution. Based on fossil evidence, the first primate species appeared 65 million years ago and was a small nocturnal and arboreal mammal, similar to most prosimians. He regarded the original form of primate society as an elemental (solitary) society, which he called 'equipotent' (Fig. 1). The first stable social units attained by primates were monogamous, and these units were observed in both nocturnal and diurnal species. Elemental and monogamous species are characterized by a lack of sexual dimorphism[1] in body mass. Higher primate social structures diverged from the monogamous type in various directions by differentiation in the modes of inter-individual tolerance, which converged on two extremes, namely, female-bonded and female-dispersal. The female-bonded society is typically observed in *Cercopithecus* monkeys, including Japanese macaques, in which females remain in their natal groups for their whole life and associate with female kin. The female-dispersal society is typically observed in Hominidae, including all great apes, in which females disperse from their natal groups before maturity. Itani challenged Jean-Jacque Rousseau's *Discourse on the Origins and Foundations of Inequality among Men* (Rousseau 1754) with this primate model. Rousseau planned to consider human society through an examination of its original state in the 18th century, at which point the sociality of non-human primates had never been considered. Itani tried to reconsider Rousseau's insights in the light of scientific knowledge on

[1]The condition where the two sexes of the same species exhibit different characteristics beyond the differences in their sexual organs.

無と全体の輪廻
Circle of Emptiness and Wholeness

2018 年 6 月 3 日（日）　13：00 ～ 18：30
会場 ●京都大学基礎物理学研究所 湯川記念館
パナソニック国際交流ホール

第 1 部　「無と宇宙」　パネル討論

司会 ● 八木匡（同志社大学）

パネリスト ● 柴田一成（京都大学 宇宙物理学）
青木愼也（京都大学 素粒子物理学）
西平 直（京都大学 教育人間学）
村瀬雅俊（京都大学 未来創成学）

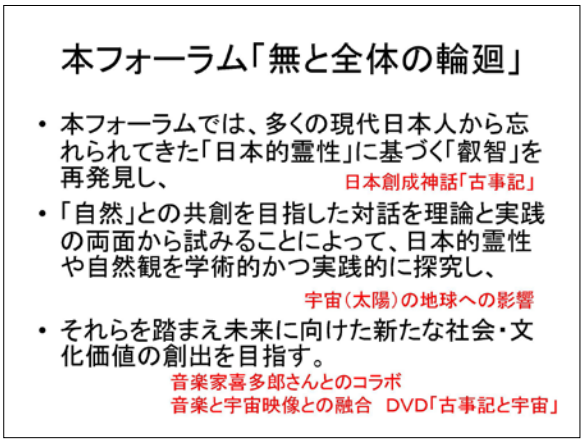
古事記と宇宙――太陽、地球、生命

柴田一成

私の話は「古事記と宇宙」というタイトルです。太陽と地球、生命の話をさせていただきます。あらためて、このフォーラムの目的を読みましたら、「本フォーラムでは、多くの現代日本人から忘れられてきた『日本的霊性』に基づく『叡智』を再発見」する。つぎに、「『自然』との共創を目指した対話を理論と実践の両面から試みることによって、日本的霊性や自然観を学術的かつ実践的に探究」する。「それらを踏まえ未来に向けた新たな社会・文化価値の創出を目指す」。こういった目的が書かれています。これを私のこれからの話につなげます。

まずきょうは、世界的な音楽家の喜多郎さんがつくられた音楽『古事記』に合わせた宇宙の映像を提示します。『古事記』の本がまず出発点です。『古事記』のなかには、じつは宇宙や自然にかんするいろいろなヒントが隠されています。

私は宇宙や太陽の研究をしています。それらが地球や生命、人間に大きな影響を与えているとだんだんわかってきたのです。こういったことを喜多郎さんにお話ししたことによって、DVD「古事記と宇宙」という新しい作品が、京都大学の共同研究として出てきました。それを最後にみなさんに紹介します。



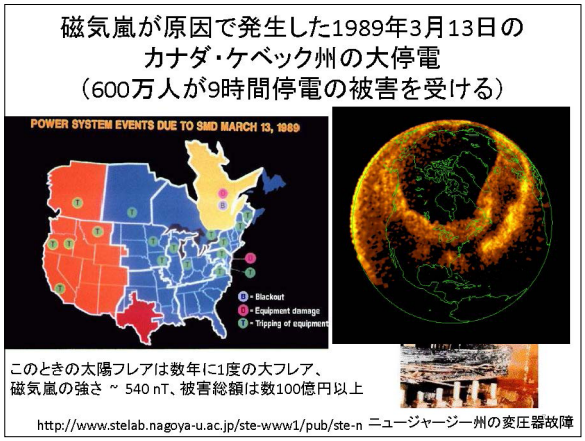
太陽活動の地球への影響

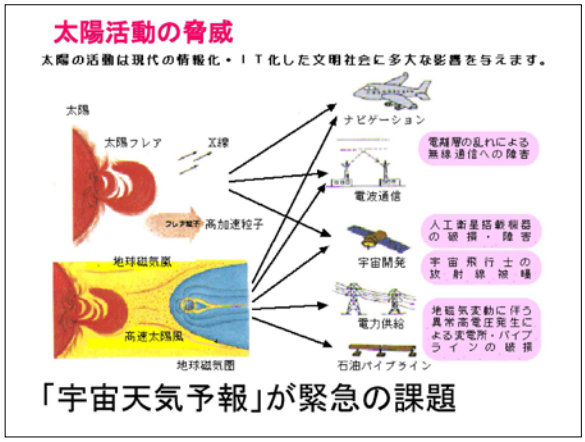
まず、私が研究している太陽の活動現象や爆発現象がいかに激しいかをご覧いただきます。これは、X 線をとおして見た太陽です。X 線は放射線の一種で、もちろん私たちが浴びると被曝します。じつは、太陽は強い X 線を出しているのです。さいわいに私たちは、地球の大気で守られています。太陽から発した X 線はすべて大気によって吸収されて地上には届かないので私たちは被曝しないのです。逆にいうと、太陽の X 線を解明しようと思ったら、人工衛星を打ち上げて、大気圏外に出なければいけなくなります。

これは、日本が打ち上げた「ようこう」という、JAXA、宇宙航空研究開発機構が打ち上げたすばらしい衛星がとらえたX線をとおして見た太陽の正体です。この光っているものがすべて爆発現象です。私はこれをはじめて見たときに衝撃を受けました。太陽はこれほど激しく、恐ろしい天体なのかと思いました。

じつは爆発現象が起こるとこのようになります。これは欧米の人工衛星が観測した人工日食の映像です。白丸が太陽です。宇宙空間で太陽の前に金属の円盤を置くと、人工日食ができます。光っているのは日食のときのコロナです。太陽から流れ出ているものを太陽風といいます。ときおり巨大なガスの塊がとんでいきます。これをコロナ質量放出といいます。これがさきほどの爆発現象、X線が光る現象のなれの果てです。これらは私たちが知らないうちに太陽でたくさん発生しているのです。それらが地球にくると、みなさんもご存じのオーロラが起こります。

これはNASAがつくったアニメーションです。ぴかっと光ってフレアが発生すると、大量のガスが出てきて、1日から3日くらいたつと地球にとんできます。





地球の磁気圏でいったんは防げるのですが、けっきょく穴があいて北極や南極にエネルギーがそそぎこむ。これで光るものがオーロラなのです。

オーロラはきれいでよいのですが、じつはこのとき、オーロラが光っているところには大電流が流れます。そうすると、地上の送電線に誘導電流が流れ、それが悪影響を及ぼすと大停電になります。

1989 年 3 月にカナダのケベック州で有名な大停電が発生しました。太陽フレアが原因で磁気嵐が起こります。これは、オーロラが流れる大電流をきっかけに磁気嵐が発生し、磁気が変動します。そのために、地上の送電線に電流が流れ、変電所の変圧器が壊れました。原子力発電所の変圧器に電気が流れこんだのです。考えてみてほしいのです。原子力発電所が危うく大事故に遭うところだったのですが、さいわいそこにはいたらなかった。

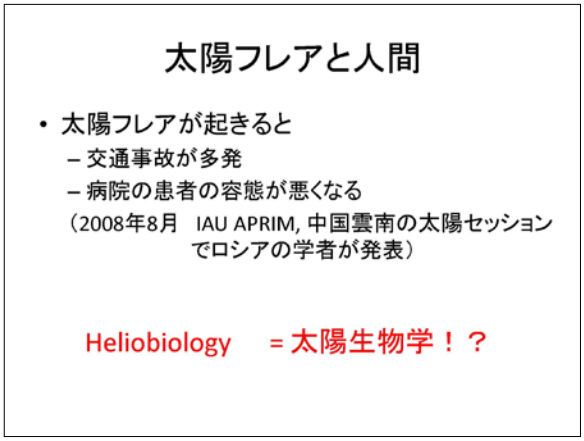
このときのフレアは数年にいちどの現象でした。今年や来年に起こってもおかしくないくらいの現象です。被害総額は数 100 億円以上になりました。右側は宇宙から見たオーロラの写真です。光っているところがオーロラで、このあたりがカナダです。なんとフロリダでオーロラが見られました。アメリカはじつはわりとオーロラが見られるのです。

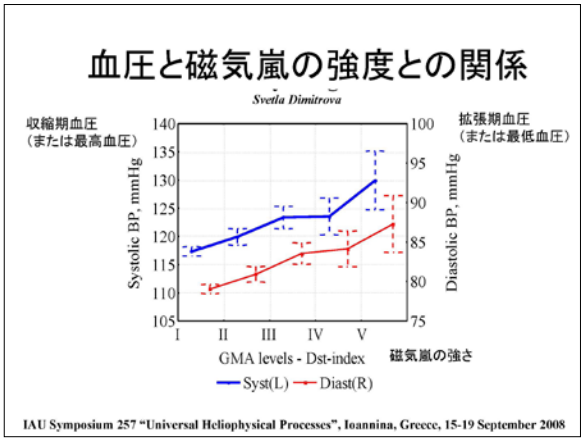
日本はふだんオーロラが見られないので、被害はあまりないのですが、被害が発生することもあります。これは、1994 年のヨーロッパであったリレハンメル冬季オリンピックの NHK の衛星中継が突然中断したというニュースの記事です。NHK に苦情の電話が殺到したのです。NHK が悪かったのではなく、太陽が悪かったのです。

このように、じつは私たちが知らないうちに太陽の活動現象や爆発現象があり、いともかんたんに被害を受けます。たいへん便利な社会なのですが、じつはとてもに危ない社会をつくってしまった。ここにあるように、飛行機のナビゲーションや電波通信、宇宙飛行士の放射線被曝のおそれもあります。これは心配ですね。このような宇宙の嵐の予報のことを「宇宙天気予報」と呼んでいて、緊急の課題になっています。

太陽フレアと人間

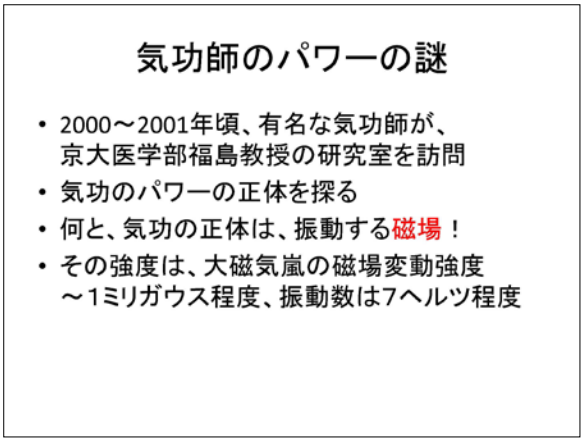
じつはアメリカは、国の海洋大気庁（NOAA）が宇宙天気予報をしていて、その研究センターがコロラド州にあります。　そこに数年前に行ったら、宇宙天気





が地球社会にどんな影響を与えているかという展示がありました。いろいろと機械が並んでいるなかにハトの模型がありました。（笑）

これはなんだろうと思って説明文を読んだら、伝書バトなのです。太陽でフレアが発生して磁気嵐が起こると伝書バトが帰ってこなくなるという被害がある。全米伝書鳩協会は太陽フレアをいつもモニターしていて、フレアが起こらないときを狙って伝書バトを放しているというのです。なんと生命にも影響があったのです。

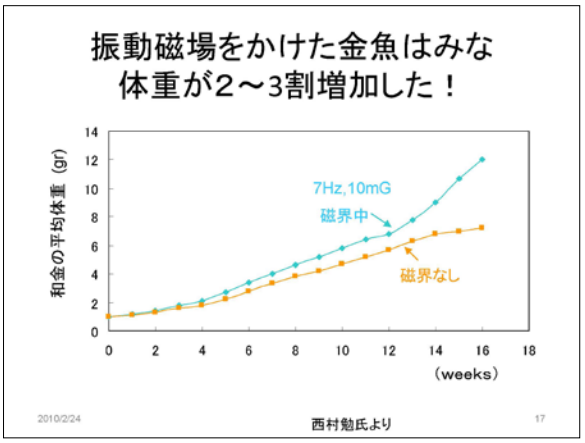


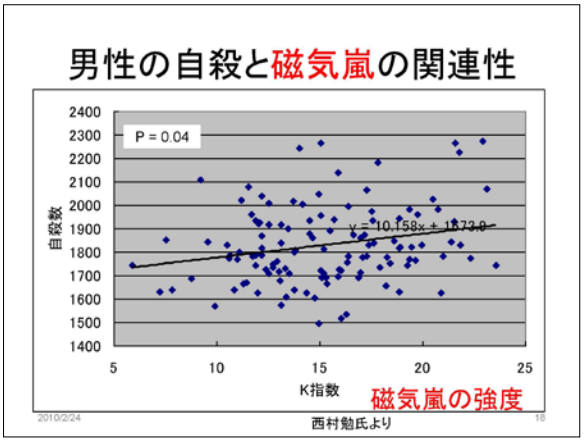
そのあとで、中国での国際会議に参加して、太陽のセッションで司会をしていたら、ロシアの学者が「太陽フレアが起こると交通事故が多発する。病院の患者の容態が悪くなる」という話をしてびっくりしました。その学者は、Heliobiology、太陽生物学という新しい学問が始まったと言いました。

私は司会をしていたので、「これはどういうことですか」と質問したら、よくわからないけれども太陽フレアが起こると磁気が変動する。磁気が変動すると、私たちの血液のなかのヘモグロビン（鉄分）が磁気に反応して血圧が変動しているのではないかということです。それでいらいらして事故が発生し、病院の患者の容態が悪くなるという話をされました。「ほんとうか」と疑問に感じました。

「まゆつばものだ」と思って聞いていたら、そのすぐあとにべつの国際会議では、ブルガリアの学者が血圧と磁気嵐の大きさを調べたら、正の相関が見つかったと発表しました。

このような発表が国際会議でされたことにおどろきました。日本に帰ってきて京都大学医学部の先生にそのようなことを知っている人がいないかと話を聞きま





した。このシンポジウムのオーガナイザーの村瀬先生も絡んでいるのですが、当時京大医学部におられた西村勉先生と福島雅典先生を紹介していただき、花山天文台でセミナーをしていただきました。

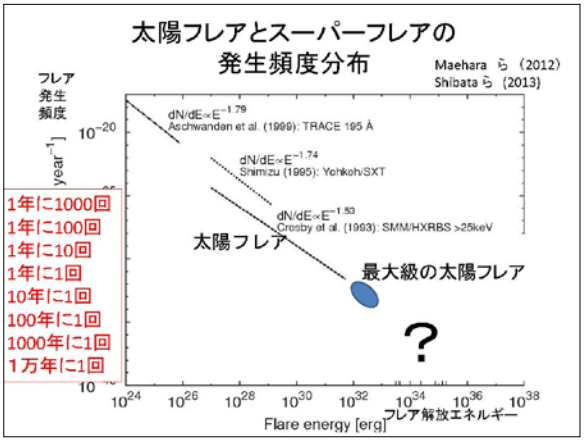
このお2人の話がまたおどろくべき話でした。そもそも福島先生がこのような問題にかかわるようになったのが、2000年ころに著名な気功師が「私のパワーを調べてほしい」といって（笑）、福島先生の研究室に来られた。福島先生は「これは、いかがわしい話を否定するのによい機会だ」ということで、精密に調べたら、否定ではなく肯定してしまいました。（笑）

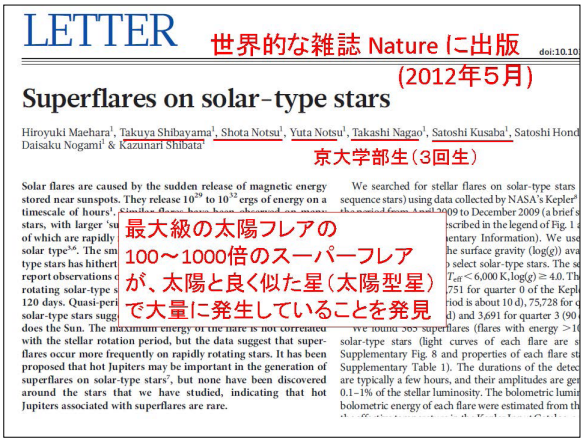
なにがわかったのかというと、その気功の正体がなんと振動する磁場だったのです。どれくらいの強さかというと、大磁気嵐の磁場の変動強度と同じくらいで、およそ1ミリガウス、振動数は7ヘルツでした。この7ヘルツにはきちんと意味があります。自然電磁場は7.5ヘルツなのです。なぜかというと、雷が生じると電波が発生し、地球の電磁層で反射され、地球の周りをぐるぐる回っています。電波は光の一種なので、1秒間に地球を7周半します。だから、7.5ヘルツが自然電磁場の周波数なのです。

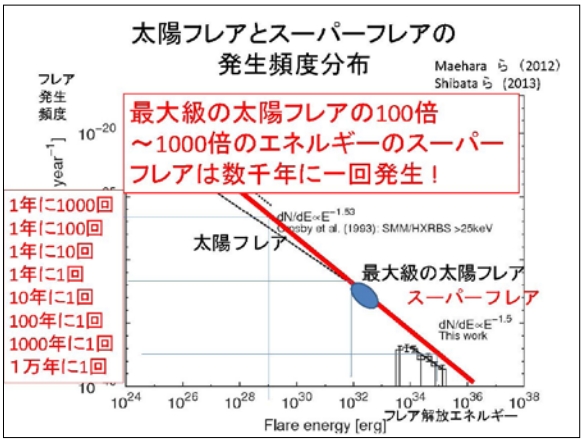
私たちはそのような世界に生きているので、私たちの体は7.5ヘルツの電磁場に反応するようにできています。それとぴったりなのです。ですから、気功師の手からそのような振動磁場が出ていて、それはどうも体によいらしい。

福島先生はさすが医学博士で、じっさいにそれを調べました。生きている金魚を10匹ずつ用意して、二つの水槽に入れます。片方に7ヘルツで大磁気嵐の10ミリガウスくらいの磁場をずっとかけつづけ、数か月ようすを見ました。そうしたら、磁場をかけていたほうの金魚は、体重が2、3割増加した。体によいのです。

磁気嵐で交通事故が増える、あるいは病院の患者の容態が悪くなるという話がありました。薬は多すぎると毒になるのです。西村先生がじつは、磁気嵐が強くなると自殺も増えることを発見されているのです。私たちの知らないうちに、太陽の爆発現象は通信障害のようなものだけではなく、人間の体にも影響を与えて







いることを知り、おどろいたしだいです。

太陽の大フレアが起こるといろいろな被害が発生します。このグラフは縦軸にフレアの発生頻度を取り、横軸にフレアのエネルギーを取ったものです。おもしろいことに、これは地震の統計とよく似ていて、地震はマグニチュードが一つ増えると頻度がすこし減ります。それと似た法則があるのです。分布のこのあたりの位置が史上最大級のフレアだと言われています。

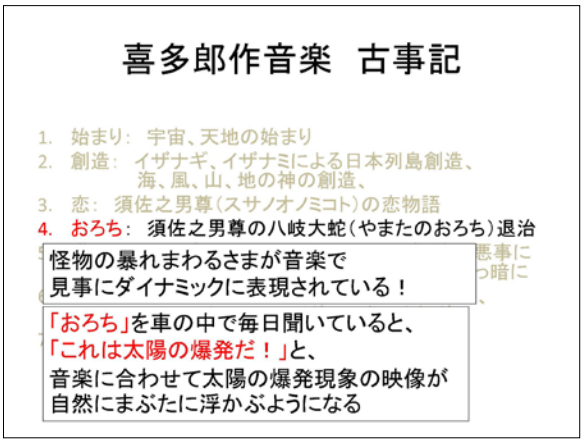
これよりも大きなフレアが起こったら、もっとたいへんなことになるかもしれません。地上にいても放射線を浴び、磁気の変動で人間の体もおかしくなるかもしれない。そのようなスーパーフレアと呼ばれる大きなフレアが発生することがあるのかどうか。

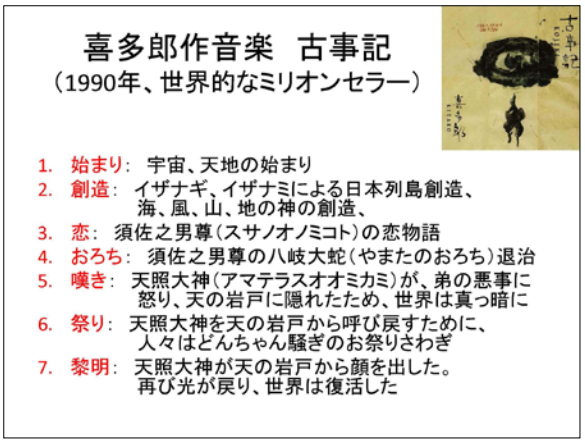
このようなことに興味をもち、研究しはじめたら、見つかりました。『Nature』に2012年に掲載されました。このときは、京都大学の学部生が活躍しました。最大級の太陽フレアの100倍から1000倍のスーパーフレアが太陽とよく似た星、太陽型星で大量に発生していることを発見しました。

太陽とよく似た星で起こっているということは、太陽でも起こるかもしれない。これはたいへんなことです。じつは、太陽で起こる可能性について書いたら、『Nature』のレフェリーのエディターに「こんな恐ろしいことを書いてはいけない」と、その部分の文章を削られました。これは言論統制ですね。(笑)

しかし、日本のメディアはさすがに正直で、記者発表をして、「太陽で起こらないと信じられていたことがそうとも言えなくなった」と言ったら、日本のほとんどの新聞は書いてくれました。地元の京都新聞は1面に記事を載せてくれ、23面に「京大生の力　輝く成果」という見出しを書いてくれました。ここに学生の顔写真がのっていますが、このうちの2人は双子の兄弟で、2年後に大学院理学研究科の宇宙物理学専攻に入りました。いま京大の「宇宙兄弟」として売り出し中です。(笑)

先ほどの統計にスーパーフレアをプロットすると、たいへんおもしろいことに、ほぼ同じ法則にのっとっています。スーパーフレアの頻度をよく見ると、最大級の太陽フレアの100倍から1000倍のエネルギーのスーパーフレアは数1000年に1回の頻度です。だから、すぐに心配することはないのですが、これは東日本大震災の1000年に1度と同じていどの確率です。だから、





これはけっして1000年後の話ではなく、ひょっとしたら10年後の話かもしれない。現代の大フレアですら地球や人間の健康に影響を与えています。それが100倍や1000倍になったらどれほどたいへんなことになるのだろうか。これが私にはいちばん心配です。

これらのことを2012年に発見しました。ちょうどそのころ喜多郎さんがたまたま花山天文台に来られました。宇宙が大好きな方で、意気投合しました。喜多郎さんが「古事記」というすばらしい音楽をつくっておられることをそのとき知りました。

ここに音楽のストーリーを書きましたが、宇宙のはじまりから天の岩戸伝説までです。これは古代の日食だったではないかという話もあるくらい、宇宙にぴったりの題材です。

このうちの「おろち」を車の中で毎日聞いていたら、太陽の爆発が頭のなか、目の前に見えるようになったのです。喜多郎さんの音楽に合わせて宇宙の映像、太陽の爆発現象を同時に用意したらどんなに楽しいだろうという、じつは遊び半分の気もちではじめてm喜多郎さんといっしょにつくったのです。それをこれからみなさまにご覧いただきたいと思います。

（「おろち」映像上映）

「おろち」はおそらく、古代の洪水や台風などの災害の象徴だった。現代の災害は太陽フレアです。これは京大の飛騨天文台で観察に成功した大フレアの貴重な映像です。じっさいは1時間くらいの現象ですが、数秒に早回ししています。

これは日本の「ひので」という新しい人工衛星が撮影した大フレア直前の黒点の変化を示しています。変化は特定の時期に起こります。これはエネルギーが溜まりつつある状態です。エネルギーが溜まって限界に達すると、大フレアが起こります。このとき大量のX線が放たれます。こういうフレアが起こるとき、しばしばプロミネンス噴出という現象も起こります。これも飛騨天文台で撮影に成功した大プロミネンス噴出です。こういったものがなかには地球までとんできて、大災害を引き起こすのです。

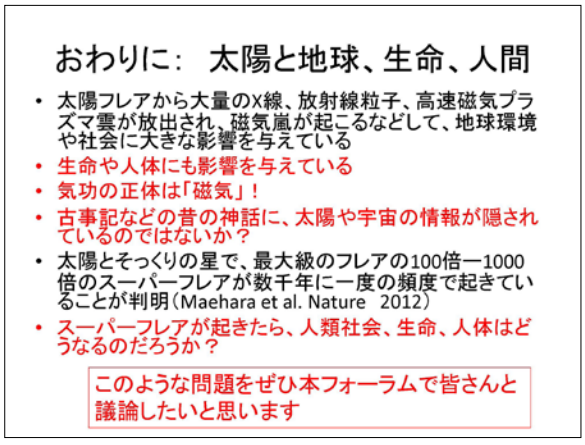
これはX線で見た太陽です。これは黒点が少ないときですから、X線が弱いのです。黒点が出てくると明るくなります。黒点があるところではフレアや爆発がたくさん発生します。黒点はおよそ11年で増えたり減ったりします。黒点が多いときには爆発だらけになります。

これには筋模様がたくさんありますが、すべて磁力線を表しています。太陽の爆発から磁気が出てきます。それが地球に伝わってくると、磁気が変動します。そういうわけで、私たちにとって磁気はすごく重要なのです。右は人工日食の映像です。フレアから大量のガスがとびだして宇宙空間にとんでいるのがわかります。

紫外線で見た大フレアの映像です。このようにフレアがどんどん大きくなります。途中で、画像に白い点があらわれて汚くなりますが、これは放射線のプルトニウムがCCDカメラを被爆させているという、じつは恐ろしい証拠映像です。もちろん、宇宙飛行士がこれを浴びると、被曝してたいへんなことになります。

これは日本の「ひので」が黒点の周辺でとくにフレアが起こっていないように見えるところを拡大させた映像です。じつは小さな爆発がたくさん起こっていることがわかりました。世界中の研究者が仰天しました。小さな爆発一つでも水素爆弾を100個用意したくらいの現象です。ここからがガスがたくさん噴出します。これはジェット現象といいますが、まるで火山のようです。

アメリカの衛星がとらえたフレアの映像です。プロ



ミネンスが噴出して、そのあと出てくるフレアですが、大量の放射線粒子も出てきます。

これは5、6年前に発生して、アメリカの人工衛星で観測に成功した映像です。プロミネンス放出が起こるのですが、太陽の重力に引っ張られて、その大半が太陽の表面に落ちてゆきます。よく見ると、落ちていったものが太陽にぶつかるときにぴかっと光ります。これは隕石の衝突と似たような現象です。同じものを別の紫外線で見た映像です。落ちるガスをよく見ていると、表面にぶつかって光るのです。

こういったガスはすべて太陽に落ちるのですが、つぎの映像では波が発生しています。これは衝撃波といい、地震でできる津波に対応するものです。物質は太陽に落ちるけれども、衝撃波は地球までとんできて影響を与えます。

これは史上最大のプロミネンス噴出の映像です。70年ほど前にアメリカで観測に成功した大プロミネンスです。こちらは日本衛星「ひので」がとらえた最近のプロミネンスです。解像度がすばらしいですね。このように、やはり半分以上は太陽に落ちます。

これは京大の飛騨天文台で撮影に成功した大フレアの映像です。黒いものがプロミネンスで、光っているものがフレアです。同じものをアメリカの人工衛星で紫外線で見たものです。太陽に比べると小さいですが、拡大するとよくわかります。とびだすものがプロミネンスで、光っているものがフレアです。このプロミネンスはじつは、宇宙空間にもとびだします。これが証拠映像です。このようなものが地球にぶつかるとたいへんなことになります。

これは別の現象ですが、太陽で発生したフレアの爆風が地球を襲っている映像です。これは本物の映像ですが、いまはこのような映像も取れる時代なのです。これはX線で見た太陽の映像です。拡大すると、光っています。

(「おろち」上映終了)

このようなものが、私たちがふだん目にしている太陽の正体です。その太陽の影響が巡りめぐって地球に届き、生物や人体にまで影響を与えることが少しずつわかりだしてきたということが最先端の話です。

ちなみに、この映像をもういちど見たいと思う方がおられましたら、Amazonで発売中ですが、じつはきょう少しもってきました。特価3000円、サインつきでお売りします。ご希望の方がいたらあとでお知らせください。(笑)

きょうの私の話をまとめると、太陽フレアから大量のX線や放射線粒子、高速磁気プラズマが放出され、磁気嵐が起こるなど、地球環境に大きな影響を与えていることがわかってきました。テレビや人体にも影響があるのです。

じつは気功の正体は磁気だったのです。『古事記』などのむかしの神話には、「人類はむかしからこのようなことを知っていたのではないか」と思わせるヒントが隠されているのではないかと考えています。京大のグループは太陽と似た星で、最大級のフレアの100倍から1000倍のスーパーフレアが数1000年に1度の頻度で起こっていることを解明しました。

このようなスーパーフレアが起こったら、人類社会、生命、人体はどうなるのだろうか。これがいまの私の最大の心配です。このようなことをぜひみなさんと本フォーラムで議論できたらさいわいです。ご清聴ありがとうございました。

(会場拍手)

素粒子と宇宙

青木慎也

基礎物理学研究所の青木です。私は少し固い話をします。先ほどの柴田先生のお話のように、みなさんに楽しんでいただけるかどうかわかりません。パネルディスカッションを頼まれたとき、前に座っていればよいと思っていたのですが、「その前に少し素粒子の話を」と言われたので、少しだけ「素粒子とはなにか」という話をします。

「素粒子」について聞いたことがある人もいると思いますが、そのことは前提とせずに、どういうものか、そもそもどういう考え方をしているかを伝えたいと思います。

素粒子というのは、物質の最小単位です。ものをどんどん細かくし、最後にどうなるのかということです。私たちは素粒子からすべての物質ができていると考えています。少し要素還元的で傲慢な考え方かもしれませんが、すべてのものは最後に素粒子になるとしています。そういうことを研究しています。

たとえば、はじめに水という物質を考えましょう。それが分子でできていると人類は気がつき、よく見ると分子は水素と酸素という原子でできていることがわかりました。どんどんと下のレベルにむかう。ところが、その原子のなかにも原子核と電子があることがわかってきました。さらに、原子核は陽子と中性子とでできています。

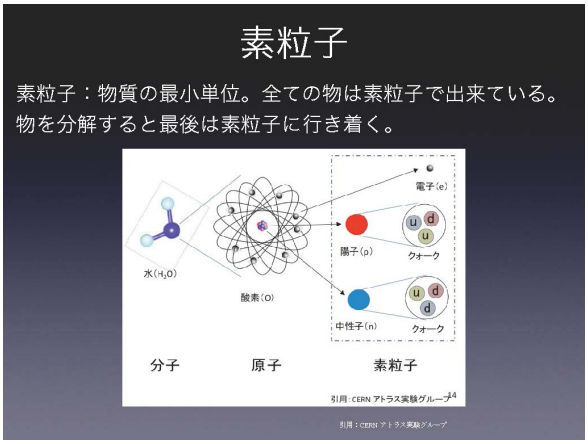
たいへん複雑なものが少数のもので説明できるようになってきています。いまではどこまで分解できるのかというと、陽子や中性子がクォークと呼ばれている粒子からできているだろうということがだいたいわかっています。

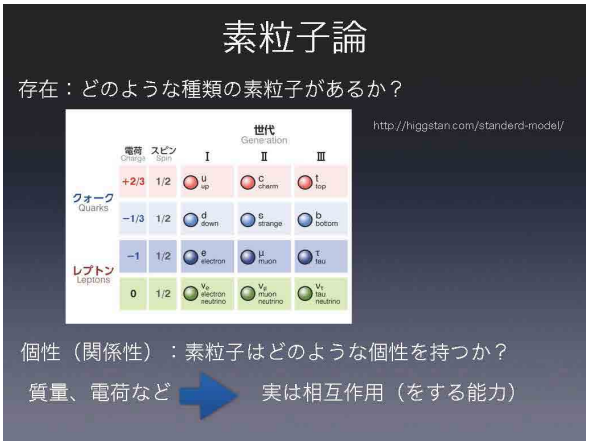
「だろう」と言ったのは、じつはクォークと陽子や中性子は、その存在の仕方が少しちがうからです。私たちの認識では、陽子や中性子は実験で手に取って、操作することができるのですが、クォークは私たちが見ることはできないのです。けれども、その存在があるだろうと信じているのです。

素粒子論は現在どうなっているのか、どのような種類の素粒子がそい材しているのか。いま、クォークは6種類あることが、実験的にだいたいわかっています。そのクォークとはべつにニュートリノという物質があり、レプトンという名前がついていて、それも6種類存在します。数がそれぞれ6個ということには意味があると私たちは考えています。

ものの種類を数えるには、「どういうものがあるのか」ということを規定しなければいけません。それはある意味個性を規定することになります。素粒子の個性とはなにかというと、関係性です。素粒子はどのような個性をもっているのかを説明します。

たとえば、個性といったときに一番よく出てくるものは重さや質量です。そのほか、電荷というものもあ





ります。質量や電荷は素粒子の間にどのような力（相互作用）が働くかを表しています。つまり、どういった相互作用をするのか、その能力を表すものが質量や電荷なのです。

私たちは、力のことも相互作用と言いますが、じつはある意味で、すべての個性を決めているのが相互作用です。そして、素粒子の関係を規定する基本的な相互作用は自然界に四つしかないのです。それがいまの私たちの認識です。したがって相互作用はすべて四つに還元されます。

その一つが宇宙で重要な重力と、フレアなどに関係する電磁気力です。この２つの相互作用については、人類はわりとむかしから知っていました。19 世紀や 20 世紀になって知られてきた「弱い力」があります。これは原子核が崩壊するベータ崩壊に関係する力です。最後に「強い力」があります。これによって、基礎物理学研究所の初代の所長である湯川秀樹さんが中間子論で述べた「原子核はなぜ、陽子と中性子で固まっていられるのか」ということを説明できます。この四つの相互作用にすべてが還元されると考えられています。

さらに、湯川さんの話に関係するのですが、力というのはなにかというと、力はかってに伝わるわけではなく、ある粒子が出て、相手がその粒子が受け取ることによって力が伝わるのです。そういった粒子の交換によって力が伝わるというのが私たちのいまの考え方です。たとえば、電磁気力、クーロン力ともいいますが、それがなにを出すのかというと、電荷は光子という光の粒を出します。粒子が光子をお互いにやり取りすることによって力を伝達します。ですから、電荷というのは電磁相を作用する能力なのですが、光子をやり取りする能力ということができます。

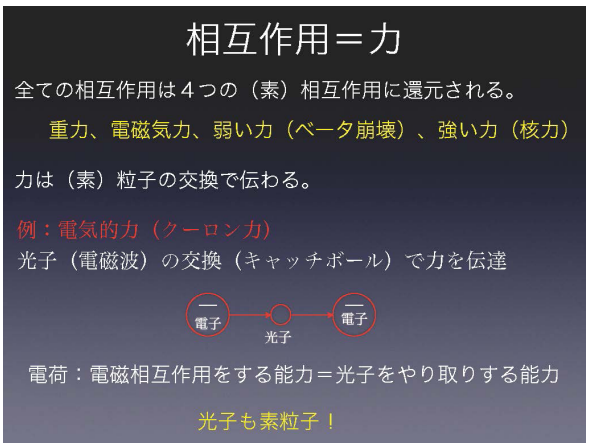
ところで、ここに出てくる光は、普通は波と考えますが、粒子でもありことから、素粒子としてカウントしています。そう考えると、いまの素粒子の標準理論とよばれている理論は、物質あるいは存在として、クォークやレプトンがあり、それらがいろいろと個性をもち、つまり、相互作用する能力のことですが、相互作用は四つの種類があります。クォークは４つすべての相互作用をします。その相互作用を媒介する粒子も素粒子です。「電磁気力」の場合にはフォトン、「強い力」の場合はグルーオン、英語でグルーは糊を意味するので糊の粒子ということです。「弱い力」には W ボゾンなどの名前がついています。レプトンは、強い力は感じませんが、それ以外の相互作用をします。

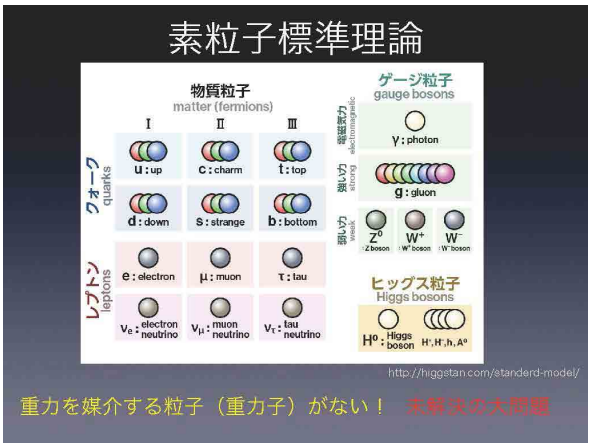
これとはすこしはずれる素粒子があります。それは数年前に CERN（欧州原子核研究機構）という研究所の、LHC（大型ハドロン衝突型加速器）で新しく見つかった「ヒッグス粒子」と言われるものです。この発見で、標準では見つかっていなかった最後の１つと言われているものが見つかりました。ヒッグス粒子は特別で、他の素粒子に質量を与える粒子です。

ここに出した素粒子の表の中には重力を媒介する粒子、重力子のことは書かれていません。というのは、じつはまだ重力がどうなっているのかはわかっておらず、未解決の問題なのです。それはすこし宇宙と絡んでくるので話を進めたいと思います。

とても小さな、ミクロな素粒子の世界では、重力はひじょうに弱いのでほとんど効きません。（重力）質量というのは重力をやり取りする能力です。一方で、動きにくさを表すのは慣性質量という言われて区別されます。ミクロな世界では非常に弱い重力ですが、宇宙のようにたいへん大きなマクロの世界では、重要になります。宇宙ができて、構造ができてくるのは、重力で決まっています。

少しむずかしい話ですが、かつて重力はニュートン力学で考えられていたのですが、いまは一般相対性理



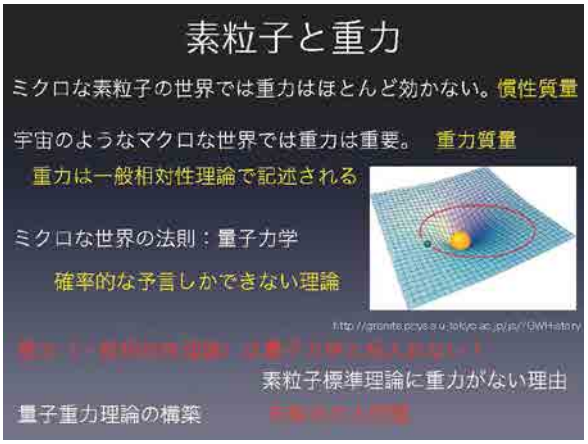


論で記述されています。このことは説明しませんが、空間がゆがんでいることと、重力があるということは同じだということです。たとえば、星があると平面がゆがんで、その周りをボール（惑星）がぐるぐる回っているというイメージです。

ところが、私たちの研究している素粒子の世界、ミクロな世界の法則は量子力学というもので記述されています。これがどのような理論なのかを説明できないのですが、確率的な予言しかできない理論です。物事が決まっているということは言えずに、確率的なことしか答えを出すことができないのです。素粒子の世界はそういう理論で作られています。

一般相対性理論と量子力学とはいまのところ相容れていません。これが素粒子標準理論に重力がない理由なのです。この量子重力理論をどうつくるのかということが、素粒子物理学の未解決の大問題です。

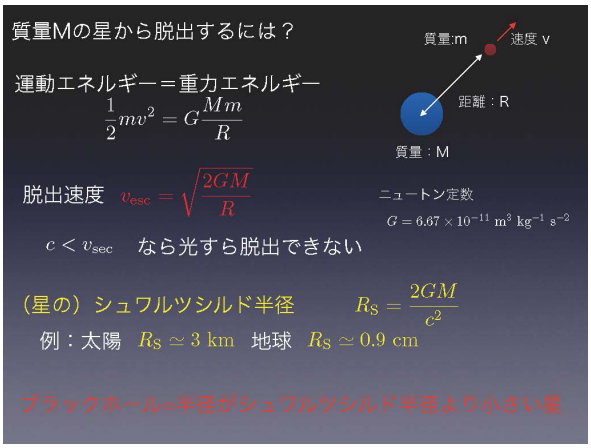
そこでブラックホールの話をしたいと思います。じつは、量子重力理論のヒントはブラックホールにあるのではないかと考えています。この画像はじっさいに見たものを描いているのではなく、このようなものだろうとインターネットなどで広まっているものです。

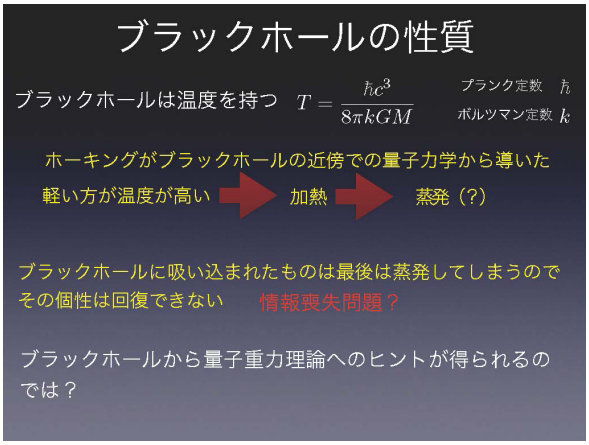


ブラックホールとはなにかというと、光すら逃げ出せないほど重力が強い超高密度の星のことです。とても重力が強いので、ミクロな世界でも重力の効果が顕著に重要になり、素粒子と絡んでくるのではないかと考えられます。

少しだけ数式が出てきますが、質量 m の星があり、そこから距離 R ほしだけ離れたところに、ほしこれは宇宙船でもなんでもよいのですが、それが速度 v 星から R だけ離れたところから逃げ出そうとすることを考えます。逃げ出せるぎりぎりを考えます。左辺がこの物体がもっている運動エネルギー mv2/2 です。右辺は一般相対性理論ではなくニュートン力学の重力エネルギーを表しています。両辺が等しくなるところが脱出できる最低速度です。これをよく脱出速度といいます。これを解けばかんたんに導き出せます。

ところが、もしこの脱出速度が光の速度より大きいならば、光すらもこの星から逃げ出せないことになります。じっさいに計算してみると、距離 R が近ければ近いほど脱出速度は大きくなります。どの距離 R で光が逃げ出せなくなるかを、星のシュワルツシルド半径といいます。それは、この式を解けばわかるのですが、





じっさいに計算すると、太陽だとだいたい３キロメートルくらいがシュワルツシルド半径で、地球だと１センチメートルにならないくらいがシュワルツシルド半径です。

ですから、地球のシュワルツシルド半径は地球のなかにあるので、あまり困らないというか、悪さをしません。ブラックホールではこのシュワルツシルド半径が星よりも大きいのです。シュワルツシルド半径が星よりも大きいところにあると、たとえばある人が知らずにそこに入っていってしまうと、そこからどんな手段でも逃げだせなくなるというのがブラックホールです。

ブラックホールはふしぎなことに、温度をもっていることがわかいました。しかもそれは、質量に反比例します($T=\frac{\hbar c^3}{8\pi kGM}$)。これを見つけたのは、つい先日に亡くなったホーキングという著名な物理学者です。彼は若いときにこれを提唱し、ブラックホールの近傍で量子力学を適用することでこの式を導きました。そうして、ブラックホールは温度をもつことがわかりました。

これをみると、軽いほうが温度は高いのです。重いほうが温度は高そうな気がしますが、逆で、軽いほうが温度は高いのです。そうすると、温度が高いとそこからまた加熱されて、エネルギーが出てきて、どんどん質量がやせてきて、最後は蒸発するのではないかと言われています。

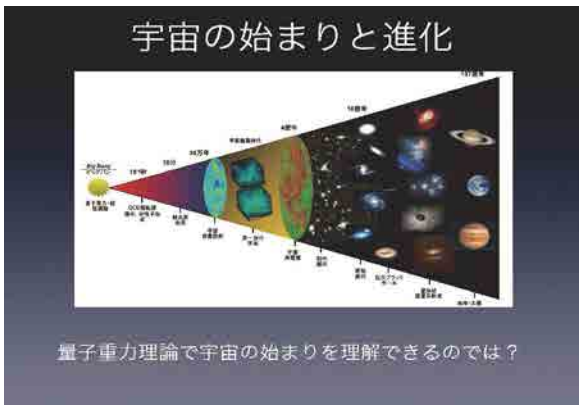
これがほんとうかどうか言うことはなかなかむずかしく、議論されています。ブラックホールにものが吸い込まれるときには個性があります。ところが、それがいったん吸い込まれて、蒸発してなくなってしまうと、熱として出てくるので個性はありません。だから、もともと入ってきた個性、情報がブラックホールを通すとなくなってしまう。そのようなことが起こるのかということが情報喪失問題と呼ばれています。これも量子力学と一般相対性理論とのあいだの構築に関係する話だろうと思います。

もう一つ、ブラックホールはエントロピーをもつと言われています。エントロピーとはなにかと、なかなか説明がむずかしいのですが、乱雑さを表しているものです。エントロピーが大きいとものごとは乱雑になります。自然はエントロピーが大きくなるように動くという法則がありますが、そのエントロピーのことです。

だいじなことは、係数はべつとして、表面積に比例するということです（$S=\frac{kA}{4l_p^2}$）。ブラックホールは塊で中が詰まった球のようなものなのですが、その表面積に比例するエントロピーをもっていることが議論されています。だから、じつはブラックホールの情報は中にはなく、表面にしかないのではないか、重力はホログラムではないかという考えもあります。ホログラムは、このような二次元のもので三次元的なものをつくりだす映像ですが、重力もそうなっているのではないかと議論されています。このことを重力のホログラフィック原理と呼びます。このホログラフィという考え方が量子重力論を構築するさいに鍵になるのではないかと言われています。

ではなぜ、量子重力を考えるのか。私たちの宇宙がどうなっているのかということへの一つの考え方として、いちばんはじめにきわめて小さなものがあって、それが爆発して、爆発という言い方は正確ではありませんが、それがどんどん大きくなっていまの宇宙ができました。そのはじめのところはたいへん重力の強く、量子重力で記述されているのではないかと考えています。

そして、この量子重力が素粒子の究極理論にふくまれていて、それによって宇宙そのものが始まったという考え方がいま支配的です。そのいちばんはじめを理解しようということが、量子重力を研究する理由です。少し固すぎましたが、以上です。ありがとうございました。
（会場拍手）



輪廻ということ

西平　直

第一部はパネリストが４人です。起承転結でいうと　三番目は「転」ですから、少し転調します。少しどころか、ぜんぜんちがいます。お二人の先生の話を聴きながら困ったと思いましたが、もう遅い、このまま話をいたします。

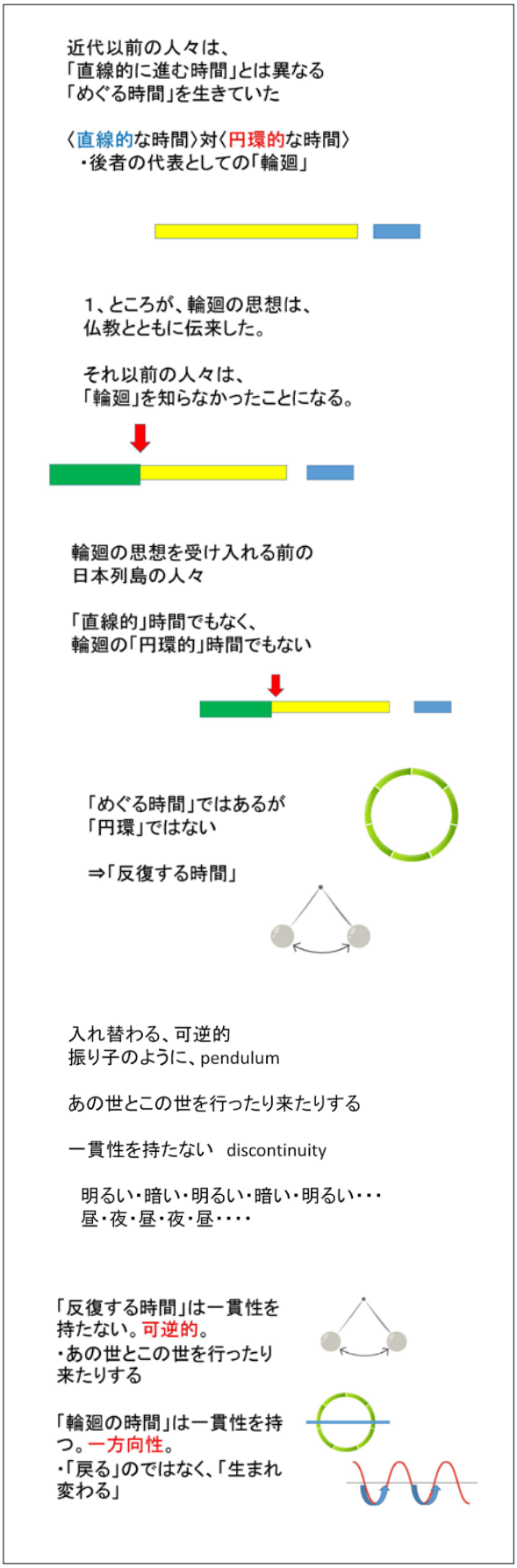
「輪廻」が今回のシンポジウム全体の大きなテーマになっています。では「輪廻」とはいったいなにか。

近代以前の人びとは「直線的に進む時間」とは異なる「めぐる時間」を生きていた、と私たちは考えます。直線に対して円環的。そして、円環の代表として輪廻と考えます。

しかし、ご存じのとおり、輪廻という考え方は、日本には、仏教とともに入ってきました。ということは、仏教がくる前の日本列島の人びとは、輪廻を知らなかったことになります。仏教が伝来する以前の人びとは、直線的な時間でもないけれども、輪廻のように円環の時間でもない、別の時間を生きていたわけです。この点は話しだすと長いのですが、振り子のような「反復する時間」と考えられています。いわば、あの世とこの世を行き来する時間です。

重要なのは「一貫性をもたない」という点です。たとえば、昼と夜とがくり返される場合、私たちは昼と夜を合わせて１日と考えます。しかし、この時代を生きていた人たちは、一貫性を考えていなかった。ただ、明るいと暗いが行き来する。それが現代の文化人類学の見解です。

ということは、その時代の人にとって仏教とともに入ってきた輪廻という考え方は、ある種の一方向性と一貫性を示す新鮮な教えであった。たんに戻ってくるのではない、「生まれ変わる」という考え方をもちこんだことになります。

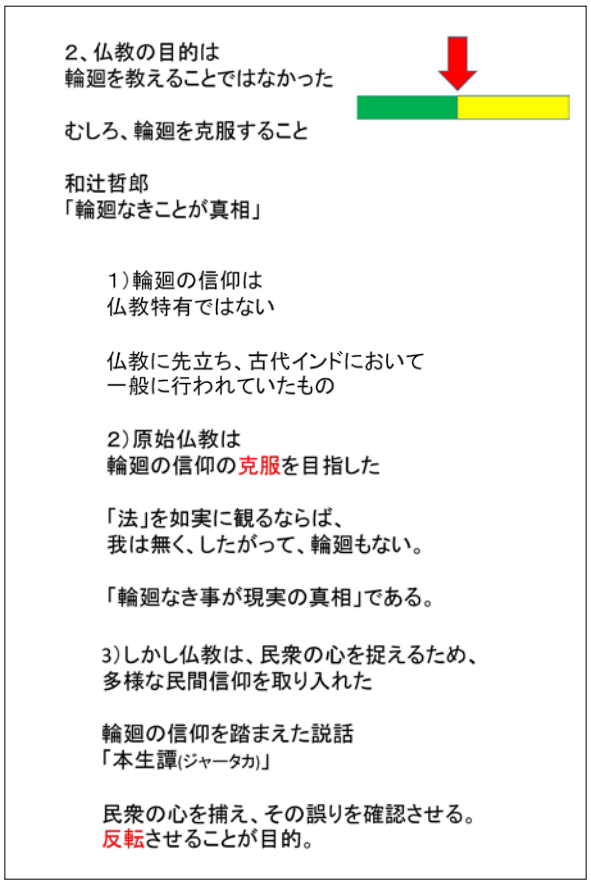


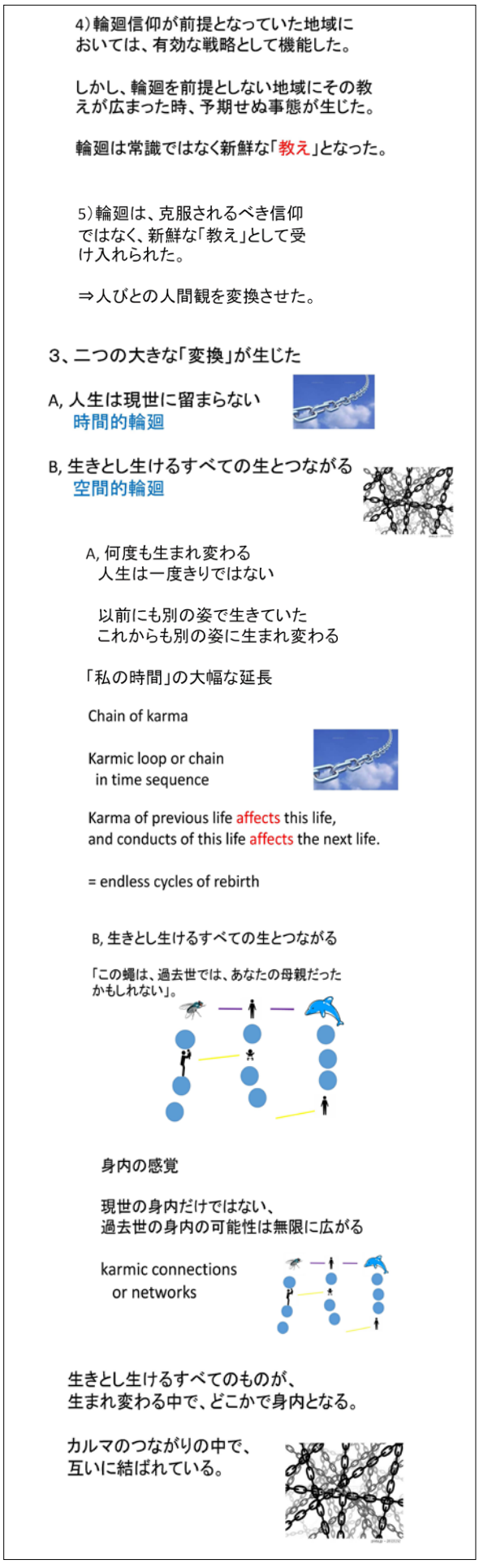
ところが、少しややこしいのですが、仏教の本当の目的は、輪廻を教えることではなく、むしろ輪廻を克服することでした。和辻哲郎は「輪廻なきことが真相だ。それが仏教だ」と言いました。このあたり、じつはかなり厄介なのです。

輪廻の信仰は仏教特有ではなく、むしろ古代インドの民間信仰でした。仏教は、輪廻信仰の克服をめざしたのです。つまり、ほんとうにことがわかれば、我もなく、したがって輪廻もない。輪廻などないということが真実である、そのことを仏教は伝えようとしたのです。

けれども、同時に仏教は、民衆の心をとらえるために多様な話を組み入れました。そして輪廻に基づく説話、「ジャータカ（本生譚）」が生まれます。しかしそれらすべては、最終的には、輪廻などないと反転させることを目的としていたのです。

ところが、輪廻を前提としない地域にこの教えが広まったときに、予期せぬことが起こってしまいました。輪廻が新鮮な教えになったのです。そして人びとの人間観を変えてしまったのです。どう変えたのかというと、二つの大きな変化があらわれました。一つは、人生は現世に留まらないということ。もう一つは、生きとし生けるすべてのものがつながっているという感覚です。





まず一つ目、私たちは輪廻と聞くと、なんど生まれ変わって、人生は1回きりではないと考えます。以前も別の姿で生きていた、これからも別の姿になる。つまり「私の時間」が前後に大幅に伸びるわけです。「カルマ」ということばを古代インドではつかいましたが、英語でいうと karmic loop ないしは karmic chain。前世のカルマが私たちに影響を与え、そしていま私たちがしていることが next life に影響を与える。こういった考え方が「時間的輪廻」の一側面です。

それに対して、もう一つの空間軸の側面は、「生きとし生ける」という拡がりです。ブータンの人たちはこう話します。「ここに飛んでくるこのハエは、過去世ではあなたの母親だったかもしれない」。このハエは、ある過去世においては、人間として生きていた可能性がある。そして同じ時期、私も人間として生きており、その子どもであった可能性がある（ないとはいえない）。そう考えてとみると、身内の感覚が拡がります。現世の父親や母親のような身内だけではない。過去世を思い、来世の身内を思えば、限りなく拡がってゆきます。

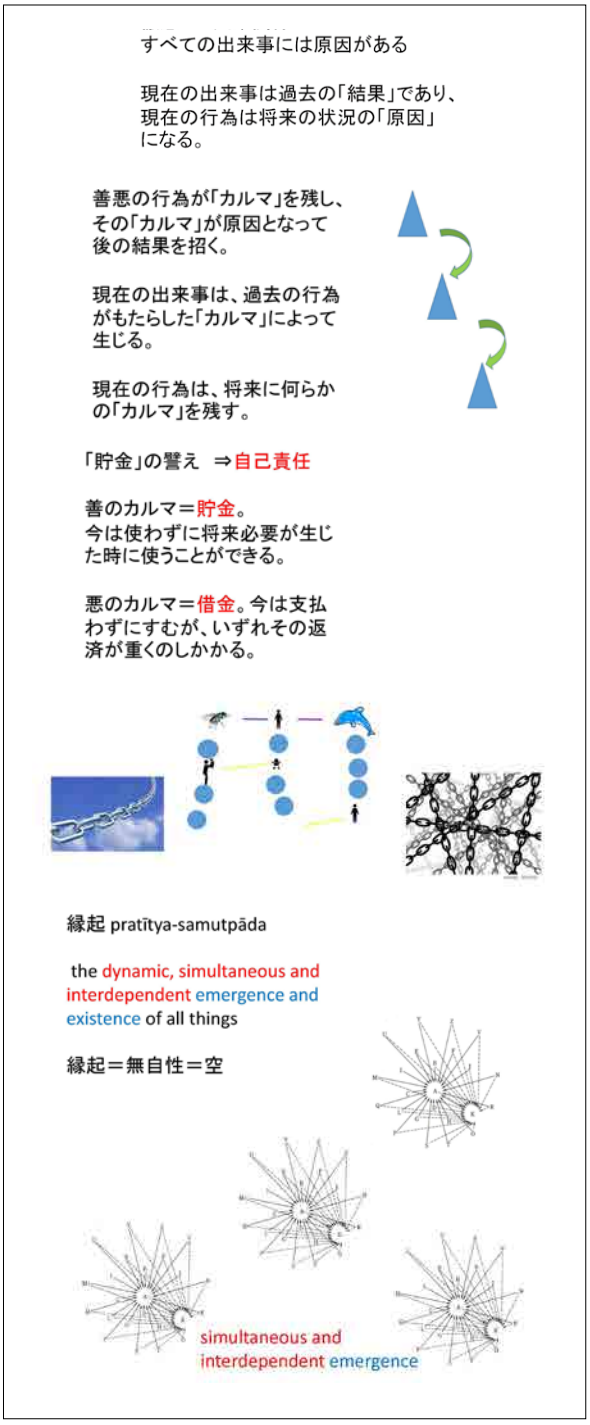
そうした感覚のなかで、生きとし生けるすべてのものが、どこかで身内になり、カルマのつながりのなかで互いに結ばれているというわけです。

カルマの法則は、徹底した因果関係です。すべての出来事には原因がある。前世における善悪の行為がカルマを残し、それがいまに影響を与え、いま私たちがしていることは、つぎに影響を与えるという論理です。ですから徹底した因果法則です。

マックス・ウェーバーという社会学者は、貯金に譬えています。善のカルマは貯金、悪のカルマは借金であるというのです。そして重要なのは自己責任です。いま自分がこのような目に遭っているのはすべて、自分が過去において行なったことのためである。

この考え方がじつは、仏教のなかの「縁起」の思想と重なっています。仏教は輪廻の克服をめざしていたのですから、教義の核心である縁起と輪廻の関連は、そう簡単ではないはずですが、どこかで深い関連を持つように思われます。

ところで、「縁起」ということばは直接には英語に直すことができません。多様な訳語がありますが、私がいちばん気にいっているのは、井筒俊彦先生の訳です。「同時に相互に依存しながら、emergence すること、あるいは存在していること」。これはおそらくさきほどの素粒子の話とどこかで重なるのではないかと思います。



この縁起という考え方を仏教では「無自性」といいます。自性というのは実体としてあるということです。ですから「無自性」とは、A という実体があるわけではなく、すべてのものが影響によってはじめて成りたっているということです。相互関係が力であるという話とも重なります。そしてそれを「空」と呼んだ。禅では「無」ということばで呼びます。無は、すべてがつながり合っているという意味と重なることになり

ます。

先ほどの２人の先生の話につなぐとしたら、この点をもっと丁寧に展開すればよかったのでしょうが、用意したときにはそうした事情は全く分かりませんでした。ともかく、「輪廻」と気安く言ってもらっては困るという思いが強いので、輪廻の話をもう少し続けたいと思います。（笑）

私は、「輪廻を語らない人びと」のなかで育ちました。そう気がついたのは、ブータンに通うようになり、輪廻を語る人びとと親しくなってからです。ブータンの社会は輪廻を前提としています。その人たちと話していると、自分は「輪廻を語らない人のなかで育った」ということを強く意識せざるを得ないのです。

たとえば、ブータンのことばには、「生まれ変わる」という単語が二つあります。Yanshy と Kewa ということばです。なにがちがうのかというと、上は立派なお坊さんの生まれ変わり、下は普通の人の生まれ変わりです。

Yanshy というのは、Rinpoche といわれる人たちの生まれ変わりです。この方々は解脱したのですから、もはや（図の緑色の）輪廻の環の中にいなくてよいのです。生まれ変わってこなくてもよいはずなのに、by their own will、自分自身の意思によって帰ってくる。帰ってくる必要がないのに、自らの意思によって人びとを救うために帰ってくる。その生まれ変わりを Yanshy という特別なことばで呼ぶのです。

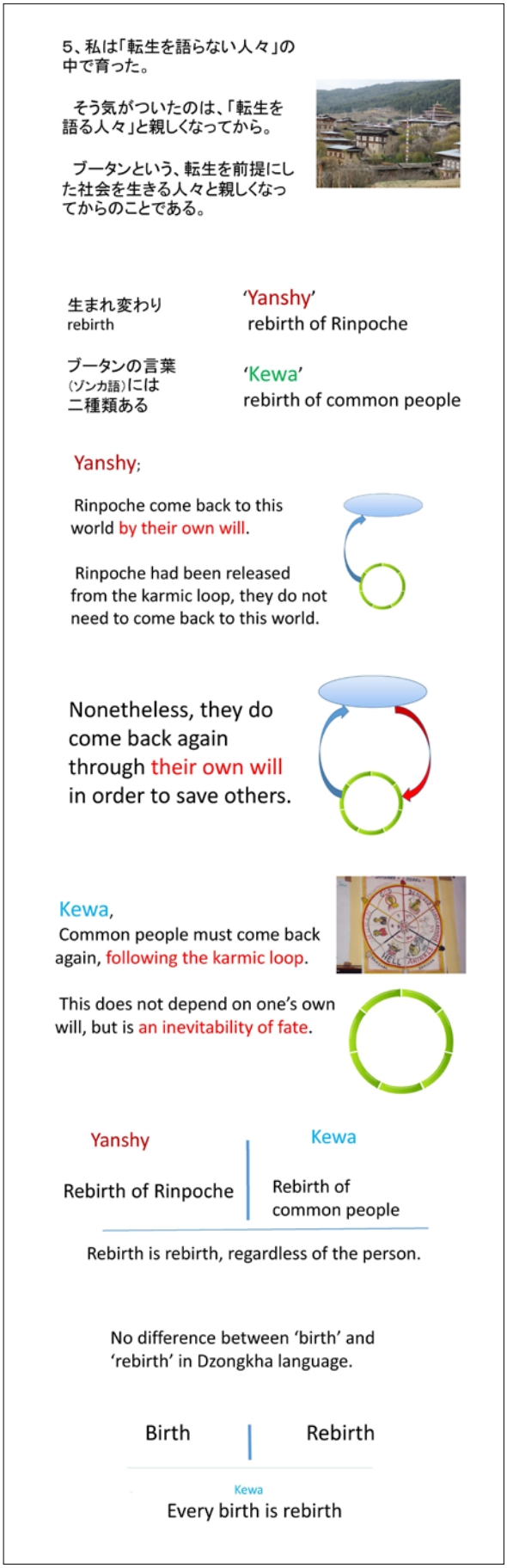
それに対して、私たち、普通の生あるものは、カルマの法則によって必然的に戻ってきます。自分の意思で生まれ変わるのではなく、現世に来てしまうのです。

英語や日本語の場合は、生まれ変わる、rebirth ということばは、誰が生まれ変わろうと同じです。しかし、ブータンの人にとっては自分の意思で生まれ変わることと、必然的に生まれ変わってしまうことでは、ことば自体がちがうのです。

さらに、もう一点、ブータンのことばでは birth と rebirth の区別がないのです。どちらも Kewa と言います。生まれてくる、誕生するということは、そのまま、生まれ変わってくるということなのです。

ブータンのある大学のビジネスの学部の学生たちに来てもらって、話を聞いたことがあります。３時間くらい話を聞いた最後になって、ある学生がこう言いました。

「私はブータンに生まれて幸せだ。私は前世でよいことをしたからブータンに生まれてきた。だから幸せ



だ」。そしてもう一点、「ブータンはもっとも悟りに近い国である。ブータンはとても宗教的な国で、ここに生まれて自分はほんとうに幸せだ」。

私は驚きました。「あなた方は特別な学生なのか」と尋ねました。すると彼らは「そのようなことはない、友だちもこう考えているはずだ」と答えました。過去世、previous life においてよい行ないをしたから、自分はブータンに生まれてきた。どうやら彼らはその感覚を自然にもっているようです。彼はビジネスの専攻で、グローバル経済のなかでブータンがどうやって生き残るかを考えている人です。その彼が根底においてこの感覚をもっている。表面的には似ていても、その根底はかなり違うと感じました。

この写真は、私がブータンで親しくしている家族です。私にケーキを食べさせようとしている写真の高校生にこの話をしたことがあります。「ある学生がこのようなことを言ったけれども、どう思う」。すると、「私もそう思う。友だちもきっとみんなそう言うと思う」と答えました。フェイスブックとチョコレートが大好きな今どきの女子高生である彼女も、根底ではこの感覚を共有している。私はこの感覚を共有できるだろうかと感じているところです。

そのうえで、こうした輪廻の思想が自我感覚にどのような影響を及ぼすか、とても気になっています。「時間的輪廻」の側面に焦点を当てると、自我の個体性を強めるように感じます。「私」の現在の行ないが次の人生を決めてしまう。一貫性・連続性が重視され、「私」の個体性が強く意識されてきます。

それに対して「空間的輪廻」の側面を見ると、「私」の境界が緩やかになります。何度も生まれ変わるわけですから、「個体」であることの意味が崩れてしまう。自我の個体性が弱まるように感じられます。

つまり転生は「私」の独立をゆるめる機能を持つのではないか。過去世において私はイルカだったかもしれないとすれば、人間と動物との境がゆるくなります。一回限りのこの「私」という独自性がゆるんでしまう。複数の「私」、無限の「私」に開かれ、他の「個体」との境が溶け去ってゆくのではないかと思うのです。

もっと言えば、「私」が複数になるのではなく、さしあたり「魂」という言葉を使うならば、何らか「魂」が今は「私」になっている。「私」の過去世がチョウだったのではなく、一つの「魂」があるときはチョウになり、あるときは「私」になり、あるときはまた違った姿になるという感覚です。つまり、A sense of 'one of them' です。この感覚の自我は、近代的な自我とはか

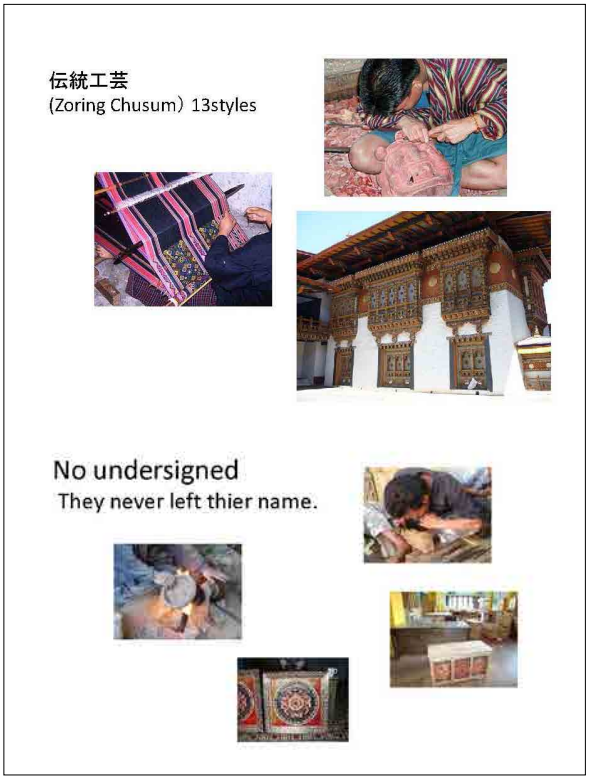
なり異なっているように思うのです。

最後です。ブータンには多様な伝統工芸があるのですが、この工芸では、決して署名を残さないのだそうです。運慶がつくった仏像などのように作者が残らない。ブータンに残っている伝統芸能は、だれがつくったのか確定されないというのです。

それに対して、近代以降の社会では、作者の署名が重要です。「私」の感覚が署名を必要とし、パテントが決定的に重要になるわけです。

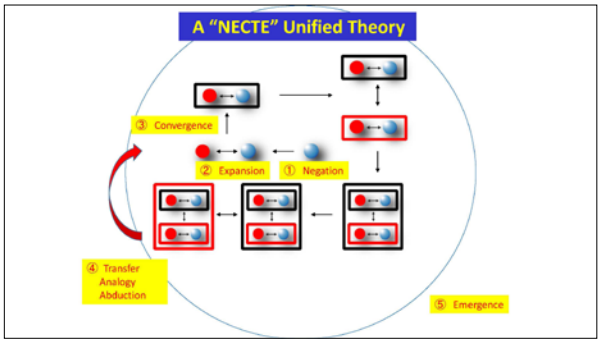
以上、「輪廻」についての簡単な紹介でした。実はかなり奥が深い思想であると思います。ですから、簡単に使ってもらっては困る、というのか、使うからには奥の奥まで付き合ってほしいと思ったわけです。それがきょうお話ししたいと思ったことでした。ありがとうございました。

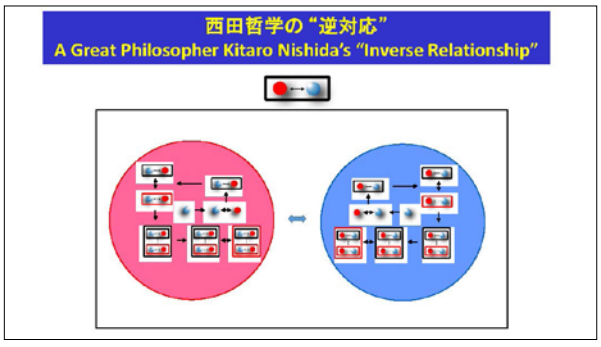
（会場拍手）



Circle of Emptiness and Wholeness

村瀬雅俊





最後を務めます村瀬です。タイトルは、Circle of Emptiness and Wholeness です。さきほど、「輪廻ということばをかんたんにつかうな」ということですが、私はかんたんにつかいたいと思います。(笑)

まず、ここに書いてある墨絵ですが、仙厓禅師という方が「無とはなにか、全体とはなんか、こころとはなにか」と問われて文と絵で表現したものです。左に書いてあるのは「是食ふて　茶呑むさい」、これでも食べて、茶でも飲んでおけという意味です。まさに日常の世界のなかにすべてがあるということを言おうとしていたのではないかと思います。

Circle of Emptiness and Wholeness についてその表現の意図を少しご説明したいと思います。サークルすなわちゼロ、それに無限大を表す∞記号を組みあわせるとじつは、未来創成国際研究ユニットのロゴマークになります。地球をあしらった円の周りに無限の人類の英知を結集して、地球規模の課題を解決しようという熱意が描かれています。∞を用いるアイデアは、2015 年京都大学総合博物館の大野照文・館長の提案でした。それに、頭をつけて母と子の癒やしのイメージを重ねました。

きょうお話ししたいのは、A "NECTE" Unified Theory。一つの統一理論を提示したいということです。それによって世界を理解する、こころを理解する、そして未来をつくることを実践できる方法論を提示しようと思います。

これは、私のつくったアニメーションです。はじめに、歪みによって無から一つの単位が生まれます。その単位はいずれ対立する単位を創り出します。けれども、この単位は弁証法的に一つ高次の単位に昇格します。それがまた対立する高次の単位を生みだます。それが、ふたたびより高次の統合された単位へと弁証法的につくられていきます。このくり返しが果てしなくつづきます。

一見すると複雑なパターンですが、背後に働いている原理はまったく単純です。一つ注目していただきたいことは、この最初の単位と終わりの全体は自己相似であるということです。その背後に働いている原理はたった五つしかありません。Negation、Expansion、Convergence、Transfer（あるいは Analogy あるいは Abduction)、そして最後に Emergence です。これらすべての頭文字をとって "NECTE" と呼び、理論を

"NECTE" Unified Theory といいます。名づけているのが私なので、どなたも知らなくても大丈夫です、ご安心ください。

Unified とはどういうことかというと、この全体のなかにかならず対立する別の全体があるということです。これが、西田哲学が概念的に言いたかった逆対応の本質ではないかと考えております。いまお話ししたことを時間軸に展開するとこのようになります。

それでは、全体をどうとらえるのか。フラクタルというものが最近の複雑系科学でわかってきました。じつは、宇宙の構造と脳細胞のネットワークの構造がひじょうに似ている。あるいは、これは私の仮説ですが、進化のプロセスと私たちが日常的に行なっているラーニング、あるいは創造性などとの兼ねあいというのは、じつは奥深いのではないか、類似の原理が時間を超えて働いているのではないか。

この図は、白い画用紙を黒く塗ってさらに消しゴムで消すという否定を二重に起こすことによって、デッサンを浮かび上がらせたものです。じつはこの背後にも五つのプリンシプルが働いています。

この図は、パフォーマンスが生まれる瞬間です。メキシコ・オリンピックでの走り高跳びです。この当時は、ベリーロールと呼ばれる腹ばいになる跳び方が圧倒的に主流でした。どの人もベリーロールで跳んでいたのですが、彗星のごとく現れたディック・フォスベリーというアメリカの選手が世界で初めて「背面跳び」というものを披露します。ベリーロールという跳び方を否定し、いろいろなトライアル・アンド・エラー、拡張したり、収斂したりをくり返しました。そして、最後ははさみ跳びという跳び方と背面跳びとのつながり、転移を見いだして新しい跳び方を開発することに成功しました。

この図は、経済における株価の乱高下の状況で、カオスと呼ばれるものです。カオスとフラクタルはじつは兄弟分です。フラクタルというのは、幾何学模様をどんどん拡大すると同じパターンが生まれるということです。このカオスも、時間軸をどんどん引き延ばすと、同じようなパターンが繰り返し現れるという意味では、フラクタルと似た構造になります。

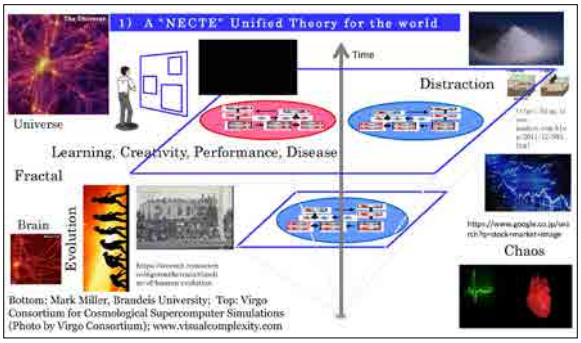
心臓の拍動は一定のように見えますが、じつは最近の海外の研究によってこの間隔はかならずしも一定ではないとわかりました。1分間あたりの心拍数をプロットすると、傾向としてはカオスなのです。ところが、おもしろいことに、健康な人のパターンはカオスですが、心筋梗塞を患った人のパターンはオーダーなのです。オーダーでぴたりとほとんど同じ心拍数を示します。カオスとオーダーが健康と不健康に応じてあらわれるのです。

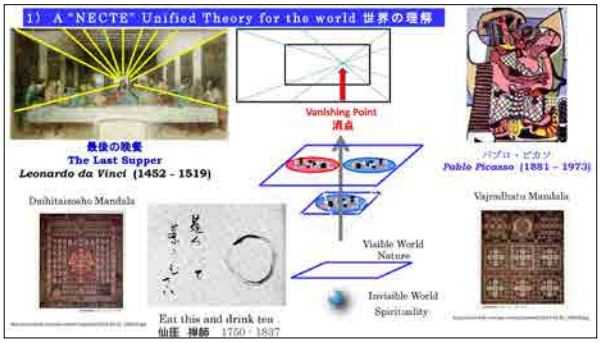
この図は、一定速度で砂粒をずっと落とすと砂山ができますが、山が崩れたりできたりするというものです。負荷をかけることが Negation、山がつくられることが拡張、崩れることが収斂、転移は崩れる量がぐっと増えるときに起こる雪崩現象です。創発はそれらのくり返しです。

この画像を 90 度傾けて、砂粒が上から落ちる代わりにマントルが移動すると考えると、地震のモデルになります。これらはすべてカオスですが、地震が予言できないのは背後にカオスの原理が働いているからだと理解できます。いまのお話をまとめますと、まさに見えないところからいろいろなものが見えてくるのです。

この図の技法は、ルネサンス期の美術家が発見した Vanishing Point（消点）、この消点を導入するというものです。消点を導入することによって逆説的に無限を入れこもうとしています。それに成功したのがレオナルド・ダ・ヴィンチの『最後の晩餐』です。イエス・キリストの頭のところに Vanishing Point を置くことによって無限を投影することに成功しました。この画像と同じような状況は、東洋の文明でも「胎蔵界曼荼羅」として登場しています。

ところが、こういった現実の流れのなかでピカソは





とても勇気があって、異議を唱えました。「単一視点だけでは世界は記述できないよ」と、いろいろな視点が交錯している多視点を彼は提唱しています。

じつは、曼荼羅もそうなのです。胎蔵界のあとに、金剛界曼荼羅が生まれます。同じパターンがくり返されているということは、視点のちがいが共存している、あるいは時間をおって出現しているというこころの働きを再現しようとしているのです。

二つめの話に入ります。こころの世界を同じ議論で記述できないかということです。これは2000年に、いまからおよそ20年ほど前に提唱した、自己・非自己循環理論の基盤的な図です。対立する2者は、自己のなかでも、あるいは他者のなかでも起こります。それを基盤にメタ視点を構築し、それから自己や他者の理解が深まり、それをとおして、ずれることによってアブダクションの世界認識が深まり、メタ視点を再確認できるということです。

矢印がいろいろな方向に向いています。じつは、本質には五つのプリンシプルそのものが働いているのですが、この構造はピカソが言わんとしていた構造と同じではないでしょうか。逆にいうと、こういう構造をとおしてしか複雑さは理解できないのではないか。まさに金剛界曼荼羅が主張したいこともこれと重なりあうのではないでしょうか。

最近、私と西平先生、山口栄一先生とで議論をくり返して興奮していることは、西平先生がずっと言われていた守破離のロジックについてです。この面が守で、逸脱が破、メタ視点に到達することが離なのです。あるいは山口先生の企業のイノベーション・ダイヤグラムについてです。現在のテクノロジーに限界を感じ、元に戻って深く沈みこんで、次の段階を模索しながら新しい展開を生みだすことです。まさにイノベーション・ダイヤグラムとまったく同じ状況です。

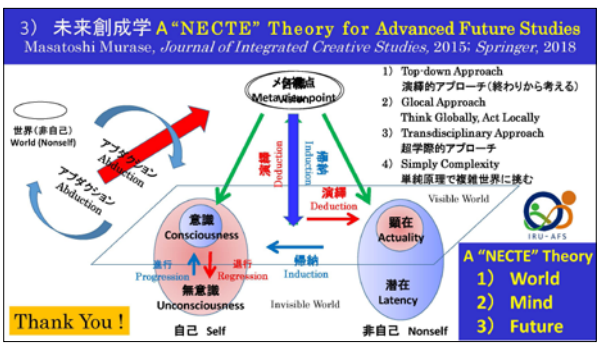
だから、ピカソが予言していたように、私たちはぜんぜん議論せずに、まったくちがうことを探求していたけれども、たまたま同じダイヤグラムに収斂してきたという、その興奮をいま3人で味わっているところです。

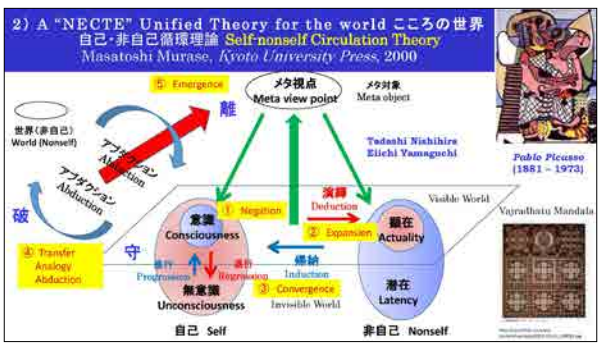
最後に、同じ方法論、あるいは理論をつかいながら、そのつかい方を変えた瞬間に、こんどは世界を理解する、あるいはこころを理解する道具以上に、世界をつくりだす道具にも変えられることを紹介します。こういったボトムアップの機能的なアプローチではなく、メタ視点という見方をやめて、目標やビジョンを先においてみましょうと。

そのビジョンにもとづいて演繹的に、いまなにをすべきかを再検討しませんか。それによってアブダクションが生まれ、新しい理論や実態がわかってきて、目標が達成できる。目標指向型、Top-down Approach、Glocal Approach (Think Globally, Act Locally)、Transdisciplinary Approac というものは、悟りやイノベーション、芸術などすべてのものをこういったスキームに落ち着かせるのではないか。Simply Complexity というのは、単純な原理で複雑なことがわかるということです。

ですから、"NECTE" Unified Theory で、世界もこころも未来もつくりだすことができます。これをつかいこなせないときは、Nothing、無なのです。だけれども、つかいこなせたとたんに無限になります。しかし、そのつかい方を忘れるとまた Nothing に戻ります。無と全体は輪廻しつづけるのではないかということです。

「かんたんに言ってもらっては困る」と言われましたが、「かんたんに言いたい」と思っています。それが未来創成学国際研究ユニットのめざす方向ではないかと考えています。以上です。ご清聴ありがとうございました。





パネル討論「無と宇宙」

司会
八木匡（同志社大学）
パネリスト
柴田一成（京都大学 宇宙物理学）
青木愼也（京都大学 素粒子物理学）
西平 直（京都大学 教育人間学）
村瀬雅俊（京都大学 未来創成学）

八木●いま、輪廻という概念を中心にある意味で議論をしてきたのですが、宇宙のなかに輪廻的な要素はございますか。

柴田●はい。現代天文学というか宇宙物理学は、まさに物質の循環の研究です。宇宙の最初には水素とヘリウムしかなかったのですが、それらが集まって天体ができ、鉄や炭素、酸素などの私たちの体をつくる元素が星のなかで生まれます。それが爆発して、宇宙空間に飛びだし、星間ガスになり、また集まって新たな星ができます。そこから元素がまた再生され、どんどん増えつつ、その一環で惑星が生まれ、生命も生まれてきました。

ですから、そういう物質循環をとおして元素がどんどん増え、それにともなって天体が進化し、生命も発生してここまできました。だから、まさに輪廻、かんたんにつかってはいけないという話ですが、現代天文学者は単純に「仏教の人がすべてほんとうのことを知っていた」というような話をしています。

八木●宇宙を構成する理論として素粒子論のようなものがあるとすると、そういった物理法則がある種の輪廻性のようなものを生みだしているということを、これまで考えられたことはあるでしょうか。

青木●輪廻かどうかはわからないですし、いまの理論とは少しちがいますが、一時期、ブートストラップ理論といって――ブートストラップは靴紐で――、自分の靴紐を引っ張って自分をもち上げるというようにすべてのものがお互いに全てのものを作るという考えが出てきた時期はあります。

ただし、いまの素粒子標準理論では、あまり輪廻的な考え方はありませんが……。どうですかね、なかなかむずかしいです。

八木●西平先生に少しお伺いしたいのは、ブータンという土地において、先生がご説明されたような輪廻概念がどういう歴史性やカルチャーのなかで生まれてきたのかということです。たしかに仏教という話もあるのですが……。日本人もある意味では仏教を受け入れてきてもう一千数百年たっています。そういうなかで、仏教という概念の意味でその差をなかなか説明することはむずかしいと思うのですが、そのあたりいかがでしょうか。

西平●文化史としては、インドの文化のなかで出てきた発想だと思います。ただし、世界じゅういろいろなところで散発的にというのか、転生の話はいろいろと出てきます。だから、その場合に、転生ということばと輪廻ということば、ないしは生まれ変わりということばをどう区別するかにもよりますが、ある種の円環、サイクルに戻ってくる。その意味でとても広くとると、形を変えながら世界のいろいろなところにあっただろうと思われます。つまり、インドだけが起源ではなかっただろう。ただし、輪廻ということばで受け継いできたのはあきらかにインド的な文化の背景です。それがチベット仏教のなかで純粋なかたちで保存されていた。その両方の交差地点にブータンという国があるので、特別なかたちで保たれているように思います。

八木●その見解からしますと、村瀬先生の曼荼羅についてのお話は、チベットから生まれてきたということから考えるといかがでしょうか。

村瀬●文化的要素によっていろいろな影響を受けているのですが、影響を受けていることになかなか気がつかないところが現代人の悲劇だと思います。そういう意味では、異分野交流、あるいは異国間交流をすることで、はじめて自分たちの足もとがわかってきます。

じつは、まったくちがう現象だと思われていることが、芸術家との対話をとおして、あるいは文理融合の活動を推進することで、意外な発見があります。あるいは西平先生の技を磨くプロセスと、山口先生の企業のイノベーションの発展プロセス、あるいは私の提唱する意識の拡張プロセスが一致するというのは、私たちのユニットの活動がなかったらおそらく見いだすことができなかった一つのプリンシプルではないかと考えています。

変わっているけれども、それでよくて、変わっていることをお互いに尊重した結果、これが出てきたという、いまのうれしい状況です。

八木●本日のシンポジウムのメインテーマの一つが、

インターディシプリナリーというものです。まさにこの第一部のパネルディスカッションもある意味でインターディシプリナリーな部分があると思うのです。本日、この輪廻という概念を中心に、インターディシプリナリーにアカデミックなとらえ方、各分野のとらえ方を、輪廻という一つの視点を付与することによって、これまでとすこしちがうアカデミックなとらえ方が可能になったと考えられます。このあたりをまとめとして村瀬先生にお願いします。

村瀬●もともとじつは、西平先生といろいろと議論をしていて、無というものも一つのキーワード。全体というものもキーワード。それをつなげる無と全体というものもキーワードです。あえてそれを循環的につなげようということです。

だから、かんたんに言ってもらっては困ると言われながらもやってみて、それでお互いに意見の齟齬があればまた議論が盛り上がるという気もちです。第一部なので、それをスタートにしたいと思ったしだいです。

八木●フロアのお１人か、２人、ご質問を受けさせていただきたいと思います。たとえば、いまお話に出ました山口先生。もう少し待ったほうがよいですか。よろしいでしょうか。大串隆之先生は生物学というフィールドで研究されていますよね。生物学の人たちは、いまのブータンの人たちのような発想などについて、もしなにかコメントがございましたらお願いします。

質問者（大串）●輪廻の話になるかどうかはわかりませんが、私は生物学を研究していますが、とくにそのなかでも生物間の相互作用はむかしからすごくだいじなテーマでした。20 世紀の国際科学研究というのは、2 種間の相互作用だった。だけれども、最近研究していることは、複数の生物がいたときに、それがどう変わるかということです。そうすると、片いっぽうの生物から片いっぽうの生物に与えた効果というものが、こんどはもう１種類、３種類めに関わって、それが元に戻るというような因果関係のようなものが、かなり普遍的に生じているのではないかと思います。

そういったものが新たなネットワーク構造をつくり、生態系のプロパティを特徴づけているのではないかということが、すこし考えられはじめています。そういったことは、さきほどのサーキュレーションやアナロジーと関係しているのではないかと考えています。

八木●ありがとうございます。時間もあと１、２分しかないので、最後に先生方にひと言ずつおことばをいただければと思います。

村瀬●きょうは挑戦的なことを話してみたかったので、挑戦的なことを話してみました。"NECTE" Theory は本邦初公開です。いま論文投稿中で、八木先生のところのジャーナルで査読中です。ジャーナルが出ましたら、京都大学の情報リポジトリに公開したいと思います。

柴田●私は西平先生のお話を聞いて、仏教の話はこれまでほとんど知らずに、輪廻ということをきょうはじめて真剣に考えました。宇宙の理解と輪廻思想とは、わりとよく合っているということは前から思っていましたが、きょう私がお話したのはじつは、そこに磁気が関わっていて、さらに豊かにしているのではないかということでした。気というのは、物理学でいうとフィールドなのです。フィールドというのはじつは真空に存在するものです。そしてそれが無に対応します。だから、輪廻とフィールドが合わさって豊かな世界をつくっているということで、なにか新しいアイデアが出てこないかと思いました。

西平●いまの「気」というお話からすれば、私たちは気が集まって、こうなっているのではないでしょうか。それが素粒子とつながりませんか。（笑）

青木●もちろん、素粒子から人間はできているだろうと思っています。ただし、それで存在すべてを説明することはいまのところむずかしいのです。いまの話とはすこしちがうのですが、私はこのなかでとても異質だと感じたのは、私たちのような物理学者は、なるべく偏見をもたないようにしている点です。輪廻で理解できるということも、ある種の一つの偏見だと私も思うので、じっさいにそういった仮説を立て、それがほんとうにすべてのものを説明するのかどうかを検討することが、私たち物理学者の役割です。

だから、輪廻という考えをはじめに出すのではなく、結果的に輪廻に行きつくならよいのですが、はじめから無条件にその命題を立ててしまうのは危険です。

そうは言っても、私たち物理学者はやはり社会に影響されているので、偏見をもってものごとを見てしまいます。だから、ある意味で物理学者のなかでもソシオロジーのようなものもあり、はやりのようなものに囚われがちなのですが、なるべく私はそういうことから離れて、真実はなにかということが見極められるとよいと思っています。すこし趣旨から外れてしまいましたが。

八木●ありがとうございました。パネリストの先生方に拍手をお願いいたします。

（会場拍手）

第一部をおえて

山極壽一

私の師匠のそのまた師匠の今西錦司は、生態学者であり人類学者、アルピニストです。最近、彼の書いた本を読み返しているうちに、西田哲学の影響を強く受けていると感じました。

西田はこう言っています。「生命の本質というのは、一対多。一即多、多即一」。これは第一部での話につながります。つまり、統合という話です。それは同時に起こるもので、順番がない。

もう一つ、西田が言っているのは、「空間即時間、時間即空間というもののなかに、生命の本質がある」。どういうことかというと、われわれは一気通貫的な時間を考えます。過去があって、現在があって、未来がある。でも、西田はそうではないと言っているのです。生命の本質は、過去も未来も「現在」とよんでいるこの瞬間に担いこんでいる。これが生命の本質であるということです。過去から現在をつうじて未来に行くのではなく、現在から現在に行く。それが生命の本質なのです。どういうことかわからないと思います。(笑)

今西さんは『生物の世界』を 1941 年に書いたのですが、それがこの話を受け継いでいます。なぜこういう話をしたのかというと、今西さんが生命の本質として考えたのは、「生命はすべて一つのものから生成、分化したものである。だから、お互いにわかりあえるのだ」ということです。もともとわかりあえるような性質をもっている。それがいみじくも 20 世紀の後半に、DNA という生命をつくる遺伝的な暗号というものが判明して、まさにそういうものがわかったわけです。でも、実態はわかってはいません。それはなぜかということを、これから 5 分くらいで話そうと思います。

人類の進化ということを遡っていくと、人類が環境からどんどん離れだし、フィクションのなかで生きはじめたというところに、その理由があると私は思います。今西さんは、「環境が主体を担いこんでいると同時に、主体が環境を担いこんでいる」と言った。つまり、生命は一個体として、あるいは、種は独立したものとして生きているのではなく、環境と一体化しているということです。

たとえばそのよい例が、人間の体には内臓という管がはしっています。これは言い換えれば外部です。最近は腸内細菌がたくさん腸内にいることがわかってきました。これが外部から取りこんだ食物を分解して、そして栄養に変えてくれる。人間のいろいろな心理的なものをつかさどっていることもわかってきました。だから、人間というのは一個の閉鎖系ではなくて開放系であり、なんらかの外部と一体化しながら生きています。それは一つの例ですが、そういったものが生命の本質である。

ところが、そこから人間はだんだん離れはじめたのです。その最初のきっかけは、食物を採集し、それを持ち帰って、なかまといっしょに食べたことにあると私は思います。熱帯林という、人間と同じようにサルや類人猿がいまだに故郷としている場所を人間が離れて、自然と人間との境界、今西さんのことばでいえば「環境を担いこむ」ことを人間がだんだんとやめて、みずからイマジネーションとして環境をつくり、それをなかまといっしょに共有しはじめたことにあったと思うのです。

食物のある場所でそれを食べるというのが生物の基本です。でも、見たことのない食物、なかまの手によって運ばれてきたものを、食物を信じるのではなく、なかまを信じて食べはじめた。これが食物分配と共食のはじまりです。これがいまから700万年前から500万年前くらいに起こったことです。

そして、道具をつかいはじめた。これは西田のことばで言えば、道具をつかう主体を道具の側からみることによってイマジネーションを変えたのです。どういうことかというと、道具を持つことによって、人間はみずからの身体をも道具と見はじめた。これが西田哲学へと通じるのですが、西田はそういうことを言っています。

たとえばデカルトのように、「みずから考えるゆえに、みずからがある」と考えるのは間違いだと言っているのです。なぜなら、考える自分を考えることはできないはずだからです。自分が見ているものは理解できるけれども、見ている自分を見ることはできない。自分が話していることを自分がきくことはできないはずです。じつはきいているのですが……。耳をきくことはできない、目を見ることができないのです。

そういった主体が同時に存在している。ところがそれを、人間は対象界の側にいって、あたかも見えるかのように自分を見はじめたのです。そうしなければ、他者と幻想をつくれない。200万年前に道具をつかいはじめたことが大きい。そして、脳は大きくなりはじめました。つまり、他者をもそういう存在として見はじめたのです。そして、7万年くらいまえに、ことばを話しはじめた。

ことばというのは、まさにアナロジーです。本来はちがうものを同じカテゴリーとして抽象化し、それをもちはこびせずに他者に伝える方法だったのです。それによって、さらにフィクションが進んだ。そして農耕や牧畜でみずから食糧をつくりだすようになり、産業革命をへて、いっそくとびに現代までとんでしまいますが、科学技術によって視界、視野や聴覚を拡大して、世界をすべて幻想によって共有するようになってきた。それがいま、「われわれがフィクションの世界に住んでいる」という理由です。

われわれはじつは、現実よりもフィクションを信じているのです。それはパラドックスです。科学技術はフィクションをつくりだすための大きな力をわれわれに与えてくれる。だから、世界が拡大したのです。科学技術はまさにいま、人間の世界をつくっています。さらにAIによって、人間の考える世界をも外部化されようとしている。

これまで人間の脳は、ことばを話しはじめてから、知識をどんどん外に出しはじめたのです。文字もそうです。人間はいろいろなものに名前をつけることによって、いろいろな構造を定義づけることによって、すべて知識を外に出してきた。外づけをしてきました。だから、人間の脳は40万年前から大きくなっていないのです。ネアンデルタール人は大きかったのだけれども、現代人の脳は小さいです。脳が小さくてすむのは、容量を増やす必要がなかったからです。

さらにいま、考えることすら人工知能に依存しようとしはじめている。そうすると、脳はもっと小さくなるのではないか、と私は思っています。私たちはそういう時代にいるということです。

個別テーマの活動

1 個別テーマ①
アナロジーとフラクタル原理に基づく創発システムの解明

目的

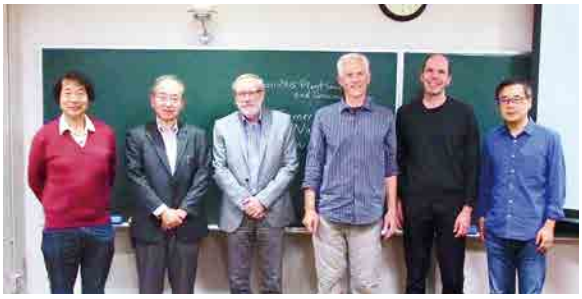
異質で多様な創発現象の根底に潜む普遍法則・創発原理の探究を目指す。特に、“Analogy principle may link diverse phenomena”、および “Fractal principle may reduce complexity” の 2 つの観点を駆使して、現象の質的違いや時間・空間スケールの違いに依存しない普遍原理の探求を推進する。その際、全く異なる現象の間にアナロジーによる比較検討を行うとともに、特定の現象に基づいて類似した現象を予見的に探究する。また、特定の現象に関して構築された数理モデルにおいては、モデル方程式の変数に許されるスケール不変性から、普遍原理探究の可能性を探る。

研究成果

富田直秀の研究では、過渡的な状態の連続によって構成されるシステムの構造と機能を、相互に矛盾する概念間の確率的関係性として定量的に記述する可能性が検討された。村瀬雅俊の研究では、創造性の発現・創発現象・予期しない問題の出現において、要素還元論ではなく過程還元論に基づくと、現象のスケールによらない共通性について検討された。特に、進化過程と学習過程の間に、著しい相似性・相同性があることがわかり、普遍原理探求への可能性が大きく深化した。さらに、創造性の本質について、いくつかの要素過程から構成されることが明らかになってきた。これら富田と村瀬の 2 つの研究成果は、論文として公表された。こうした知見をもとに、さらなる学際・国際研究ネットワークの充実・拡大を図った。

関連イベント

タイトル **Transdiciplinary Meeting**
日　時 2017 年 10 月 19 日
場　所 京都大学基礎物理学研究所



タイトル **国際ワークショップ**
Exploring a Unified View Beyond Complexity
日　時 2018 年 2 月 15 日～ 2 月 16 日
場　所 京都大学百周年時計台記念館

成果論文

生命と全体性

村瀬 雅俊

『風の旅人』復刊第 5 号、2015 年

生命とは何か？ 全体性とは何か？ これらは、古来より人類を悩ませ続けてきた問題である。実際に、生き物を要素に分けて調べてみたところで、その要素は死んだ物質であることがわかるに過ぎない。部分の総和は、はからずも全体とはならない。つまり、「要素とは何か？」を解明することと、「要素がどのようにして働くか？」を解明することは、全く次元の違う問題なのである。そのため、私たちは「全てを手にしている」という感覚を、いつまでも抱くことができない。この慢性的な充足感覚の欠如があるからこそ、私たちは現実世界を生きていく際に「不意を突かれた」、「誤りを犯した」と経験することになる。こうして、生命と全体性を探求するということは、永遠に解決不可能な問題と考えてしまう。本当に、生命や全体性は、探求できないテーマなのだろうか？

本稿では、「ものの見方」を改めることによって、この根本問題に対する問題解決への糸口を具体的に提示してみようと思う。

そのために必要となるのが、３つの「ものの見方」である。第一の「ものの見方」がシネクティックス（synectics）である[1]。シネクティックスとは、「異なるものを同じと見なす」という意味をもつギリシャ語由来の言葉である[2]。ちなみに、「異なるものを同じと見なす」という「ものの見方」に、もう一度、シネクティックスを働かせてみよう。すると、今度は、「同じものを異なるものと見なす」という対となる「ものの見方」が露わとなる。このようにシネクティックスは、与えられた‘情報’から新たな‘情報’を創造するメカニズムの１つである。

以下では、両者の「ものの見方」を次々と駆使しながら、創造の醍醐味を読者の皆さんとともに体験していきたい。つまり、本論考の主要な目的は、外的な知識の単なる習得や学習ではなく、内的な創発体験による新たな可能性や問題の発見なのである[3]。

まず、視点を教育に移してみよう。それは、要素を‘知識’に置き換えたことに対応する。驚くべきことに、私たちは同じ問題に直面する。すなわち、これまでの教育では、「知識とは何か？」を断片的に教えてきた。ところが、「知識がどのようにして獲得され、意味のある形に統合されるか？」という‘知識の獲得と活用の仕方’は、教えられてこなかった。それは、「認識とは何か？」という根本的な問題が十分に解決されていないからに他ならない。競争原理と効率主義に偏った学校教育を、経済学者の宇沢弘文は「日本の世紀末的混乱と混迷」と嘆いたほどである[4]。

次に、視点を人間集団に移してみよう。今度は、要素を‘人間’に置き換えることに対応している。人間集団が複雑な世界を生きていく上では、一人一人の人間がどのように繋がり合って複雑な世界に、意味ある形で働きかけていくかが問われることになる[5]。こうした観点は、人間集団がいかにして自律的に世界に適応していくか、社会や経済、ひいては文化の問題につながっていく。

ここで露わになってきたことは、「要素が何であるかが問題なのではなく、いかにして異なる要素が結び合わさるかという構成過程が問題となる」ということである。複雑世界が認識できるのは、断片的な‘要素’に首尾一貫した意味づけができるからであり、その要素が‘人間’の場合には秩序ある行動が生まれることに対応するというわけである。

このように眺めてみると、生命、こころ、社会、文化、あるいは全体性を、空間を占める単なる実在としてではなく、時間の中の過程として捉える第二の「ものの見方」が露わとなる[6]。

過程として生命や全体性を捉える第二の「ものの見方」から、見えてくる第三の「ものの見方」がレジリエンス（resilience）に関係する。そこで、まず「レジリエンスとは何か？」について説明したい。

小出裕章『放射能汚染の現実を超えて』（河出書房新社）に記載されている、次の事実をお読みいただきたい。

> 1979年、米国スリーマイル島原理力発電所で大惨事が起こった。事故後何年も経ってから、炉心の約半分が溶けていたこと、圧力容器にもひび割れが入っていたことが明らかとなった。しかし、この事故調査の過程で、一般には知られていないが、はるかに驚くべき事実が明らかになった。圧力容器の蓋が開けられ、水底に沈んでいた燃料棒の取り出し作業が始まったとき、中で何かがうごめいていたのである。そこは、人間であれば、おそらく1分以内で死んでしまうほどの強烈な放射線が飛び交っている場所である。うごめいていたのは、なんと生きものであった。単細胞の微生物、バクテリア、菌類、わかめのような藻類までが、炉心の中で増殖し繁茂していたのである。
> このしたたかな生命力こそ、レジリエンスである。レジリエンスとは、‘失敗による混乱’や‘不測の事態による危機’が絶えない混迷の時代にあって、自律的に自らの体制を立て直しつつ、本来の目的を見失うことなく達成する能力をいう。具体的には、生命・人間・社会・経済・科学・技術・地球などあらゆるレベルに見いだすことができる。これまでの洞察、教訓、経験則から、臨床医学・経済学・生物学・認知科学・政治学・地球環境学・生態学・教育学・看護学など、一見して全く無関係な学問領域において、共通する根本問題が露わになってきた。その問題とは、「状況の変化に対して破綻してしまう脆弱なシステムが存在する一方で、自律的に回復するレジリエントシステムも存在する。両者の違いは何か？」という問題である。

この問題は別の機会に論じるとして、本稿では、過程を重視した第二の「ものの見方」をもう一段階発展させて、第三の「ものの見方」をレジリエンスと関連させて提示してみたい[7]。この第三の「ものの見方」とは、自然災害などの想定外の事態が起こること、あるいは、人間が間違いをおかしてしまうことを‘回避’するのではなく、それらの間違いを‘前提’とするという観点である。極論するならば、失敗や誤りを‘必要’とするシステムの基本原理を探求することである。

こうしたいくつもの「ものの見方」に立った際に重要となるのは、一度に、一つの方法、一つの範囲、一つの尺度で思考したり、あるいは行動したりするのではなく、ある部分領域に関心を向けるならば、それよりも小さな領域と大きな領域を並行して捉えるとともに、一つの領域の変化過程に関心を向けるならば、それよりも速く変化する過程と遅く変化する過程にも注目する必要がある[8]。そして先に述べたシネクティックスの観点に立つならば、生物学、経済学、生態学という異なるシステムにおいて、それぞれ異なる研究者が同じような問題にどのように対処するかを比較できる。こうして普遍的な枠組みができれば、ある分野で成功した方法を別の分野に応用することが可能となる。それは「臨床経済学」「臨床環境学」といった新たな学問の創成につながる。

さて、ここまで論を進めたところで、再度シネクティックスを思い出していただきたい。この文脈では、「同じものを異なるものと見なす」という「ものの見方」に着目したい。すると、本稿の主張は、生命の原理を説いた内容と捉えられるであろう。同時に、認識の原理や人間集団の行動原理を説いたものとしても捉えられるかもしれない。同じ一つの論考が、幾通りにも解釈可能となるとき、その論考は‘全体性’を醸し出すことになる。徹底して個別性を追求するからこそ、その論考は‘普遍性’や‘全体性’を帯びてくるという逆説に注意したい[9]。その‘全体性’は、実在ではなく、創発されてくる過程と言える。読者のみなさんが、この論考をどのように読むかは、みなさん自身の経験・学習・興味などに大きく依存する。この主体と客体の相互作用によって、あらゆる可能性が露わとなるのである。‘全体性’は探求し、表現する対象ではなく、自ずと創発してくるダイナミックな過程なのである。

かつて、ルイ・アルチュセールは『資本論を読む』で、「資本論をいつまでも経済学の本としてだけ読むのではなく、別な風に読むべきである」と唱えている。私自身、今から20年ほど前のこと、チャールズ・ダーウィンの『種の起源』を生態系における生物種の起源として読みながら、同時に、個体における新しい細胞型－すなわち、がん細胞－の起源として読んだことがある。‘要素’を生物から細胞に読みかえるだ

けで、驚くべき予見性が秘められていることを目の当たりにした[10]。実は、『種の起源』を別なように読みかえて理論を構築し、ノーベル賞を受賞した研究者がいる。フランク・マクファーレン・バーネットである。彼は、新しい病原体に対して私たち人間の免疫系が次々と新しい細胞を作りだす理論を、『種の起源』に述べられている‘突然変異’と‘自然選択原理’によって見事に説明したのである。

実は、この突然変異こそ、‘失敗’を生み出すメカニズムの1つでもある。生物は、‘失敗’を利用して、進化してきた。それが、地球上の生態系に見られる種の起源へとつながるばかりでなく、人間一人一人の免疫系における新しい免疫細胞の起源を導いたのである。ところが、同じ原理が私たちを苦しめる忌まわしいがん細胞の起源をも導いてしまう。そのため、がん細胞だけを根絶するという医療戦略はなかなか困難な状況にある。同一原理が、どこまでも‘両義性’を創発しつづけてしまう。ここに生命の本質がある[11]。

これが新たな問題を創発する。つまり、レジリエンスは‘失敗による混乱’や‘不測の事態による危機’が絶えない混迷の時代にあって、自律的に自らの体制を立て直しつつ、本来の目的を見失うことなく達成する能力をいうことは、既に述べた通りである。新たな問題とは、レジリエンスそれ自体がかならずしも、美徳とは限らないことである。細胞レベルのがんが存在するということは、人間集団レベルにも‘がん’としての役割が排除できないことが見えてくる。その具体例は、読者のみなさんにはもうおわかりのことである。

最後に、シネクティックスを駆使して、全体性に迫ろうとする道具について論じたい。その1つが古来から伝えられてきた曼荼羅である。曼荼羅とは、サンスクリット語の mandala の音訳であり、「本質(manda)を得る(la)」という意味である[12]。曼荼羅は、最高の悟りを得ることであり、その場所を意味するという。中心と周辺があり、対立と統合がある。そのために有限の世界にありながら、無限の可能性が開かれている。

もう1つ、まったく異なる道具がある。それが、ジャン・ピアジェなどが展開してきた‘構造主義’である[13]。曼荼羅も構造主義の構造も、どちらも実在として捉える対象ではなく、創発を呼び起こす方法であるという点には注意を要する[14]。その結果、同じ道具・方法であっても、それを用いる人間の個性によって、さまざまな世界が創発することになる。そのために、曼荼羅が芸術・宗教と結びつき、構造主義が数学と結びつくのも不思議なことではない。

現代社会はグローバル化時代を迎え、技術・環境・政治・経済といった多様なシステムと人間が複雑に絡み合う巨大な「生きた」システムと化してしまった。その結果として、私たちは、もちろんさまざまな恩恵を享受し、奇跡的な出来事を可能にしたことは事実である。ところが、その一方で、一部のシステムの最適化や効率化を追究することによって、別のシステムの脆弱性が高まり、全体システムが破綻しかねないという予期せぬ事態に直面することになった。社会全体としての「生きた」システムの理解しがたい複雑さ・相互依存性・不安定性によって、一見無害な事象が大混乱を招いてしまい、あとになってはじめて予想もしなかった隠された依存関係が明らかとなる。多くの場合、切迫した問題は多様なシステムの境界領域で発生する。そのために、個々のシステムを深く理解していても、問題自体が発生することを予想することは不可能に近い。ここに異分野交流による新たな学問創造を目指す意義がある。

多様な学問領域を眺めてみると、世界経済危機、エボラ出血熱ウイルスの感染拡大、環境汚染など、広義の「汚染」拡大において、共通性が浮かび上がってくる[15]。それは同時に、全体システムを構成している部分システムにおいても、同じように部分システム崩壊の危機が潜在化していることを意味している。アンドリュー・ゾッリも指摘するように、社会・コミュニティー・個人生活のあらゆるレベルで、共通原理が働いている可能性が考えられる。

「ものの見方」を根本からみなおした上で、明るい未来を創成可能とする新しい「未来創成学」の構築が望まれている。外の世界で次々と想定外の問題が創発される原理こそ、私たち自身が学ぶべき自然原理・生命原理なのである。失敗と創造性は、同じ原理の異なる側面にすぎない。そのために、失敗を‘回避’する思想はもはや時代遅れと言える。

失敗を‘許容’し、さらには失敗を‘駆動力’に変えることができるレジリエントシステムの研究に向けて、微力ながら取り組みをはじめていきたい[16]。

注

1 論理学者パースの「アブダクション」、湯川秀樹の「同定（アナロジー）」、生物学の「同化」に対応する。
2 参考図書：恩田　彰『禅と創造性』（恒星社厚生閣）
3 参考図書:川勝平太､鶴見和子『内発的発展とは何か』（藤原書店）
4 参考図書：宇沢弘文『社会的共通資本』（岩波新書）
5 参考図書：梅棹忠夫『知的生産技術の方法』（岩波新書)、川喜多二郎『発想法』（中公新書）
6 参考図書：ヤーン・ヴァルシナー『新しい文化心理学の構築』（新曜社）
7 参考図書：アンドリュー・ゾッリ『レジリエンス』（ダイヤモンド社）
8 参考文献：村瀬雅俊、村瀬智子「構成的認識論－自己・非自己循環理論の展開－」Journal of Quality Education Vol. 5, 29-51 (2013)」
9 参考文献：西田幾多郎「現実世界の論理的構造」、日本の名著『西田幾多郎』（中央公論社）より
10 Masatoshi Murase (Invited Paper), Alzheimer's Disease as Subcellular 'Cancer' － The Scale-Invariant Principles Underlying the Mechanisms of Aging, *Progress of Theoretical Physics, Vol. 95, 1-36* (1996)
11 参考図書：村瀬雅俊『歴史としての生命－自己・非自己循環理論の構築－』（京都大学学術出版会）
12 参考図書:鶴見和子､頼富本宏『曼荼羅の思想』(藤原書店)
13 参考図書:ジャン･ピアジェ『構造主義』（クセジュ文庫）
14 参考文献：村瀬雅俊、村瀬智子「構造主義再考－自己・非自己循環理論の視点から－」*Journal of Quality Education Vol. 6, 27-49* (2014)
15 参考文献：村瀬雅俊、村瀬智子「構造主義から汚染環境適応病の実態に迫る：統一生命理論としての自己・非自己循環理論の視点」*Japanese Journal of Clinical Ecology, Vol.22, 80-91* (2013)
16 『風の旅人』復刊第５号天地の眼①「いのちの文」掲載予定原稿より佐伯 剛編集長の許可を得て転載。

コラム――『京大広報』No.734（2018年3月）から

随想

「アリス　再考」

名誉教授　藤井　紀子

ルイス・キャロルの『鏡の国のアリス』は、アリスが鏡の国へ入り、左右、前後、時間軸が逆な世界で冒険する話として有名ですが、やや、難解なところがあります。他方、我国の広瀬正もキャロルのアリスにインスパイアされ、『鏡の国のアリス』（集英社文庫）という同名小説を書いていますが、こちらは全く別のストーリーで、左右の問題に関してキャロルより深く掘り下げています。広瀬の小説では木崎という男が銭湯の湯船に漬かっている間に鏡の世界に入ってしまいます。いつの間にか男女が入れ替わっていたことに気付いた木崎が慌てて銭湯を飛び出すと、街はすべて自分の知っている光景と左右が逆になっていました。普通の文字が鏡文字、自動販売機のコイン入れ、すべての道具、すべての仕組みが左利き用に作られていました。木崎は元の世界で肩身の狭い左利きでしたので、鏡の国では、快適です。しかし、鏡の国では自分のアパートが消え、元の世界の友人もいなく途方に暮れてしまいます。ここで、木崎は運よく鏡の国の科学評論家、朝比奈に保護されます。朝比奈は木崎に、物質と反物質、パリティー非保存、対称と非対称、炭素化合物の鏡像異性体の概念を説明します。この問答が秀逸です。朝比奈は、銭湯の壁の絵の富士山が完璧な対称性を持っていたことが鏡の国にスリップした原因だと類推します。古来より完全な対称物を作ると、神様が嫉妬して神隠や物狂いなど、不吉なことが起こるので、対称形の建物には魔除けを作り、対称性を破っているのだという説も披露されています。左利きの木崎は、鏡の国の演奏会で左右鏡像のサキソフォンを吹いて絶賛されるなど、この世界に馴染んでいきます。しかし、そのような折に事の発端となった銭湯が取り壊され、もう一度、鏡の国の銭湯の女湯から入り、元の世界の男湯に戻ることを模索していた木崎は大いに打ちのめされるのです。果たしてこの小説の結末は....？ご興味ある方には、ぜひ、ご一読をお勧めします。

さて、私たちの身体の細胞や組織の主要構成要素である蛋白質はアミノ酸が100-10000個結合したもので、血液、酵素、ホルモン、抗体、DNAとの結合、支持組織などとして主たる生命活動を直接的に担っています。アミノ酸には左手型に相当するL型と右手型に相当するD型があるのですが、生命発生以前の原始地球上でD-型は排除され、L-アミノ酸同士が結合して100％L-体の蛋白質ができ、今日の生命世界が樹立しました。L型とD型が混在しているとフォールデングができず、機能を獲得できないと思われるからです。そのため、蛋白質は生命活動維持のため、厳格なL-アミノ酸片手構造を保持することが必須で、生きている限り、L-アミノ酸からD-アミノ酸へ変わることはないと考えられていました。しかし、私たちはこの常識を覆し、加齢とともに蛋白質中でD-アミノ酸が増加し、それが蓄積していることを見出し、その生成機構を明らかにしました。D-アミノ酸は元々無かったのですから、加齢の分子指標となります。L-アミノ酸とD-アミノ酸は物性が同じなので、区別は困難です。しかし、片手構造物質と反応すると、見分けがつきます。たとえば、味覚です。我々の舌の受容体はL-アミノ酸ポリマーの片手構造蛋白質であるので、D-アミノ酸をなめると甘く感じ、L-アミノ酸はそれほど、甘く感じません。昆布などの旨味成分であるL-グルタミン酸ナトリウムは旨味として感じますが、D-体では全く旨味がありません。キャロルのアリスが「鏡の世界では、ミルクは美味しくないかもしれない」と言っているのは誠に当を得たセリフです。また、最近では我々の体内にも遊離型のD-アミノ酸があり、神経伝達やホルモン分泌などに関与する機能を持っているなど、様々な機能が判明し、これら遊離型D-アミノ酸の合成や代謝に関する酵素などの研究も盛んに行われています。さらに、D-アミノ酸を含む短いペプチドが高等生物で見いだされ、D-アミノ酸であるがゆえにオピオイド活性を示すことが知られています。もし、この宇宙のどこかに鏡像体のD-アミノ酸生物がいたら、我々と全く同じ機能を持ち、我々と同様な文明社会を築いているかもしれず、そして、キラル物質に対して我々と真逆な反応をするかもしれません…。

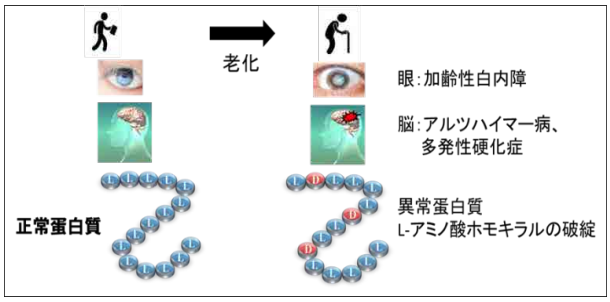
（ふじい　のりこ，平成29年退職　元原子炉実験所教授
現京都大学原子炉実験所・寄附部門教員（教授相当）
専門は蛋白質科学，D-アミノ酸の化学）

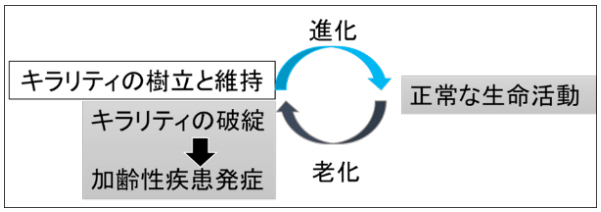
成果概要

藤井紀子（複合原子力科学研究所）

蛋白質中の D- アミノ酸：老化や病態と関連

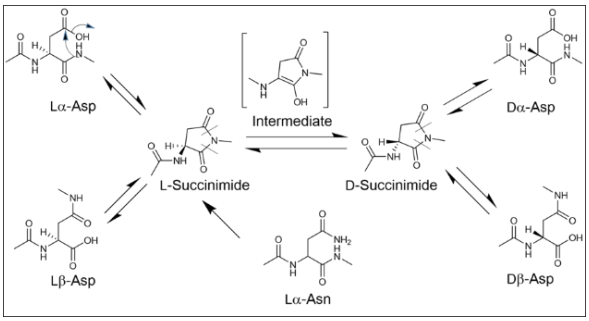
アミノ酸には L- 体と D- 体の鏡像異性体が存在するが、地球上のすべての生命体が作るアミノ酸、ペプチド、蛋白質はすべて L- アミノ酸だけから成る片手構造体（ホモキラリティ）である。タンパク質はこの L- アミノ酸だけから成る片手構造であるために規則正しい構造を取ることができる。それゆえ、酵素として、構造蛋白質として、酸素運搬タンパク質として、遺伝子発現調節などの様々な機能を有している。





正常な生命活動には L- アミノ酸のみのホモキラリティの維持が必須であるが、水晶体や脳など、代謝の遅い組織では老化と共に、L- アミノ酸が D- 体へと異性化し（その生成機構は 3 枚目に図示図：蛋白質中での Asp/Asn 残基の異性化機構）、これが様々な加齢性疾患の原因となっていることがわかってきた。進化の過程で排除された D- アミノ酸が一個体の老化の過程で生じるという驚くべき事実から老化を進化の逆向きの過程と捉えることができる。このような根源的な視点は従来の生化学研究ではほとんど無く、生命科学におけるパラダイムシフトと言える。

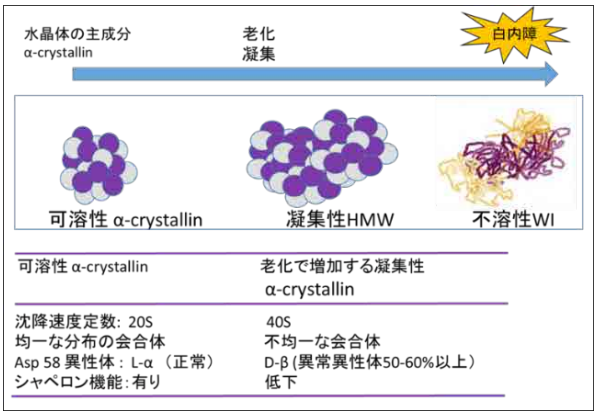
老化をキラリティの破綻という切り口でとらえるのは、これまでにない概念である。そもそも、生物は 100％ホモキラリティなので、生物学ではキラリティの概念がなかった。この概念で、老化をとらえると、定量的に老化を見ることができる。



今年度成果

今年度の成果として、水晶体中の正常な alpha − crystallin と凝集化した alpha − crystallin に関してそれらのサイズ、サイズ分布、アスパラギン酸残基（Asp）) の異性化の度合い、alpha − crystallin の機能であるシャペロン活性に変化があるかどうかを測定した。

結果は表にあるように、alpha − crystallin は 20S（分子量換算すると約 90 万）から 40S（分子量換算すると約 250 万）へとサイズが大幅に大きくなるとともにその分布も大きくなった。さらに凝集体中の alpha　A − crystallin 中のアスパラギン酸残基（Asp) の異性化（D- β体化）は、正常の会合体中のそれよりも著しく多いということが分かった　(異常異性体 50-60% 以上)。また、他の蛋白質の凝集を防ぐシャペロン機能も著しく低下した。



成果概要

山内 敦　（生態学研究センター）

(1) 生物の空間分布を考慮した利他行動の進化に関する理論的研究

利他行動は他者に利益を与える行為だが、それには一般にコストが伴うため「利他行動をもたらす遺伝子」が集団中に広まることは困難だと考えられる。しかし実際には多くの生物で利他行動は観察されており、それを説明するためにいくつもの理論が提案されている。生物の性質の変化は個体の空間分布に影響するであろう。そして空間分布のパターンは性質の進化に働く自然淘汰にフィードバックする可能性がある。生物の性質の進化と空間分布のフィードバックが利他行動の進化におよぼす影響について、理論的に解析を行った。利他行動の進化と同時に資源を巡る競争の進化を想定し、加えて空間上でそれらの影響の到達距離が異なると仮定して、主にシミュレーションによる解析を行った。資源利用の影響範囲が利他行動の影響範囲より広い場合、競争が高いレベルまで進化するとともに生物の分布にクラスター構造が現れた。そして、本来は不利益ゆえにクラスター内では進化しにくい利他行動が、クラスター間の競争を通じて進化することが明らかとなった。これは、利他行動の進化を促す「血縁淘汰」と呼ばれる力学を可能にする集団構造が、利他行動と資源利用の同時的な進化を通じて自律的に空間上に実現された結果である。

本研究については、成果の一部を Journal of Theoretical Biology に発表するとともに、本理論モデルを単純化し解析を発展させた成果を別の論文として現在投稿中である。

- Yamauchi A, van Baalen M, Sabelis MW (2018) Spatial patterns generated by simultaneous cooperation and exploitation favour the evolution of altruism. Journal of Theoretical Biology 441:58-67, DOI: 10.1016/j.jtbi.2017.12.027.
- van Baalen M, Yamauchi A（投稿中）Competition for resources may reinforce the evolution of altruism in spatially structured populations.

(2) 雌性両全性異株と自家受粉の共進化に関する理論的研究

多くの植物は個体の中にオス機能とメス機能を同時に持つ雌雄同体だが、集団内に雌雄同体個体とオス機能を失ったメス個体が共存している場合があり、それを雌性両全性異株と呼ぶ。この現象は、ミトコンドリアの遺伝子に生じた突然変異によって、個体のオス機能が損なわれることで生じる。ミトコンドアは花粉を通じて次世代に伝わることがなく、オス機能を必要としないためにそうした性質を進化させる。しかし他方、細胞の核ゲノムはこのミトコンドリアによる身勝手を押さえ込むために、オス機能を回復する遺伝子を進化させる。実は、こうしたミトコンドリア遺伝子と核遺伝子の間の「ゲノム間闘争」には、植物の自家受粉の程度が大きく影響する。そこで、自家受粉の率を決める核遺伝子を想定し、「ミトコンドリアによるオス機能不全」「核によるオス機能回復」「核による自家受粉」の３つの性質の同時進化を解析し、自家受粉が核ゲノムにとってオス機能回復に代わるミトコンドリアへの対抗手段となりうることを明らかにした。

本研究の成果はすでに論文として取りまとめ、現在投稿中である。

- Yamauchi A, Yamagishi T, Booton R, Telschow A, Kudo G (投稿中) Theory of coevolution of cytoplasmic male-sterility, nuclear restorer and selfing.

村瀬雅俊　（基礎物理学研究所）

自然は‘創発現象’に満ちている。時間も空間もない「無」(真空）の状態において‘対称性の破れ’が起こり、宇宙の創成がはじまった。そして、生命の起源やこころの進化、文明の誕生など、実に、さまざまな‘時間・空間スケール’の創発現象が続いてきた。もちろん、バブル経済の破綻や新型インフルエンザのパンデミックの典型例から明らかなように、創発現象には秩序の‘生成と消滅’という‘両面性’が必ず含まれている。さらに、これまでの客観科学の対象とはなり得なかった、私たち人類の主観的なこころのはたらきによる‘創造の瞬間’も創発現象といえる。アルバート・アインシュタインの相対性理論やレオナルド・ダ・ヴィンチのモナリザは、この創造の成果である。

かつて、物質の最小単位である素粒子の性質は、巨大宇宙の創成とは、ほとんど関係がないと思われていた。今日、宇宙膨張が発見された結果、過去の宇宙は今よりもずっと密度が高い極微の世界であることがわかり、変化の法則とパターンの統一性が探究されている。かつて、学習と進化が関係するなど、ありえないことと思われていた。今日、学習は進化を前提にしているとともに、進化の一形態であることがわかり、進化の普遍的なアルゴリズムが研究されている。かつて、アルツハイマー病の発症と治癒の過程には何の関係もなく、そのためにこの病気が回復することは、誰にも望みがないことと思われていた。今日、アルツハイマー病は予防できるばかりでなく、その病気に付随して起こる認知症は、多くの場合に回復できることがわかってきた。これらすべてが創発現象である。

創発現象の成果である‘新理論や新概念や芸術作品’といった客観的な事実は、人から人へと伝達可能である。ところが、主観的なこころのはたらきを抜きにして創造の瞬間を語ることは難しい。そのため、トルストイは「芸術家による創造の瞬間は解明不可能」と表現した。実際、創造の瞬間にはたらく‘創発原理’を解明することは、困難を極めてきた。その理由として、これまでは特定の視点や方法論に固執してきたことが考えられる。

これに対して、異なる視点や方法論を駆使することで‘創発原理’の解明に向けた‘パラダイム転換’の可能性が明らかになってきた。例えば、数学者のアンリ･ポアンカレ（1834 − 1912）は、自身による数学の創造過程について、現在から過去へと遡及的かつ心理学的に分析した。その結果、数学の創造過程には論理的思考ばかりでなく非論理的思考も併存しているとの考えに至った。そして、一方の非論理的思考から他方の論理的思考へ、ある種の概念や演算が‘転移’することが、閃きの瞬間と捉えたのである。論理学者のチャールズ・パース（1839 − 1914）は、仮説・事実・法則・理論の発見への洞察を得るためには、形式論理を担う意識に加えて、無意識的な‘直観’−すなわち、進化論的な意味での‘本能’−が必要であると考えた。そして、既存の帰納や演繹とは独立に、仮説を導く新たな論理として心理学を基盤に‘アブダクション’（転移に相当）を提唱した。心理学者のカール・ユング（1875 − 1961）は、精神分析学の手法と歴史神話学の知識を統合して、精神の‘創造性と破壊性’の説明に欠かせない人類共通の‘集合的無意識’を発見した。集合的無意識や自然界には、私たちがなかなか気づくことができない無限の知識があると考えた。その上で、現実世界で矛盾・対立が起こると、私たちの意識水準が高められ、無限の知識の限定された側面が、私たちの理解の範囲に入ってくると捉えた。精神的な病の‘生成・消滅’が、同じ集合的無意識を舞台に繰り広げられる根拠がここにある。

このように異なる研究領域において、多様な視点から創発現象を捉えることによって、共通した問題の構造が明らかになってきた。その一方で、切迫した問題の発生や思いもよらない問題解決は、多様な学問が交錯する境界領域で見られる。つまり、異分野交流によって多様な視点や多様な方法論が提供されることで‘創発原理’の解明が包括的に可能となることが期待される。

本研究では、物理学、生物学、心理学、看護学、医学、社会学、教育学、哲学などの多様な学問領域間の対話をとおして、解明不可能とされてきた‘創発原理’を‘大統一生命理論’の構築によって科学的に解明することを目指す。

具体的には、1960 年代に素粒子物理学者 Geoffret Chew によって提唱された Bootstrap Philosophy、すなわち「自然法則はそれらが自己無矛盾的であるべきとの要求から演繹される」という方法論に着目する。そもそも、私たち人類は、なぜ自然が織りなす創発現象を理解できるのだろうか？その理解はどのようにして実践され、また一般化されるのだろうか？これらの問いへの答えを探るために、その鏡像として自然界の創発現象を「学習過程」として捉えてみた。この「学習過程」としての自然界の創発現象を、私たちが理解するには、その「学習方法」を理解できること−これも、また「学習過程」にほかならないが−そうした学習可能性が前提となる。これが「学習過程」の‘超一般性’である。

その上で「学習過程」を、3 つのカテゴリーから捉え直す。

1）生成・消滅（問題創発・解決）
2）拡張・収斂（帰納・演繹）
3）アブダクション（転移・逆転移）

また、自然界の創発現象の本質を、次の 3 つのカテゴリーから捉え直す。

1）対称性の破れ
2）スケール不変性
3）アナロジー

実は、学習過程と自然界の創発現象の本質は、相互に参照可能である。つまり、自然界の創発現象の本質こそ、自然を理解するための「学習過程」の本質であることが主張できる。ここで、自然界の創発現象を「学習過程」としてではなく、「進化過程」あるいは「生命過程」として捉えることもできる。どちらにしても、たんに時間・空間スケールが異なるだけで、上記の3つのカテゴリーを包括し、しかも、相互に依存関係にあるからである。ここに、生命現象の基礎理論として構築した‘自己・非自己循環理論’（村瀬雅俊、京都大学学術出版会 2000）を一般化して、多様な生命現象の統一的理解－すなわち‘大統一生命理論’の構築－が可能となる根拠がある（Murase, Springer 2018）。

西洋の Bootstrap Philosophy の観点は、東洋の哲学者・西田幾多郎による「個」と「全体」の関係を捉える「場の論理」とも関連する。西田幾多郎は「個」と「全体」の共依存関係によって創発する「超論理的な創造過程」に注目した。この「超論理的な創造過程」は、「個」にも「全体」にも還元できない。そのため、「個」を重視する分析思考も、「全体」を重視するシステム思考も、この創造過程を捉えきることができなかった。西田幾多郎はこの創造過程を「宗教の起源」と捉えていた。同様に、社会心理学者のジョナサン・ハイトはこの創造過程を「道徳の起源」と捉え、進化心理学者のマイケル・トマセロは「利他性の起源」と捉えた。西洋の Bootstrap Philosophy・社会心理学・進化心理学と東洋の西田哲学との対話を通して、新たな‘創発現象’が期待される。

キーワード：対称性の破れ、スケール不変性、アナロジー、認識論的逆転、Bootstrap Philosophy、自己・非自己循環理論、大統一生命理論

参考文献

村瀬雅俊『歴史としての生命 ― 自己・非自己循環理論の構築 ―』
京都大学学術出版会　2000
https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/96793/1/KJ00004709267.pdf
村瀬雅俊「大統一理論への挑戦」
村瀬雅俊・西平　直　編集『未来創成学への招待』（仮題）
山極壽一、佐々木　節、藤井紀子、岡田暁生、富田直秀、高林純示、西村和雄、西平　直
カール・ベッカー、山口栄一、大野照文、吉村一良、村瀬雅俊
ミネルヴァ書房（編集本、準備中）
M. Murase “A Self-Similar Dynamic Systems Perspective of “Living” Nature: The Self-nonself Circulation Principle Beyond Complexity”
In: The Kyoto Manifesto for Global Economics The Platform of Community, Humanity, and Spirituality (Eds: Stomu, Yamash’ta, Tadashi, Yagi, Stephen Hill) Springer, pp 257-283, 2018
M. Murase “The Principle of Self-Nonself Circulation”
(Eds: Stomu, Yamash’ta, Masatoshi Murase, Stephen Hill) Springer 2020 (in preparation).
M. Murase “A Grand Unified Theory of Life: The Self-Nonself Circulation Principle”
Cambridge University Press 2021 (Monograph in preparation)
M. Murase “A New Synthesis of Eastern Philosophy and Western Science”
Oxford University Press 2020 (Edited book in preparation).

Invited Talks

M. Murase “A New Integrated Perspective of Living Nature”
The UNESKO Symposium Does Nature Think?
Venue & Period: Paris, June 6-8, 2019
M. Murase “Saving Our Shattered Science and Ourselves”
The Kyoto Symposium Kyoto Manifesto Ⅱ
Venue & Period: Kyoto, June 12, 2019

Organizer

M. Murase: The Kyoto University Symposium on Advanced Future Studies
Venue & Period: Kyoto University Clock Tower, October 24-26, 2019

プロジェクトレポート

March 2017
No. 2017-002-e

Journal of Integrated Creative Studies

Local and Global Chirality Measures of Natural Amino Acids

Paul G. Mezey
Canada Research Chair in Scientific Modelling and Simulation
Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, CANADA
E-mail: paul.mezey@gmail.com

Abstract. The electron density cloud of each molecule contains the complete information about the molecule, including information about potential chirality effects, and in the case of a molecule undergoing a conformational or reaction process, also on chirality changes. In chemical reactions, including racemization processes of chiral amino acids, such as Aspartic Acid, the local and global electron density clouds undergo different degrees of shape changes, providing important information, wich can be monitored and studied by the tools of mathematical chemistry and computational quantum chemistry. Based on this background, two specific studies have been initiated: Study 1. Demonstration that neither the complete, global electron density cloud, nor any of the local ranges of this electron density cloud can ever become achiral in any actual L to D transformation of amino acids, including the specific case of Aspartic Acid in the *in vivo* conditions of the human eye, where such L to D chirality changes have been implicated as causing cataract.
Study 2. Finding correlations between the gradually increasing size of well-defined chiral surroundings and the surroundings-induced chirality effects on inherently achiral molecules.

Keywords: Chirality of Electron Density Clouds, Chirality Measures, L-to-D Transformations of Amino Acids, Aspartic Acid Racemization and Cataract Formation, The Role of Chiral Surroundings in Racemization

Subject of the Report:
Invited Research Visit of Prof. Paul G. Mezey, Canada Research Chair in Scientific Modelling and Simulation, Memorial University, St. John's, NL CANADA
Invitation by the Kyoto University International Research Unit of Advanced Future Studies, for a one-month visit as Distinguished Research Professor, in charge of "Local and Global Chirality Measures of Natural Amino Acids", to be carried out in the Research Group of Professor Noriko Fujii, at the Research Reactor Institute of Kyoto University, Osaka, Japan, July 9 – Aug 8, 2016.

1. Introduction

Motivated by the advances by Professor Noriko Fujii in the study of Aspartic Acid racemization in the process of cataract formation in the eye (see, for example, Fujii 2012, Sakaue 2015, and Sakaue 2017, and references therein), at the invitation of the International Research Unit of Advanced Future Studies of Kyoto University in the period of 2016 July 9 to Aug 8, the research project on "Local and Global Chirality Measures of Natural Amino Acids" has been initiated. The early results already obtained during that one-month period have served as the basis of two journal publications already nearly complete and soon ready for submission. The two main topics of the Research Project are the following:

Topic 1. Exclusion Rule for Locally or Globally Achiral Structures of *"in vivo"* L to D Transformation of Aspartic Acid in a Process of Cataract Development in the Human Eye. Demonstration that neither the complete, global electron density cloud, nor any of the local ranges of this electron density cloud can ever become achiral during any actual L to D transformation of Aspartic Acid in the human eye, in a process that is causing cataract.

Topic 2. Studies on the Effects of Chiral Surroundings on the Local and Global Shapes of Inherently Achiral Molecules. Finding correlations between the size of well-defined chiral surroundings and the surroundings-induced chirality effects on inherently achiral molecules, as monitored by local shape analysis of electron density clouds.

The location of the research invitation for the project "Local and Global Chirality Measures of Natural Amino Acids" has been the welcoming environment of the Research Group of Prof. Noriko Fujii, at the Research Reactor Institute, Kyoto University, Sennan-gun, Kumatori-cho, Osaka 590-0494, Japan.

2. Related Lecture Presentations:

During this one-month visit, three lectures have been presented by P.G. Mezey.

Lecture 1. During the first week of this invitation, at the location Research Reactor Institute, Kyoto University, Sennan-gun, Kumatori-cho, Osaka 590-0494, Japan, of the Research Group of Prof. Noriko Fujii, some of the initial ideas concerning the two research topics, Topic 1 and Topic 2, have been presented by a lecture by
P.G. Mezey, "General Shape and Chirality Studies of Molecular Electron Densities",

Lecture 2. An additional lecture presentation on these initiatives has been given by P.G. Mezey at the Conference of the Japanese Society for Cataract Research, Iwate Koryu Center, Morioka, Japan July 29-31, 2016,
Paul G. Mezey: "When molecules of the eye turn into their mirror images and become misfits: Right hands in left gloves".

Lecture 3. A somewhat more general, but strongly related lecture by P.G. Mezey has been presented at the International Symposium on "Chemical, Physical and Mathematical Foundations of Complex Phenomena", organized by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University, at the invitation of Prof. Masatoshi Murase, Yukawa Institute for Theoretical Physics Kyoto, University, Kyoto 606-8502, August 5, 2016,
Paul G. Mezey: "Imperfect Symmetries, Symetry Deficiency Measures, and Chirality Measures in Biochemical Processes and Their Role in Some Diseases".

3. Initial Research Progress with Topic 1 :

Exclusion Rule for Locally or Globally Achiral Structures of "in vivo" L to D Transformation of Aspartic Acid in a Process of Cataract Development in the Human Eye.

Motivated by the earlier findings by the Fujii Research Group concerning the likely transition structure of an actual L to D transformation of Aspartic Acid in the human eye, as described in (Fujii, 2012), (Sakaue, 2015), and (Sakaue, 2017), and references therein, a rather general principle has been found concerning the in vivo L to D chirality changes, also applicable to the case of Aspartic Acid transformations. Based on earlier electron density approaches to molecular shape and molecular chirality characterization (Mezey, 1993, 1996, 1998, 2014), involving both global and local representations of the electron density clouds of molecules, the so-called Holographic Electron Density Theorem (Mezey 1999a, 1999b, 2011, 2012) provides a basis for the interrelations between local and global chirality. This theorem states that in the electronic ground states, any small but positive volume part of the electron density cloud contains the complete molecular information. When applied to the chirality of amino acids, in particular, to Aspartic acid, assumed to be surrounded by some *in vivo* environment, one can derive certain corollaries concerning racemization processes. After the clarification of some of the relevant principles, as applied to chiral and achiral molecular electron density clouds of amino acids and their local fragments, the initial research work leading to some exclusion principles has been already completed during the visit to Research Reactor Institute, Kyoto University, Sennan-gun, Kumatori-cho, Osaka 590-0494, Japan, of the Research Group of Prof. Noriko Fujii. Some additional developments have been also completed after the visit, and now the manuscript of one planned publication is in the stage of being finalized.
Coauthors and tentative title of manuscript 1 in preparation:
Noriko Fujii and Paul G. Mezey: An Exclusion Rule for Locally or Globally Achiral Structures in the Process of *"in vivo"* L to D Transformation of Aspartic Acid Involved in a Process of Cataract Development in the Human Eye.

4. Initial Research Progress with Topic 2 :

Studies on the Effects of Chiral Surroundings on the Local and Global Shapes of Inherently Achiral Molecules.

One may regard this Topic 2 as a natural "counterpart" of Topic 1, since here the tests of actual calculations of electron density shape measures are aimed at describing the "chirality inducing" effects, and their degree and influence on electron density shape properties, when the original, single molecules themselves are achiral, hence a "pure" effect of the chirality inducing efficiency of the surrounding can be studied, without any inherent chirality that may mask, or "blur" the influence of the surroundings. If the chirality inducing effects of the surroundings are better understood, then the influences on inherently chiral molecules, such as most amino acids, can also be better understood. The results are expected to serve novel indications, what changes, potentially, intentionally introduced artificial changes in the surroundings can provide enhancement or hindrance for the L to D transformations of amino acids, including Aspartic Acid. Such studies might contribute to a better understanding of the processes involved, and, potentially, even to some novel means suitable to influence such transformations. Ideally, the ultimate goal in this area could be to find some chemical means to modify the influences of chiral surroundings thereby to hinder the L to D transformations of Aspartic Acid, potentially reducing the chances for cataract formation.

One manuscript is in preparation, describing the method and actual applications of finding correlations between the variations of the size of a well-defined type of *in vivo* chiral surroundings and the surroundings-induced chirality effects on inherently achiral molecules, as monitored by local shape analysis of electron density clouds. Details of the shape analysis methodology can be found in (Mezey, 1993).

Coauthors and tentative title of manuscript 2 in preparation:

Noriko Fujii, Zoltan Antal, and Paul G. Mezey: Size-Dependent Induced Chirality Effects of Chiral Surroundings on the Local and Global Shapes of Inherently Achiral Molecules.

5. References

Fujii, N., Sakaue, H., Sasaki, H., Fujii, N., A rapid, comprehensive liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS)-based survey of the Asp isomers in crystallins from human cataract lenses. *J. Biol. Chem.,* **287,** 39992−40002, 2012

Mezey, P.G., *Shape in Chemistry: An Introduction to Molecular Shape and Topology,* VCH Publishers: New York, 1993

Mezey, P.G., Functional Groups in Quantum Chemistry, *Advances in Quantum Chemistry*, **27,** 163-222, 1996

Mezey, P.G., Generalized chirality and symmetry deficiency. *Journal of Mathematical Chemistry,* **23,** 65–84, 1998

Mezey, P.G., The Holographic Electron Density Theorem and Quantum Similarity Measures, *Mol. Phys.,* **96,** 169-180, 1999

Mezey, P.G., Holographic Electron Density Shape Theorem and Its Role in Drug Design and Toxicological Risk Assessment, *J. Chem. Inf. Comput. Sci.,* **39,** 224-230, 1999

Mezey, P.G., The Holographic Principle for Latent Molecular Properties, *J. Math. Chem.,* **30,** 299-304, 2011

Mezey, P.G., Natural Molecular Fragments, Functional Groups, and Holographic Constraints on Electron Densities. *Phys. Chem. Chem. Phys.,* **14,** 8516-8522, 2012

Mezey, P.G., Fuzzy Electron Density Fragments in Macromolecular Quantum Chemistry, Combinatorial Quantum Chemistry, Functional Group Analysis, and Shape−Activity Relations, *Acc. Chem. Res.,* **47,** 2821−2827, 2014

Sakaue, H., Takata, T., Fujii, N., Sasaki, H., Fujii, N., Alpha Band betaA3-crystallins containing D-aspartic acids exist in a monomeric state. *Biochim. Biophys. Acta,* **1854,** 1−9, 2015

Sakaue, H., Kinouchi, T., Fujii, N., Takata, T., and Noriko Fujii, N., Isomeric Replacement of a Single Aspartic Acid Induces a Marked Change in Protein Function: The Example of Ribonuclease A. *ACS Omega,* **2,** 260−267, 2017

プロジェクトレポート

January 2019
No.2019-001-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics in 2018

Johann Hohenegger
Institute of Paleontology, University of Vienna, Austria
E-mail: johann.hohenegger@univie.ac.at

Abstract. This report summarizes my activities during a 2 month stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics. Beside discussions about the role of evolutionary biology in the complexity of upside-downside learning, lectures about 'Perception of the Biological World', 'Mysteries of Evolution' and 'While interested in many things, never reaching perfectness' were given.

Keywords: Evolution, Species, Typostrophen-Theorie, Mutation rates in populations

Personal Note

I thank Prof. M. Murase for his warm hospitality during my stay and Prof. T. Ohno, the director of Mie Prefectural Museum, who recommended me to work within the group of the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University.

1. Lectures

1.1. Perception of the Biological World

This lecture was performed on October 23, 2018 in the session 'Kyoto University International Forum on Advanced Future Studies' working as a parallel session to the 'International Conference on Applied Physics and Mathematics 2018' held in Narita.

Abstract: Besides naming of the basic units of organism groups by the two nouns *genus* and *species*, Linné has established the hierarchical system of classes. This hierarchy is inclusive, because one class includes classes of higher connectivity. Therefore, the grade of connectivity is a measure for constructing a hierarchical system. While in the biological hierarchical system the species is regarded as the only 'natural category', all higher categories, also the genus category, are regarded as artificial, thus not comparable between different higher categories. By the lack of testability, the genus is regarded as a construct of the human mind which cannot be verified. Therefore, characterizing 'natural' against 'artificial' categories are necessary.

Homogeneity in characters is the scale for connectivity, thus decreasing homogeneity in class building rate leads to fusion of classes. Continuous class building rates make distinct levels (= categories) within the class building system artificial. Only discontinuous class building rates mark these

discontinuities as natural categories (Fig. 1). The main criterion for finding natural classes is consistency of the classification criterion, meaning that the classification criterion must not change during the complete classification process.

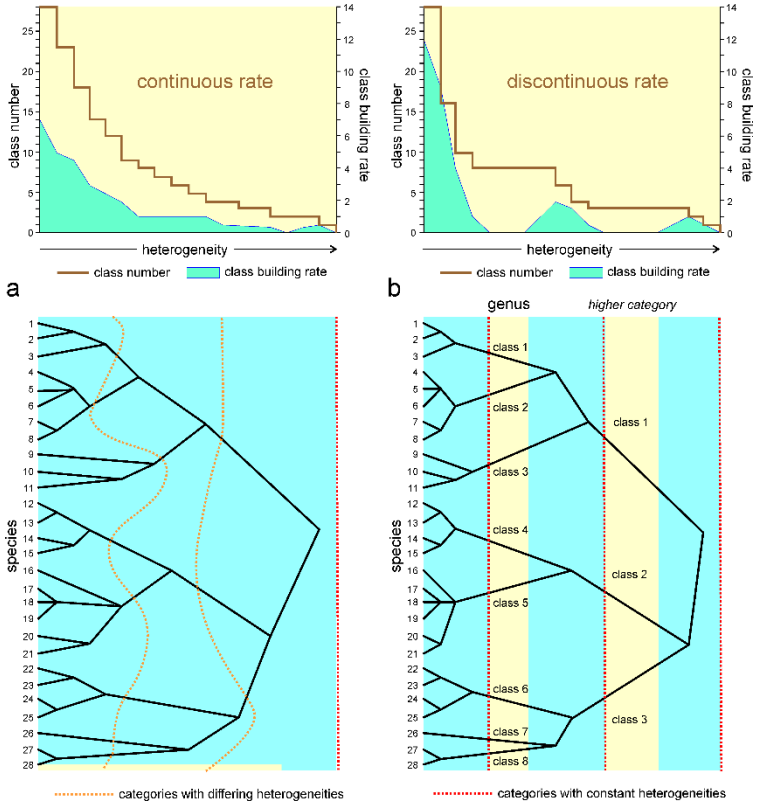


Figure 1. Differences between natural and artificial categories based on cladograms with the same topologies.

In phylograms and cladograms, where the connection points (levels) mark phylogenetic relationships, discontinuities are difficult to determine. This is the reason for failing the Linnean hierarchical system in phylogenetic systematics based on morphology or molecular genetics. Phylogenetic trees are also excluded from hierarchical classification based on heterogeneities, because they represent excluding hierarchies where fusion points are objects (species), not heterogeneity levels.

All biological classification systems are based on the biological species. As the basic classification object, species must represent homogeneous groups based on consistent classification criteria. Therefore, they must follow a general concept including all organisms. Since Darwin's work on the origin of species, intensive efforts have been mounted to find a criterion for biological species. This has led to numerous species concepts, but none have met the requirement of universal application. Additionally, many concepts are based on criteria that can be used only for recognizing species (operational criteria), not defining the 'being' or make-up of the species (explanatory criteria). In an explanatory definition represented here, species are groups of organisms sharing a pool of genotypes with the potential to transfer genomes to the succeeding generation, perpetuating transferability. Splitting up/off the pool of genotypes without further transfer potential between pools gives rise to new species. Operative methods try to approximate the explanatory species, but fails in delimiting closely related species from subspecies. Methods for species recognition and delimitation are based on morphological or molecular genetic characters or both together. Species described as pools of contemporarily interconnected genotypes possessing their own history lead to evolutionary lines.

The genus category grouping similar species into classes cannot be based on phylogenetic classifications neither using (apomorphic) morphological nor molecular genetic characters. They can only be based on phenetic criteria using morphological characters indicative for the species group. Therefore, three theorems are proposed for defining the genus:

- The genus is a group of species in a nested hierarchical system of an organism group.
- The organism group must be based on a constant number of characters (morphological, physiological, molecular genetic etc.) containing the maximum number of species detected.
- Genera are defined by the first significant discontinuity in the class building rate at the lowest heterogeneity level.

Higher natural categories in the specific classification group (e.g., agglutinating foraminifera with tubular tests) described by a constant set of characters must not be labelled (families, orders etc.), because comparison with other classifications are impossible since they are based on quite different classification criteria (e.g., families in Foraminifera versus families in Mammalia). Since the genus is solely based on morphological criteria, it can also be used for fossil forms.

1.2. Mysteries of Evolution

In this lecture for Junior High School Students held on October 27, 2018 at the Main Hall in the Clock Tower at Kyoto University the being of humans is explained by evolution using examples of

- 2 arms and 2 legs originating from early bone fishes entering the land using 4 pectorial fins
- The turning between radius and ulna for faster movement
- Evolution of a complex heart directing blood circulation
- Evolution of the vertebrate column from ancestors with a metameric body
- Evolution of the upright walking
- Evolution of the different specialized teeth in mammal jaws

1.3. While interested in many things, never reaching perfectness

In this lecture held on November 17, 2018 named ‘Open up our future through incubating learning power’ at the Mie Prefectural Museum I presented my curriculum and special interests demonstrating permanent learning. Starting in 1947 the studies at elementary schools, high schools and the following study system at the Austrian Universities were explained.

Abstract: Starting after senior high school, I elected from different university studies in which I was interested either to become a High School Teacher for Geography, Biology and Earth Sciences, or becoming a musician playing French horn. Two years later the concentration on Science resulted, again after additional 2 years, in a position as an assistant professor in Palaeontology, where by chance this position was newly founded. The Doctor of Philosophy was gained after finishing a thesis by strong examinations on Philosophy, Formal Logics, Zoology and 2 examinations on Palaeontology. Becoming an associated professor, my scientific work on micropaleontology resulted in many papers, up to now more than 150 in high quality journals. In these papers, I always tried to find new solutions to the given problem, mainly using formal logics, philosophy of science and mathematics. Beside these special studies, the problem of species and genera in biology, time estimation with periodic functions represented by orbital cycles, spatial statistics and ecology became interesting.

I like teaching, and many basic courses for bachelors in Earth Science were given by me. Beside scientific work, I rediscovered my musical interest and studied by myself to play the different types of lutes like Renaissance Lute, Archlute, Theorbo and the Barock Lute. Never reaching perfection, I always tried to find new ways of thinking in Earth Sciences and was responsible for the change of traditional lectures into new ones better answering the new questions arisen in Science. Since my retirement in

2012, I continued scientific work with 5 PhD students and published 35 papers. This made a permanent learning necessary.

2. Research Activities

My research activities during the stay in Kyoto encompassed discussions about rules in biological evolution and to find generality for all evolutionary processes. Today evolutionary biologists concentrate in evolution studies on molecular genetics, but documents for evolutionary processes can only be found in the fossil record, especially using microfossils possessing high evolutionary rates. Using these complex organisms with their long geological history, the different courses in evolution can be tested, e.g. differences between random walking and selection. This is important to explain modes in evolution. A model is developed based on the fact that species can be regarded as individuals, reacting to the organic and inorganic environment, but also influencing especially the organic environment. The birth of a species (speciation) is always effected by a more or less (geologically) abrupt change of the environment. When the environment keeps constant, then the species is exposed to selection. Similar to the lifetime of an organism, the mutation rates increase during lifetime of a species giving opportunity to gradual changes in morphology despite constant environmental conditions. Due to this variation, the threshold to other environments can abruptly being opened for a new (daughter) species (punctuated equilibrium model) or the complete species can exceed the threshold. A complex model will be developed for the different types of evolution, finally explaining the 'Typostrophen-Theorie' of Schindewolf (1950), based on Ammonites, which is divided into Typogenese, Typostase and Typolyse. While the first two stages could be explained by population genetics (Gould, 1993), the Typolyse can now be explained by the increasing mutation rates in the lifetime of a species. This idea and the dependence of species to oscillating environmental factors, but also their response to these factors will initiate further research.

References

Gould, St.J., *Foreword*. In: O. H. Schindewolf: *Basic Questions in Paleontology: Geologic Time, Organic Evolution, and Biological Systematics*. The University of Chicago Press. S. IX-XIV. Chicago/London 1993.

Schindewolf, O.H., *Grundfragen der Paläontologie. Geologische Zeitmessung, Organische Stammesentwicklung, Biologische Systematik.* Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1950.

プロジェクトレポート

October 2018
No.2018-009-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my visit to the Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University in 2018

Alessandro Usiello University of Campania, L. Vanvitelli, Caserta, Italy,
E-mail: alessandro.usiello@unicampania.it

Abstract. The homochirality of the L-amino acids is fundamental for the development and maintenance of life. Therefore, in the past D-amino acids were considered only as unnatural molecules in life science and there has been little knowledge on the function of D-amino acids in mammals. However, these atypical amino acids were recently found in various higher organisms, including human in the form of free amino acids, peptides, and proteins. Free D-serine, D-alanine and D-aspartate may function as a synaptic modulator in the mammalian brain. In particular, D-aspartate may play a role as a novel neuronal messenger in the maturation and differentiation of the central nervous system. On the other hand, in peptides, D-amino acids are well established as essential amino acids conferring biological activities on opioid peptides and neuropeptides. Consistently with their emerging biological interest and biomedical translational value, very recent improvements in analytical chemistry, which detect amino acid enantiomers at the femtomole level, demonstrated that these atypical amino acids are no longer “unnatural” molecules in living organisms.

Keywords: D-Amino acid, Analytical Chemistry, aging, brain functioning

Report on my visit to the Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University in 2018

Subject of the Report

This report summarizes my scientific activities during my 2 months stay as Visiting Professor in the laboratory of Biochemical Gerontology group at the Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University. These activities were fully supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University, Japan.

Introduction

Besides D-serine, another D-amino acid with endogenous occurrence in the mammalian brain, D-aspartate, has been recently shown to influence NMDA receptor (NMDAR)-mediated transmission. D-aspartate is present at the extracellular level, binds to the agonist site of NMDARs and activates this subclass of glutamate receptors. Along with its direct effect on NMDARs, D-aspartate can also indirectly stimulate glutamatergic neurotransmission in specific brain areas by evoking L-glutamate release through the presynaptic activation of NMDA, AMPA/kainate and mGlu5 receptors. D-aspartate is enriched in the embryonic brain of rodents and humans and strongly decreases after birth, due to the post-natal expression of D-aspartate oxidase (DDO) enzyme, which selectively catabolizes this D-amino acid. Based on the hypothesis of NMDAR hypofunction in schizophrenia pathogenesis, recent studies suggested a relationship between perturbation of D-aspartate metabolism and this psychiatric disorder, in both animal models and humans. Consistently, neurophysiological and behavioural characterization of Ddo knockout (Ddo-/-) and D-aspartate-treated mice evidenced that abnormally higher endogenous levels of this D-amino acid enhance NMDAR-dependent synaptic transmission and plasticity, dendritic morphology and memory. Remarkably, increased D-aspartate levels influence schizophrenia-like phenotypes in mice, as shown by improved fronto-hippocampal connectivity, attenuated prepulse inhibition deficits and abnormal circuits activation induced by the psychotomimetic drug, phencyclidine. In healthy humans, genetic variation predicting reduced expression of DDO mRNA in the prefrontal cortex is associated with greater prefrontal grey matter and activity during working memory. Moreover, neurochemical detections in post-mortem patients affected by schizophrenia have shown significant reductions of D-aspartate content in prefrontal regions, associated with an increase in DDO mRNA expression or activity of DDO enzyme. Other recent results evidenced a pharmacological link between D-aspartate metabolism and the second-generation antipsychotics, olanzapine. In fact, it has been reported that olanzapine, differently from other typical and atypical antipsychotics, is able to inhibit the enzymatic activity of both human and murine DDO, and induces a significant extracellular release of D-aspartate and L-glutamate in the prefrontal cortex of freely moving mice. Overall, these results suggest a potential deregulation of D-aspartate metabolism in schizophrenia pathophysiology and highlight the existence of new potential therapeutic avenues for treating neuropsychiatric disorders associated with hypofunctional glutamatergic neurotransmission. Conversely, since D-Asp acts as an agonist on NMDARs at GluN2B site, we should take into account that the effects of this molecule reflect those produced by NMDAR stimulation, not only for better but also for worse. Indeed, it is well established that NMDARs promote synaptic strength and connectivity on one side but, on the other side, they can produce neuronal death if their stimulation is too intense or long (Hardingham and Bading, 2003). In line with detrimental NMDAR-related effects, persistent increase of D-Asp levels results in precocious decay of basal glutamatergic transmission, synaptic plasticity and hippocampal reference memory in 13/14-month-old Ddo-/- mice (Errico et al., 2011), mirrored by structural alterations of the excitatory glutamatergic inputs and reduced levels of synaptic GluN1 and GluN2B subunits (Cristino et al.,

2015). In addition, recent studies also revealed that the lack of DDO leads to severe neuroinflammation processes and cell death in an age-dependent manner (Punzo et al., 2016). Overall, these data point out that the Jekyll and Hyde behaviour of NMDARs (Hardingham and Bading, 2003) can be recapitulated in different stages of life by the lack of DDO activity in Ddo-/- mice.

1. Lectures

During my stay at Kyoto University, I have given 4 talks.

The first seminar, entitled “Free D-aspartate exerts an opposing role upon age-dependent NMDAR-related synaptic plasticity and memory decay”, was held on July 26, 2018, at the University of Kyoto and was intended for a general audience as part of an Advanced Future Studies seminar.

The second talk, entitled “Free D-Aspartate: from bacterial cell wall to potential involvement in schizophrenia”, was held at Kitasato University School of Pharmacy, Tokyo, on August 2, 2018. The seminar, attended by expert scientists in the field of D-Amino acids research, focused on the involvement of dysfunctional D-Aspartate metabolism in the pathophysiology of Schizophrenia.

The third talk entitled “Free D-Aspartate: an endogenous NMDA receptor agonist enriched in the developing brain with potential involvement in neuroendocrine functions”, was held at the Department of Chemo-Pharmaceutical Sciences at Kyushu University, on August 20, 2018. The seminar, attended by expert scientists in the field of D-Amino acids and Analytical Chemistry, focused on the role of D-Aspartate in mammalian brain metabolism and its influence in regulating neuroendocrine functions.

The fourth talk entitled “D-Aspartate Oxidase activity prevents D-Aspartate dependent NMDA neurotoxicity” was held at Nara Women's University, on August 30, 2018. The talk, attended by Professors and students in the field of animal physiology, focused on the role of D-Aspartate in cognition and its potential translational value in neurodegenerative diseases.

2. Research collaboration

My research encompasses different topics related to D-Amino acids metabolism and its potential application to human health and diseases. During my stay in Japan, I started 2 scientific collaborations between my research group, the lab of Biochemical Gerontology team at Kyoto University, directed by Prof Noriko Fujii and other Italian and Japanese Universities, including Kitasato University School of Pharmacy, Nara Women's University and Kyushu University.

In the following, I describe in some detail the project collaborations that were at the main focus of my scientific activity during my stay at Kyoto University.

1 Comparison of D-Amino acids content in Mediterranean Diet vs Japanese traditionally Foods

Foods contain large quantities of atypical substances of external origin, which influence their digestibility to a considerable degree. An example is the D-stereoisomer amino acids, which are formed from common L-stereoisomer amino acids, either in the course of the production process or as a consequence of changes in the microbiological quality of the foods. The presence of these D-stereoisomer amino acids results in a substantial reduction in the digestibility of dietary protein and the availability of the transformed amino acids. However, despite the fact that in the past D-amino acids in foods were considered undesirable, in light with our recent results (Errico et al., 2015) we hold the opinion that in certain cases D-amino acids, like D-serine and D-aspartate can nevertheless be beneficial to the human health including cognition and synaptic plasticity. Based on this idea, in close collaboration with Prof Noriko Fujii (Biochemical Gerontology Lab at the Division of Radiation Life Science Kyoto University) and Prof Francesco Errico (Department of Agricultural Sciences, University of Naples "Federico II", Portici, Italy), we intend to analyse by HPLC and MS the D-amino acid content in foodstuff belonging to Mediterranean diet in comparison with typical Japanese food of Kansai region. We aim to unveil the existence of a potential relationship between D-serine and D-aspartate content, specific food consumption and healthy ageing in humans.

2 Analysis of DDO activity and D-Amino acids content in the brain and peripheral organs of transgenic mice overexpressing DDO enzyme during postnatal life.

While the biosynthetic pathway of D-Aspartate is still unclear, the enzyme responsible for D-Aspartate degradation, D-aspartate oxidase (DDO), has been well known for a long time (Still et al., 1949). DDO is a peroxisomal flavoenzyme that oxidizes D-Aspartate in presence of H2O and O2, producing α-oxaloacetate, H2O2 and NH4+ (Katane and Homma, 2010). A specific tripeptide signal at the C-terminus of DDO targets this enzyme to peroxisomes (Setoyama and Miura, 1997; Amery et al., 1998) where the toxic H2O2, produced by D-Asp oxidation, can be safely removed by peroxisome-resident catalases (Beard, 1990). Consistent with a primary role for DDO activity in controlling its substrate concentration, it has been reported that spatial and temporal expression of this enzyme is reciprocal to D-Aspartate (Van Veldhoven et al., 1991; Punzo et al., 2016). During mouse lifespan, the postnatal decrease of cerebral D-Aspartate is mirrored by a time-dependent increase of Ddo gene expression, as Ddo mRNA levels are very low from E14 to one week of age and then strongly rise during the following weeks until adult phase (Punzo et al., 2016). Notably, the temporal pattern of Ddo mRNA expression reported in the mouse brain matches closely with the substantial increase in DDO enzymatic activity found in the rat brain during the first weeks of life (Van Veldhoven et al., 1991). Like D-Aspartate, also DDO is prominently localized in neurons, and only marginally expressed in glial population (Zaar et al., 2002). Overall, reciprocal spatiotemporal localization of DDO and D-Aspartate suggests that during adulthood this enzyme is necessary to remove its endogenous substrate from brain regions where D-Aspartate is no more required and, indeed, could be functionally detrimental and neurotoxic for neuronal activity and survival, as found in the brain of elderly constitutive knockout mice for Ddo gene (Ddo-/-)(Errico et al., 2011; Cristino et al., 2015; Punzo et al., 2016). The substantial and persistent accumulation of D-Aspartate in the brain of Ddo-/- mice further

suggests that DDO is the only enzyme that catalyses the endogenous degradation of D-Aspartate, throughout the entire animal lifespan (Errico et al., 2006; Huang et al., 2006; Errico et al., 2011). On the other hand, we speculate that dysfunctional D-Aspartate metabolism occurring during neurodevelopment may affect early critical processes dependent on NMDARs and, in turn, contribute to schizophrenia vulnerability. Our recent generation of a transgenic mouse model (DDO OV) with prenatal and postnatal depletion of D-Aspartate levels may aid to disclose the importance of the transient occurrence of D-Aspartate in developmental brain processes and, in turn, the potential involvement of dysregulated D-Aspartate metabolism in a neurodevelopmental psychiatric disorder like schizophrenia. Based on this consideration, in collaboration with Prof Noriko Fujii (Kyoto University), Prof Hiroshi Homma (Laboratory of Biomolecular Science, Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Kitasato University), Prof Kenji Hamase (Laboratory Bio-Analytical Chemistry, Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Kyushu University) and Prof Francesco Errico (Department of Agricultural Sciences, University of Naples "Federico II", Portici, Italy), we intend to explore the enzymatic DDO activity and the D-amino acids content in the peripheral organs, brain and testis obtained in the novel DDO overexpressing transgenic mice at different prenatal and postnatal stages to understand the still obscure role of D-Aspartate in mammalian brain development and its influence in regulating Testosterone synthesis and release.

3. Summary. During my stay, I had the great opportunity to closely interact with Prof Noriko Fujii, Head of the Biochemical Gerontology group at the Division of Radiation Life Science Institute for Integrated Radiation, and Nuclear Science, Kyoto University, and to start two international collaborations between Italian and Japanese groups in the emerging field of D-Amino acids.

Acknowledgements

I would like to extend my great gratitude to Professor Noriko Fujii for her warm hospitality, help and fruitful collaboration. I would also like to thank the entire Biochemical Gerontology group at the Division of Radiation Life Science for making enjoyable my stay in Japan. Finally, I wish to extend a special thank to Prof Murase for his brilliant scientific and philosophical suggestions and Ms. Ono for her kindness, and administrative support.

References

Amery L, Brees C, Baes M, Setoyama C, Miura R, Mannaerts GP, Van Veldhoven PP (1998) C-terminal tripeptide Ser-Asn-Leu (SNL) of human D-aspartate oxidase is a functional peroxisome-targeting signal. Biochem J 336 (Pt 2):367-371.

Beard ME (1990) D-aspartate oxidation by rat and bovine renal peroxisomes: an electron microscopic cytochemical study. J Histochem Cytochem 38:1377-1381.

Cristino L, Luongo L, Squillace M, Paolone G, Mango D, Piccinin S, Zianni E, Imperatore R, Iannotta M, Longo F, Errico F, Vescovi AL, Morari M, Maione S, Gardoni F, Nistico R, Usiello A (2015) d-Aspartate oxidase influences glutamatergic system homeostasis in mammalian brain. Neurobiol Aging 36:1890-1902.

Errico F, Mothet JP, Usiello A (2015) D-Aspartate: An endogenous NMDA receptor agonist enriched in the developing brain with potential involvement in schizophrenia. J Pharm Biomed Anal 116:7-17.

Errico F, Pirro MT, Affuso A, Spinelli P, De Felice M, D'Aniello A, Di Lauro R (2006) A physiological mechanism to regulate D-aspartic acid and NMDA levels in mammals revealed by D-aspartate oxidase deficient mice. Gene 374:50-57.

Errico F, Nistico R, Napolitano F, Oliva AB, Romano R, Barbieri F, Florio T, Russo C, Mercuri NB, Usiello A (2011) Persistent increase of D-aspartate in D-aspartate oxidase mutant mice induces a precocious hippocampal age-dependent synaptic plasticity and spatial memory decay. Neurobiol Aging 32:2061-2074.

Hardingham GE, Bading H (2003) The Yin and Yang of NMDA receptor signalling. Trends Neurosci 26:81-89.

Huang AS, Beigneux A, Weil ZM, Kim PM, Molliver ME, Blackshaw S, Nelson RJ, Young SG, Snyder SH (2006) D-aspartate regulates melanocortin formation and function: behavioral alterations in D-aspartate oxidase-deficient mice. J Neurosci 26:2814-2819.

Katane M, Homma H (2010) D-aspartate oxidase: the sole catabolic enzyme acting on free D-aspartate in mammals. Chem Biodivers 7:1435-1449.

Punzo D, Errico F, Cristino L, Sacchi S, Keller S, Belardo C, Luongo L, Nuzzo T, Imperatore R, Florio E, De Novellis V, Affinito O, Migliarini S, Maddaloni G, Sisalli MJ, Pasqualetti M, Pollegioni L, Maione S, Chiariotti L, Usiello A (2016) Age-Related Changes in d-Aspartate Oxidase Promoter Methylation Control Extracellular d-Aspartate Levels and Prevent Precocious Cell Death during Brain Aging. J Neurosci 36:3064-3078.

Setoyama C, Miura R (1997) Structural and functional characterization of the human brain D-aspartate oxidase. J Biochem 121:798-803.

Still JL, Buell MV, et al. (1949) Studies on the cyclophorase system; D-aspartic oxidase. J Biol Chem 179:831-837.

Van Veldhoven PP, Brees C, Mannaerts GP (1991) D-aspartate oxidase, a peroxisomal enzyme in liver of rat and man. Biochimica et biophysica acta 1073:203-208.

Zaar K, Kost HP, Schad A, Volkl A, Baumgart E, Fahimi HD (2002) Cellular and subcellular distribution of D-aspartate oxidase in human and rat brain. J Comp Neurol 450:272-282.

2 個別テーマ②
宇宙・地球・生命のかかわりの探求

目的

太陽活動と火山活動やウイルス進化の相関性について文献調査とフィールド研究、ならびに理論・実験研究を推進する。具体的には、宇宙創成に関する理論的研究を踏まえながら、天文物理学の観測的研究と併せて、地球環境や生命進化との関連を探究する。

研究成果

太陽活動と噴火活動の相関関係、太陽活動とレトロウイルスの進化について、調査研究が進められている段階で、相関について肯定的な知見が蓄積されつつある。今後は、花山天文台で蓄積されている太陽活動データを駆使しながら、さらに知見を深めていく。

関連イベント

タイトル **第１回ユニットセミナー**
宇宙とこころの不思議に迫る

日　時　2016 年 4 月 28 日

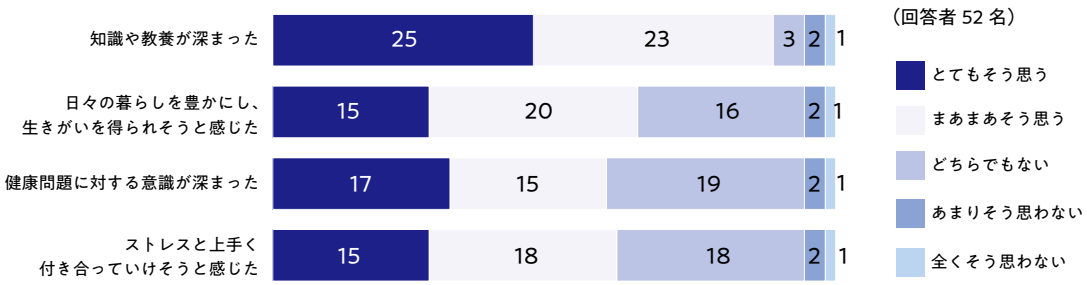
場　所　京都大学基礎物理学研究所

タイトル **こころの健康づくりシンポジウム　こころの病とこころの癒し**
こころの病をきっかけに発見する新しい自分

日　時　2017 年 12 月 16 日

場　所　日本赤十字豊田看護大学

参加者アンケートの結果



講演録

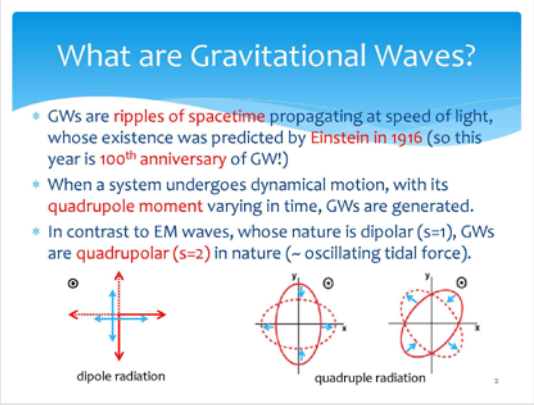
Gravitational Wave Astronomy: The Dawn Has Arrived

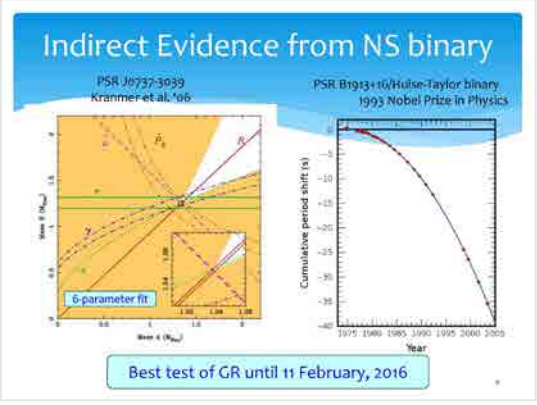
Misao Sasaki

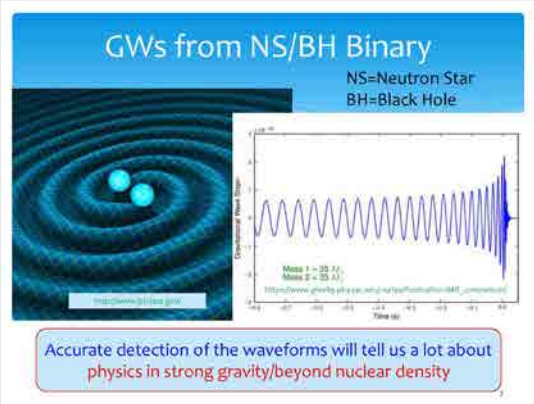
第1回ユニットセミナー『宇宙とこころの不思議に迫る』　2016年

Today I would like to talk about this really brand new topic of astrophysics and cosmology known as gravitational wave astronomy. During my talk please do not hesitate to interrupt me, blame me, complain, or ask questions. Let me first explain what gravitational waves (GWs) are. Many of you may know, but in case some people dont know, GWs are so-called ripples of space-time; fluctuations of space-time itself. Why does space-time fluctuate? This is because of the famous theory of Einsteins known as General Relativity, which was discovered one hundred years ago in 1915. The next year after discovering General Relativity, Einstein discovered these GWs will propagate at the speed of light. However, at the time he never thought these waves would actually be detected due to their incredibly small amplitude, but at least theoretically it was predicted.

Gravitational waves are produced by any system that has mass-energy and motion. Once you have a system with mass-energy undergoing some type of motion, this produces a so-called quadrupole moment in space-time. These quadrupole moments are similar to an elongated ball such as a rugby ball and if you rotate this rugby ball your quadrupole moment is changing in time. In this case you are producing some GWs and because of this quadrupole nature they are referred to as spin-2, but maybe I shouldn't say that yet. Anyway, compared to electromagnetic waves, which are essentially dipolar in nature, with the electric field pointing towards the transverse direction, and the magnetic field perpendicular to the electric field, this will be dipolar because you have a vector which



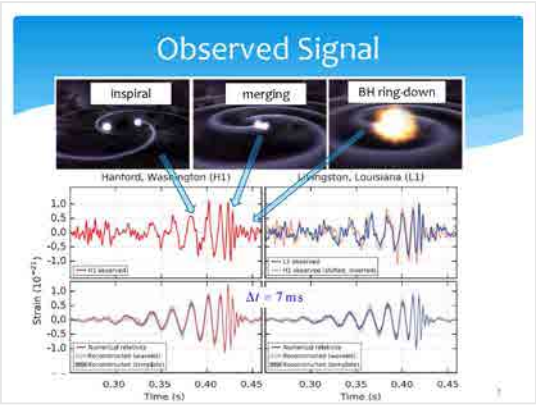


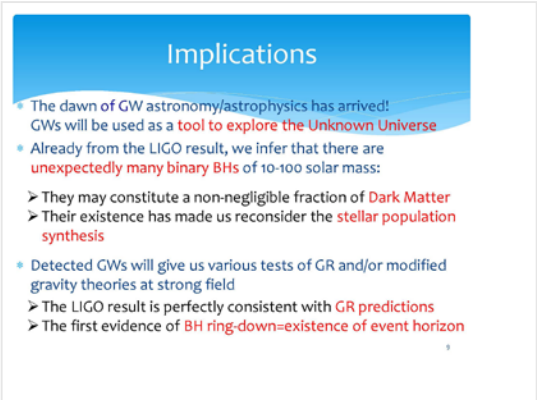


is propagating. In this case physicists call it spin-1. Now in the case of quadrupolar fluctuations if the propagation waves are going towards you, they become oblate and prolate and are known as spin-2. In this case you have the so-called cross mode pattern and plus mode pattern. In total, there are two polarization patterns. So these waves will be produced whenever there is some dynamical motion. For example, even me, or you, when we are walking around like this then our quadrupole moment is changing but the amplitude is so tiny that nobody notices it; but when it comes to all these astronomical bodies, things can change dramatically.

In fact, compact astronomical bodies are one of the most promising candidates in gravitational wave astronomy. The most promising being neutron star (NS) or black hole (BH) binaries. These objects are very compact and are the densest astronomical objects we know of in the Universe. In the case of BHs for example, if the sun (which is about 100 times bigger than the diameter of the Earth) collapses to about a few kilometers then it forms a BH and just before collapse to a BH you have an incredibly dense star called a neutron star. The star itself is so dense it is essentially one huge nucleus. If you have two of these things orbiting each other then they are changing a huge quadruple moment and emit potentially measurable GWs. If you have some slowly changing orbits at first, then because of the gravitational wave emission the system loses energy, the two bodies approach, and the rotation period becomes shorter and shorter. The frequency becomes higher and higher and the amplitude becomes larger and larger. This is called the chirp signal. In the end, the two bodies coalesce and probably form a black hole.

This was the expectation and there have been many theoretical studies into this phenomena. In fact, we had indirect evidence of this occurring in 1974 with the observation of the Hulse-Taylor pulsar system whose period was changing with time. The observation matched the theory so well that it led to the Nobel Prize being awarded for this in 1993. After that, many observational astronomers found many similar systems; but this is still all in- direct evidence because we had not seen any actual gravitational waves, just the result of the wave emission. This all changed in Feb 2016 when LIGO (The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) announced that they had actually detected gravitational waves with their detector. The waves came from a black hole binary system- two black holes orbiting, then inspiraling



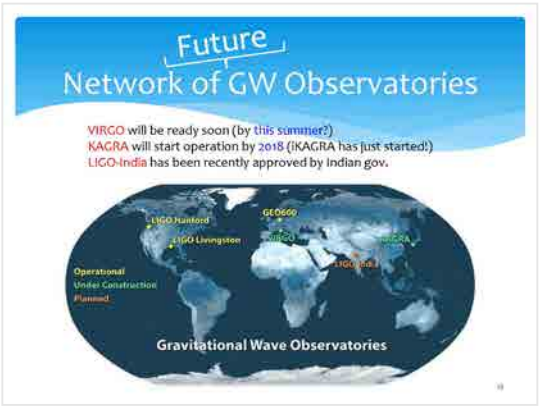


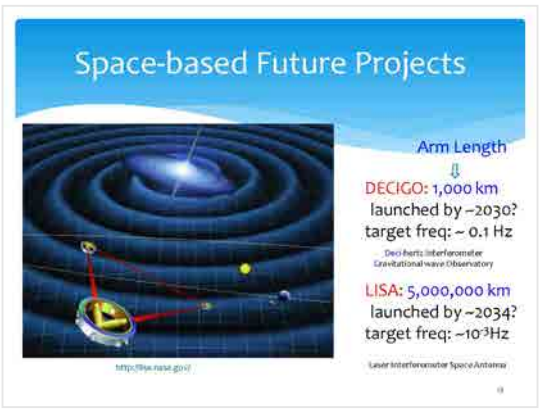
into each other, and merging into a single, larger, black hole. The mass of each progenitor black hole was much bigger than expected, about 30 solar masses each, located roughly 1 billion light years from Earth. It was also a really lucky observation because LIGO was planned a long time ago, took about 20 years to build a nice detector, and then, on the second day during a test run, they found the signal!

LIGO is not just one gravitational wave detector, but actually consists of two detectors. One is located in Livingston, Louisiana and the other is located in Hanford, Washington and they are separated by about 3000 km. Two detectors are necessary to confirm whether or not a wave really truly passed through the Earth or not, and that it was not just some systematic error. The detectors have an arm length of 4 km and an accuracy of 10^{21}. This is so accurate that you can detect a slight change in the distance between the arm lengths at one-hundredth the size of an atomic nucleus. The observed signal matched up incredibly well with the signal predicted by theory. In addition, with two detectors you could actually measure the travel time of the wave from one detector to the next: 7 ms. This observation tells us that the waves are propagating in a particular direction which we can now try to pin-point, albeit not very accurately. It was concluded that the waves came from the approximate direction of the Large Magellanic Cloud.

This is like the time of Galileo; pointing a telescope at the sky for the first time and finding something outside the Earth which we can never see otherwise. Besides this one particular observation of gravitational waves, there are many more events to come.

Just like light, gravitational waves are used as a tool to explore the unknown Universe. Already we know there are unexpectedly many black hole binary systems radiating gravitational waves and we have to explain why there are so many. This poses a very interesting question for the current generation of astrophysicists and cosmologists and may be related to the dark matter problem. This is also the first direct detection of a strongly relativistic gravitational field. All of our previous evidence of black holes has always been indirect; we never actually saw space-time consisting of black holes, but in this case we did. In the case of observing black holes, you also have this so-called quasinormal ringdown tail because black holes can also oscillate in addition to emitting gravitational waves, but the emitted oscillation damps away. The





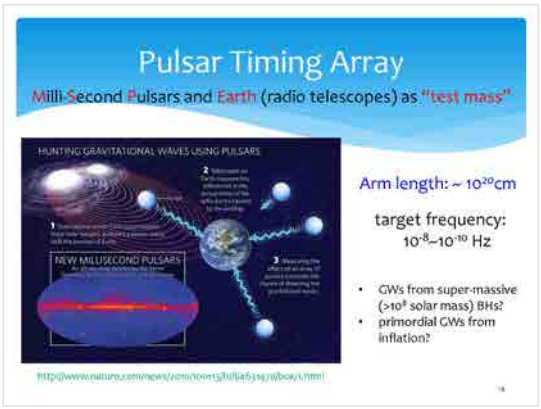
damping rate and frequency is characteristic to the nature of the black hole. Both of these observations were also consistent with the measured ringdown signal.

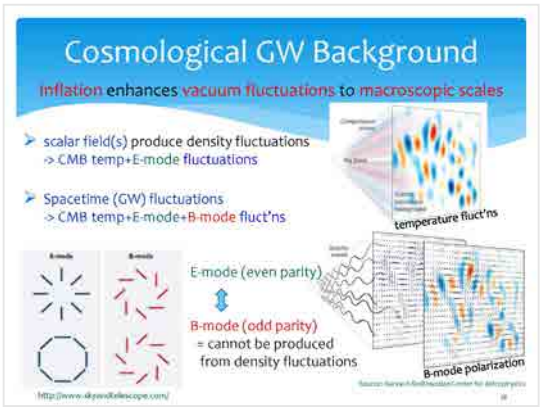
Once you have confidence in the theory, you can then use gravitational waves to see astronomical phenomenon. For example, we know how electromagnetic waves are generated and propagate, so we can use them to observe and understand the Universe. So this is only the beginning and we expect gravitational wave astronomy to become more developed in the coming years. We have a new detector nearing completion in Italy called Virgo, which will hopefully be ready soon. In Japan we are building another detector called KAGRA which will hopefully start by 2018. And it was also recently announced that there will be a LIGO India; same as LIGO in America, but in India. Hopefully soon we will eventually have these five large scale detectors operating together and we can then really do a lot of interesting astrophysics.

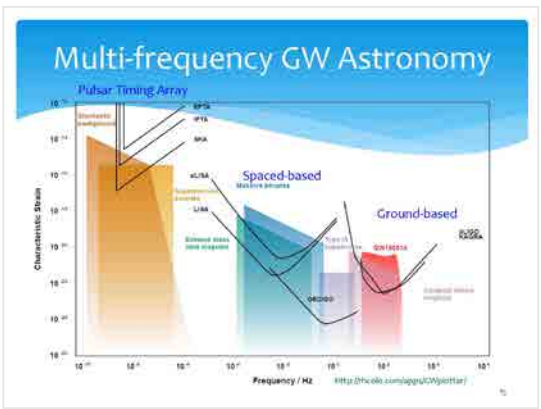
In addition to ground based detectors, we also plan to go to space to observe gravitational waves. From space we can observe an even wider range of gravitational phenomena. One such planned detector designed by a Japanese group is called DECIGO and it will hopefully launch by 2030, but nobody knows for sure. In addition there is also the LISA project, from Europe and the U.S., which will also launch around the same time.

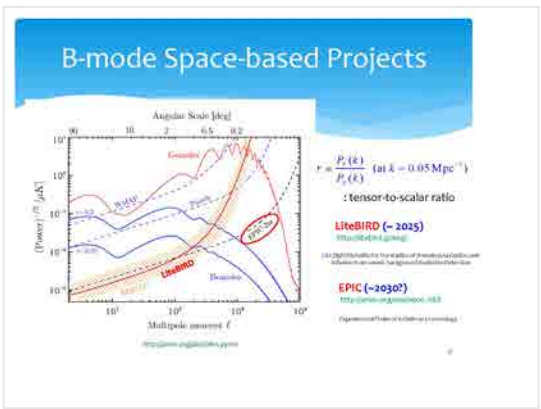
Furthermore, there is also the so-called pulsar timing array method for observing very low frequency gravitational waves. In this case you can use natural astronomical objects as the detector; in this case pulsars (rapidly rotating neutron stars). Pulsars are distributed all throughout the galaxy and act as very accurate clocks with a rotational period often on the order of milliseconds. Any changes due to gravitational wave emission will affect these clocks and you can then use them to observe gravitational waves with frequencies as low as 10^8 Hz.

Between ground based detectors, space based detectors, and pulsar timing arrays, we will soon be able to observe gravitational waves with the relative frequency difference on the order of 10^{10}. This is very similar to the electromagnetic case, where we have low frequency radio astronomy, visual optical astronomy, high frequency ultraviolet electromagnetic radiation, x-rays, and gamma rays; a whole band of frequencies by which we can explore and understand the Universe better. In this case we hope to do the same with gravitational



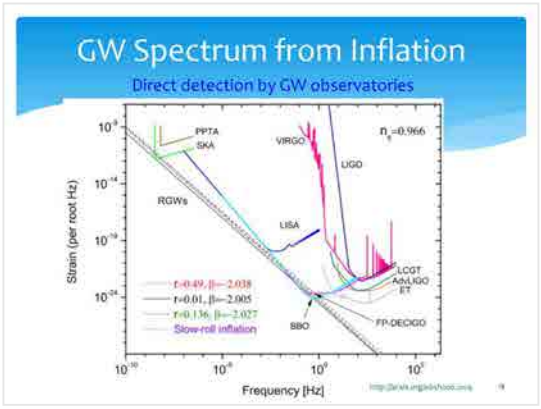






waves. By combining gravitational waves with electromagnetic waves and neutrinos, we hope to understand the Universe very deeply.

In summary, the LIGO detection is the first milestone in gravitational wave astronomy- the dawn has arrived! The observed signal is fully consistent with Einstein's theory of general relativity. This was also the first direct evidence of black holes existing in the Universe. The LIGO observation also indicates a need for a new theory for understanding stellar populations that would give rise to such black hole binary systems. Future detector networks, both on ground and in space, will accelerate progress in gravitational wave astrophysics. Gravitational waves are an essential tool for explaining the physics of the unknown Universe in this century! Thank you very much.



講演録

京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第１回）
「宇宙とこころの不思議に迫る」

こころの変容と宇宙――華厳経に照らして

講師● **河合俊雄**（京都大学こころの未来研究センター教授）

日時●2016 年 4 月 28 日（木）17：00 ～ 19：00
会場●京都大学基礎物理学研究所・湯川記念館 1 階　パナソニック国際交流ホール

村瀬●京都大学こころの未来研究センターの河合俊雄先生に、「こころの変容と宇宙」についてお話しいただきます。宇宙を客観的に見たのが、さきほどの佐々木先生のお話ですが、河合先生には、主観的な体験としての宇宙という観点からお話しいただきます。それでは、河合先生よろしくお願いいたします。

＊＊＊

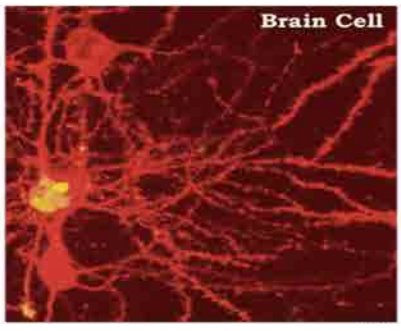
河合●「我が上なる星空と、我が内なる道徳法則、我はこの二つに畏敬の念を抱いてやまない」。これはカントの『実践理性批判』からの引用で、彼の墓碑銘にも刻まれています。ここで対照的に扱われている宇宙とこころは、ともに深遠なものであるということです。宇宙とこころは、カントのなかではつながるものとして語られています。

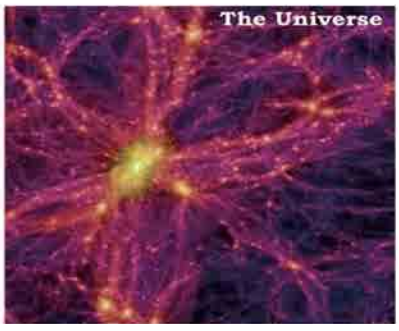
カントは近代の表象です。天上の星に満ちた空と、こころの内にある道徳律。現代において、これと同じことを言いたい人は、この二つをなにに例えるかというと、ニューロンと銀河です。

これはある動物の脳のニューロンです。この構造と宇宙の構造とがとてもよく似ていると言われます。マイクロなものとマクロなものとで同じものがあるのだろうか、こころと宇宙とはどのように繋がっているのかということをお話ししたいと思います。

私の専門は心理療法です。心理療法とはどういうものかをご理解いただくために、すこし説明いたします。

心理療法では、こころの問題を「主観的な内面のこととして解決します。たとえば職場での人間関係の悩みがあります。あるいは、閉じられた空間が怖い「閉所恐怖症」や「パニック障害」などがあります。そういうときに心理療法では、客観的に怖いものがあると考えるのではなく、その人の主観的な問題として解決しようとします。ですから、部屋のドアを開けるとか、職場での配置転換をするというような対応ではなく、その人が辛いと感じたり、怖いと思うその原因を、その人の主観的な問題ととらえ





ニューロン（左）と銀河 (右)

て、それを変えることで解決するのです。たとえば、職場での人間関係がうまくゆかないとき、その人の親子関係に問題があるのではないかということを考えます。狭い所が怖いと思う原因はなにかを探ろうとします。

ところが、やっかいなことに、主観的なものは目に見えません。そこで心理療法では、こころの中や主観という目に見えないものをなにかに映すことで、それを扱おうとします。典型的な方法は「精神分析」です。ユング派の心理療法ではどのようにするかというと、治療者のこころのなかを、夢分析だとか、箱庭をつくったり絵に描いたりする方法をとります。

かんたんな例を挙げると、これは河合隼雄がどこかに書いていた事例ですが、派手なクラスメートが嫌だと言う女子学生がいて、そのギャル風の女子学生の悪口をさんざん言うのだそうです。その人にとっての問題は派手な女子学生ではなくて、自分も女であることが問題なのです。それは自分に必要なものだとわかっているけれども、それを遠ざけている。だから、その女子学生の悪口を言う。でも、そうしているうちに変わってゆきます。「私はもうだいじょうぶです」と言ったときには、きれいに化粧をしている。つまり、派手なクラスメートは自分とは異なるタイプだと思っていたけれども、じつは自分の中の一部だった。自分のなかに取り入れることでよくなったという例があります。

私のクライエントに、パニック障害の女性がいます。その人の夢の中には、自分と同じ名前のフェミニンな女性が出てきます。その人のことが苦手なのだけれども、夢の中でその女性を変化させることで、クライエント本人も変わってゆくのです。

きょうの私の話は、もう少し極端な世界で、「こころと極限の世界」というテーマです。ふつうの心理療法では、宇宙などは出てきません。かなり極端なドラスティックな危機でなければ、そういうことは問題になりません。たとえば、こころや主体そのものが消滅する、あるいは誕生するようなドラスティックな危機がないと、宇宙のイメージは出てこないのではないかと思います。

たとえば、主体性が脅かされて破壊されるような「統合失調症」、あるいは主体性が存在しない「自閉症スペクトラム障害」など、死に瀕するような身体的な病気などは、心理療法では治らないと言われています。最近は、統合失調症はドーパミンの働きと関係しているということが言われています。自閉症スペクトラム障害も、脳の中枢神経系の機能障害が原因であると言われています。つまり、さきほどから申し上げている、見え方や感じ方で治るようなものではないとされています。心理療法の限界、バイオロジカルなものをとおして、宇宙というものが見えてくると思います。

統合失調症の発症と回復時に現れる鮮烈な太陽体験のイメージ

統合失調症の方はよく、「人の目」がたくさんある絵を描くことがあります。これはどういうことかというと、私はいまみなさんを見ています。それが主体のあり方なのですが、統合失調症の場合は、「見られている」という感覚しかありません。主体が完全に破壊されてしまうのが統合失調症です。

統合失調症が発症するときや回復するときに、い

ムンク「フィヨルドに昇る太陽」

わゆる「太陽体験」を生じることが知られています。「統合失調症、太陽」で検索すると、いろいろと出てきます。宮本忠雄という精神病理学者が「太陽と分裂病」という論文を1974年に発表しています。興味深いのは、太陽体験は、回復するときと発症するときの両方に出てくるということです。これはとても興味ぶかいことです。

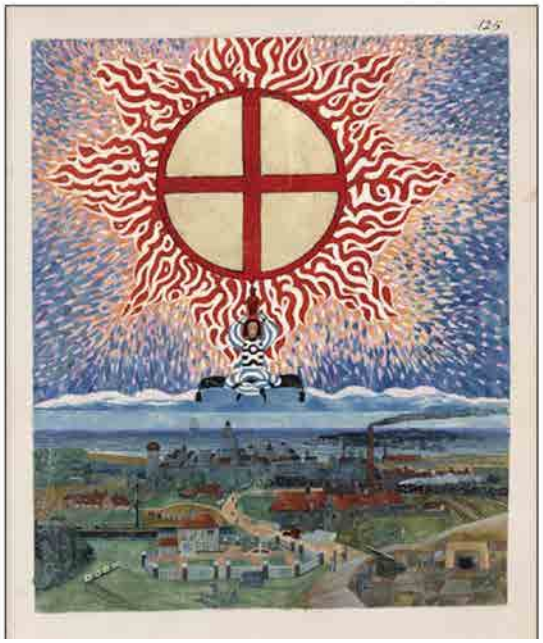
太陽体験のイメージとしてもっとも知られているのは、エドヴァルド・ムンクの「フィヨルドに昇る太陽」です。オスロ美術館が所蔵しています。これは、統合失調症から回復するときに描かれたもので、光の体験なのです。

いっぽう、著名な「叫び」の絵が描かれたのは、統合失調症を発症しているときです。橋の上で男が「ウワーッ」と叫んでいるけれども、その奥にいる二人はまったくそれに気づいていない。そういう意味で、ムンクは統合失調症の世界をみごとに描いていると思います。「思春期」という絵も同じです。彼がほんとうに危なかったときに描いた「マドンナ」なども、すばらしい絵です。

病気が治ってからの晩年のムンクは、風景画などを描いていますが、とりたてて特徴のない平凡な絵です。彼の病気が回復したのはとてもよいことですが、彼が描く絵はずいぶんと変わってしまいました。

大仏は、華厳経が表現する仏、毘盧舎那仏（るしゃなぶつ）です。サンスクリットではヴァイローチャと言うのですが、これは「偉大な太陽」という意味です。華厳というのは、色とりどりの花によって飾られたものです。経典から引用すると、「仏が初めてさとりを開かれたとき、その地は金剛石のように堅固で清らかに整え飾られ（荘厳）ており、たくさんの宝石や花々で飾られていた」とあります。華厳とは、光輝くものなのです。そして、華飾りのように無数の仏が集まって、その中心に太陽の毘盧遮那仏がいるというのが華厳の世界です。つまり、太陽が真ん中にあって、その周りが光り輝いている。これが曼陀羅を成しているのです。

この曼陀羅は心理療法でも、とくに統合失調症の方の心理療法のときによく出てきます。よくなるときにも出るし、崩壊するときにも出ます。最後の守りとして幾何学的なものをつくって、そこから崩壊してゆく。けれども逆に、曼陀羅をつくることで回復してゆくときある。心理療法をして興味深いんは、極限になればなるほど真逆の意味をもつことが多いということです。



ユング「太陽の車輪」

もう一つ例を挙げておきます。ターミナルケアなどで「家に帰る」という夢を見られる人があります。「家に帰る夢を見たから、私はよくなるのだ」と思うと、亡くなってゆく人がわりといます。私の友たちのお母さんもそうでした。カミングホームは、「あの世に帰る」ということなのです。イメージはそうなります。「家に帰る」と言って、よくなる人もいます。イメージのおもしろいところは、このような極限状態になると、同じイメージが真逆の意味をもつことが多いということです。

それはプロが見ると、「あまりに幾何学的にきちんとつくってあるは怪しい」とか、「曼陀羅で結界を張っているけれども、ここが崩れすぎているな」とか、訓練されていくうちになんとなくわかるとか、イメージからわかるものもあります。だからこそ、いろいろな宗教を曼陀羅から見るととても興味深い。そこにはカルチャーが入っているし、その人が入っている。だからわかるときもあります。さきほどの「家に帰る」夢も、「この人は死ぬかもしれない」と思うときもあれば、「この人はよくなる」と思うときもあります。私たちも勘違いすることはあります。

この「太陽の車輪」の絵は、ユングが精神的危機にあったときに描いたものです。すごいビジョンですね。このように、太陽は丸と十字で表されることが多いのです。

ちなみにキリストは太陽の神様と思われていまし

ユング『赤の書』の一部

た。キリストの誕生日は夏至のあたりです。そこで太陽が復活するのです。最初の頃は太陽神と混同されていましたが、キリスト教はだんだんとスピリチュアルなものを大事にするようになって、十字はゴシック教会のように縦長になっていったのです。もともとのプリミティブなものは、おそらく丸と十字だと思います。

もうひとつ、これもユングが精神的危機にあったときに書いた『赤の書』の一部部分を拡大したものです。画素が粗くてわかりにくいのですが、ここに金髪の人が再生しようとしていて、黒いスカラベ（フンコロガシ）みたいなものがいます。エジプト神話でスカラベは太陽ととても深く関係しています。太陽と烏も繋がっている。八咫烏もそうです。どうして太陽と黒なのかというと、太陽として表象された光の体験だけれども、同時にその中には暗黒が含まれているということなのです。神話的に展開すると、太陽は沈んで昇る、太陽が死んでまた生き返るという話になりますが、そうではなくて、物理的にいえば、太陽の光には暗黒が同時にあるのです。仏教でもそうですが、瞑想が深まると、華厳のような光り輝く世界に見えるのではなくて、同時に暗黒の世界も見える。暗黒であり光でもある世界です。

仏教の歴史について大雑把にお話します。仏教には、中観派と唯識とがあります。中観派の祖師のナーガールジュナ（龍樹）は、「ものに実体はない」という立場です。つまり、結局はなにもない。いっぽう、唯識は心だけが大切で、心はひとつの世界であって、曼陀羅という構造をもっている。つまり、「ある」という立場なのです。ですから、存在を「無」とみるか「有」とみるか、両極の立場が仏教のなかにはあります。しかし、華厳は、この有と無の両方の立場を合わせています。もっとも根底にあるのは有であり無である。光であり暗黒であるという立場です。太陽は古代からの表象です。ですから、太陽体験などがあるのです。ところが現代の象徴は、最初にお話ししたように、脳内のニューロンや銀河、宇宙創造やビッグバンなどの「宇宙論」になってきています。

これもたいへん印象的な話のですが、私の知り合いに、ちょっとかわった精神科医がいます。彼が務める病院に慢性の統合失調症のおばあさんが入院しています。発病してもう何十年もたっていて、人格が荒廃しているような方で、薬漬けになっている。担当医が回診して、話を聴くのですが、あるとき、そのおばあさんを前にして、その精神科医は、宇宙が生まれたビッグバンの話をしたくてたまらなくなったそうです。なぜかは知りませんが、そのおばあさんを前にして、宇宙はどうやって爆発して生まれてきたかを、彼なりの知識で——佐々木先生がおききになったら、不正確だと言われるかもしれませんが、おばあさんにワーっと話したのだそうです。そうすると、そのおばあさんが統合失調症から回復したのです。恐ろしいことですけれども、そういうことが起こったそうです。

太陽体験というのは、ビッグバンよりも古代のイメージなのですが、現代でもこういう事例はあるのです。こころに起こることは、その時代の表象で語られます。太陽はとてもだいじです。

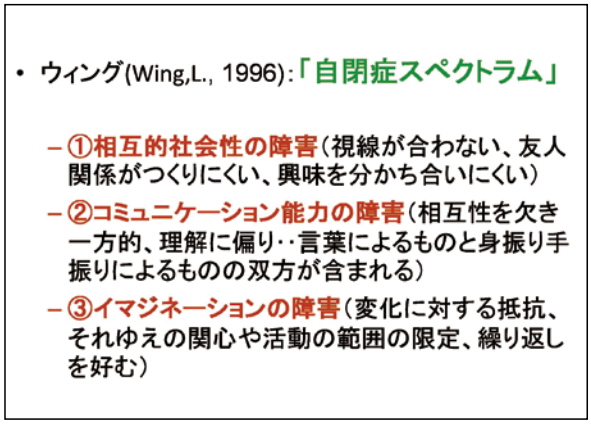
このごろは、自分が神様になるいうイメージをもつひと人は少ないのですが、たとえば「電波が入ってきて……」という妄想はとても多くなっています。いくら宇宙が出てきても、太陽が出てきても、それはあくまでイメージの話です。こころと宇宙と言いますが、それはあくまでも心の中に浮かんでいる宇宙のイメージなのか、それとも現実の宇宙と繋がっているのかは、私のなかで大きな問いです。

以上が統合失調症の話です。

混沌の成立、そして分離

もう一つ、自閉症スペクトラム障害に関連してお話しします。

自閉症は、レオ・カナーとハンス・アスペルガーという二人の医師が、第二次世界大戦の期間中に、それぞれ独立して発見した症状です。極端な場合は、言葉が話せない、同じ言葉を繰り返す、あるいはスピニングといいますが、同じ行動を繰り返します。アスペルガーが発見したのは、おとなびた言葉を話す、あるいは独特の言語表現をするなどの症状です。この二つは異なる障害だと考えられていたのですが、ローナ・ウィングというイギリスの精神科医によって、同じ「自閉症スペクトラム」として理解されるようになりました。



これは、ウィングがあげた自閉症スペクトラムの人の特徴で、「ウフィングの三つ組」と言われるものです。相互社会性の障害、コミュニケーション能力の障害、イマジネーションの障害の三つですが、私から見たら、自閉症スペクトラムの方の中核的な特徴というのは、「主体がない」ということです。

私たちは、自分に主体がありますが、自閉症スペクトラムの方は、たとえばこのレーザーポインターをつねに持っていないと不安になる。つまり、レーザーポインッターが自分になっている。あるいは、同じ場所をぐるぐると回り続けていることで、自分を保つことができる。主体がないと、人と自分を分離することができません。親とずっとくっついていたり、恋人とくっついていたりする人もいます。

3人の関係も成り立ちにくいのです。たとえば、ここで私が話をして、みなさんはまじめに聞いている。この会場の天井から、空調のファンの音がずっと聞こえますね。その音を聞くのか、私の声を聞くのかは、主体が選んでいるのですが、それができなくなる。これは、なかなかたいへんです。

さらに重い発達障害（自閉症障害）になると、たとえばカナー型の自閉症では、主体のない、ばらばらの世界です。それをコントロールするために規則正しさをもとうとするので、なにかがないと絶対にだめということになる。さらには、言語がないという特徴があります。

こういう障害は、バイオロジカルなのものなので、心理療法では治らないと考えられています。でも、治ることもあるのです。そこが心理療法のおもしろいところです。まず、カオスをつくりだします。そこにとどまると融合のままですから、それを分離する必要があるのです。

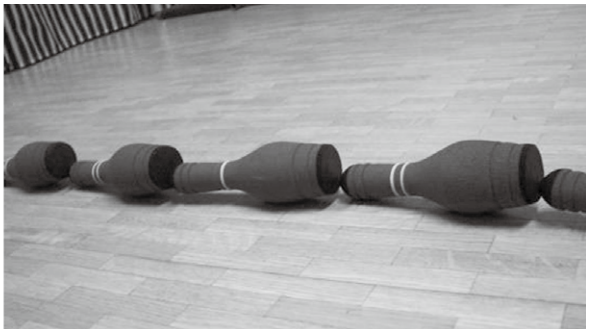
一つの治療の事例を紹介しましょう。言語によるコミュニケーションがほとんどできない5歳の女の子がいました。治療にあたったのは、天才的なある指導者です。

この女の子は、チューブの絵具を炊飯器の中にすべて絞り出しました。絵の具セットのすべての絵具を出して、そして、水道で洗い流すということをします。混沌が成立するのです。全部がぐじゃぐじゃになってしまうという融合がつくられるという感じです。いろいろな子がこういうことをして、ときには部屋を水浸しにしたり、泥まみれにしたりします。あとで掃除をするのがたいへんですけれども、そういうことをする子どもがいます。

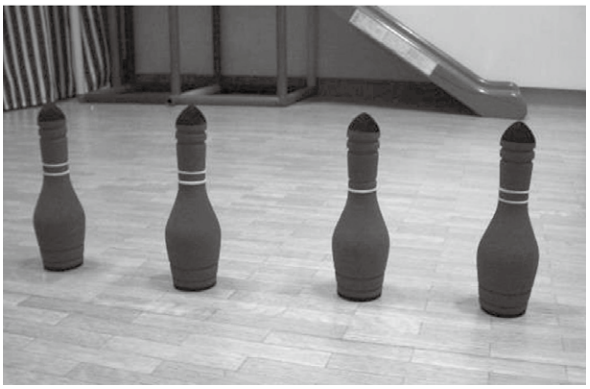
泥をかき混ぜたコップの中に歯ブラシを入れて、口をすすいだ水を器に吐き出します。女の子は、セラピストにも同じようにやれと言って、歯ブラシを二人で共有します。女の子は吐き出した水を二つの器に分けます。ここで少し分離が始まっています。8回めのカウンセリングのときに、その子は、プレイルームにある10個以上の器の一つひとつに水を入れました。器に水を分けてゆくのです。この回に初めて、はっきりとした言葉が出るようになりました。分離できるようになったのです。

カオスをつくりだして分離することで、主体ができる、言葉が発生するのです。かなり重い自閉症の子でも、こういうことがけっこう起こります。

もう一つ、べつの例を紹介します。私の書いた本に出ている大久保もえこさんという、とんでもなく変わったセラピストがいます。言葉がほとんど話せ



ピンを横に倒してくっつける……言葉をほとんど話せない



ピンが立ち、分離される……言葉がはっきりしてくる
（河合俊雄著『ユング派心理療法』ミネルヴァ書房）

ない女の子が、はじめはボーリングのピンをこうやって横に倒して、くっつけて並べているのですが、そのあと、ピンがパッと立つのです。これは、発生と分離が同時に起こっているのですけれど、この子はそのあと、驚くほど、言葉が出てくるようになります。先ほども言いましたけれども、心理療法は主体を前提としていますので、主体のない重症の自閉症スペクトラムの治療は難しくて、訓練や薬物でしか対処のしようがないと言われていたのですが、こうして分離と融合から主体が生まれてくる。

一塵のなかに無量の諸仏がはいる

もういちど華厳について考えたいと思います。みなさん、きょうはたいへんです。宇宙の話を聞いて、心理療法の話を聞いて、華厳の話まで聞かないといけない。（笑）

井筒俊彦の「事事無礙・理理無礙」という論文はすばらしいと思います。『思想』という学術雑誌にも載りましたが、『コスモスとアンチコスモス――東洋哲学のために』という著作に入っています。彼は、「我々が生きているのは事法界で、存在論的な境界線で区別されている。言語的な分節がある」といっています。つまり、私とみなさま方とは区別されているし、こちらのレーザーポインターとこのレーザーポインターとは区別されている。ここには時計があるというように、分節されています。言語というのは分節です。

ところが、瞑想が深まると、境界線がとりはずされます。境界線がなくなると、相互浸透するような世界になります。それを理法界と言います。仏教ではこれを「理」や「空」とよびます。自閉症の子は、こういう世界に住んでいると考えてよいでしょう。これを理事無礙法界というのですが、理と事が同時に起こる。理がエネルギーをもって無数の現象的形態に自己分節する。「なにもない」のではなく、ぐちゃっと潰れているのでもなく、それはエネルギーをもっている。そこがだいじなところです。

それが経過すると、さきほどは「時計は時計だ」と思っていたけれど、「これは無から分節してきているだけだ」という意識が生まれます。すべてのものはじつは繋がっている。「一塵のなかに無量の諸仏がはいる」という、理事無碍の世界理解です。

ユングの『赤の書』で、ユングは死者たちが自分の家を訪れてきたというビジョンを見るのですけれども、そのときに死者たちに説教をするのです。「聞け。私は無から説き起こそう。無は充溢と等しい。無限の中では、一杯なのは空と同じだ。無は空であり一杯である」。これはユングの体験ですが、仏教での体験にとてもちかいと思います。それは無であるけれども、同時に充溢している。エネルギーに充ちている。

おかしいと思われたら、あとで言ってください。こころの消滅した無が、同時にエネルギーであるというのは、宇宙創成とどういう関係があるのでしょうか。こころでは、たしかにそういうことが起こるけれども、それは、宇宙創成とはなんの関係もないのだろうか。心理療法では、軽い場合における変化は、一見すると「A という状態から B に移る」ように見えるけれども、じつはそれは、これまで分節していたものがいったんはずれて、新たな分節が生じること。つねに「無」や「未分化」からの emergence であると考えればよいのではないかと、私は思っています。

カオスからの分離は、伝統的世界では「創造神話」だと考えられています。混沌から天と地がどのように分離するのか。日本神話でも、イザナギとイザナ

ミが柱の周りを回ります。あれは天と地を繋いでいる柱です。あれが倒れて天橋立になったという言い伝えがあります。柱と橋は同じもの、この世とあの世とを繋ぐ橋と同じものだという見方もあります。こういう例はいろいろあります。ビッグバンもそうですし、華厳における光は、同時に暗黒でもある、なにもないものだけれども、エネルギーの塊である。私の知り合いの心理療法家で、ダークマターについて書いている怪しげな人がいます。

イメージはあくまでもイメージに過ぎないのか、それとも、イメージや夢は現実に繋がるのでしょうか。たとえば、「ケクレがベンゼン環の構造式を考えたのは夢で見たからだ」というのは嘘だという説もあります。あるいは、ニールス・ボアは原子構造の夢を見て、原子構造を考えたと言われています。私の友だちの芸術家は、洞窟の中を飛んでいると空間が歪んでくる夢を見たそうです。あとになって、相対性理論のことを聞いて、自分のその夢は相対性理論にぴったりと合っていて驚いたと教えてくれました。こころの深いところで起こることは、最新の物理で見ているような、我々の常識で見えない世界とどこまで近いのでしょうか。あくまでも、こころのなかでつくっているイメージにすぎないのでしょうか。そのへんが、私の考えていることです。

きょうはずいぶんアクロバティックな話だったかもしれませんが、ご清聴ありがとうございました。

＊＊＊

村瀬●どうもありがとうございました。ただいまの興味ぶかいご講演に関して、ご質問、コメントがありましたらどうぞ。

聴衆 A●私は若いころ、ゴッホの絵が好きでした。彼の晩年の作品で、太陽が沈む畑に黒い鳥が飛んでいる絵を思い出したのですが、河合先生は、ゴッホをどんなふうに考えられますか。

河合●ゴッホの絵は物語性のある世界だと思います。太陽と黒い鳥は、例えば太陽と烏みたいで、リプレゼンテーションというか表象というか、言語的な世界から描かれている印象が強いです。ゴッホは、光のエネルギーがすごいなという気がします。言葉にならないところの部分がすごい。

私たちは文化の歴史的遺産の中で生きています。だから、新しいものを掴んでいるように見えて、じつはどこかで知っているものを使っているに過ぎないという場合はわりと多いように思います。しかし、仏教については、とんでもないような、言語を越えていることがあるので、ひょっとしたら、いまの物理の世界にも通じるような気がしています。

聴衆 A●私はクリスチャンなのですが、毎年のクリスマスイブのイブ礼拝で、かならず創世記の第一章が出てきます。あれを読むたびに、これを書いた詩人というか、記者はどういう心理状態だったのかと、よく思うのです。初めに闇があって、「言葉あれ」とキリストが言うと言葉ができて、「光あれ」と言うと光が生まれるという。そのことを、きょうのお話を聞いて思い出しました。創世記の記者というのは、どういう心理状態だったと思われるのでしょうか。

河合●神話の特徴は、shared reality、共有されていることにあると思います。ですから、誰かが書いたということは、おそらくないのではないかと思います。けれど、世界中の神話はけっこう似ています。カオスがあって、そこから天と地を分離する話はたくさん出てきます。闇から光が生まれるという話もとても多いのですが、キリスト教の特徴は神様がいることです。神様が「光あれ」と言う。そのあたりはずいぶん違うように思います。やはり、絶対神がいて、神が言うからできたというところが、キリスト教の特徴だと思います。

さきほどもしましたが、言葉のない自閉的な子が、治療がうまくいって、言葉や主体が生まれてくるときがあります。カオスから世界が分かれることが起こることがあります。そのレベルは、じゅうぶんにあります。

聴衆 A●ターニングポイントで、太陽体験や曼陀羅、カオスが出てきますけれども、この 3 者は同じだと考えてよいのですか。

河合●微妙に違うと思います。たとえば、太陽と曼陀羅でもかなり違います。太陽は闇から出てくる光を形にしていることが多いのですが、曼陀羅はかなりはっきりとした構造になっていますので、大いに違います。

聴衆 A●その違いは、症状と関連するのでしょうか。

河合●症状とはとくに関係はないと思います。統合失調症クラスでないと、太陽体験はなかなか出てこないと思います。

聴衆 B●興味深いお話をありがとうございました。ユングの太陽体験の絵、「フィヨルドに昇る太陽」は、

太陽と空と海と地というか、下のほうに家と山があって、上方に海と空があって、その境界がわりとはっきりとしていました。心理学の観点では、境界というものをどのように捉えるのか、先生は、なにか考えておられることはあるのでしょうか。

河合●おもしろいところに気づかれたと思います。この作品を見ていると、なかなかおもしろいですね。あの絵に関しては、結局は、地上に降り立つのはなかなか難しいのです。

エジプトのころから、「円に等しい正方形の面積」という謎（円積問題）があります。きょうは数学者はおられますか。あれは古代からの謎ですが、不可能ですよね。サイコロジカルにいうと、円は天です。それに等しい正方形をつくるというのは、地上に降り立つということです。神のものというか、天のものをどう地上にもたらすかということなのです。さきほど指摘された境界線にも関係しています。

数学的課題はけっこうおもしろくできています。フィボナッチ数列なども、自然界のかたちに似ていたりなど、いろいろとおもしろいことがあります。あまり言うと、知識がないのがばれるのでやめておきます。（笑）

聴衆C●文学部の３回生です。自閉症スペクトラムの話で、子どもが分節化をするところと言葉が出てくるところは、やはり分節化が先なのですか。

河合●同時です。分節するというのは同時なのです。もちろん、発声能力がないとかそういう問題もありますが、分節することは同時だと思います。

ああいうのは、だいたいは同時なのです。世界が分節するということは、同時に自他の関係ができるということです。とても大きなポイントです。どこで突破するかは、やはりその子による。さきほど女の子の例では、世界の分節が中心なのですが、それをセラピストとの関係で行なう。たとえば、これまではいつもセラピストにくっついていたのが、いきなりセラピストを突き放して、症状が悪くなったのかなと思うときがターニングポイントだったということもあります。

村瀬●河合先生、ありがとうございました。

（了）

パネル討論

京都大学国際芸術フォーラム 2017

奇跡への挑戦 ── 未来創成学と宇宙総合学からの展望

パネリスト ● **喜多郎**（音楽家）
● **佐々木 閑**（花園大学）
● **柴田一成**（京都大学大学院理学研究科附属天文台長・宇宙総合学研究ユニット）

座長 ● 村瀬雅俊（京都大学未来創成学国際研究ユニット）
司会 ● 上村美智子（京都大学大学院理学研究科附属天文台・元事務補佐員）
日時 ● 2017 年 2 月 10 日　17：00 ～ 20：00
会場 ●京都大学百周年時計台記念館　百周年記念ホール

司会●みなさま、こんばんは。本日はお寒いなか、国際芸術フォーラム 2017 にお越しくださいまして、まことにありがとうございます。ただいまより、京都大学国際芸術フォーラム 2017「奇跡への挑戦──未来創成学と宇宙総合学からの展望」を開催いたします。

本日のフォーラムは、湯川秀樹誕生 110 年、京都大学創立 120 年を記念して開催するものでございます。第 1 部では、日本の『古事記』を題材として音楽家の喜多郎さんがつくりあげた独創的な音楽と、最新の宇宙科学の成果を取り入れたコラボレーション映像『古事記と宇宙』を、喜多郎さんご自身による生演奏でご覧いただきます。つづいて第 2 部では、仏教学者の佐々木閑さんに加わっていただき、あらたな奇跡への挑戦に向けて、「こころの本質、宇宙と未来の展望」と題してパネル討論を行ないます。

本日の司会を務めさせていただきます私は、京大天文台・元職員の上村美智子と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

第 1 部
『古事記と宇宙』ライブコンサート

司会●それでは、第 1 部の『古事記と宇宙』のライブコンサートを始めます。

まずは、本日ここに、熱い思いで駆けつけてくださいました喜多郎さんのプロフィールを紹介させていただきます。喜多郎さんは、1980 年の NHK 特集「シルクロード」の音楽をはじめ、数かずの楽曲の作曲と演奏で、世界で高い評価を受けている日本人アーティストのお一人です。日本レコード大賞特別賞、ゴールデングローブ賞作曲賞、グラミー賞最優秀ニューエイジアルバム賞を受賞されたほか、グラミー賞には 16 回もノミネートされるなど、世界を舞台に大活躍しておられます。

映像解説は、京都大学宇宙総合学研究ユニット、京都大学大学院理学研究科附属花山天文台・台長の柴田一成が務めます。それでは、喜多郎さん、柴田先生、どうぞ。（会場拍手）

282 年ぶりの金環日食の日に初披露した『古事記と宇宙』

柴田●みなさん、こんばんは。多数のご出席をいただきましてありがとうございます。

最初の音楽「大蛇（オロチ）」の解説をさせていただくまえに、この『古事記と宇宙』というコンテンツを作成することになった経緯をお話しします。

私が喜多郎さんと初めてお会いしたのは 2012 年の 2 月です。ジャーナリストの玉重佐知子さんが、「喜

多郎さんというすごい音楽家さんがおられます。宇宙が大好きな方なので、花山天文台をご案内してください」と、天文台に喜多郎さんをお連れになったのです。

じつは、失礼ながら私はそのときまで、喜多郎さんのことは、「シルクロード」の作曲家だということは知っていたのですが、ほかにどんなことをされているのかほとんど知らなくて……。(笑)「にこやかなおじさんやな」と思いながら花山天文台をご案内したら、宇宙が大好きで、天文にとてもお詳しいことがわかって、たいへん盛り上がりました。ふつうは花山天文台の案内は2時間ほどで済むのですが、喜多郎さんのときは3時間かかりました。その日、家に帰ってさっそく、喜多郎さんはどんな音楽をつくっておられるのか、インターネットで調べました。『古事記』という作品があるのを知って、私はハッとひらめいたのです。

喜多郎さんと初めてお会いした2012年は、『古事記』ができて1,300年の節目の年です。『古事記』には宇宙に関係する記述がたくさんあります。『古事記』を伝承した稗田阿礼は大和郡山市の出身です。当時の京大総長の松本紘先生も大和郡山市の出身だということもあって、京都大学と大和郡山市との共催で、「古事記と宇宙」というシンポジウムを2012年の11月に大和郡山市で開くことになっていました。

私はその企画担当を任されていたのですが、中身はあまり決まっていなかった。ところが、喜多郎さんが『古事記』という音楽をつくっておられるのを知って、「あ、これはシンポジウムにぴったりだ」と、すぐにCDを購入しました。それから毎日、車の中で聴きました。そうしたらもう、感動の連続で……。

喜多郎さんの『古事記』のCDには「大蛇(おろち)」という作品があります。ヤマタノオロチを表現するダイナミックな曲で、「この怪物の暴れまわるさまは、太陽の爆発現象にぴったりやな」と。運転しながら聴いていると、最初は頭のなかにヤマタノオロチが暴れているのですが、そのうちに、太陽フレアの映像が目のまえに現れるのです。この「大蛇」にあわせて太陽のフレア爆発、プロミネンス噴出の映像を上映したらどんなに楽しいだろうかと思いついたのが、この『古事記と宇宙』のはじまりです。

2012年5月21日に、京都では282年ぶりの金環日食がありました。この日にあわせて観察会と講演会を企画し、喜多郎さんにもご参加いただきました。アメリカから日本に戻って来られた喜多郎さんといっしょに、京都大学農学部のグラウンドで日食を観望して、そのあと百周年時計台記念館のこのホールで、『古事記と宇宙』の映像つきコンテンツを、みなさんにはじめて披露しました。さきほど喜多郎さんと話して気づいたのですが、このホールで上映するのはその日以来、5年ぶりです。ふるさとに戻ってきたということです。このいきさつを話しだすと30分くらいかかりそうですので、このくらいでやめます。

ダイナミックに暴れまわるオロチと、太陽フレアのダイナミックな映像を楽しんでいただければと思います。

――「大蛇」演奏と上映(約8分)――

天岩戸伝説をモチーフにした「饗宴」に日蝕の映像を重ねて

柴田●みなさん楽しんでいただけましたか。この音楽と映像は、私が参加するあらゆる市民向け講演会、出前授業、国際会議の研究発表の場でいつも上映しています。すると、みなさんからかならず、「ぜひ、ください」と言われます。

さきほど申し忘れましたが、2012年の金環日食のあとにここで上映した映像は、私の手づくりで、パワーポイントで映像を編集して、喜多郎さんの演奏にあわせて上映するというものでした。なにぶん、素人の手づくりですから、音楽にあわせて映像をスタートするタイミングが一秒ずれたら、そのあとずっとずれっぱなしというものでした。(笑)その日、みなさんから提出いただいた感想文には、「すごいよかった」という人もありましたが、なかには、「映像がひどい。だれがつくったのかと思って資料を見たら、柴田一成教授と書いてあったので納得した」と。(笑)そこで喜多郎さん相談して、「もっといいものをつくりましょう」ということになったのです。

京都大学の学術情報メディアセンターのコンテンツ作成室の元木環さん、岩倉正司さん、永田奈緒美さん、花山天文台の西田圭佑さんなどが編集に協力してくださって、いまお見せしたような作品ができました。2012年11月の大和郡山市でのシンポジウムでも、これとほぼ同じ作品を上映できました。

それからずっと喜多郎さんとのご縁はつづいていて、花山天文台の運営予算が足りなくて閉鎖のピン

チだとお伝えしたら、「応援します」といって、毎年秋に野外コンサートを開いてくださるようになりました。一昨年にはついに、この『古事記と宇宙』のDVDが完成し、海外でも販売できるようになりました。全編46分で、花山天文台の野外コンサートではじめて上映しました。

このあと喜多郎さんに、「饗宴（まつり）」と「黎明」を演奏していただきます。ご存じのように『古事記』には、天照大神が天岩戸に隠れて世界がまっ暗になり、人びとが困ったという話があります。天照大神を天岩戸から出すために人びとはどんちゃん騒ぎのお祭りをします。「饗宴」はそういう音楽です。

天文学的には、「天岩戸伝説は日食をモチーフにしている可能性がある」という論文があります。喜多郎さんに来ていただいてはじめて披露したのが金環日食の日ですので、「饗宴」には日食の映像がぴったりだと。ですから、「饗宴」の映像には、2012年に喜多郎さんといっしょに観察した京都で282年ぶりの金環日食の映像も入っています。

「饗宴」につづいてお聴きいただくのは「黎明」です。DVD『古事記と宇宙』は全編46分で、宇宙の始まりから現在までの宇宙の歴史をたどるようなストーリーになっています。「黎明」はその最後の曲で、もっとも盛りあがるのですが、じつは「饗宴」の時点で映像のネタが尽きてしまったのです。（笑）そこで私は、天文学、宇宙科学の歴史をふり返って、未来を展望するような映像にしようと思いつきました。きょうのフォーラムは、未来創成学国際研究ユニットと宇宙総合研究ユニットとのコラボレーション企画でもありますので、まさにぴったりの映像です。とても盛りあがる音楽で、私は大好きです。みなさんもぜひお楽しみください。

――「饗宴」「黎明」演奏と上映（約20分）――

司会●喜多郎さん、どうもありがとうございました。すばらしい世界を見せていただきました。喜多郎さんにはこのあと第2部で、ゆっくりとお話をうかがいます。どうぞ、もういちど大きな拍手を。（喜多郎さん退場、会場拍手）

さて、第1部の『古事記と宇宙』は、喜多郎さんによるシンセサイザーの生演奏でしたが、みなさんいかがでしたか。（会場 拍手）私はもう退職したのですが、花山天文台の職員として勤務しておりましたころは、『古事記と宇宙』をつくり始めたころで、「いま、喜多郎さんの『古事記』とコラボレーションで、こういう映像をつくっているんだ」と、柴田先生の小さなノートパソコンの画面で見せていただきました。先ほど柴田先生もおっしゃっていましたが、音と映像とがずれてる状態の、つくり始めのころから知っていますが、きょうは音楽と映像のタイミングがばっちりでした。神秘的で芸術的で、学術的にも重要な映像と、喜多郎さんのダイナミックで繊細な音楽とが融合して、とてもすばらしいと思いました。つくり始めのころを知っている私には、とても感無量でした。

第2部 パネル討論会
「こころの本質、宇宙と未来の展望」

司会●では、つづいて第2部のパネル討論会に移ります。テーマは「こころの本質、宇宙と未来の展望」です。もう一人のゲストパネリストは花園大学教授の佐々木閑先生です。佐々木先生は1956年、福井県にお生まれで、京都大学工学部をご卒業ののち、文学部哲学科仏教学専攻をご卒業されました。現在は、花園大学文学部の仏教学科教授でいらっしゃいます。ご専門は仏教哲学、古代インド仏教学、仏教史。理系から文系に進まれたこともあり、幅広いジャンルにわたる先生のお話は、たいへんわかりやすいと評判です。

では、パネリストのみなさんをお呼びいたします。喜多郎さん、柴田一成先生、佐々木閑先生、村瀬雅俊先生、どうぞご登壇ください。

あらためてご紹介させていただきます。先ほどすばらしい演奏を聞かせてくださった音楽家の喜多郎さん、そして、京都大学宇宙総合研究ユニット教授、花山天文台台長の柴田一成教授です。つづいて、花園大学文学部仏教学科の佐々木閑教授、京都大学未来創成学国際研究ユニット、基礎物理学研究所の村瀬雅俊准教授です。

討論の司会進行は、村瀬先生にお願いいたします。よろしくお願いします。

自分の内側を見つめることから始まった仏教

村瀬●ありがとうございます。京都大学基礎物理学研究所、ならびに未来創成学国際研究ユニットの村瀬と申します。まずは佐々木先生に、きょう初めてお聞きになった喜多郎さんのライブ演奏のご感想をひとこと。

佐々木●「すばらしい」のひとことです。宇宙の姿と音楽とが一つになっているのは、私にとってはたいへん衝撃的な体験でした。

きょう私は、仏教学の立場として招かれましたので、「宇宙を見る」ことについてお話しします。5分ほど時間をいただけますか。

仏教は仏陀という人がつくりました。お釈迦さまです。お釈迦さまは、「私たちの生きている人生は苦しみの塊である」とお説きになりました。「楽しいことは一つもない。すべて苦しみでできている」とおっしゃられます。これを「一切皆苦」と申します。その苦しみを消すための道を見つけようとしたのが、釈迦の求めた道です。贅沢な王子さまの身分を捨てて、修行の生活に入るわけです。

その結果、なにを見つけたのかというと、「苦しみは自分の心が生み出しているから、自分の心を自力で変えないかぎりは、その苦しみから逃れる術はない」というのが釈迦の教えです。では、自分を変えるにはどうすればよいかというと、絶え間ないトレーニングが必要であると。自分を改良して改造して、苦しみを消すためのトレーニングを修行と呼んだのです。釈迦みずからも修行し、釈迦のもとに集まってくる弟子たちにもそれを教えたのです。これが、仏教のお坊さんたちが修行している姿です。

仏教の世界では、宇宙を見る、あるいは世界を知ることは、本来的に問題になりません。「知るべきものは自分の心の内側であり、それを変えることが大事なのであって、世界を見ることに意味はない」と考えるからです。じつを言いますと、仏陀のつくった仏教は、芸術性を徹底的に排除するものです。音楽も絵画も、あるいはダンスも、そういったものをすべて、見ること・なすことを禁じるのが釈迦の教えです。そういうなかで、唯一、見ることを許されているのが唐草模様です。なぜかは、よくわかりません。(笑)

そうした仏教では、自分の外側にある世界をどう見るのかというと、美しいとか神秘的だとか、感情的に見るのではなく、分析的に見なければならない。「すべてを自分の構成要素の一部として取り込み、論理的につながっているものとして宇宙を見よ」という教えです。ここに仏教哲学というものが生まれてくるのです。そこには、われわれの感情を刺激するような、たとえばさきほど見せていただいたような世界はなにもないのです。これはおもしろいことです。

内と外とのつながりを意識し、宇宙との一体感体験する

佐々木●ところが、そういう仏教も何百年もつづいているうちに、すこしずつ変わって、「そうではないのではないか」と考える人たちが出てくる。「自分の心を改造するというけれど、われわれ自身の存在は宇宙全体とつながっているのではないか」と。当時はまだ「宇宙」とはいいませんでしたが、私たちの知らない、この世界の外側に、私たちを幸せに導いてくれるもの、さらにいえば、私たちの苦しみを消してくれるものがあるのではないか。そう考える人たちが出てくる。ここから、いわゆる大乗仏教の考え方が出てくるのです。

そういう意味で、「空(くう)」とは、私たちの外側にあって、私たち自身がまだ認識していないけれど、かならずそこにあるにちがいない、ふしぎな絶対存在です。私はこれを科学のことばで、究極の宇宙原理、あるいは宇宙法則というようなことばで表現しています。仏教が、外界との対応関係のなかに、自分の救い、あるいは最高のよろこびを見いだそうとするとき、ここではじめて「宇宙を見る」ことが必要になってきます。

いろいろなかたちで宇宙を見ようとしますが、その典型的な例は、阿弥陀さまです。われわれの世界の外側に「極楽」があって、その世界には、われわれを救うために最大の努力をしてくださっている阿弥陀という仏がおられる。自分で自分を改造できない部分は、阿弥陀がその力によって改造してくださるという、他力の話になる。こういう世界観が生まれるのです。

これがさらに進むと、「われわれを救ってくれる外側のパワーは、じつはわれわれの内側とつながっている」と考える。内と外とが一体化し、宇宙と自分が対応関係、包含関係にあると考える。すると、

自分をふくめた全宇宙が一つの存在体になるのです。こうして、宇宙を感じとるという方向の仏教が出てくる。これをお釈迦さまが見たらびっくりするでしょうね。

そうして最終的にたどりついた仏教の形態が、密教です。密教では、まったく逆の方向に向かいます。宇宙をどう見るか、宇宙をどう体感するかが、自分が仏陀であることの自覚になります。宇宙を表現することが、なにより重要な悟りの実証なのです。曼荼羅はその一つで、フラクタルの構造を利用して、限定された空間に無限の仏陀を表現しようという動きの一つの現れです。仏教の立場で宇宙を見るとき、仏教哲学の立場では、「宇宙を分析的に理解する」ことが求められますが、密教の立場では、宇宙を自覚的にとらえる、自分自身が宇宙であることを「感覚的に体得する」という世界になるのです。

宇宙の真理は一つだけれど、その切り口は無限にある

佐々木●さきほどの映像を見て、私がなにを感じたかは、みなさんもうおわかりだと思います。この映像は真実の映像で、つくりものではありません。喜多郎さんの音楽もまた、まぎれもなく、われわれ自身が体験した知覚です。その二つが一つになって、われわれに与えてくれたものは、この宇宙のある一つの在り方です。「ある一つ」というのは、これが「すべての在り方」ではないということです。われわれは宇宙を完全につかみとることはできないからです。どこかにあるかはわかっているが、すべてはつかめない。どの切り口で、どのようにつかむかが、われわれの知恵の見せどころです。

さきほどは、太陽などの惑星あるいは恒星の姿を音とともに感じることで、われわれは体感として、私たちのいるこの宇宙の存在を感じました。あの映像がほんものだからこそ、私たちの体感もほんものなのです。

私がある雑誌に仏教の記事を連載していたとき、それに興味をもって話しかけてくださり、おつきあいさせていただいたのが、物理学者の戸塚洋二先生です。戸塚洋二先生はスーパーカミオカンデをおつくりになった方です。太陽ニュートリノの研究でニュートリノ振動を発見され、ニュートリノに質量があることをはじめて世界に示されました。ノーベル賞受賞を期待されていましたが、2008年に亡くなられました。

きょうは、太陽の映像がたくさん出てました。太陽の表面にコロナや黒点がありますね。私が学生時代のころに聞いた話では、太陽の中心部で起こった熱反応が表面に出てくるまでに数千万年かかるそうですね。太陽の奥深くで起こった現象が数千万年かけて、対流によって外へ外へと上がってきて、さきほど見たような状態になる。つまり、私たちは数千万年前のできごとを見ているのです。

ところが、ニュートリノはすべての物質をほぼ干渉なしに素通りします。太陽の中心部で起こった現象は、ニュートリノなら8分ほどで地球に届きます。映像をみながら、私は考えてみたのです。きょうの映像を戸塚先生がご覧になったら、「これをニュートリノでつくってくれ。ニュートリノ天文学で見た太陽を見せてくれ」とおっしゃるのではないかと。(笑)数千万年前の現象を見ながら、同時に8分前の太陽も見る。それはどちらも宇宙の真理です。宇宙の真理は一つですが、それをわれわれがどう見るのかは、無限の切り口がある。きょうはそのなかでも、とりわけすばらしい切り口で見せていただき、感動したというのが私の感想です。

村瀬●佐々木さん、どうもありがとうございます。宇宙と自分、外と内とがじつは対応していて、包含している。それを音楽と映像をとおして体感する。それを客観的に私たちは体感したわけですが、主観的に体感された喜多郎さんのお立場から……。

喜多郎●柴田先生が言われたように、時計台記念館のこのホールが『古事記と宇宙』の出発点です。それがきょう、きちんとしたかたちで演奏できて、みなさんにご覧いただくことができました。回帰してここに戻ってきて、ランクが一つ上がった、ワンステップ進めたのかなと。くり返し、くり返しなのですが、その感覚が自分のなかにもあって、弾いていて感激しました。

村瀬●ありがとうございます。柴田さん、つけ加えることは……。

柴田●しゃべりだすと止まらないので、手短に。(笑)

佐々木さんと喜多郎さんの感想を、私も感激しながら聞いていました。きょうお見せした映像は、私の好きな映像・写真ばかりを集めたものです。なおかつ、私なりに天文学的に重要なもの、あるいは人類の一員として、これはぜひ子どもたちに知っても

らいたいというものを集めました。なかには、古くて画像が粗いものもあるのですが、喜多郎さんの音楽を聞きながら見ると、ぜんぜんそうは見えない。（笑）佐々木さんもおっしゃったように、音楽と映像とが共鳴していた。喜多郎さんも、一つ高いところにステップ・アップしたとおっしゃいましたが、なんど見ても聞いても、楽しいのです。

仏教者の方は、宇宙に救いを見る、苦しみから逃れるとのことですが、私も日常生活では、花山天文台運営の足りないお金を集めるために走り回っています。交渉がへたなのに、交渉ごとばかりで苦しんでいます。でも、そういうときにこの映像を見たり、喜多郎さんの音楽を聞いたりすると、ほんとうに救われるのです。

「音は見るもの、絵は聴くもの」が創作の原点

村瀬●きょうのこの国際芸術フォーラム 2017 のタイトルは「奇跡への挑戦」です。じつはきょうの朝 7 時まえにテレビの天気予報をまっさきにつけましたら、京都市内に大雪警報が出ていました。雪がどんどん降るというおそれがあったのですが、これも奇跡ですね。昼間はずっと太陽が照っていましたし、いまのところ雪は積もっていません。そういう奇跡もあります。この演奏会が開催できたことも、また一つの奇跡ですね。そういう奇跡を、私たちはまさにいま体感しているです。その当事者のお一人の喜多郎さんのお立場から、奇跡あるいは演奏の醍醐味というものをお聞かせください。

喜多郎●音というのは見えない世界です。見えない音をつかって音楽をつくるときに、ぼくがいつも指針としているのは、「音は見るものである」ということ。それがぼくの音楽の原点です。音は見るもの、絵画は聴くものである。これが、ぼくが四十数年、音楽をつづけてきて培ったもの、発見したことです。

なかなかそこにたどり着けないときもあったのですが、最近は、宇宙の映像といっしょに演奏すると、とてもクリアに音を見ることができます。たとえば、さきほどの映像には表現されていない世界、高性能のハッブル望遠鏡でも見えないところにある惑星や恒星のようすも、私の頭のなかに、心のなかにはっきりと想像できる。それが一つの奇跡を生むのではないかという気はします。

想像力というものは、既成概念を超えてゆける。それが一つの音になり、その音はさらに波動になります。その波動は、低い音ほど大きな流れになる。たとえば地震は、大きな揺れになります。そういうなかにわれわれは生きている。佐々木先生が言われたように、それが生きているということ、宇宙と一体であることの、一つの証明ではないかなという気はします。

柴田●かねてから、喜多郎さんにぜひお聞きしたかったことがあります。きょうのようなすばらしい曲を、いったいどのようにしてつくられるのでしょうか。たとえば、喜多郎さんの代表作の「シルクロード」のメロディなどは、どのような理屈で、どのようにして生まれたのですか。

喜多郎●理屈なんてないのです。「シルクロード」の原曲は、一日でできました。

柴田●そうなのですか。

喜多郎●とてもかんたんにできたのです。でも、そういうとよくないので……。（笑）

柴田●それはいちどにぱっとできるのですか。それとも、部分をすこしずつ足していって、できあがるのですか。

喜多郎●流れと風を感じたりしながら、一日ですべてのメロディができました。それが奇跡だと思うのです。番組の映像を見ても、やはり風を感じたり、風が見えたりします。オープニング映像にはラクダが砂漠を歩いている場面が出てきます。ヒュウという効果音が入っているのですが、まるで自分がそこにいるかのような状態に身を置きますね。

柴田●そのときには、楽器をつかってつくられるのですか。あるいは、喜多郎さんくらいになると、メロディが頭のなかにうかぶのですか。

喜多郎●楽器を弾いてつくりますが、いちど弾いたら、それがもうちゃんとしたメロディになっている。なぜそうなるのかは、ぼくにもわかりません。

村瀬●「つくりはじめると一日でできる」というのはわかるような気もしますが、つくり始めるまえは苦労の連続ということはありませんか。

喜多郎●そうですね。そういうことでは、また別の話があるのですが、よろしいですか。

名古屋の NHK 放送局の近くに愛知県美術館があって、そこではいま「日展」を開催しています。じつはそこに、ぼくがモデルになっている絵が出品されています。日展の顧問をされている藤森兼明先

生の絵です。あるとき藤森先生と食事をしていたら、「喜多郎さん、絵を描かせてくれる？」と、きゅうに言うのですよ。その方がそれまで日展に出しおられたのは、女性の絵ばかりです。たぶん、何十年も女性しか描いていないのですが、唐突に「喜多郎さん、描かせてよ」と。もう80歳を越えた方です。今回の絵のテーマは、「喜多郎・シルクロードから天空へのオマージュ」と書いてありました。しかも、130号の大きな絵で、じっさいのぼくよりも大きい。（笑）数日前に美術館に行ったら、新聞社の記者に、写真を撮られて、「喜多郎さんが喜多郎さんを鑑賞していた」と。（笑）

その藤森先生も言っていました。しぜんに描きたくなってきて、それが一つのかたちになるには時間はかかるけれど、じっさいに描き始めたら速いそうです。その絵は、500枚くらいの金箔を貼って描かれているのですが、金箔だけで200万円以上はかかるのではないですか。とても迫力のある絵ですから、ぼくもびっくりして、「これはだれだろう」と。（笑）

すみません、質問とはちがう話になって……。でも、奇跡という意味では、できるときには瞬発的に、一気にできあがるのです。

つねに真実の行為で臨まなければ、修行はつづけられない

村瀬●「できるときには瞬発的にできる」という感覚は、仏教学者の立場から考えると、悟りの境地と似ていませんか。

佐々木●柴田先生と喜多郎さんは「どこが同じか」という話をちょっとしましょう。

仏教には「出家」という行為があります。世俗の価値観で生きたくない人が、それを捨てて、自分のしたいことだけをする世界に飛び込むことを出家といいます。ところが、この出家には一つネックがあります。世間で人並みに仕事をするのをやめて自分の好きなことだけをするのですから、ご飯が食べられないのですよ。そのことに最初に困ったのは釈迦です。その釈迦のまわりには、「先生、私たちも同じように出家生活をして修行したいので、いっしょに暮らしましょう」と、千人ちかい弟子が集まってくる。全員が住所不定、無職です。（笑）

釈迦はしかたがないから、「みんなからもらいましょう」と、鉢を持って毎日托鉢に行く。そのとき釈迦は弟子たちに、「まわりの人にぜったいに迷惑をかけてはいけない。迷惑をかけたらご飯をくれなくなる。『ください』とはぜったいに言うな」という。でも、「ください」と言わないとなかなかくれない。それをがまんして、次から次に家いえをまわる。そして、一日分の食事として最低限のご飯が貯まったら、そこで托鉢をストップする。それを食べて、あとは自分の好きなことだけをすればよい。これはつまり、自分の好きなことを継続するには、世俗の楽しみは捨てなければならないということです。

托鉢をつづけると、その行為のすばらしさが、だんだんと世間の人たちにも理解されはじめる。それには、まじめにしていないとダメです。ふざけたり、まじめなフリをしたりしてはダメです。つねに真実の行為でなければ、人びとは認めてくれない。だれもご飯はくれません。すばらしいことを誠実に行なって、その結果として、すばらしいものをわれわれに与えてくれるなら、みんなはよろこんでお布施をするのです。それが科学者にとっての研究費です。（笑）

京都大学の花山天文台の運営資金は税金でしょう。私たちが払っているのです。でも、私たちはぜんぜん惜しくない。なぜなら、きょうのように、こんなにすばらしい映像と音楽を私たちに与えてくれるのだから、惜しくはない。

柴田●佐々木さん、最近は、みなさんからの寄付にもとても助けられています。

佐々木●それもみんなお布施です。喜多郎さんだって、おそらく最初から世界的な名作曲家、名演奏家として売れていたわけではないはずです。最初はやはり、自分の好きなことから始めて、それがだんだんと自分のよろこびになって、それがまわりからも認められて、そうして生活もできるようになった、幸せな人生です。だからそんなに楽しそうな顔をなさっておられる。（笑）出家者はすぐわかります。幸せそうに生きていますから……。

柴田●私は大学で、1回生向けの電磁気の講義を担当しています。学生に授業の感想文を書かせたら、「柴田先生が脱線して雑談を話しているとき、とても楽しそうな顔をしているのを見て、こちらも楽しくなりました」と書いてあった。（笑）

佐々木●その楽しさを、仏陀はこう言うのですよ。「私たちが修行している姿の楽しさを次の世代に伝えろ」と。嫌なことにはだれもついてこないですからね。

考えてみると、住所不定無職の状態を続けるのだから、楽しくなければぜったいにつづかない。彼ら

にとってそれが人生でいちばんうれしいことだから、みんな釈迦のもとに集まってくるのです。

科学もそうだし、芸術家もそうです。私は科学者ではなくて人文系の学者ですが、毎日毎日、古代インド語を読みながら釈迦の教えを追究してゆくのは、楽しくてしようがない。うれしいのです。だから、花園大学のお給料は、すべてお布施だと思っています。だって、私はなに一つ、世のなかの役にたつことをしていませんから。（笑）

柴田●同感です。（笑）

修行とは苦しい修練があってこそ、苦しみの先によろこびを得る

村瀬●楽しくなるまでの期間の過ごし方というのは、なにかコツがあるのでしょうか。お一人ずつ、お願いします。

喜多郎●そうですね、楽しくなるまでにはやはり準備期間があると思うのです。それはそれぞれちがいますが、自分はどう生きたいのかというビジョンが必要です。ぼくが曲をつくるときも、自分はどういうところまでゆきたいのかというビジョンが明確に見えたときは、そこからはとても速いですね。それが見えないときはやはり、心のなかが混沌として、揺れ動いたりするのですが、それもまた楽しいのです。これを楽しまないと、次にゆけないのです。多くの人、とくに若い人たちがいろいろな悩みをもっていますが、そこの悩みを楽しまないと……。その状況を楽しむことで、答えが出るとぼくは思います。

村瀬●ありがとうございます。じつはこの企画が実現したことを奇跡だとお話ししたのは、1年数か月まえに喜多郎さんとお会いしたのがきっかけでした。そのときに、この日程でお願いしたいとお話ししたのですが、その後、メールを書いても返事がない。これはいったいどういうことだろうと、とてもつらい思いをしたことがありました。でも、それの時間がだいじだったのですね。（笑）

喜多郎●忘れていたわけではないのです。（笑）

村瀬●柴田先生はいかがですか。

柴田●好きなことだったら、どんな苦労をしてもつづけられる。喜多郎さんとのコラボの映像の編集にしても、282年ぶりの金環日食のあの日に披露した「黎明」の基本的なストーリーは前日に徹夜してつくりました。「コンサートまであと2時間なのに、まだできていない！」と、苦しみの徹夜でしたが、なんとか自分なりに決着をつけて、できあがった。あのときはまだレベルは低かったのですが、それでも、よかったと言ってくださる方がたくさんおられた。大きな達成感を感じて、徹夜してよかったなと。

それで終わらないのが、村瀬さんのおっしゃった奇跡です。そのあと、プロの編集者の協力を得て、日本語バージョンをつくって発売した。ついに昨年には英語バージョンも発売できた。ありがたい話です。奇跡は奇跡を呼んで、どんどんつながっていった。好きだから徹底的にできるのです。そうして山を越えると楽しくなってくるというか、ハッピーになれるのです。

村瀬●仏教の悟りの境地には何段階かありますね。一つ悟ればすむわけではないですね。

佐々木●いろいろあって、いろいろなことを言います。修練はつらいものです。出家と趣味のちがいは、修練のある・なしです。趣味は、しようと思えばその日からできます。だれからも評価されないけれど、自分だけでかってによろこんでいればよい。ところが、自分の生活をそれ一本に絞って、人生のよろこびを手に入れようとすると、「好きだから」ではダメなのです。生活を変えるための土台となる自分のさまざまな技量や感覚を磨く、そういう修練がかならず必要になるのです。

科学者の修練は、ありがたいことに日本では、教育制度がサポートしてくれます。小学校から国語や算数を教えてもらって、中学、高校と自分の好きな道を進んで、最後に大学、大学院で修練のしあげをする。こういうシステムがあるからこそ、たった一人で修練する苦しみを味わわなくてもよい。これは日本という国のすばらしさです。教育制度の貧弱な国は、この修練ができません。出家のよろこびを得ることができないから、みんな世俗の生活ばかりするのです。

喜多郎さんは、どういう修練が出発点だったのでしょう。やはり、なんらかのかたちで、だれかの手ほどきを受けたり、先達をモデルにするようなことはあったのでしょうか。

喜多郎●ぼくの家系の血筋には、なにかを生み出すという者はいなかったようですが、ぼくは10代くらいのに音楽に目覚めたというか、音で感情が揺さぶられる実感を、その時代に感じましたね。

佐々木●いろいろなものがわれわれを手助けしてく

れるのです。それは人だけではなく、社会の流れかもしれないし、風潮かもしれません。そういうものが修練の手助けをしてくれるというのは、とてもたいせつなことです。

釈迦はこう言うのです。「修行が進んだ僧侶は、次の世代のためにその修練の手助けをしろ」と。これを仏教では本来的に「慈悲」とよびます。自分が好きなことをしていれば、それでおしまいで、完結すればよいのではないかと思う。けれども釈迦は、そうではなくて、同じよろこびを次の世代に伝えるために、こんどは自分がたどった道を次の世代につなぐ努力をすべきだと言うのです。

柴田●それはまさに大学の教員のデューティですね。

佐々木●ほんとうは、好きなことだからだれにも教えたくないはずです。（笑）でも、それは教えなくてはならない。それは、出家させてもらった人間の義務なのです。

柴田●佐々木さんも経験があると思いますが、学生が書いたへたなレポートや論文を直すときのあの苦しさ。（笑）もう一刻もはやくこの場から逃れたい。でも、それはしかたがない。この年になったら、それがデューティだと。

佐々木●自分がしてきたことがどんなにすばらしくて、楽しくて、やりがいがあるのかを、具体的にわかるかたちで次の世代に表すのも、私たちの義務なのです。仏教だと、これはお説教です。説法です。きょうのイベントは説法なのです。「天文学を学ぶとこんなすてきなことができる」、「音楽をつづけると、こんなにすばらしいことができる」。修練はきびしいけれど、それに耐えて進めば、かならずほんとうのよろこびがあるということを、みなさんはきょう、教えてくださったのです。そういう意味で、私はとても感動したのです。すてきだなと思ったのは、そういうことなのです。

自然のなかでの創作で、「宇宙の意思」で選ばれる音の存在を知る

村瀬●「音は見るもの、絵は聴くもの」ということについて、喜多郎さん流にもうすこしご説明していただけますか。

喜多郎●このコンセプトを自分なりに体感したのは、長野県の山の中にいまもある、ぼくの自宅です。谷あいの一軒家で、そこで作品をつくっています。ドアを開けて、谷あいにスピーカーを向けて、かなり大きな音で、できあがった音楽を流してみるのです。そうすると、その谷間にこだまするのです。なんと言えばよいのか、そのこだまが目で追えるくらいに、音って動いてゆくのだなあと感じる。

なかには、谷に沈んでゆく音もあります。そういう音は次からはつかわない。佐々木先生が大乗仏教の話のときに、「外と自分」と言われました。谷に沈んでゆく音というのは、自分の意思ではなく、宇宙の意思で選択されたもののように思います。それが自然ではないかと。その自然のなかに自分も暮らしていて、自分のつくった音を出すことで、宇宙が、自然がきちんと選択してくれる。「これはつかえるよ、これはだめだよ」ということが目に見える。一曲一曲、音を出してみて、「あっ、これならいいな」、「これはだめだな」というのが毎日の作業です。

村瀬●いまのお話は、宇宙物理学あるいは天文学の立場からはいかがですか。「音は聴くのではなくて見るもの」というのは、「真理は見るのではなくて、聴こえるもの」、あるいは、「方程式は計算で示すのではなくて、さきに見えるもの」。柴田先生には、そのような体験はありませんか。

柴田●私は喜多郎さんほど感性がないので、そういう境地にはまだ……。（笑）

でも、「宇宙のなかに音が見える」という話に関連するのですが、きょうお見せした太陽の爆発現象は、地球にいても音はまったく聞こえませんが、マイクロフォンを太陽に持って行ったら、もう音だらけなのです。だからこそ、喜多郎さんの音楽と合うのかもしれません。宇宙のあちこちで爆発が起こっていて、音波が飛び交っています。

「方程式がうつくしい」と思うことはよくあります。マクスウェル方程式を学生に教えるときには、「これ、うつくしいでしょう」と言って。（笑）ひょっとしたら仏教の悟りと同じようなことは、じつはたくさんあるのかもしれない。一瞬にしてぜんぶがわかるということはありますね。

喜多郎●「饗宴」の映像の最後のほうで、太陽の黒点が映って、ずっとズームアップしてゆくと、一つの黒点がまるで虫のように動いて……。それが日本列島のかたちなのですよ。あれを最初に見たとき、「あっ、これは日本だな」と思いました。

柴田●私からすこし解説しますと、「饗宴」の音楽は、最後に天照大神が天岩戸を開けて、世界に光が戻っ

てくるという音楽です。光が戻って、最後に現れたのが日本列島。日本が復活したことを表現しているのです。

喜多郎●太陽の中で一千万年かかけて表面に現れてきた動きが見えている。じょじょにフォーカスが合って、日本の形に見えるというのはとても象徴的で、『古事記と宇宙』ということで、柴田先生がその映像を選んでくれたのかなと……。

柴田●偶然です。あれは、日本の人工衛星「ひので」が打ち上げられた直後に現れたものです。それをうちの若いスタッフがうまく編集したのです。あれを見ると、なにしろおもしろいでしょう。だんだん拡大してゆくと、細かい模様がたくさん見えはじめて……。市民向けの講演会や出前授業、国際会議などでこの映像を見せたあとに、「これ、なにに似ていますか」と質問をすると、みんな「日本だ」と答えてくれる。英語ではジャパン・スポットという。「太陽が日本を祝福してくれたんや」と言っています。たまたまの偶然なのですけど。(笑)

「空」とは、私たちが必要とする宇宙の「なにか」を表す記号

村瀬●佐々木さんにおうかがいします。世俗の楽しみを捨てる、真実というのはそういう行為だと。そこにうつくしさとか……。

佐々木●それはうつくしいに決まっていますよね。私も、世のなかでいちばんうつくしいのは方程式だと思っています。なぜこんなものがあるのかと、いくらたずねても、「なぜ」には答えてくれない。でも、そこにあるだけでうつくしいのです。むかし習ったオイラーの等式、「$e^{i\pi} = -1$」という等式を見たときは、もう腰が抜けるほどびっくりして、いまでもそのときのことは忘れません。

世のなかの真実は、なぜかは知らないのですが、うつくしいのです。たとえば科学者の先生はみんなおわかりですが、数式のうつくしさと現実の現象とが対応してしまうのです。「なぜ、この宇宙はこんなに単純できれいな数式で説明できるのですか」とたずねても、だれ一人答えてくれない。そういうものなのですと。(笑)

喜多郎さんに、「なぜ、喜多郎さんの音楽は、谷に沈む音と残る音とがあって、それをつなぐとこんなにわれわれを感動させるのですか」と聞いても、おそらくわからないでしょう。けれども、われわれは真実というものを「感覚で知る」ことができるのだろうと私は思います。仏教は、「われわれを安楽にしてくれる道はこれだ」ということを、一種のうつくしさで判断しているようなところがあるのではないかという気がします。

柴田●なぜ、われわれは宇宙をうつくしいと思ったり、数式をうつくしいと思ったりするのか。ぼくの一つの答えは、ぼくらは宇宙の中で生まれたから。数式が表す宇宙の法則にしたがって生まれたから、遺伝子の中にもそれが組み込まれていて、そういうものを垣間見ると、おのずと共鳴できるのではないかと。

佐々木●それは私も同感です。しかも私は、遺伝子をも超えていると思うのです。遺伝子も、宇宙がわれわれをつくっている一つの要素にすぎないからです。遺伝子はずっと受け継がれているものですが、それを生み出した最初の生命を考えてみると、われわれは宇宙の「なにか」を必要としているのだと思うのです。ですから、柴田先生のおっしゃることはとてもよくわかります。これがなんなのか説明したいけれど、うまく説明できません。

むかしの人はこれを「空」とよんだのだろうと思います。「空」というのは、身が空っぽだとか、実体がないという意味ではありません。「空」は記号です。この世の真実を言い表せないので、記号で表しているのです。πやiと同じものなんおです。われわれは宇宙のなかに「空」を見るから、うつくしいと感じるのです。これはいくら理屈で語ってもダメですね。やはり、体感しないとわからない。

芸術家も研究者も、たゆまぬ努力を続けることで真のよろこびを得る

村瀬●そういう意味でも、きょうの演奏会は意味があるのですね。語ろうとするときりがない。書いても書いてもきりがない。でも、体感すると一瞬でなにかがわかる……。

佐々木●そうですね。ただし、「体感できたら、もう語らなくてもよい」というわけではない。語るとうまくゆかないのですが、ここで体感したものだけが唯一の真実ではなくて、ほかにもまだ表しようがあることは、みんなにことばで説明しないといけない。それを伝えたうえで、べつのかたちでの真理の表し

方が生まれる。そのくり返しだろうと思います。

村瀬●自分のしたいことだけをするのが出家の本質だと話されましたが、してはいけないことは、なにかありますか。

佐々木●もちろんあります。出家生活を阻害することはしてはいけません。せっかく出家生活を選んだのに、それがダメになってしまうようなことは、出家者にとってはすべて悪事です。これは倫理的な意味での善悪ではなく、自分のよろこびが消えてしまうという意味で悪なのです。その基本となるのはお布施の道が絶たれること、つまり「養ってもらえなくなる」ことです。科学者が論文を捏造したり、盗用したりするときびしく罰せられるのは当然のことです。その人一人の問題ではなく、その人が属している科学者の世界への信頼を失わせ、お布施の道を断ってしまう。その人に対する罰というよりも、組織を守るための防衛です。だから、それはいちばんしてはいけないこと。

芸術家の場合には、たゆまぬ努力で、独創的な創作活動をつづける姿を見せることが、いちばんたいせつでしょうね。

喜多郎●そうですね。そういうことがやはりいちばんです。ぼくは4月からヨーロッパでこの『古事記と宇宙』の演奏ツアーをします。海外の国ぐにで日本のミソロジー、『古事記』を紹介しても、たぶんみなさんにわかっていただけると思います。切り口は違うけれど、その真理は、どの世界の人にもわかり得るものだからです。

佐々木●そういう意味では、芸術家というのはつらいのですね。まったく新しいものをつくり出すという立場で、人びとから支持されています。しかし、そのかわり、そこで生み出されるものに対するよろこびは群を抜いて、幸せですね。

喜多郎●そうですね。理解して、感動していただいたときには、心底でつながれるという感じがしますね。

村瀬●「シルクロード」の曲が一日でできたとき、その一日を体感された長さというのは、長く感じられましたか、それとも短かったでしょうか。

喜多郎●1日は24時間ですが、その日はとても短かったように思います。努力をしていないわけではないのでが、どんどんと出てくるものですから、もういいやとは言えなくて、そのまま録音したらできあがっていた。おのずと湧いてくるものは、来なさい、来なさいといえばよいのです。

村瀬●その状態を自在につくりだせるのかというと、どうなのでしょう。

喜多郎●さすがに、「いますぐにつくれ」と言われたら、「ちょっと時間をください」となりますが、それはすべてタイミングで、偶然ではなくて、必然にそうなるのでしょうか。そのタイミングは、自分が置かれている宇宙の流れのなかにある。恒星や流れ星と同じ時間の流れのなかに自分もいるわけですから、自分がそうしたいと思っても、そできないときはできない。

柴田●この『古事記』をつくられたとき、7編の楽曲を同時期に集中してつくられたのですか。あるいは、べつのアルバムも並行してつくられたのですか。

喜多郎●この『古事記』は、島根県の出雲大社で奉納するためにつくったのです。

柴田●そういうモチベーションがあったのですね。

喜多郎●大きな注連縄のある拝殿で奉納コンサートをしました。すると、演奏中に注連縄から白い蛇がすっと出てきて、いちばん最後の「黎明」が終わると、とんといなくなったのです。奉納コンサートはテレビ局が撮影していましたから、そのようすは映像で残っています。シンセサイザーを弾きながら、頭上の注連縄に白蛇が見えて、「ここに落ちてくるのかなぁ」なんて思っていました。(笑)なにもなく去ってゆきましたが……。

柴田●それでは、出雲大社で奉納するまえに、わりと短時間でつくられたのですね。

喜多郎●はい、そうです。国産みから天岩戸までの流れはどうすればつながるのかと自分なりに考えて、七楽章をつくりました。『古事記』には天岩戸に隠れたアマノウズメノミコトなど、いろいろと登場するのですが、その人たちがみな私のなかにいたことと、出雲大社とつながることで、ぼくの『古事記』が完成する準備はできていたのだろうと思います。

柴田●喜多郎さん、こんど出雲大社でこの映像ライブコンサートをしませんか。

喜多郎●千家宮司にお伝えしておきます。(笑)

ネット社会の「業」の苦しみは、なんどもくり返し、子孫まで及ぶ

村瀬●佐々木先生は最初に仏教の歴史についてお話しされましたが、未来創成という意味からすると、今後の仏教は、どういうかたちをめざすことになる

のでしょうか。

佐々木●釈迦の仏教にまた戻るかもしれないという気がします。ちょっとだけ、怖い話をしてもよいですか。

釈迦の言う「業（ごう）」という考え方があります。私たちが善いことや悪いことをすると、それが時間をおいて、いつ起こるかはわからないが、かならず自分に戻ってくる。しかも、原因がこうだから結果がこうだというように、原因と結果の類似性を推測できない。かんたんに言えば、「人から物を盗んで地獄に落ちた」という話です。これは仏教の本質的な考え方なのですが、私はこれを信じていませんでした。現代の科学的な世界観ではこれは納得できない。「業はない」と思っていたのです。

しかし、最近になって、たしかに「業はある」と気づいたのです。それはなにかというと、インターネットです。人に見えない隠れたところで善いことや悪いことをしても、ぜんぶお見通しで、あとになってかならず、その結果が自分の身に起こるというのが「業」です。数年前までは、人の見えないところであれば、どんな悪さをしてもだいじょうぶだとみんな思い込んでいましたが、インターネットが発達して、われわれの日常生活はすべて記録されるようになりました。これからはIoTといって、たとえば冷蔵庫とネット、テレビとネッとがつながって、そのすべてが私たちの行動を記録する媒体に変わるのです。そうすると、どんな場所でなにをしていても、その情報がネット上に集まってきます。

それが断片的に散らばっている段階はかまわないのですが、だれかがそれにタグ付けして、たとえば「佐々木」という名前、顔、声紋などで照合してネット上に散らばっている情報を集めると、佐々木の一生が浮かび上がってくる。こっそり隠れておこなった善いことも、あるいは悪いことも、すべてお見通しになって、しかも、それがすべて公表される。それに対して、どんな評価がくだされるのかもわからない。善い行ないをしたつもりでも、時代がかわって社会の価値観が変わったら、悪い評価が与えられるかもしれない。

他人と自分との区別がつかない社会

柴田●インターネットが人類を変えるのではないかと、じつはぼくも思っています。

「見通されている」という感覚は、私にはよくあります。嫁さんと話をしていると、ぼくがなにか言うまえに、「あなた、いまこう言おうと思っているでしょう」と。心まで読まれているのではないかと……（笑）

佐々木●いまは奥さん一人ですんでいますが、やがて、全人類が柴田先生のことをわかるようになるかもしれない。（笑）

柴田●ぼくらには物理的な相互作用があります。音波も伝わるし、電磁波も感じる。ぼくらがまだ気づいていないだけで、そういう感覚があるのかもしれない。表情にぜんぶ表れているのかもしれないですが……。いっぽうで、インターネットの話に戻ると、ぼくはそのうちに、他人と自分との区別がつかない時代が来るように思うのです。自分の考えたことが瞬時に他人に伝わって、他人の考えが自分にすぐ伝わるようになる。

佐々木●なるでしょう、それは。

柴田●ぼくが考えたことなのか、他人が考えたことなのか区別できないようになると、こころを共有する集団になる。人類全体が一つの生命のようになる、そういう時代になりつつあるのではないかと……。

佐々木●それで幸せならよいのですが、仏教は本質的に、生きていることは苦しみだと考えます。自分が行動や考えがすべてお見通しで、自分と他者との区別がつかなくなった世界で、自分のアイデンティティをもちながら生きろと言われたら、これはたいへんなストレスになります。

柴田●そうなると、宗教者の役割ですね。

佐々木●そのとおりです。業の世界でがんじがらめだった2,500年前に、釈迦が仏教をつくったのは、その世界で生きるのが苦しくて、なんとかしようと思ったからです。いまのわれわれは、それよりもさらに苦しい時代にさしかかっているのです。いまの業のほうがむかしの業よりも苦しいのです。

なぜかというと、一つには、かつての業は、行ないの結果は1回しか現れなくて、「盗んだら地獄に落ちました、ハイ終わり」だったのですが、ネット社会の現在の業は、1回の行動の結果がくり返し自分にかえってくる。さらにその業は、自分だけでなく、孫子の代までつづきます。

そんな社会で、自分のアイデンティティをもちながら平穏に生きるにはどうすればよいか。苦しみながら釈迦が見つけた生き方は、先達の指針として、現代の私たちにおおいに役だちます。「これからの仏教がどうなりますか」という村瀬先生の質問に対し

て、「仏教は、インターネットの発展によって耐えられなくなった人生を支えてくれる存在、人生のだいじな杖になる」というのが私の結論です。

柴田●佐々木先生、天文学や宇宙物理学もだんだん宗教に近づいていますので、そのうち共同でいろいろなことを……。

佐々木●つぎは三人で、宗教的な会を開くことになるかもしれません。

修行で得たよろこびを次代に伝える「慈悲」の義務

柴田●あるときお葬式に行きましたら、バックグラウンド・ミュージックが喜多郎さんの音楽だった。

喜多郎●私の音楽は、冠婚葬祭でつかわれることがよくあるのですよ。「饗宴（まつり）」という曲は、東南アジア諸国の結婚式で、新郎新婦の入場のときによくつかわれます。数年前に、マレーシア建国50周年の記念式典に招待されたのですが、国歌の次に流れたのが「饗宴」でした。「饗宴」で祝賀パレードがスタートするのです。「ここでつかうのか！」と、ぼくもびっくりしましたが、すこしはみなさんのお役にたっているのかと思うと、それだけで、ぼくはうれしい。

村瀬●それは仏教でいう「慈悲」ですね。喜多郎さんのそうした気持ちがきょうの作品につながって、それがさらに次の世代に伝えるきっかけになりますね。

喜多郎●世界はいま、右往左往しています。アメリカではトランップ政権がスタートし、なにかと話題をよんでいます。

ぼくにとっての哲学書、聖書のような存在は、手塚治虫さんの『火の鳥』の「未来編」です。ミクロコスモスとマクロコスモス、人間の細胞と宇宙とはとても似ていて、まるで人間の細胞のなかにいるように宇宙が成り立っている。そのなかに私たちは生きている。それなのに、新しい大統領はどうだとか、そんなことでさわいで生きているのです。

でも、やはり楽しく笑顔で生きていたい。それがぼくの指針です。自分が楽しく、人も楽しくあることで、バランスが取れる。そのためにどうすればよいかは、個々のこころのなかに、いろいろな方法論があるのではないでしょか。

村瀬●ありがとうございます。柴田さん、なにかつけ加えていただくことがあれば……。

柴田●きょうは、喜多郎さん、佐々木さんとお話しできて楽しかったし、とても勉強になりました。私は黙って募金箱を抱えて、みなさんのもとにまわることがだいじなのだということがわかりました。（笑）

佐々木●そうなのです。入れてもらえなくてもがまんして、ずっとまわりつづける。

柴田●それは出家者にとって必要なことですね。好きなことをさせていただいていることを、みなさんに感謝いたします。

きょうは、喜多郎さんに半分だけ披露していただいたのですが、『古事記と宇宙』をすべて聞いてみたいという方は、2017年7月22日、大分県での喜多郎さんのライブコンサートにお越しください。喜多郎さんのご招待で、私も解説に行かせていただきます。8月5日には福知山市で、8月13日には、喜多郎さんのご出身地の愛知県豊橋市でも開催されます。さらに、10月7日にはまた喜多郎さんに花山天文台に来ていただいて、野外コンサートを開きます。ぜひみなさん、手帳に書き留めてください。佐々木さんもぜひ、花山天文台にお越しください。

佐々木●私は桃山御陵のあたりに住んでいますので、花山天文台はすぐ近くです。

柴田●ああ、そうですか！

村瀬●きょうは午後6時から始まりまして、ほぼ2時間がすぎました。第1部は音楽を交えた音楽と映像による説法、第2部は仏教学者の佐々木閑先生にも加わっていただいて、仏教の歴史、出家のお話など、盛りだくさんの話題でした。みなさま、遅くまでおつきあいくださいまして、ほんとうにありがとうございました。（拍手）

司会●パネル討論会「こころの本質、宇宙と未来の展望」でした。音楽、科学、仏教学のスペシャリストとして活躍されているみなさんの生き方には共通点があるというのが、とても印象的でした。きょうの映像コンサートやパネルディスカッションで、私たちは「慈悲」を受け、またあしたから、新たな気もちで生きてゆける、そんな気もちになりました。

佐々木先生、喜多郎さん、柴田先生、村瀬先生、どうもありがとうございました。いまいちど、大きな拍手でお送りください。ありがとうございました。

（拍手）

では、これをもちまして、国際芸術フォーラム2017「奇跡への挑戦──未来創成学と宇宙総合学からの展望」を終了します。みなさま、ほんとうにありがとうございました。（了）

プロジェクトレポート

Journal of Integrated Creative Studies

June 2017
No. 2017-009-e

Report on my 2017 visit to YITP as a Visiting Professor

Christian D. Ott
[1]California Institute of Technology
E-mail: cott@tapir.caltech.edu

Abstract. I summarize my research and teaching activities during my three-month visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics from March 2017 to June 2017. This visit was support by the International Research Unit of Advanced Future Studies.

Keywords: numerical relativity, neutron star mergers, core-collapse supernovae, gravitational waves, black holes, advanced future studies, Python

1. Personal Note

I wish to express my gratitude to YITP faculty and staff for their great hospitality during my three-month stay at YITP as a Visiting Professor. I wish to thank the International Research Unit of Advanced Future Studies for their kind support of my visiting professorship.

It is always a great pleasure to visit YITP and interact with its faculty, postdocs, students, and staff. Kyoto and YITP have become very important for me – scientifically and personally. Now, at the end of my second long-term visit (after my three-month visit in 2016), I am already looking forward to my next opportunity to visit YITP!

Kyoto, June 12, 2017

Christian Ott

2. Research Completed at YITP

I completed five research projects during my stay at YITP. Many of these were relatively short-term projects that involved substantial work while I was at YITP.

2.1. A Numerical Relativity Waveform Surrogate Model for Generically Precessing Binary Black Hole Mergers

(with Jonathan Blackman, Scott Field, Mark Scheel, Chad Galley, Michael Boyle, Lawrence Kidder, Harald Pfeiffer, and Bela Szilagyi)

In this project with my Caltech graduate student Jonathan Blackman we constructed a fast and efficient binary black hole waveform model for LIGO gravitational wave data analysis. This model uses so-called reduced-order modeling techniques to generate gravitational waveforms using an efficient basis made up of waveforms from actual numerical relativity simulations. The waveform model is extremely efficient: While a numerical relativity simulation requires weeks to months to run, the waveform model can produce a waveform in less than a tenth of a second. Having such fast evaluations is essential for gravitational wave data analysis and parameter estimation.

This work by Blackman et al. is particularly notable, because it is the first to cover the full 7-dimensional parameter space: mass ratio and three spin components for each black hole. Previous models could predict gravitational waveforms only in lower-dimensional subspaces. The range in mass ratio that our model covers goes from 1 (equal mass) to 2 (the more massive black hole is twice as massive than the less massive black hole) and in dimensionless Kerr spin from 0 to 0.8. Future work will be directed toward extending the model to higher mass ratios and higher spins.

The resulting paper has been submitted for publication in Physical Review D as Blackman et al. 2017. It is available on arXiv as arXiv:1705.07089, https://arxiv.org/abs/1705.07089. The paper has been assigned YITP report number YITP-17-44.

2.2. Gravitational Waves from Binary Black Hole Mergers Inside of Stars

(with Joseph Fedrow, Ulrich Sperhake, Jonathan Blackman, Roland Haas, Christian Reisswig, and Antonio de Felice)

This project is a true YITP project – it was conceived, started, carried out, and completed at YITP. Its lead author Joseph Fedrow is a YITP graduate student working with Sasaki-san and me.

We carried out a set of controlled numerical experiments to investigate the effect of stellar density gas on the coalescence of binary black holes (BBHs) and the resulting gravitational waves (GWs). This investigation is motivated by the proposed stellar core fragmentation scenario for BBH formation and the associated possibility of an electromagnetic counterpart to a BBH GW event. We employ full numerical relativity coupled with general-relativistic hydrodynamics and set up a 30 + 30 solar mass BBH (motivated by GW150914) inside gas with realistic stellar densities. Our results show that at densities $\gtrsim 10^6$ - 10^7 g cm^{-3} dynamical friction between the BHs and gas changes the coalescence dynamics and the GW signal in an unmistakable way. We show that for GW150914, LIGO observations conclusively rule out BBH coalescence inside stellar gas of $\gtrsim 10^7$ g cm^{-3}. Typical densities in the collapsing cores of massive stars are in excess of this density. This excludes the fragmentation scenario for the formation of GW150914.

The resulting manuscript has been submitted for publication to Physical Review Letters. It is available on arXiv as arXiv:1704.07383, https://arxiv.org/abs/1704.07383 . The paper has been assigned YITP report number YITP-17-40.

2.3. Signatures of Hypermassive Neutron Star Lifetimes on r-Process Nucleosynthesis in the Disk Ejecta from Neutron Star Mergers
(with Jonas Lippuner, Rodrigo Fernandez, Luke Roberts, Francois Foucart, Daniel Kasen, and Brian Metzger)

Some of the heaviest chemical elements in the universe are made by the so-called rapid neutron capture process (r-process). The r-process most likely site are neutron star mergers (mergers of two neutron stars or of a neutron star with a black hole). In the case of double neutron star mergers, often a hypermassive merger remnant survives for an extended period of time before collapse to a black hole. Since this hypermassive neutron star (HMNS) is very hot, it is a very bright source of neutrinos that irradiate the material in the accretion disk surrounding it.

In this study with my Caltech graduate student Jonas Lippuner, we investigate the nucleosynthesis of heavy elements in the winds ejected by accretion disks formed in neutron star mergers. We compute the element formation in disk outflows from HMNS remnants of variable lifetime, including the effect of angular momentum transport in the disk evolution. We employ long-term axisymmetric hydrodynamic disk simulations to model the ejecta, and compute r-process nucleosynthesis with tracer particles using a nuclear reaction network containing ~8000 species. We find that the previously known strong correlation between HMNS lifetime, ejected mass, and average electron fraction in the outflow is directly related to the amount of neutrino irradiation on the disk, which dominates mass ejection at early times in the form of a neutrino-driven wind. Production of lanthanides and actinides saturates at short HMNS lifetimes ($\lesssim$10 ms), with additional ejecta contributing to a blue optical kilonova component for longer-lived HMNSs. We find good agreement between the abundances from the disk outflow alone and the solar r-process distribution only for short HMNS lifetimes ($\lesssim$10 ms). For longer lifetimes, the rare-earth and third r-process peaks are significantly under-produced compared to the solar pattern, requiring additional contributions from the dynamical ejecta. The nucleosynthesis signature from a spinning black hole (BH) can only overlap with that from a HMNS of moderate lifetime ($\lesssim$60 ms). Finally, we show that angular momentum transport not only contributes with a late-time outflow component, but that it also enhances the neutrino-driven component by moving material to shallower regions of the gravitational potential, in addition to providing additional heating.

The resulting manuscript has been submitted to Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. It is available on arXiv.org as arXiv:1703.06216, https://arxiv.org/abs/1703.06216 . The paper has been assigned YITP report number YITP-17-26.

2.4. A Detailed Comparison of Multi-Dimensional Boltzmann Neutrino Transport Methods in Core-Collapse Supernovae
(with Sherwood Richers, Hiroki Nagakura, Josh Dolence, Kohsuke Sumiyoshi, Shoichi Yamada)

This project is a US-Japan collaboration to compare two different exact neutrino transport formulations: the so-called Discrete Ordinates approach and the Monte Carlo approach in the context of core-collapse supernova explosions from massive stars.

The mechanism driving core-collapse supernovae is sensitive to the interplay between matter and neutrino radiation. However, neutrino radiation transport is very difficult to simulate, and several radiation transport methods of varying levels of approximation are available. We carefully compare

for the first time in multiple spatial dimensions the discrete ordinates (DO) code of Nagakura, Yamada, and Sumiyoshi and the Monte Carlo (MC) code Sedonu, under the assumptions of a static fluid background, flat spacetime, elastic scattering, and full special relativity. We find remarkably good agreement in all spectral, angular, and fluid interaction quantities, lending confidence to both methods. The DO method excels in determining the heating and cooling rates in the optically thick region. The MC method predicts sharper angular features due to the effectively infinite angular resolution, but struggles to drive down noise in quantities where subtractive cancellation is prevalent, such as the net gain in the protoneutron star and off-diagonal components of the Eddington tensor. We also find that errors in the angular moments of the distribution functions induced by neglecting velocity dependence are sub-dominant to those from limited momentum-space resolution. We briefly compare directly computed second angular moments to those predicted by popular algebraic two-moment closures, and find that the errors from the approximate closures are comparable to the difference between the DO and MC methods. Included in this work is an improved Sedonu code, which now implements a fully special relativistic, time-independent version of the grid-agnostic Monte Carlo random walk approximation.

As part of this project we make the new version of the Sedonu code available as open source at https://bitbucket.org/srichers/sedonu and provide the results of our study as open data at https://zenodo.org/record/807765. The resulting manuscript has been submitted for publication in the Astrophysical Journal Supplemental Series. It is available on arXiv.org as arXiv:1706.06187 https://arxiv.org/abs/1706.06187. The paper has been assigned YITP report number YITP-17-61.

2.5. A New Open-Source Nuclear Equation of State Framework based on the Liquid-Drop Model with Skyrme Interaction
(with Andre da Silva Schneider and Luke Roberts)

In this interdisciplinary collaboration between nuclear physicists and astrophysicists, we developed a new nuclear equation of state (EOS) framework that can generate thermodynamically consistent EOS for neutron star merger and core-collapse supernova simulations.

The EOS of dense matter is an essential ingredient for numerical simulations of core-collapse supernovae and neutron star mergers. thee properties of matter near and above nuclear saturation density are uncertain, which translates into uncertainties in astrophysical simulations and their multi-messenger signatures. Therefore, a wide range of EOSs spanning the allowed range of nuclear interactions are necessary for determining the sensitivity of these astrophysical phenomena and their signatures to variations in input microphysics. We present a new set of finite-temperature EOSs based on experimentally allowed Skyrme forces. We employ a liquid drop model of nuclei to capture the non-uniform phase of nuclear matter at sub-saturation density, which is blended into a nuclear statistical equilibrium EOS at lower densities. We also provide a new, open-source code for calculating EOSs for arbitrary Skyrme parametrizations. We then study the effects of different Skyrme parametrizations on thermodynamical properties of dense astrophysical matter, the neutron star mass-radius relationship, and the core collapse of 15 and 40 solar mass stars.

The new EOS code and pregenerated tables are available at https://stellarcollapse.org/SROEOS. The resulting manuscript will be submitted to Physical Review C in late June 2017. The manuscript has been assigned YITP report number YITP-17-32.

3. Teaching at YITP

Since YITP has been supporting me so generously and since the YITP community has given me such a warm welcome, I felt I needed to return the favor in some way. Recently, the open-source Python programming language has become very popular all across science, engineering, and in the technology industry. Python is the new lingua franca for scientific computing and data science (big data).

I have been using Python in research and teaching for about 15 years. I am intimately familiar with its capabilities. Hence, I decided to offer a short course to YITP students, postdocs, and faculty titled "Introduction to Python for Scientific Computing". One novel approach I took was to use cloud computing in the lecture: Instead of each participant having to struggle installing Python in their computer, I ran a "Jupyter Notebook" (http://jupyter.org/) server in the Amazon AWS cloud computing platform and the students could work in Python simply with their web browser. This made the experience very smooth and free of individual software installation issues.

The course comprised four lectures and I involved YITP graduate student Joseph (Joey) Fedrow in preparing and holding the lectures. This gave Joey valuable experience. In lecture 1, I introduced the Python programming language and took the participants on a guided tour with hands-on examples. In lecture 2, I introduced the Python modules NumPy and Matplotlib for scientific computing and plotting. Lecture 3 was dedicated to making high-quality figures for publications with Python. Finally, in Lecture 4, we went into more details on making high-quality figures and then took a close look at the scientific computing tools provided by the SciPy package (interpolation, fitting, Fourier transforms, optimization/root finding etc.).

I believe the lectures were well received. They certainly were quite well attended. We had about 15 to 20 participants in each lecture. The lecture notes, examples, presentation slides, and Jupyter Notebooks are available at https://bitbucket.org/hypercott/python-yitp .

4. Brief Overview of New Research Started at YITP

I have started a number of new projects involving YITP researchers during my visit. They are still in their early stages. I provide brief summaries in the following.

4.1. Numerical Relativity Simulations of Spinning Black Holes with the Z4c Evolution System
(with Joseph Fedrow and Masaru Shibata)

The BSSN (including S for Shibata-san and N for Nakamura-san, both YITP/Kyoto faculty) formalism of numerical relativity has been extremely successful in permitting long-term stable numerical relativity simulations of vacuum binary black hole and matter spacetimes. However, it is well known empirically that BSSN evolutions become unstable for highly-spinning black holes (and even for single high-spin black holes). The Z4c evolution system builds upon BSSN, but introduces auxiliary variables and equations that change the properties of the evolution system in such a way to provide greater numerical stability and accuracy.

In this project, which is led by YITP graduate student Joseph Fedrow, we are investigating simulations of rapidly spinning single black holes using Z4c. We are comparing Z4c and BSSN simulations to understand if and why Z4c provides longer-term stable high-spin evolutions.

4.2. A Review of Core-Collapse Supernova Simulations

I have been asked by the online reviews series Living Reviews in Computational Astrophysics to write a review on simulations of core-collapse supernovae. While at YITP, I took first steps in preparation for this review, which will be an extensive work and will summarize the history and the state of the art of the field. I have been fortunate to work with YITP graduate student Joey Fedrow, who has been helping me with visualizations and figures for the review.

4.3. A Parameter Study of 3D Core-Collapse Supernovae

Using the new set of nuclear equation of state (EOS) tables generated as part of the study described in Section 2.5 of this report, I have started a set of general-relativistic 3D core-collapse supernova simulations to investigate the role of the nuclear EOS on the neutrino mechanism for core-collapse supernovae. This study is in its early stages and involves my Caltech postdoc Andre da Silva Schneider, who visited me at YITP in May 2017.

プロジェクトレポート

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my one-month visit to the Yukawa Institute for theoretical physics in February 2018

François R. Bouchet
Institut d'Astrophysique de Paris (IAP)
E-mail: bouchet@iap.fr

Abstract. A short report on what I did and the great scientific time I had while at the Institute.

Keywords: Cosmology, Cosmic Microwave Background anisotropies, Large-scale structures, lensing, modified gravity, Experimental Forecast

1. Overview

Contrary to our expectation when this visit was planned, the final legacy release of the Planck satellite mission[1] was not completed at the time of the visit. I thus unavoidably spent substantial amount of my time on that topics, since I am a Planck science team member, and the HFI (High Frequency Instrument) science coordinator, Data Processing manager and co-PI. There is thus no escape from E-mail and teleconference. Nevertheless, during one-month stay at Yukawa Institute for Theoretical Physics, I completed several works and successfully initiated a new project. Below, I describe a part of the scientific activities at Yukawa Institute.

2. Main activities

2.1 Presentations

I prepared two presentations, one for the general colloquium of the Yukawa Institute[2], which I delivered on 7th February, and another one as an invited speaker at the YKIS2018 symposium "General Relativity - The Next Generation" on 22nd February. The first one, entitled "Cosmic Microwave Background & Cosmology: then and now", was geared to a general audience. I thus prepared an overview of the developments and results over the last 25 years of the experimental field of CMB (Cosmic Microwave Background) anisotropies, which is currently culminating with our Planck results; I then described some of our most significant results for all of physics and astrophysics.

The second one-hour presentation was geared to a more specialised audience, since many of the world leaders had been invited during that intensive workshop of one week. There, I delivered a more in-depth view of what we accomplished with the Planck data, how that was done, what we are currently doing, and I also gave my point of view on how we might address some of the profound questions

[1] https://www.cosmos.esa.int/web/planck

[2] also held as a lecture presentation organized by the International Research Unit of Advanced Future Studies.

currently still open. Among those, we shall aim at detecting a deviation of the primordial power spectrum from a pure power-law, at measuring primordial gravity waves or primordial non-gaussianity. We shall also try elucidating some existing anomalies in the context of the LCDM (Lambda Cold Dark Matter) cosmological model, which is otherwise so amazingly successful at describing consistently a gigantic set of diverse cosmological data accumulated by means of many different survey, probing many scales and epochs.

2.2 Research developments: *CMB lensing bi-spectrum as a new cosmological probe of gravity*

The so-called cosmological dark energy initially revealed by the study of type Ia Supernovae is a complete mystery, with no obvious theoretical explanation, or only extremely fine tunes ones. One possibility currently considered is that the observational evidences of this mysterious dark energy are actually traces of the breakdown of General relativity (GR) at large scales, and have nothing to do with another component of the Universe. Figuratively speaking, one may consider modifying the left-hand side of Einstein equation, $G_{\mu\nu}=(8\pi G/c^4)T_{\mu\nu}$, rather than the right-hand side.

In order to accrue further experimental clues, many astronomical experiments are currently being conducted or prepared in order to constrain the growth rate of large-scale structures of the Universe (DESI, DES, EUCLID, etc.). One difficulty is that one wants to confront the dynamics of the dark matter with various theoretical possibilities, while visible objects -- galaxies, clusters of galaxies -- that are biased tracers of the dark matter distribution delineate large-scale structures. Of course, many bias models exist in order to relate the light and mass distributions, and a simple linear term at large scales, which we know how to tame, dominate them.

Nevertheless, deviations from GR are bound to be very small, and controlling the accuracy of these models at the level of precision needed for a relevant test is a challenge, which will be hard to meet convincingly. It is therefore all too natural to try finding observables that rather rely on a solid understanding of their physics, and gravitational lensing effects are obvious candidates. The lensing bi-spectrum (i.e., three-point statistics in harmonic space) from weak-lensing observations has recently been examined to that effect. This is a promising avenue, but not devoid of pitfalls. Indeed, analyst will have to cope with uncertainties in the redshift distribution of the lensed sources (i.e., galaxies), and they can realistically be used in the near future only for GR modification which are substantial at redshifts around half that of the most distant sources, i.e., not that long ago.

Prof. Atsushi Taruya and I spend much time discussing the situation and ways to address it. In the end, it seemed to us that the lensing effect of the CMB is very worth investigating. Indeed its physical and temporal origin are very well known and the lensing effect originates from a large redshift range centered at redshift $z\sim2$, which therefore allows probing a redshift range unattainable by direct lensing measurements of sources. Even better, we noticed that Toshiya Namikawa at National Taiwan University, had already developed software to compute the CMB lensing bi-spectrum, which could easily be modified to include the effect of modification to gravity, and we agreed to join force to address together this problem.

The results we obtained during my visit were still preliminary, but were already quite promising. Further work through remote contacts since then is ongoing to actually write the paper, with a number of interesting conclusions. In particular, this new probe will allow constraining, in a way we quantify, an extremely broad class of beyond GR theories. We also found that some of the tightest constraints arise when considering small enough scales (that CMB experiments will surely measure), where correction from the non-linear part of the growth of structures is relevant. We did show that different approximations considered in the literature lead to substantially different results. This is likely to provide further impetus to the search of new, better, approximations. One should note that the results

are also suggesting that this avenue of research is rather promising with many extensions (with related observational probes) worth exploring. This might be ideal to explore in another visit.

プロジェクトレポート
Journal of Integrated Creative Studies

Flares on the Sun and Other Stars

Petr Heinzel
Astronomical Institute, Czech Academy of Sciences
25165 Ondřejov, CZECH REPUBLIC
E-mail: petr.heinzel@asu.cas.cz

Abstract. Solar and stellar flares represent a transdisciplinary topic, covering the branches of solar physics, stellar astrophysics, space weather and planetary and exo-planetary research. Moreover, a recent discovery of the so-called superflares by the Kyoto University team had opened new frontiers in this discipline, both from the astrophysical as well as practical points of view. The principal aim of my visit to Kyoto University (Graduate School of Science) was to bring my expertise in the non-LTE (i.e. departures from Local Thermodynamic Equilibrium) radiative-transfer modeling of solar and stellar flares to group of Prof. K. Shibata and conduct, in a close collaboration with his team, a new research on modeling spectra of solar and stellar flares. We focused on three topics: white-light emission of stellar superflares, MgII line asymmetries observed in solar flares by *IRIS* satellite, and coupled hydrodynamical and radiative-transfer modeling of evolving flare atmospheres. The latter theoretical topic has a close relation to the second one which is more observational. Concerning superflares, we have proposed a new idea how to interpret the white-light emission from superflares observed by *Kepler* satellite. Our new scenario takes into account the presence of extended flare loops presumably overlying large areas over the stellar disk and substantially contributing to the white-light emission during superflares. The respective paper is now accepted in The Astrophysical Journal (USA). The idea of big loops may change the current paradigm of understanding the stellar flare, and namely superflare white-light emission and will be extended also to spectral lines.

Keywords: Solar and Stellar Flares, Superflares, Spectroscopy and Radiative-Transfer Modeling, Analysis of Space Data

1. Subject of the Report

Research and teaching project report for the invited "Distinguished Visiting Professor" six weeks visit of Professor Petr Heinzel, DSc. from the Astronomical Institute of the Czech Academy of Sciences, Czech Republic. Invitation by the Kyoto University International Research Unit of Advanced Future Studies to carry research and education in the field of solar and stellar astrophysics, in collaboration with Professor Kazunari Shibata and his team at the Graduate School of Science of the Kyoto University, from October 1 – November 12, 2017.

2. Introduction

Motivated by transdisciplinary research of Prof. K. Shibata on solar and stellar flares and their influence on planets-exoplanets (Shibata 2016), I have focused during my stay at Kyoto University on modelling of stellar superflares and on understanding the new space observations of solar flares. This was done in a close collaboration with flare group of Prof. K. Shibata. Moreover, I was also involved in other research projects, and namely those related to solar prominences. Below is the report on three research topics and on my lecturing for undergraduate and graduate students.

3. Research Collaboration

3.1 Superflares on *Kepler* stars

During my stay I have presented a novel idea how to model the white-light emission of superflare stars as detected by *Kepler* satellite (Maehara et al. 2012). All these superflares are WLFs because they exhibit a strong enhancement of stellar flux in the visible continuum. The peak sensitivity of the *Kepler* detector is around 600 nm. Standard assumption is that this emission comes from flare ribbons which produce a black-body radiation at temperature 10 000 K (Shibayama et al. 2013). My suggestion was that also extended flare loops, overlying the whole active region (starspot area) might contribute to the continuum emission. To prove this, I developed a model of continuum radiation of such loops, considering the hydrogen recombination continua (Paschen and Brackett), free-free emission (i.e. due to proton-electron interactions), and Thomson scattering on loop electrons. While the latter is important at low electron densities not considered in superflare loops, both recombination and free-free continua play an important role and their relative importance depends on temperature. I have computed the stellar flux enhancement for various loop densities, temperatures and line-of-sight dimensions, and for two stellar cases: solar-like and M-dwarf cool stars. The conclusion is that the loop arcade can substantially contribute to the flux enhancement during superflares, and namely in case of dMe stars where the contrast is larger due to their low effective temperature. A key parameter is the electron density of flaring loops, which must be at least between 10^{12} and 10^{13} cm^{-3}, in order to get the theoretical amplitude comparable with that typically detected by *Kepler*. With Prof. Shibata we have discussed the conditions necessary to reach such relatively high electron densities (usually not met in the case of solar flares) and he has suggested the reconnection scenario which naturally leads to higher densities required by models. I highly appreciate fruitful discussions with Prof. Shibata and his superflare group (namely H. Maehara, Y. Notsu, S. Honda and K. Namekata). Together with K. Shibata we wrote a paper on this novel approach which was submitted to *The Astrophysical Journal* (Heinzel and Shibata 2018). The referee was very competent person, however, we had to convince him/her how our novel ideas change the standard paradigm of interpreting the stellar flare spectra. Currently the paper is accepted and will be soon published (see also the arXiv preprint). With the group of stellar flares we plan to continue this kind of research and apply my radiation modelling codes to future spectral observations obtained e.g. by new Okayama 3.8 m telescope. The results of this joint research were presented during the recent EWASS (EAS) Conference in Liverpool as a poster (Heinzel et al. 2018).

3.2 Blue wing enhancement of the chromospheric MgII h and k lines in a solar flare

During my stay I was involved in the analysis of *IRIS* satellite spectra of a solar flare. A. Tei and collaborators discovered a blue asymmetry in the MgII h and k lines. Based on my suggestions, A. Tei used the standard cloud model to synthesize the theoretical spectrum, using the input parameters line-of-sight velocity, Doppler width, line-center optical thickness and the line source function. The fitting procedure was very successful, the cloud model was able to explain a small intensity hump in the blue wing and a depression of the blue peak of both lines. This corresponds to scenario of a cool upflowing cloud of plasma, as originally suggested by Canfield et al. (1990). We also explored the range of these parameters, in order to see how sensitive is the observed blue asymmetry to their variations. A complex paper presenting the *IRIS* observations and the cloud modelling was accepted in *PASJ* (Tei et al. 2018). The results were also the subject of a *RHESSI* Nugget, proposed by the Editor H. Hudson. This observational study is closely related to the following topic in which I was also involved.

3.3 Non-LTE modelling of MgII lines in time-dependent flare atmospheres

Undergraduate student T. Nakamura, working under supervision of Prof. K. Shibata, has developed a 1D hydrodynamical model of an electron-beam heated flare. Within the grid of models computed for a range of beam parameters (energy flux, spectral index, cut-off energy), he has found that some models exhibit an upflow of cool plasma, similar to that discovered in the work of A. Tei. Based on that, I was asked to use my radiative-transfer non-LTE codes (so-called MALI codes) to compute the synthetic spectrum of MgII lines using selected snapshots from these hydrodynamical simulations. After a slight modification of my Magnesium code I was finally able to obtain the MgII line profiles which exhibit quite similar characteristics as observed by *IRIS*, i.e. a small hump in the blue wing and lowering of the blue peak due to absorption by an upward moving plasma. This was done at the end of my stay. However, it would be very valuable to see under which plasma conditions such asymmetries arise from time-dependent simulations. One could also compare these simulations with similar ones which could be performed using the *Flarix* code developed at the Astronomical Institute of the Czech Academy of Sciences. Therefore, a future collaboration on this topic is highly desirable, I suggest to involve also Dr. J. Kašparová who works with me on *Flarix* simulations. Below is one example of my MALI simulations done in Kyoto.

4. Lectures, Seminars and Conference Participation

4.1 Lectures and Seminars

During my stay at Kyoto University I have given several lectures for undergraduate and graduate students. Two lectures were given on solar prominences where I explained the basics of the non-LTE (i.e. departures from LTE – local thermodynamic equilibrium) physics of prominences and principles of spectral line formation in these objects (see Heinzel 2015). This was useful namely for students who are analysing the prominence spectra, including those obtained by Domeless Solar Telescope (DST) at Hida Observatory. I was also giving an expert advice to undergraduate student H. Yuwei whose work is oriented to development of his own non-LTE prominence code, using the ALI (Accelerated Lambda Iteration) techniques and partial redistribution.

At the beginning of my stay I also gave a lecture on White-Light Flares (WLF) for the solar group. This was a basis for further discussion on WLF spectroscopy and modelling.

I participated in several topical seminars (MHD seminars, prominence seminars, superflare seminars, observational seminars), where I took an active part in discussions.

I gave also a seminar at Hida observatory – see below.

4.2 APSPM Conference

From November 6 – 10, 2017, I have participated in the APSPM Conference which was held at Kyoto University (Asia-Pacific Solar Physics Meeting). This gave me an opportunity to meet other solar

scientists from Japan, but also from other countries. During the meeting I gave an overview talk "Continuum emission of solar flares". I had many discussions with other participants.

4.3 Public Talk

On October 19, 2017 I gave a public talk at Yukawa Institute of Theoretical Physics, in the frame of interdisciplinary meeting organized by Prof. Murase. I talked about the synergy between solar and stellar flare studies. A particular focus was on superflares discovered from *Kepler* data by the Kyoto group. Superflares represent one major topic I have been dealing with during my stay at the Kyoto University.

5. Visit to Hida Observatory

Between October 29 and November 1, 2017 I visited the Hida Observatory, on invitation of Prof. Ichimoto. I was mainly interested in the DST and its spectrographs and I have discussed various possibilities of cooperation in solar observations. I have given there a seminar on observational facilities of the Ondřejov Observatory which include also a wide-band, low-dispersion spectrograph *Ocean Optics* (Kotrč et al. 2016), same as installed on Hida H-alpha telescope. A collaboration in using the spectral data from such instruments is envisaged.

6. Acknowledgements

I am deeply indebted to Prof. K. Shibata for his kind invitation which enabled me to visit the Kyoto University and work in his excellent group. I appreciate all the collaborations and discussions. I thank also Prof. K. Ichimoto for inviting me to Hida Observatory where I spent wonderful days. Prof. A. Asai kindly helped me with the logistics of my visit and I also thank the whole staff of the Kwasan-Hida Observatory for all their help. Last, but not least, my collaborations and discussions with many students of the group are also highly appreciated.
I acknowledge the support by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University during my stay in Japan.

7. References

Canfield, R.C., Penn, M.J., Wulser, J.-P., and Kiplinger, A.L. 1990, ApJ, 363, 318

Heinzel, P. 2015, in *Solar Prominences,* eds. J.-C. Vial and O. Engvold, Springer, 103

Heinzel, P., and Shibata, K. 2018, ApJ, in press (arXiv: 1804.09656)

Heinzel, P., Jejčič, S., Kleint, L., and Shibata, K. 2018, *Cool Loops on Cool Stars,* poster presentation at EWASS (EAS), Liverpool

Kotrč, P., Procházka, O., and Heinzel, P. 2016, Sol. Phys., 291, 779

Maehara, H., Shibayama, T., Notsu, S., et al. 2012, Nature, 485, 478

Shibata, K. 2016, *Solar and Stellar Flares and their Effects on Planets,* Proc. IAU Symp. 320, eds. A.G. Kosovichev, S.L. Hawley, and P. Heinzel, Cambridge Univ. Press, 3

Shibayama, T., Maehara, H., Notsu, S., et al. 2013, ApJS, 209, 5

Tei, A., Sakaue, T., Okamoto, T.J., Kawate, T., Heinzel, P., et al. 2018, ApJ, in press (arXiv :1803.05237)

プロジェクトレポート

July 2018
No.2018-008-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics in 2018

Amir Levinson
School of Physics and Astronomy, Tel Aviv University, Tel Aviv, Israel
E-mail: Levinson@tauex.tau.ac.il

Abstract. This report summarizes my activities during my 5 months stay as Visiting Professor at the Yukawa Institute for Theoretical Physics. These activities were supported in part by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University, Japan.

Keywords: High-Energy Astrophysics, Cosmic Explosions, Black Holes, Shock waves, Relativistic Jets,

Personal Note

I would like to extend my gratitude to Professor Kunihito Ioka for his warm hospitality, help and collaboration. I would also like to thank the entire astrophysics group at YITP for many friendly advices, for making my stay in Kyoto enjoyable, and for taking the time to show me around. Finally, I wish to extend a special thank to Yagi-san for her kindness, willingness, and superb administrative support.

1. Presentations

During my stay I delivered two talks. The first one was an opening talk at the workshop "Jet and Shock Breakouts in Cosmic Transients" that was held at YITP on May 14-18, 2018. The workshop, attended by scientists from various institutes in Japan, covered a range of topics related to shocks and their roles in various high-energy astrophysical systems. The second talk was titled "extreme cosmic phenomena", and was intended for a general audience as part of an Advanced Future Studies seminar at YITP that was held on July 26, 2018.

2. Research Activities

My research encompasses several topics related to High-Energy Astrophysics, including theory of black hole engines, formation and dynamics of relativistic outflows, and the physics of radiation mediated shocks and its application to the early emission observed in various types of cosmic explosions. During my stay I started a collaboration with Prof. Kunihito Ioka on non-relativistic shock breakout from stellar winds, I continued a long-term project on radiation mediated shocks in collaboration with Dr. Hirotaka Ito from the Big Bang Laboratory at RIKEN, who made a special visit to YITP during my stay, and I started a new collaboration on the activation of black hole magnetospheres with Dr. Shota Kisaka upon his visit to YITP. In addition, I completed a numerical study, with my PhD student and another colleague (E. Nakar), on AGN wind feedback in young galaxies (a paper describing this work was submitted for publication in MNRAS). In the following I describe in some greater detail the projects that were at the main focus of my activity during my stay at YITP.

2.1 Radiation Mediated Shocks in Cosmic Explosions

Radiation mediated shocks (RMS) play a key role in a variety of extreme astrophysical systems. They dictate the early emission observed in different types of cosmic explosions, contribute the underlying prompt photospheric emission inferred in gamma-ray bursts, and are responsible for the gamma-ray flash that accompanied the gravitational wave signal in neutron star mergers, like the recent GW170817 event. The prompt electromagnetic signal emitted upon the breakout of a RMS, which depends solely on the shock structure, carries a wealth of information regarding the properties of the system, e.g., the explosion mechanism and progenitor type in supernovae and low luminosity GRBs, the nature of the segregated outflow in neutron star mergers, etc.

In the last decade I devoted much time and efforts to study the properties of RMS, and to develop, in collaboration with H. Ito at RIKEN, a numerical tool that can be exploited to perform detailed Monte-Carlo simulations of RMS under a broad range of conditions. However, the early version of the code was limited to infinite shocks with no photon generation, and so its applicability was restricted to sub-photospheric shocks in gamma-ray bursts under idealized conditions. During the visit of Dr. Ito to YITP, in June 2018, we modified the code to include photon generation and escape, that enable computations of the shock breakout signal in a broader class of objects. As a first project, we performed simulations of RMS with escape in gamma-ray bursts, to study how photon leakage affects the emitted spectrum. Our preliminary results indicate that, in contrast to common believe, the emitted spectrum is non-thermal and quite broad, owing to bulk Comptonization. The results will be reported in a paper currently in preparation.

A second project, presently at the focus of our Monte-Carlo studies, deals with the applications to the breakout of a mildly relativistic RMS from stellar winds, as well as from the ejecta in neutron star mergers - a regime that has not been explored before. These computations will be performed with the new version of the code that includes photon generation and losses. Testing of the modified code started during Dr. Ito's visit to YITP and is in final stages. Some preliminary results have also been obtained.

The numerical simulations of non-relativistic shock breakout in supernovae can be checked in the diffusion regime using analytic approach. This is important both, as a check on the numerical results and to gain further insight into the underlying processes that govern shock emission. In collaboration with Prof. K. Ioka, we developed analytic model of a quasi-steady shock with photon escape, treating the transfer of radiation through the shock in the diffusion limit. Our preliminary results indicate a possible reduction in downstream temperature during the breakout phase, when radiative losses become substantial. This should affect the observed spectrum in ways yet to be explored. A paper describing the method and results is in preparation. The analytic solutions will be compared with the

numerical results once the adjustment of the Monte-Carlo code to this regime is completed.

2.2 Activation of Black Hole Magnetospheres

Highly collimated, relativistic outflows are ubiquitous in high-energy astrophysics. They are observed on stellar as well as on galactic scales, and they appear to be the sources of the gamma-ray emission detected in compact astrophysical systems, and potentially also of cosmic rays and high-energy neutrinos. Their formation and acceleration is a long-standing issue in high-energy astrophysics. The leading model is based on the so-called Blandford-Znajek (BZ) mechanism, in which energy is extracted magnetically from a Kerr black hole and transferred to large distances in the form of Poynting flux, before being converted to kinetic energy and radiation. The activation of BZ outflows requires continuous injection of plasma in the magnetospheric region enclosed between the inner and outer light cylinders, the origin of which is yet an open issue. It has been shown that under conditions likely to prevail in many stellar and supermassive BH systems, direct plasma injection may be insufficient to completely screen out the magnetosphere, leading to formation of spark gaps. These gaps are potential sources of TeV emission that can be detected by upcoming observatories. To study the dynamics and emission of such gaps, we (with Benoit Cerutti from IPAG) constructed, for the first time, a fully GR, 1D particle-in-cell code that implements Monte-Carlo methods to compute the interaction of pairs and gamma-rays with the soft photons emitted by the accretion flow. In a preliminary study we computed the dynamics and emission of a gap in a typical supermassive BH for a given input disk spectrum. With Dr. Shota Kisaka, who got involved in this project, we are now exploring a broader parameter regime, that encompasses stellar mass BHs, as well as different disk emission spectra. This work has started at YITP and is currently in progress.

3. Summary

During my stay I had the opportunity to interact with the astrophysics group at YITP, and to start two new collaborations: one with Prof. Kunihito Ioka on shock breakout from a stellar wind, and another one on the activation of black hole magnetospheres with Dr. Shota Kisaka. I also continued a long-term collaboration with Dr. Hirotaka Ito from the BBL in RIKEN, who also visited YITP during my stay, on Monte-Carlo simulations of radiation mediated shocks. My visit to YITP deepened my contacts with the astrophysics community in Japan, and I hope that the new collaborations I started will bear fruits in the very near future.

3 個別テーマ③ 触れあいの科学

目的

学際融合を推進することで、「触れあい」をテーマとして新しい学会組織の構築、教育・学習過程への新たな提言を進める。

研究成果

未来創成学シンポジウムを起点に開始された研究交流により、「共創学会」という新たな学会が設立された。それは、以下のような仕方で展開した。まず、早稲田大学創造理工学部・三輪敬之教授との交流において、「共創」概念をキーワードにした大きな研究フィールドと結びついた。例えば、「手と手が触れ合う」という出来事を接点として、大人と子どもが触れ合う出来事、被災者とボランティアが触れ合う出来事、物質と物質とが接触してはじめて化学変化を生じる出来事が重なり合い、「共創学会」という新たな学会の設立に向けて動き出し、設立準備大会においてワークショップを行った。

さらに、京都大学大学院総合生存学館・山口栄一教授との交流においては、「イノベーション」をキーワードとして、企業における「商品開発」と、子どもの学習過程における「新たな発見」と、芸術的創作における「インスピレーション」を重ねたワークショップを開催した（教育学研究科「研究コラボレーション」）。そうした共同研究の中で、問題は、以下のように共有された。創造性はいかなる条件のもとに成り立ちうるか。創造性の出現しやすい環境と出現しにくい環境は何が違うのか。個人のプロセスとして見た時、創造性が発揮されやすい条件を育てることはできるか。

関連イベント

タイトル **国際教育学会（ISE）公開シンポジウム**
教育を科学する
日 時 2016 年 9 月 3 日
場 所 京都大学百周年時計台記念館

タイトル **京都大学**
国際文化フォーラム 2017
日 時 2017 年 10 月 28 日～ 10 月 29 日
場 所 京都大学百周年時計台記念館

タイトル **第 2 回こころの健康づくりシンポジウム**
こころの病とこころの癒し——健康と病と芸術
日 時 **2018 年 12 月 8 日**
場 所 **日本赤十字豊田看護大学**
村瀬 智子（日本赤十字豊田看護大学 学部長）
森 悠子（NPO 法人 音楽への道 CEM 長岡京室内アンサンブル 音楽監督）
石上 真由子（ヴァイオリニスト・医師）
富田 直秀

成果概要

西平 直（教育学研究科）

「触れあい」の問題と西田哲学の問題を中心に研究を継続中である。

「触れあい」に関しては、検討の焦点は「ケア」である。ケアは、一面において「働きかけ」である。医療や教育におけるケアが示す通り、ケアは、相手の回復や自立を願って働きかける。しかし単に相手の要求に応えるだけではない。「命令・指導・強制」とは異なるが、何らか「介入」の機能を持たざるを得ない。ところが、他面において、ケアは徹底した「受け入れ」である。サービス業を典型として、ともかく相手の話を聞き、顧客の要求を受け入れる（自分の感情を押し殺し相手の要求に応える感情労働）。

そうした能動面（「働きかけ」）と受動面（「受け入れ」）の混ざり合った「ケア」の多層性を、「自我」の視点から解きほぐす。「ケアする主体の自我機能」に焦点を絞り、その変容過程を解明することによって、最終的には「触れ合い」という出来事のマッピングを目標とする。

具体的には、スピリチュアルケアを事例として、論文「ケア論から見たスピリチュアルケア」（『スピリチュアルケア研究』vol.2,2018, 1-13 頁）を発表した。「ケアする主体の自我」がスピリチュアルになるとはいかなる変容を意味するか。その問題を、社会学や福祉学における「ケア論」の視点から批判的に検討したものである。その結果は以下の通りである。1、スピリチュアルケアが介入となる危険は少ない。しかし「相手の言いなり」とは違う。繊細な寄り添いを特徴とする。2、クライエントの側が「迷惑を掛ける」と負い目を感じることは少ない。スピリチュアルケアは一種の危機対応と理解される。3、スピリチュアルケアは「見返りを期待しない地平に向かう願いを込めたケア」と理解される。4、スピリチュアルケアは「潜在的ケア」の領域が大きく、「人柄」や「人間性」と呼ばれる位相と関連する。その位相の養成を稽古の思想を重ねてみる可能性を示唆した。

そのほか、精神分析学会において、松木邦裕氏（元京都大学教授・精神分析学会会長）と「無心」をめぐる対談を行った。精神分析治療において治療者が無心になることの意味を、臨床的視点と思想史的視点の交叉する地点において議論し、大変有意義な機会となった。この点に関しては、客員教授として来日中の Rudi Vermote 教授（Leuven 大学, Belgium）との数回にわたる議論も大変刺激的であった。

また、マインドフルネス学会においては、「無心の視点から見たマインドフルネス」という講演を行った。近年注目を集めているマインドフルネスは、「今ここ」への集中を強調する。意識を拡散させることなく「今ここ」に集中する。ところが、無心の思想から見るとき、そのベクトルは事柄の反面にすぎない。無心の思想はその先に「開放・融解・消滅」を説く。つまり、集中と開放という両ベクトルを不可欠の要件と見る。無心の思想から見るとき、マインドフルネスは一面のみを強調し固着させる危険がある。そうした指摘に対して各方面の研究者から好意的な理解を得た。

成果論文

詩的空間について
――ヒトをモノ化せず関係性として捉えるアート視点

富田直秀

Journal of Integrated Creative Studies, 2016

要旨

技術が先行して欲望が刺激され、個人が自らを主体として打ち立てる可能性を喪失している消費社会において、詩、物語、今、などの主観的事実を基盤とした様々な教育・創造活動の科学的な記述が求められている。しかし時空概念を基盤とした記述では、ヒトがモノの関係として規定されることによって、多様性が差異として捉えられ、その文化的、質的な本質が失われてしまう。本論文では、ヒトをモノ化せずに関係性として捉え、「詩」「物語」そうして「今」にかかわる問題を、自然科学的に記述するための「詩的空間」を提案する。過渡的な状態の連続によって構成されているイキモノや社会の形態や機能は、お互いに矛盾する概念の間の確率的な関係性として定量的に記述することが可能である。また、空間軸に時間及び距離を設定せず、さらに因果律下に時間逆行性認知を仮定することによって、「詩」「物語」や「今」を、指示表出⇔自己表出、または、見られる⇔みる、といった認知の相補的な動きとして記述することが可能である。詩的空間内においては、「質」や「文化」が同じく相補的な動きとして対自的に記述されるため、たとえば多様性の持続によって質の高い文化の存在確率が上昇し、システムとして選択される可能性なども論議され得る。

（参考動画〈京都大学 オープンコースウェアー公開講義：「矛盾をはらんだ創造」〉
http://ocw.kyoto-u.ac.jp/ja/opencourse/149/video04、 http://ocw.kyoto-u.ac.jp/ja/opencourse/149/video05）

キーワード：詩的空間、因果律、詩と物語、時間の矢、多様性

1. はじめに（おもしろくないおもしろさ）

若いキュレーターである上妻世海は、その対談動画「世界制作のプロトタイプ」（11. 上妻世海、2016）の中で、現代では「おもしろい」の見方自体に大きな変化が生じていることを指摘している。「おもしろい」が目的として定義され最適化されるのではなく、流れが中断され、目的自体がまったく異なる次元に遷移するのでなければ、多様性は持続しない。刹那的な「おもしろい」が溢れているインターネット社会においては、この中断と遷移そうして多様性の持続が、次世代の「おもしろい」の基準になるのかもしれない。

一方において、科学・技術的方法論の多くは、対象を孤立分断的に切り出し（13. 蔵本、2016）、その切り出された部分における最適化を行なう。この最適化によって我々の生活の利便性や安全性が成立しているが、イキモノや社会の持つ、安定化→不安定、不安定化→安定といった逆説的関係を理解せずに最適化作業に固執する（26. 富田、2016）、いわゆる、傾向と対策的な方法論は多様性を減じ、よって、おもしろくない。蛇足だが、日本における博士学生の減少は、傾向と対策からぬけ切ることのできない学問の傾向にも原因があるのだろう。インターネット時代には、学識や資金や人脈がなくともコトは起こせる。コトを持続させるために学術は必要だが、現代の学術がイキモノや社会が本質的に有している逆説的関係も考慮して、持続的な多様性を担保する学理を導き出すことができるか否かが問題である。

さらに、自然科学が「わかる」という論理的合意を得る場において「私」を扱う場合には、「見られる私」

の視点、いわゆる客観的な視点が常に正しく、「みる私」の視点は主観的な認識の間違いとして除外される。つまり、一般の「わかる」という空間は「みる私」を除外してしまう。「みる私」が除外された結果として、一般の科学的な空間の中で語られる「おもしろい」は、やはり、おもしろくないのである。

2.「みる私」と「見られる私」の可視化

「みる私」を科学的に扱うことの難しさを克服するために、関係性を可視化する様々な方法も提案されている。たとえば、記号過程（semiosis）（6. 池上、1984）では、記号表現と記号内容の関係に意味づけを行う主体の解釈を加えて、意味や記号が創り出される過程を分析的に記述することを可能としている。さらに、複数の記号過程の間で発生する「矛盾の連鎖」を追及する分析法も提示されている（18. 樋木、2007）。

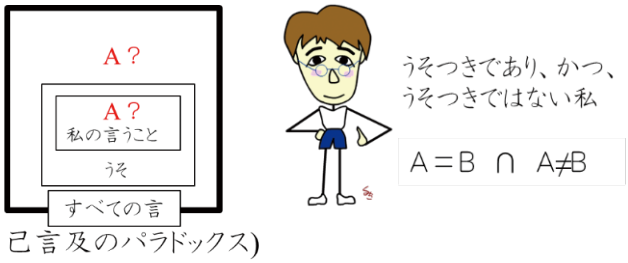
また筆者らは、矛盾・対立する二項に時間差をつけ，交互に反復しながら二項を増加または減少させることによって、一般の科学的な考察の中では見逃されやすい、非意味的、自己表出的、詩的な価値観を議論の対象とするための、可視化ツールを提案している（25. 富田、2016）。

これらは、どちらも「みる私」を扱うときに現れる矛盾を可視化して、自然科学的に「穏便」に扱うための方法論である。後述するように、デザインを学術として記述するときには、「みる私」と「見られる私」との間の矛盾（ex. 自己言及のパラドックス）に遭遇する場面が多い。いわゆる、本音と建前の壁を乗り越えて、様々な分野で行なわれているデザイン実践の記述や方法論の構築にこれらの「穏便」な方法は有用であるが、自然科学が「みる私」に伴う矛盾の介入を頑なに拒み続けている以上、「私」を含んだデザインの学理としての成立も、その根源的なところで制限されているといわざるを得ない。

3. 詩的空間：矛盾の包含

ここでは、まず「私」に言及することによって生じる自己言及のパラドックス（25. 富田、2016）を、簡単に述べる。

私の言うことはすべてうそです（命題 A）　……(1)



(自己言及のパラドックス)

図 1　自己言及のパラドックスの集合による可視化
（不可能である）

上記（1）に示した言葉「私の言うことはすべてうそです」を命題 A と捉えてみよう。この命題が真であるとするならば私の言うことはすべてうそなので、私の言った命題 A も、うそになる。また、もし A がうそであるならば、私の言った言である A は真であり…というように矛盾の連鎖が続いてしまう。図 1 において、A の命題は私の言ったことなので「私の言うこと」の集合の中に含まれている。さらに、「私の言うこと」は命題 A によってうそなので、うその集合に含まれている。そうすると、A の命題はうそになるため、私が言ったことがうその外側に出なければならない。このように、うそつきであり、かつ、うそつきではない私は、時間と空間で規定された、モノ的な時空の中には存在し得ない。つまり、「私の言うことはすべてうそです」という命題を集合の考え方で「わかる」ことは不可能であるため、こういった自己言及のパラドックスは一般の集合では扱わない約束になっている。

さてしかし、この「私の言うことはうそです」という言を、詩として捉えてみるとどうであろうか。たとえば、世のため人のためと公言をする政治家が、その言のとおり慈善事業などを行なっていたならば、「見られる私」はうそつきではなくとも、内心の「みる私」は、自分はうそつきだと思っている場合もあるだろう。また逆に、公約を破った政治家は、「見られる私」としてはうそつきである。しかし、真に良かれと思った行動であった場合には、みる者としての「私」はうそつきでない場合もあるのかもしれない。このような、うそつきであり、かつ、うそつきではない私は、時間と空間で規定された、モノ的な時空の中ではなく、図 2 に示すように、「みる者」と「見られる者」の、者（モノ的存在）を無視して関係性のみを考える詩の中では共存し得るのである。しかし、ヒトに関わる多様で矛盾した関係性を、そのまま、それぞれの「詩」

として受け入れる詩的空間の成立のためには、日常感覚を離れた二つの条件が必要となる。

4. 条件１（時間・距離軸を廃し、矛盾する概念の間の確率的な関係性として表記）

対象をモノとして孤立分断的に区別することによって空間が成立する（13. 蔵本、2016）。空間は我々が物事を理解する上において必要不可欠な概念だが、上記のごとく、「わかる」という論理的合意を得るモノ的な空間内では、「みる私」の視点は主観的な認識の間違いとして除外される。そのため、過去にも時空におけるモノ化を離れて、認知やアートを考えようとする様々な試みが行われてきた。たとえば、James J. Gibson は、「生態学的認識論」の中で、「空間の概念を持たない限り、我々は周囲の世界を知覚できないであろうとする説は意味のないことである。事実は全く逆である。我々はあしもとの地面と空を見ない限り、何もない空間を想像することはできないであろう。空間は神話であり、幻影であって、また幾何学のための作りごとである。」（5. Gibson、2007）と述べている。また、Henri Bergson は、「時間と自由」（3. Bergson、2001）の中において、「ある種の哲学的問題が引き起こす乗り越えがたい困難の原因は、本来は空間の内に場所を占めない物語を空間のうちに執拗に併置しようとする点にあるのではないだろうか。（中略）拡がっていないものを拡がっているものへ質を量へ翻訳したために、たてられた問題そのものの内に矛盾を引き入れ、、」と述べた。さらに、上妻世海は、その連続講演「詩的空間の手触りを求めて～近代から現在まで」の解説記事の最終講義「まとめ、詩的なものたちへ」の中で、「社会的な、人間的な、意味的なものたちから、溢れ出る非社会的で、非人間的な、非意味的なモノたちを救い出すことができればと思う。」（12. 上妻、2016）と述べている。これらの記述は、みなまったく異なる空間概念への入り口であるが、みなそれぞれの入り口においては暗喩表現を捜し求めている点が共通である。

暗喩（metaphor）とは、比喩のように異なる対象の類似を示すのではなく、異なる対象を同一視してしまうことによって、「異なる」を規定していた空間を破壊・拡張する修辞技法である。しかし、私たちはたいていの場合、空間、つまりモノゴトを区別する習慣の中でものを理解しているために、暗喩による空間破壊は、時として理解の流れを中断させる。この中断こそが異なる次元に遷移する詩の成立要因なのだが、これを自然科学における「わかる」という連続性の中に表記するために、詩的空間では各主体から見た客体との矛盾する関係性をあえて１つの軸上に確率的に表現する。

イキモノや社会の形態や機能は、過渡的な状態の連続によって構成されている。その動きを関係性として捉えるならば、結果が原因を変える非線形性が、多様性生成の基本的条件である。さらに、安定化が不安定を誘導し、不安定化が安定を誘導する関係性が、単純な周期運動や主体性の欠如への落ち込みを防ぎ、多様な状況が維持される必要条件となってい

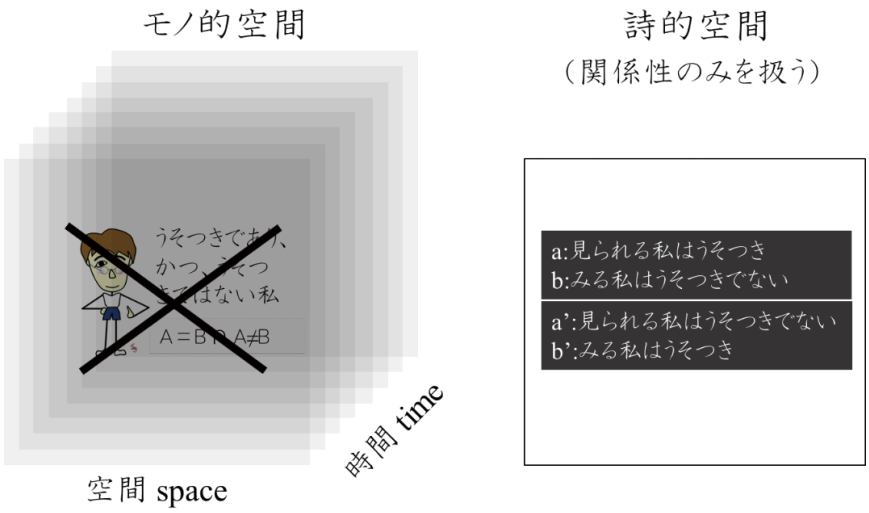


図２　うそつきであり、かつ、うそつきではない私は、
時間と空間で規定されたモノ的な時空の中には存在しない。

る。非線形かつフィードバックのある系において，ある条件下でシステム内部に過渡的な定常状態が移り行く状況が観察されており、津田、金子らは、より一般的に高次空間において多様な状況が移りゆく状況をカオス的遍歴と命名した（8. Kaneko、2007）。イキモノや社会の形態や機能を関係性として捉えるならば、上記のごとくお互いに矛盾する状況間の遷移として捉えることが可能である。つまり、まったく異なる空間のように見える概念の間の確率的な関係性としてとらえることが可能である。

この概念を認知の分野に拡張して想像を加えるならば、たとえば、「おもしろい」には必ず「おもしろくない」が伴っている。「おもしろい」を時空概念のなかで定義してその度合を表記するのではなく、「おもしろい」と「おもしろくない」の矛盾した関係性の中における「おもしろい」の確率として、時間・距離軸を廃した詩的空間に表示することによって、目的性がまったく異なる次元に自律的に遷移して多様性が持続する遍歴を含んだ動きが表わされる。現代の様々な分野において矛盾が排除され、対象の多様性が失われ、結果として、「詩」や「物語」や「今」が喪失する遠因は、我々が「モノがわかる」ことのために築き上げてきた時空概念そのものにあるのかもしれない。

以上のごとく、詩的空間とは一種の関数空間であるが、詩的空間ではモノ的な認識（ある時間、ある空間位置に確定する存在）を廃して、各主体から見た客体との関係性を確率的に表現することによって、時空的なヒトの認知に共通したアーチファクトを極力廃することを目的としている。この空間内では、たとえば前述のうそつきの私、と、うそつきでない私、といった暗喩的な表現が矛盾なく確率的に可視化され、モノ的な時空概念に隠されていた様々な「詩」や「物語」や「今」が生じる過程の発見が可能となる。

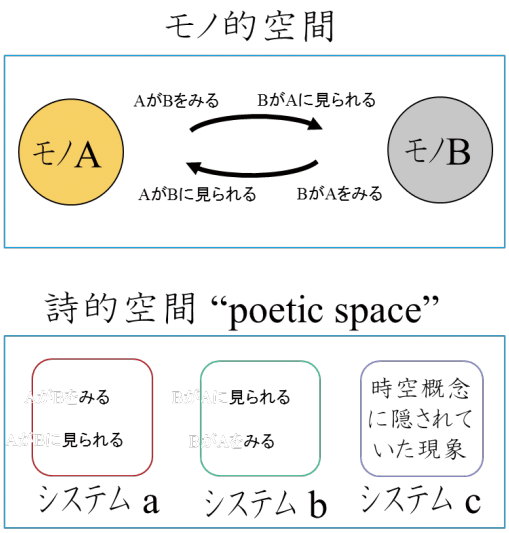


図３　時間・距離軸を廃し、矛盾する概念の間の確率的な関係性として表記することによって、モノ的な時空概念に隠されていた「詩」や「物語」を発見する。

5. 条件２（因果律と時間逆行性認知の仮定）

前述の詩的空間の概念を、自然科学の中に位置づけるためには、さらにもう１つ非日常的な仮定を置かなければならない。時空の中に定義されるモノは、古典力学的な質量、エネルギー、運動量の保存則によってその存在が保証されている。それに対して、コトである関係性（情報）は古典力学的には忘却によって消滅し、確たる存在性を主張できない。一方において量子力学で扱われる因果律で用いられる「情報量」は、一般に用いられる認知的な情報とは定義を異にしている。そのため、詩的空間においては、認知的な情報が相補的に存在し続けるための時間逆行性認知の仮定をおく。

たとえば、我々は「未来は見えず過去が見える。原因は過去にある。」という常識の中で日々の生活をおくっているが、逆に、「過去は見えず未来が見える。原因は未来にある。」という無意識の思い込みを仮定する。ここで、忘却によって情報が失われる現象を１つの認知作用と捉え、逆に情報量が増加する相補的な作用として、結果が原因を変える時間発展構造を持った隠された作用があるとすると、これを忘却の時間反転認知として捉えることができる。この場合、現在我々が認識している時間方向に対して、情報量は（相補的に）増加していることになる。この時間逆行性認識（時間を逆行して行なわれている時間発展的な認識）は、一見エキセントリックではあるが、それを我々が知覚していないと仮定するならば、現実の実感との間に矛盾は生じない。いわゆる、古典力学的な因果律と量子力学的な因果律を結びつけるための便宜的な仮定であるが、後述するように、淘汰によって相手を倒し、時間とともに機能化する文明に対し、村瀬（14. 村瀬、2000）が述べるように、変異、自己集合、選択の循環の中で共存・融合していく文化との時間の違いを考察する上において、重要な仮定である。ただしここでは、読者が神秘的な

想像を膨らませないように、さらに蛇足を加えておかなければならない。認知的な情報が存在し続ける、という仮定は、そこに神秘的な存在を仮定しているわけではない。Max Born が「原因と偶然の自然科学」の冒頭で述べているように、「偶然の出来事といえどもまったく任意であるわけではない。確率論で定式化されている偶然の法則がある（4. Max Born 1949）」。確率的な因果率は、予測可能性を基盤とする学問が成立している基本的なバックボーンであって、そこから必然的に導かれる決定論と自由意志との間にどのような物語を設定して矛盾を防ぐかに関しては、物理学、哲学、宗教などによって様々であり（17. 佐々木、大栗 2016）、上記に記した詩的空間の方法論はそのどれに属するのでもなく、「私」が「私」であること、「今」が「今」であることを当然の前提とせずに、その成立を空間概念の中で記述する場を提供しているにすぎない。

以上のごとく、イキモノや社会の形態や機能を矛盾する概念の間の確率的な関係性として定量的に記述し、空間軸に時間及び距離を設定せず、さらに因果律下に時間逆行性認知を仮定することによって、「詩」「物語」や「今」を、時間の方向に関わりなく関係性（システム）として表示することが可能となる。

6. 詩的空間における指示表出と自己表出の相補性

詩人の吉本隆明は、意味や意思を伝える一般の言語表現が枝葉としての「指示表出」であるとして、言語の幹に近い本質のところには、意識的な意味伝達の視点からみればむしろ無言に近い、自己の存在性から自然に生じてくる言葉があるのだ、と考え、そこに「自己表出」という言葉を当てはめた（28. 吉本、2001）。さらに吉本は、図 4 のごとく、言語の意味は指示表出の経路で、また、言語の価値は自己表出の経路で考察する対象であるとした。後に吉本は、指示表出を五感などの感覚に、そうして自己表出を内臓感覚に結び付けて、ため息、赤ん坊の泣き声、文学における「行間」など、意図的に指示された意味を含まない言語であると説明をした。この、意図しない表出に対して、脳科学分野において最近注目されているデフォルトモードネットワーク（default mode network: DMN）が興味深い示唆を与えていることに関しては前報（27. 富田直秀、2016）をご参照いただきたい。

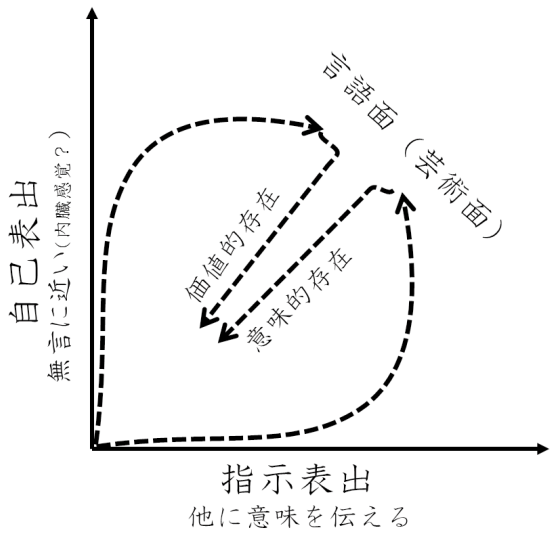


図 4　指示表出による意味存在の考察と、自己表出による価値存在の考察（吉本隆明、言語にとって美とは何か）

前報では、指示表出と自己表出の一般化を、意味と価値の間を行き来する認識の動きとして表現したが、これは詩的空間内においては「詩」や「物語」を生成する相補的な動きでもある。まず、指示表出も自己表出も、時間と距離を現さないため、それぞれ詩的空間における元として表記し得る。さらに、主観的事実である、みる、見られる、の作用を同軸の元として加える。ちなみにここでは、自己表出的に無意識に得られる価値的な関係性を「みる」とひらがなに、また、指示表出的に他との意味的な関係性を「見られる」を漢字に記述して区別している。また、前述のごとく、認知における「みる」は「見られる」の矛盾的関係の間の確率的な量として表示される。

図 5 において、たとえば、意味的な内容を伝える指示表出では、常に伝える客体としての他者が設定されており、指示表出によって他者に意味が伝えられ、その他者から「見られる」ことによって意味的存在としての「私」が生じる（図 5、底面）。

一方、図 5 において縦軸に表わされた自己表出によって現れる「私」には、必ずしも他者は設定されず、自身の無意識の行為の自分へのフィードバックによって行為主体感（sense of agency）が形成される。このクロスモダリティを用いた具体例として、たとえば、書く際にペン先と紙が摩擦して生じる筆記音を増幅して書き手に伝えることで文字や絵を描く継続意欲や作業効率を高める製品なども開発されてい

る (8. 9. 金、2012、2013)。このように、無意識に「みる」という認識は、見るという動作に限らず、高次認知や自己理解などと関わって無意識に行われる脳活動であって、そこから価値的存在としての「私」が生じていると想像することが可能である。

さらに図 6 に表わしたように、価値的な「私」と、意味的な「私」との間を交互に行き来することによって、「私」が「私」であり、「今」が「今」であることを基盤とした様々な物語が生じる。これは、「見られる」と「みる」の二つの認知の合理的な整合によって対象化された一種の空間（物語空間）の生成過程でもある。時空概念ではまったく異なる次元に属するはずの「見られる」と「みる」、意味的な関係性と価値的な関係性が、詩的空間の中では、隣接する空間内の相補性として表示される。

さらに、「見られる」と「みる」のそれぞれの認知を、逐次的に減じたところに詩の発見がある。詩は、詩的空間からさらに空間破壊を続けた一種の究極であって、すべての対象化を廃した極地でもある。座禅等における洞察瞑想（open monitoring meditation: 今この瞬間に生じている経験に気づき，判断せずにありのままを受け入れる）において、前述の脳におけるデフォルトモードネットワークの活動が上昇することなども報告されており（6. 藤野、2014）、意味的、機能的ではない要素に対する科学的な探索も始まりつつある。もしエベレットの多世界解釈 (many-worlds interpretation: Hugh Everett、III、1957) を短絡的に結びつけることが可能であるならば、確率的に定められた多数の可能性の中から、複数のシステムが「見られる」「みる」の動きを用いてある時空と同期し、矛盾のない主体郡と時空との関係性を成立させている、といった仮説も可能であるかもしれない。

7. 多様性の持続による「質」や「文化」のシステムとしての選択

前述のごとく、過渡的な状態の連続によって構成されているイキモノや社会の形態や機能は、常に変化して多様性を形成している。形態や機能を矛盾する概念の間の確率的な関係性として記述し、空間軸に時間及び距離を設定せず、さらに因果律下に時間逆行性認知を仮定する詩的空間の中では、「進化」もまた別の視点（システム）からながめることが可能である。

イキモノの遺伝、種、生態は、世代を経てその性質を変化させる。この選択の原動力（選択圧）は、強さや効率で評価される場面も少なくない。詩的空間では、時間・距離軸を廃し、つまりモノとして個別化と時間の方向性を離れて記述しているため、多様性の持続がそのシステムの存在確率にとって有利である状況が強調される。たとえば、前述の（おもしろくないおもしろさ）の中でご紹介したように、

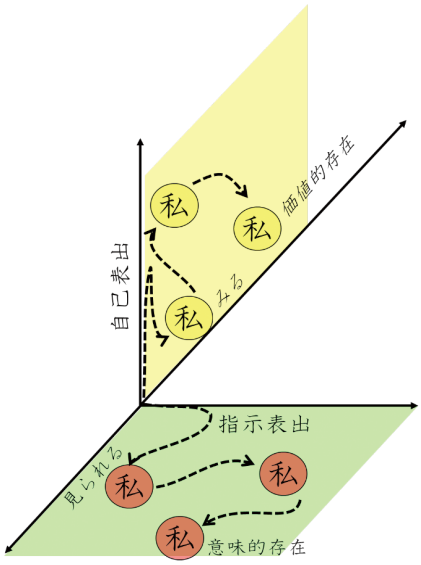


図 5　指示表出と自己表出の一般化

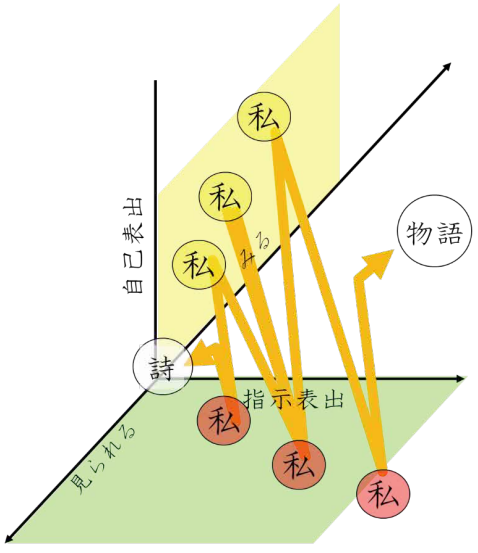


図 6　見られる、みる、の矛盾的な認知の相補性の中から生まれる物語に対して、主体・客体の認知から生まれる概念を逐次的に減じたところに詩の発見がある。

現代の「おもしろい」は目的として定義され最適化されるのではなく、流れが中断され、目的自体がまったく異なる次元に遷移して多様性が持続することによって得られる。インターネット時代に入ってしばらくは、即自的な「おもしろい」が優位であったが、ポストインターネットに入りつつある現代においては情報の多様性の持続が、イキモノや社会の持つ、安定化→不安定、不安定化→安定といった逆説的関係の中で模索され始めている。空間を破壊させる、いわゆる暗喩の手法が、これまでの最適化手法に加わりつつあるのかもしれない。

以上のように、モノとして表記される多様性の基準は差異であって、強さや効率によって差異が拡大し、モノの生滅が決定する。コトとして表記される多様性においては、それぞれのシステムは生滅するのではなく、すべてが過渡的に存在しながら流れを形成している。文明などのモノの進化は未来に向かって一方向性に機能が向上するが、モノ化や時間軸を設定しない詩的空間でそれを捉えると、異なった捉え方が可能となる。

たとえば、大串（大串、2003、2007）は、特定の生物種間の直接の相互作用だけではなく、間接的な相互作用も含めたネットワークの保全が、生物多様性の保持には大切であることを述べている。また、村瀬（13. 村瀬、2000）は、「変異（非連続過程）」「自己集合」「選択」という循環でイキモノや社会を捉えることによって、生きるということの本質的意味を、それぞれの立場から自得する方法を述べている。しかし、モノの奥に潜むコト（変異、自己集合、選択、相互作用、ネットワーク）に目を向けるこれらのシステム的な考え方は、それぞれの専門家に評価されるまでには時間を要した。それは、学問分野をモノ的に分類することによって専門性を確保することの多い学術分野において、その立ち位置がはっきりしないこと、また、前述のごとく、古典力学的な保存則や集合論によって存在性が確信されるモノ的な分析に対して、システムや情報の実在性は未だその存在性が確立していないこと、そうして、システム的な考え方の根底に不可避に含まれる「存在とは」という根源的な問いに対して、現代科学は未だ正面から対峙していないからであろうと思われる。コトやシステムを基盤として現象を扱う学者の多くは、結局のところ具体的なモノを対象としてエビデンスを重ね、モノの動きとコトの仮説との類似性から共感的に仮説・検証らしき形式に収めるより他に学術的信頼を得る方法を持たないのである。しかし、部分を離れて全体を眺めるならば、「モノ」が存続して文明が進化し続けている一方において、「質」や「文化」といった「コト」が多様性を失い、不安定になりつつある様相が多くの人の目にも明らかになりつつある。「要旨」に述べたように、現代ではヒトがモノの関係として規定され、その多様性が差異として捉え

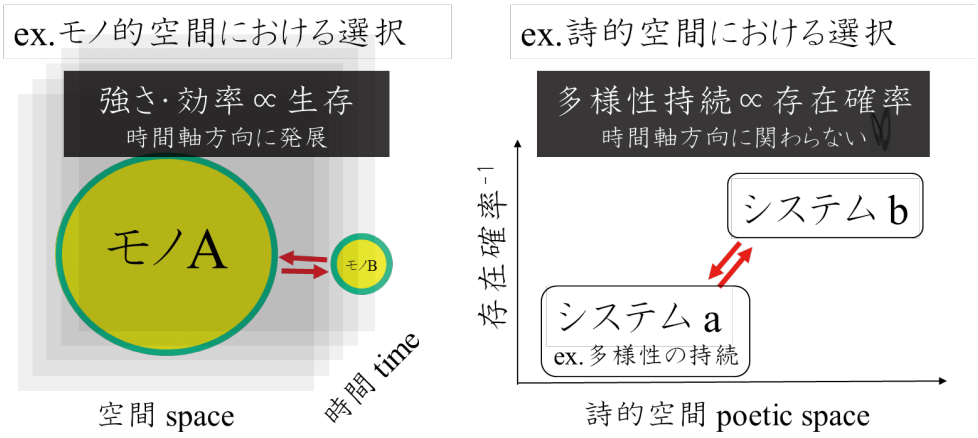


図７　モノ的な時空では、個体間の強さや効率といった選択圧が進化の原動力であったが、詩的空間では多様性の持続がシステムの存在確率を上昇させる。モノが時間軸に対して常に進化しているのに対して、コトは時間の矢に関わらず、たとえば、現代は、過度の合理性によって多様性が減じ、「質」や「文化」といったコトの存在確率が減少しているのかもしれない。

られ、その文化的、質的な本質が失われつつある。現代科学にこそ、「自己」や「存在」さらには因果律に含まれる矛盾を避けずに「コト」を扱う方法論が必要されている。本論文で提案する詩的空間内では、指示表出⇔自己表出、または、見られる⇔みる、といった認知の相補的な動きの発展として「質」や「文化」を記述することが可能である。モノ的な記述では、表面的な、または即自的な欲求やその差異が取り上げられ、その充足が計られるが、詩的空間ではより本質的で持続性のある対自的な「質」や「文化」が記述される。

8. おわりに（動機について）

ここに示した、詩的空間の概念は、ヒトが「わかる」ための基本的な構造である集合論的な時空概念を、ヒトの観測における認知バイアスとして捉えている。医工学技術の開発者である筆者が、科学者としてはきわめて危険であるこの方法論にあえて近づこうとするその動機は、医療現場において進行しつつある「詩」や「物語」、さらには「質」や「文化」の消失である（20. 21. 23. 24. 富田、1998、2005、2014、2015）。たとえば、入院ベットには、緊急時などにナースを呼ぶためのナースコールが設置されており、患者の急変や苦痛に対処する看護の一つの要となっている。しかし、このナースコールを頻繁に押す患者のために、現場が疲弊してしまう場面がある。病棟の夜は、時として意味的な希望を消滅させ、モヤモヤとした苦痛の悪循環を創り出す場となるのである。一般には、痛みに対しては鎮痛剤、不眠に対しては眠剤、不安に対しては抗不安薬が処方される。これらの行為は、それぞれに意味があり、また、それぞれの治療薬の効果は、定量化されたエビデンス評価によって保証されている。しかし、痛み、不眠、不安という意味化された症状のみへの対処は、前述のような意味的な希望を消滅させる病棟の夜の悪循環には無効であるばかりか、たとえば薬剤の習慣性や副作用に対する不信感などから、さらに事態を悪化させる場合さえある。このようなときに、たとえば、ベットサイドで暖かく患者の手を握る、といった行為が、状況を大きく改善させる場合がある。また、「大丈夫ですよ」という医師の一言が救いとなる場合もある。昔から行われてきたこれらの行動は、意味化された行為が優先され、不確実な言動がかえって訴訟等を引き起こす事が多い現代においては、現場から消滅しつつある。もちろん、だからといって、たとえば「手を握る」や「大丈夫と言う」行為をマニアル化、意味化させたらどうであろうか。自然な、意志的な指示を含まない、むしろ無対処・沈黙に近い関係性にこそ、これらの行動の価値の本質があるのだろう（25. 富田、2016）。

（科学的エビデンスのある対処）
眠れない → 眠剤
痛い → 鎮痛薬
不安 → 抗不安薬

（科学的エビデンスのない対処）
しばらくベッドサイドで
手を握る

図 8　エビデンスに裏づけされた「正しい」治療のみならず、主体性に寄り添った「本当の」治療が、医療現場では求められている。

この例と同じように、無駄と証明できないが、医師が自身または家族には行なわないであろう医療の増加、また、安全性が証明されるが運転者の自立を奪う自動運転技術、便利さにヒトが使われてしまう情報機器、などなど、科学的に「正しさ」が証明され得る有用性の中で、「本当」に我々がそれを望んでいるのか、が不明瞭になりつつある場面が、生活の様々な場面に見られるようになってきた。我々は、ANSHIN デザインプロジェクト（1. 2. 22. 富田、2016、2013、2016）、や、様々な開発、アウトリーチ活動を通じて、「正しさ」の前に、「本当」という当事者視点を振り返ってみる活動を始めている。そうして、過剰な意味化がヒトから「詩」や「物語」や「今」を奪っている現代において、科学技術にこそ、上記の例に象徴されるような「質」や「文化」の問題を、それぞれの「詩」や「物語」や「今」の視点（アート視点）で扱う概念と、概念を可視化する具体的な方法論が求められている。

9. 謝辞

本研究の一部は、京都大学デザイン学大学院連携プログラム、京都大学未来創成学国際研究ユニットの研究プロジェクト、及び、京都市立芸術大学科研研究「奥行きの感覚」を求めて - 新しい奥行き知覚から導かれる新共通感覚の構築 - により実施された。

10. 参考文献

1. ANSHIN デザインプロジェクト（2016 年 12 月 1 日引用）URL: http://anshin-design.net/
2. ANSHIN デザインコンセプトブック、2013 URL: http://anshin-design.net/link/anshin_concept_book_2013.pdf (English edition: ANSHIN concept book)
3. Bergson H.、『時間と自由』、（岩波文庫、中村文郎訳）、2001
4. Born M.、『原因と偶然の自然科学』、（みすず書房、鈴木良治訳）、Oxford at the Clarendon Press 1949、復刻 2016
5. Gibson, J. J.、『生態学的認識論――ヒトの知覚世界を探る』、（サイエンス社、古崎敬、古崎愛子、辻敬一郎、村瀬旻　訳）、1979（訳本 1985）
6. 藤野正寛、上田祥行、齋木潤、野村理朗、瞑想技法の違いが脳の機能的結合性に与える効果、日本心理学会第 78 回大会予稿集、2014 URL: http://www.myschedule.jp/jpa2014/tex_output/source/jpa2014_poster/90929.pdf
7. 池上嘉彦、『記号論への招待』、（岩波新書）、1984
8. Kaneko, K., and Tsuda, I., Chaotic itinerancy, *Chaos* **13**, 926, 2003 UTR: http://dx.doi.org/10.1063/1.1607783
9. 金ジョンヒョン、橋田朋子、大谷智子、苗村健、筆記音のフィードバックが単純な筆記作業に及ぼす影響の検討、日本バーチャルリアリティ学会論文誌 17、3、p289 − 292、2012
10. 金ジョンヒョン、橋田朋子、苗村健、アニメーション制作現場における筆記音の強調フィードバックの有用性に関する実践的研究、*The Virtual Reality Society of Japan (TVRSJ)* **18**、3、p393-399、2013
11. 上妻世海、キュレーター、「世界制作のプロトタイプ」（2016 年 12 月 1 日引用）URL: https://www.youtube.com/watch?v=Ag4ypMMwbs4
12. 上妻世海、「詩的空間の手触りを求めて――近代から現在まで」（2016 年 12 月 1 日引用）URL: http://bigakko.jp/opn_lctr/shitekikukan
13. 蔵本由紀 、『新しい自然学――非線形科学の可能性』、（ちくま学芸文庫）、2016
14. 村瀬雅俊、『歴史としての生命――自己・非自己循環理論の構築』、（京都大学出版会）、2000
15. 大串隆之（編）、『生物多様性科学のすすめ――生態学からのアプローチ』、（丸善）、2003
16. 大串隆之、他、『生物の多様性ってなんだろう――生命のジグソーパズル』p48-49、（京都大学出版会）、2007
17. 佐々木閑、大栗博司 、『真理の探究――仏教と宇宙物理学の対話』、（幻冬舎新書）、2016
18. 椹木哲夫、活動組織における作業変容の記号論的プロセス分析、横幹 1、106-114、2007
19. スワンソン , P. L. 監修、『科学・こころ・宗教』（南山宗教文化研究所）、2007
20. 富田直秀、未知要素を含む系における信頼性（データの信頼性と人の距離）、文理シナジー学会誌 3(1)、18-24、1998
21. 富田直秀、『機能設計から生体環境設計へ――「安心」を育てる科学と医療』、（丸善）、2005
22. 富田直秀、“ANSHIN” デザインプロジェクト、日本機械学会誌 117、1144、P180、2014
23. 富田直秀、何が無駄で何が真に有効なのか－「質」で選別される医療技術とデザイン実践、PHARM TECH JAPAN 30､7、p111-115（1275-1279）、2014
24. 富田直秀、生活の質（QOL）のデザイン Design for quality of life、デザイン学論考 4、p3-5、2015 UTR: http://www.design.kyoto-u.ac.jp/ronkouweb/vol.4/vol.4_01_tomita.pdf
25. 富田直秀、物語の可視化：（逐次型弁証法による発見支援）, Visualization of stories (successive dialectic for discovery), デザイン学論考 6、p53-64、2016 URL: http://www.design.kyoto-u.ac.jp/ronkouweb/vol.6/vol.6_04_tomita.pdf
26. 富田直秀、人工関節の “ANSHIN” デザイン イキモノを対象としたものつくり、トライボロジスト 60(11)、p721-728、2015
27. 富田直秀、意味があれば価値があるだろうか、デザイン学論考 7、p46-54、2016 URL: http://www.design.kyoto-u.ac.jp/ronkouweb/vol.7/vol.7_04_tomita.pdf
28. 吉本隆明、「言語にとって美とは何か」（勁草書房：吉本隆明全集 6 、角川ソフィア文庫）、1972、2001

Poetic Space
— Art-perspective methodology to describe human as a relationship not as an object

Naohide Tomita

Abstract

Various educational and creative activities are described as objective facts, so that diversity of them are caught as differences to lose its cultural essence and quality. Scientific expression method for subjective facts such as “poem” “narratives” “present” and so on, is required in so-called the consumption society where desires are stimulated by the technology, and individuals lose the possibility of setting themselves as the subject.

In this thesis, concept of “poetic space” is proposed to consider humans as systems rather than things and to describe the “poem” “narratives” and “present” as scientific issue. As forms and functions of living thing are constituted by series of transient states, it can be expressed as a probability in inconsistent relationship. The “poem” “narratives” and “present” are described as a cognitive complementarity movement by not expressing time and distance on the spatial axis, by assuming “retrograde cognition” under stochastic causality in the “poetic space”. The “quality” and “culture” for itself are also formed in the complementarity movement, and they are possibly selected because of its "persistence of diversity" regardless of the time direction in the poetic space.

Keywords: poetic space, stochastic causality, poem and narratives, arrow of time, diversity

プロジェクトレポート

July 2017
No. 2017-010-e

Journal of Integrated Creative Studies

MOOCs and a Greater Synthesis at Kyoto University

Barbara Oakley[1]
[1] Oakland University, Rochester, Michigan USA

E-mail: oakley@oakland.edu

Abstract. This report reviews my work and research conducted as a Visiting Professor at the International Research Unit of Advanced Future Studies. During this visit, I spoke at length with Prof. Masatoshi Murase regarding his research and teachings involving his five major principles that might relate to essential, recursive aspects of life. I also spent quite a bit of time reviewing Kyoto University's MOOCs, their studios, and their approach to MOOC-making. The result of my analysis was that Kyoto University appears to have spent tremendous sums in developing an excellent MOOC-making facility, with very little to show for it by comparison with the investments being made by other world-class universities. Future collaboration possibilities with Kyoto University are also outlined.

Keywords: (within 5 words) MOOC, education, focused, diffuse, learning

Personal Note

I wish to express my gratitude to Professor Masatoshi Murase and the International Research Unit of Advanced Future Studies for their kind support during my visiting professorship. It has been a tremendous pleasure to learn of the great work of the Unit, and of Kyoto University as a whole.

1. Scientific Activities

My research as a Visiting Professor at the International Research Unit of Advanced Future Studies was conducted from June 1 through June 28th, 2017 in collaboration with Professor Masatoshi Murase. During this month, I had the opportunity to have many fruitful discussions with Prof. Murase about the scope of his own work in broadening interdisciplinary research. There are ties between his work and my work in education. Specifically, Prof. Murase's work involving expansion and contraction have an interesting correlation with focused and "diffuse" modes of learning, which may ultimately relate to the somewhat different functioning of the left and right hemispheres of the brain.(Gazzaniga, 2005; McGilchrist, 2010) Prof. Murase's methodology involving his five major principles that might relate to essential, recursive aspects of life is intriguing. I found that Prof. Murase's efforts towards broadening the intellectual sweep of individual research through providing broad insights into the work of other researchers to be very stimulating.

2. Technical and Education-Related Activities

2.1. General Context

My own research and education efforts center around the fundamentals of learning, and about how to upgrade online learning that is done at a massive scale.(See eg Oakley, 2014; Oakley, 2017; Oakley*, et al.*, 2016) My background in this area is that I have created, together with Terrence Sejnowski, the Francis Crick Professor at the Salk Institute, the world's largest and most popular MOOC (massive open online course), with nearly two million students. This MOOC, titled *Learning How to Learn*, (https://www.coursera.org/learn/learning-how-to-learn/) is taught through the University of California, San Diego. I have also created or am in the process of creating several other MOOCs through McMaster University (Hamilton, Ontario, Canada).

2.2. MOOC-making at Kyoto University

On Jun 14th, 2017, I gave a talk about the future of MOOC-making for the Graduate School of Infomatics in Kyoto University in conjunction with the International Research Unit of Advanced Future Studies. This talk provided insight for the greater Kyoto University community into how MOOCs can be made that are not just the bland fare that is typical in today's MOOC-making world, but which are instead popular and "sticky" courses that grow by virtue of excellent word-of-mouth. Although representatives from the MOOC-making group at Kyoto University did not attend my talk, after the talk was finished, I had the opportunity to go over and see Kyoto University's MOOC-making facilities, where I was given a description of the MOOC-making activities at Kyoto University.

Kyoto University currently has six active MOOCs. I noted that during the description of Kyoto University's MOOC-making enterprise, there was no discussion of the number of students enrolled in Kyoto's MOOCs, which calls to question the viability of these MOOCs in expanding Kyoto University's international outreach in a way that is competitive with other universities of international stature. Kyoto University has obviously poured a good amount of money investing in their MOOC studio, but it seems they are not realizing the type of gain they should be getting from this investment.

Realistically, in my opinion, Kyoto University faces a challenge if they continue to create MOOCs that are along the same "me too" lines as the largely science-oriented MOOCs made at other world-class universities, such as Harvard, Stanford, Yale, and Princeton. This is because the accents of instructors at typical US, Canadian, UK, or Australian universities are easier for many learners to understand than the accents of typical Japanese-based speakers of English. Therefore, when faced with a choice of a typical science-oriented MOOC from Stanford, say, versus one from Kyoto University, learners will tend to select the science MOOC with the easier-to-understand accent. In other words, Kyoto University's MOOCs will be selected against when they are competing in the arena of typical science-based MOOCs. In business terms, Kyoto University is choosing to compete in the "red ocean"—that is, the highly competitive areas where it is very difficult to stand out, rather than the blue ocean of truly novel content.(Kim and Mauborgne, 2014)

In my opinion, Kyoto University does not appear to be capitalizing on one of its greatest strengths—the worldwide interest in Japan and Japanese culture. Kyoto University, in other words, is discounting its potentially greatest source of strength in MOOC-making. It's clear that people worldwide could have a substantive interest in MOOCs covering the following topics:

- Zen Buddhism
- Manga (This content could benefit from drawing in ideas from classic hero literature, eg Joseph Campbell's *The Hero with a Thousand Faces* and *The Power of Myth*)
- Japanese gardening
- Great Japanese movies/directors
- Great Japanese literature/writers
- Great Japanese musicians

- Japanese history
- Japanese language

If an instructor were to have a Japanese accent when teaching any of the above topics, it would be expected by learners, and hence not a liability. A strong showing by Kyoto University of MOOCs related to Japan would inevitably draw interest worldwide to Kyoto University's other MOOCs, building the potential for larger audiences involving more science-oriented and other MOOCs that might showcase the research-related expertise of academics at Kyoto University.

It is worth pointing out that many universities worldwide are generally oriented in their "in person" classes towards the typical "in-person" student demographic of 18- to 24-year-olds. When it comes to MOOC-making, however, it is a better idea to orient the teaching towards 18- to 85-year-olds, which is the real underlying demographic of MOOC audiences. At present, Japan has a "MOOC-taking" percentage of the population that is much, much smaller than that seen in most other industrialized countries. Kyoto University could be taking the lead in growing the percentage of individuals that are taking MOOCs, and thus in helping to provide outstanding opportunities for improving career training for those who are currently in mid-career, as well as in providing outstanding opportunities for older individuals to "up" their mental game by remaining intellectually stimulated.

On a side note, it should be noted that high production values do not necessarily correlate with the viability or popularity of a MOOC. One prestigious US institution, for example, invested $2 million USD in producing 8 MOOCs, only to find that over the course of several years, only some 300 hundred students took the MOOCs. Despite the high-quality videotaping equipment available in the Kyoto University MOOC-making studio, there is little sign that the MOOCs being made by Kyoto University follow best-practices in MOOC-making, with careful attention to exciting video-editing processes. (See Oakley, *et al.*, 2016).

Moreover, Kyoto University, unlike the University of Tokyo, uses edX as their single MOOC provider, which has much less visibility than Coursera. This means that Kyoto University's MOOCs have much less chance of being seen by large numbers of students than the University of Tokyo's MOOCs. There is much less "bang for the buck," as we North Americans say, in relation to the amount of money and effort that Kyoto University's MOOCs.

3. Presentations in affiliation with the International Research Unit of Advanced Future Studies

While at the International Research Unit of Advanced Future Studies, I had the opportunity to share in five different presentations:

- **Wednesday, June 14, 2017:** "MOOCs Are Like Dating, Classes Are Like Marriage: Lessons from Teaching the World's Largest MOOC" Graduate School of Infomatics in Kyoto University and the International Research Unit of Advanced Future Studies.
- **Saturday, June 17, 2017:** "Learning How We Know," Mie Symposium 2017 Program, Mie Prefecture.
- **Friday, June 23rd, 2017:** Presentation and discussion in Prof. Murase's class regarding the essentials of human nature.
- **Saturday, June 24th, 2017:** Review of work during my visit to Kyoto University, Panasonic Hall, Yukawa Institute for Theoretical Physics
- **Wednesday, Jun 28th, 2017:** "MOOCs Make It Happen: Learning How to Learn," University of Tokyo, in Tokyo, in conjunction with and the International Research Unit of Advanced Future Studies. Prior to the presentation, I spoke at great length with the University of Tokyo's MOOC-making team about how to improve their MOOCs and get wider distribution. We talked about future collaborative opportunities with some of the online universities in Japan. The University of Tokyo's MOOC-making team, it should be noted, is quite advanced

and very open, receptive, sharing, and communicative involving improved approaches to MOOC-making.

These presentations provided an opportunity for me to share about areas that might be of potential future use to Kyoto University. They also provided a good opportunity for me to learn of some of the interesting work that is going on in Japan regarding various aspects of learning.

4. Future collaboration possibilities with Kyoto University

It could be very worthwhile for Kyoto University to hold an international symposium or conference on MOOC-making. It might be fruitful to explore a collaboration on such a venture.

I have benefited greatly from Professor Murase's generosity in providing mechanisms for discussions and interactions involving experts from many different disciplines. It would be beneficial for my own work to continue these insightful discussions.

References

Gazzaniga, MS. "Forty-five years of split-brain research and still going strong." *Nature Reviews Neuroscience* **6**, 8 (2005): 653-659.

Kim, WC, and RA Mauborgne. *Blue Ocean Strategy, expanded edition: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant*: Harvard Business Review Press, 2014.

McGilchrist, I. *The Master and His Emissary: The Divided Brain and the Making of the Western World*. New Haven, CT USA: Yale University Press, 2010.

Oakley, B. *Mindshift: Break Through Obstacles to Learning and Discover Your Hidden Potential*: Penguin-Random House, 2017.

Oakley, B, *et al*. "Creating a sticky MOOC." *OLC Journal of Online Learning* **20**, 1 (2016): 1-12.

Oakley, BA. *A Mind for Numbers: How to Excel at Math and Science*. New York, NY: Penguin-Random House, 2014.

個別テーマの活動

4 個別テーマ④ 西田哲学と自然科学のアナロジーに基づく新領域探索

目的

未来創成学での本研究テーマでは、「一見何の関係もなく見える所にアナロジーが成り立つ」という原則を土台としながら、同時に、位相の違いを明確にすることによって、相互に刺激を与え、あらためて「過去の履歴」に遡り、それを共有する中で、新たな変化が生じる不思議に迫ろうとする。

研究成果

異分野研究者で共有された課題のもとに（研究テーマ③）、領域ごとの条件の違いを、より明確に確定することである。「創造性が出現しやすい条件」が、いかに個々の領域によって異なるか。どの位相までは普遍的に共有され、どの位相からは領域によって異なり、どこからは個別の問題となるのか、が討論された。

また、研究シンポジウムに参加した院生相互の交流も一つの成果であった。例えば、フロイト、バタイユのような思想の場合、生物学、神経科学などとの交流が深い。その際、こちら側から関心領域を広げるのではなく、「あちら側」からの逆の視点を持つ「異質な他者」と場を共有する機会は、同時に、互いに対立していた異なる視点が、ある時、入れ替わり、理解可能な地平が拓かれるという機会とともに、若い知性にとって極めて重要な経験であると思われた。

関連イベント

タイトル ユニット学生・院生交流型『学際セミナー』第１回学問の鍋セミナー

日　時 2017 年 1 月 14 日～ 1 月 15 日

場　所 京都大学基礎物理学研究所

未来創成学国際研究ユニットの教員をベースとした交流を推進しているが、限られた時間のなかで異分野交流を推進することには限界を感じていたため、学生・院生交流とそれに触発される形で、教員・ポスドクの交流が推進されることになった。数年前にポケットゼミを担当した際の学生有志が、「学問の鍋」セミナーを自主的に開催していて、そのセミナーへの特別講演（村瀬雅俊・基礎研）が基礎研において 2017 年、1 月 14 日（土）、15 日（日）に行われ、学内外の学部・大学院生が、2 日間で 12 時間におよび長時間討論を強行した。

成果概要

西平 直 （教育学研究科）

西田哲学に関しては、後期の思想における「個物（個体・個人・自我）」に焦点を当て、議論を整理している。「場」の哲学として理解される場合、西田哲学は「全体」優位と理解され、「個物」は「全体」の中で初めて意味を持つという点が強調される。ところが、後期西田哲学は「全体」を固定せず、全体を流体的に理解する。「個」と「個」の関係によって「全体」そのものがそのつど新たに変容する（更新する・創発する）。

そうした構図における「個物」の創発的機能に注目し研究を継続中である。正確には、「全体」によって規定されつつ「全体」を規定し直してゆく相互規定関係を基軸として、生命・人間・社会システムの構想を試みている。

具体的には、共創学会主催の共創学研究会において、「共創を促す論理 - to be or not to be, or neither, and both」と題した講演を行った。「ある」か「ない」か、その「どちらでもない」か、「どちらでもある」のか。その四つの存在様式が、互いが互いを乗り越え合う仕方で変化する出来事の内に「共創を促す論理」を見たものである。

華厳哲学の「非同非異」、「理事無礙」、「事事無礙」を土台としながら、西田哲学における「全体と部分が互いに否定しあう」関係を解きほぐした。個は全体のために存在するのではないが、逆に、全体が個のために存在するのでもない。どちらか一方が優先することはない関係を、西田哲学は「絶対無」からとらえ直す。その構図を確認し議論の俎上に載せた。議論の中で、「全体」をいかに理解するか、「全体」を前提にすることの危険などが指摘され、極めて刺激的な（共創を促す）機会となった。

なお、「触れ合い」の問題と西田哲学の問題は、根底において繋がりを持つ。その関連に光を当てるためには、さらに一段レベルの異なる地平が必要になる。それを、あらためて、西田哲学に求めることになるのか、それとも、何らか別の思想（術語連関）に求めるのか。未来創生学の諸研究から刺激を受けつつ検討してゆくことになる。

また、すべての課題において、R. Mattig ドルトムント工科大学教授との研究交流を継続している。その成果の一端は、Ruprecht Mattig, Transcultural Freedom and Fulfillment of Life: The Impact of ‘Japanese Culture’ in Otto Friedrich Bollnow’ s Theory of Übung, Journal of integrated creative studies, March,2017 などが示す通りである。

成果論文

‘Preparation’ for Creative Inspiration: From the teaching of Japanese classical ‘Keiko; exercise and expertise’

Tadashi Nishihira

Journal of Integrated Creative Studies, 2017

Abstract. This paper discusses creative inspiration. These special experiences occur when the person undergoing them experiences without intention, plan, or expectation. Such experiences seem to happen by themselves, arriving like a gift from an unknown sender. The key questions thus become: Can we somehow ‘prepare’ for this gift? Are there any special conditions which facilitate the arrival of such experiences?

According to the Japanese teaching of Keiko, there is a kind of ‘reversal’ or ‘turnaround’ in the process of exercise and expertise. At first the approach is aimed at mastering skills but thereafter the ‘aim’ is to be free from those same skills. Skills and techniques are important. However, there is the danger of being attached to methods to such an extent that it disturbs the fluidity of natural movement. The Japanese teaching of Keiko transmits the state of ‘no intention’ or ‘no artificiality’ in daily performance. This stage is said to be ‘Beyond Skills.’

This stage overlaps with the ‘Setback Situation’, a state in which the usual method no longer works. In other words, the conventional approach no longer yields results and seems to lead one into a dead end. According to Keiko, however, such darkness is also potentiality, the source from which something new will arise. If we attend to ourselves in this darkness, the time will come when the sprout of potentiality begins to emerge. During this ‘incubation period’ we must not be in hurry, as creative inspiration emerges on its own. It always grows beyond the grasp of intention. It appears out of nowhere and of its own accord. This is the flow of the Keiko teaching, as represented in the ‘Innovation Diagram’.

However, doubts often rise when no results are forthcoming from this incubation period - no innovation, no original ideas, no sprouts. Instead, the period is marked by great ordeal of trial and error, darkness and usually much doubt. Is such an ‘incubation period’ still worthwhile? The teaching of Keiko affirms ‘yes’. The ‘incubation period’ is always of value, but just as it is: it is important not because it will yield a new sprout but because it is the place we find our alternative self as the fluidity of natural movement.

It thus becomes most difficult for us, in the Japanese classical teaching, to evaluate such an ‘incubation period’. To be sure, resignation is the optimal condition for awaiting the gift of inspiration, but such resignation is not synonymous with despair or hopelessness. Rather, this resignation should convey a sense of ‘beyond skills’, ‘beyond conventional framework’, ‘free from any presupposition’ and ‘free from any articulations’. ‘Free from articulations’ is valuable not because of the intended result, but instead because this freedom itself of its intrinsic value.

Potential evaluators should view the ‘incubation period’ without expectations of results because, on the first level of productivity, this is the optimal condition for creative inspiration. But on the second deeper level, this is because ‘to be free from articulations’ is valuable and luminous by itself.
This is the essential point of the classical Japanese teaching of Keiko.

Keywords: Creativity, Inspiration, Keiko, Japanese Philosophy, Innovation

1. Introduction

There are many kinds of ‘creative inspiration’, many different genres if you will. There is the sudden inspiration of composers, an original breakthrough in primary research of scholars, and the sublime performance of the athletes among others. The latter is now often called ‘being in the zone’, suggesting that one’s experiences exist in a space apart.

These special experiences are often described by the person who undergoes them as follows: it came

by itself, it happened without my intention, no plan, nor expectation for this inspiration, and so on. If we understand these moments as bestowing of benefits or gifts previously unimagined, the next questions become: Is it possible to 'prepare' for them or not? Are there any special conditions which facilitate or invite the bestowal of these gifts?

We cannot produce the 'creative inspiration' by our own intention. But does that mean we must only wait for it? Is there nothing to do except to look forward to the moment it descends upon us? Is it not possible to do something which invites conferral? Are there special attitudes that can persuade it to come in? Even if there is no way to invite or persuade, is there something that can be done to ensure that it arrives undisturbed?

If we name this benefit 'Serendipity', the question then becomes: Can we describe any conditions that lets Serendipity come in and, when it does, to do so without disturb its arrival?

2. Two Ways: The way to learn skills and the way to be free from skills

According to the Japanese teaching of Keiko, there is a kind of 'reversal' or 'turnaround' in the process of exercise and expertise. It seems easier to describe these utilizing concrete examples.

Clinical psychologists tell us that 'Master clinicians' often provide narrative account of their clinical practice that seem to suggest that they have no special skills or techniques when undertaking their practice. They describe themselves as just being relaxed, listening to clients without analyses or judgements. Master clinicians often use curious, seemingly self-deprecating expressions to describe their attitude: absentminded, totally lost in thought, or sometimes even a 'blockhead'.

However this may sound, a serious problem would arise if beginners simply imitated this attitude. It might even be quite dangerous for beginners to read Masters accounts and try to emulate them, assuming that being absentminded is the key to mastery.

If the beginners or students who have little clinical experience imitate such attitudes, their clinical practice would surely be unsuccessful and end in failure. The process would not unfold as expected. Correctly, the process which should arise from the client does not happen in the encounter with this beginner clinician.

There are other difficulties facing the beginners. At the outset of their training, beginners have to pay attention to all of their own words and manners. They have to learn how to be fully conscious of all that happens in the relationship with the client. The beginners strive 'to be conscious', 'to understand the situation', 'to judge timely', but all of this runs in the opposite direction from what beginners have heard from the masters as the key attitude in their practice Beginners seem to be heading, it seems, in the exact opposite direction of their final goal. Masters say that they are 'absentminded', but students have to exert much effort and learn special ways of attentiveness. Masters say that they need no special skills, but students have to learn myriad new skills and theories.

Let us consider again the master's attitude. Master clinicians explain that they need no special skills. Yet, upon closer inspection this 'no skill' takes for granted that they can use skills. Masters are not without skills, but instead know how and when to utilize their skills. They can practice with conscious of skills and they can practice without consciousness of their skills. In this way, we can say that the Masters have truly mastered skills.

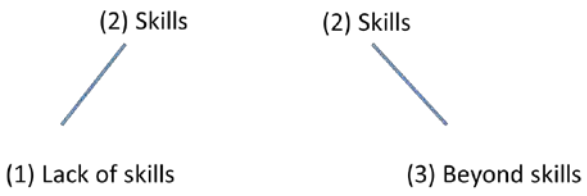
In contrast, the 'no skills' of the beginners are, literally, no skills. They can neither use skills nor use them in a timely manner because they have not fully understood them. That is, they have yet to master skills.

From this example, we see two different directions on the process of exercise and expertise: the way to learn skills and the way to be free from skills. The two ways are part of the one.

3. A tentative framework for discussion

3-1. Diagram

A simple diagram may help deepen the discussion. As the way to learn skills we understand

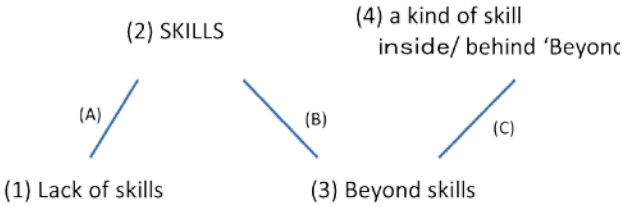


the process as movement from the stage of (1) 'Lack of skills' to (2) 'Skills'. In contrast, the way to be free from skills can be understood as the movement from (2) 'Skills' to (3) 'Beyond skills'.

Our first question becomes more clear; Are the master's stage of 'Beyond skills' the same as the

first stage of 'Lack of skills' (1).

Let us attempt to sketch the differences between two stages. 'Beyond-skills' (3) does not signify a simple lack of skills, but it signifies the potential containment of a new kind of skill inside (or perhaps behind). We now arrive at a critical point. To examine this relationship carefully, let us



add the fourth stage of 'a new quality skill' to the diagram. That is the stage of 'a new quality skills inside/behind 'Beyond skills' '.

We may describe the diagram as follows:

1) 'Lack of skills' means the state of being inexperienced, unskilled and without discipline. In contrast, the term 'Beyond-skills' means 'no skills after mastery of skills', or 'pattern-less-ness which transcends the pattern'.

To make the first stage clear we may characterize it as 'immature'. But this stage means, at the same time, pure potentiality. The ambiguity entailed in a negative immaturity and a positive potentiality will be discussed in more detail below.

2) 'SKILLS' represents techniques coupled with intention or a sort of artificial play with conscious attention. This stage represents intentions, knowledges, skills – all features which make the world divide and possible to articulate.

3) 'Beyond-skills' transcend the stage of 'SKILLS'. Here there is no intention, no artificial technique, no control of one's own movement. That is to say, this stage is free from any kind of articulation.[1]

4) As for 'a new quality of skills inside Beyond skills (4)' this stage is characterized by a special ambiguity which includes two moments which are mutually exclusive. It is, on the one hand, no skills, on the other hand, a new quality of skills.[2] We might describe this is an event in which a new quality skill is arising from the level of no skills.[3]

3-2. Three processes

Another way to understand the diagram is to see three processes: Process (A) as construction, Process (B) as de-construction, and Process (C) as a re-construction.

Skills and techniques are important. However, if the actor is clinging to these artificial skills his performance continues to be intentional. There is the danger of being captivated by self-awareness resulting in the disturbance of naturally fluidity.

The Japanese teaching of Keiko centers the state of 'no intention', 'no artificiality', 'no paying attention to one's own movement' through performance. It foregrounds the importance for performers to move according to the natural movement of one's body, that is, to move just as his body dictates in the changing situation of the drama.

In order to identify with their role, performers in a play must master but then release: not only all the skills which one has acquired in preparation for the role (Process A), but also all of his intentions, motivations and self-awareness that were part of the initial process of learning (Process B).

Process C is a re-construction or the re-birth of new awareness. Here it is important to avoid the misunderstanding that the intention of Skills is preserved behind the façade of Beyond Skills and appears now again in Process C. Intention and awareness will pass away in Process B. Performers 'seek' to attain the perfect abnegation of the intention on the way to de-construction. After the perfect abnegation, the new kind of intention will emerge from the bottom of no-intention.

For the purpose of exposition here, I have described Process C coming after Process B. Strictly speaking, this is not accurate. It is not a problem of a linear progress in time. Process C does not begin after the end of Process B.[4]

4. On the way to expertise: Some Difficulties

4-1. Kata

In the teaching of Japanese classical 'Keiko' the term 'Kata' is highly significant. 'Kata' (型) means literally something like: a model, mold, matrix, form, pattern, style, or stamp. It is utilized in phrases such as 'to cut according to a pattern', 'to cast into a mold', 'to pour liquid into a mold and let it coalesce'.

However, Kata also implies something more than simply molds and patterns which fix materials according to outside compulsion. In the context of Keiko, kata comes to imply two different functions.

At the early stages of Keiko, Kata as a mold fixes the movement of beginners. Kata does not arise from the movement of beginners but it comes from the outside and directs movement into a fixed pattern. Beginners have to learn a particular Kata repeatedly till they acquire the fixed pattern.

Seemingly endless repetition, day in and day out, is the typical image here.

However, once beginners acquire the Kata and master the proper form, this Kata enables them to move freely. Movement according to Kata becomes not only natural but it is most comfortable and relaxed. At this stage of accomplishment, participants feel they are carried along the flow by virtue of the Kata. Or to put it another way, without Kata it now becomes impossible to move naturally.

In this way, the mastery of kata supports and encourages movement from the inside, even while in earlier stages Kata stood outside and antagonistically opposed to the children at the early stages.

It is important to note, however, that it is only an expedience for purposes of exposition here to differentiate these two stages. A definitive distinction between the two functions or phases of Kata is never possible in practice. These functions of Kata work together, while—seemingly paradoxically—at the same time conflict.

4-2. 'Readiness' and a reconstruction of Kata

The second problem is of 'readiness'. This is referred to as 'Shita-ji' (下地) in the Keiko teaching. The issue is this: Does Kata work effectively even for beginners who lack proper readiness?

Take an example of an anthropologist who visited a small mountain village and tried to learn the native dances that were central to the life of this village culture. While the anthropologist diligently learned to dance alongside the village children, his movement was somehow different. He imitated their movements and tried to acquire the Kata - the special form. However, he came to realize that the difference lie in the fact that the village children had already acquired the proper 'readiness' in their body *before* the dance-lesson. More correctly, he understood that he had a different readiness or a different Kata which did not work effectively in the context of mastering this village dance.

Accordingly, it is best to think of Kata as something that everybody already has. Keiko does not suggest that a beginner wholly lacks Kata and begins to learn Kata from nothing, but instead that the beginner who has already acquired one Kata begins to learn another Kata. This means that beginners have to learn the new Kata with casting off the old one—a process that occurs simultaneously. More correctly, to learn Kata means a rearrangement or reconstruction process from one Kata to another Kata.

Village children have the 'proper' readiness, one that works efficiently for the village dance. We can imagine that historically the village dance is derived from this readiness itself, a form which has been most natural within the context of this village life. Unfortunately, the outside researcher has no such readiness. He has already acquired a different Kata, one which work efficiently for his urban life. In this way, this process of learning for him is not simply one of imitation of the new Kata, but also one of casting off the old Kata and making his body ready to fit the village life through the learning of the new Kata.

Thus, learning Kata means not only adding new form on the ground of 'readiness' but also to renovate the basic terms of 'readiness' itself in order that the newly acquired Kata can function naturally.

4-3. Music and Scores

We can also think of a musical score as a Kata. Score can describe only one level of music, one which never expresses the entire musical performance. It is important to remember that ethnic music such as Irish folk music or Gamelan from Bali can never be described perfectly according to the modern score of western music. In these musical performances the most important element is the fluidity and atmosphere, aspects which can never be described in the language of the score.

Japanese classical teaching of Keiko suggests that it is impossible for us to learn this fluidity and atmosphere from accomplished masters. It is equally impossible for the masters to teach these aspects to beginners. The most important elements are beyond teaching and learning. However, beginners can learn the scores and, after sufficient mastery of the scores, the atmosphere may appear, often as if from nowhere. The virtuoso beyond skills transmits not through the scores directly. However, it can never be transmitted without scores as well.

The first move is to master scores and skills. But then the virtuoso beyond skills becomes fragrant as if from the inside.

5. Value of the 'incubation period' and 'resignation'

I have discussed the diagrams presented above many times with many different people. Through doing so, I came to think that there is overlap in the stage of 'Beyond skills' (3) to the 'setback situation', i.e. the situation in which the usual method does

not work anymore. Again, the 'setback situation' is a dead end where the conventional approaches does not work, one generating considerable perplexity in that we can't go farther with the same pattern as we have done before.

We never will such a situation, but we inevitably fall into it. The process of 'to release', 'to unlearn' and 'self-emptying' comes from failure, emerging in the wake of perplexity and crisis. Sometimes we feel we have fallen and continue to fall, into darkness without end.

In terms of the diagram, however, such darkness may be the place of potentiality: the space from in which something new will emerge. If we take care of ourselves in this darkness, the time will come when a new sprout begins to appear. During this 'incubation period' the worse attitude is to be in a hurry. We must wait; repose in the situation until it change and the sprout arises by itself.

Now the questions become: Do we have anything to do with this sprout? Should we only wait for it? In terms of the diagram, is it not a time of challenge where an accumulation of regular training will be tested?

I have come across another diagram which is called the 'Innovation Diagram', one developed by Professor Eiichi Yamaguchi, a researcher of physics and business administration[5]. His diagram came from his case studies of the innovations in many corporations. He suggests that innovations do not come from the established paradigm directly, but emerge once an older paradigm is dropped once dropped, a period of apparent stagnation marked by a great deal of trial and error ensues, and then –as if by coincidence - an inspiration arrives.

Professor Yamaguchi uses the term of 'Field of Resonance' to signify the matrix of supporting conditions that come together in these occurrences of inspiration. Some examples from business might include supporting conditions such a, good rapport with one's superiors, ample time and freedom from deadlines, etc. Isolating these conditions is important from an administrative viewpoint. However, my question concerns the value of the perplexing darkness in the middle, what I have called the 'incubation period'.

Does this darkness have value because it is the mother of new innovation? If so, this means that without innovation this 'darkness' lacks inherent value. In other words, is this endurance of darkness all for naught without results? Is it simply a failure or a mere waste of time and effort?

Keiko suggests that 'Beyond-skills, that is 'without skills' has its own intrinsic value. That is, even if it gives birth to nothing it is importance. Even if a great deal of trial and error yields no innovations, trial and error already has its own value, just as it is.

The classical teachings encourage us that a new sprout will come out by itself in due course. However, it also suggest to us that, seemingly paradoxically, the being in the stage of 'without-skills' has its own significance without any reference to results.

This is teaching rooted in the concept of 'Mushin'. 'Mushin' is never a means. It is never a step for the next stage. To be Mushin is as important as to look for Mushin. To be in darkness is, paradoxically, one way of shining.

6. Conclusion

So to return to the question that began our inquiry: How can we prepare ourselves for the 'Creative inspiration'? According to the Keiko-teaching, we have to first learn the Kata, a special pattern or form, which allows us to master the proper skills naturally. However, the Kata is never an endpoint, never an almighty. Kata brings us effectively to a certain point, but over that limitation the Kata can not work effectively. In the worse, it can restrict us into a fixed framework.

Having reached a point where the conventional Kata no longer works, we fall into the setback situation—a crisis period or apparent dead end. We are forced to reflect ourselves and begin the trials of trial and error. But another way to view this is as an 'incubation period' where something is moving in the direction of a new creativity.

Within or perhaps after such period, creative inspiration arises of its own accord. We can never control this occurrence by our intention. It appears out of nowhere.

This is the flow of the Keiko teaching, as depicted in the 'Innovation Diagram'. However, a key question arises when no results are forthcoming from this incubation period. No innovation, no original idea, no sprout come outs, but just a great ordeal of trial and error.

Is such an 'incubation period' worthwhile? The teaching of Keiko answers yes. The 'incubation period' is valuable by itself. It is important not because it will yield a new sprout, but because it is intrinsically valuable.

It is very interesting that, almost paradoxically, such an interpretation of the incubation period is the best condition for the new innovation. The

acceptance of what we may call 'resignation' turns out to be mother of the creative inspiration. New innovations issue not from strong intention but from a kind of 'resignation'. It is in release, abnegation, and self-emptying, that the sprout of inspiration grows the easiest.

Here, however, I have again fallen into the trap that the resignation is valuable because of the new result. Again, this is not the case: resignation is valuable by itself and for itself.

This is the point of the classical teaching of Keiko. Within it, it becomes most difficult for us to evaluate such an 'incubation period'. Resignation is the optimal condition for the new inspiration, but this resignation is not equal with despair or hopelessness. Rather, resignation signifies 'beyond skills', 'beyond conventional framework', 'free from any presupposition' and 'free from any articulations'.

'Free from articulations' is valuable not because of the new result but it is valuable by itself.

As such, would-be evaluator should view such 'incubation period' without expecting any result, because, on the first level of productivity, this is the optimal condition for the creative inspiration, but on a second deeper level because 'to be free from articulations' is valuable and luminous by itself. This is the essential point of the classical teaching of Keiko.

Acknowledgement

This research is supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University.

Notes

1 We call this stage 'Mushin' according to the Japanese classical thought. Mu-shin means, literally, 'non-mind' (無 MU ; non, nothing, emptiness, naught, 心 SHIN; mind, heart, intention). In the context of this article this term will be translated as 'a selfless level of art', 'being without intent', 'a kind of excitement and luminosity that transcends the mind'.

2 It might be helpful to think about this also in terms of different qualities of consciousness: while the stage (3) was the stage of being free from consciousness or having no reflective awareness, there is a new kind of awareness at this stage (4). This new consciousness is never identical with the consciousness of stage (2) which makes the outer world an 'object' in the dichotomized 'self' and 'object' paradigm. In this new consciousness of stage 4, there is no 'self' standing distinct from the object. The 'self' considered here is the self that has coalesced into the amalgamated subject of 'self=object'. For that reason, consciousness executed by the amalgamated subject ('self=object') also is entirely different to the ordinary subject consciousness.

3 We might call this mystical stage (4) 'double-eyes'. Double-eyes could see a new kind of articulation based on the no-articulation (No-skills, No-intentions). It is not the same as skill or intention in the stage of 'Skills': rather it has been transformed by Mushin. A master with double-eyes can accept two moments which are mutually exclusive. Double-eyes perceive ambiguous events in a fluid dynamic process. Double-eyes might also be characterized as 'beyond dichotomy 'or 'unity of opposites'.

4 In Zen-Buddhism the Processes B and C are said to begin 'immediately' and 'simultaneously'. Two different processes are united into one. De-construction and Re-construction have to be understood as simultaneous events. The way to Mushin and the way from Mushin are united into one. Zen-Buddhism has a special category called 'SOKU 即' , meaning literally, 'at once'. It is explained that 'the state in which two things that seem to be different outside are one inside.' It is the provocative state of dichotomy or, in other words, the 'unity of opposites'. Nishihira, T., Mu-shin No Dainamizumu (Dynamism of Mu-shin), Iwanami-gendai-sosho, 2014

5 In his latest book, Professor Yamaguchi made reference to my discussion, that he found the same dynamism with my creative inspiration from a standpoint of his innovation theory (Yamaguchi, 2016, p.121).

References

Nishihira, T., *Mu-shin No Dainamizumu (Dynamism of Mu-shin)*, Iwanami-gendai-sosho, 2014

Nishihira, T., Subjectivity of 'Mu-shin' (No-mind-ness): Zen Philosophy as interpreted by Toshihiko Izutsu, *Journal of Integrated Creative Studies*, Center for Integrated Creative Studies, Kyoto University, 2015

Nishihira, T., Bewusstsein ohne Bewusstsein (Mushin): Die Zen-Philosophie aus erziehungswissen-schaftlicher Sicht, *Pädagogische Rundschau*, 2017-1

Yamaguchi, Eiichi, *Innovation: Paradigm Disruptions and Field of Resonance* (Japanese), NTT-shuppan, 2006

Yamaguchi, Eiichi, *Why Innovation faded out in Japan* (Japansese), Chikuma-shinsho, 2016

これからの未来を創る学びとは？
進化の原理の活用に迫る

2018 年 10 月 27 日 27 日（土）13：00 – 16：00
会場 ●京都大学 百周年時計台記念館 記念ホール

素粒子の謎に迫る

高柳 匡（京都大学基礎物理学研究所教授）

みなさまこんにちは。きょうはお招きありがとうございます。私は京都大学基礎物理研究所というところで、物理の研究、とくに素粒子について研究をしている研究者です。

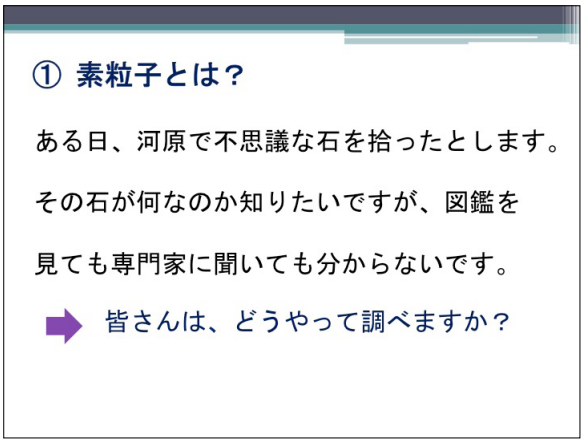
これからお話しすることは、素粒子とはどういうものかということや、最新の研究はどういうものかです。素粒子は、ものごとを小さく見ていったときになにが残るのかという話なのですが、そういうことを考える、ミクロな話を考えてゆくと、最後には宇宙の話、逆に大きなものに行きつくというお話をさせていただきたいと思います。

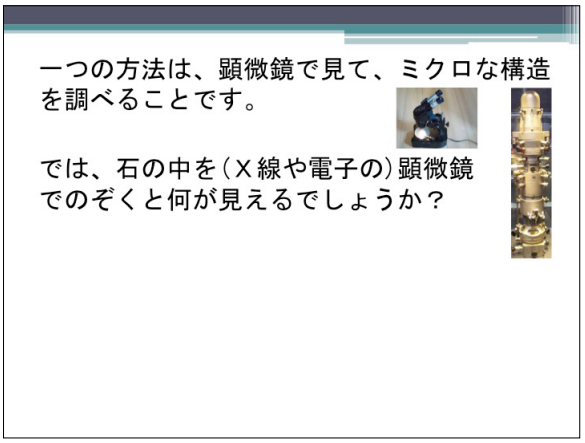
みなさんにとって物理は理科の科目の一つだと思うのですが、ものの法則を調べる学問です。自然界の法則を調べる、たとえばものを落としたときにこれがどうやって落ちるのか、どのくらいの速さで落ちるかといったことを研究する分野ですが、最後には、その最先端のお話をさせていただきたいと思います。

最初に、かんたんな質問から入っていきます。みなさんは子どものときに、たとえば小学生のころ――いまでも好きな方はいらっしゃるのではないかと思うのですが、川原できれいな石を拾うと思います。いろいろな石があります。とくにそのなかで自分の気になったものを家にもって帰ったとします。石に興味のある人だったら図鑑で調べて「どれかな」と考えたりしてみます。それでもわからない場合は、まちの専門家、石の博士のような人に聞いてみます。

だけれども、そういうことをしてもわからない石だとします。そうしたらどうするでしょうか。みなさんが研究者になった立場で、ちょっと考えてみていただきたいのです。どうしてもその石を知りたい。どうやって調べたらよいか。どんな本にも載っていない。

そういうことを考えるのが研究者の仕事なのですが、いろいろな方法があります。いちばんある意味強力な方法は、つぎのような方法です。思いついた方もいるのではないかと思います。





細かく見るという方法ですね。簡単に言うと、顕微鏡で見ることです。なにからできているのか、ミクロな構造を調べてみます。ただし、石の中を覗くには、顕微鏡よりももっと性能の高い、拡大できるものがあります。たとえばX線や電子線の顕微鏡です。なかなか家には置けないサイズの、大学の実験室にあるような顕微鏡をつかって見るということです。それをつかって石の中を覗くとどうなるのか。みなさんも、こうした原子というものを習うと思いますが、原子というつぶつぶの粒子でできています。

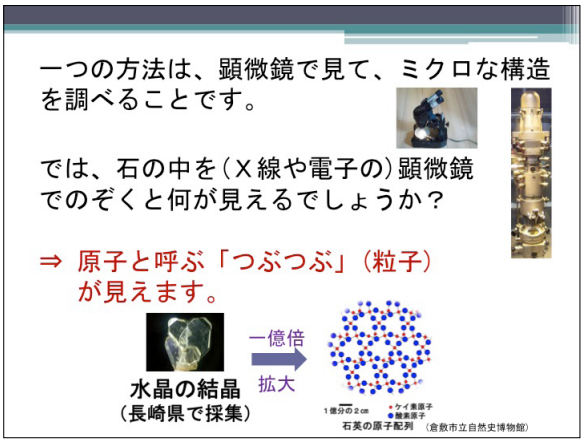
たとえば、これは水晶という透明な結晶です。これは私が長崎県で採ったものです。これの中を1億倍拡大すると、もとからはイメージができないようなつぶつぶ、点の塊でできています。点もきれいな配列をしていて、六角形のような構造が見えます。これは非常に重要な結晶と呼ばれる構造で、このつぶつぶが原子です。水素の場合はケイ素と酸素からできています。そのようなつぶつぶが見られる。

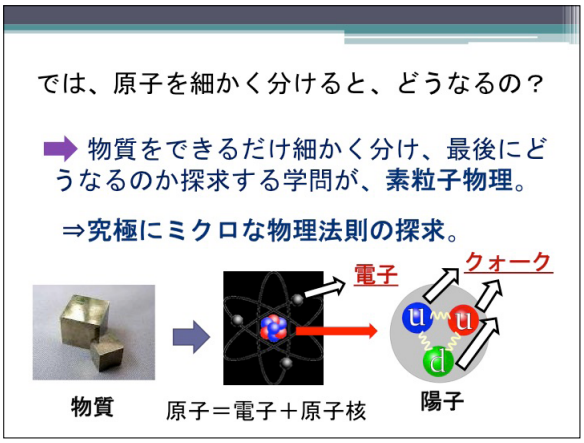
では、このつぶつぶが最後に残るものなのか。このつぶつぶをさらに、原子をもっと細かく分けることができるのかということを考えます。それが素粒子物理という学問です。物質をできるだけ細かく分けて、最後になにが残るのか。これを探求する学問が私自身の研究している素粒子物理という学問です。

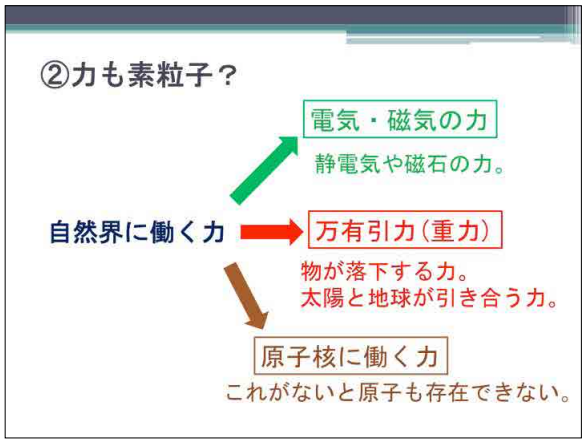
言い換えると、究極にミクロな世界に働く物理法則はなにかということを考えることと同じ話です。ですから、たとえばこうした物質があったとします。金属でもよいし、そのへんの石でもよいですが、それを分けてみると、原子というものがあり、原子をよくみると粒があります。その中をみると、電子というマイナスの電荷をもった粒子と、原子核、プラスの電荷をもっている粒子がある。この原子核をじつはさらに細かく分けることができます。この図で青色のものと赤色のものが見えますね。赤色を陽子といい、青色を中性子といいます。名前はともかくとして、このなかをさらに分けるとこのつぶつぶが見え、さらにこのつぶつぶも、よくみると三つに分かれる。これはクォークと呼ばれています。そういったつぶつぶに分かれ、最後になにが残るのか。現段階では、この電子とクォークが素粒子、最小の粒子だと考えられています。こういったものを探求するのが素粒子の理論です。

ものを落とすとどうなるかというと、力が働いて落ちます。そういう「力」という要素も重要な要素です。まず、ある物質がなにでできているのかということと、そのつぎに、それに作用する力を考える。すると、じつはおもしろいことに、力も素粒子だとわかります。それがつぎの話です。

自然界に働く力を思い出してみましょう。みなさんは電気の力や磁石の力は知っていますね。これは電気や磁気の力で。これがとても重要な力です。もう一つみなさんがよく知っている力があります。ものが落ちる力、重力です。重いものでも質量をもっていたらすぐに落ちる。それが万有引力です。いいかえると、太







陽と地球を引きつけている。地球と月が引きあっている力です。この二つはすぐに思いつくと思います。

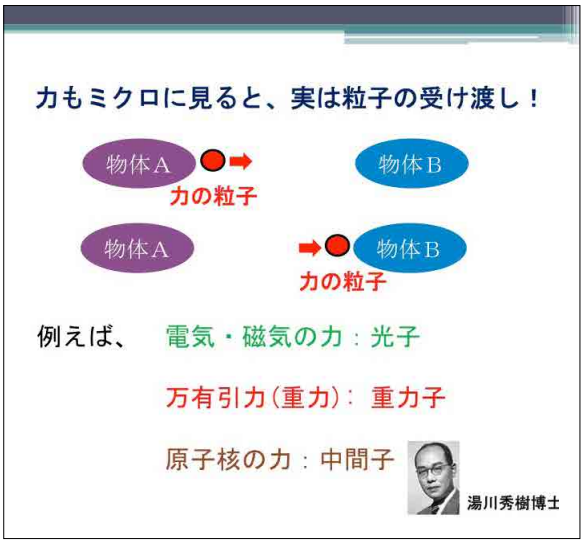
もう一つ、じつは重要な力があります。それは原子核、つまり先ほどの小さいつぶつぶの集まり、に働く力です。この陽子や中性子と呼ばれる粒たちが引き付けあって原子核ができるのは、この力（核力）があるからです。もしこの力がないと原子もばらばらになり、そもそも私たちの存在自体もなくなってしまうのです。

これらの力とは本質的に何であるのか？これをミクロに見てみると、実は「粒子の受け渡し」であることが分かります。

たとえば、ある重い物体とある重い物体とがあるとします。その時、重力（万有引力）で引きつけあいます。もしくは、こちらがプラスの電荷をもっていて、マイナスの電荷をもっていたら引きつけあう。そういうときに、どうして引きつけあうのかをミクロに見ると、力の粒子が出ていって、相手に吸いこまれる。そういったプロセスだとわかります。これが現在の理解です。

では、その粒子は何だろうかということです。電気や磁気の場合、その粒子は光子と呼ばれます。じつは光が粒子のようにふるまって力をやり取りする。重力の場合も、重力子という名前がついています。重力の粒子が力をやり取りする。

原子核の力は中間子と呼ばれています。中間子を交換することで力が働くのだということを最初に言ったのが湯川秀樹博士です。日本人で最初にノーベル賞を取った方で、われわれの研究所の初代の所長です。われわれの研究所は、英語では「Yukawa Institute for Theoretical Physics」といいますが、その方から名前をとっています。力をミクロにみると粒子です。粒子が本質だということをふくめて、素粒子の理論と呼んでいます。

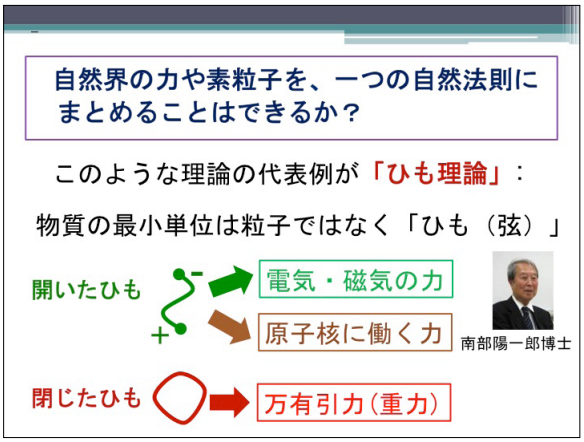


いろいろな粒子が出てくるのはよいのだけれども、もう少し系統的にまとめることはできないか。たくさん表のように出てきて、すこし複雑です。われわれはそういうときに、力や粒子を一つの自然法則にまとめて理解できないのかと考える。なるべくかんたんにしたい、それが物理の基本的なアイデアなのです。

こういう理論は最先端の話ですが、その代表例が「ひも理論」とよばれています。これは私が研究している理論です。現在でもまだ、完全には完成していない研究対象です。どういう理論かというと、物質の最小単位は粒になると先ほど言いましたが、じつはそうではなくて、もっとよくみると、粒ではなくひもなのです。驚くかもしれませんね。粒子は点なのに、どうしてひもに変わってしまったのか。じつはこのひもはとても小さくて、ほとんど見えないくらいで、点みたいなものです。だけれども、理論上ひもだと考えると、いろいろとよいことがあります。

たとえば、2種類のひもがあると考えます。みなさんも、ひもやロープをつくることがあると思うのですが、両端を切ってしまったロープ、これを「開いたひも」といいます。もう一つは両端をつないだものです。これは「閉じたひも」といいます。開いたひもには端があるので、両端に電荷、磁石のN極やS極があります。その意味で、電気や磁気の力、あるいは先ほどの原子核に働く力もここから出てきます。いっぽう、この閉じたひもは、くっついているから電荷がありません。じつはこれを調べると、重力（万有引力）をもたらすことがわかります。

そういう意味で、先ほどは、三つのちがう力があるという話をしましたが、ひもだと考えると、一つのものとしてあつかうことができます。ひもの素材はいっ



しょなので、根源がまったくいっしょだといえる。そういうおもしろい言い方をすることができて、このような目的にかなったものになります。

このひも理論を最初に提案したのが南部陽一郎博士です。この方はちょうど10年前にノーベル賞を取られた方です。いまではそれが大きく発展をして現在に至っています。

これまでは従来の素粒子理論ですが、ここで話のスケールをすこし変えて、こんどは宇宙の話をします。物理の対象は物質ですが、宇宙も物質であり、自然界を構成しているものはなんでも対象です。地面ではなく宇宙のほう、天のほうに目を向けたとします。川原だったら川原の石がありましたが、宇宙だとなにがあるかというと、天の川やそれを構成する無数の星があります。その中に、とてもふしぎな星があります。ブラックホールと呼ばれるものです。

みなさんもブラックホールというものについて聞かれたことがあるかもしれませんが、星の一つと思ってもよいのですが、とてもふしぎで、色が真っ黒なのです。なぜ真っ黒かというと、たいへん重い星だからです。重いとなにが起こるのかというと、重いものは万有引力で、ほかのものを引きつけます。たとえば、地球の周りをまわっている月がすごく重かったならば、地球はもちろん月に吸い寄せられてしまいます。

星が見えるのは、星から光が出てきて、私の目に入るからです。月が見えるのは太陽の光が反射するからです。いずれにしろ、光が入ってこないと、私たちの目には見えません。ところが、あまりにも強い力で引きつけられてしまって、光ですら星から出てこられない。これがブラックホールです。

ブラックホールはどうやってできるのかというと、じっさいにたくさん観測されています。ブラックホールは、たとえば二つの星が合体したときや、重い星がつぶれたときにできます。

もともとの星には、たとえば人が何人いたか、あるいは動物たちがなにを食べていたのかなどの情報があります。そういった情報があるのですが、いったん合体してブラックホールになってしまうと、外の人からは真っ黒なものしか見えず、まったくなんの情報も、中になにがあるのかも、さっぱりわからなくなってしまいます。これは物理学にとってとてもふしぎなことです。

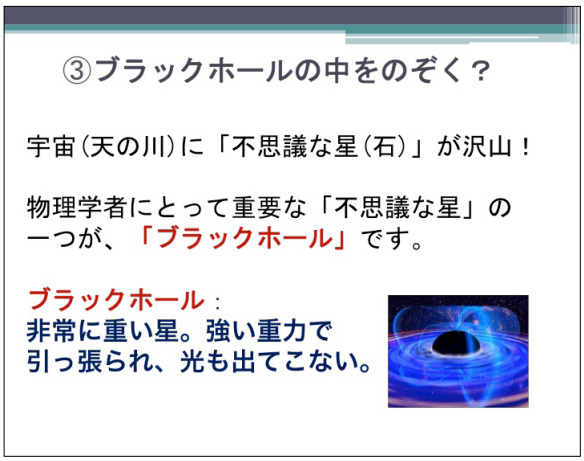
逆にいうと、なにが起こっているのかというと、なにがいくつあったのか、粒子が何個あったのかという、もともとあった情報が突然に消えてしまう。いや、ほんとうに消えるのはおかしいので、この中に隠れているのです。そういう意味で、ブラックホールの中には情報が隠れているということになります。

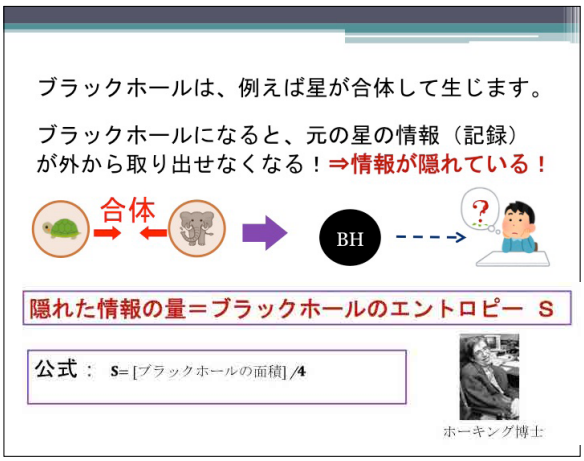
すこし専門用語をつかうと、隠れた情報の量は「ブラックホールのエントロピー」といいます。物理という学問は、あいまいに言うのではなく、たとえば重さだったら何キログラムなのか、はっきりと量を指定します。その量のことを、専門用語をつかうと「エントロピー」といいます。これは大学生になったら勉強するような話です。名前はともかくとして、情報がどれだけあるのか、それがとても重要で、「S」というアルファベットで書きます。

ホーキング博士やベッケンシュタイン博士という有名な物理学者がブラックホールのエントロピーに関して発見した有名な公式があります。

S ＝ ブラックホールの面積／4

かなり専門的な公式ですが、式はかんたんです。隠れた情報、ブラックホールの中に入っている情報は、ブラッ





クホールの表面積を４で割ったものだという、とても有名な公式です。ブラックホールのエントロピーの公式、ベッケンシュタイン・ホーキングの公式と呼ばれています。

たしかにそうなのですが、なぜこういうことになっているのかが、とてもふしぎです。それを理解するために、先ほどの話を思い出してみましょう。先ほど、わからない石があれば、顕微鏡で拡大するという話をしましたが、こんどはブラックホールを拡大してみます。それがつぎの話で、ブラックホールの中をのぞいてみましょう。でも、じっさいに宇宙にあるものをのぞくことはなかなかむずかしいです。そこで、先ほどの「ひも理論」を使い、頭の中で想像することでブラックホールをのぞいてみることにします。

じつは、ブラックホールは、ひもがたくさん集まったものなのです。ひもは重いので、集まるとさらに重くなってブラックホールになる。外にいる人は、ブラックホールの中がよく見えないのですが、ひも理論という理論的な顕微鏡をつかうと、拡大することができます。すると、無数のひもが飛んでいるようなようすが見えてきます。このひもがミソで、ここに情報が入っています。このひもがどこにつながっているのかが情報です。「ここととここがつながっている」、「ここととここがつながっていない」などの情報が、じつはブラックホールの情報になっていることがわかります。それを専門家がきちんと調べると、情報量はブラックホール面積を４で割ったものに確かに等しいことが確かめられるのです。

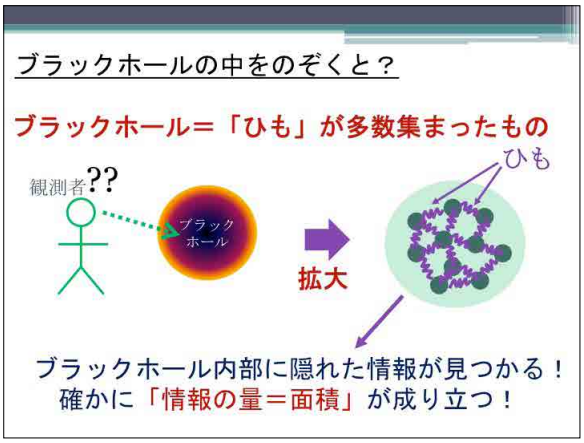
ここまでが、これまでの研究です。じつは、これがはっきりとしたのが20年くらい前です。ここから始めって、現在ではいろいろな発展があります。では、今は何が最先端かというと、その一つは私たちの研究成果です。専門的な話には立ち入れないですが、おおざっぱな内容をお伝えしたいと思います。

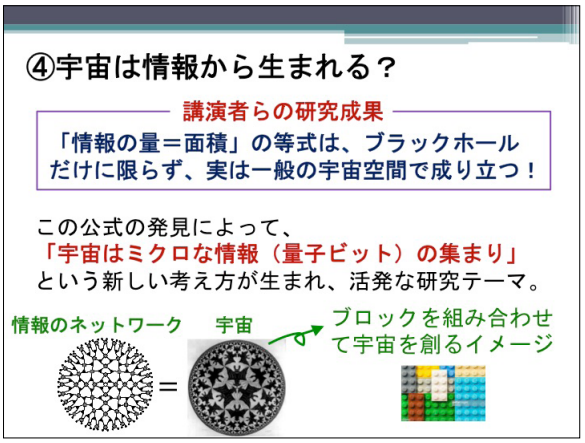
これは、私と研究仲間の笠氏との共同研究の成果です。先ほど、ブラックホールの話のときに情報と面積が等しくなると話しましたが、じつはこれはブラックホールにかぎらず、一般の宇宙、われわれがみている宇宙でも成りたつことがわかりました。ある理論的な手法をつかうと、こういうことをきちんと示すことができるのです。これはおどろくことで、どんな宇宙でも情報からできているのではないかと思われるわけです。

もっと専門的にいうと、量子ビット。コンピュータをつかうとき、データの量を表すときにバイトということばをつかいますが、それをすこし小さくしたのがビットです。最小単位は１ビットで、０か１か、プラスかマイナスかという２進法の情報量です。量子ビットは、ミクロな世界での１ビットのことです。私たちの研究成果から宇宙は量子ビットの集まりだという見方が出てきました。もっと詳しく言うと、量子ビットという細かい情報を、つながっているネットワークという情報に焼きなおす。そうすると、じつはこのネットワーク自体が宇宙そのものであると思えてくるのです。

みなさんも、レゴのブロックをつくったことがあると思います。これはあたかも、小さなブロックを組みあわせて大きなものをつくって、宇宙をつくる。そのひとつのブロックが情報のビットなのです。すごくふしぎな、とてもおもしろい本質的な描像が浮かび上がってくる。これが私達の最新の研究テーマです。

素粒子理論は、点のような粒子を探すところから、こんどはひもになって、ひもから情報というアイデアも出てきて、宇宙がどうやってできてゆくのかという、そういう発展になってきています。



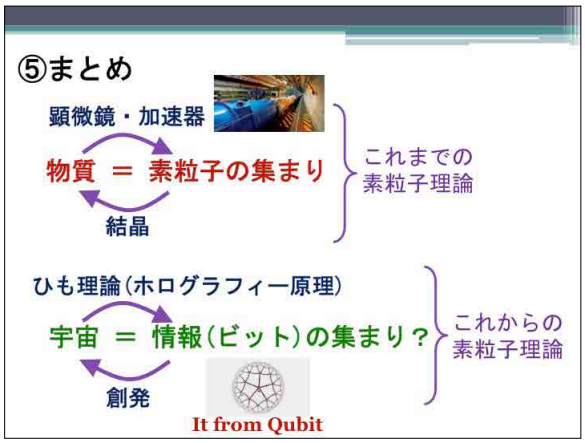


それをまとめたものがこの最後のスライドです。最初に物質というものを考えました。石でもよいです。それをよくみてみると、素粒子の集まりで、分解するのです。小さく見たいときに役だつのは顕微鏡、もっと専門的なものだと加速器というものをつかいます。これはスイスにある加速器で、数十キロメートルくらいの装置で、おおがかりな顕微鏡と思っていただければよいのですが、このようにして物質を分解するのです。いっぽうで、多数の粒子が集まることで物質がつくれる。それが結晶するということです。こういった見方が従来の素粒子物理です。

今回のシンポジウムのテーマは「未来」ということもありますから、将来のことを話しますと、まさにいま最先端で起こっているのは、宇宙をばらばらに分解するという考え方です。宇宙をばらばらにすると、じつは、情報の集まりではないかと思われています。そこでつかう道具を「ひも理論」といいます。もしくは、ホログラフィー原理ということばをつかったりします。用語はともかく、そのようにして、情報がバラバラになります。

逆に、情報が集まると宇宙ができます。すこしむずかしいことばですが、これを創発といいます。そういったかたちで、物理の理論もどんどんと進化し、情報との関わりあいがとても深くなっています。それが最近のおもしろい兆候です。私は、まさにこのような新しい考え方を推し進める研究を日々行っています。

より詳しいことに興味がある方は、サイエンス系の雑誌、日経サイエンスやNewtonなどで「創発する宇宙」などが取りあげられるようになってきましたので、見てください。では、私の講演はこれで終わりにさせていただきたいと思います。ご清聴ありがとうございました。



わかった！ その体験の本質に迫る

村瀬雅俊

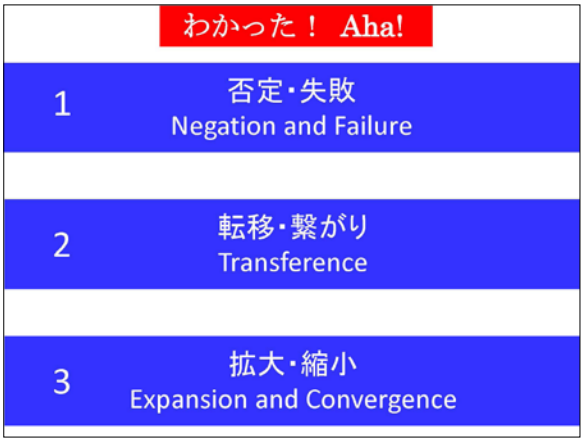
それでは最後の講演として、これまでみなさんが四つの講演を聞いていただいたときに心の中で起こったことを、目の前で、見えるようなかたちで提示することができるかなという、すこしチャレンジングなことをしてみたいと思います。「わかった！」、Aha Experience、という体験の本質に迫りたいと思います。

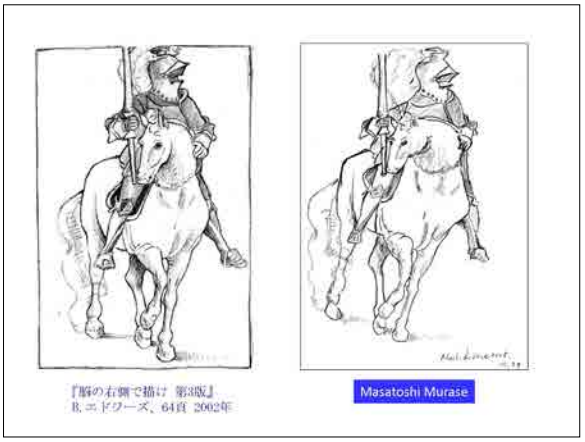
本質はたった三つのことで表現できます。失敗あるいは否定がだいじであって、つぎにつながりを発見する、これを転移といいます。そして、ものの見方を拡大・縮小する。高柳先生がものを見るときに縮小する、あるいは拡大するというお話をしてくださいましたが、それとの関連が出てくると思います。

主観的体験について説明します。たとえば、絵を描きます。「左の手を描く」という課題を与えられた学生さんは躊躇しながら、鉛筆を使って、真っ白な画用紙に手を描きます。とてもよくできていますが、なにかがもの足りないのです。なにが足りないのかというと、否定というものが積極的に取り入れられていません。

画用紙が白であることをまず否定して、グレーの状況をつくっておく。そしてもう一つ、消しゴムをつかうという二重の否定をつかって、オブジェクトを逆に浮かびあがらせる。消しゴムは消すものだという概念を否定して浮かびあがらせる。オブジェクトの複雑さを設定することによって、かえって、出来ばえのよい絵ができます。

これは、私が数年前に自分でトライしたもので、たった１日で、絵のでき、見ばえがぜんぜん違います。このように、絵を描くことがじつは創造性の本質を主観的に体験することになる。左はオリジナルで、右は左を模写して書いたものです。わりとできがよいと思います。じつはこれは、べつのかたちの否定を意図してつかっています。どういう描き方をしたのかというと、お手本を上下反転させて、さかさまからスケッチしました。そうすると、先入観が否定されるので、意外と





できがよい。きょう帰って、おうちで実験されたら、驚くようなできになると思います。

いままでお話したことを、ちがったかたちで、客観的にみられないだろうか。ゼロが無限であることを、数分でお示したいと思います。大学の学生さんにそういうと、みな目を白黒させます。ゼロが無限だという理屈は単純です。「0 =」という式の右辺は、無限の多様性、無限の組みあわせが成りたちます。項を増やすこともできますし、数字である必要はなく、x や y に置き換えることもできる。つまり、ゼロのなかには無限の可能性がふくまれている。

こんどはそれを図式化できないだろうか。左に描いた丸をゼロと考える。たとえば二次元平面で y = 0 とすれば、x 座標がこれを満たします。x = 0 は y 軸、これが式を満たす。0 = x + y は、原点を通る直線となる。この直線の任意のローテーションはすべてこの式を満たすので、平面がじつは 0 と等価になる。これを「0 = x + y + z」、三次元に拡張すると、球全体はじつはゼロと同じだというように置き換えられる。ものの見方というのはこのように、なにか新しいものを足すのではなく、発想を変えるだけで無限性を取りだすことができる。

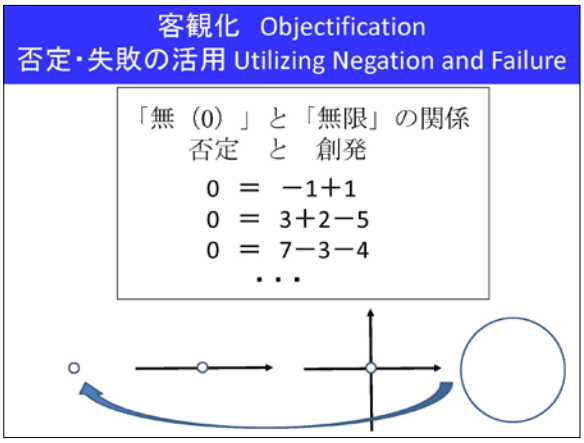
「わかった」と、すこしは思いましたか。つぎは、「つながり」のお話をしたいと思います。これが転移やつながりです。たとえば、砂粒をずっと一定速度で落としつづけるとします。ここにお皿はないのですが、お皿がここにあるとして、一定速度で砂を落としつづけると、砂の総量はどうなるのか。だいたいの学生さんはたとえば、こういうグラフ、横軸が時間で縦軸の総量が飽和するグラフを書きます。じっさいにやってみればよいのですが、そのまえにみなさん、どんなことが起こるかを予測してみてください。

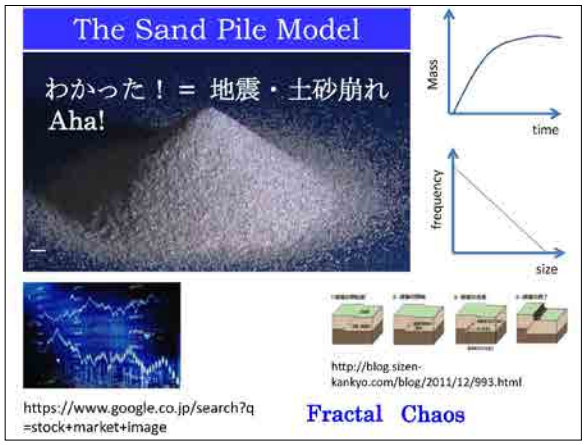
ここでは模式的に崩れる量を白いバーで表現しています。一定の速度で砂を落とすにもかかわらず、崩れる頻度とその大きさはまちまちです。このようなことが起こるのは、じつは雪崩現象が起こるときには、砂粒が一つひとつではなく、あたかも流体のように流れることと同じです。つながるのです。

こんどは、その雪崩の頻度を縦軸に、そのサイズを横軸にします。そうすると、ある種の相関が見えてきます。このグラフはじつは、地震発生のグラフとつながります。1000 年にいちど、100 年にいちどの大きな地震は発生頻度が少なく、毎日起こる頻度の高い地震の規模は小さい。株価の乱高下も、大暴落あるいは暴騰の頻度は少ないのです。なんと、いまみなさんが体験しているのは、この砂山のモデルが雪崩や地震のモデルになったり、株の問題の本質になったり、どんどんとつながってゆくことを体験しているのです。

この小さなスケールも、こういった大きなスケール、マネーゲームのようなスケールも、対象はまったくちがうけれども、同じようなものの見方で統一できてしまう。サイズがちがっても同じ、それにはフラクタルという専門用語がつかわれます。つぎになにが起こるのかわからないという予測不能性は、カオスということばでも言われています。これがじつは、地震のメカニズムに相当する飛躍体験が頭の中で起こったことではないかという、一つのものの見方ができるかと思います。

三つめは、拡大と縮小です。先ほどフラクタルというお話で説明しましたように、たとえばこれは、私たちの心臓の心電図です。それを 1 分間あたりの心拍数に変換したものが下のグラフです。右のグラフには A、B、C、D、4 名の被験者の心電図が書かれていています。この 4 名のなかで 1 名だけ正常、健康な人がいるのです。

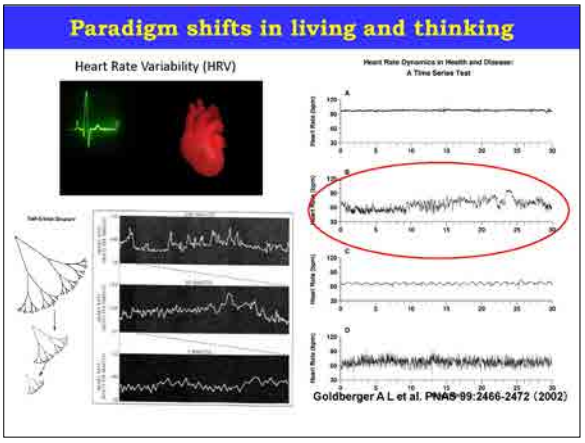


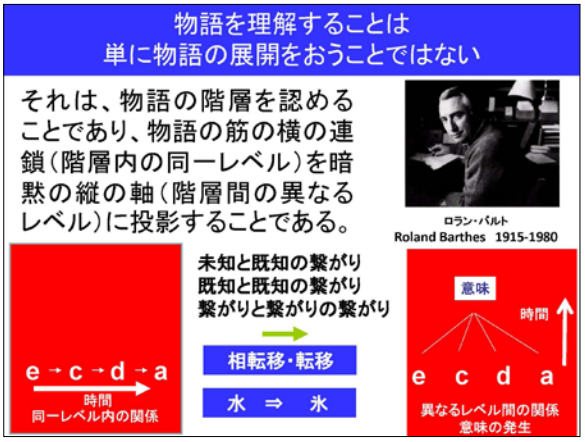


どの人が健康だと思いますか。いままでの話を聞いていただいたら、じつはこれだと予想がつきます。これはカオスでありフラクタルです。外の世界はなにが起こるのかわからないので、私たちの心臓のシステムは、じつはこのような特徴をもつように進化してきているのです。

その特徴はなにかというと、たとえば樹木をスケールアップすると、同じような構造が繰り返されるフラクタル構造になっているように、時間スケールをどんどん大きくすると同じ構造が見えてきます。これは、カオスの本質にもなっています。

ロラン・バルトという構造主義者は物語を研究しています。物語を理解することはたんに筋を追うことではなく、未知なるものを生みだすプロセスだというようなことを言っています。これはある種の転移あるいは相転移ということにつながっていて、未知と既知とのものをつなげる、あるいは既知と既知の未知のつながりを発見する、あるいはそうして出てきたつながりとつぎのつながりの新しいつながりを考える。ゼロが無限であるように、どんどん大きなことが見えてきます。この転移の本質は、たとえば水が氷になるような、





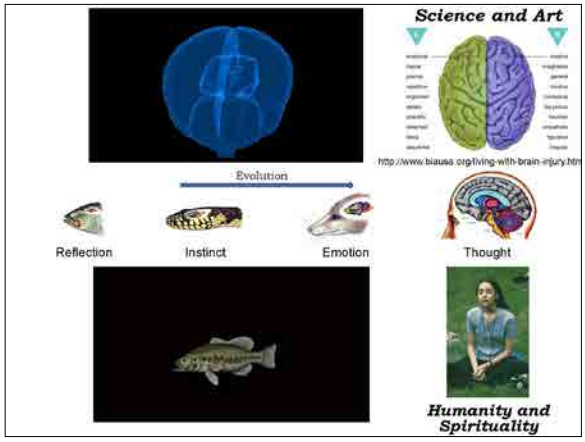
要素の本質は変わらないけれども、その関係性が変わるだけで相が変わるという、そういう意味で相転移と名づけられています。

私たちの脳は非対称になっていて、左側は言語脳、あるいは数学処理、ロジックに長けています。筆記もできます。右側の脳は運動や音楽や図形に長けています。大学では、左と右の脳の機能をつなげるということが新しい発想の原動力になっています。

そして、もう一つ私たちの脳は、先ほどからホーエネガー先生、大野先生のお話にあったように進化をたどってきています。魚のレベルの反射脳、ヘビのレベルの本能、そして哺乳類レベルの情動、最後にヒトレベルの思考。これらはすべて私たちの脳のなかには機能として残っています。それをつなげることが、じつは瞑想のプロセスのなかで働いていることだと考えられます。左右の非対称性のつながりをつくる、あるいは現在と過去を脳の領域のなかでつくることを試み、それが「わかる」ことの一つのエッセンスになります。

ここで実験をしたいと思います。Hoheneger 先生、大野先生、どうぞこちらに。大野先生、右手を水平に上げてください。ホーエネガー先生がその腕を上から押しますので、その押される力に抵抗してください。ではつぎに大野先生、すごく悲しいことを思い浮かべてください。そこでホーエネガー先生、もうひちど大野先生の腕を押してください。はい、もうけっこうです。みなさん、なにが起こったのかわかりますか。ふつうの意識状態では抵抗できたのに、落ち込んだ気もち、悲しい気もちになったときには、その抵抗が弱まるのです。

これは逆にもつかえて、「よし、できる」と思うと、どんどん成績が上がる、あるいはスポーツのパフォーマンスがよくなる。つまり、つながりは自分の体の中



にある。あるいは、自分の精神と体のつながりを意識するだけでパフォーマンスがぜんぜんちがいます。これはぜひ、学んで帰ってくださいね。つまり、「わかった」ということに必要なのは、先入観を否定する、前提を否定することです。そしてもう一つだいじなのは、失敗してもよいということです。成功だけを追求すると、成功を追求するプロセスから失敗が生まれてしまうので、「失敗してもよい」と思えば、いまの大野先生のようにならずにすみます。

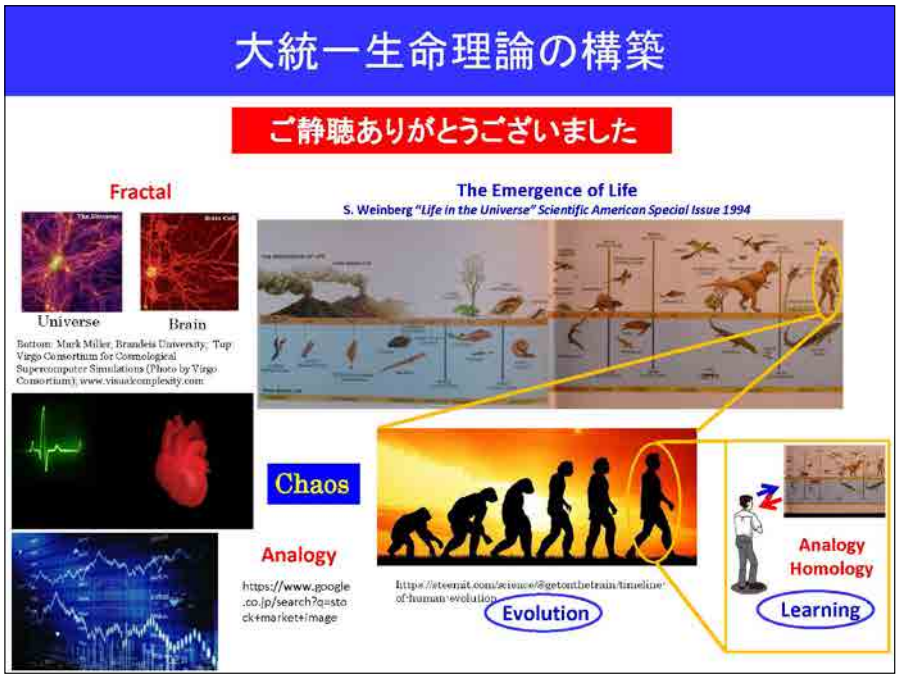
つぎに転移、つながり。いまお話ししたように、いろいろなことにつながりはあるけれども、まだなにとなにとがつながっているかまではわからないので、無限の可能性を秘めているのです。だから、みなさんも無限の可能性を秘めているのです。

三つめは拡大と縮小です。対象が大きかろうが小さかろうが、同じ原理が成りたつのではないかということです。これが最後のスライドです。とてもチャレンジングに書いています。「大統一生命理論の構築」。これは冗談ではなく、ほんとうにできるかもしれないと思っています。一つはフラクタルです。宇宙の構造と脳の神経系の構造が似ているということです。あるいは先ほどのダイナミズムにかんしても、時間スケールをどんどん大きくすると同じ現象が見えてくる。すべてがつながっているのではないかということです。

そして、進化。この進化をさらに拡大してみると、日々の学習、もしかする、生命の進化を駆動する原理と学習を駆動する原理、私たちが日ごろ営んでいる学びの原理は同じではないか。ホモロジーあるいはアナロジーです。そうすると、対象と自分、それを学ぶ方法が出てきます。対象と自分と学ぶ方法、この３者が相同、同じ原理なのではないか。そういった意味で、大統一の可能性が秘められているということです。

みなさん、まずは自信をもって、力を受けても抵抗できるような自信をもって学んでいってほしいと思っています。これで私の話は終わりです。ありがとうございました。

（会場拍手）



パネル討論
未来を創る学び

パネリスト
高柳 匡（京都大学 基礎物理学研究所）
大野 照文（三重県総合博物館）
八木 匡（同志社大学 創造経済研究センター）
阿部 健一（総合地球環境学研究所）
村瀬 雅俊（京都大学 基礎物理学研究所、未来創成学国際研究ユニット）
高柳 匡（京都大学基礎物理学研究所教授）

好奇心にあふれた子ども時代

阿部●ぼくは、昆虫が大好きな少年でした。高校生のとき、どこの大学に行こうかと考えました。京都大学には「探検学科」と当時いわれていた、農林生物学科というものがあります。京都大学は、まだ日本人が行っていないような海外の国に行くこと、探検というものをすごく重要視していた。いまでもなかなか行けませんが、当時はめったに熱帯には行けなかったのですが、私は、京都大学に入って、熱帯に探検に行って、好きだった昆虫を思うぞんぶん見られたらいいなと思ったんです。

そして、みんなはまだ生まれていないころですが、1981年に、私の先生だった日高敏隆先生と2人きりでボルネオ島の熱帯林に行きました。生きものが好きな人だったら、日高先生を知っているかもしれませんね。ぼくはボルネオで昆虫がたくさん見られるだろうと思っていたのですが、ぜんぜん見られなかった。なぜかというと、昆虫というのは木の上にいる。私たちは地上を歩いています。熱帯林は高さが50メートルもあります。大きな木の上、樹幹という言い方をしますが、木の上にいる虫は地面を歩いているぼくたちからはぜんぜん見られない。とても悔しい思いをした。

そして、もう一つ大きな、すこし悲しい思いをしたのですが、その昆虫たちの住みかである熱帯林がどんどん拓けているという現実がある。さらに、熱帯林にかかわって熱帯林問題が出てきました。みなさんも聞いたことがあるかもしれませんが、熱帯林がどんどん拓けて、生物多様性の喪失が起こります。熱帯林の生きものの住みかがどんどんなくなる。そういったなかで、だいじな生物多様性が失われます。これを目の当たりにして、環境問題に取りくんでいる総合地球環境学研究所、環境問題をあつかう研究所に入りました。

ここでひとつ、ぜひ言っておきたいことがあります。私たちの研究所は地球環境問題をあつかう研究所ですが、なにが問題かというと、地球は問題ない、地球は悪くない。問題を引き起こしているのはいったいだれなのか。じつは私たち人間が地球環境問題を引き起こしている。だから、私たちはなにを研究しているのかというと、いろいろな研究をしている人がいますが、人間のことを基本的に研究しています。自分たちのこと、つまり人間、ホモ・サピエンスのことを研究する研究所です。ここでもう一つだけ言っておきますと、私は地球環境問題を解決する研究所だと言いましたが、ほんとうはちがいます。それだけではなく、新しい価値をつくりたい、おもしろいことをしたいのです。

問題を解決することは、さきほどスペインのインゴさんが言っていたように、コンピュータと人間の違いで、コンピュータは問題解決ができる、問題解決が得意です。でも、人間はちがう。新しいものをつくることができる。問題を解決すること、問いに答えを出すことは機械ができる。しかし、人間はよい「問いかけ」ができます。問いかけができることがすごくだいじです。これは私たち人間でないとできない。

最後にもう一つだけ。私たちの研究所の初代の所長は、最初に話したように、私といっしょにボルネオの熱帯林に行った日高敏隆先生です。私には何人も先生がいるけれども、大切な先生の一人である日高先生はなにを言ったかというと、「答えを出すようなことは、ほかの人に任せておけ。おれらはよい問いかけができるような研究者になろう」と。

みなさん、ひとつの花を思いうかべてほしい。自分の好きな花でもいい。その花は、なぜ美しいのだろう。昆虫学をしていたら、みずから昆虫を呼び寄せるためだと言えます。花粉を媒介するためだという説明はできるけれども、私たちは昆虫ではない。昆虫でない人間が花を見たときにも美しいと思う。これはなぜだろうか。

答えはなかなかむずかしい。そういった問いかけができるのが人間で、その人間のことを研究するのが、私が属する総合地球環境学研究所です。環境問題の解決は、けっきょくそういうところから実現できます。

八木●みなさんこんにちは。私は同志社大学経済学部の八木匡と申します。きょうこの壇上に立っている先生方は、ほとんど理科系の先生だと思います。文系、理系という言い方をすれば、経済学部は文系に入っているので、きょうは私がただひとり文系の研究者としてここに座らせていただいています。

さらに、きょうの先生方は京都大学が多いのですが、私は唯一、私立の同志社大学です。この点もすこしちがうかなと考えています。しかし、私は京都大学には1980年代の終わりくらいに3年半、助手として研究をさせていただきました。たいへん貴重な時間をここで過ごさせていただいたという意味で、数多くの感謝の気もちがこの大学にはございます。京都大学で研究をさせていただいたことがいまの自分につながっていると考えているので、たいへんうれしく思っています。

本日のオーディエンス、聴衆の多くは中学生や高校生です。ある見方をすると、京都大学の先生方が中学生や高校生相手に本気でしゃべったら、きっとわからないのではないかと思っていましたが、私はきょうのお話を聞いて、けっこう本気でみなさんにぶつかっていたのではないかと思います。

本気で先生方がぶつかっていたことを、みなさんはいろいろなかたちで受け止めていただければよいと思います。もちろん、このなかには、将棋の藤井聡太七段のように天才的な能力をもった人もいるかもしれませんが、そういうことにかぎらず、いろいろな能力がいまの段階ではみなさんのなかにあります。きょうの話のなかで、とくに村瀬先生が話されたように、「やる気が出る」ということが、じつはみなさんの能力を一気に開花させる一つのきっかけになると思います。

きょうの話を聞いて、むずかしいと思ったということ以上に、奥が深いのだと思われた人も多いのではないかと思います。インターネットで、たんなる知識として聞いていた話がじつはそうではなく、よりむずかしく、難解で、奥が深いという側面を垣間見られた。そういった記憶を、きょうはすこしもち帰っていただければと思います。

村瀬●八木先生と阿部先生、ありがとうございました。つぎに高柳先生と大野先生にふっていきたいのですが、まず私のことをすこしだけお話しします。

私は小学生のときに算数と国語で0点を取ったことがあります。そして、中学に入ると、英語のアルファベットが書けなかったのです。そのあとは、先ほど実験でお示ししたように、気合というか、気もちが入りました。そうすると、自分のパフォーマンスがどんどん変わっていった。そういう経験をしました。

だから、教科がわかる・わからないではなく、わかりたい、あるいはなにかをしたいに変わった瞬間に、できなかったことがどんどんできるようになる。ゼロが無限大だということを自分で体験したうえで、こんどはそれをなんとか理解しよう、それをベースに理論化できないかというところをいま取り組んでいる。それが正直なところですね。

高柳先生には、中学生のときや小学生のときにどんな生徒だったのかをお伺いしたいです。お話しいただけますか。

高柳●私は小学生や中学生のころは、とくに人に言うような趣味があったわけではないのですが、教科では算数が好きでした。いろいろな計算をすることです。たとえば最初はお小遣いや、自分がもっている貯金を数えることがなぜか好きでした。数がほんとうに好きでした。それで、算数は得意だったのですが、ほかの教科はそこまで得意だったわけではなかったです。その後、、高校生くらいになると数学のほかに理科のなかの物理――いま研究している分野ですが、そのあたりが好きになった。結局最終的に物理を選びました。それと、自然が好きでした。いろいろと旅行をしたり、新しいものを見たり、博物館に行っておもしろいものを見たりということはほんとうに好きでした。自然に興味があったのが私の子どものころです。

村瀬●お友だちや先生との人間関係はどのようなものでしたか。

高柳●正直なところ、たくさんお友だちがいて、わいわい遊ぶというよりも、1人で、もしくは少人数で遊ぶというか、ゲームをして遊ぶことが好きでした。どちらかというと内向的な人間でした。

村瀬●ありがとうございます。それでは、大野先生はいかがでしょうか。

大野●私は化石を調べるので、理科の分野に入っているのかと思います。小学生のときは勉強なんかぜんぜんしませんでした。嫌いというか、なぜしなければならないのかわかっていなかった。たとえば漢字の書き取りはいつも放課後に残されていました。漢字が書けないから、いまになって困っています。だから、ふつうの勉強もしっかりしなければいけないと思います。

私は化石が好きだったので、大学の理学部で化石を勉強しました。そのあとは、京都大学の総合博物館に勤めました。子どものころに学校の先生や大学の先生にいろ

いろと教えてもらったので、みんなといっしょに楽しく勉強するにはどうしたらよいのかと思って、博物館でいろいろなことをしています。

そのなかでおもしろいことに、みんなが同じように間違えることがよくあるのです。そういう落とし穴のようなところがあります。高名なある先生は、「私たちの背骨がいたむのは、むかし直立することを考えない時代につくられた体の構造を、いましかたなく直立するためにつかっているからだ」と言います。私たちの能力は、むかしからつかってきたものをいまの世界に適当に応用してつかっているので、つかい勝手がよいところと、つかい勝手がわるいところがあるのです。

それはたとえば、阿部先生が先ほどおっしゃった環境問題にしても、人間の考えていることがなかなかうまくいかないので問題が生じているのではないかと思い始めました。だからいまは、進化ということと人の考えかたとのつながりを勉強することで、なにかおもしろいことが見えると思っています。

それには深く広く勉強しなければいけない。並の人間はなかなか深く勉強することはたいへんだけれども、いまは交通手段やインターネットなどあらゆるものがあるから、広く知ることは可能だと思います。

もう一つだいじなことは、たとえばネットやテレビの画面でインドの空港を舞台にしたドラマを見て、「きれいだ、いいな」と思う。でも、じっさいにインドの空港に降りたったときの熱気や香りがあります。どこの空港に降りてもそのような独特のにおい、香りがあります。それはおそらく、文化というもののある断面が象徴されて、そこに一つ見えているのでしょう。なにが言いたいのかというと、ネットで見るひまがあればお金をためて、じっさいに世界じゅうを見にいくことです。まだまだ世界は広いです。私たちの思いもよらないおもしろい考え方をしている人、楽しい生活をしている人、あるいはわれわれが思いもよらないくらいたいへんな生活をしている人もいます。そういうことをまず体験して、それからつぎに自分たちもどうしたらよいのか考えることです。

中学生でそうすることはたいへんです。ではどうするのか。やはり語学をしっかり勉強する。それから、ものごとをきちんと順序立てて考えられる力をいまからつけておくほうがよいと思います。

人間のコミュニケーション能力はまだ進化の過程にある

村瀬●大野先生ありがとうございます。先ほどのお話のなかで、「集団で間違える」という話が出てきました。集団で対話あるいは意見交換をしていながら間違いが修正されないというのは、すごく深刻な問題だ思います。その点について、なぜ集団で間違いが起こってしまうのかということについて、なにかコメントはありますか。集団で間違いが起こってしまう、修正がきかないということについて、なにかお考えがありましたらお伺いしたいです。

大野●先ほどおお急ぎでスライドを見せましたが、同心円のところに三角形が見えましたね。多数の線が一点から放射状にでているのを背景にしてひかれた２本の平行で真っ直ぐな線が外向きに曲がって見える。そのように、実在していないものを勝手にあると思うのです。私たちのものごとのとらえ方には、じつは意外と思い込みがあります。

私たちはサルのなかまで、その共通性はなにかというと、集団で暮らしているということです。だから、いろいろな摩擦が起こらないために、私たちはたくさんのことを学びます。たとえばボディ・ランゲージなどです。いまの私たちはことばでコミュニケーションをとるようになったけれども、ことばでのコミュニケーションは、じつはいまからおそらく５万年前くらいになってはじめて私たちが獲得した能力です。だから、ことばによるコミュニケーションというのはじつはまだまだ未熟なのです。ことばで表せない感情もたくさんあります。国によっても、ある気持ちを表現するのにすごくしっくりくることばを発明している国もあるし、発明していない国もあります。例えば、ドイツ語の gemuetlich というのも、「快適」と訳すとニュアンスが抜け落ちています。なかなかことばだけですまないことがあります。たかだか５万年前くらいに獲得した能力だから、まだまだ未熟です。

では、どうすればよいのか。私たちもとくにそうですが、みんなしゃべることはしゃべります。だいじなことは、自分がしゃべったあとに、相手が考えたことをじっくり聞く耳をもたなければだめだと思います。

村瀬●ありがとうございます。

阿部●大野先生に聞きたいのですが、みんなで間違えるということですが、ダーウィンの進化論は適者生存、survival of the fittest です。これはそうかもしれません。

しかし、ダーウィンの進化論だけで進化は説明できないのではなでしょうか。適応できる種だけが生き残ってきたのが生物だといいますが、きょうのヨハンさんの話を聴いていると、爬虫類は足をこのようにしか動かせないけれど、私たちの腕には骨が2本あってねじれているから、このようにいろいろなことができるという。あれがなぜ survival of the fittest なのですか。そのようなもので説明できないと思います。

大野●それは、たとえば迷路ゲームは、入り口からたどるとすごく時間がかかるけれども、出口からたどるとすごくかんたんなのです。私たちは、結果をどう説明するかという学問で、いちばんわかりやすい考え方をとっているのです。

進化論のよいところはなにかというと、ゲームの理屈がかんたんなのです。もっといえば、生物のゲームはとてもかんたんです。とくに動物はそうです。食事をして、排泄して、呼吸をして、死ぬ前に子どもをつくって、つなげることです。この子どもをつくってつなげることが、なぜそうなのかは私もわからないですが、そのルールだけで、地球上のいろいろな環境下で、このように多様な生きものが生まれてしまった。ある意味で単純なゲームと、地球のいまの環境の複雑さ、それから人間が出てきたことも環境に影響を与えます。

だから、ダーウィンが賢いかどうかはどうでもよいのです。私たちの46億年の進化の結果です。進化ということばもよくないかもしれない。たとえば、私たちは人間がいちばんえらいと思っている。もっといえば、自分がいちばんえらいのではないかと思っていないと生きづらいところもある。なぜかというと、自分が存在に値する、生きるに値する存在であることが納得できないと、人間はすごく不安だからです。

それをすこし広くみると、京都市の子どもたちは「京都市民として」、日本の子どもたちは「日本人として」となります。そして、宇宙人が攻めてきたら地球人はどうするのか、という話になります。けっきょくわれわれは、自分を中心にした世界観しかもてないということです。けっきょく、われわれが動物として生き残らないといけないという根源的なところに、そういう課題があると思います。しかし、人間は集団で生きる生物ですから、折り合いをつけるということで、いろいろなモラルや人をおもんばかることも生まれてきました。いまそのせめぎあいがどうなるのだろうかというところが大きな課題だと思うのです。

生き延びるためには、むかしは食べなければならなかった。その飯の糧を自分たちで狩りに行って捕まえてこなくてはいけなかった。狩りに行って捕まえたものをひとりじめしたら悪い人だとされる。そこでモラルができたというのが私の考えです。いまはどうでしょうか。食べ物はお金さえ出せば日本ではすくなくとも買えます。ということは、かつて私たちのモラルを育てた環境がいまはありません。ないから、モラルをはずれた行動がいろいろと出てきて、いわゆる「自己中」などが出てきている。

環境が変わってしまったことに対して、これだけたくさんの人間が一つの地球上で生きるためにどうしたらよいかという、新しい考えや気持ちが、いまはまだ生まれていないという状況ではないかと私は思っています。

「間違い」に気づくことがパラダイム転換のチャンス

村瀬●ありがとうございます。かみ砕いてちがう視点から、いま話題にしようとしている集団の話を取りあげたいと思います。先日京都大学で集中講義をしたときに、あくびについて講義しました。その講義では、あくびをしている人の顔を書いてもらう課題を出しました。そのうちなにが起こったかというと、クラスのみんながつぎつぎとあくびをしはじめたのです。あくびについて考えるだけであくびが誘発される。

先ほどここで実験したときもそうでしたが、よい思いか悪い思いかでパフォーマンスが変わる。あるいは、したいとは思わないけれども、あくびについて考えた瞬間におのずと出る。そして、それがどんどん感染する。集団で間違えることも、もしかするとこういったメカニズムの表れかもしれません。長い時間がたってはじめて、人間が人間の間違いを発見するようになるのかもしれない。

それが化学や技術のメリットでもあり、デメリットでもあると思います。そういうことがわかるかどうかということが、一つだいじな気がします。

高柳先生と八木先生に、たとえばご自身の分野で長いあいだ信じられていたことにパラダイム転換が起こった事例をあげていたき、そのきっかけはなんだったのか教えていただきたいです。集団妄想だったのか、そのあたりのメカニズムというか、からくりです。まずは八木先生からお願いします。経済学の分野ではあ

りますか。

八木●経済学というのは、人びとがある集団をつくって、そして集団と集団がある関係性をもちながら取り引きなど、いろいろなことを行なう、そういう社会における活動です。その意味において、かなり内容としては複雑な思惑が絡みあってくることがじつはあります。人はなぜ一所懸命がんばるのかというときに、多くの場合はじつはとても原始的な動機づけ、すなわち「お金が欲しい」などです。お金がたくさんあればよいものが食べられる。そういったある種の欲求にもとづいて人びとは動きます。

欲望というとあまりよく聞こえないですが、人間がそれぞれ自分の欲望にしたがって行動したとき、社会全体のなかでなにが起きるのかということが、じつは経済学を進歩させてきたといってもよいと思います。

社会科の授業のなかで「大恐慌」ということばを聞いたことがあると思います。1929年から30年にかけて、ニューヨークの株式市場が大暴落しました。アメリカ経済は、人びとが儲けにはしっていて、きわめてモラルの低い、道徳に反するような経済的行動が行なわれ、その結果、破たんした。そのときに、経済学はそれまでの経済システムに対する考え方を変えざるをえなくなりました。そこで、ケインズという経済学者が新しい経済学をつくりはじめた。大きな破たんに直面して、そのあとに新しい学問が生まれたのです。

ところが、ついこのあいだ、2008年ですからいまから10年前に、やはり同じようなことが起こりました。リーマン・ショックといわれています。このリーマン・ショックはなににによって引き起こされたのかというと、サブプライムローンです。あまり返済能力がない人にまで住宅ローンを貸し付けたことが一つのきっかけでした。これも欲望の塊が動きはじめて、リスクはあるが儲け率が高い金融商品をあつかうことによって、巨大銀行がボロ儲けできたのです。大儲けできるとなったときに、社会的な道徳心など関係なく、多くの人が儲けに奔走してしまった。

本来は、返せない人にお金を貸してはいけないのに、貸したのです。貸した住宅ローンをすぐに証券市場で証券化し、その証券を信頼度の高い証券と組みあわせることで、どのていど悪い証券かが見えないようにして、それを売りさばいてまた儲けるということをくりかえした。ある意味、欲望に引っ張られて、モラル的にしてはいけないことをくりかえし、破たんしてしまった。

リーマン・ショックが起こったあとに、資本主義の競争メカニズム――市場経済といいますが、その市場での取引が資源を効率的に配分するという考え方に対して、ほんとうにそうなのかという素朴な疑問を、世界じゅうの人がもちはじめました。ニューヨークの証券取引所のある通り、Wall Streetに、「貪欲資本主義」に対するプロテストをするような人たちが座り込みをした。

じっさいいま、世界の8人が、地球のもっとも貧しい36億人ぶんの富をもっていることをみなさんご存じですか。もっともお金もちのわずか8人が、30億以上の人たちの富をもっている。では、だれがもっているのかというと、みなさんもAmazonで買いものをしていると思います。インターネットのクリック一つで買いものができます。そのAmazonのCEO兼社長であるジェフ・ベゾスが世界でいまいちばんのお金もちです。

変化のスピードがものすごく速くなり、この経済システムによって地球が破たんにむかって転げ落ちているのではないかという恐怖を、多くの人が感じはじめていることが事実だと思います。

村瀬●ありがとうございます。高柳先生はいかがですか。

高柳●物理学では、完全な間違いはなかなかすくないです。なぜかというと、いろいろな理論を考えますが、じっさいにいろいろな実験をして、その理論が正しいかどうかを確かめるというプロセスがあるからです。ただし、よく起こりえることは、ある学者が主張していることがある特定の場合には正しいけれど、より一般的な場合には通用しないというケースです。数学ならば定理ですが、物理では公式といいます。それによって物理法則を短く表します。それはたしかに正しいのだけれども、ある特定の場合だけで正しいのです。たとえば実験している環境が違えば、結果はちがってくることがあります。もっと一般的にいえば、たとえば広い宇宙など、もっと大きな世界でみたときにはちがっています。そういうことが多々起こります。しかしそのような「間違え」に気が付くことが、物理においてのブレークスルー、すごく大きな発見となることがあります。

たとえば一つの例は電磁波です。先ほどの私の講演で、電気や磁気の力の話をしたのですが、電磁波の理論ですと、電子レンジは電磁波がとんできて、中に入れた食べ物にぶつかり、食べ物を加熱して調理します。そう考えると、電磁波は波であると、ながらく思われていました。たとえば、ロープを上下に揺らすと波ができます。あのような波だと考えられていたのです。

しかし、じつは電磁波は力をもたらします。電気の力や磁気の力。それをミクロにあつかうと、どうしても電磁波を粒子としてあつかわなければならない。波と粒子とではイメージがぜんぜんちがいますね。

たとえば、みなさんはラジオを聴いたことがあると思いますが、ラジオはほんとうに電波がとんでくる。携帯電話もそうです。そういう波だと思っていたものが粒子に化ける。粒子の代表例は原子です。原子はさきほどすこし話しましたが、物質を構成するつぶつぶです。原子は電子と原子核でできているのですが、マイナスの電荷をもつ粒子を電子といいます。これは素粒子という、これ以上は分けられないと思われているものです。電子も素粒子といわれる粒子なのですが、じつはきちんと理解しようとすると、場合によってはミクロに考えると、波とあつかわなければいけないことがあります。このように、粒子と波はじつは同じものなのであるという理解が、現代の物理において基本的で常識となっています。それを量子論、または量子力学といいます。1900年ころ、いまから100年以上前に発見されました。

もう一つ例をあげますと、重力です。先ほど私の話でも、いろいろな力があると言いました。電気の力、磁石の力、重力があると言いました。ニュートンが考えた、ニュートンの法則ということばを聞いたことがあるかもしれませんが、それは重いものと重いものが引きつけあう力です。ニュートンの法則は、たしかに月と地球や地球と太陽の力を説明するのに充分です。しかし、じっさいに広い宇宙を見て、先ほどすこしお話ししたブラックホールを考えると、その法則では説明できなくなってしまいます。

それはなぜか。説明するのは簡単ではないですが、簡単に説明を試みてみましょう。たとえばいまみなさんが座っている場所を座標の中心にとって、物理法則を作ったとします。

しかし、そうすると、その場所はあたかも絶対的とみなすことになってしまわないでしょうか？皆さんの周りを飛び回っている虫がいたとすると、その虫を中心に物理法則を作ってはいけないのでしょうか？物理法則が、違う人や虫にとって違うものになってしまうので、どのような観測者からみても同じ形で表されるはずと考えるのはとても自然です。

残念ながらニュートンの法則はこの点で不自然な理論となってしまっています。

そこで、アインシュタインは一般相対性理論という素晴らしい重力の理論を発見しました。この理論では、観測者によらず、物理法則は同じ形で表されるのです。

ではこの一般相対性理論とはどのような理論なのでしょうか。どのようにして万有引力が生じるかというと、たとえばここに重いものがあったとします。この重いものが引っ張るという見方ではなく、これが空間を曲げてしまうという見方をします。たとえば、みなさんの手元に紙のシートがあると思ってください。そこに重いものを載せると、くしゃっと下にへこみます。ここにビー玉を置くと転がります。だけれども、ものがなかったら、紙は平坦なままですから転がりません。

そのようにものがあると、空間を曲げてしまう。へこませて、そのせいでものが落ち、ものとものとを引きつける万有引力になっている。それが現在の知識でいちばん正しい説明の仕方なのです。それをつかうと、ブラックホールや宇宙の話もできます。たとえば重い星と重い星が合体してブラックホールになるなどの現象です。

そういったかたちで、かならずしも間違っているとはかぎらないのですが、物理学ではどんどん拡大して、より大きなシステムに適応できるように変える操作が必要で、どんどん進化しています。

変わるべくして変わる
起こるべくして起こる

村瀬●せっかくここに物理学者と生物学者、経済学者、あるいは環境学者がおられます。、最後に高柳先生が進化ということばをつかわれました。物理学の進化のあり方に対して、たとえば生物進化と同じような見方ができるのか。いまの高柳先生のご説明だと、変わるべくして変わる方向におのずとなるということです。阿部先生、それは今西錦司の「起こるべくして起こる」ということにちかいと思いませんか。

学問の進化と生物の進化は似ていると思います。なぜそう思えるのかというと、学問をするのは人間で、その人間は生物の賜物であるから、そこに正当性が働くからということが一つです。

もう一つは、素粒子が粒子でありながら波と同じであると、高柳先生に説明していただきました。それならば、遺伝子も一つの粒子的な働きとしてみられる。同時に場という、波ではなく遺伝子自身がなにかを起こす。それがあるとき場となって、進化のきっかけに

なっているのではないかというイメージをすこし抱きました。阿部先生が知っている今西錦司の進化論と、いまの物理学や科学一般の進化の方向性におのずとつながりがありそうです。いかがでしょうか。

阿部●今西錦司さんは、生物学と進化論の研究者です。ダーウィンとはまったくちがう考え方で生きものの進化をとらえていた人なのです。それと学問の進化をどう見せるのかはなかなかむずかしい問題です。こういったときに今西さんがなにを言っていたか、これは今西さんから直接に教わったことがあります。これも一つの伝統だけれども、自分のことをまず考えてみて、自分とほかの人とはちがうと、とりあえず言ってみるということです。

ここに４人並んでいます。ほかの３人と私はちがうと考えてみます。どこがちがうかということをみなさんにいまから説明します。聞いていたらわかるように、みなさんはすごい学問をしている。進化のかなり深いところ、最先端です。高柳先生は物理学の最先端、大野先生は古生物学、進化論ですね。経済学では八木先生は最先端。私は最先端のことをまったくしていない。私がしている学問は、そういうものとまったくちがっている。どこがほかの３人と違うのか。もちろん尊敬はしているけれども、私はちがうと思う。尊敬したうえで、みんなとしている学問と違うのです。

私がしているのは、答えを出す学問、説明する学問ではないのです。なにかがこうだからと理論的な説明はします。なにか一つわからないところがあって、それに答えを出す。さっき言ったでしょう、よい問いかけができることがだいじだということを、私たちの研究所の初代の所長である日高さんはめざしていた。その話をしています。

大野先生も言いました。いまの結果を見て、いちばん理論的に正しくみえる説明をいましています。それはすごくだいじなことです。そのうえで、ほかの学問があるのではないかということを、じつはうちの研究所でしています。環境学がそうなのです。これは一つの正解がある学問ではない。なにかを説明する学問でもない。

なにかというと、これからどうしたらよいのかをみなで考えるものです。きょうのこのディスカッションのテーマは「未来を創る学び」です。未来をつくるためには、またべつの頭の使い方が必要なのです。これを学問といってよいのかどうかわからないけれども、事実関係をあきらかにすることはものすごくだいじなことです。これを認識科学といいます。そして、正しい答えを出す。これもたいへんな作業です。

それだけではなく、未来をつくるためにはどうしたらよいかという学問が必要です。それを私たちは環境学と呼んでいます。環境問題を解決するのではなく、新しい価値をつくるのです。よりよい世界、近未来をどうつくりあげるかを考える。そのさいには、経済学を勉強しなければいけないし、人間とはなんぞやということも知らないといけないし、物理もやはりきちんと学んでおかなければならない。でも、それだけではだめだということは言っておかなければならない。

大野●なにが問題かを探るために、京都大学にはフィールド・サイエンスという考え方があります。まずは山に行け、海に行け、森に行け。そこからいろいろなものを感じとってくるというやり方があります。それはとてもプリミティブだけれども、まだわからないものを探るということでは、けっきょくは未来なのです。

未来ということばも、とてもあやふやで、だれのための未来なのかということも考えていかないといけません。われわれがいちばんつらいのは、自分で自分を超えることがなかなかしづらいということです。でも、村瀬さんにはそのあたりのことを、きょうはお話しいただけなかったのですが、「人がいて自分がいて、自分のなかに人がいて、人のなかに自分がいる」という見方もあります。新たな課題を発見するというのは、だれのためなのか、というところがどうなのかをすこしお聞きしたいです。

阿部●大野先生のお話を聞いて、私と３人の先生とはちがう学問をしていると言いました。でも、似ているところもあります。キーワードはなにかというと、未知ということです。まだわかっていないことです。みなさんもそうですね。私が取り組んでいる環境学は、やはり未知のこと、これからのことを研究しています。ここはすごく共通していることだといま大野先生の話を聞いて思っています。

フィールドについてですが、私にとってはこれもフィールドなのです。３人の先生方と村瀬先生、みなさんをふくめて、私は先生がたの話を聞きながら、いろいろなことを考え、新しく未知のことと出会い、みなさんとも出会いました。きょうみなさんのほとんどとははじめて会います。そして、自分の考えたことをみなさんにどう話すかということは、まったくフィールドといっしょなのです。知らなかったいろいろなこと、知らなかった人との出会いという意味ではそうで

す。あなたたちはこれからもいろいろな本を読んでも新しいものとつながっていきます。人と会ってもそうです。日々の生活のおもしろさがフィールドなのです。でも、きちんとそう思っていないと、のんべんだらりと勉強をしているだけでは身につかないかもしれない。

だれのためにということが、いちばんむずかしい問題です。困ったときはとなりの八木さんに頼みます。(笑)

八木●研究者が研究するとき、どういうタイミングで、だれのためにを、どう意識するのかというのが、じつはけっこう大きな分かれ道になっています。とくに私たちのような社会科学者というポジションで研究している人が、だれのためにという問いかけを忘れるといったいなにが起こるのか。たとえば、自分の研究業績を上げるためという、矮小化された視点になれば、自分のご飯を稼ぐために論文を書けばよいという話になってしまいます。(笑) しかし、これはどんどん学問の質が落ちるサイクルに入ってしまうと、私は認識しています。とくに社会科学の場合は、最終的に世界をよりよくするというシンプルな目的が頭のなかにかならず残っていないといけないのではないか。そのアプローチが社会科学の場合には、じつは目に見える部分と目に見えない部分の両方を見ています。

たとえば、ものすごく貧しい人をフィールドでみました。彼らを救うことが必要だと思う。そのために一所懸命がんばるといっても、じつは見えている部分を解決するためには、見えない部分を解決し、理解しないことには、じつは解決できないのです。「かわいそうな貧しい人がいるから、その人にお金を渡そう」ということでは、きりがないのです。ひょっとしたら、貧しいとふるまっているだけで、じつは働くことがいやな人かもしれないこともありえます。

ようするに、見えている部分の問題を解決するには、見えない部分を把握しないといけません。経済活動じたいが、見えているようで見えていない。世界の経済システムも見えているようで見えていないのです。見えていないものを見ようとしているのは高柳先生かなという気もします。(笑)

高柳●そうですね。とくにわれわれがしている理論の研究はわかりにくくて、なぜ研究をしているのか、なにが問題なのかとよく聞かれるのです。たとえばスイスで行なわれてきた有名な実験では、長さ30kmくらいの加速器という顕微鏡を拡大したもので素粒子論の理論を検証します。私たちがしている研究を実験で検証しようとすると、宇宙空間をまわるような、空想の世界でしかできないような実験装置をつくらないと、おそらく検証できないでしょう。

それはひじょうにむずかしいところですが、逆にいうと、それがわかると、宇宙がどうやってできたのか、宇宙がどう誕生したのかという、人間としてとても基本的な問いに答えられると思います。じっさいにだれもが、とくに子どものときに抱くような疑問に答えたい。そういう人間の知識を増やす方面の貢献ができればと思います。

村瀬●フロイトやユングの精神分析の手法は、見えない無意識の世界を探るために、見えている意識からアプローチをするというものです。いまの高柳先生の話にもあったけれども、見えないものを見えるようにする方法として、見え方を変えると見えないものが見える可能性があるかもしれません。

高柳●じっさいに実験するよりも、理論の枠組みを高度な数学をつかって、見えないものを見えるものにしたという研究方法です。

村瀬●じつは私がここに立っているのは、そろそろ最後の時間になりましたから、フロアの方と交流ができればよいと思っています。物理や経済、進化論、あるいは環境など、いろいな話が出ましたが、知りたいことがあれば質問していただけますか。挙手をしてください。

質問者1●ブラックホールがすごく気になったのですが、まったく同じ大きさのブラックホールが二つあれば、それはどちらも同じ重力だと思いますが、どちらかがどちらかに吸い寄せられるのですか、それとも同じ力だからなにも起こらないのですか。こういうときにはどうなるのですか。

高柳●同じ重さのブラックホールが二つあったら、どちらも引きつけられます。ブラックホールはどんなものも引きつけるので、ブラックホール自体も引きつけます。二つあったブラックホールが合体して一つの大きなブラックホールになります。

質問者1●ありがとうございます。

村瀬●ほかにありませんか。このさいだからどうぞ。

質問者2●学びの方法として、ジャンルによっていろいろとちがうとは思うのですが、学校に通ったり、いまだったらインターネットなど、いろいろな方法があると思うのですけれども、自分たちが中学生として、なにか新しいことを学ぶにあたって最適な方法はなんだとお考えですか。

村瀬●どなたに質問しますか。

質問者2●できればみなさんにお答えいただきたいと思います。

村瀬●1人ずつ左から。では……。

阿部●ほんとうは、学ばなくてよいのではないかと言いたい。（笑）ほんとうはそう言いたいけれども、心しておいたほうがよいことは、自分のことをつねに考えてみたほうがよいということです。いろいろな学び方があるけれども、自分についてとにかく考える機会は、中学生ではなかなかむずかしいと思う。年をとってもむずかしいです。でも、自分のことを考えることは、学校の授業ではどこにもない。スティーブ・ジョブズは、創造性に関して、「いろいろと経験を積むことだ。それと、ほかのだれよりも自分のことについて考えている人がもっともクリエイティブだ」と言いました。

八木●本質的ではないかもしれませんが、きわめてテクニカルな話からいうと、五感をすべてつかって勉強することがだいじだと思います。五感をすべてつかうというのは、耳で聞く、目で見る、触る、そしてしゃべるということです。味はどうかということもあるけれども、体全体をつかうことがまず基本にあると思います。

いま阿部先生が創造性の話をおっしゃいましたが、創造性というのは、みなさんが日々生活して、いろいろと新しい体験を蓄積することによって、はじめて創造という能力の基礎が蓄積されると私は理解しているのです。その体験のけっこう大きな部分は、やはり芸術体験や文化体験にあると思うのです。そこである種の感動をえることが、無意識を大きく積み上げるうえにおいてだいじな話ではないかと思います。

たとえば、私の場合は中学生のときに、ビートルズが大好きで、『With the Beatles』というアルバムを買ってきて家で聴いたときにすごく感動しました。そのジャケットのライナーノーツを読んだときに、なんと創造的なグループだと感動し、つねに新しいことを発想したいという欲求に囚われて、それがそのあとずっとつづきました。研究者になっても「What's new」、新しい部分をなんとか生みだしたいという、ある種の欲求の源泉みたいなものが無意識のなかに刻まれた。まさに芸術体験がそういうものをつくったのではないかと考えます。

大野●むずかしいですが、私自身の話をすれば、中学校の1年、2年、3年は、欲求不満の鬱屈した感じで、自分はどうしたらよいのかわからないというところがあったように思います。そうなれとは言わないけれども、阿部先生もおっしゃったように自分のことを考えることはだいじです。自分の都合のよいことを考えるのではなくて、自分とはなにかという問いかけをつねにしなければいけないと思います。

私はあまり頭のよい人間ではなかったと思うのですが、数学で公式や定理などが出てきたら、それを応用してみなどんどん問題を解きますが、私はなぜそのような公式があるのかわからなかったので、そこですごくつまずいて、時間をとりました。でも、逆にいうと、そういうことにつまずき、まわりの人がすっとわかるようなことが自分にわからないということは、いまになってみると、それなりによい経験でした。世界にはわからないことがたくさんあります。そういう意味で、世界を見ることの楽しみを味わうことができて、いまとなってはよかった。

もう一つ、プラクティカルな話をすると、ものをしっかり考えるためには、算数はしっかりやっておいたほうがよいですね。そして、いまの時代は世界の人とつながれる可能性が出てきて、きょうもホーヘネガーさんやインゴさんが英語で話しましたが、それをすっと理解できたとすれば、日本の1億人の人が考えている以上の、多くのちがった考え方を得ることができます。英語と数学くらいはしっかり勉強しておきなさい、という話です。

高柳●大野先生の話と被るところもあるのですが、私はみなさんが勉強するときに、もちろん試験のためにたくさんの問題集を解くなど、いろいろなことをしていると思うのですが、そのなかで、めりはりがあったほうがよいと思います。どの教科でもよいです。教科のなかにもいろいろなトピックがあると思いますが、自分が興味のあることは、いろいろと調べて、教科書に書いていないことでも、最近はインターネットで検索したり、もしくはすこしアドバンスドな本を読んだりするもできると思います。そういうかたちで、どんどん興味のあるところは自分で調べてみる。そうすると、より理解が深まります。単純にいろいろな教科を漫然と勉強していると、もちろん記憶することもありますが、たいていすぐ忘れてしまい、印象にも残りにくいです。興味のあることがあれば、それが将来も残る強みになると思います。

村瀬●時間を超過してしまいましたが、これでパネル討論を終わりたいと思います。パネリストのみなさん、ありがとうございました。

（会場拍手）

プロジェクトレポート

May 2017
No. 2017-008-e

Journal of Integrated Creative Studies

Transcultural Freedom and Fulfillment of Life: The Impact of 'Japanese Culture' in Otto Friedrich Bollnow's Theory of *Übung*

Ruprecht Mattig
TU Dortmund University
E-mail: ruprecht.mattig@tu-dortmund.de

Abstract. In his theory of *Übung* the German philosopher of education Otto Friedrich Bollnow integrates ideas of traditional Japanese arts into a 'Western' framework of thought. This paper considers this integration of different educational traditions from the perspective of transculturality. It looks at the ways how Bollnow refers to what he calls 'Japanese culture' and points out that in his theory of *Übung* Bollnow develops a transcultural concept of freedom and fulfillment of life. In this sense, the paper makes clear that Bollnow's 'Western' thinking undergoes creative changes through the integration of 'Japanese culture'. However, it will also be shown that the 'Japanese culture' that Bollnow refers to is unwillingly changed through being interpreted in German language. The paper thus contributes to the study of the emergence of new thoughts in transcultural processes.

Keywords: Transculturality, Otto Friedrich Bollnow, Übung, education, anthropology

1. Introduction

This paper deals with the influence of Japanese cultural traditions in the theory of *Übung* laid out by the German philosopher of education Otto Friedrich Bollnow (1903-1991). The word *Übung* is difficult to translate into English. In a first sketch, *Übung* means that through repeating a certain activity in a focused way, a person will develop a certain skill or certain skills. English words coming close to the meaning of *Übung* are 'exercise', 'practice', 'drill', or 'training'. However, Bollnow considers *Übung* etymologically and phenomenologically in such subtle ways that each of these translations would hardly denote and connote the range of meanings of *Übung*. Moreover, Bollnow explicitly distinguishes *Übung* from concepts like 'training' [*Training*] or 'drill' [*Drill*].[1] The concept 'practice' may come closest to this concept of *Übung* and shall be used in this paper as translation;

1 Throughout this paper English translations of Bollnow's quotes are made by the author.

however, this use of the concept 'practice' should not be confused with sociological theories of practice that have been developed in the past decades by scholars like Pierre Bourdieu (see, for example, Hörning, 2004).

Bollnow was a proponent of the so called 'Humanist Pedagogics' [*Geisteswissenschaftliche Pädagogik*], an approach to educational issues in Germany that mainly relies on methods like hermeneutics and phenomenology (see Wulf, 2003, p. 13-41; for Bollnow see Koerrenz, 2004). In many papers and books he considered topics like space, language, crisis, experience, mood, and respect in regard to their significance for education. He develops his considerations from the standpoint of a philosophical anthropology. This means that he looks at the mentioned topics not only in regard to their significance for children, but also in regard to their significance for human beings in general (see Wulf & Zirfas 1994).

In the 1970s, Bollnow published some papers and a book on the topic of *Übung*. While in a general sense this book complies with Bollnow's usual way of dealing with pedagogical issues, and while the topic itself had already been discussed in German educational discourse, the book nevertheless is remarkable because Bollnow refers to what he calls the 'Japanese culture' of *Übung*. He explicitly states that 'European' educational thinking can learn from the way that *Übung* is seen in traditional Japanese arts like archery or *ikebana* (see Bollnow, 1991, p. 67). German discourse on educational issues is traditionally not very open to the inclusion of foreign ideas. Many famous educational ideas come from Germany, like, for example, Friedrich Fröbel's (1782–1852) concept of *Kindergarten*, or Wilhelm von Humboldt's (1767-1835) idea of free academic research at universities. German educational discourse, therefore, can refer to a rich tradition of thinking. However, Bollnow concedes that in regard to *Übung* German—or, as he also sometimes says, 'occidental'—educational thinking was erroneous; and he states that through referring to Japanese cultural traditions the shortcomings of this concept of *Übung* could be overcome.

This paper looks at Bollnow's theory of *Übung* from the viewpoint of transculturality. Following the German philosopher Wolfgang Welsch, transculturality means that in processes of cultural contact and cultural exchange innovative cultural ideas, products, and practices eventually emerge. These do not stand in specific cultural traditions but are the outcome of the merging of different cultures. It will be shown that through integrating 'Japanese culture' into his theory of *Übung*, Bollnow develops a particular understanding of freedom and fulfillment of life. Insofar as this understanding emerges in the merging of different cultural traditions it can be called a transcultural understanding of freedom and fulfillment of life. Taking up the point of research on transcultural phenomena that in transcultural processes creative shifts, misunderstandings etc. may be involved, the paper considers the way 'Japanese culture' enters into Bollnow's thinking. It will become clear that Bollnow understands 'Japanese culture' through the mediation of German language and that it is especially the interpretation of 'traditional Japanese arts' in terms of *Übung* that Bollnow's specific concept of freedom and fulfillment of life comes to the fore. Insofar as the Japanese language does not suggest such a concept, Bollnow's work on *Übung* can be considered a creative transcultural interpretation.

2. Transculturality

Although others have used the term 'transcultural' before him, Welsch laid out a distinctive view on transcultural processes by discussing the term in the framework of culture theories.[2] In order to develop his concept of transculturality, Welsch firstly elaborates upon what he calls the traditional view of culture. According to this view, Welsch claims, different cultures are being seen as distinctive entities with clear-cut borders. In terms of the traditional culture concept, it would thus be possible to analyze, for example, the Japanese culture or the German culture. Welsch traces this culture concept

2 Welsch elaborates his concept of transculturality in several papers. In the following I refer to the English-written paper 'Transculturality – the Puzzling Form of Cultures Today' (Welsch, 1999).

back to the considerations of the 18th century philosopher Johann Gottfried Herder (1744-1803). Herder had opposed the enlightenment view that all peoples should develop in a universal way towards a state of rationality. Instead, Herder held that the various peoples of the world differ in such a way that pushing them to a universal state of rationality would erase their distinct 'national characters'. Therefore, each nation should develop its traits according to its inherent individual potential.

While Herder's contribution was doubtless necessary for the overcoming of a universalistic view on humankind and the establishing of a relativistic view, Welsch states that Herder's conceptualization of 'cultures' as distinct wholes has some problems. One is that it is 'unificatory' regarding the people of one culture, another is that it is 'separatory' regarding people from other cultures. Herder's culture concept does not capture the fact that different cultures are in contact with one another and that cultures do in fact change in the course of such contacts. It is here that Welsch discusses several recently developed concepts: interculturality, multiculturality, and transculturality.

The term interculturality is usually used to describe the interaction between different cultures. If, for example, a Japanese scholar comes to Germany and interacts with German scholars this situation could be described in terms of interculturality. However, although this view is important, according to Welsch it still thinks of cultures as distinct entities. The Japanese scholar would still be Japanese, interacting with Germans. After returning to his homeland, he would still be Japanese, now interacting with people of his kind again.

Multiculturality thinks of various cultures that exist together. For example, in many cities and regions in Germany, there live people with Turkish roots. There are Turkish restaurants and markets in Germany. Also, there are Chinese and Italian restaurants run by Chinese and Italian immigrants. The term multiculturality can be used for describing the situation in many places of the world, but it still inherits the problem of conceptualizing cultures as distinct wholes: the Chinese restaurant is Chinese, the Italian restaurant, Italian etc.

In order to overcome the problems of the terms interculturality and multiculturality, Welsch suggests using the term transculturality. This term explicitly refers to the change of cultures in processes of culture contact, taking into account the merging of different cultural bits and pieces. This term is much better suited for describing the actual reality of a globalizing world. In today's world it is likely that although you can usually eat pizza in a so-called 'Italian' restaurant, the cook could nevertheless be from India, the waiter from Germany, and the rock music from the USA.

> 'Cultures today are extremely interconnected and entangled with each other. Lifestyles no longer end at the borders of national cultures, but go beyond these, are found in the same way in other cultures. The way of life for an economist, an academic or a journalist is no longer German or French, but rather European or global in tone. The new forms of entanglement are a consequence of migratory processes, as well as of worldwide material and immaterial communications systems and economic interdependencies and dependencies' (Welsch, 1999).

Welsch points out that transcultural processes often lead to the emergence of something new. Transculturality entails a creative potential since the merging of different cultural traditions inevitably yields new identities, meanings, and products: '[T]ransculturality […] contains the potential to transcend our received and supposedly determining monocultural standpoints, and we should make increasing use of these potentials' (Welsch, 1999). Transculturality, therefore, implies unforeseen and diverse learning processes (cf. Mattig, 2017).

A famous example for transculturality is the so-called Japonism, the artwork of (mainly) French painters (like Édouard Manet, Claude Monet, Camille Pissarro, Edgar Degas, Paul Gauguin, and Vincent van Gogh) influenced by Japanese arts (see Mae, 2014). In Japonism, French painters integrated some aspects of the arts of Japanese artists like Utagawa Hiroshige or Katsushika Hokusai and created artworks that combine 'European' and 'Japanese' art styles (like, for example, 'The Sower with Setting Sun' (1888) by Vincent van Gogh).

Another example is translation. Translation is a fundamental transcultural process because different languages never coincide in terms of semantics, grammar, and phonetics (see Trabant 2012). By translating a text or a word from one language into another not only the text or the words change in

regard to semantics, grammar, and phonetics but also the 'culture' of the target language changes in the sense that it incorporates a text or words that have another cultural origin. *Haiku*, for example, is a form of Japanese poetry; through the translation of *haikus* into other languages, the word *haiku* as well as this form of poetry also entered into these languages.

The term 'emergence' points towards the fact that it is not predictable what kinds of identities, meanings or products will be created in transcultural processes. Such processes have a dynamic character and lead to unexpected results. In addition, it is sometimes difficult to trace the origin of the new products that emerge in transcultural processes.

Summarizing, the concept of transculturality for one part accepts the notion of culture in the sense that there are traditions with certain cultural patterns. For another part, it draws the attention towards the dynamic processes, the new cultural products, and the creation of new meanings that occur in the interchanges of cultures.

Looking at Bollnow's theory of *Übung* from the perspective of transculturality thus means looking at the way Bollnow interweaves ideas from 'Japanese culture' into his thinking. But what is *his* thinking in this context? Here we already touch upon the question of culture, because Bollnow himself constructs a kind of dichotomy between two different cultural traditions of thinking. He sees himself and his thinking in a tradition that he calls 'European', or 'Western' (Bollnow, 1991: 70), or 'occidental' (81) as in contrast to the 'old Japanese culture' [*alte japanische Kultur*] (Bollnow, 1991: 59), which he sometimes posits in the 'Eastern' tradition of thinking (70). However, a closer look at his writings about *Übung* reveals that for delineating the 'Western' tradition he only refers to sources written in German.[3] His thinking is thus basically German. Therefore, one could say for now that in his theory of *Übung* he interweaves Japanese into German ideas.

3. Bollnow's theory of *Übung* considered in its own terms

First, Bollnow's theory of *Übung* shall be considered in its own terms, without scrutinizing which ideas are 'Japanese' and which are 'German'. Following the idea of transculturality, this theory is a transcultural product that brings out something new through the merging of distinct cultural traditions; however, this product stands on its own and shall therefore first be analyzed as such. The combining of different cultural traditions will be considered in the following steps.

A main concept in Bollnow's theory of *Übung* is freedom. Seemingly paradoxically, for him, freedom is at the same time a condition of human beings and a task that human beings need to accomplish. Freedom as an anthropological condition basically means that humans have no or at least only little instinctual schemes of behavior. Human beings must *learn* most of the behavior that is appropriate in the world they live in. They need to learn to develop skills for their survival; however, they also have the freedom to learn skills and behavior that are not directly necessary for surviving (like singing, painting etc.). Humans, thus, are for a great part not bound to instincts; they have the freedom to learn a wide variety of behaviors, or, to put it another way, humans are forced to learn, but through learning they gain autonomy. In this sense, freedom also means the freedom of (social) coercion. With reference to Hegel and Nietzsche Bollnow says: 'Freedom is […], to put it positively, the possibility to determine oneself as desired' (Bollnow, 1976: 109).[4] In line with Hegel, Bollnow sees freedom as a societal process that is not yet fulfilled and that is characterized by many 'fights' of different social groups. These considerations show that according to Bollnow human freedom and learning are fundamentally related to each other.

It is in this relationship of freedom and learning that Bollnow places the concept *Übung*. He points out that proper learning of solid skills requires practice. Without practice, skills will not be acquired;

3 Bollnow (1991) refers, to name but a few names, to Herbart (14), Kerschensteiner (15), Odenbach (16), Kant (29), König (32), Kroug (33), Heidegger (36), and Rilke (45 ff.). All of these authors write in German.

4 'Freiheit ist, […] positiv formuliert, die Möglichkeit, nach eigenem Gutdünken über sich selbst zu bestimmen.'

moreover, once acquired, skills need practice to be kept alive; without practice, they will eventually vanish. *Übung*, thus, is a life-long-learning process. In this sense, conquering freedom is a constant challenge for human beings.

Bollnow goes on considering two aspects of learning in *Übung*. First, the practicing person acquires certain skills through practice (for example working with wood as a carpenter or playing an instrument as a musician) (see Bollnow, 1991: 31ff.). Second, to be able to practice, the practicing person needs concentration and discipline. Concentration and discipline can thus be considered a precondition for *Übung*. However, according to Bollnow, concentration and discipline are both the precondition for practice as well as one of its results (see Bollnow, 1991: 55ff.). A child that learns to play an instrument, for example, will eventually be able to prolong the periods of practice with the time. Practice, thus, stimulates two learning processes: first concerning a specific skill, second concerning concentration and discipline in a broader sense. Regarding the second learning process Bollnow speaks of a 'change of the inner posture' [*Verwandlung der inneren Haltung*] that the practicing person undergoes (Bollnow, 1991, p. 63). In regard to these considerations, Bollnow concludes that there are two different types of *Übung*, one type is related to perfecting a certain skill, the other, and for him more important one to the inner change of the practicing person.

Bollnow continues his considerations focusing on this inner change. He states that *Übung* can ultimately lead to an inner change that he calls 'inner freedom' [*innere Freiheit*]. With this term he refers to a psychological state that he characterizes as a balance between the inner drives of a person (the wishes, the will etc.), and the possibilities that the 'outside world' provides to this person.

> 'Inner freedom […] is the feeling of harmony of man with the conditionalities of his situation, whereby situation as outer and inner situation means the totality of circumstances to which man can react in each case. These are the outer living conditions of man as well as his dependence on political and societal conditions, as well as his dependence on nature, in the regular laws of which he is embedded through his body, through the inherited and also the denied talents and abilities, a dependence as it is painfully brought into his consciousness through sickness, age, and the approaching death. However, it is also his own soul that coerces him with its drives and passions. Freedom cannot mean to get rid of all these coercions. This is impossible […]. Freedom as inner freedom rather means living in harmony with one's conditions'[5] (Bollnow, 1976, p. 111).

This does not mean to become passive; rather, it means to engage in changing circumstances to the better as best as possible while at the same time having a sense for circumstances that cannot be changed and that instead call for a change of the person.

However, Bollnow states that very often, maybe even most of the time, people do not feel this kind of balance. Life is full of anxieties, angers, frustrations, unfulfilled hopes, and the dispersion in various tasks and activities; all of this prevents us from feeling a balance between the inner and outer world. It is then as if we would not be in contact with our 'true essence' [*wahres Wesen*] (Bollnow, 1991, p. 65). In other words, we often do not feel a 'fulfillment of life' [*Erfüllung des Lebens*] (Bollnow, 1991, p. 81). With reference to Heidegger he states that daily life is usually in a state of carelessness, absent-mindedness, and inauthenticity (Bollnow, 1991, p. 57). Therefore, according to Bollnow, inner freedom is a state that man is—often only subconsciously—longing for but that usually does not come on its own.

---

5 'Innere Freiheit […] ist das Gefühl des Einklangs des Menschen mit den Bedingtheiten seiner Situation, wobei Situation als äußere und innere Situation die Gesamtheit der Gegebenheiten bedeutet, zu denen sich der Mensch jeweils verhalten kann. Das sind ebensosehr die äußeren Lebensumstände des Menschen, seine Abhängigkeit von den politischen und gesellschaftlichen Verhältnissen, wie auch seine Abhängigkeit von der Natur, in deren gesetzmäßigen Zusammenhang er durch seinen Leib eingebettet ist, durch die mitgebrachten wie auch durch die ihm versagten Anlagen und Fähigkeiten, eine Abhängigkeit, wie sie ihm durch Krankheit, Alter und bevorstehenden Tod schmerzhaft in Erinnerung gebracht wird. Es ist aber ebensosehr auch seine eigene Seele, die, wie schon gesagt, mit ihren Trieben und Leidenschaften einen Zwang auf ihn ausübt. Freiheit kann nicht bedeuten, daß der Mensch sich von all diesen Zwängen gänzlich befreit. Das ist unmöglich […]. Freiheit als innere Freiheit bedeutet vielmehr, im Einklang mit seinen Verhältnissen zu leben.'

It is here that Bollnow identifies the major anthropological significance of *Übung*. *Übung*, Bollnow states, is a path that can lead to the cultivation of the 'true essence', to the feeling of a fulfilled life. While fully engaging in a practice like playing piano, translating a text, or calligraphy, the practicing person distances herself from daily routine. At the same time, body and mind focus on a common task. Thus, *Übung* balances body and mind.

Moreover, according to Bollnow, *Übung* has a paradoxical characteristic: The practicing person can only succeed if he or she does not focus on succeeding. This is like the situation when a person is trying hard to fall asleep, sleep will not come; sleep will only come if this person forgoes the intent of falling asleep. In this sense, according to Bollnow, we can only learn to play an instrument or to exert a handicraft to the point of mastership if we let the intent of becoming a master go and just let us fall into the practice itself. Bollnow speaks of the 'egolessness' [*Ichlosigkeit*] (Bollnow, 1991, p. 70) that needs to be accomplished in proper practice.

'Man ceases to seek, self-forgetful he merges into his activity and becomes one with what he is doing. In short: In the self-forgetful practice that is indulged in the activity itself man reaches the state which we […] have called inner freedom'[6] (Bollnow, 1976, p. 115).

Bollnow thus considers *Übung* a fundamental way to actively realize human nature. Moreover, Bollnow envisions the life of individuals as a kind of rhythmic change between times in which the individual engages in daily routine and times in which the individual engages in *Übung*. Both forms of activity are dialectically related to each other:

'After man has found the appropriate inner condition in practice, he can in a new way—and now we can say: in the state of inner freedom—get back into his daily life and fulfill his duties there. They are the same duties as they were before, but now he can fulfill them in a new way, internally free and relaxed, and he therefore fulfills them better as it was possible before'[7] (Bollnow, 1976, p. 119).

It becomes clear that Bollnow's theory of *Übung* goes far beyond 'pure' pedagogical considerations and reaches deeply into philosophical and anthropological issues. 'Man' is born with the potential and the quest for freedom. For Bollnow, *Übung* is an indispensable way that leads to the fulfillment of this potential human freedom.

For pedagogy the task is to find forms of *Übung* that may realize this potential. Bollnow points out that some Pedagogues like Maria Montessori and Friedrich Fröbel came close to this understanding; however, he says, their works are not complete in this regard. In the end of his contemplations on *Übung* Bollnow thus finally considers some basic principles that need to be thought of for developing a didactic that takes his ideas of *Übung* and inner freedom into classroom (see Bollnow, 1991, p. 102ff.).

4. The Japanese influence in Bollnow's theory of *Übung*

'Japanese culture' plays a major role in Bollnow's theory of *Übung*. In this section I suggest that ideas taken out of the 'Japanese' context serve as a 'missing link' regarding the German discourse that to

6 'Der Mensch will nichts mehr, er geht selbstvergessen in seinem Tun auf und wird eins mit dem, was er treibt. Kurz: Im selbstvergessenen, an das Tun hingegebenen Üben erreicht der Mensch den Zustand, den wir zuvor als den der inneren Freiheit bezeichnet haben.'

7 'Nachdem der Mensch in der Übung die angemessene innere Verfassung gefunden hat, kann er in einer neuen Weise – und jetzt können wir sagen: im Zustand der inneren Freiheit – in sein alltägliches Leben zurückkehren und dort seine Aufgaben erfüllen. Es sind dieselben Aufgaben geblieben, wie sie es vorher waren, aber er kann sie jetzt in einer neuen, innerlich freien und gelassenen Weise erfüllen, und erfüllt sie eben darum besser, als es zuvor möglich war.'

which Bollnow refers. Moreover, the section points out that through reference to 'Japanese culture' Bollnow changes the 'occidental' concept of freedom and fulfillment of life.

In his theory of *Übung,* Bollnow takes up two theoretical approaches from the German discourse and tries to link them. One is pedagogical considerations on *Übung* itself. From the very beginning of his argument, Bollnow points out that 'Western' tradition has an ambivalent position towards *Übung*. For one part, *Übung* is considered necessary for profound learning processes. For example, to learn a foreign language it is necessary to practice the vocabulary. However, at the same time, 'Western' pedagogical tradition devalues *Übung* as a rather mechanical and boring activity. Learning should be exciting, stimulating and thought provoking, and it should stimulate the students' creativity. Bollnow quotes the pedagogical classical author Herbart (1776-1841) saying: 'Being boring is the worst sin of instruction'[8] (Bollnow, 1991, p. 14). Against this backdrop of thought, *Übung* is seen as a necessary evil.

Bollnow points out that many efforts have been undertaken to downplay the dull and boring aspect of *Übung*. One of the main ideas in this regard is to link *Übung* with play. Pedagogues have invented games that exercise certain skills while being played, often even without the pupils noticing it. This means that pupils can participate in funny and exciting activities and at the same time practice certain skills. As soon as a certain skill seems to be acquired, curriculum will move on to the next step of instruction. However, although he emphasizes the positive side of this pedagogical strategy, Bollnow also offers criticism against it, mainly against the inherent tendency of pedagogical games to downplay the importance of accuracy. If a certain skill is to be learnt properly, play might lack the need to concentrate and act precisely. In short, Bollnow claims that the concept of *Übung* is not yet well understood in 'Western' pedagogical thought. Only some pedagogues, like Maria Montessori, occasionally have highlighted *Übung* in Bollnow's sense (see Bollnow, 1991, p. 102f.).

Coming from the other side of his argument, Bollnow takes up philosophical considerations saying that freedom is a fundamental idea in Western thought. However, he says that the realization of freedom remains an unsolved problem. He considers several approaches that have been proposed in 'Western' thinking to unfold human freedom. In the Age of enlightenment, rationality was seen as the royal road to freedom and the realization of human potential. However, enlightenment theories are based on a problematic dualistic concept of man (body versus rationality); moreover, psychoanalysts suggested that there are far greater—and even unconscious—forces in the human psyche than rationality (cf. Bollnow, 1976, p. 110.). Rationality, thus, can no longer be accepted as *the* way to human freedom.

Bollnow also points towards two approaches offered by the 'newer philosophy' [*neuere Philosophie*], one being existential philosophy, the other the 'way of happiness' [*Weg des Glücks*] as it is contained in life philosophy. According to existential philosophy, freedom may eventually emerge in the experience of a deep crisis. A person experiencing existential fear in crisis can eventually concentrate all his powers and escape the dull shackles of daily life. On the contrary, the way of happiness—that Bollnow associates with Nietzsche—refers to the rare moments of ecstatic peak experiences.

Bollnow claims: 'Both possibilities, that of the existential determination and that of the big happiness then describe climaxes in which man experiences a last fulfillment of his life'[9] (Bollnow, 1991, p. 81). However, although Bollnow concedes that both of these ways to freedom still hold true, their inherent problem is that the subject cannot do anything to actively conquer freedom. No one would actively induce a crisis to experience freedom. Similarly, the moment of happiness that Nietzsche talks about cannot be actively brought about; it just happens. 'In both cases, however, there is the difficulty that man cannot induce these states of a fulfilled life deliberately on his own'

8 'Langweilig zu sein ist die ärgste Sünde des Unterrichts.'
9 'Beide Möglichkeiten, die der existentiellen Entschlossenheit wie die des großen Glücks, bezeichnen dann Höhepunkte, in denen der Mensch eine letzte Erfüllung seines Lebens erfährt.'

(Bollnow, 1991, p. 81). In short, the 'occidental' tradition of thinking values freedom very highly but comes short in thinking of a way to realize it.

Therefore, the situation in which Bollnow finds the 'occidental' tradition can be characterized as such: For one part, he deals with a devalued idea of *Übung* that is directed only towards the acquisition of skills; for another part, he finds a highly-valued idea of freedom that lacks knowledge about its realization. It is in this situation that Bollnow refers to the 'old Japanese traditions' of practice like archery or *ikebana.* He claims that in Japan *Übung* is traditionally highly valued and that it does not mainly focus on learning certain skills but on cultivating the practice itself for the sake of inner freedom. Traditional Japanese arts aim at stimulating an inner change in the practicing subject, Bollnow says:

'*Übung* is not the only way to reach the pursued fulfillment of life, but it is the only means to induce this transformation intentionally and with deliberate effort. The Occident did not yet understand this connection sufficiently and therefore it did not develop techniques that lead to it. This is the reason why here the *Übungen* kept having such a subaltern character. In this difficulty the model of the Japanese *Übungen* becomes important for us because in them a form of *Übung* has developed that has detached itself from the ends of practical life and gained a significance that is independent from it. You do not learn the respective arts because of the practical skill that can be gained, but because of the purification and the inner change that can be gained'[10] (Bollnow, 1991, p. 81f.).

This inner change, Bollnow claims, can be considered as a path to inner freedom. This means that through referring to Japanese arts Bollnow is able to link the two Western lines of thinking—the pedagogical one of *Übung* and the philosophical one of freedom—in such a way that he can solve the problems both inherit. While Western pedagogical tradition has devalued *Übung* and thus (still) tries to avoid *Übung* as best as possible, in Japan *Übung* has been traditionally highly valued and thus many refined forms of *Übung* have been developed in Japanese culture. Western culture, in contrast, Bollnow claims, has only poor understanding and poor cultural forms of *Übung* (see Bollnow, 1976, p. 119f.).

The Japanese understanding suggests that it is possible to actively engage in a way to inner freedom. Man does not have to wait until freedom enters into life in moments of crisis or happiness. One of the keys is the aforementioned paradoxical structure of *Übung* that Bollnow attributes to Japanese traditional arts. When the practitioner actively strives for a result of his practice—for example, being 'the best', being admired by others for his performance etc.—, he will not succeed; however, when he ceases to strive and just concentrates on *Übung* itself, the result—inner freedom—will appear. The paradox is that the practicing person strives actively while at the same time he or she does not focus on the result of the activity, but just gets immersed in the activity itself. Being immersed is already inner freedom, because the person drops the 'little ego' that eagerly looks at results and achievements and become one with the activity itself.

In binding together the mentioned two traditions of 'occidental' thinking the reference to traditional Japanese arts can be considered a missing link in Bollnow's theory of *Übung*.

More than that, the reference to traditional Japanese arts is not only a missing link, it also changes the 'Western' concept of freedom itself. Taking up considerations about Japanese traditional arts, Bollnow points out that freedom is an 'inner freedom' that can be described as a state of 'egolessness'

10 'Die Übung ist nicht die einzige Weise, zu der erstrebten Erfüllung des Lebens zu gelangen, aber sie ist das einzige Mittel, diese Wandlung vorsätzlich und in bewußter Anstrengung herbeizuführen. Im Abendland hat man diesen Zusammenhang bisher nicht hinreichend begriffen und darum keine dahin führenden Verfahren ausgebildet. Das ist der Grund, warum hier die Übungen einen so subalternen Charakter behalten haben. In dieser Schwierigkeit wird uns das Vorbild der japanischen Übungen wichtig, weil sich in ihnen eine Übungsform entwickelt hat, die sich von der Gebundenheit an die Zwecke des praktischen Lebens gelöst und eine davon unabhängige Bedeutung gewonnen hat. Man lernt die entsprechenden Künste nicht um des darin zu erwerbenden praktischen Könnens willen, sondern um der darin zu erreichenden Reinigung und inneren Wandlung des Menschen willen.'

[*Ichlosigkeit*] (Bollnow, 1991, p. 70), as a state in which there is harmony of inner drives and outer possibilities. This notion of freedom encompasses the freedom from inner drives, wishes, etc. It is a notion of freedom that is different from the traditional 'Western' notion which traditionally understands freedom in a social way in terms of self-realization against outer constraints. In this sense, Bollnow says that the idea of freedom in terms of egolessness '[…] sounds for European ears at first startling, and it can easily give rise to misunderstandings'[11] (Bollnow, 1991, p. 70).

Seen from the perspective of transculturality, therefore, it should be noted that Bollnow changed the understanding of one of the core concepts of 'European' philosophy, freedom, through referring to Japanese traditional arts. Therefore, Bollnow's understanding of 'inner freedom' can be considered a transcultural idea of freedom and fulfillment of life.

5. Bollnow's way of referring to Japanese traditional arts

In terms of transculturality it is interesting to trace the ways how the ideas of 'Japanese traditional arts' entered into Bollnow's thinking. Naturally, a wide variety of ways of transmitting cultural ideas from one culture to another is possible. For example, it would be possible to gain knowledge of Japanese traditions by studying Japanese writings, or by personal experience. How does Bollnow gain knowledge of what he calls Japanese forms of *Übung*?

I think two main sources that Bollnow refers to need to be taken into account. One of them is that in the 1950s, 1960s, and 1970s Bollnow travelled to Japan several times and had personal contact with Japanese people (see Schwill, 2001). While traveling through Japan he not only presented papers about his philosophical and educational considerations at Japanese universities, but also talked with Japanese people about culture. Moreover, through occasionally participating in meditation practice, he gained personal experience of *Übung* in Japanese traditions. However, Bollnow admits that it was difficult for him to get a thorough understanding of Japanese culture: First, there was a language barrier; since he was not proficient in Japanese language, he could not understand the Japanese teachings in their original language (see Schwill, 2001, p. 43f.). In addition, he had difficulties in the practice of meditation. In his writings about *Übung,* he does not refer to his personal experiences, and so it seems that these experiences give a rather implicit background to his explicit statements about *Übung* in traditional Japanese arts.

The other, far more important source is Bollnow's reading of literature about *Übung* in Japan. Interestingly, in his writings about *Übung*, Bollnow mainly refers to two *German* authors when it comes to traditional Japanese arts. One of them is Eugen Herrigel (1884-1955), a German philosopher who had been to Japan between 1924 and 1929. Besides giving lectures on philosophy at Tohoku University in Sendai, Herrigel practiced Archery with an alleged Zen master. In 1948 he published a book in German about his Japanese experiences. This book is a main source for Bollnow's understanding of traditional Japanese arts; it was translated into English and as such published in 1953 as 'Zen in the Art of Archery'. The other author that Bollnow refers to is Karlfried Graf Dürkheim (1896-1988), a German diplomat and psychotherapist. Similar to Herrigel, Dürkheim had been to Japan for some years (1938-39; 1940-45) as a diplomat where he made personal experiences with practices of Zen Buddhism. Later, he wrote several books in German about these experiences. Bollnow mainly refers to his books '*Japan und die Kultur der Stille*' [translated into English as 'The Japanese cult of tranquility'], '*Vom doppelten Ursprung des Menschen*' [translated into English as 'Our Two-Fold Origin'], and '*Zen und wir*' [translated into English as 'Zen and Us'].

At some points of his writings on *Übung*, Bollnow additionally cites Japanese writers. For example, he refers to Daisetsu Suzuki's work '*Zen und die Kultur Japans*' [English: 'Zen and Japanese Culture'], or to a paper by Sueo Takeda, '*Selbstkraft und Fremdkraft*' (see, for example, Bollnow,

11'[…] klingt für europäische Ohren zunächst überraschend und kann leicht Anlaß zu Mißverständnissen geben.'

1991, p. 63; Bollnow, 1976, p. 112). However, it seems that these references only add to the knowledge that Bollnow gains from the reading of Herrigel and Dürkheim.

It should be stated that Herrigel and Dürkheim (as well as Bollnow), had positive attitudes towards the national socialist regime in Germany when it was in power. However, their books about Japan and Japanese traditions became quite popular in the latter half of the 20th century in Germany. In regard to transculturality it is noteworthy that Bollnow does mainly rely on writings of compatriots, whereby these writings are not of an academic nature, but rather give an account of their personal experiences in Japan.

The view on Japan that Bollnow presents, is, therefore, transformed twice. The first transformation is the one that Herrigel and Dürkheim produce. Both interpret their personal experiences against their own cultural background. This background is, in a general sense, the one that the German language provides (since they write their books in German; this issue will be taken up in the next section in more detail); it is also, in a more specific sense, the mindsets against which they interpret Japanese traditions. In regard to Herrigel, this may be said to be a philosophical background, in regard to Dürkheim a psychoanalytical one. Interestingly, however, both of them were interested in the writings of the German medieval mystic Meister Eckhart (about 1260-1328) even before they came to Japan, and it seems that their fascination with Zen had to do with this interest in mysticism.

Noteworthy, there is dispute about the question whether Herrigel had a proper understanding of the Japanese tradition. Yamada (2001) points out that Herrigel claims to write about Zen, but that in fact Herrigel's Japanese teacher was not a Zen master. From the viewpoint of transculturality this is interesting, because it shows that transcultural products—such as Herrigel's book—may eventually incorporate misunderstandings when one culture is being 'translated' into the other.

The second transformation is the one that Bollnow himself produces through his reference to Herrigel, Dürkheim, and the mentioned Japanese writers. He interprets these transcultural products against the background of his pedagogical, anthropological, and philosophical mindset and fits it into his pedagogical theory of *Übung*. This chain of interpretations seems like 'Chinese whispers', and one may be inclined to ask how much of 'Japan' remains in what Bollnow calls 'Japanese tradition'. This question will be elaborated upon in the next section.

6. Looking at language: *Übung* as a creative shift of categories in the interpretation of experience

Although Bollnow puts a lot of emphasis on analyzing the meaning of *Übung* in German language in detail, he does not consider his reference to *Übung* in traditional Japanese arts in terms of Japanese language. Throughout his considerations, he uses the word *Übung*, be it for learning of vocabularies, for practicing sports, for playing an instrument, or arranging flowers in the Japanese arts *ikebana*. In fact, the German word *Übung* does have such a wide range of meanings; Herrigel and Dürkheim also used *Übung* for describing Zen practices without hesitation. It seems that Bollnow just took over the word *Übung* from the writings of these two authors. For example, Dürkheim says:

'For the Japanese "*Üben*" always means a path to inner maturity, even when a specific performance is to be achieved. This goes so far as that when he meets a man of maturity, he immediately asks what his *Übung* was or still is. For us, the significance of all *Sich-Üben* [practicing oneself, R.M.] lies primarily on 'performance', for the Japanese on 'maturity'[12] (Dürkheim, 1954, p. 27).

12 ‚Für den Japaner bedeutet 'Üben', auch wo es um das Erzielen einer bestimmten Leistung erfolgt, immer auch Weg des inneren Reifens. Das geht so weit, daß, wo ihm ein Mensch von Reife begegnet, er sogleich fragt, was wohl seine Übung gewesen sein möge oder auch noch sei. Der Sinn alles Sich-Übens liegt für uns vorwiegend auf ‚Leistung', für den Japaner auf ‚Reife'.' Regarding the difference between Dürkheim's and Bollnow's theory of *Übung* see Baier (2013).

Interestingly, the Japanese language is more differentiated in this regard. There are at least two words that translate as *Übung*: 練習 (*renshuu*) and 稽古 (*keiko*).[13] Both have a rather specific meaning. While *renshuu* is usually used to denote the development of skills through practice regarding modern sports or classroom learning, *keiko* refers to the practice of the old Japanese arts like calligraphy or archery. Moreover, *keiko* does not only denote the development of skills, but, in the sense that Bollnow is talking about, the change of the innermost person through practicing the respective arts. The two words, therefore, divide the field of practice into two distinct categories, with one referring to the acquisition of skills in the area of activities in the modern world, the other to the change of the person in the area of traditional Japanese arts. Besides, *keiko* may sound a little bit old-fashioned compared to *renshuu*; and *renshuu* is a rather didactic concept in modern pedagogy. There is thus a 'gap' between the concepts in terms of the time frame to which they refer, one being applied to the 'old times', the other to modernity. Japanese language, therefore, is not inclined to link the two concepts in the way that Bollnow does through using the word *Übung* with reference to both, traditional Japanese arts and modern pedagogy.

It is obvious, however, that in referring to the practice of traditional arts in Japan, Bollnow thinks not in terms of the meaning of *renshuu* but of *keiko*. Still, with the concept of *Übung* he also denotes practices that in Japanese language would be associated with the word *renshuu*. After all, he is concerned with the didactics of *Übung*. The subtitle of his book '*Vom Geist des Übens*' [The spirit of practice] clearly indicates this, as it reads '*Eine Rückbesinnung auf elementare didaktische Erfahrungen*' [A reflection upon elementary didactic experiences]. Therefore, the concept *Übung* is rather broad and encompasses the meaning of both Japanese concepts, *renshuu* and *keiko* which, in a sense, bridges the gap between them.

Bollnow's book has been translated into Japanese with the title 練習の精神 (*renshuu no seishin*). The translation thus weighs the didactic aspect (as it is stressed in the concept *renshuu*) of Bollnow's work higher than the aspect of the development of the 'true essence' (as it is stressed in the concept *keiko*). This is surprising, because Bollnow's main idea is to move from a rather didactic understanding of *Übung* to a more anthropological and humanistic one through incorporating Herrigel's and Dürkheim's reflections about traditional Japanese arts. However, the translator needed to decide which word to use for the translation, and he chose *renshuu*. This problem makes clear that in applying the word *Übung* regarding traditional Japanese arts, Herrigel and Dürkheim took traditional Japanese arts out of the hereditary Japanese cultural pattern of meaning and incorporated it into another, that is the German pattern of meaning. They paved the way for Bollnow to change the position of Japanese traditional arts in relation to other, especially modern, forms of practice. In terms of transculturality this is a creative change of categories through the interpretation of transcultural experiences.

It is rather unlikely that Herrigel, Dürkheim or Bollnow did this change of categories on purpose. More than that, it is likely that they were not aware of the re-categorizing of traditional Japanese arts that they accomplished through applying the word *Übung* to them. All of them had only little understanding of Japanese language, and they were more interested in the experiences that Japanese traditional arts provide than in linguistic details. And from a German point of view, it is rather natural to use the word *Übung* regarding practices like traditional Japanese arts.

Therefore, it may be justified to describe this categorical change as a creative misunderstanding, as a transcultural interpretation that unwillingly changed the original meaning of Japanese traditional arts and *keiko* through incorporating it into the German language.

13 In what follows in this section I refer to personal communication with Prof. Tadashi Nishihira in April 2017. I am grateful for his comments. However, any flaws in this section are mine alone.

7. Transculturality and Bollnow's culture theory

This section shall discuss some aspects of Bollnow's theory of culture. The above analysis made clear that in his work on Übung he develops a transcultural theory. Yet, it has not been analyzed how Bollnow thinks about culture.

In his theory of *Übung*, as in his other works, Bollnow argues from the viewpoint of a philosophical anthropology. In doing so, he looks for anthropological universals. He looks at humans as beings that everywhere in the world have the same basic characteristics. Therefore, for him, *Übung* is an issue that is important for human beings in a general sense. But how does he think about cultural differences?

For Bollnow, cultures seem to be one-sided developments of universal traits of human beings (see Schwill, 2001, p. 43). He thinks that the 'European' tradition has highly developed thoughts about freedom but lacks of development in the understanding of *Übung*. In contrast, he finds this development of *Übung* in what he calls the 'Japanese culture'. Therefore, for him, 'Japanese' culture can serve as a complement to 'European' culture since it balances a shortcoming of the 'European' pedagogical tradition. Bollnow explicitly states how important it is for German pedagogues and philosophers to learn from Japan; in this regard Bollnow criticizes his German colleagues for not being interested in what Japanese scholars could teach them (Schwill, 2001, p. 32). A true encounter of cultures, Bollnow holds, is characterized through mutual understanding. Such an understanding, he posits, is important for a real 'world history' and a 'world philosophy' (see Schwill, 2001, p. 29ff.).

However, Bollnow notably sees this complementary function of the reference to another culture only regarding *theoretical* reflections. He explicitly states that it makes no sense to import 'Japanese' traditions of practice to Germany. Here, again, he refers to culture:

'Needless to say, that we cannot simply adopt the Japanese forms of *Übung* into our world. They are embedded in the context of the Japanese culture and cannot be dissolved out of it. Therefore, it would be preposterous if we would want to practice archery or calligraphy in our world'[14] (Bollnow, 1976, p. 119).

It seems that for him the practice itself is situated in a complex cultural context that cannot be taken to pieces and brought in another cultural context. From today's perspective, Bollnow's claim that Japanese traditional arts cannot be integrated into German or European life has been overhauled by reality. Nowadays there are many possibilities to take part in Japanese traditional arts, like karate, judo, or calligraphy in Germany and other countries outside of Japan. Regarding the practice of Japanese forms of *Übung*, therefore, Bollnow does *not* think transculturally.

In his thinking, Bollnow seems to be still tied to what Welsch calls the traditional culture concept. It is remarkable that Bollnow repeatedly uses words like 'Japan', 'Japanese culture', 'Japanese traditions' etc., as distinct to the 'Occidental' tradition. Also, he uses words like 'we' and 'them' (although without devaluing the other). This language is situated within a background of the traditional culture concept. It is a language that suggests that there are in fact distinct and rather closed cultures. It seems that what Bollnow in fact *does* (developing a transcultural theory) is different from what he is *saying* about cultures.

However, Bollnow proposes that instead of importing Japanese traditional arts to 'our world,' new ways of *Übung* need to be created and cultivated. This, he thinks, is an individual task: 'As long as cultivated forms of practice with distinct traditions do not exist over here, everybody needs to find forms of practice out of his life circle that are appropriate for him'[15] (Bollnow, 1976, p. 120). It seems

14 'Daß wir die japanischen Übungsformen nicht einfach in unsere Welt übernehmen können, ist selbstverständlich. Sie sind in den Zusammenhang der japanischen Kultur eingebettet und können nicht aus ihm herausgelöst werden. So wäre es ein Unding, uns in unserer Welt im Bogenschießen oder im kalligraphischen Schreiben üben zu wollen.'

15 ‚Solange ausgebildete Formen des Übens mit eigener Tradition bei uns nicht vorliegen, muß jeder aus seinem Lebenskreis die ihm gemäßen Formen des Übens zu finden suchen.'

that he considers it possible that 'European' culture could cultivate (collective) forms of practice. However, he rather integrates his ideas into the individualistic mindset of 'European' culture. In this sense, again, the 'Japanese' traditions undergo a transcultural change in Bollnow's theory of *Übung*.

Therefore, Bollnow's reference to culture seems to be ambivalent. For one part, his intellectual practice itself is transcultural in importing 'Japanese' ideas into the 'European' context of thinking. For another part, his thinking is still bound to the framework of the traditional culture concept. This observation about Bollnow's thinking is not meant in a pejorative way; in contrast, I think that with his reference to 'Japan' Bollnow made a remarkable achievement for pedagogy. We need to keep in mind that Bollnow wrote about *Übung* in the 1970s, when transculturality was not yet discussed like today.

8. Summary

All in all, Bollnow's transcultural concept of inner freedom did not gain much ground in German educational discourse.[16] In the 1970s Bollnow was already a rather old-fashioned scholar of education. The approach of the Humanist Pedagogics [*Geisteswissenschaftliche Pädagogik*] that Bollnow followed had been dismissed by many scholars in the end of the 1960s when empirical and critical thinking entered the stage of educational thought. At this time 'emancipation' was the key concept that was discussed by educators and pedagogues; although 'emancipation' is very close to 'freedom', however, 'emancipation' was thought of in a rather political and societal framework; it meant, for example, the emancipation of the younger generation against the older one, or the emancipation of women against (structural) male oppression. Here, freedom was not thought of as a balancing of inner drives and outer possibilities, but rather as a fight for the possibility to realize inner drives against outer constraints. Reference to 'inner freedom' would seem rather unpolitical and could not gain popularity. Maybe it is because of this *Zeitgeist* that Bollnow's theory of *Übung* did not get the recognition at the time as it would have deserved.

However, seen from today's perspective, Bollnow's thoughts may still lead the way to conscious efforts for transcultural understanding. In a world that risks to become ever more homogenous in the process of globalization, it is important to appreciate different cultural traditions and to seek for mutual learning of these traditions in transcultural learning processes. Moreover, in a world that in no way is more peaceful than in the 1970s, Bollnow's transcultural concept of inner freedom could lead the way to more 'serenity' [*Gelassenheit*] (Bollnow, 1991, p. 77f.) as opposed to the widespread aggression. Today, we should still hope with Bollnow for a 'world history' and a 'world philosophy' in which people from all over the world are willing to act together and to learn from each other.

9. Acknowledgement

This research is supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University. The author wants to express his special gratitude for Prof. Tadashi Nishihira and Prof. Masatoshi Murase.

[16] Bollnow's concept of *Übung* is discussed in Brinkmann (2012). There is a recent publication by Nishihira (2017) that draws on Bollnow's theory of *Übung*.

10. References

Baier, K., Philosophien der Übung unter japanischem Einfluss: Karlfried Graf Dürkheim und Otto Friedrich Bollnow. In *Dimensionen der Selbstkultivierung. Beiträge des Forums für Asiatische Philosophie,* ed. Schmücker, M. & Heubel, F., Verlag Karl Alber, Freiburg and München, 337-369, 2013

Bollnow, O.F., Einübung der inneren Freiheit. In *Befreiung zur Menschlichkeit*, ed. Asperger, H. & Haider, F., Wien: Österr. Bundesverl. für Unterricht, Wissenschaft und Kunst, 109-133, 1976

Bollnow, O.F., *Vom Geist des Übens. Eine Rückbesinnung auf elementare didaktische Erfahrungen,* p.128, 3. ed., Rothenhäusler Verlag, Stäfa, 1991

Brinkmann, M., *Pädagogische Übung. Theorie und Praxis einer elementaren Lernform*, p.440, Ferdinand Schöningh, Paderborn et. Al., 2012

Hörning, K., Kultur als Praxis. In *Handbuch der Kulturwissenschaften. Grundlagen und Schlüsselbegriffe*, ed. Jaeger, F. & Liebsch, B., Metzler, Stuttgart & Weimer, 139-151, 2004

Koerrenz, R., *Otto Friedrich Bollnow. Ein pädagogisches Portrait*, p.134, Beltz, Weinheim & Basel, 2004

Mae, M., Japonismus als transkultureller Prozess – Odano Naotake, Katsushika Hokusai und Vincent van Gogh. In *Monet, Gauguin, van Gogh ... Inspiration Japan*, ed. Museum Folkwang, Edition Folkwang/Steidl, Göttingen, 21-27, 2014

Mattig, R., Transkulturelles Lernen. In *Handbuch Schweigendes Wissen. Erziehung, Bildung, Sozialisation und Lernen*, ed. Kraus, A.; Budde, J.; Hietzge, M; Wulf, Chr., Beltz Juventa, Weinheim & Basel, 759-770, 2017

Nishihira, T., Bewusstsein ohne Bewusstsein (Mushin): Die Zen-Philosophie aus erziehungswissenschaftlicher Sicht. *Pädagogische Rundschau*, 71.1., 33-50, 2017

Schwill, J., Begegnung der Kulturen – Otto Friedrich Bollnow in Japan. *Hamburger Beiträge zur Erziehungs- und Sozialwissenschaft*, 1, 7-65, 2001

Trabant, J., *Weltansichten. Wilhelm von Humboldts Sprachprojekt*, p.352, Beck, München, 2012

Wulf, Chr., *Educational Science. Hermeneutics, Empirical Research, Critical Theory*, p.158, Waxmann, Münster, New York, München, Berlin, 2003

Wulf, Chr.; Zirfas, J., *Theorien und Konzepte der pädagogischen Anthropologie*, p.312, Auer, Donauworth, 1994

Yamada, S., The Myth of Zen in the Art of Archery. *Japanese Journal of Religious Studies*, 28/1-2, 1-30, 2001

プロジェクトレポート

December 2017
No.2017-012-e

Journal of Integrated Creative Studies

Spines Direct Insect Herbivores Away From Meristems and May Protect Grasses

Richard Karban[1]
[1]University of California, Davis, CA, USA
E-mail: rkarban@ucdavis.edu

Abstract: Many grasses have unidirectional hairs and spines that make it easy for insects to move from the leaf bases to leaf tips but hard to move in the other direction. This observation led to the hypothesis that these traits may direct small arthropod herbivores away from grass meristems which are located at the base of leaves and plants. I tested this hypothesis for two common grasses that grow at the Center for Ecological Research. For *Andropogon virginicus*, leaf tips received more chewing damage than bases. Grasshoppers landed on leaf bases but quickly oriented upwards. Leaves with more spines had less damage although areas in the field with more herbivores had plants with more damage and more spines. New leaves on plants that had been experimentally clipped had more spines although there was no evidence that neighbors also responded. For *Phragmites australis*, tips received more damage than bases although I found no evidence for an association between density of spines and damage. These results suggest that unidirectional hairs can protect some grasses from small chewing insects and motivate future work examining these traits in economically important grasses such as rice.

Keywords: unidirectional hairs, spines, host plant resistance

1. Scientific Activities

I worked at the Center for Ecological Research from August 21, 2017 to November 21, 2017. During this time I collaborated with Professor Junji Takabayashi and other colleagues and students at the CER.

1.1 Introduction

Grasses in the family Poaceae provide more than 50% of the food consumed by humans as well as sources of fuel, fiber, and forage (Blair et al. 2014). Grasses are also important ecologically as grasslands cover 30-40% of the land surfaces of the earth. Despite their importance, we know less about how grasses defend themselves against insects and other herbivores than we do about defenses of dicotyledonous plants. Grasses are unusual in having meristems that give rise to new growth at the base of the plant instead of at the top of shoots. This allows grasses to be more tolerant of loss of leaf tissues since the meristems are difficult for herbivores to reach and grasses can regrow more readily.

Many grasses have anisotropic surfaces - unidirectional hairs and spines that make it easy for a person to slide their fingers from the base of a grass leaf to the tip but difficult to slide in the opposite direction. This observation led to the hypothesis that grass leaves may direct small arthropod herbivores towards the leaf tips and away from the valuable meristems at the base (Vermeij 2015).

During my stay at Kyoto University I tested this hypothesis using two abundant grasses that grow at the CER, *Andropogon virginicus* and *Phragmites australis*. Specifically, I asked the following questions: 1) Is there more chewing damage to grass leaves at leaf tips than at the bases? 2) Do herbivores choose to feed at leaf tips rather than at leaf bases? 3) Is there an association between leaf damage and the density of unidirectional spines? 4) Does leaf damage induce production of greater densities of spines on new leaves? 5) Do new leaves have more spines when neighbors have been damaged? 6) Do unidirectional spines help shed water more quickly?

1.2 Results

1.2.1 Leaf bases had less damage than leaf tips

For *A. virginicus* only 5% of plants had damage to leaf bases while the middle third of leaves had chewing damage for 55% of plants and leaf tips were damaged for 60% of the plants. For *P. australis* only 25% of individuals had leaf bases that were damaged compared to 60% and 58% for the middle and tips of leaves.

1.2.2 Grasshoppers often land at leaf bases but orient upwards

Grasshoppers and katydids were the most common insect herbivores that fed on these grass species. These insects were just as likely to land on the leaf bases as on the other leaf positions. However, they quickly oriented upwards, towards the leaf tips.

1.2.3 Leaves that were damaged by insects had fewer spines than those that were not damaged

For *A. virginicus*, leaves that were damaged had a lower density of leaf spines than other leaves on the same plant that were not damaged. Leaves that were damaged also had a lower density of spines than undamaged leaves of a similar size on neighboring plants. This pattern was not observed for *P. australis* where density of spines of damaged leaves was not different from that of undamaged leaves on the same or neighboring plants. These results may have indicated that grasshoppers avoided leaves

that had high densities of spines. The number of spines could also have increased on leaves and/or plants that had been damaged by grasshoppers. This hypothesis was tested below (see 1.2.5).

1.2.4 At the landscape scale, A. virginicus plants that grew in areas that had more herbivores had more spines

There was considerable variation in the amount of damage that plants received. Plants that grew in south-facing environments had more herbivores and also had a greater density of spines. The density of spines was proportional to the number of leaves with damage at this landscape scale (spines/cm = 0.75 leaves with damage + 9.3, $R^2 = 0.16$).

1.2.5 New leaves had more spines when old leaves had been attacked

For *A. virginicus*, leaves that had been produced in the weeks following experimental clipping had a higher density of spines than new leaves on unclipped control plants. There was no evidence that neighboring plants, next to those that were experimentally clipped, had more spines. No differences in the density of spines were observed for newly produced leaves of plants that had been clipped with scissors and control individuals of *P. australis*. However, when actual caterpillars were added to *P. australis* individuals, newly produced leaves had a higher density of spines.

1.2.6 Unidirectional hairs and spines do not shed water more quickly

Several authors have noticed that plants growing in humid environments have a variety of adaptations that allow them to shed water from their leaf surfaces to reduce the severity of fungal infections (Dean and Smith 1978, Baker-Brosh and Peet 1997). I tested the hypothesis that unidirectional hairs and spines might allow leaves to dry more quickly. This hypothesis was not supported; to the contrary, leaves of *A. virginicus* that dried more quickly had a lower density of hairs and spines.

1.3 Discussion, Consequences, and Future Directions

This is one of the first tests of the hypothesis that unidirectional hairs and spines direct herbivores away from grass meristems. The evidence for *A. virginicus* was generally consistent with this hypothesis. Results for *P. australis* were more ambiguous.

Many grasses possess unidirectional features suggesting that they are common defenses against chewing damage. In the future it will be important to evaluate whether these traits increase the survival and reproductive success of individuals that exhibit these traits.

Unidirectional hairs and spines are also found on grasses that are of economic importance, such as rice. Different varieties of rice exhibit varying densities of hairs and spines. Preliminary surveys and experiments were conducted in collaboration with Dr. Kaori Shiojiri to examine the role of these traits in host plant resistance of rice. Preliminary results failed to show a correlation between the density of rice spines and levels of damage by herbivores. An experiment led by Dr. Shiojiri suggested that volatiles from clipped weeds from the margins of rice fields may cause newly produced rice leaves to have higher densities of spines. Additional experiments are required to confirm these results and to explore the possibility of increasing host plant resistance in rice to chewing herbivores.

2. Conference Participation and Invited Seminars

2.1 Conferences

8/23-27 Co-organizer of a session, “Plant-plant communication”, at the annual meeting of the International Society for Chemical Ecology, Kyoto

8/26 “The language of plant communication”, keynote talk at the annual meeting of the International Society for Chemical Ecology, Kyoto

2.2 Seminars

9/15 “What can plant biologists learn about behavior from animals?” Center for Ecological Research, Kyoto University

9/27 “17-year cicadas: why do they take so long and how do they affect their host trees?” Kyoto University, Graduate School of Science

10/19 “Plant communication and defense: what can plant biologists learn about behavior from animals?” Kyoto University, Advanced Future Studies, Yukawa Institute

10/24 “Plant communication and defense: what can plant biologists learn about behavior from animals?” Nara Women’s University

11/1 “Communication between plants about herbivory”, University of Tsukuba and National Agriculture and Food Research Organization, Tsukuba

11/15 “Communication between plants about herbivory”, Ryukoku University, Kyoto

3. References

Baker-Brosh, K.F. and Peet, R.K. The ecological significance of lobed and toothed leaves in temperate forest trees. *Ecology*, **78**, 1250-1255, 1997.

Blair, J., Nippert, J., and Briggs, J. Grassland ecology. Pages 389-423 *in* R. K. Monson, editor. *Ecology and the Environment, The Plant Sciences 8.* Springer Science+Business Media, New York, 2014.

Dean, J.M. and Smith, A.P., Behavioral and morphological adaptations of a tropical plant to high rainfall. *Biotropica*, **10**, 152-154, 1978.

Vermeij, G. J. Plants that lead: do some surface features direct enemy traffic on leaves and stems? *Biological Journal of the Linnean Society* **116**, 288-294, 2015.

プロジェクトレポート

February 2018
No.2017-013-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my 2017 stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japan

Ingo Fischer[1]
[1]Institute for Cross-Disciplinary Physics and Complex Systems IFISC (UIB-CSIC), Palma de Mallorca, Spain

Abstract. In this report, I summarize my research activities and some of the outcomes of the discussions during my one-month stay as Distinguished Visiting Professor at the Yukawa Institute for Theoretical Physics in October 2017. This visit was supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University, Japan.

Keywords: cognitive information processing, complex systems, creativity, interdisciplinary and transdisciplinary science

Personal Note

I wish to express my deep gratitude to Professor Masatoshi Murase for his wonderful hospitality, his kindness, inspiration and support during my stay at YITP as a Distinguished Visiting Professor. I consider Prof. Murase's efforts towards providing broad insights to the work of other researchers coming from different backgrounds and disciplines, including the sciences and the humanities, very stimulating.

I would like to thank the YITP and the International Research Unit of Advanced Future Studies for their support of my visiting professorship.

Moreover, I would like to thank the director Prof. Sinya Aoki and the colleagues at YITP and the International Research Unit of Advanced Future Studies for their hospitality and inspiring discussions.

Finally, I would like to thank the YITP staff, in particular Ms. Miyuki Nakamura and Mrs. Sachiko Mochidome, for their kindness and all their administrative help.

It has been a real pleasure to work at YITP and to interact with its faculty and staff, and a very inspiring and fruitful period for me personally and professionally. Working in this excellent place of science, embedded in such a beautiful city with its incredible historic heritage and its kind people, made it an unforgettable experience.

Palma de Mallorca, 27. January 2018

Ingo Fischer

1. Scientific Activity

My research as a Distinguished Visiting Professor at the International Research Unit of Advanced Future Studies was conducted during the month of October 2017 in collaboration with Professor Masatoshi Murase.

During my stay, I had the opportunity to conduct many fruitful discussions with Prof. Murase on the scope of his and our own work on the topics of interdisciplinary and transdisciplinary research and complex systems in general and cognitive processes involving information processing and creativity in particular. Moreover, I contributed to a transdisciplinary seminar at the Yukawa Institute, gave a seminar at Saitama University, and provided tutorials at a Nonlinear Dynamics Workshop at Tokyo University of Science.

1.1. Context

Neuro-inspired information processing and cognitive computing have been gaining renewed interest in recent years due to the development of novel computing concepts and insights from neurophysiological experiments into information processing in or by the brain, and in particular the implementation of cognitive computing using novel analog hardware.

Artificial intelligence and machine learning are important drivers behind this development. We are currently witnessing their success in performing tasks deemed human or at least very difficult to achieve before (Silver, 2017). In fact, tools developed in these fields are entering our everyday lives more and more. But even the most popular and successful methods like deep learning only employ very simplified and reduced network and learning concepts and cannot be regarded to mimic human information processing and creativity or to represent Artificial General Intelligence (AGI).

From a wider perspective, major aspects of how the brain is capable of performing so many different kinds of tasks in an ever-changing environment and to learn so efficiently at a very low power consumption of only 20-25W still evade our current understanding. We do not understand many aspects of how the brain encodes information, routes information, stores and retrieves (memorizes) information, connects information, and how these abilities are linked to certain properties of individual neurons, cortical structures, connectivity and emerging dynamical properties. The so-called inner workings of our mind still remain one of the largest scientific mysteries. The maxim “γνῶθι σεαυτόν”, meaning “know thyself”, which had been inscribed at the Temple of Apollo at Delphi, continues to be driving our curiosity and scientific efforts.

We feel that qualitative advances might benefit from a truly multidisciplinary and ultimately transdisciplinary approach. Some motivations and justifications for these thoughts, although highlighting only few particular aspects, will be discussed in the following section.

1.2. Cognitive information processing and creative processes

The following thoughts on cognitive and creative processes are themselves the result of a creative and very dynamical process: the discussions I have had with Professor Masatoshi Murase and colleagues during my stay at the Yukawa Institute of Kyoto University in October 2017. They should be considered a work in progress. The aim of our research is to gain an extended understanding of cognitive processes in general, to support a paradigm shift towards a perspective of cognition and creativity as a dynamical process and finally, in a practical sense, to apply and test the gained ideas and identified minimal requirements for the implementations of cognitive computing systems. In this report, I will restrict myself to rather general considerations and will leave more technical aspects and explicit modeling to future publications.

Our considerations emerged in the tension field of several ideas and thoughts. First, there were the works of Prof. Murase on the nature of life and of cognitive processes (Murase, 2000; Murase, 2018); and second, our work at IFISC on minimal analog complex dynamical systems, and performing neuro-inspired information processing based on nonlinear transient responses (Soriano, 2015). And third, there

was our common understanding that complex hierarchical, potentially self-similar, dynamical processes are key for the understanding of cognitive processes.

1.3. Neuroscientific perspective

From a neuroscience perspective, the brain exhibits, both in structure and neural activity, features of scale-invariant behavior. With respect to structure, the branching of the brain's vascular and neural systems shows self-similar features in the brain's architecture. With respect to neural activity, avalanches of electrochemical activity, both in vitro and in vivo, have been reported to exhibit scale-invariant behavior in brain networks (Petermann, 2009; Shriki, 2013) (for a recent discussion and overview see (Martinello, 2017)). Currently, there is an active debate in the scientific community, in how far these properties are relevant or even key to the understanding of information processing abilities in the brain.

Although our insights into many aspects of the brain's structure and activity are still quite restricted, and we do not know first principles governing the dynamics of neural system, it is justified to consider the brain as a complex, self-organized dynamical system. With respect to information processing, distributed, parallel processing, as well as serial operations coexist within highly interconnected networks (Singer, 2013). Even (or maybe in particular) in its resting state, the brain exhibits highly complex dynamics (Shriki, 2013). This is not surprising given the large size of the cortical network that spans an extremely high-dimensional state space in which huge amounts of information, both genetically, ontogenetically and learned, can coexist. More surprising is how fast (~200ms) and reliable the brain is capable of accessing large parts of this information, extracting it from the high-dimensional state space, or even connecting it with other information. (Singer, 2013). The processing of information, like the recognition of a pattern, induced by a stimulus is, in this context, rather a reduction in dynamical complexity than a stimulus-induced increase.

Yet, it is often assumed that the neural mechanisms underlying perception and cognition can be well approximated by steady-states. Consequently, in many models, the behavior of the network is assumed to be extremely simple, often described by steady states or periodic states. This is a conceptual reduction in which, in fact, the key aspects of the cognitive processing might get lost (Rabinovich, 2008).

Moreover, in most concepts and models, like in the Hopfield model, information processing in the brain is assumed to be based on attractors in state space. This is a concept also being widely supported by the neural networks community. In this perspective, an input signal gradually changes the pattern of activated nodes (neurons) of a neural network, resulting in a new pattern represented by an attractor state (Rabinovich, 2008). There are a number of problems with this idea. First, in order to be able to react sufficiently fast to threats and dangers, it is a question of survival that the neural activity does not have to settle in an attractor state before a decision can be made. Moreover, given the incredible size of the state space, the convergence to the correct attractor corresponding to the stimulus/input signal becomes an immense problem. There are neurophysiological experiments that indicate the existence and functional relevance of deterministic dynamics that is not requiring classical attractor states (Rabinovich, 2008). The concept of Liquid-state machines that was introduced by Wolfgang Maass in 2002, suggests that the cerebral cortex is a nonequilibrium system, and that information processing in the brain is based on unique patterns of transient activity, induced by incoming inputs (Maass, 2002). Indeed, such computations can fulfill the requirement of being consistent, robust against noise, and easily decoded. (Rabinovich, 2008). Recently, complex networks of dynamically connected saddle states have been shown to be capable of performing information processing, like, e.g., arbitrary logic operations in a controled way (Timme, 2012). The corresponding dynamics allows for computation based on switching along complex networks of states. (Rabinovich, 2006, Timme, 2012).

These are only a few examples of questions stimulating ideas for novel concepts and, at the same time, illustrating the huge gaps that exist to model or understand even the most fundamental processes in the brain. These limitations also have as a consequence that technical implementations of artificial intelligence, machine learning or cognitive computing so far only mimic very limited aspects and few

mechanisms that might be 'at work' in our brains. But some of the mentioned neuroscientific properties also provide clues to where one might start or advance existing approaches.

1.4. Minimal information processing concepts and implementations

At IFISC we have been following a minimal design approach that picks up upon some of the discussed complex dynamical features. With minimal design, we mean that we start with simple concepts, reducing them as much as possible in terms of ingredients, constraints and hardware requirements, and then exploring their capabilities. This suggests that we do not aim at making as close a copy of the brain (or small parts of it) in electronic or photonic hardware as possible, but to learn about the fundamental properties of information processing concepts. This is in clear contrast to the approaches chosen, e.g., in one of the European Flagship projects, the Human Brain Project. Our approach is motivated by the thought that we simply do not know which properties of neurons, synapses, plasticity mechanisms etc. are owed to constraints, determined, e.g., by the biological substrate, and which ones are key for the cognitive information processing concepts in general. We feel that this is paramount to explore, in order to avoid potential significant overheads and restrictions when building cognitive computing systems on other hardware platforms. Even the rather simple question regarding the exact role and requirement of excitable action potentials for neural information processing has not yet been satisfactorily answered.

For our minimal information processing concept, we have chosen a few components of the previously discussed features found in the brain. These are first the use of a recursive network, in contrast to feedforward networks, that are often employed in common artificial neural network methods; second, computation based on nonlinear transient responses rather than attractors; and third, the utilization of large state space dimensions to allow for linear separation of distinct states and the flexibility to approximate a large set of nonlinear transformations. Our approach is based on methods developed independently as Echo State Networks by Herbert Jaeger (Jaeger, 2001) and Liquid State Machines by Wolfgang Maass (Maass, 2002). Today, they are being mostly sub-summized under the name Reservoir Computing. The appeal of these methods is that they combine the properties of fading memory for contextual information processing with low constraints on the network and easy training methods based on linear regression.

Starting from their methods, which are still based on networks with a large number of nodes with nonlinear properties that mimic neurons and random connectivity patterns, we simplified the concept further. Instead of using a large recurrent network with many nodes, we used the simplest possible dynamical system allowing us to map the input onto a high-dimensional state space: a delay- dynamical system comprised of a single nonlinear node and a delayed feedback loop. We induced nonlinear transients, instead of using fixed mappings, by modulating the input information during one delay time with a defined random mask on time scales faster than the inverse characteristic frequency of the nonlinear node. And instead of using sigmoid nonlinearities, we used various kinds of nonlinearities depending on the hardware substrate we employed to realize the nonlinear node. These included a Mackey-Glass type nonlinearity (Appeltant, 2011), an Ikeda-type nonlinearity (Larger, 2012), and the nonlinear optical response of semiconductor lasers (Brunner, 2013).

Some of the remarkable findings of these studies were that the ring-like topology of the delay-dynamical system for several tested tasks worked similarly well, and sometimes even better, than the large random networks with many nodes, that many nonlinearities worked even better than the sigmoid one, and that no thresholding or spiking dynamical behavior was required at this point to achieve high-performance information processing. The tasks that were demonstrated included, among others, nonlinear prediction, utilizing only the inherent memory of the system, and dynamical pattern classification tasks. High-speed, high-performance information processing has been demonstrated by us and several other groups. (Brunner, 2013a; Brunner, 2013b; Bueno, 2017).

While we have been able to demonstrate the use of nonlinear transients to compute, we still started from systems that converged to a stable state as attractor without input. This has been so far considered a requirement to achieve the so-called consistency property. Consistency means that similar input stimuli result in similar outputs. This is demanded to have reliability of responses. Assuming a stable

state without input is in clear contrast to the endogenously active brain which exhibits a highly complex state without external stimuli. We recently showed that even for autonomously dynamical systems exhibiting high-dimensional chaotic dynamics, consistency can be achieved under some conditions, managing another small step towards mimicking the above-mentioned features found in the brain (Oliver, 2016).

1.5. Towards creative processes

To extend these approaches towards more general and powerful neuromorphic computing concepts, and potentially even towards understanding and mimicking creative processes, the identification of crucial mechanisms is key. The discussions with Prof. Murase were very fruitful in this context and provided first clues.

Usually, creativity is defined as a process in which something new is formed that has value or meaning. The created item may be a physical object, like a piece of arts or an idea, a scientific theory or a music piece. Creativity is such a general concept that one can find many definitions depending on the discipline. The disciplines which are concerned with creativity range from arts and education to philosophy and science.

The idea of creativity is mostly associated with human activity. We usually associate it with the creation of something fundamentally new or the discovery of novel connections between before unconnected concepts and ideas. It is thus the generation of new information based on combining diverse types of information in novel ways, usually crossing intra-disciplinary or intra-modal boundaries.

The interplay of divergent and convergent thinking has been identified as an important mechanism of creativity. Convergent thinking is the cognitive ability or the logical process to arrive to the same (correct) answer when confronted with the same question or problem repeatedly. With what has been discussed before, convergent thinking might be associated with the property of consistency. Divergent thinking, in contrast, is the process of exploring many coexisting ideas that are being generated in a spontaneous emergent manner. Therefore, many ideas are explored in a short amount of time or even simultaneously, and unexpected connections are drawn. This process could be associated with the generation of information and conceptually even with chaotic processes. In a creative process, often, a period of divergent thinking is followed by a period of convergent thinking, in which ideas and information are being organized and structured.

From a psychological and neuroscientific perspective, divergent thinking has been linked in humans to semantic memory and, recently, also to episodic memory (Madore, 2017). From a functional connectivity perspective, creative thinking ability has been associated with a distinct brain connectivity profile. fMRI studies reveal that highly creative people show the ability to simultaneously engage large-scale brain networks comprised of cortical hubs within default, salience, and executive systems (Beaty, 2018). Moreover, it has been found that highly creative individuals are more likely to exhibit cognitive disinhibition compared to less creative individuals, which might allow more information to pass into conscious awareness (Carson, 2003).

An abstraction of the requirements for creative processes is, however, lacking so far. A starting point might be the ideas suggested by Prof. Murase, involving five major principles relating to essential, recursive aspects of life (Murase, 2008; Murase, 2011) and aspects of cognitive processes and information processing in complex systems in general (Murase, 2018). These five principles are: expansion, contraction, negation (deletion), connection, and emergence.

From the discussion in the previous paragraphs, the link of some of these principles to the requirements for and properties of cognitive processes is clear. Expansion and contraction relate to divergence and consistency. Negation and connection describe the changes in a physiological, functional or dynamical network. Finally, emergence describes that these processes occur in a self-organized manner, and that emergent complex behavior is at the heart of the self-similar endogenous activity and the responses of the brain to external stimuli.

It is a challenge for the coming years to identify the role and importance of these principles in cognitive and creative processes, to perform the abstraction into concrete complex systems models, and to verify or falsify their assumed role in the processes. It will be particularly interesting and crucial to explore the balance between the different mechanisms qualitatively and quantitatively. We might gain insights from psychological, medical and neuroscientific studies regarding the delicate balance. Imbalances result in disorders, diseases and pathologies that might give important clues to the balanced conditions that we consider the healthy one. How delicate these balances are might be illustrated by the finding that the frequency and intensity of certain psychopathic symptoms are noticeably higher in creative persons than in the rest of the population. Moreover, creative thinkers have been found to come more likely from family lines exhibiting a higher risk for psychopathologies even if the creative thinker or genius is herself/himself not suffering from these conditions.

In general, we are convinced that in order to gain a more thorough understanding of cognitive information processing and creative processes, we will need to extend the approach from the originally discipline-centric methods, via cross-disciplinary and inter-disciplinary collaborations, towards a truly transdisciplinary approach, comprising and combining insights, perspectives and synergetic methods, and not only from neuroscience, physics, mathematics, engineering, computer science, psychology and medicine, but also from philosophy. It is, in a nutshell, the whole spectrum from scientific reductionism to holistic Eastern philosophies brought together that might bring us closer to understanding the most complex system we know, our brain. Moreover, it will allow us to recognize the commonalities, but also to differentiate the different balance and qualitative differences with other creative processes in nature. These insights will not only enable technological advances, but bring us closer to understanding our own nature in the sense of the maxim “γνῶθι σεαυτόν”.

2. Presentations in affiliation with the International Research Unit of Advanced Future Studies

During my stay, I contributed to several seminars and workshops, as follows:

- Transdisciplinary Meeting at the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japan, 19. October 2017. I gave an invited talk with the title “Do we need a new information processing paradigm?”.
- Seminar at Saitama University in Saitama, 20. October 2017. I gave a one-hour presentation on “Photonic reservoir computing in telecommunication systems”, and also visited the labs and had discussions with Professor Atsushi Uchida and members of his group.
- Nonlinear Dynamics Workshop organized by Professor Tohru Ikeguchi at Tokyo University of Science with colleagues and students from many Japanese Universities. I contributed with two invited one-hour tutorials on “The surprising properties of delay-dynamical systems and how you can exploit them” and on “Using delay-coupled lasers for non-algorithmic photonic information processing”.

3. Conclusion

During my stay, I had the opportunity to interact intensively with Prof Masatoshi Murase on many topics including the fundamental requirements for advances in neuro-inspired cognitive information processing, recursive aspects of cognitive processes, the role of nonlinear transient and attractor dynamics for information processing, and the fundamental requirements for creative processes. Based on these discussions, we will continue to explore a minimal system approach that includes the necessary requirements and the related complex emergent behavior, nevertheless allowing for the desired

information processing or creative properties. Exploring the consequences of changing the balance between the involved mechanisms will be one of the approaches by which we aim at gaining a better understanding of how cognitive processes work and how to realize cognitive computing systems. A key goal is to learn about the robustness of such systems and how we can influence and adapt their behavior. Ultimately, we aim at a truly transdisciplinary approach for gaining a more thorough understanding of cognitive information processing and creative processes that might go beyond the more restricted perspectives of individual disciplines alone. Considering that the brain is the most complex system we know, this might be the most promising path.

Besides the interaction with Prof. Masatoshi Murase, I had the great pleasure also to interact and discuss with Prof. Sinya Aoki about possible applications of cognitive computing in elementary particle physics, with Prof. Kazunari Shibata about complex phenomena related to the generation of solar flares and with visiting professor Richard Karban on plant-to-plant communication.

Moreover, it has been a great honor and pleasure having been invited by the president of Kyoto University, Prof. Juichi Yamagiwa, to a reception for foreign scientists at Kyoto University. To hear his enthusiastic call for international and interdisciplinary collaborations, for diversity in science and society, for curiosity-driven research and cross-disciplinary inspiration, for original thinking and plurality of ideas, for more women in academia and simply for open-mindedness was inspiring and confirmed my own impression of the spirit of this University. I wished there were more voices like his and more Universities like this one!

The work and discussions at Kyoto University were complemented by lively and inspiring discussions on more short-term advances with colleagues and friends outside Kyoto University, in particular with Dr. Peter Davis (Kyoto), who hosted me as a postdoctoral researcher 18 years ago, and Prof. Atsushi Uchida (Saitama) on neuro-inspired information processing systems, addressing aspects such as analog versus digital information processing, energy efficiency, decision making and reinforcement learning.

4. Future collaboration possibilities with Kyoto University

It would be a very worthwhile venture to explore a longer-term collaboration between the YITP and the IFISC in physics in the areas of Complex Systems and Advanced Future Studies. This could manifest itself in the exchange of research staff, graduate students, and post-doctoral fellows, joint research activities and the joint organization of seminars, workshops, conferences, academic meetings and other related activities.

I have myself benefited greatly from Professor Murase's generosity and hospitality, and the sharing of ideas. I would be delighted to have the opportunity to continue these insightful discussions and to build a strong and fruitful collaboration.

5. References

Appeltant, L., Soriano, M. C., Van der Sande, G., Danckaert, J., Massar, S., Dambre, J., Schrauwen, B. Mirasso, C.R., and Fischer, I. Information processing using a single dynamical node as complex system. *Nature Communications*, **2**, 468, 2011

Beaty, Roger E., Yoed N. Kenett, Alexander P. Christensen, Monica D. Rosenberg, Mathias Benedek, Qunlin Chen, Andreas Fink, Jiang Qiu, Thomas R. Kwapil, Michael J. Kane, and Paul J. Silvia, Robust prediction of individual creative ability from brain functional connectivity, *Proc Natl Acad Sci USA*, January 2018

Brunner, D., Soriano, M. C., Mirasso, C. R., and Fischer, I., Parallel photonic information processing at gigabyte per second data rates using transient states. *Nature Communications*, **4**, 1364, 2013

Brunner, D., Soriano, M. C., and Fischer, I., High-Speed Optical Vector and Matrix Operations Using a Semiconductor Laser. *IEEE Photonics Technology Letters*, **25**(17), 1680–1683, 2013

Bueno, J., Brunner, D., Soriano, M. C., and Fischer, I., Conditions for reservoir computing performance using semiconductor lasers with delayed optical feedback. *Optics Express*, **25**(3), 2401–2412, 2017

Carson, S.H., Peterson, J.B., and Higgins, D.M., Decreased Latent Inhibition Is Associated with Increased Creative Achievement in High-Functioning Individuals. *Journal of Personality and Social Psychology*, **85**, 499506, 2003

Crutchfield, J. P., Ditto, W. L., and Sinha, S., Introduction to focus issue: intrinsic and designed computation: information processing in dynamical systems--beyond the digital hegemony. Chaos, **20**(3), 37101, 2010

Jaeger, H., The ”echo state” approach to analysing and training recurrent neural networks. *GMD Report 148*, German National Research Center for Information Technology, 2001

Larger, L., Soriano, M. C., Brunner, D., Appeltant, L., Gutierrez, J. M., Pesquera, L., Mirasso, C.R., and Fischer, I., Photonic information processing beyond Turing: an optoelectronic implementation of reservoir computing. *Optics Express*, **20**(3), 3241–3249, 2012

Maass, W., Natschläger, T., and Markram, H., Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations, *Neural computation* **14** (11), 2531-2560, 2002.

Madore, Kevin P., Preston P. Thakral, Roger E. Beaty, Donna Rose Addis, and Daniel L. Schacter, Neural Mechanisms of Episodic Retrieval Support Divergent Creative Thinking, *Cerebral Cortex*, 1-17, 2017

Martinello, M., Hidalgo, J., di Santo, S., Maritan, A., Plenz, D., and Muñoz, M.A., Neutral Theory and Scale-Free Neural Dynamics, *Physical Review* X **7**, 041071, 2017

Murase, M. (2000) Life as History: The Construction of Self -Nonself Circulation Theory, Kyoto: Kyoto University Press 2000

Murase, M., Endo-exo circulation as a paradigm of life: Towards a new synthesis of Eastern Philosophy and Western Science, *Progress of Theoretical Physics Supplement*, **No. 173**, 1-10, 2008

Murase, M. The origin and evolution of life by means of endo -exo (or self-nonself) circulation, *Viva Origino* **39**(1), 7-10, 2011

Murase, M., A Self-Similar Dynamic Systems Perspective of “Living” Nature: The Self–Nonself Circulation Principle Beyond Complexity, Springer, to appear, 2018

Oliver, N., Larger, L., and Fischer, I., Consistency in experiments on multistable driven delay systems. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, **26**(10), 103115 (1-7), 2016

Petermann, T., et al., Spontaneous cortical activity in awake monkeys composed of neuronal avalanches. *Proc Natl Acad Sci USA* **106**, 15921–15926, 2009

Rabinovich, M., Varona, P., Selverston, A., and Abarbanel, H.**,** Dynamical principles in neuroscience. *Reviews of Modern Physics*, **78**(4), 1213–1265, 2006

Rabinovich, M., Huerta, R., and Laurent, G., Transient dynamics for neural processing. *Science*, **321**(5885), 48, 2008

Schittler Neves, F., and Timme, M., Computation by Switching in Complex Networks of States. *Physical Review Letters*, **109**(1), 18701, 2012

Shriki O, et al., Neuronal avalanches in the resting MEG of the human brain. *The Journal of Neuroscience* 33, 7079–7090, 2013

Singer, W., Cortical dynamics revisited. *Cell*, **17**(12), 616–626, 2013

Silver, D., Julian Schrittwieser, Karen Simonyan, Ioannis Antonoglou, Aja Huang, Arthur Guez, Thomas Hubert, Lucas Baker, Matthew Lai, Adrian Bolton, Yutian Chen, Timothy Lillicrap, Fan Hui, Laurent Sifre, George van den Driessche, Thore Graepel and Demis Hassabis, Mastering the game of Go without human knowledge. *Nature*, **550**, 354–359, 2017

Soriano, M. C., Brunner, D., Escalona-Moran, M., Mirasso, C. R., and Fischer, I., Minimal approach to neuro-inspired information processing. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 9, 68 1-11, 2015

個別テーマの活動

5 個別テーマ⑤ 生物学と物理学の創発現象のアナロジーがもたらす新展開

目的

「一見何の関係もなく見える所にアナロジーが成り立つ」という原則を基盤にして、相互に刺激を与えあいながら、境界分野・未踏領域の開拓を目指す。例えば、遍歴電子系やフラストレート系での電子系・スピン系の振舞いに関して、生態系など他の自然系との関連を調べることによってより明確にし、新たな分野として開拓していくことを目的としている。

研究成果

特に生態学における発想、思考方法における相違点と類似点を確認することができた。現在計測不能とされるデータも、解析技術がそれに追いついていない場合があり、本質的には異なる分野においても同様の基盤で議論できることがわかった。学際研究会での報告で、音の余韻と無音の意味が議論されたが、生態系における生物間の固有の距離に関する適応的意義の解釈に適応できる可能性があり、今後の伸展が期待される。

関連イベント

タイトル **第２回ユニットセミナー 生と死、有と無**
日　時 2016 年 5 月 10 日
場　所 京都大学基礎物理学研究所

タイトル **ユニット共催企画 いのち、かたち、こころ**
日　時 2017 年 11 月 12 日
場　所 妙心寺 如是院

成果概要

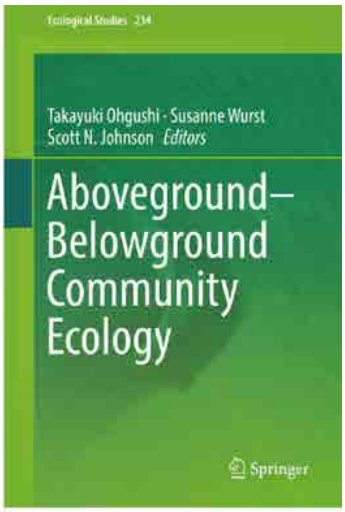
大串隆之　（生態学研究センター）

2018 年度の研究成果は、英文単行本 1 冊、英文総説 1 編、英文原著論文 3 編の出版である。ここでは、「地上生態系と地下生態系を統合する」研究分野において初めての英文単行本について紹介する。

「Aboveground – Belowground Community Ecology」 は、陸域における地上生態系と地下生態系を繋ぐ新たな研究分野の総括と今後の展望を行ったものであり、2018 年 11 月に Springer Nature が永らく手がけている Ecological Studies Series の一冊として出版された。編者は、Takayuki Ohgushi, Susanne Wurst, Scott Johnson の 3 名である。

近年、地上生態系における生物多様性の構造と機能の研究が大きく発展している。これに伴い、生物の個体群動態や群集動態が生物多様性に果たす役割についての理解が著しく進展した。しかし、その多くは地上生態系の生物間相互作用と生物群集を対象にしたものである。これに対して、地下生態系の実態はこれまで生態系機能の分解過程の観点から研究が行われてきた。しかし、これらの研究課題は地上と地下それぞれの生態系に特有の問題として捉えられており、両者を統合するという発想は全くなかった。21 世紀に入って、生態系の基盤を形作る生産者（植物）を介して、地上部と地下部に生息する生物が互いに大きな影響を与えあう可能性が指摘され始めた。これに呼応して、最近 10 年ほどの間に地上部と地下部を結ぶ（Aboveground – belowground linkage）研究が花開き、未知であった植物を介した地上部と地下部の様々な相互作用が次々と明らかにされ始めた。例えば、植物を利用する地上部の生物群集（植食者、捕食者、寄生者、送粉者）と地下部で生活する生物群集（根食者、菌根菌、根粒菌）は大きな影響を互いに与えあっている事実が報告されている。特に、最近のこの分野の飛躍的発展には目を見張るものがある。これらの新たな知見から、陸上生態系がどのように維持されており、地球規模の環境変化からどのような影響を受けるのかを理解するための地上生態系と地下生態系の相互作用とフィードバックの概念が形作られようとしている。

しかし、急速に発展しつつあるこの学問分野の知見を総括して、未来を切り拓く展望を与える試みはなかった。何が明らかになっており、何がわかっていないのか。そして、これから明らかにすべきことは何かという問題は、大きく発展し始めた研究分野をさらに推し進めるために不可欠である。このような背景から、「Aboveground – Belowground Community Ecology」はこの分野の第一線の研究者を迎え、現状の総括と未来への展望を提供するものとして、2018 年秋に Springer Nature から出版された。本書が扱う生物は、菌類、バクテリア、土壌動物（ミミズなど）、病原菌、食葉性昆虫、吸汁性昆虫、虫こぶ昆虫、送粉昆虫など植物と密接な関係を持つ多様な生物であり、地上部と地下部に生息する生物の関係を通して、形質進化、個体群動態、群集構造、生態系機能、進化生態ダイナミクス、植物—土壌フィードバックなど、現在の生態学の Big Question の解明に新たな視点から迫ることを意図したものである。未来展望では、理論研究の推進、進化の観点の導入、時空間のスケールアップ、生物多様性の新たな理解の必要性を説き、気候変動や土地改変など地球環境問題を解決する上で、地上生態系と地下生態系の連関の理解が不可欠であることを強調した。それらは、今後 10 年間を見据えたメッセージとして、編者による最終章の中核に位置づけられている。本書は、この発展著しい分野の教科書として、様々な分野の研究者に新鮮かつ大きなインパクトを与えるものと期待される。



1st ed. 2018, VIII, 370 p. 37 illus., 29 illus. in color.

● Ohgushi, T., Wurst, S. & Johnson, S. (2018) Aboveground–Belowground Community Ecology, 370pp, Springer Nature, Cham, Switzerland.

京都大学未来創世学国際研究ユニットセミナー（第１回）
「宇宙とこころの不思議に迫る」

懐かしき未来 ── 石・人・音・空に住む

“Stones, Mankind and Sound are all in 0 (zero)”

講師 ●ツトム・ヤマシタ（音楽家）

司会 ● 吉村一良（京都大学大学院理学部研究科教授）

日時 ● 2016 年 5 月 10 日（火）17：40 ～ 18：20
会場 ● 京都大学基礎物理学研究所・湯川記念館 1 階　パナソニック国際交流ホール

司会●それでは、ヤマシタ先生のご講演をはじめます。司会を担当させていただきます私は、京都大学理学部理学研究科の吉村一良です。よろしくお願いいたします。

はじめに、ツトム・ヤマシタさんの紹介をさせていただきます。京都市にお生まれになり、幼いころより、吹奏楽の指揮者であったお父さまの影響を受けて、5 歳にはピアノを、８歳で打楽器をはじめられました。17 歳の若さでアメリカ留学し、ジュリアード音楽院やバークリー音楽院で学ばれ、ベルリン・フィルハーモニー管弦楽団やフィラデルフィア交響楽団、シカゴ室内管弦楽団との共演で大活躍されました。打楽器のクラシックの分野ではマエストロの地位を確立された方です。「打楽器のイメージを変えた人」として、アメリカの『TIME』で特集されたこともあります。

じつは、ツトムさんは、ぼくにとってはヒーローです。ツトムさんはクラシックの分野を極められたのですが、それに飽き足らず、ジャズやロックの世界に飛び込んでゆかれた。私が京大に入ったころに夢中になって聴いていたのが、ツトムさんがつくられた「GO」というスーパー・バンドの音楽です。GO は、ツトムさんが中心となって、世界の音楽家、ロックミュージシャンやジャズミュージシャンに呼びかけて結成したバンドです。みなさんがよくご存じのスティーヴ・ウィンウッドや、マイケル・シュリーブ、クラウス・シュルツェ、アル・ディ・メオラなど、いまなお活躍している著名が音楽家が参加していました。私はこのバンドの楽曲を、寝ても覚めても聴いていました。だから、ぼくにとってはヒーローなのです。

そんなツトムさんと知り合ったのは、5、6 年前のことです。ここにいらっしゃる八木匡先生、村瀬先生をとおして知り合いました。学生時代のスーパーヒーローに出会ってから、スタジオに呼んでいただいたり、いろいろとお話しさせていただいたりと、とてもワクワクする日々を送らせていただいています。つい先だっては、山極壽一総長とごいっしょに、ツトムさんのご自宅でディスカッションさせていただきました。そんなワクワクするような、新鮮な過去、そして懐かしい未来を感じています。ちなみに、きょうの講演のテーマにもある「懐かしい未来」というのは、ツトムさんのアルバムのタイトルでもあります。

それでは、マイ・ヒーローのツトムさんにご講演いただきます。

21 世紀に生きる私たちは、音と対話できているだろうか

ヤマシタ●ありがとうございます。ヤマシタです。さきほどのカール・ベッカーさんの話を聞いて、ベッカーさんが述べられていることに尽きると思います。あえて私から述べたいのは、これは私が西洋の音楽活動をやめて日本に帰ってきたことにもかかわるのですが、西洋の芸術の方向性、精神性に可能性を感じなくなったこと、東洋の文化性のすばらしさに気づかされたことです。

西洋音楽の世界では、とくにルネサンス以降、バロック時代から始まった音楽様式がロマン派時代に

移り、新旧のロマンチシズムの表現形式を経て、20世紀に至りました。プレモダン、ポストモダン、前衛、コンテンポラリー、そしてフュージョン。これらのさまざまな様式と形式は、いったいなにを意図し、どのような意味をもっているのでしょうか。そして、私たちの暮らす21世紀のいま、日常生活のなかで聴く音楽は、いったいなにをイメージしてつくられているのか。はたして音楽は、私たちの人生を豊かにできるのか。この地球上にはいま、多種多様な音楽、音（シグナルなど）をふくめた音の情報があふれるほどに飛び交っています。そうしたなかで私たちは、しっかりと音と対話できているでしょうか。

1970年代後半、欧米でプロの音楽家として活動し、キャリアの絶頂期を迎えたころ、私のなかに「音楽とはなにか……」という大きな疑問が生まれ、いっきに爆発しました。そして、私のとった行動は、音楽活動をやめることでした。やめるからには完全にやめようと、私の生まれた日本、この京都に帰ってきたのです。

当時、幸いにも私の父が東寺のそばの洛南高等学校で教鞭をとっていました。そういうご縁もあって、東寺で3年間、修行僧といっしょに生活をさせていただきました。そのときに感じたのは、「なんて幸せなんだろう。毎日掃除と作務だけで充分満足できる。あまった時間で、自分の好きな瞑想と修学もできる。なにもものをつくりだす必要性はない。こんな幸せなことってあるのだろうか」と。

その3年後に、心のなかに湧き出た思いから決心を固めたのです。「あ、これや！　坊さんになろう。こんなによい仕事はない」と。そして、御老師に「私は準備が整いました。出家したいのです」と申し出ました。ところが、御老師は、「なにを言うとるんじゃ。せっかく3年間修養したんや。ここにいたらあかん。出て行きなさい」と。

「なんでや」と、そのときはたいへんショックでした。自分がしていることは、ほかの坊さんとくらべても劣っていないし、掃除も一所懸命した。そのとき、御老師はこうも言われました。「坊主は、努力すればだれでもなれる。でも、芸術はだれにでもできひんのや。それをあんたはやってきたんだから、もういちどやり直しなさい。これからは、ここでの経験を活かした芸術をやりなさい」と。

東寺は弘法大師が開かれたお寺です。お大師さんの教えにもありますが、最後につぎのような餞別のことばをいただきました。「ハスの花は泥沼の中で咲く。それを見て人間が幸せになるんや。芸術というものはそういうもんとちがうんか。それをしっかり心に刻んでおきなさい」。

宇宙から送られてくる波動を受け止め、体をとおして音源化する

不思議なことに、東寺を出てまもなく、私はこのサヌカイトという石と出会いました。サヌカイトは、弘法大師の出身地、四国の香川県坂井市の金山という山で出土した石です。

約1350万年前、中央構造線で起こった大噴火と大地震によってできた瀬戸内海。そのときに噴出したマグマが、なんらかの奇跡的な現象の力で、このサヌカイトという石になっていったと言われています。

サヌカイトは近代になってつけられた学名で、古代には「カンカン石」とよばれていたそうです。約2万年前の石器時代、サヌカイトは、鏃（やじり）やナイフなど、日常的な生活用具の主役を担っていた石です。『古事記』と『日本書紀』にもすこし出てきています。安山岩という種類に含まれますが、ちょっと特殊な安山岩です。明治時代に来日したドイツの地質学者のナウマン博士が、香川県でしか採れない珍しい石だというので、ドイツに持ち帰りました。その後、知人のヴァインシェンク博士によって、ドイツ語の「サヌカイト」と命名され、学会に発表されました。

東寺を出たあとすぐに、私はこの石と出会いました。その因果関係はわかりませんが、この石で楽器をつくりたいと考えておられた故前田仁さんとの出会いがあり、二人三脚で、約30年をかけて、サヌカイトを楽器として仕立てあげる夢を追い、現在に至っています。

私は幼いころ、3歳から4歳のころに、父から音楽のてほどきを受けました。はじまりは西洋音楽です。そして、高校卒業業、日本の芸術大学に進学するか、それともアメリカかヨーロッパに留学するかを選ぶことになりました。私はアメリカのジャズが好きだったことも手伝って、アメリカ留学を決めました。もしも、先にヨーロッパに行っていたなら、私の運命は変わっていたと思います。アメリカでよかったと。その話はここでは差し控えますが、それから二十数年間、アメリカとヨーロッパでの西洋音楽の旅から学んだことは、音楽はいつの時代においても、人間

の生活様式を飾り、時代の先端を走っているということです。

物理的に説明しましょう。「音（波動）」は、このホールにも充満していますが、聞こえていない「音（波動）」が私たちの周辺にはいっぱいあります。サヌカイトは、私たちが見ることのできない空気の波動をつぶさに受け止めています。私の役目は、石との対話をみなさんに届けること。なにかちょっと預言者的なところがありますが、宇宙から送られてくるなにかを受けとめて、自分の体をとおして音源化するという作業をたえずくり返しています。

これは、トレーニングを重ねることでできるようになる部分もありますが、はたしてその能力、つまり私の感性というものは、私一代のなかでできあがったものなのでしょうか。はるかかなたから、何者からか授かった極意なのかもしれません。人間というふしぎなる存在が希求する生命の旅、その目的は人それぞれの無意識のなかにあると思います。

ありがたいことに、東寺にいたときに弘法大師が記された『十往心論』という書籍に出会いました。命の存在、その謎がひも解かれてゆくさまを体験しました。それは、音と言葉、知と心をもって、「真言」という、音と人間とのかかわりを論じた書物です。現代社会の「音楽（音）」は、通信と娯楽的目的が強くなりすぎてしまった感があります。それがまたおもしろい展開につながってきています。たとえばちょっと質問しますが、あなたは、音楽っていったいなんだと思いますか（会場の学生を指して）。

学生●そうですね。自己表現ですか。

ヤマシタ●たしかに自己表現ですが、そうすると「自己」ってなんですか。

学生●自己……。ごめんなさいちょっとわかりません。

ヤマシタ●すばらしい。そのとおりです。私もわかりません。私があなたと同じ20代だった1960年代には、世界の若者はロックミュージックをもちいて、自己表現にこだわりました。当時、私はプロの音楽家としてもちうる全パワーをつかい、各ジャンルの音楽様式をもちいて自己表現にこだわり、すべての感情を音楽にぶつけました。とくに60年代は、世界中がベトナム戦争のまっさなかで、人間が企てた大きな災いのもとで生活を営んでいました。

音楽とはないかという、さきほどの問いに戻ります。「音楽」を全般的に考えたとき、音楽もやはり時代・歴史などをとおして大きな変容をくり返しています。いま、一般的にいう「音楽」は、日本では明治以降にはじめてつかわれたことば、概念です。それ以前の日本では、「音楽」とは言わなかった。

たとえば、私たちがロックミュージックと言うとき、ロックを想像しながらつかいますね。ポップスやラップということばも、その音楽表現をイメージしながらつかっています。では、日本の明治以前において、はたしてどういう思い、考えをもって、どのような言い方をしていたのでしょうか。そこに興味をもっていただければ、たいへんおもしろいことに出会います。音楽の原点とは、「波動と波長」によってなりたつ自然現象です。

音楽芸術にとって最大のテーマは、「間」の推察と感知

紀元前239年に完成した十二紀『呂氏春秋』によると、音楽の創造は、宇宙と自分とを根源的に一つにするという思想のもとにあったようです。紀元前5世紀には、孔子は「礼（れい）」は天地陰陽の秩序をととのえ、「楽（がく）」は調和をはかるものであるとして、「礼学」と位置づけました。古代ギリシャでも、ミューズのなかには、詩歌や学問とともに「音楽」があり、それを司るものには高い精神性が要求されたそうです。いずれにしても音楽は、人間の心を表現するものとして、人類の進化や文化とともに発展してきました。すべての要因は、刻の記憶のなかに秘められています。

日本においても約2万年前、古代、石器時代においては、サヌカイトがカンカンと音を発することで、人びとの心の交流を促していたことでしょう。日本流の礼楽（れいがく）が行なわれていたはずです。さらには鏃やナイフなど、さまざまな日常道具として利用されていました。万能の力、「やすらぎ」と「エネルギー」を担保する役目をこの石はあわせもっていました。

音楽と人間の関係性はいかにして成りたつのか……。その本質は、いかに音を聴く（聞く）か、その行為と意識にもとづいています。「聴く（聞く）」という行為は、ヒアリング（無意識に聞く）とリスニング（集中して聞く）とでは、大きなちがいをつくりだします。私は、みなさんがそのあたりをどう理解されているかという点に興味があります。私にとって「聴く」行為は、英語で言う「listen」にちかくて、

それはある種の in tune（五感の調整）を意味します。自分のなかで意識がチューニングされていないと、音の現象の裏にある幻相（illusion）の世界と創造的精神界との対話が不可能になるからです。

これは、さきほどベッカーさんも言っておられたことですが、私たち東洋人、日本人が長年かけて培った spiritual ability、霊性が心のなかに宿る、そして霊魂を聴くということなのです。沈黙を聴くことで、「間」を感じとるのです。私たちが「空間」だとか、「人間」だとか、「間合い」だとか、多くのものごとの要因を語るとき、「間」ということばをつかいますよね。音楽芸術を探求する者にとって、最大のテーマは「間」の推察と感知なのです。うつくしい沈黙を聴く。それは、見えない、聞こえない、無限の世界とつながった奇跡の世界そのものを自分のなかに見て感じること。これが私たち東洋人、そして、とくに日本において重んじられた精神文化の特異性だと思います。

さきほどベッカーさんの言われた、あの世とこの世とをつなぐ、その代表的な芸術形式として「能楽」があります。能楽は、あの世とこの世、つまり「間」をつなぐということなのです。この「間」をみなさんはどのように認識され、そして理解されていますか。私たちがいま、こうして生きている瞬間も、無限の宇宙の時間のなかの一瞬、間のなかにいるのです。自分の五感、そして第六感とつながっていなければ、自分と先祖との関係もつながらない。それは過去と現在とがつながっていないことを意味します。極端な話、未来もないということですね。

私は音楽芸術というものをとおして、いつも「間」を探求しています。私にとってそれは、真善美との出会いのようなものなのです。きょうのテーマである「有と無」を語るにあたって、その「間」がつかめないと「有と無」両方の世界を感じ、そして認識することには至りません。

そこで私からの提案として、みなさんに信じてほしいことは、みなさんの各自がもっておられる特異なる心と感覚、その世界を研ぎ澄ませていただきたいのです。とくに日本人の場合、おそらく体験されていると思うのですが、生まれてきてきょうに至るまでに、「礼」「楽」、「信」、「儀」を生活の営みのなかで培われてこられたと思います。そして、そのすべてを結実したかたち、それが「祭り」の本来の意味です。日本では各地域にまだ残っていますが、祭事（神事）をとおして、自分がいかなるポジションに立って生きているかということを相対的に認識できれば、おもしろいことにコンタクトできます。祭りの目的とは、自分のなかにある「霊性」を発動させることにあると思います。私もこういうことを日々認識して、そして、自分の感性をどのようにして磨くかを意識しています。無限なる奇跡の世界と自分とがつながっていると信じて、日々の生活を送っています。

では、みなさんとともに、サヌカイトをもちいて「沈黙の間」を聴いてみましょう。

（石の音色）

幻相と現実とが一直線上につながったとき、そこに生まれるのが美

いま聞いていただいたサヌカイトの音の周波数は、高いところは、おそらく数万ヘルツです。ほかの楽器では出すことのできない「非可聴の高音域」が出ています。自分のなかに突き刺さるような感覚、スッと染みてゆくような感覚は、人によってちがいますが、そういうことが一つの「間」なのです。

「間」というものは、おもしろいことに、ことばでは表現しづらい。だからこそ、人間は創造という行為を行なったのだと思います。創造とは「幻相」と「現実」とが一つの線上につながったときに、おもしろいものがそこに起こる。それが私のなかでの美なのです。

最後に一つ紹介させていただきます。私は年に一度、京都市北区の大徳寺で、音と祈りによって人と自然の調和を五感のすべてで体感していただき、世界平和を願う「音禅法要」を行なっています。そのなかで唱えられる般若心経は、「有と無」をテーマにした経典です。私はその経典を、古典の漢文ではなく、現代語で読み上げてみたらどうかと、若いお坊さんに提案しました。その結果として生まれた音禅法要のフィルムドキュメントを、みなさんにご覧いただきながら、私の講演を終わりたいと思います。ありがとうございます。

（法要）

見てごらん　感じてごらん　自分自身を　この世のすべてを
変わらないもの、永遠なものなどどこにもありはしない
さあ、悲しみと苦しみとさみしさを　不安と憎しみと怒りを乗り越えてゆこう
観音さまは語られました
あなたの生きている生身のからだは空と異ならず、空はあなたの生きているからだのことなのです
血も肉も骨も、すなわち空は、空はすなわち、あなたの姿そのもの
みなさん、この世のすべては、宇宙のすべては空の姿なのです
生まれない、見えない、汚れない、清らかでもない、足りないこともない、
不足することもない、満たされることもない
それだけではありません
かたちのない、あなたの感覚もイメージも意思も考えることもまた空そのもの
だから空にかたちはありません
見えない、聞こえない、匂えない、味わえない、触れない、心もない
色もない、音もない、香りもない、味もない、触れるものもない、存在するものもない
意識の世界から目の世界に至るまで、ことごとくない、ない、ない
迷いのない、迷いが尽きることもない、年老いて死んでゆくものもない
老いと死が尽きることもない　苦しみもない　苦しみの疑問もない
苦しみから逃れることもない　苦しみから逃れる道もない
悟りもない　悟って得ることもない
得るということがないならば菩薩にならんとする修行者たちよ
空、真実を告げ、般若波羅蜜多を生きてゆけ
ありのまま　本来無一物
心を覆ってくらますものがない　心におそれがない
いっさいの文字やことばを遠く離れた　極めて静かなる落ち着いた気もち
前世、今生、来世　すべての仏は真実を告げる
般若波羅蜜多により　正しい悟り　阿耨多羅三藐三菩提へ降りたるもの
ともに祈ろう　前へ進んでゆくしかないんだ　いっしょに生きてゆくんだ　ゆえに知るべし
般若波羅蜜多は大いなる呪文　明かされたる大いなる呪文　無上の呪文　比類なき呪文
いっさいの苦しみを除き　真実をしてそうならざるがゆえに
般若波羅蜜多の呪を説く　すなわち呪を説いていわく
開け　開け
ハーラーギャーテー（波羅羯諦）
前へ、前へ、前へ超えてゆけ
ハラソーギャーテー（波羅僧羯諦）　ボージー（菩提）　ソワカ（薩婆訶）
ハンニャシンギョー（般若心経）

司会●ツトムさん、ありがとうございました。

最後にご披露してくださった大徳寺の「音禅法要」は、ツトムさんがライフワークとして取り組んでおられるもので、今年は、大徳寺の法堂で６月２日の土曜日に行われます。ツトムさんからのお申し出で、とくに若い学生さんたちをご招待したいということです。参加したい、じかに聞きてみたい、体験したいという方は、ぜひ申し出てください。

それではこれで、ツトム・ヤマシタさんの講演を終わります。ありがとうございました。　（了）

プロジェクトレポート

October 2016
No.2016-019-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my research at the SSPC Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University

Herwig Michor
Institute of Solid State Physics, TU Wien, 1040 Wien, Austria
E-mail: michor@ifp.tuwien.ac.at

Abstract. This report reviews my research conducted as Visiting Fellow at the Solid State Physics and Chemistry (SSPC) Laboratory in the Division of Chemistry financed by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University. The subject of my research are electronic ground state instabilities and quantum critical phenomena in strongly correlated electron systems, especially those among inter-metallic rare earth compounds. Thereby, two classes of materials are in the focus of my present work. Studies of materials near an itinerant magnetic instability: nearly and weakly ferromagnetic compounds and the characterization of their spin-fluctuation features and magneto-volume effects. The second focus is on cerium and ytterbium based metals with electronic ground state instabilities being related to the mechanisms of Kondo- and/or magnetic frustration effects. Future collaboration plans of the SSPC Laboratory with me and my collaborators at TU Wien are finally outlined, also targeting interdisciplinary research with additional partners.

Keywords: Strongly Correlated Electron Systems, Electronic Ground State Instabilities, Itinerant Magnetism, Spin-fluctuations, Kondo lattice

1. Scientific Activities

My research as Visiting Fellow at the SSPC Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University, was conducted from August 1st to November 30th 2016 in collaboration with Professor Yoshimura, Assoc. Prof. Ueda, Assist. Prof. Michioka and their team of PhD, MSc and undergraduate students. During the first two months (till submission of this report), I had opportunities to discuss with Professor Yoshimura scientific problems of itinerant magnetism as well as of cerium or ytterbium based strongly correlated electron materials and nuclear magnetic resonance (NMR) techniques. Assoc. Prof. Ueda introduced me to flux growing techniques for preparing single crystals of inter-metallic compounds and we started initial experiments for evaluating appropriate process parameters for growing the inter-metallic compound $CeCu_2Mg$. Assist. Prof. Michioka introduced me to the NMR facilities at the SSPC Laboratory and we started with NMR measurements on YCo_9Si_4. I had several opportunities to join the group seminar at the SSPC Laboratory where PhD, Master and BSc students report on their research, e.g., Katsuma presented his studies on novel YbT_6Ge_6 compounds which motivated us to perform simulations of the magnetic susceptibility based on the hexagonal crystal electric field model and to have follow up discussions on this problem.

On August 5th 2016, I participated at the International Symposium "Chemical, Physical and Mathematical Foundations of Complex Phenomena" organized by the International Research Unit of Advanced Future Studies and present a talk on "Ground state instabilities of *d*- and *f*-electrons in metals and the concept of quantum criticality".

2. Research Output

2.1. General Context

Many-particle interactions among electrons in metals lead to the occurrence of extraordinary quantum phenomena associated with the particular ground states being adopted at sufficiently low temperature. This ground state formation of correlated electrons generally involves a reduction of spin and motion degrees of freedom which is continuous in some cases, e.g. the formation of paramagnetic Fermi liquid ground states in Kondo lattice systems like $CeCu_6$ and in spin-fluctuation systems like YCo_2. In other cases, correlated electrons adopt their ground state via a symmetry breaking phase transition into a macroscopic quantum state such as superconductivity or itinerant ferromagnetism. These phenomena are known for decades and substantial experimental and theoretical progress has been achieved.

Various recent discoveries of novel ground states of correlated electrons relate to systems with ground states which are unstable against certain tuning parameters such as pressure, substitutions or external magnetic fields. Most interesting are those materials where tuning brings about a continuous, symmetry breaking phase transition between two different ground states at virtually zero-temperature, which is conceived by the concept of the quantum phase transition. Already at finite temperatures, these phase transitions are preceded (and thereby indicated) by quantum fluctuations exuding into an extended phase space. As a result, exotic physical properties such as non-Fermi liquid behavior develops. In some cases, fundamentally new correlated electronic phases are formed by quantum critical correlated electron states at low temperatures, see e.g. (Steward, 2006) for a review.

2.2. Weak itinerant ferromagnetism and metamagnetism in YCo_9Si_4 and $LaCo_9Si_4$

2.2.1. *Motivation*

The observation of superconductivity appearing in the vicinity of a pressure-tuned weak ferromagnetic to paramagnetic critical point in UGe_2 (Saxena, 2000) motivated to look for materials which are close to a ferromagnetic (FM) critical point at ambient pressure. Still very few systems are available for experimental studies of itinerant 3*d* magnetism in the weakly magnetic limit (see the overviews given by Takahashi, 2013, and Brando, 2016) and in particular there are so far just very few candidate systems for studies of the itinerant ferromagnetic quantum critical point of 3*d* metals. Most promising ones were recently summarized e.g. by Sokolov *et al.* (Sokolov, 2016).

2.2.2. Status of research

One promising candidate system for itinerant ferromagnetic to paramagnetic quantum critical phenomena relates to the solid solution $LaCo_{13-x}Si_x$ which attracted our attention because of its ferromagnetism being reported to vanish near the composition $LaCo_9Si_4$ (Rao, 1994). At this specific stoichiometry, its lattice with tetragonal space group *I4/mcm* becomes compatible for adopting full translational symmetry. Our re-investigation of $LaCo_{13-x}Si_x$ in the vicinity of the stoichiometric 1-9-4 composition revealed a monotonous decrease of the Curie temperature towards $x = 4.0$ and the absence of any FM order in well annealed, well stoichiometric $LaCo_9Si_4$ (El-Hagary, 2003). Subsequent investigations comprising single crystal X-ray studies, magnetic, specific heat, and NMR measurements as well as *ab initio* electronic structure studies revealed rather exceptional features of the paramagnetic ground state of $LaCo_9Si_4$ such as a strongly exchange enhanced Pauli susceptibility and a large quasi-particle mass enhancement due to spin-fluctuations, $\lambda \sim 3.3$, an anisotropic paramagnetic susceptibility related to a small but finite Co-orbital moment revealed by NMR and, most importantly, itinerant electron metamagnetism at exceptionally low external magnetic fields of 3.5 T for field parallel to the tetragonal *c*-axis and 6 T for fields applied in *a*-axis direction (Michor, 2004).

The close vicinity to an itinerant ferromagnetic ground state instability is further indicated by the fact that the iso-structural compound YCo_9Si_4 does exhibit spontaneous weak itinerant ferromagnetism (in combination with pronounced spin-fluctuation features) even though *ab initio* electronic structure calculations revealed hardly any difference of the 3*d* band features of YCo_9Si_4 as compared to $LaCo_9Si_4$ (Michor, 2005). For both compounds, band calculations at the experimental lattice constant yield a FM ground state which, however, becomes unstable against the paramagnetic one when slightly reducing the unit cell volume in these calculations (Michor, 2004, 2005). Thus, rather subtle differences of electronic correlations in YCo_9Si_4 and $LaCo_9Si_4$ determine whether their ground states are para- or ferromagnetic. The nature of these subtle differences is not yet resolvable by *ab initio* calculations. The weak itinerant ferromagnetism of YCo_9Si_4, with $T_C \sim 23$ K and a spontaneously ordered (average) moment $\mu_s \sim 0.16\ \mu_B$/Co-atom, exhibits similar figures as the prototypical weak itinerant ferromagnetic material $ZrZn_2$ with $T_C \sim 28$ K (Mattias, 1958).

Another important aspect of the itinerant magnetism of YCo_9Si_4 and $LaCo_9Si_4$ are features of reduced dimensionality of their electronic structure and the existence of further iso-structural itinerant magnetic materials such as $LaCo_9Ga_4$ and $LaCo_9Ge_4$ which are currently studied at TU Wien.

2.2.3. Present studies and results

As itinerant magnetism and spin-fluctuations are at the focus of research at SSPC Laboratory we have selected YCo_9Si_4 as the first candidate material for a more detailed analysis of its spin-fluctuation features in terms of the spin-fluctuation model by Professor Takahashi (Takahashi, 1986, 1997, 2013) and for NMR studies of its ferromagnetic state as well as its spin-fluctuation physics which are currently in progress. Next to the investigation of polycrystalline YCo_9Si_4 samples we are planning to perform NMR studies on a $LaCo_9Si_4$ single crystal which was grown earlier at TU Wien. The single crystal studies of $LaCo_9Si_4$ are expected to reveal far more detailed features of the itinerant electron metamagnetic transition as compared to preceding studies on polycrystalline samples (Michor, 2004).

An initial (preliminary) analysis isothermal field dependent magnetization as well as temperature dependent magnetic susceptibility data of YCo_9Si_4 has been performed in terms of the spin-fluctuation concept by Professor Takahashi and characteristic spectral parameters T_0 and T_A characterizing the double Lorentzian distribution of the complex dynamical susceptibility $\chi(\omega, k)$ in frequency and wave vector space have been determined. Magnetic data of YCo_9Si_4 are rather well consistent with this model yielding initial estimates of the spectral parameters $T_A \cong 1700$ K and $T_0 \cong 1200$ K, i.e., the ferromagnetic Curie temperature $T_C = 23$ K is only about 2% of the characteristic frequency width of the imaginary part of the dynamical susceptibility. These parameters T_A and T_0 in combination with T_C and the spontaneously ordered ferromagnetic moment p_s are the essential input parameters of the spin-fluctuation model and allow a variety of theoretical predictions within this concept. A simulation of the inverse paramagnetic susceptibility based on (Takahashi, 1997) and its comparison with

experimental data provides us a rough estimate for the degree of reduced dimensionality which in the case of YCo_9Si_4 appears moderately close to the two dimensional limit. Of course, we are currently checking the consistency of our parameter set with NMR measurements being in progress. In parallel to the experimental work at the SSPC Laboratory, co-workers at TU Wien are performing *ab initio* electronic structure calculations for YCo_9Si_4 and $LaCo_9Si_4$ including studies of the Fermi surface topology as well as parameters such as the electric field gradients at the cobalt lattice sites which are relevant for analyzing the NMR data.

2.3. Studies of cerium and ytterbium based strongly correlated electron systems

2.3.1. *Kondo-lattice physics and geometrical frustration*
Magnetic ground state instabilities and features of quantum criticality in inter-metallic systems of cerium and ytterbium are in most cases related to competing effects of RKKY-type magnetic exchange interactions favoring a state of long range magnetic order and Kondo-type interactions supporting a paramagnetic Fermi-liquid ground state. The quantum critical point of this scenario, thus, relates to the specific situation of a mutual balance between these two competing mechanisms. In recent years, geometrical frustration has been identified as a further aspect which is relevant for cerium and ytterbium systems with specific structural features such as a triangular, honeycomb-type or Kagome-type arrangement of the magnetic ions (see e.g., Sereni, 2009).

2.3.2. Status of research on $CeCu_2Mg$
At TU Wien, in cooperation with Professor Giovannini (Genoa, Italy) and Professor Sereni (Bariloche, Argentina), we are currently investigating the compound $CeCu_2Mg$ which displays a paramagnetic ground state with various features indicating its close vicinity towards an anti-ferromagnetic instability such as a large accumulation of entropy gain a low temperatures and rather robust Ce magnetic moments (Giovannini, 2006). Specific features such as the response of various physical properties (e.g., the specific heat and electrical resistivity) to the externally applied magnetic field are, however, rather different from those of other cerium systems with a similarly close vicinity to a magnetic instability. As in $CeCu_2Mg$, adopting a hexagonal $GdPt_2Sn$ structure type, Ce ions are arranged in layers with a triangular lattice geometry, geometrical frustration is considered as a source of the observed, less common features of $CeCu_2Mg$.

2.3.3. Studies of flux-growth techniques
The present studies on $CeCu_2Mg$ are still based on polycrystalline samples which, however, impede the evaluation of important details such as the ground state wave functions of the Ce $4f^1$ state in the hexagonal crystalline electric field and the corresponding magnetic anisotropy. The latter may be easily estimated on the basis of single crystal magnetic susceptibility data. Accordingly, single crystals are highly demanded for studying the relevance of magnetic frustration and Kondo interactions with respect to the stabilization of the paramagnetic ground state of $CeCu_2Mg$ and with respect to its peculiar features. We have, thus, started to evaluate the feasibility of flux growing single crystalline $CeCu_2Mg$ at the SSPC Laboratory and we are in progress with testing appropriate flux compositions and crucible materials. A first attempt with an Al_2O_3 crucible failed due to a reaction of cerium with Al_2O_3. Next attempts will be conducted using more inert boron-nitride and tantalum crucibles.

2.3.4. Studies of novel Yb compounds
Studies of ytterbium based novel compounds and their magnetic properties have a long tradition at the SSPC Laboratory as well as at TU Wien and research on ytterbium compounds has already been subject of earlier cooperation (e.g., Tsujii, 1997a, 1997b). We, thus, have been discussing various novel ytterbium compounds presently being studied at the SSPC Laboratory and in some cases we have made attempts of modeling properties such as single crystal magnetic susceptibility and magnetic specific heat contributions by means of crystalline electric field simulations.

3. Outlook on future co-operation and interdisciplinary studies

3.1 Studies of magneto-volume effects caused by itinerant magnetism and spin-fluctuations

One of the important and contemporary aspects of itinerant magnetism are magneto-volume effects which include the magnetic contribution to the thermal expansion, the magneto-striction and the effect of externally applied pressure on the magnetic properties. Thereby, contributions of spin-fluctuations to these magneto-volume effects is still subject of on-going theoretical debates (see e.g., Takahashi, 2013). Accordingly, combined studies of magneto-volume effects and of the corresponding spin-fluctuation characteristics are highly demanded. The former has been a long-standing focus at TU Wien where a miniature capacitance dilatometer cell for thermal expansion and magneto-striction measurements has been developed (Rotter, 1998) and studies of magneto-volume effects due to itinerant magnetism and thermally induced magnetic spin-fluctuations are subject of our ongoing research at TU Wien (see e.g., Lorenzer, 2010). These investigations are further complemented by high pressure studies of itinerant ferromagnets (Maramatsu, 2008). The SSPC Laboratory with its large expertise on studies of itinerant magnetism and spin-fluctuation physics and with its very strong collaboration with a leading theoretician in this field, Professor Takahashi, is the ideal partner for a joint long term project on magneto-volume effects originating from itinerant magnetism and spin-fluctuations. Combining studies of the thermal expansion and magneto-striction with a detailed characterization of their spin-fluctuation features via NMR techniques and extending these studies to a broader range of relevant systems such as $LaCo_9Si_4$, YCo_9Si_4, and $LaCo_2P_2$ (Imai, 2015), among others, may provide an experimental base for testing current theoretical approaches on magneto-volume effects related to itinerant magnetism and spin-fluctuation physics and may possibly also provide valuable input for further refinements of theoretical approaches. The present studies on YCo_9Si_4 described in section 2.2.3. in combination with our preceding studies of its magneto-volume coupling are a first step addressing these targets.

3.2. Interdisciplinary applied research for potential use of magnetic nano-particles in medical diagnostics applications.

At TU Wien we are currently involved in a project led by the Vienna University of Life Sciences aiming to develop magnetically doped, water soluble nano-particles for the application as photo-luminescent quantum dots and simultaneously as magnetic marker substances (Zaba, 2016). These particles may ideally be detectable by magnetic resonance imaging. With the expertise on magnetic materials at TU Wien and at the SSPC Laboratory and with the special expertise of Professor Yoshimura and his group on magnetic resonance techniques we are planning to contribute some proposals to these studies which may have future relevance for medical diagnostics.

Acknowledgment

This research fellowship was financed by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University. I would like to express my appreciation to the Division of Chemistry for hosting me, to the International Research Unit of Advanced Future Studies for providing financial support, to Professor Yoshimura for inviting me, and to him and all members of his team for numerous interesting discussions and a very pleasant and scientifically highly productive time at the SSPC Laboratory.

Finally, I like to thank my colleague at TU Wien, Professor Reissner, for his support by accepting to take over my lecturing duties at TU Wien while being on leave to Kyoto University.

References

Brando, M, Belitz, D., Grosche, F. M. and Kirkpatrick, T. R., Metallic quantum ferromagnets. *Rev. Mod. Phys.*, **88**, 025006, 2016

El-Hagary, M., Michor, H., Wind, M., Bauer, E., Hilscher, G. and Rogl, P., Magnetic behavior of $LaCo_{13-x}Si_x$ in the vicinity of the critical concentration $x = 4$. *J. Alloys Compounds,* **367**, 239, 2003

Giovannini, M., Bauer, E., Hilscher, G., Lackner, R., Michor, H. and Saccone, A., Structure and Kondo properties of the novel compound $CeCu_2Mg$. *Physica B*, **378–380**, 831, 2006

Imai, M., Michioka, C., Ueda, H. and Yoshimura, Y., Static and dynamical magnetic properties of the itinerant ferromagnet $LaCo_2P_2$. *Phys. Rev. B* **91**, 184414, 2015

Lorenzer, K.-A., Michor, H., Müller, H. and Hilscher, G., Magnetostriction studies on the itinerant electron metamagnet $LaCo_9Si_4$. *J. Phys.: Conf. Series*, **200**, 012117, 2010

Matthias, B. T. and Bozorth, R. M., Ferromagnetism of a Zirconium-Zinc Compound, *Phys. Rev.,* **109**, 604, 1958

Michor, H., El-Hagary, M., DellaMea, M., Pieper, M. W., Reissner, M., Hilscher, G., Khmelevskyi, S., Mohn, P., Schneider, G., Giester, G. and Rogl, P., Itinerant electron metamagnetism in $LaCo_9Si_4$. *Phys. Rev. B,* **69**, *R*081404, 2004

Michor, H, El-Hagary, M, Ozcan, S, Horyn, A, Bauer, E, Reissner, M, Hilscher, G, Khmelevskyi, S, Mohn, P., Weak itinerant ferromagnetism in YCo_9Si_4. *Physica B,* **359-363**, 1177, 2005

Muramatsu, T., Tokuoka, K., Bauer, E., Michor, H., Fornasari, L., Kagayama, T. and Shimizu, K., Magnetic instability of weak ferromagnetic YCo_9Si_4 under pressure. *Physica B*, **403**, 1328, 2008

Rao, G. H., Liang, J. K., Zhang, Y. L., Cheng, X. R. and Tang, W. H., Crystal structure and magnetic properties of $LaCo_{13-x}Si_x$ compounds. *Appl. Phys. Lett.,* **64**, 1650, 1994

Rotter, M., Müller, H., Gratz, E., Doerr, M. and Loewenhaupt, M., A miniature capacitance dilatometer for thermal expansion and magnetostriction. *Rev. Sci. Instruments*, **69**, 2742, 1998

Saxena, S. S., Agarwal, P., Ahilan, K., Grosche, F. M., Hasselwimmer, R., Steiner, M. J., Pugh, E. Walker, I. R., Julian, S. R., Monthough, P., Lonzarich, G. G., Huxley, A., Sheikin, I., Braithwaite, D., Flouquet, J., Superconductivity on the border of itinerant-electron ferromagnetism in UGe_2. *Nature,* **406**, 587, 2000

Sereni, J. G., Gómez Berisso, M., Braghta, A., Schmerber, G. and Kappler, J. P., Unstable Shastry-Sutherland phase in Ce_2Pd_2Sn. *Phys. Rev. B,* **80**, 024428, 2009

Stewart, G. R., Non-Fermi-liquid behavior in d-and f-electron metals. *Rev. Mod. Phys.*, **73**, 797, 2001; Addendum *Rev. Mod. Phys.*, **78**, 743, 2006

Takahashi, Y., On the Origin of the Curie-Weiss Law of the Magnetic Susceptibility in Itinerant Electron Ferromagnetism. *J. Phys. Soc. Japan,* **55**, 3553, 1986

Takahashi, Y., Spin-fluctuation theory of quasi-two-dimensional itinerant-electron ferromagnets. *J. Phys.: Condens. Matter,* **9**, 10359, 1997

Takahashi, Y., Spin Fluctuation Theory of Itinerant Electron Magnetism. *Springer Tracts in Modern Physics,* Vol. **253**, Springer Berlin Heidelberg 2013

Tsujii, N., He, J., Yoshimura, K., Kosuge, K., Michor, H., Kreiner, K. and Hilscher, G., Heavy-fermion behavior in $YbCu_{5-x}Ag_x$. *Phys. Rev. B,* **55**, 1032, 1997a

Tsujii, N., He, J., Amita, F., Yoshimura, K., Kosuge, K., Michor, H., Hilscher, G. and Goto T., Kondo-lattice formation in cubic-phase $YbCu_5$. *Phys. Rev. B,* **56**, 8103, 1997b

Zaba, C., Part, F., Bixner, O., Grünewald, T., Michor, H., Schrittwieser, S., Hann, S., Lichtenegger, H. and Sinner E.-K., Synthesis of water-dispersible iron-doped core-shell nanocrystals – comparison between core- and shell doping. *Journal of Colloid and Interface Science*, to be submitted, 2016

プロジェクトレポート

January 2017
No. 2017-001-e

Journal of Integrated Creative Studies

Ecological Integrative Systems in Linking Sciences and Societies

- Social Consilience Based on Information Provision and Ecological Efficiency Appreciation

Tae-Soo Chon[1, 2]
[1]Pusan National University (Prof. Emer.)
[2]Ecology and Future Research Association
E-mail: tschon.chon@gmail.com

Abstract. Due to unprecedented economic growth and human aggregation, disturbances are ubiquitous across life system hierarchy from genes to ecosystem including living modified organisms, for instance, tolerance to extreme environment, pest/disease eruption, biodiversity loss, stability/safety problems at the levels of genes, individuals, populations, communities, and ecosystems, respectively. Ecological sciences enter a new phase due to urgency of ecosystem stability in parallel with rapid development of information and communication techniques at the same time. A key concept for solving complex ecological problems is “integration” by utilizing four components that have been already ready for establishing the system: gene information, mathematical biology, mobile sensor networks, and modelling techniques. All components of systems could be combined in a most optimal way to achieve the unified goal, sustainability (e.g., safety, stability, efficiency) of ecosystems. Multi-disciplines are involved in pursuing ecological projects and could be divided into ecological contents (ecosystems, taxa, and size) and connection to humans (academic fields and human involvements). In acquiring information on ecological contents effectively, surveys/experiments could be conducted by utilizing mesocosms and mobile sensor networks. A structure property residing in interplay between social pressure and disturbance in ecosystems could be a basis for social concerns caring more about the public property than private property. Based on suitable information provision and appreciating ecological efficiency, altruistic feedbacks by humans could be arisen to resolve the tragedy of the common consequently in human societies.

Keywords: Ecosystem sustainability, Multi-disciplines, Mesocosm mobile sensor networks, Virtual ecosystems, Socio-economic models

1. Introduction

1.1. Disturbances and disasters

Due to unprecedented economic growth and human aggregation, disturbances (and stressors) are ubiquitous; examples are numerous across life system hierarchy from small (e.g., gene) to large (e.g., ecosystem) units (Table 1). Starting from living modified organisms (LMOs) at the gene level, critical issues are lined up, tolerance to extreme environment, pest/disease eruptions, biodiversity maintenance, and stability/safety problems at individual, population, community, and ecosystem level, respectively, for instance. Living organisms and substrate environments (e.g., water, air) are prone to damages in exposure to disturbing agents locally and globally. Accumulation of instabilities may cause disasters in large scales (e.g., severe drought/storm, pollution, epidemics/epizootics). It would be a critical issue, whether a gradual change may eventually cause a sudden shift in ecosystem stability systematically (Folke, 2004).

However, numerous biological and environmental factors are involved in ecosystem problems in a complex manner. Understanding the causality relationships in ecosystem disturbances is not an easy task. Moreover, egocentric human attitude is involved: people tend to concern their own properties more than public properties. This makes it difficult for humans to sufficiently care about substrate environments they share (i.e., the tragedy of the common). New paradigm is needed to solve this contradictory problem in achieving safety and stability in ecosystems.

Table 1. Example cases of stress and disturbance across life system hierarchy from genes to ecosystems.

Unit	Issues
Ecosystem	Global warming, Biogeochemical cycle abnormality, Energy efficiency problem
Community	Biodiversity maintenance, Food web stability
Population	Species invasion/extinction, Epidemics, Pests, Food crisis
Individual	Tolerance to extreme environment/pollution, Behavioral abnormality/adaptation
Cell and Gene	Living modified organisms, Pesticide resistance, Toxicological response

A key concept that may be considered for solving complex ecological problems would be "integration": all components of systems are combined in a most optimal way to achieve the unified goal, sustainability of ecosystems. The goal would be to integrate the system components in such a way that safety (e.g., dealing with toxic residues) and stability (e.g., population/community dynamics, nutrient cycling) are achieved along with efficiency in ecosystem functioning concurrently. Humans should most suitably care about environment and natural resources to make our ecosystems survivable for living organisms in the long-term aspect. Synthetic as well as analytic views are both needed in dealing with complex problems in an integrative scheme in pursuing the objectives of ecological projects (Jørgensen, 1997).

1.2. Two views on science contribution

Regarding the application side of science in contributing to humans, there would be two views. The first view would be to put an emphasis on production; enhancement of technology is emphasized to achieve maximum production by continuous positive feedbacks for innovation. Due to unlimited development human societies may experience unprecedented industrial development and economic growth. Consequently, however, energy would be dissipated in a great amount due to unbalanced consumption of natural resources (e.g., deprivation, waste, pollution). Since production is emphasized rather than conservation in this view, the developments require environmental sacrifice. Once damaged it is very hard to recover ecosystems. Most scientific and engineering fields, however, are in fact based on this view, which may be called a pink design.

The second view would concern more about conservation, rather than production. Although maximum production may not be achieved, efficiency is more emphasized in dealing with ecosystem management in this view (e.g., Odum, 2005). Minimization of environmental damages along with maximization of energy efficiency and ecosystem recovery are main concerns, and this view may be called a blue design, being prudential not to make irreversible mistakes of damaging ecosystems further. The blue design would consider more about overcoming the tragedy of the common naturally, encouraging humans to have altruistic attitudes for conserving ecosystems instead of egocentric attitudes.

In order to link ecological sciences with human concerns more effectively, I would like to present an integrative ecological system to be feasible in achieving objectives in the blue design. Ecology is the science of studying the totality of relations among biological and environmental factors in determining abundance and distribution of life organisms by considering ecosystem functioning (e.g., biodiversity, energy circuit, biogeochemical cycling) (e.g., Krebs, 2001; Odum, 2005). The integrative approach would be a characteristic of ecological projects to achieve the unified goal of ecosystem sustainability in a comprehensive manner by combining all the components effectively.

Although the components may have existed already, integration proposed in this article could be considered new in the sense that all necessary components are effectively integrated into a system to achieve ecosystem sustainability. Regarding integrative achievements in human history, we may have similar examples, cars and computers. With cars, the components such as engines and the parts for locomotion (e.g., tires, brakes) have been already developed. Subsequently, however, all the components had to be integrated newly in order for them to become a most convenient transportation tool for humans. Similarly for computers, components such as semi-conductors, digitization techniques, and algorithms have been already introduced to human societies. However, a versatile computation tool that is convenient for calculations for human lives was possible only after all the components were integrated to be a universal computation tool, called a computer. In ecology, by the same token, components are ready to be integrated to a system that could make our ecosystems more survivable with safety, stability, and efficiency. In line with recent developments in sciences and engineering, four components are ready in a broad scope for establishing an integrative ecological system: gene information, mathematical biology, mobile sensor networks, and virtual ecosystems.

As is well known, the issue of ecosystem sustainability was raised along with ecosystem stability/services since the 1990s. Study on ecosystem sustainability was initiated by regarding importance of interactive controls between key variables within stable bounds in the system (e.g., negative feedbacks in food availability) (e.g., Chapin, 1996; Christensen, 1996). Costanza (1997) reported the value of the world's ecosystem services critical to the functioning of the Earth's life-support system. Regime shifts were recognized in relation to resilience of complex adaptive ecosystems (e.g., functional roles of biological diversity) (Folke, 2004). Numerous accounts of methodological studies were subsequently followed, for instance, quantification and valuation (e.g., emergy, exergy) (Rapport, 1998; Zhang, 2010; de Groot, 2002), harvesting strategy with refugia (Gadgil, 2000), and evaluation based on fuzzy logic (Prato, 2005). Ecological issues in ecosystem management were also dealt with in a broad scope, including biodiversity (Tilman, 1996, 2006), conservation (Egoh, 2007), climate effects (e.g., Walker, 2008), and policy interface (Perrings, 2011). Principles of ecosystem sustainability were further applied to target ecosystems specifically such as agro-ecosystems (Tilman, 2002), landscape (Fischer, 2006), water management and aquatic ecosystems (Grant, 2012; Glibert, 2012), and human ecosystem and health (Stephens, 2007; Waltner-Toews, 2005). However, the integrative system that consider extensively the overall contemporary scientific achievements as stated above and address both information availability and ecological efficiency appreciation by humans as well has not been reported specifically.

2. Components of integrative approach and technical readiness

2.1. Gene information

Since the double helices of nucleic acids were introduced as genes of life organisms in 1953 (See Watson, 1968), molecular biology has been developed exceedingly and currently leads contemporary biological sciences in almost all aspects of applied fields including health, conservation, agriculture/fishery, industry, etc. Further development in molecular ecology (e.g., Zane, 2002) is foreseen in the future along with next generation sequencing, for instance, gene-based disease diagnosis, systematic medical care, genomics-based breeding in agriculture and fishery, revealing genetic functioning, systematic biodiversity management for conservation, etc.

Along with development of whole genomics sequencing, evolutionary processes would be also closely adopted in genetics in addressing survival and adaptability of organisms to environmental disturbance and stress. The principles in evolution would be addressed in revealing adaptive mechanisms and provision of information for ecosystem management in response to natural and anthropogenic selection pressures along with development of population/quantitative genetics and molecular ecology/evolution.

2.2. Mathematical biology/ecology

Mathematical biology unravels structure properties residing in life events: theoretical approach would be effective in addressing complex life phenomena interplaying between living organisms and environmental factors in a more objective manner. Mathematical biology has been introduced in ecological sciences in various fields including population/quantitative genetics, population dynamics (e.g., pest/disease dispersal), biodiversity maintenance, and ecosystem stability. Moreover, mathematical biology has been broadly applied to the whole scope in biological sciences such as morphology (e.g., pattern formation in embryonic development), physiology (e.g., cell growth, disease development, polyphenism), behavior (e.g., optimal foraging theory), and strategy/game theory (Iwasa, 1998, 2008; Murray 2003a,b).

In relation with gene information as stated above, research on evolution would be also extensively dealt with in mathematical biology. Genetic diversity and gene functioning should be addressed in association with computational analyses of eco-evolutionary processes (e.g., adapting to extreme environment, sexual evolution, life history schedule). Molecular ecology and evolution would be a step stone to reveal life system dynamics in responding to anthropogenic and natural variability through generations. Since evolution theory was proposed by Darwin (1859) computational approaches were introduced early in the 20th century regarding gene dispersal in time and space, including neutral theory

(e.g., Wright, 1931; Kimura, 1968). Further developments in mathematical approaches are broadly foreseen along with adaptive dynamics, fitness landscape, evolutionary game theory, replicator dynamics, and individual based models in eco-evolutionary processes (Dercole and Rinaldi, 2008).

2.3. Mobile sensor networks and mesocosms

It is timely that information and communications technology (ICT) has been expanded to measurements of ecological responses in both laboratory experiments and field surveys in real time in a broad scope. As stated above prompt and objective information provision on ecological responses is a key element for humans to understand ecological phenomena closely and deeply: humans could be more familiar with importance of conservation and recovery of ecosystems. A notable achievement has been made in interfacing and real-time measurements in ecosystems *in situ*. Sensor network is an outcome of ICT that could be effectively implemented in ecological sciences especially in field conditions in real time. Sensor networks are spatially distributed autonomous sensors to monitor physical or environmental conditions and to cooperatively pass their data through the network to a main location (January 1, 2017; available from URL https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network).

Missing some sensors would not be a serious problem for operation in field conditions: other systems could substitute the missing ones. Multitude of sensors is an extra advantage to be helpful for sensing ecological responses in difficult situations of measurements (e.g., disasters) *in situ* effectively. The sensor networks would make the monitoring system more robust in real conditions. In addition robots could be installed on the sensor networks further. The mobile components (e.g., robot arms) could assist for the sensor networks to automatically and continuously measure behavioural/ecological responses in behalf of humans especially in the situations where experimentations would be difficult or not possible. If the sensor network components are connected over a space spanning the target ecosystems, spatial conformations of species dispersal could be provided regarding how species would either invade, establish, or extinct dynamically. Information on decision making could be also available from the data obtained by the sensor networks regarding numerous issues of disasters and disturbances (e.g., pest/disease, natural disaster, radioactive accidents).

It is noteworthy that mesocosms could be additionally utilized along with sensor networks in field conditions *in situ*. A mesocosm (*meso-* or 'medium' and *-cosm* 'world') could be defined as any outdoor experimental system that examines the natural environment under controlled conditions (Janurary 1, 2017; available from URL https://en.wikipedia.org/wiki/Mesocosm) in an intermediate scale comparing to either micro- or macro-cosms. Open types of mesocosms could be designed in such a way that target organisms may visit or stay inside mesocosms for a substantial period of time. Resources for organisms such as food, water, and resting place could be provided in sensor networks. Behaviour of organisms

staying in the mesocosms could be recorded continuously and automatically with the sensor networks. The accumulated information would be useful in close-to-nature conditions for understanding life events of the organisms more precisely. In the long term behaviour profiles of individuals and populations could be revealed to provide key information on life cycle schedules (e.g., adult age for reproduction) and strategies (e.g., *r* strategy, *K* strategy).

2.4. Modelling and virtual ecosystems

Modelling and systems approach are a useful methodology to open a new door in delivering ecological information to human societies more effectively. Ecological modelling can be used for numerous purposes in ecological sciences, objective description of life events, identifying important variables, causality relationships, prediction, and provision of information on policies for ecosystem management (e.g., Odum, 1993; Jørgenesen, 2008).

It is also noteworthy that modelling could be extended to virtual ecosystems according to individual (or agent) based models (DeAngelis, 1992; Grimm, 2005). Virtual ecosystems have the advantage of studying disasters (e.g., earthquakes, severe droughts, radioactive accidents) that cannot be experimented readily in real world. The course of disasters could be visualized through simulation in virtual ecosystems. Consequently scenarios could be provided according to disturbing agents or other constraints (e.g., physiological/genetic adaptability to new environmental conditions). Spatio-temporal development of disasters will be projected in the system along with ecosystem responses. Various management plans could be also tested according to urgency and severity of disasters and disturbances. Manuals for provision of management policies could be further provided according to scenarios for keeping safety and stability in ecosystem functioning in disastrous situations.

3. Development of integrative systems

3.1. Multi-disciplines

Ecology deals with complex phenomena in multi-disciplines. There would be five main disciplines that should be dealt with in pursuing ecological projects concurrently: ecosystems, taxa, scales, academic fields, and social involvements (Figure 1). Subtopics could be further defined at lower levels in each discipline. Three disciplines, ecosystems, taxa, and scales, could represent ecological contents. Different kinds in ecosystems could be considered as the focal objects for ecological projects, for instance, forest ecosystem, agroecosystem, aquatic ecosystem, etc. Taxa could represent the target biological organisms that would take a main role in ecosystem functioning, including the kingdoms of animals, plants, and microorganisms, and could be further divided into smaller scales, phylum, class, order, family, genus,

species, etc. Subsequently units from genes to ecosystems could be presented in different scales in hierarchical life systems (Figure 1).

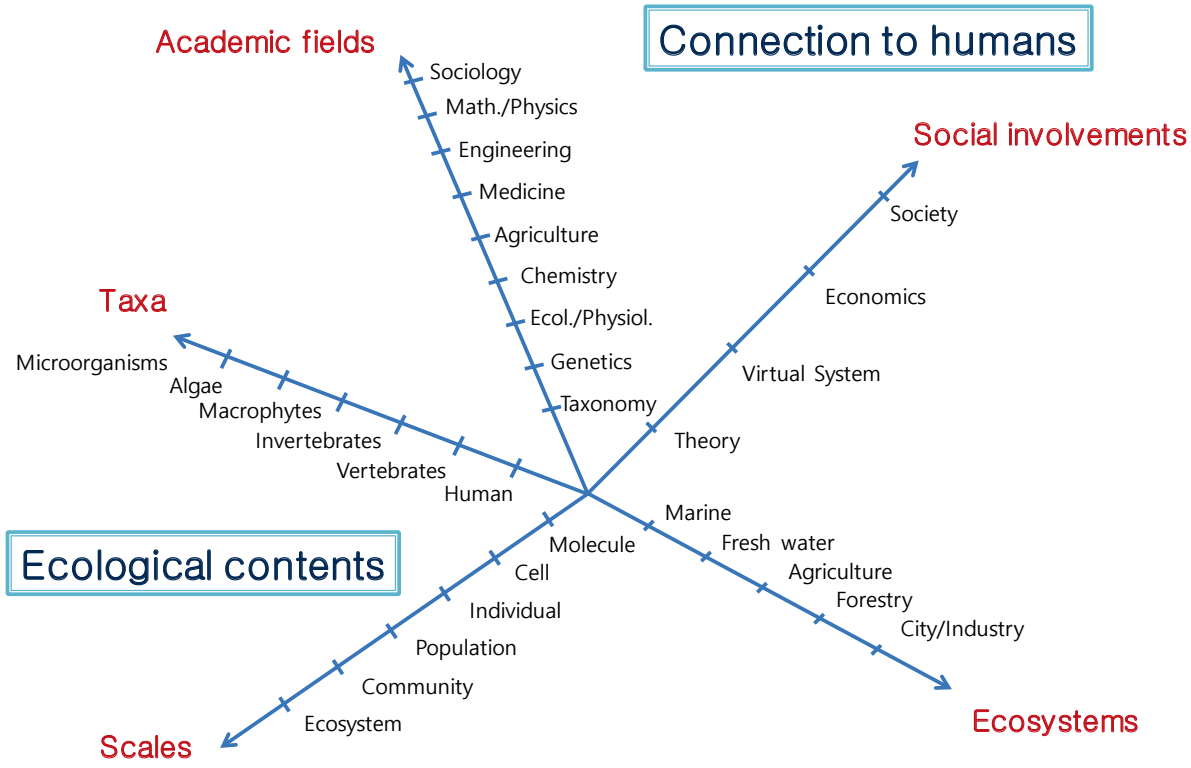
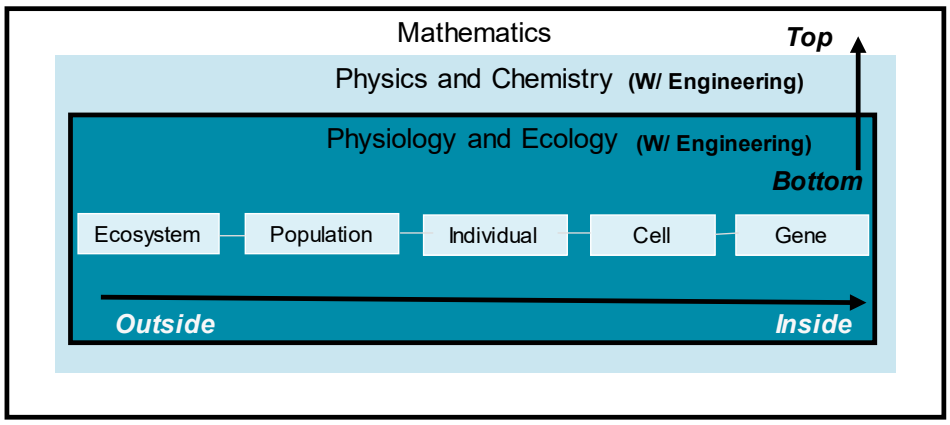


Figure 1. Multi-disciplines for pursuing ecosystem sustainability in ecological projects.

The other two disciplines, academic fields and social involvements, would serve to link the ecological contents with human societies (Figure 1). Academic fields include all subjects across sciences, engineering, and sociology in relation with ecological sciences. According to the scale from genes to ecosystems biological sciences could be listed along the horizontal axis and interlinked with other sciences as illustrated in Figure 2. Physiology and ecology would address phenomenological life events, addressing associations and causality relationships for survival in adapting to environmental conditions. Ecology may be viewed as "from outside to inside approach": life phenomena are observed from surrounding environments outside and the mechanisms are addressed to reveal functioning in smaller scales by physiological processes at molecule and cell levels inside the body. In contrast, physiology would reveal live events "from inside to outside": the life mechanisms at fine scale could be linked to larger scales, individuals, populations, communities, and eventually ecosystems in adapting to environmental conditions totally.



(15.1.30)

Figure 2. Academics fields in association with life system hierarchy: "bottom-up" and "inside-outside" approaches.

Natural sciences and mathematics could be additionally listed along the vertical axis in Figure 2 in presenting the relationships between different academic fields. A high level of variability is observed in complex ecological phenomena. Physics and chemistry unravel complexity in life events to address structure properties and functional processes residing in biological systems and are helpful in inferring living mechanisms observed in ecological phenomena at low, phenomenological level. Various fields in engineering would be helpful for measurements and realizing experimental/model results. Knowledge in life events could be further abstracted in a high level to reveal regularities in life processes with mathematics and computational approaches eventually (Figure 2). Overall, mathematics would have a top-down approach to provide regularities (top) that could be useful for addressing complex life events more objectively at the phenomenological level of physiology and ecology (bottom). Biological sciences, in contrast, considered to have a bottom-up approach by examining phenomenological events (bottom) first to provide information that could be extracted to find regularities in life events through formal, theoretical approaches (top) (Figure 2). Both top-down and bottom-up approaches would be needed concurrently in exploring biological/ecological events effectively.

Finally the fifth discipline, social involvements concern realization of ecological contents in human societies (Figure 1). Initially academic knowledge accumulated in life phenomena could be useful for interfacing with human perceptions. Subsequently the knowledge could be further used for life event description/prediction and provision of management policies through modelling and virtual ecosystems. It is noteworthy that virtual ecosystems would be useful for dealing with the situations that may not be possible to experiment directly in real world by generating augmented reality such as natural (e.g., earth quakes) and anthropogenic (e.g., pollution) disasters as stated above.

3.2. System description

An integrative ecological system could be developed to achieve the unified objective in ecosystem management by utilizing the components in multi-disciplines. The overall framework of the integrative system could be presented as Figure 3. Since the integrative system in Figure 3 is complex, an outline is presented in Figure 4 separately. The five disciplines (Figure 2, and the left hand side of Figures 3 and 4) stated above would be linked with human activities and could be divided into ecological contents (bottom left, Figure 4) and connection to humans (top left, Figure 4) as stated above. In acquiring ecological information in an integrative manner, *in situ* measurements could be additionally conducted in surveys/experiments, utilizing mobile sensor networks and mesocosms (bottom right, Figure 4). Connection to humans will be further integrated with human involvements and social consilience would be arisen through human networks and modelling (including virtual ecosystems) (top right, Figure 4).

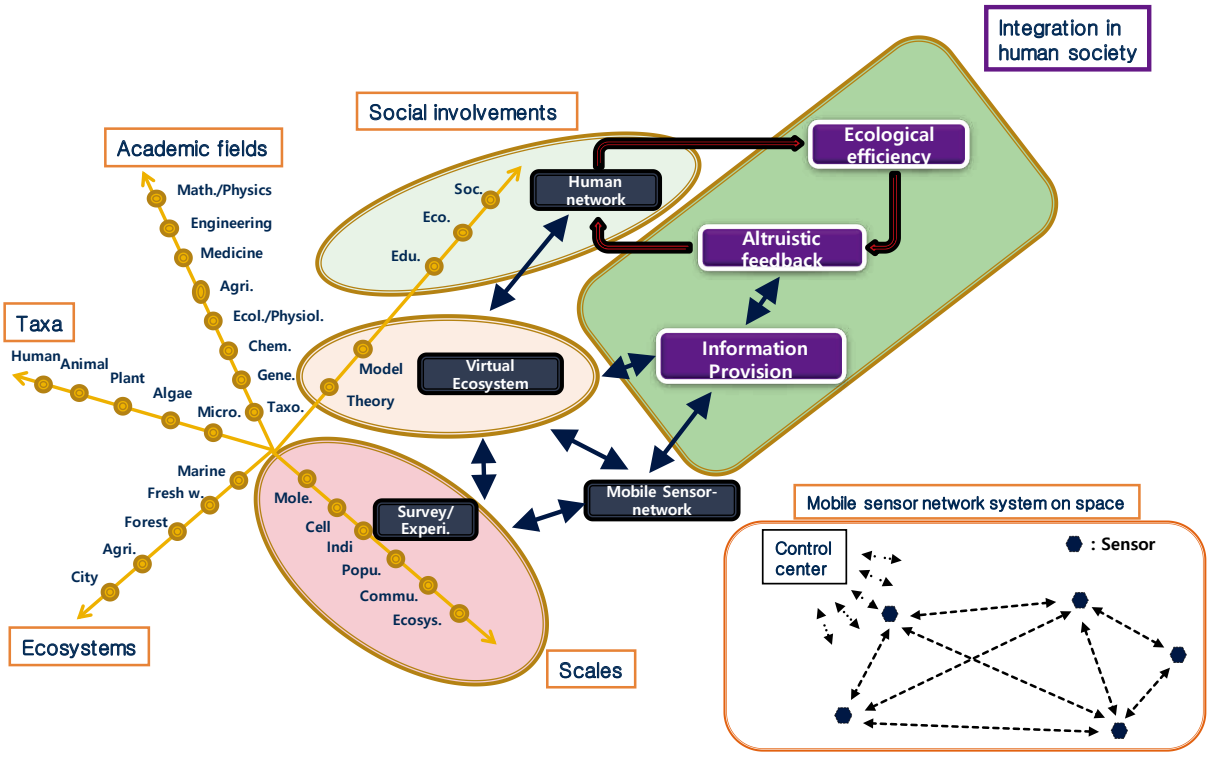


Figure 3. An integrative ecological system based on multi-disciplines linked with information provision and ecological efficiency appreciation in human societies to enhance altruistic feedbacks for achieving ecosystem sustainability.

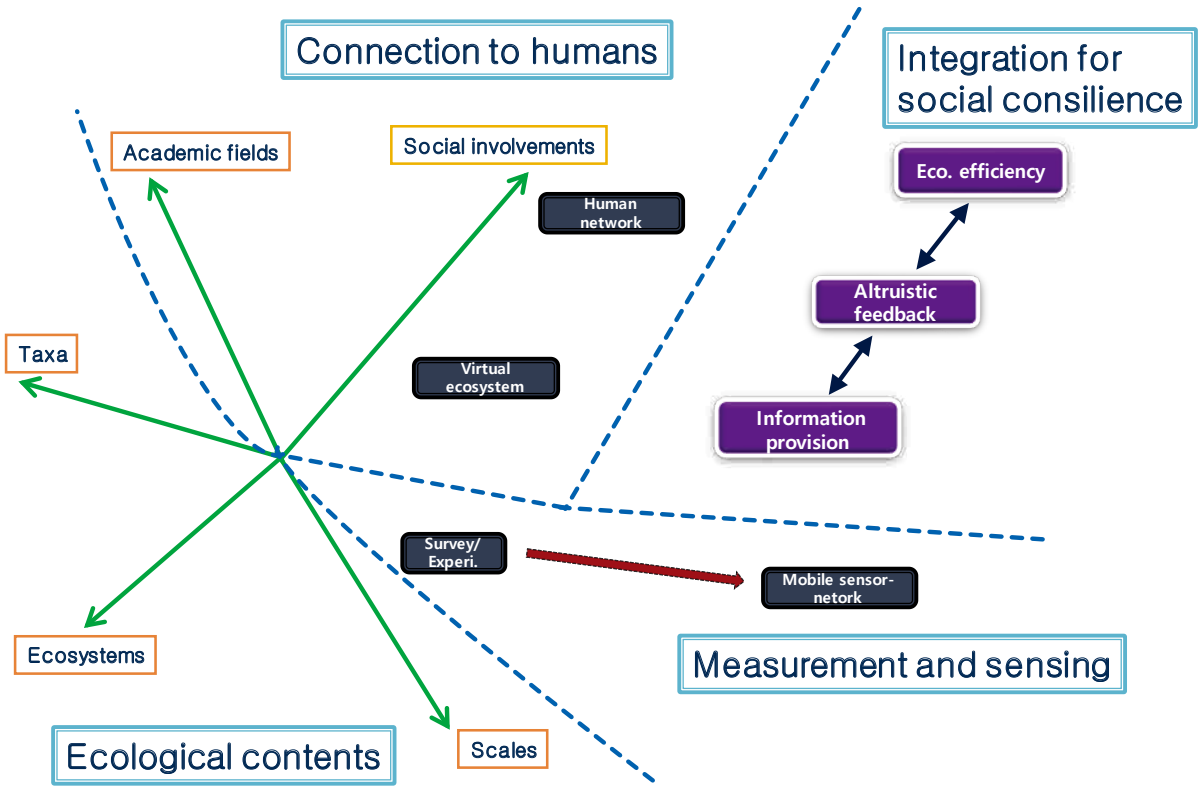


Figure 4. Outline of integrative processes: ecological contents measured by sensing systems are connected to human societies to achieve social consilience by acquiring altruistic feedbacks based on information provision and ecological efficiency appreciation.

In practical aspect operation of the system could be considered as shown in Figure 5. Initially a steering committee consisting of specialists in various fields including ecologists, computation specialists, and engineers could be organized to define the system in the initial stage. The committee would also establish a means of public relationships (Figure 5). Based on the system definition researchers in various fields could be organized in groups with multi-disciplines (Figures 1 and 3). The groups of specialists would further refine the system (e.g., variables, boundary) more precisely and set up research plans based on integrated system diagrams.

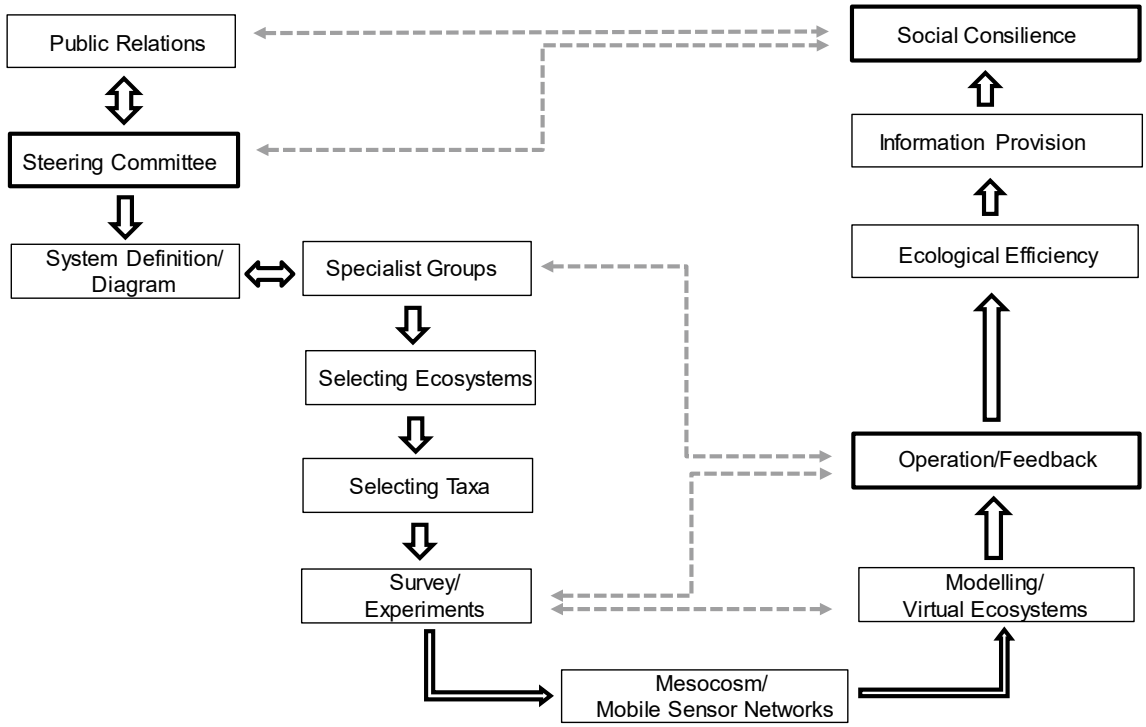


Figure 5. Operation processes for an integrative ecological system consisting of system definition, operation, and feedback flows in order to achieve social consilience for ecosystem sustainability based on information provision and ecological efficiency appreciation by humans.

After the planning step, ecosystems and target taxa are selected for the projects (Figure 5). Surveys and experiments could be conducted by utilizing mesocosms and mobile sensor networks as stated above (Figures 3 and 4). Models including virtual ecosystems could be further developed for revealing causality relationships and prediction. Based on results from surveys/experiments and modelling the system could be operated to achieve the system objectives by dealing with the controllable variables through flow interactions and feedbacks, ensuring robustness and precision for modelling output. Efficiency achieved in ecosystem functioning (e.g., energy circuit, recycling index) through system operation would be conveyed to human societies efficiently by using information provision methods (e.g., social networking service (SNS)). By appreciating ecological efficiency social consilience would be achieved for ecosystem sustainability in an objective manner (Figures 3 - 5).

3.3. Integration and social consilience

Regarding social consilience, the key issue would be how individuals/groups in societies will cooperate and are willing to yield individual benefits (e.g., time, money) to achieve sustainable ecosystems for public. The attitude concerning more about public property could be arisen on the ground of two

components: information provision and appreciating ecological efficiency by humans as stated above (Figures 3 and 4).

However, raising altruistic attitudes among humans would be a difficult issue because people would naturally more care about their own properties. One possible entering wedge would be utilizing the mechanism of social cooperation that could be naturally arisen in conflict situations, for instance, disturbance severity in public property versus individual interest. A pioneering study was a socio-economic feedback model in handling a pollution case of lake eutrophication. Suppose cooperative (B) and non-cooperative (A) players pay the cost C_B and C_A, respectively, social pressure, S, could be expressed with cooperator frequency and environmental concern (Iwasa, 2007) (Figure 6):

$$S = \alpha(1 + \xi F_t)\phi(Q) \tag{1}$$

where α is a constant for the basic strength of social power, F_t is the fraction of cooperative players adopting B at time t, ξ is a positive constant for the strength of frequency dependence, and $\phi(Q)$ indicates the society's concern on the water pollution according to pollution level, Q. The total cost for non-cooperative ($CostA$) and cooperative ($CostB$) could be expressed as:

$$CostA = C_A + \alpha\emptyset_0 q_0(1 + \xi F_t)[p_A(1 - F_t) + p_B F_t] \tag{2}$$

$$CostB = C_B \tag{3}$$

where p_A and p_B are pollution release by the non-cooperator and cooperator, respectively, and $\emptyset_0$ and q_0 are some constants representing the degree of environmental concern and pollution input, respectively (Iwasa, 2007).

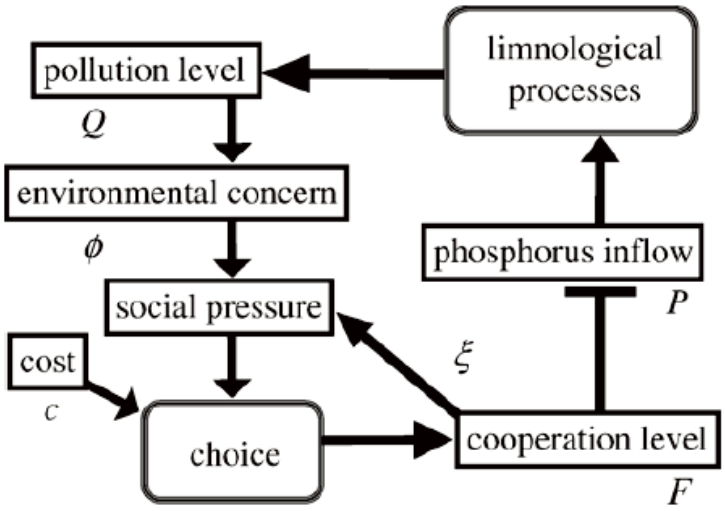


Figure 6. Flow chart for demonstrating social collaboration based on both negative and positive feedbacks regarding pollution source reduction and frequency dependence of social pressure (Iwasa, 2007; Quotation of the figure permitted by the Publisher).

With inclusion of positive (frequency dependence of social pressure) and negative (pollution source reduction) feedbacks in interrelationships among pollution, social concern, and cooperation levels, diverse dynamical behaviors were created (Figure 6). The model often showed bistability. In addition to low cooperation resulting in polluted water, a high level of cooperation among people was obtained to have clean water as a solution as well, indicating that social concerns could be inherently arisen through the feedbacks in dealing with pollution severity and public concerns on pollution (Iwasa, 2007). Suzuki (2009) further reported that social pressure regards a psychological factor in promoting cooperation. The pressure would become stronger when more players in the society are cooperative, and enhancement of the cross-group conformist tendency was effective in minimizing differences in cooperation levels and to mitigate conflict between groups. This type of social concerns indicates that altruistic feedbacks for collaborations by humans could be naturally arisen in the societies due to the structure property residing in social concerns by the humans.

3.4. Subsystem objectives

Since the system components are numerous in ecological projects the integrative ecological system could be considered as a meta-system (Figures 3 and 4). There would be a chance that the system functioning would diverge if the objectives are not well focused on within the overall framework of the grand system. In this regard subsystem objectives need to be well defined in line with the global objective of the system: subsystem objectives could be narrowed down in such a way that the locally

addressed objectives could fit to the total system to achieve the global goal in harmony. In this regard, the subsystems could be viewed from ecological, ecology-relevant, and social aspects (Figure 7). Each subsystem may have sub-sub systems with focal points of their own.

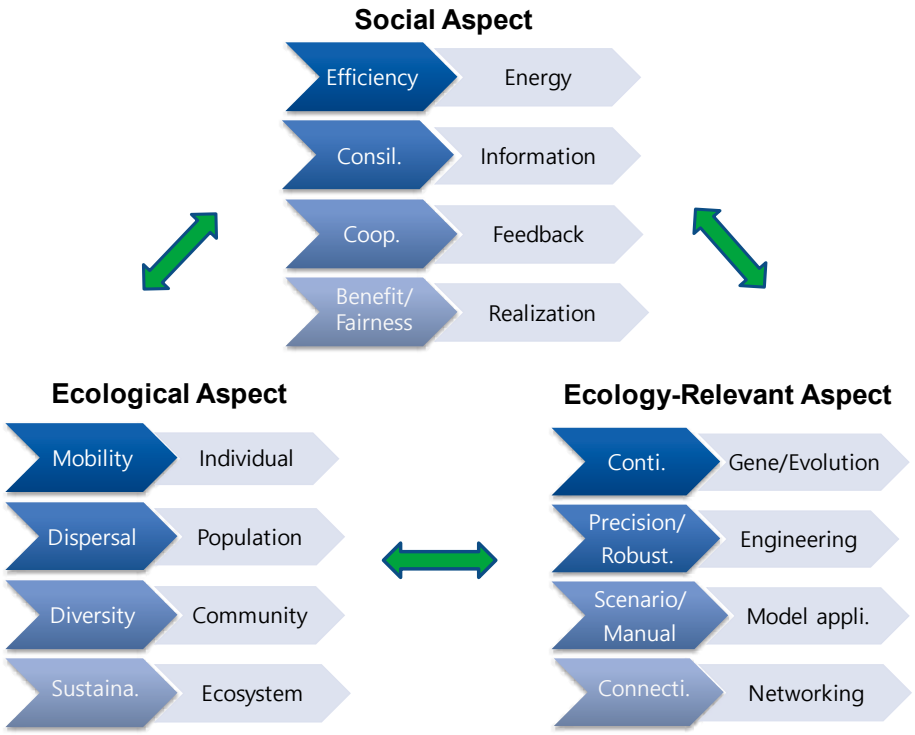


Figure 7. Key evaluation points and subsystem objectives in realizing the global objective of the ecological integrative system from the scientific (ecology and ecology-relevant) and human aspects. (See full characters for abbreviations in the text.)

Ecological aspect could be presented by the unit size of life from individuals to ecosystems (bottom left, Figure 7). The key goal could be defined for each subsystem as mobility, expansion, diversity, and sustainability at individual, population, community and ecosystem level, respectively. Mobility, for instance, would be a fundamental character to represent universal activity of living organisms for almost all basic life events such as food finding, escaping from predators, and approaching to mates. Similarly dispersal (e.g., species extinction/invasion) and diversity (e.g., biodiversity maintenance, food web) are key issues at population and community levels, respectively. Naturally sustainability that includes safety, stability, and energy efficiency in ecosystems would be the essential, global concern at the ecosystem level.

The ecology-relevant aspect should be considered in associated fields of science and engineering in order for the ecological contents to be efficiently realized through the integrative system. The

components in the ecology-relevant aspect would consist of gene/evolution, engineering, model application, and networking (Figure 7). Continuity (e.g., population growth, inheritance) could be the fundamental issue with gene/evolution in presenting species survival according to fitness optimization in eco-evolutionary processes. Precision and robustness should be considered in developing hard- and soft-ware in engineering aspect (e.g., mobile sensor networks). Model application is also important in applying ecological contents to societies in presenting causality relationships, prediction, and provision of information for decision making. Development of scenarios and manuals according to virtual ecosystems could be considered also as a key objective regarding visualizing various cases of disturbances and disasters. Networking among the components (both biological and abiological factors) is also important in realizing ecological contents in human societies. Naturally connectivity would be a fundamental issue in networking.

Finally the integrative ecological system should be viewed from the aspect of linking human societies in achieving the unified goal of ecosystem sustainability. The aspects include energy, information, feedback, and realization (Figure 7). Efficiency should be regarded as the essential concern in energy and related ecological parameters (e.g., net productivity rate, recycle rate). Consilience should be considered in information distribution in human societies (e.g., information sharing). Enhancing cooperation among citizens would be the objective through feedback mechanisms based on information supply and appreciating ecological efficiency. Once the cooperation is settled through altruistic feedbacks among humans, benefit and fairness (e.g., considering equality and equity) should be the objective in realization so that citizens would have eco-friendly minds, “Sustainability in ecosystem eventually makes our town, country, and broadly the earth, survivable for humans and other life organisms in the long term.”

4. Discussion and conclusion

Although numerous accounts of studies have been reported on ecosystem sustainability regarding measurement and methodology (e.g., Costanza, 1997), ecological issues (e.g., biodiversity maintenance (e.g., Tilman, 2006)), and target ecosystems (e.g., Fischer, 2006; Grant, 2012) as stated above, a universal system, interlinking measurement methodology on the one hand and human involvements for social consilience on the other hand, has not been discussed extensively in association with trans-disciplines across different regimes in ecological projects (Figures 2, 4 and 5). An entering wedge is needed in resolving complex ecological problems. In this study the process of integration is *de novo* in the sense that the system interweaves the four components of scientific developments, gene information, mathematical biology, mobile sensor networks, and virtual ecosystems, subsequently

further interlinking two key points, provision of ecological information to humans and appreciating ecological efficiency in the societies as stated above (Figures 4 and 5).

A fundamental issue raised in this study would be how individuals in societies are willing to optimally sacrifice individual resources (e.g., time, money) to achieve sustainability in ecosystems under the constraints of various selection pressures (Figure 5). Consequently the origin of altruistic behavior mechanism should be more carefully studied from the aspect of evolution and behavior ecology. Altruistic behaviors are observed in animals to sustain their populations with the benefit from sacrificing some individuals for other individuals in behavioral ecology (Alcock, 2009). It is noteworthy that the altruistic behavior would be structurally inherent and could be more effectively addressed if the ecological systems, including human ecosystems, are set up in such a way that the group survival could be effectively traded off with individual survival for keeping population stability through evolution. Although human behaviors are more complex than animal behavior, the key principles should be still addressed at the fundamental level, being interfaced with adaptability of natural life systems. Precise examinations, however, will be further needed in dealing with more delicate and complex situations in human behavior such as conflict (Matsuo, 2014) and corruption (Lee, 2015), for instance.

Care, however, should be given cautiously, regarding application of principles obtained in behavior ecology to human activities; the principles of animal evolution could not be the grand rule in governing human behavior totally, since the humans have their own ethics and judgment rules based on culture beyond the ecological aspect. An extra space should be reserved for addressing humans' own characteristics (e.g., morals, culture) in interpreting human activities in dealing with ecosystem management.

Methods for developing meta-models should be also taken into consideration in managing integrative models (France, 2003; Messac, 2008; Lean, 2009). Since numerous subsystems are involved in the global system, the subsystems should be well coordinated to achieve the global goal. Precision, feasibility, and robustness should be carefully checked in the total execution of model performance. Determination of variable importance and evaluating model feasibility should be also carefully examined. These fields would belong to computational modelling and development of algorithms, and are out of scope for the current study. Meta-model development and evaluation in ecological sciences with big data warrant further studies in the future.

In conclusion ecological sciences enter a new phase due to urgency of keeping our ecosystems survivable in parallel with rapid development of ICT concurrently. A key concept for solving complex ecological problems is "integration": all components of systems are combined in a most optimal way to achieve the unified goal, sustainability (e.g., safety, stability, efficiency) of ecosystems. An integrative

ecological system could be developed in line with recent developments in sciences including engineering and computation. Multi-disciplines are involved in pursuing ecological projects and could be divided into ecological contents (ecosystems, taxa, and size) and connection to humans (academic fields and human involvements). In acquiring information on ecological contents effectively, surveys/experiments could be conducted by utilizing mesocosms and mobile sensor networks. Connection to humans could be realized through modelling and virtual ecosystems, and social involvements. Based on suitable information supply and appreciating ecological efficiency as well, altruistic feedbacks in human societies would be arisen to resolve the tragedy of the common.

Acknowledgment

This research was financially supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University.

References

Alcock, J., *Animal Behavior*. Sinauer, 2009.

Chapin, S. F. III, Principles of ecosystem sustainability. *The American Naturalist*, **148**, 1016 – 1037, 1996

Christensen, N., Bartuska, A. M., Brown, J. H., Carpenter, S., D'antonio C., Francis, R., Franklin J. F., Macmahon, J. A., Noss, R. F., Parsons, D. J., Peterson, C., Turner, M. G., and Woodmansee, R. G., The report of the ecological society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications*, **6**, 665-691, 1996

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. and van den Belt, M., The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, **387**, 253 - 260, 1997

Darwin, C., *On the origin of species by means of natural selection*, John Murray: London, 1859

Dercole, F. and Rinaldi, S. (Eds), *Analysis of Evolutionary Processes: the Adaptive Dynamics Approach and its Applications*. Princeton Univ. Press: Princeton, USA. 2008

DeAngelis, D. L. and Gross, L. J., *Individual-based models and approaches in ecology: populations, communities and ecosystems*. Chapman and Hall: New York, 1992

Egoh, B., Rouget, M., Reyers, B., Knight, A. T., Cowling, R. M., van Jarsveld, A. S. and Welze, A., Integrating ecosystem services into conservation assessments: a review. *Ecological Economics*, **63**, 714-721, 2007

Fischer, J., Lindenmayer, D. B. and Manning, A. D., Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Front. Ecol. Environ.*, **4**, 80–86, 2006

Folke, C., Carpenter, S., Walker B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. and Holling, C. S., Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, **35**, 557–81, 2004

France, R., Ghosh, S., Song, E., and Kim, D.-K., A metamodeling approach to pattern-based model refactoring. *IEEE Software*, September/October, 2003, 52 – 58, 2003

Gadgil, M., Hemam, N S. and Reddy, B. M., People, refugia and resilience. In *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience* (Eds. Fikret B. and Folke, C.). Cambridge Univ. Press: Oxford, 30 – 47, 2000

Gilbert, P. M., Ecological stoichiometry and its implications for aquatic ecosystem sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **4**, 272–277, 2012

Grant, S. B., Saphores, J.-D., Feldman, D. L., Hamilton, A. J., Fletcher, T. D, Cook, P. L. M., Stewardson, M., Sanders, B. F, Levin, L. A., Ambrose, R. F., Deletic, A., Brown, R., Jiang, S. C., Rosso, D., Cooper, W. J. and Marusic, I., Taking the "waste" out of "wastewater" for human water security and ecosystem sustainability. *Science,* **337**, 681 – 686, 2012

Grimm, V. and Railsback, S. F., *Individual-Based Modeling and Ecology*. Princeton University Press: Princeton, NJ, 2005

Iwasa, Y., *Mathematical Biology: Exploring Dynamics in Biological Societies*. Kyoritsu Press: Tokyo, 1998

Iwasa, Y., *Mathematical Principles in Life Events*. Kyoritsu Press: Tokyo, 2008

Iwasa, Y., Uchida, T., and Yokomizo, H., Nonlinear behavior of the socio-economic dynamics for lake eutrophication control. *Ecological Economics*, **63**, 219 – 229, 2007

Jørgensen, S.E., *Integration of Ecosystem Theories: a Pattern*. Kluwer, 1997

Jørgensen, S. E., Chon, T.-S. and Recknagel, F. (Eds.), *Handbook of ecological modelling and informatics*. WIT Press, 2008

Kimura, M., Evolutionary rate at molecular level. *Nature*, **217**, 624-626, 1968

Krebs, C. J., *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*, 2001

Lean Y., Wang, S. and Lai, K. K., A neural-network-based nonlinear metamodeling approach to financial time series forecasting. *Applied Soft Computing*, **9**, 563–574, 2009

Lee, J-H., K. Sigmund, K., Dieckmann, U. and Iwasa, Y., Games of corruption: how to suppress illegal logging? *Journal of Theoretical Biology*, **367**, 1-13, 2014

Matsuo, T., Jusup, M. and Iwasa, Y., The conflict of social norms may cause the collapse of cooperation: indirect reciprocity with opposing attitudes towards in-group favoritism. *Journal of Theoretical Biology,* **346,** 34–46, 2014

Messac, A. and Mullur, A., A computationally efficient metamodeling approach for expensive multiobjective optimization. *Optim. Eng.,* **9**, 37–67, 2008

Murray, J. D., *Mathematical Biology I: Introduction*, Springer: New York, 2003a.

Murray, J. D., *Mathematical Biology II: Spatial models and biomedical applications*. Springer: New York, 2003b.

Odum H. T., *Systems Ecology*. Wiley. 1993

Odum, E. P. and Barrett, G. W., *Fundamentals of Ecology*. Thompson Brooks/Cole: Belmont, CA, 2005

Perrings, C., Duraiappah, A., Larigauderie, A. and Mooney, H., The biodiversity and ecosystem services science-policy interface. *Science,* **331**, 1139 – 1140, 2011

Prato, T., A fuzzy logic approach for evaluating ecosystem sustainability. *Ecological Modelling,* **187**, 361–368, 2005

Rapport, D.J., Costanza, R. and McMichael, A. J., Assessing ecosystem health, *TREE,* **13**, 397 - 402, 1998

de Groot, R. S., Wilson, M. A. and Boumans, R. M. J., A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, **41**, 393–408, 2002

Sthephens, C., Parkes, M. W. and Chang H., Indigenous perspectives on ecosystem sustainability and health. *EcoHealth,* **4**, 369–370, 2007

Suzuki, Y., and Iwasa, Y., Conflict between groups of players in coupled socio-economic and ecological dynamics. *Ecological Economics*, **68**, 1106 – 1115, 2009

Tilman, D., Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology*, **77**, 350 – 363, 1996

Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. and Polasky, S., Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, **418**, 671 – 677, 2002

Walker, N. J. and Schulze, R. E., Climate change impacts on agro-ecosystem sustainability across three climate regions in the maize belt of South Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* **124**, 114–124, 2008

Waltner-Toews, D. and Kay, J., The evolution of an ecosystem approach: the diamond schematic and an adaptive methodology for ecosystem sustainability and health. *Ecology and Society*, **10**, 38, 2005
Watson, J. D., *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*, Atheneum: New York, 1968
Wright, S., Evolution in Mendelian populations. *Genetics*, **16**, 97–159, 1931
Zane, L., Strategies for microsatellite isolation: a review. *Molecular Ecology*, **11**, 1-16, 2002
Zhang, Y., Sing, S. and Bakshi, B., Accounting for ecosystem services in life cycle assessment, Part I: a critical review. *Environ. Sci. Technol.,* **44**, 2232–2242, 2010

Figure Legends

Figure 1. Multi-disciplines for pursuing ecosystem sustainability in ecological projects.

Figure 2. Academics fields in association with life system hierarchy: "bottom-up" and "inside-outside" approaches

Figure 3. An integrative ecological system based on multi-disciplines linked with information provision and ecological efficiency appreciation in human societies to enhance altruistic feedbacks for achieving ecosystem sustainability.

Figure 4. Outline of integrative processes: ecological contents measured by sensing systems are connected to human societies to achieve social consilience by acquiring altruistic feedbacks based on information provision and ecological efficiency appreciation.

Figure 5. Operation processes for an integrative ecological system consisting of system definition, operation, and feedback flows in order to achieve social consilience for ecosystem sustainability based on information provision and ecological efficiency appreciation by humans.

Figure 6. Flow chart for demonstrating social collaboration based on both negative and positive feedbacks regarding pollution source reduction and frequency dependence of social pressure (Iwasa et al, 2007; Quotation of the figure permitted by the Publisher).

Figure 7. Key evaluation points and subsystem objectives in realizing the global objective of the ecological integrative system from the scientific (ecology and ecology-relevant) and human aspects. (See full characters for abbreviations in the text.)

プロジェクトレポート
Journal of Integrated Creative Studies

July 2017
No. 2017-011-e

Mathematical Studies on Structural Chemistry

Paul G. Mezey
Canada Research Chair in Scientific Modelling and Simulation
Department of Chemistry and Department of Physics and Physical Oceanography
Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, CANADA
E-mail: paul.mezey@gmail.com

Abstract. The trans-disciplinary advantages of utilizing both mathematical developments and new chemical knowledge in structural chemistry, where this specific field involves fundamental physical, specifically, quantum physical fetures of molecular structures, are providing the basis for new research studies under the present project "Mathematical Studies on Structural Chemistry". These studies include some relevant biochemical and even medicinal chemistry problems, in part conneted to the earlier project of 2016, on cataract formation in the human eye caused by chirality changes in the L to D transformations of Aspartic Acid, and also studies focusing on the general patterns of such trans-disciplinary research fields, where components of the mathematical background, as illustrated by underlying principles in structural chemistry, serve as analogies for several of the currently undergoing developments in a far broader sense. Some of the principles observed in the above area of the overlap between mathematics and structural chemistry, also appear as valid in many current, far more general scientific and even more general human activities, as caused by the unprecedented interconnectedness brought about by the internet, that is the main factor of the highly accelerated changes in science, humanities, even art, as well as economy, providing a new level of integration of both intellectual and technical advances in society. Based on these principles, within this new research project, two specific studies have been started.

Keywords: Mathematical Tools for Structural Chemistry, Chirality and Symmetry Deficiency Measures and the HolographicTheorem, L-to-D Transformations of Amino Acids, Fractals and Fuzzy Sets from Molecules to Society, Analogies on Differing Levels of Organizations

1. Subject of the Report:

Research projects report for the Invited "Distinguished Visiting Professor" Visit of Prof. Paul G. Mezey, Canada Research Chair in Scientific Modelling and Simulation, Memorial University, St. John's, NL CANADA
Invitation by the Kyoto University International Research Unit of Advanced Future Studies, for a one-month visit as Distinguished Visiting Professor, in charge of "Mathematical Studies On Structural Chemistry", to be carried out in collaboration with of Professor Masatoshi Murase, at the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, Kyoto, Japan, June 1 – June 30, 2017.

2. Introduction

Motivated by the trans-disciplinary projects of Professor Masatoshi Murase (see, for example, Murase 2014, Murase 2015, and Murase 2017, and references therein), and in part the advances by Professor Noriko Fujii in the study of Aspartic Acid racemization in the process of cataract formation in the eye (see, for example, Fujii 2012, Sakaue 2015, and Sakaue 2017, and references therein), at the invitation of the International Research Unit of Advanced Future Studies, Yukawa Institute for Theoretical Physics of Kyoto University in the period of 2017 June 1 to June 30, the research project on **"Mathematical Studies On Structural Chemistry"** has been initiated, in part also continuing some of the initiatives of last year's project on "Local and Global Chirality Measures of Natural Amino Acids". The early developments already progressed far enough during that one-month period to be able to state that they will serve as the basis of two journal publications, in part also connected to two other publications, based on last year's projects, near completion and submission. The two main topics of the current Research Project are the following:

Topic 1. Mathematical treatment of the interrelations of the local shape, symmetry deficiency measures, and chirality measures of individual molecules and the alignment of surrounding molecules.
The study of Topic 1 has its focus on the study of interrelations among properties which are relevant to local interactions, such as those present within a single molecule, and those involving more global types of interactions, such as those among a set of molecules. Analogies with more complex systems, such as biological systems, and even society, are emphasized.

Topic 2. Combining Fractals and Fuzzy Set Theory in Studies on Molecular Structure and Analogies for Studies of Other Sciences, Humanities, Economy, and Society.
Studying Topic 2 is the more trans-disciplinary project, as at the outset, it involves two rather different branches of mathematics, and applies them to chemical, as well as to more complex systems.

The location of the research invitation for the project „Mathematical Studies on Structural Chemistry", has been the highly motivating environment of the home institute of Prof. Masatoshi Murase, the International Research Unit of Advanced Future Studies, at the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University, Kyoto, Japan

3. Related Conference Participations and Lecture Presentations:

I participated in the symposium and I took part in the plenary discussions as a member of the audience at the following Symposium:

The Kyoto Symposium 4, "The Kyoto Manifesto for Global Economics", Doshisha University, Kyoto, 2017 June 4, an international conference on the role of science and humanities in the future of global economy.

My discussion with the panel and the audience involved pointing out the huge gap between the current revolutionary possibilities of internet-based communication and

the actual lagging behind with the efficient utilization by science, art, economy, and society in general.

In addition, during this one-month visit, two lectures have been presented by Prof. Paul G. Mezey.

Lecture 1:
Paul G. Mezey: "A Fuzzy Set Approach to the Complexity of Unexpected Consequences in Chemistry and in Society".
The essential message of this presentation: Both complexity and fuzziness can be treated by mathematical tools.

Complexity can be treated by the tools of information theory. The quantity of information required for a complete description is a measure of complexity.
Fuzziness can be treated by fuzzy set theory, introduced by Professor Lotfy Zadeh, of the University of Berkeley.
Both of these tools are applicable not only in Chemistry, but in a wide range of sciences and intellectual activities.

Presented at the
Transdisciplinary Mie-Symposium 2017, "Origins and Evolutions of Complexity"
Date: June 17 -18, 2017, Place: Mie Prefectural Museum

Co-organized by
Mie Prefectural Museum
and
International Research Unit of Advanced Future Studies (IRU-AFS). Kyoto University
Co-chairs:
Terufumi Ohno (Mie Prefectural Museum), and
Masatoshi Murase (IRU-AFS, Kyoto University)

Lecture 2:
Paul G. Mezey: "The way I see the FUTURE"
Subtitle: "Trying to Serve the Future Better by More Trans-disciplinary Connections to Biology, other Sciences, Society, History, Poetry, Visual Arts, and Music"

Presented at the
Yearly Activity Summary of the International Research Unit of Advanced Future Studies, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University
Date: June 24, 2017, Place: International Research Unit of Advanced Future Studies, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University.

4. Initial Research Progress with Topic 1:

Topic 1. Mathematical treatment of the interrelations of the local shape, symmetry deficiency measures and chirality measures of individual molecules and the alignment of surrounding molecules.

The study of Topic 1 has its focus on the structural chemistry consequences of local shape changes of individual molecules, as caused by alignment changes of neighboring molecules in their surroundings. This project, although also connects to the chirality changes studied in last year's project, is far more general, based on a specific application of the Holographic Electron Density Theorem (Mezey, 1999)

to a set of molecules, instead of just to individual molecules. At the same time, the findings already show the possibilities of utilizing these results as analogies in far broader scientific and even social investigations, where the individual entity (a molecule in the original case), and its relations with its surroundings (additional, nearby molecules in the original case), for example, in studies of the behaviour of single cell within a biologicl tissue, or even the internal workings of an industrial company as influenced by the interctions of competing companies within an economic system. Whereas the actual forces and the types of interactions are very different in in structual chemistry and in society, it can be vauable to recognize some of the analogies. Just as an electromagnetism experiment in a physics laboratory is very different form the weather pattern over a country, nevertheless, the same Maxwell equations describe both. Although the participting variables and the boundary conditions are very diferent, nevertheless, the set of equations, that is, the fundamental pattern of rules, are the same. In a similar sense, an appoximate „Holographic Theorem" is applicable far beyond chemistry, and provides motivation for serching for new principles and relations in very different fields as well.
One manuscript is in preparation.

5. Initial Research Progress with Topic 2:

Topic 2. Combining Fractals and Fuzzy Set Theory in Studies on Molecular Structure and Analogies for Studies of Other Sciences, Humanities, Economy, and Society.

Studying Topic 2 is the more trans-disciplinary project involving the the two Topics, where two branches of mathematics, the theory of Fractals and the formalism of Fuzzy Set Theory are combined, initially, to approach some complex structural chemistry problems, but also providing a somewhat general pattern in dealing with the interrelation of different levels of detail when describing a phenomenon, and the somewhat fuzzy way the actual levels of these fractals are defined in most scientific, philosophical, artistic, industrial, economy-related, and society problems.
One manuscript is in preparation.

6. References

Fujii, N., Sakaue, H., Sasaki, H., Fujii, N., A rapid, comprehensive liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS)-based survey of the Asp isomers in crystallins from human cataract lenses. *J. Biol. Chem.,* **287,** 39992−40002, 2012

Mezey, P.G., *Shape in Chemistry: An Introduction to Molecular Shape and Topology,* VCH Publishers: New York, 1993

Mezey, P.G., Functional Groups in Quantum Chemistry, *Advances in Quantum Chemistry*, **27,** 163-222, 1996

Mezey, P.G., Generalized chirality and symmetry deficiency. *Journal of Mathematical Chemistry,* **23,** 65–84, 1998

Mezey, P.G., The Holographic Electron Density Theorem and Quantum Similarity Measures, *Mol. Phys.,* **96,** 169-180, 1999

Mezey, P.G., Holographic Electron Density Shape Theorem and Its Role in Drug Design and Toxicological Risk Assessment, *J. Chem. Inf. Comput. Sci.,* **39,** 224-230, 1999

Mezey, P.G., The Holographic Principle for Latent Molecular Properties, *J. Math. Chem.,* **30,** 299-304, 2011

Mezey, P.G., Natural Molecular Fragments, Functional Groups, and Holographic Constraints on Electron Densities. *Phys. Chem. Chem. Phys.,* **14,** 8516-8522, 2012

Mezey, P.G., Fuzzy Electron Density Fragments in Macromolecular Quantum Chemistry, Combinatorial Quantum Chemistry, Functional Group Analysis, and Shape−Activity Relations, *Acc. Chem. Res.,* **47,** 2821−2827, 2014

Murase, M. and Murase, T., Structuralism Revisited: on the Basis of Self-nonself Circulation Theory, *Journal of Quality Education*, **6**, 27-43, 2014

Murase, M. and Murase, T., Synchronization of Arts and Sciences: The Essence of Mind and Problem of Education, *Journal of Quality Education*, **7**, 1-28, 2015

Murase, M. Murase, I., and Murase, T., Towards the Origin of Learning and Playing: From the Perspective of Self-nonself Circulation Theory, *Journal of Quality Education*, **7**, 1-28, 2017

Sakaue, H., Takata, T., Fujii, N., Sasaki, H., Fujii, N., Alpha Band betaA3-crystallins containing D-aspartic acids exist in a monomeric state. *Biochim. Biophys. Acta,* **1854,** 1−9, 2015

Sakaue, H., Kinouchi, T., Fujii, N., Takata, T., and Noriko Fujii, N., Isomeric Replacement of a Single Aspartic Acid Induces a Marked Change in Protein Function: The Example of Ribonuclease A. *ACS Omega,* **2,** 260−267, 2017

June 2018
No.2018-007-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my stay at Kinso Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science

Swee K. Goh[1]
[1]Department of Physics, The Chinese University of Hong Kong, Shatin N.T., Hong Kong, China
E-mail: skgoh@phy.cuhk.edu.hk

Abstract. This article is a report of my 5-week stay as a Distinguished Visiting Senior Lecturer at the Division of Chemistry, Graduate School of Science supported financially by the International Research Unit of Advanced Future Studies. A summary of scientific activities and some avenues for future research collaboration between Kinso Laboratory and my group is discussed.

Keywords: Magnetoresistance, structural quantum phase transition, superconductivity, high pressure

1. Research Activity

I worked as a distinguish visiting senior lecturer at Kinso Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University from 7 May 2018 to 9 June 2018. This research stay was funded by the International Research Unit of Advanced Future Studies. It is my great honour to have the opportunity to visit Kinso Laboratory for such an extended period. I would like to express my gratitude to the Division of Chemistry for hosting me, to the International Research Unit of Advanced Future Studies for providing financial support, and to Professor Kazuyoshi Yoshimura for inviting me.

During my 5-week stay, I have the opportunity to interact with Prof. Yoshimura, Assoc. Prof. Ueda, Asst. Prof. Michioka, and students of their group. My group at The Chinese University of Hong Kong (CUHK) is interested in measuring high quality single crystals under multiple extreme conditions. Kinso Laboratory has the capability of growing high quality single crystals. Therefore, we possess complementary research interests and skills. In fact, I have enjoyed several years of productive collaboration with Kinso Laboratory, and have published several papers with Prof. Yoshimura [1-6]. One of the key objectives of this visit is to identify future compounds to continue our collaboration.

During my stay, I gave three talks. On 22 May 2018, I gave a seminar on our recent discovery of a quasilinear quantum magnetoresistance in CrAs [7] at Department of Physics, Kyoto University. On 25 May 2018, I gave a seminar at Department of Chemistry, Kyoto University, to describe my work with Prof. Yoshimura on 3-4-13 systems [1-6]. I thank Prof. Youichi Yanase and Prof. Yoshimura for organising the seminar at Department of Physics and Department of Chemistry, respectively. On 18 May 2018, I have the priviledge of giving an invited talk at “The Second International Workshop on

Itinerant-Electron Magnetism". This workshop was organised to celebrate Prof. Yoshimura's 60th birthday. Thus, it was a delightful experience to describe my work with him over the past few years on such a special occasion. After the workshop, we had a party at Kyoto Brighton Hotel. As a foreigner, I find the party a very unique experience, and it offers a nice chance to experience traditional Japanese custom and culture. Importantly, at both the workshop and the party, I met many former students of Prof. Yoshimura, many of them are well established, highly regarded scientists in their own research field. These interactions may open up future collaborative projects between Hong Kong and Japan.

More informally, I interacted with several students of Kinso Laboratory. I have been interested in a class of quasi-skutterudite compounds with $M_3T_4Sn_{13}$ stoichiometry, where M=Ca, Sr, La and T=Ir, Rh, Co. This class of materials exhibits an interesting interplay between superconductivity and structural order. For example, $Sr_3Ir_4Sn_{13}$ shows an anomaly in the electrical resistivity at T^*=147 K, which was identified as a structural transition. When Sr is substituted by Ca, or when pressure is applied, T^* decreases rapidly while the superconducting transition temperature T_c increases. T^* eventually reaches 0 K when a physical pressure of ~18 kbar acts on $Ca_3Ir_4Sn_{13}$ (see Figure 1a). In 2012, together with the authors of Ref. [1], we identified the formation of a structural quantum critical point in material class.

In 2015, we observed the evidence of structural quantum critical point in another series: $(Ca_xSr_{1-x})_3$**Rh**$_4Sn_{13}$ [2]. Similar to the case of the Ir-series, both T^* and T_c of the Rh-series are also tunable by either applied pressure or the Ca content (*c.f.* Figure 1b). However, one important difference must be noted. As can be seen from Figure 1, T^* extrapolates to 0 K when the Ca fraction is tuned to ~0.9. Therefore, the structural quantum critical point can be reached without the need of applying pressure, in contrast to the Ir-series where physical pressure must be applied to reach the structural quantum critical point. This has a far-reaching impact: the accessibility to the structural quantum critical point without the need of applying pressure enables detailed investigations by a wide range of experimental probes. For instance, we have used heat capacity to examine the Rh-series straddling the structural quantum critical point [3]. Similar studies under pressure (*e.g.* on the Ir-series) would be a lot more challenging. This shows that by clever chemistry, one can explore the same physics with a slightly different set of compounds. Since I have the chance to be in an environment surrounded by professional chemists, we naturally explored various ways to perturb the material system **chemically** in order to widen the material base for further detailed studies of structural quantum criticality. In particular, we would like to develop materials to explore the part of the phase diagram on the right hand side of the structural quantum critical point (the 'quantum disordered' side) at ambient pressure.

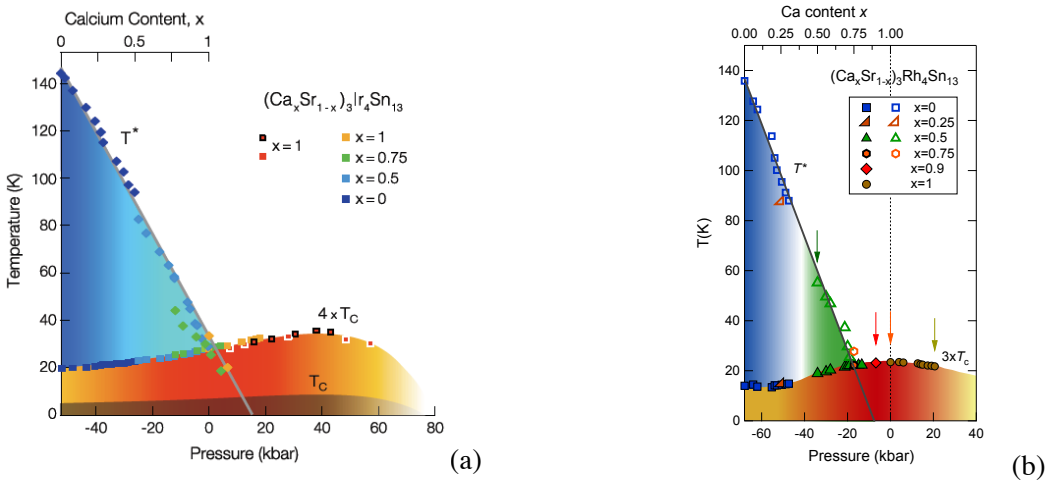


Figure 1. *Temperature-pressure phase diagram of (a) $(Ca,Sr)_3Ir_4Sn_{13}$ and (b) $(Ca,Sr)_3Rh_4Sn_{13}$. The phase diagrams are adapted from Refs. [1] and [2], respectively.*

I enjoy many 'coffee breaks' with Asst. Prof. Chishiro Michioka. During these breaks, I learnt the physics and chemistry of transition metal dichalcogenides from him. Asst. Prof. Michioka explains the way to synthesize single crystals of transition metal dichalcogenides with various intercalants. We also explored the idea of intercalation using organic molecules, and to prepare transition metal dichalcogenices based misfit-layer compounds for studies under extreme conditions.

Finally, I organised a mini-symposium with Kinso Laboratory on 6 Jun 2018. Three members from CUHK visited Kinso Laboratory and presented their research results, and two members from Kinso Laboratory gave their talks. The topics include some recent inelastic X-ray results on $(Ca_xSr_{1-x})_3Rh_4Sn_{13}$, new high-pressure resistivity data on a strong-coupling superconductor, and some transport and magnetic data on a heavy fermion systems. After the symposium, CUHK members had a tour of Kinso Laboratory. We thank Prof. Michioka for showing us the NMR laboratory and explaining to us the principles behind NMR experiments. We thank Prof. Ueda for showing us the crystal growth facilities, and for giving us some tips on chemical vapour transport technique for preparing large single crystals. From these laboratory visits, we gained some inspirations on several experimental designs that can be useful for our laboratory in Hong Kong.

2. Research Results

During my 5-week stay, I finished and submitted one paper that reports the extremely large magnetoresistance in a particular semimetal RSb (R=rare earth), and the complete determination of its Fermi surface topology. I also discussed with Prof. Yoshimura the content of this paper, and the design of the experiment. I will briefly describe the results of this paper below.

As mentioned in the preceding section, my group recently becomes attracted to the physics of magnetoresistance. Our laboratory in Hong Kong is well equipped for this sort of investigation, which requires high magnetic field and low temperatures. The availability of pressure can tune the bandstructure further, allowing us to extract key component(s) responsible for the observed magnetoresistance behaviour. Using crystals provided by Prof. C. S. Lue's group at National Cheng Kung University, we measured the magnetoresistance of single crystalline RSb. In contrast to CrAs described earlier, RSb exhibits a more conventional quadratic magnetoresistance. However, in RSb, the magnitude of the magnetoresistance is rather large: at 2 K, the magnetoresistance reaches ~28000% at 14 T, and it is non-saturating at 14 T.

On top of the large magnetoresistance, Shubnikov-de Haas oscillations can be resolved. The oscillation spectrum is rich, allowing the determination of the Fermi surface. By comparing with the density functional theory calculations performed by my colleague Prof. J. Y. Zhu and his group at CUHK, we successfully identified all Fermi surface sheets, from which we can calculate the carrier density. We found that the hole carrier density is almost the same as the electron carrier density. Therefore, the RSb we studied is a compensated semimetal, and a two-band model can be applied to explain its quadratic, large, non-saturating magnetoresistance.

In addition to RSb, I also worked on CrP. CrP is the high pressure analog of CrAs. On the CrAs end, we observed a very interesting quasilinear magnetoresistance, which we interpret as coming from a small pocket reaching the extreme quantum limit. In CrP, however, the magnetoresistance is quadratic, and in fact it shares certain similarities with the case of RSb. Although I have not been able to finish this paper during my stay, I have had many enlightening discussions with several colleagues, which help me to finalise the structure of this paper.

Finally, I stayed at SPring-8 with several members of Kinso Laboratory and CUHK on 6-8 June 2018. We used inelastic X-ray scattering to study the lattice dynamics of $(Ca_xSr_{1-x})_3Rh_4Sn_{13}$, and obtained very useful data for several crystals with different Ca content. These data will be analyzed and published in the near future.

3. Summary

My stay at Kinso Laboratory provides a chance to discuss with many scientists at Kyoto University. These discussions are helpful for understanding some of our new data, and for shaping the structure of several papers. The interactions also generate many ideas for future collaboration. Once again, I would like to thank the International Research Unit of Advanced Future Studies for providing financial support, and Professor Yoshimura and his group for hosting me.

4. References

[1] **Pressure- and Composition-induced Structural Quantum Phase Transition in the Cubic Superconductor $(Sr,Ca)_3Ir_4Sn_{13}$,**
Lina E. Klintberg, Swee K. Goh, Patricia L. Alireza, Paul J. Saines, David A. Tompsett, Peter W. Logg, Jinhu Yang, Bin Chen, Kazuyoshi Yoshimura, F. Malte Grosche
Phys. Rev. Lett. 109, 237008 (2012)

[2] **Ambient Pressure Structural Quantum Critical Point in the Phase Diagram of $(Ca_xSr_{1-x})_3Rh_4Sn_{13}$**
S. K. Goh, D. A. Tompsett, P. J. Saines, H. C. Chang, T. Matsumoto, M. Imai, K. Yoshimura, and F. M. Grosche
Phys. Rev. Lett. 114, 097002 (2015)

[3] **Strong Coupling Superconductivity in the Vicinity of the Structural Quantum Critical Point in $(Ca_xSr_{1-x})_3Rh_4Sn_{13}$**
W. C. Yu, Y. W. Cheung, P. J. Saines, M. Imai, T. Matsumoto, C. Michioka, K. Yoshimura, and S. K. Goh
Phys. Rev. Lett. 115, 207003 (2015)

[4] **Experimental Determination of the Fermi Surface of $Sr_3Ir_4Sn_{13}$**
Xiaoye Chen, Swee K. Goh, David A. Tompsett, Wing Chi Yu, Lina Klintberg, Sven Friedemann, HongEn Tan, Jinhu Yang, Bin Chen, M. Imai, Kazuyoshi Yoshimura, Monika B. Gamza, F. Malte Grosche, Michael L. Sutherland
Phys. Rev. B 93, 235121 (2016)

[5] **Second-order Structural Transition in the Superconductor $La_3Co_4Sn_{13}$**
Y. W. Cheung, J. Z. Zhang, J. Y. Zhu, W. C. Yu, Y. J. Hu, D. G. Wang, Yuka Otomo, Kazuaki Iwasa, Koji Kaneko, Masaki Imai, Hibiki Kanagawa, Kazuyoshi Yoshimura, and Swee K. Goh
Phys. Rev. B 93, 241112(R) (2016)

[6] **Soft phonon modes in the vicinity of the structural quantum critical point**
Y. J. Hu, Y. W. Cheung, W. C. Yu, Masaki Imai, Hibiki Kanagawa, Joichi Murakawa, Kazuyoshi Yoshimura, and Swee K. Goh
Phys. Rev. B 95, 155142 (2017)

[7] **Quasilinear quantum magnetoresistance in pressure-induced nonsymmorphic superconductor chromium arsenide**
Q. Niu, W. C. Yu, K. Y. Yip, Z. L. Lim, H. Kotegawa, E. Matsuoka, H. Sugawara, H. Tou, Y. Yanase, Swee K. Goh
Nat. Commun. 8, 15358 (2017)

December 2018
No.2018-010-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my visit at the Center for Ecological Researches (CER) of Kyoto University in 2018

Renhui Li
Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences
Email: reli@ihb.ac.cn

Abstract. This report summarizes my visit to the Center for Ecological Researches (CER) of Kyoto University in 2018, supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies. The report presents the description of my one- month activity at CER, and gives a brief research progress on discovery of neurotoxic saxitoxin producing cyanobacterium *Lyngbya wollei* (Farlow ex Gomont) Speziale and Dyck in Lake Biwa. This is the first report for the toxic *Lyngbya wollei* in Asia.
Key words: Benthic, Biwa**,** Cyanobacteria, *Lyngbya wollei,* Saxitoxin

1. General description of my visit at CER

From August 1, 2018 to August 31, 2018, I was working at the Center for Ecological Researches (CER) as a visiting professor, supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies. I am so proud that this is the second time for me to obtain this professorship. I appreciate again the financial support from the International Research Unit of Advanced Future Studies and invitation from Prof. Nakano, the director of CER.

During my stay at CER this time, I was not able to take the boat for the field survey on Lake Biwa since the boat "Hasu" was seriously damaged. Alternatively, I was driving to Kitayamada, the south port of Lake Biwa, for collecting bloom samples since the first occurrence of cyanobacterial bloom in 2018 was reported there on August 6. We collected samples for two times, on August 12 and August 28, respectively. After the survey, we observed the samples and made the identification of dominant cyanobacterial species under the light microscope. Meanwhile, DNAs from the samples were also extracted for further analyses. During August 22-23, I had a trip to Tokyo for visiting Tokyo University of Agriculture and Technology and University of Tokyo.

2. Main activities

2.1 Presentations

I gave two talks during my visit to the two universities. One was hosted by Prof. Hosomi in Environmental Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology on August 22nd, as titled as "Molecular diversity and detection on cyanobacterial blooms and cyanotoxins in China waters;

another one was invited by Prof. Nakajima in Environmental Engineering, University of Tokyo on August 23rd, to present on "Cyanobacterial blooms in China: diversity, distribution and treatment".

2.2 Preparation of Joint proposal

Using this opportunity of my visit to Japan, Prof. Nakano at CER initially proposed the idea for submitting an international research proposal by three Asian countries including Japan, China and Indonesia through JSPS core -to-core, and this idea received well responses from the three sides. After frequent and deep discussions between me and Prof. Nakano, we finally submitted the JSPS core-to-core proposal as termed as "Research initiative for border transgression of microorganisms: *Microcystis* cyanobacteria as a model microorganisms". In this project, we would like to conduct following researches, with focus on the transportation of *M. aeruginosa* through the bird migration from Indonesia to Japan: 1. Biogeography of *M. aeruginosa* genotypes in Indonesia, China and Japan; 2. Adaptation and evolution of *M. aeruginosa* in lakes we study; 3. Eco-physiological mechanisms on growth of a specific *Microcystis* genotype(s) with particular eco-physiological characteristics, such as toxin production.

2.3 Research progress: a brief report on discovery of saxitoxin producing cyanobacterium in Lake Biwa

My researches have been focused on the diversity and toxicity of water bloom forming cyanobacteria. Searching toxic cyanobacteria in waters is one of the main tasks in my research. Among about 2000 currently existing species of cyanobacteria, many strains from several genera/species are able to produce toxic metabolites called cyanotoxins. Mechanisms of cyanotoxins currently described and understood are very diverse and range from hepatotoxic, neurotoxic and dermatotoxic effects to general inhibition of protein synthesis. Cyanotoxins producing cyanobacteria have mainly reported in planktonic species since they are mostly causative species for water bloom formation in many nutrient-rich water bodies around the world. Compared to planktonic species, there are significant knowledge gaps regarding the distribution, toxin production and species composition of toxic benthic (non-planktonic) cyanobacterial communities, and few studies on toxic benthic freshwater cyanobacteria have been performed despite being linked to numerous animal deaths worldwide. Benthic cyanobacterial mats are found in a range of habitats including wetlands, lake littoral zones, streams and rivers. The development of cyanobacterial mats in fresh waters can occur on a variety of substrates, from bedrock to sand, to artificial structures, and associated with macrophytes. In these mats, the dominant species are usually filamentous Oscillatoriales such as *Oscillatoria, Phormidium, Lyngbya, Leptolyngbya, Microcoleus, Tychonema* and *Schizothrix. Lyngbya wollei* (Farlow ex Gomont) Speziale and Dyck is a large filamentous cyanobacterium inhabiting the benthos of freshwater riverine habitats. It is a known producer of the potent neurotoxic saxitoxins and the taste and odor compounds geosmin and 2-methylisoborneol. This species has a wide distribution including the United States, Canada, southern Europe, India, south-east Asia and north-eastern Australia. However, it has been rarely reported in Japan and China, and its toxin production has never been documented in the Asian region. As I mentioned above, I was performing two surveys for collecting algal samples from Kitayamada, at the south port of Lake Biwa. We specifically concerned the samples with long filaments, and conducted polyphasic characterization of these samples, and

main results were briefly described as below.

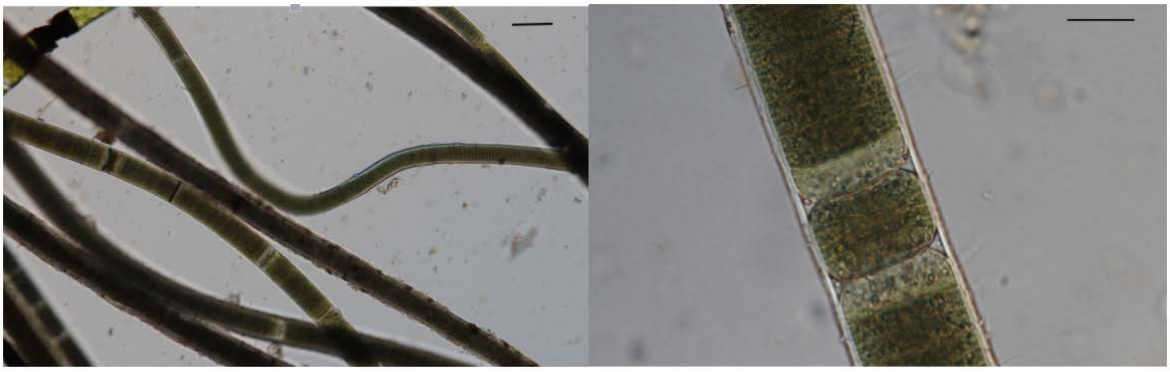


Figure 1. Microscopic images of the sample with filaments of *Lyngbya wollei.* Both bars representing 50 µm.

The samples were dominated by giant filaments with wider cells, with width up to 50µm, and the filaments have very significantly firm sheaths (figure 1). These morphological characters were well

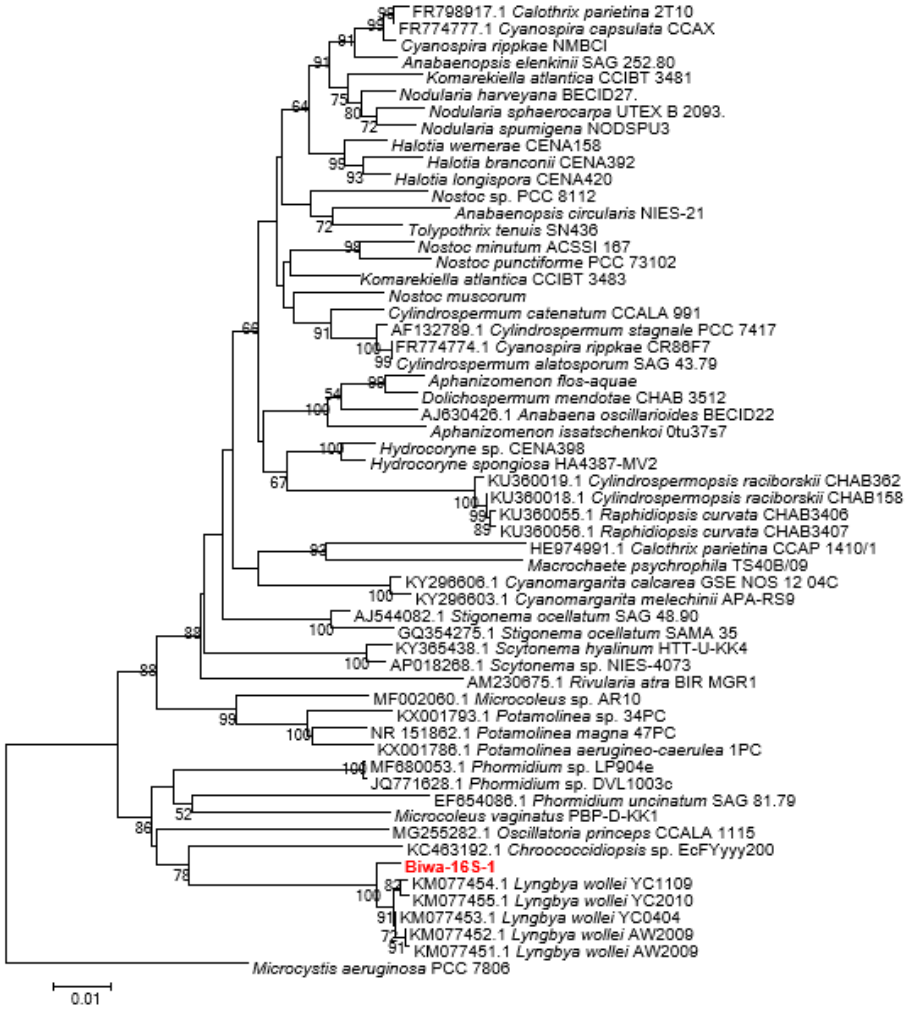


Figure 2. NJ phylogenetic tree based on 16S rRNA gene sequences, bootstrap values with more than 50 shown at each node. *Microcystis aeruginosa* PCC 7806 as the outgroup.

corresponding to those of *Lyngbya wollei* (Farlow ex Gomont) Speziale and Dyck, which were already described above. The genomic DNA was extracted from the sample, and its 16S rRNA gene was amplified and sequenced. The similarity in 16S rRNA based search showed that the closest taxa was *Lyngbya wollei* YC1109， and the phylogenetic tree based on 16S rRNA indicated its gathering with the strains of *Lyngbya wollei*, with a high bootstrap value (figure 2).

To further explore whether the sample has the potential to produce PSP, the PCR on saxitoxin synthesis gene （*sxtA*） was conducted, and the positive amplification was significantly observed. PCR products were sequenced, and the obtained sequences were mostly similar to *sxtA* sequences of *Lyngbya wollei* strains (figure 3).

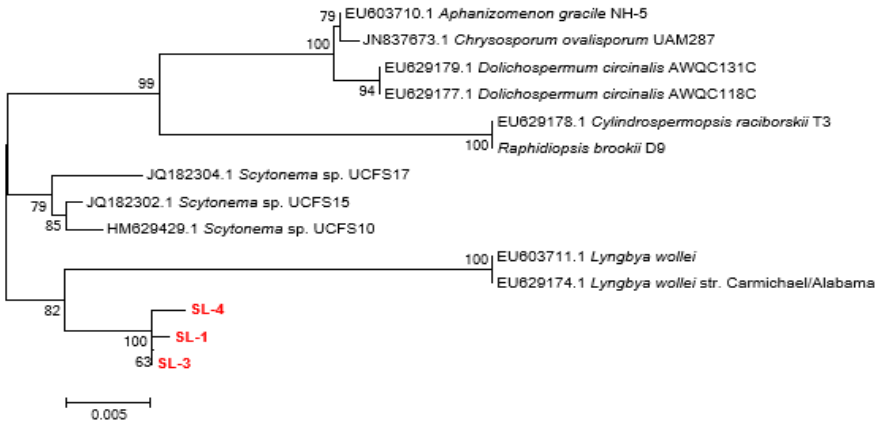


Figure. 3. NJ phylogenetic tree based on saxitoxin synthesis gene (*sxtA*) sequences.

Therefore, the present survey indicated that new toxic cyanobacterial taxa was obviously present in Biwa lake, implying the new trend for the development of cyanobacterial community and their toxicity feature in the lake. Future researches will target on the chemical confirmation of the saxitoxin composition and concentration, isolation of *Lyngbya wollei* strains, and more thorough investigation on *Lyngbya wollei* along the whole Biwa basin. This report is the first discovery of neurotoxic saxitoxin producing cyanobacterium in Asian region.

3. Conclusion

This visit to CER allowed me to have a wonderful opportunity to meet and discuss with many excellent scientists and students at CER and KU, and even in Japan. The whole activities including my research, proposal preparation submitted to JSPS and visit tours to different universities/institutes during my stay were very successful. The brief research report on discovery of saxitoxin producing

cyanobacterium *Lyngbya wollei* in Lake Biwa provided the new trend of harmful algal species and the need to build the new policy for the research, monitoring and management in the lake. The initial suggestion will be to perform the further intensive and extensive studies on this toxic cyanobacterium.

Once again, I would like to express my thanks to the International Research Unit of Advanced Future Studies for the support, and to Prof. Nakano and his colleagues at CER for the helps of my visit.

6 個別テーマ⑥ 数理科学と量子情報理論

目的

量子情報理論は、量子力学と情報理論を統合する新しい学問分野で、二値もしくはそれらの状態の重ね合わせによる量子ビットによって処理される量子コンピューターの科学技術の伸展を促した。しかし、エラー修正、暗号処理などいくつもの課題が残されている。これらの課題解決を理論的・数学的に実施する。

研究成果

量子情報処理において、時間相関ノイズに対する安定性に関する新たな理論的研究が進展した。また、数理科学においては、数論、代数幾何、群論、表現論などの異分野を貫く普遍法則を探究し、国際規模の研究ネットワーク構築と独創的研究を推進することができた。

関連イベント

タイトル **International Symposium on 'Chemical, Physical and Mathematical Foundations of Complex Phenomena'**

日　時 2016 年 8 月 5 日

場　所 京都大学数理解析研究所

成果概要

Andrew Sudiro Darmawan （基礎物理学研究所・特定助教）

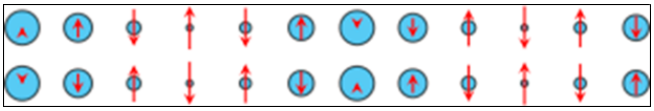
招聘期間：2018/6/1-2020/3/31

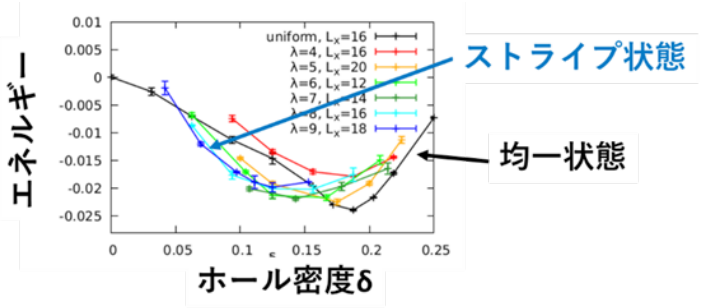
テンソルネットワークを用いた ハバード模型のストライプ相の解析

A.S. Darmawan et al., Phys. Rev. B 98, 205132 – Published 16 November 2018

ハバード模型は、銅酸化物高温超伝導体を表す良い模型と期待されている。本研究ではこの模型を正方格子で考え、量子多体系の量子情報を幾何学として表現するテンソルネットワークの計算法を駆使して数値的に解析した。特に、(1) ストライプ状態と呼ばれるスピンやホール密度がある波長λで変調する状態と、(2) 均一な量子状態、のどちらがエネルギー的に安定になるのか明らかにした。

上のグラフのように、ホール密度δの値によっては、ストライプ状態が安定になることが分かる。さらに、均一状態とストライプ状態の安定性の境界がδ =0.17 と求まり、この時に電子対が最も多く存在した。実際の銅酸化物高温超伝導体でもこの密度にホールをドープすると転移温度が最大になることが知られている。量子情報的手法で高温超伝導をよい精度で説明できた。





Journal of Integrated Creative Studies

Report on my stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics for the 2018-19 school year

Andrew S. Darmawan[1]
[1]Yukawa Institute for Theoretical Physics

Abstract. In this report I will describe my scientific activities at the Yukawa Institute for Theoretical Physics as an Advanced Future Studies Researcher since my arrival in June 2018.

Keywords: Quantum error correction, tensor networks, superconductivity, Monte Carlo.

1. Scientific Activity

I started my position at the Yukawa Institute for Theoretical Physics in June 2018. This report will outline my research activities from my arrival until the end of March 2019.

I have given several talks since my arrival YITP. including a talk at the Asia Quantum Information Sciences sattelite workshop at YITP and visiting talks at The University of Sherbrooke. The title of both talks was “Linear time decoding algorithm for the surface code”. In November 2018 I presented some of the techniques I’ve developed for studying error correction to start-up companies in California.

1.1. Superconductivity vs. stripe order in the Hubbard model

When I first started my position at the Yukawa Institute of Physics, I was working on a problem in condensed matter physics. One of the big open challenges in physics currently, is to understand high-temperature superconductivity in copper-oxide superconductors. The remarkably high critical temperature in doped cuprates discovered around 30 years ago, however its physical mechanism still remains under debate. A detailed understanding of the mechanism of high-temperature superconductivity could pave the way to breakthroughs in the design and application of superconductors.

A simple model, believed to capture the essential physics of cuprates, is the square lattice Hubbard model. Despite the simple form of the model, the properties of the ground state remain largely under debate. The model is particularly challenging due to the fact that a large number of low-lying excited states compete strongly in the doped region. Resolving the differences requires accurate numerical techniques.

We applied a variational Monte Carlo method to study the ground state of the Hubbard model. The method combines a variety of variational wavefunctions, in order to capture the different types of order that may be present. After intensive calculation using K-computer, Japan's largest supercomputer, we found an extremely complex low-energy space, with strong competition between charge ordered states and superconducting states. In a large region of the phase diagram, the ground state was found to be stripe ordered, with electron density varying periodically in one direction.

We found some remarkable similarity with experimental results. For instance, superconductivity was found to be strongest in the ground state at a very similar doping point to the where the critical temperature has been experimentally observed to highest. This suggests that the Hubbard model may be able to describe the essential physics of high-temperature superconductors. We have published a paper containing this result in Physical Review B (Darmawan 2019).

Andrew S. Darmawan, Yusuke Nomura, Youhei Yamaji, and Masatoshi Imada, Phys. Rev. B **98**, 205132 (2018)

1.2 Decoding of topological error correcting codes

Noise is one of the biggest obstacles to overcome in the construction of full scale quantum computation. Topological error correction represents a simple way to protect the information stored in a quantum computer from noise. There is a classical processing component of error correction, called decoding, which involves choosing the best correction given limited information from measurements performed during the error correcting process. The performance of the decoder can drastically affect the logical error rate, and overall cost of quantum computing. I am currently pursuing a number of research directions in improving decoding of topological error correcting codes. These approaches are based on tensor-network methods.

One question the importance of information about the underlying noise process to the decoding algorithm. There are certain cases where information in the noise can greatly enhance the power of error correcting codes. However, in practice, noise can only be known approximately, and it is unclear how much information is needed to perform near optimally. We are currently investigating this question using tensor-network numerical simulations.

I am also looking more generally at how decoders and numerical techniques for error correction can be improved. This involves enhancements to existing methods to reduce cost and increase performance. I am also looking at how state-of the art numerical methods in condensed-matter physics, based on tensor networks, may be applied directly to error correction.

2. Conclusion

This year I have been working on several problems in quantum information theory and quantum condensed-matter physics using techniques for studying quantum many-body systems that have broad application. This research has been done in close collaboration with Japanese and international research groups.

プロジェクトレポート

November 2016
No.2016-022-e

Journal of Integrated Creative Studies

Motivic representations in positive characteristic

Anna Cadoret
R.I.M.S. And Ecole Polytechnique
E-mail: anna.cadoret@polytechnique.edu

Abstract. This is a brief report on the research achievements I obtained jointly with Akio Tamagawa during my stay at R.I.M.S. as a research fellow funded by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University.
Period of the stay: June 6th, 2016 - August 25th, 2016.

Keywords: Etale fundamental group, Etale cohomology, ℓ-adic representations

For about 10 years, my research has been focussing on representations of the étale fundamental group of schemes and their applications in arithmetic geometry. This thematic is at the crossroad of arithmetic geometry, number theory and group theory.

Let k be a of characteristic $p \geq 0$, let S be a variety[1] over k with generic point η. For an integer $d \geq 1$, let $S^{\leq d}$ denote the set of $s \in S$ with residue degree $[k(s) : k] \leq d$ and let $|S|$ denote the set of closed points.

Given a smooth, proper morphism $f : X \to S$ write S_{ex} for the set of $s \in S$ where the motive of the fiber X_s is 'simpler' than the motive of the generic fiber X_η. Here 'simpler' means that the powers X_s^n, $n \geq 1$ contain more algebraic cycles than the X_η^n, $n \geq 1$.

A general problem is to describe the arithmetico-geometric structure of S_{ex}.

For $k = \mathbb{C}$ and the Hodge-theoretic incarnation of this problem, a celebrated result of Cattani-Deligne-Kaplan states that S_{ex} is a countable union of algebraic sub varieties, called 'special'. When $f : X \to S$ is a universal abelian scheme over a Shimura variety, special sub varieties are described by a body of conjectures which culminate in the Zilber-Pink conjecture. A special case of it - the André-Oort conjecture (whose proof for Shimura varieties of abelian type was achieved in 2015) - asserts that the special sub varieties are exactly those containing a Zariski-dense subset of 0-dimensional special sub varieties.

[1] *I.e.* a smooth, separated, geometrically connected scheme of finite type.

For k of finite type, one can also consider the étale incarnation of this problem. In this setting, the naive analogue of Cattani-Deligne-Kaplan theorem is empty and one is mostly interested in the arithmetic properties of S_{ex}, for instance in describing $S_{ex} \cap S^{\leq d}$, $d \geq 1$. To handle this problem Akio Tamagawa and I have developed an anabelian strategy which relies on the representations

$$\rho_{\ell^\infty} : \pi_1(S) \to \mathrm{GL}(\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}_\ell)) \ \ (\ell \neq p)$$

given by the smooth-proper base change theorem (SGAIV). More precisely, by functoriality of étale fundamental group, every $s \in S$ induces a morphism $\sigma_s : \pi_1(s) (\simeq \mathrm{Gal}(k(s)/k)) \to \pi_1(S)$ hence a 'local' Galois representation

$$\rho_{\ell^\infty,s} := \rho_\ell \circ \sigma_s : \pi_1(s) \to \mathrm{GL}(\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}_\ell)).$$

Modulo the canonical isomorphism $\mathrm{H}^*(X_{\overline{s}}, \mathbb{Z}_\ell) \simeq \mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}_\ell)$, $\rho_{\ell^\infty,s}$ identifies with the action by transport of structure of $\pi_1(s)$ on $\mathrm{H}^*(X_{\overline{s}}, \mathbb{Z}_\ell)$. Thus studying how the $\pi_1(s)$-modules $\mathrm{H}^*(X_{\overline{s}}, \mathbb{Z}_\ell)$ vary with $s \in S$ amounts to studying the 'global' representation $\rho_{\ell^\infty} : \pi_1(S) \to \mathrm{GL}(\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}_\ell))$ together with its functorial localizations $\rho_{\ell^\infty,s} : \pi_1(s) \to \mathrm{GL}(\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}_\ell))$, $s \in S$. Write

$$\Pi_{\ell^\infty} := \mathrm{im}(\rho_{\ell^\infty}), \ \ \Pi_{\ell^\infty,s} := \mathrm{im}(\rho_{\ell^\infty,s})$$

and let $S[\ell^\infty]$ denote the set of $s \in S$ where $\Pi_{\ell^\infty,s}$ is not open in Π_{ℓ^∞}. According to the Grothendieck-Serre-Tate conjectures, $S[\ell^\infty]$ should coincide with S_{ex} (in particular, $S[\ell^\infty]$ should be independent of ℓ). This motivates

Problem: *What is the arithmetico-geometric structure of $S[\ell^\infty]$?*

We investigated thoroughly this question when S is a curve. In this setting, we basically showed that for every integer $d \geq 1$ (resp. $d = 1$) the set $S[\ell^\infty] \cap S^{\leq d}$ is finite if $p = 0$ (resp. $p > 0$). We obtained similar results for $\mathbb{F}_\ell$-coefficients provided $\ell \gg 0$. I refer in particular to our papers [Inventiones12], [Duke12], [Duke13] ($\mathbb{Q}_\ell$-coefficients) and [Crelle16], [Compositio16] ($\mathbb{F}_\ell$-coefficients). A key ingredient to make our method work is to understand the images $\overline{\Pi}_{\ell^\infty} := \rho_{\ell^\infty}(\pi_1(S_{\overline{k}}))$ and $\overline{\Pi}_\ell := \rho_\ell(\pi_1(S_{\overline{k}}))$ of the geometric étale fundamental group, where $\rho_\ell : \pi_1(S) \to \mathrm{GL}(\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}/\ell)) \ \ (\ell \neq p)$ is the modulo-ℓ representation (for $\ell \gg 0$, one knows that $\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}_\ell)$ is torsion-free).

During my stay at R.I.M.S. this summer we investigated two aspects of this question when k is finite.

Semisimplicity of $\overline{\Pi}_\ell$ acting on $\mathrm{H}_\ell := \mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}/\ell)$. A celebrated consequence of the Weil conjectures observed by Deligne is that up to replacing S by a connected étale cover the Zariski closure G_{ℓ^∞} of $\overline{\Pi}_{\ell^\infty}$ acting on $\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Q}_\ell)$ is connected semi simple; this ingredients plays a crucial part in our series of papers [Inventiones12], [Duke12], [Duke13]. To make our machinery work for $\mathbb{F}_\ell$-coefficients, a similar result is needed for $\overline{\Pi}_\ell$. We showed that up to replacing S by a connected étale cover and for $\ell \gg 0$

1. $\overline{\Pi}_\ell$ is generated by its order-ℓ-elements ([Preprint15a]);
2. $\overline{\Pi}_\ell$ has trivial abelianization ([Crelle16]).

These results were enough for our purposes in [Crelle16], [Compositio16] but, together with Deligne's results for $\mathbb{Q}_\ell$-coefficients, they also provided evidence for the stronger guess that $\overline{\Pi}_\ell$ should act semisimply on H_ℓ for $\ell \gg 0$. We started investigating this question about two years ago without success. After Chun-Yin Hui wrote to us about it last summer, we focussed again on it and obtained by the spring of 2016 the first version of the joint preprint with Chun-Yin Hui [Prep16a], where we could prove that $\overline{\Pi}_\ell$ acts semisimply on H_ℓ for a set of primes ℓ of density one. This result was based

on the following facts

1. the tensor-invariants of $\overline{\Pi}_\ell$ acting on H_ℓ are the reduction modulo-ℓ of those of $\overline{\Pi}_{\ell^\infty}$ acting on $\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}_\ell)$;
2. $\overline{\Pi}_\ell$ acts semisimply on H_ℓ if and only if $\overline{\Pi}_{\ell^\infty} \subset \mathfrak{G}_{\ell^\infty}(\mathbb{Z}_\ell)$ is almost hyper special (that is, roughly, as large as possible), where $\mathfrak{G}_{\ell^\infty}$ denotes the Zariski-closure of G_{ℓ^∞} in $\mathrm{GL}(\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Z}_\ell))$ (a group scheme over $\mathbb{Z}_\ell$).

and a deep group-theoretical result of Larsen which says that, thanks to the Weil conjectures, the set of primes where $\overline{\Pi}_{\ell^\infty} \subset \mathfrak{G}_{\ell^\infty}(\mathbb{Z}_\ell)$ is almost hyper special has density 1. The proof of (1) relies on specialization arguments (alterations, smooth proper base change, Bertini, tame étale fundamental group), the machinery of ℓ-adic cohomology (Kunneth, Poincaré, localization exact sequence, Leray spectral sequence) and weights arguments (Weil conjectures). Once (1) is granted, the proof of (2) is technical but purely group-theoretical; it involves results about algebraic groups (in particular the algebraic envelope in the sense of Nori), ℓ-adic groups, Bruhat-Tits theory. The core argument is Tannakian; the key point is to show that the algebraic enveloppe of $\overline{\Pi}_\ell$ coincides with the special fiber $\mathfrak{G}_\ell$ of $\mathfrak{G}_{\ell^\infty}$ for $\ell \gg 0$.

During the summer 2015, Akio Tamagawa and I elaborated a simple strategy (inspired from Deligne's argument for $\mathbb{Q}_\ell$-coefficients) to remove the density 1 assumption in [Prep16a]. However, to make it work, a strengthening of (1) was required (for certain arithmetic submodules and quotients). In July 2016, Chun-Yin Hui found a beautiful argument to remove the density 1 assumption. His idea is to apply (1) to the adjoint representation and show that, in that case, combinatorial lie-theoretic arguments shows that (1) is enough to ensure the semi simplicity of $\mathfrak{G}_\ell$. Chun-Yin Hui's announcement prompted us to try and finalize our own proof. Eventually, we realized very little was missing and could complete it as well. We also realized that a consequence of our work is that the Grothendieck-Serre-Tate conjectures for $\mathbb{Q}_\ell$ coefficients implies the G-S-T conjectures for $\mathbb{F}_\ell$-coefficients. This result does not seem to be known is characteristic 0 (I think I can prove it for the Grothendieck-Serre semi simplicity conjecture however).

We resubmitted a second version of [Prep16a], including both proofs, by the end of July.

Local versus global constant factor. The second topics we worked on generalizes a question of Röessler and Szamuely for abelian schemes. Precisely, assume that the $\rho_{\ell^\infty,s}$, $s \in |S|$ all have a constant geometric factors (by this, we just mean that there exists $P \in \mathbb{Q}[T]$ such that, after possibly replacing $k(s)$ by a finite field extension $P(T^n)$ divides the characteristic polynomial of the image of Frobenius by $\rho_{\ell^\infty,s}$). Then does this imply that ρ_{ℓ^∞} has an isotrivial factor? We could show that this problem is controlled by the weight-zero part $W_{\ell^\infty,0}$ of the semi simplification of the representation

$$W_{\ell^\infty} := V_{\ell^\infty}/V_{\ell^\infty}^{G_{\ell^\infty}}$$

where we write V_{ℓ^∞} for the ($\pi_1(S)$-semisimplification of) $\mathrm{H}^*(X_{\overline{\eta}}, \mathbb{Q}_\ell)$. More precisely, the dimension of $W_{\ell^\infty,0}$ gives an upper bound for the jump of rank of algebraic cycles modulo homological equivalence under specialization. We also showed that $W_{\ell^\infty,0}$ is equipped with a $\pi_1(k)$-action (which we call the 'core' representation) and that the $W_{\ell^\infty,0}$, ℓ prime form a compatible system of $\mathbb{Q}$-rational ℓ-adic representations. When $X \to S$ is an abelian scheme, it should follow from Zarhin's micro weights conjecture that the core is always trivial. In positive characteristic Zarhin's micro weights conjecture is only known for ordinary abelian varieties. We could prove the triviality of the core representation in

a few other cases by *ad-hoc* technics. These results use in particular the characteristic polynomial map introduced by Serre, the Weil conjectures, Cebotarev density theorem and, as a technical ingredient, Chin-Lafforgue theorem about the potential $\mathbb{Q}$-rationality of G_{ℓ^∞} (but this later input is possibly 'too deep' and might be avoided). We hope to finalize this work in 2017. We also expect applications, for instance to the reduction modulo-p of Hecke orbits on Shimura varieties.

References

[Inventiones12] A. Cadoret and A. Tamagawa *On uniform boundedness of p-torsion on Abelian schemes*, Inventiones Math., vol. **188**, p. 83-125, 2012.

[Duke12] A. Cadoret and A. Tamagawa *A uniform open image theorem for ℓ-adic representations of the etale fundamental group of curves - I*, Duke Math. Journal vol. **161**, p. 2605-2634, 2012.

[Duke13] A. Cadoret and A. Tamagawa *A uniform open image theorem for ℓ-adic representations of the etale fundamental group of curves - II*, Duke Math. Journal vol. **162**, p. 2301-2344, 2013.

[Compositio16] A. Cadoret and A. Tamagawa, *Note on the gonality of abstract modular curves II with an appendix 'Gonality, isogonality and points of bounded degree on curves*, to appear in Compositio Mathematica.

[Crelle16] A. Cadoret and A. Tamagawa, *Genus of abstract modular curves with level-ℓ structures*, to appear in Journal für die reine und angewandte Mathematik (Crelle's Journal).

[Preprint15a] A. Cadoret and A. Tamagawa, *On subgroups of $\mathrm{GL}_r(\mathbb{F}_\ell)$ and representations of étale fundamental groups*, Preprint 2015 (submitted).

[Prep16a] A. Cadoret, C.Y. Hui and A. Tamagawa, *Geometric monodromy - semisimplicity versus maximality*, Preprint 2016 (submitted).

[Prep16a] A. Cadoret and A. Tamagawa *Core representations and family of abelian varieties with a common isogeny factor*, Preprint 2016 (in progress).

[Prep16b] A. Cadoret and F. Charles *The Grothendieck-Serre-Tate conjectures, finiteness and uniform boundedness of the transcendantal part of Brauer group*, Preprint 2016 (in progress).

プロジェクトレポート

Journal of Integrated Creative Studies

April 2017
No. 2017-005-e

Report on my stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics for the 2016-17 school year

Héctor Bombín[1]
[1]Yukawa Institute for Theoretical Physics

Abstract. This is a report on my first full school year as an Advanced Future Studies Senior Lecturer at the Yukawa Institute for Theoretical Physics. I describe my scientific activities during this period.

Keywords: Fault tolerant quantum computing, topological quantum error correction

1. Scientific Activity

I started working at the Yukawa Institute for Theoretical Physics on January 2016. What follows is an account of my scientific activities during the period extending from April 2016 to March 2017.

During this period I have published three papers, as follows:

- H. Bombín,
  Dimensional Jump in Quantum Error Correction,
  New J. Phys. 18, 043038 (2016)

- R.S. Andrist, H.G. Katzgraber, H. Bombín, M.A. Martin-Delgado,
  Error tolerance of topological codes with independent bit-flip and measurement errors,
  Phys. Rev. A 94, 012318 (2016)

- H. Bombín,
  Resilience to time-correlated noise in quantum computation,
  Phys. Rev. X 6, 041034 (2016).

The paper with the biggest impact is the third. It has been published in the highest impact journal of the American Physical Society, and I have been invited to present it at several international and national conferences and workshops. In particular, it was selected for a talk at Quantum Information Processing, the most important meeting for the whole area of Quantum Information.

From a purely scientific perspective, the papers that I have published this year pursue the same aim. Namely, to explore new approaches to the problem of fault-tolerant quantum computation, with the eventual goal of building a quantum computer. This topic is becoming very popular as experiments start to catch up with theory. In particular, very important experimental developments are expected for 2017.

During the last months, I have been working on a problem closely connected with such experiments. Namely, I am studying the most popular approach to fault-tolerant quantum computation in the context of permanent failures of some parts of the quantum device. The goal is to approach the problem both with mathematical rigor and with practical aspects in mind.

During this year I have participated in several conferences and workshops, as follows:

- Quantum Matter, Spacetime and Information, Kyoto, Japan, June 2016. In this international workshop I gave an invited talk with the title “Topological Quantum Error Correction”.
- Quantum Matter II, Benasque, Spain, June-July 2016. In this international workshop I gave an invited talk with the title “Confinement in topological codes”.
- Fault-Tolerant Quantum Technologies, Benasque, Spain, August 2016. In this international workshop I gave an invited talk with the tible “Time-correlated noise in quantum computation”.
- Workshop at the National Institute of Informatics, Tokyo, Japan, March 2017. In this international workshop I gave an invited talk with the title “Time-correlated noise in quantum computation”.
- Time-correlated noise in quantum computation, QIP, Seattle, USA, January 2017. In this international conference I gave a contributed talk with the title “Time-correlated noise in quantum computation”.

In addition, I gave a seminar internally in a cross-disciplinary study group that has formed in Yukawa Institute in order to understand the topic of quantum entanglement by combining the perspectives of Quantum Information Theory, String Theory and Condensed Matter Theory. I am an active member of this study group.

2. Conclusion

During this year I have not only successfully continued to pursue my own line of research, but in addition I am starting to experience the scientific benefits of staying at the Yukawa Institute for Theoretical Physics.

プロジェクトレポート

Report on my stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics for the 2017-18 school year

Héctor Bombín[1]
[1]Yukawa Institute for Theoretical Physics

Abstract. This is a report on my last school year as an Advanced Future Studies Senior Lecturer at the Yukawa Institute for Theoretical Physics. I describe my scientific activities during this period.

Keywords: Fault tolerant quantum computing, topological quantum error correction

1. Scientific Activity

I started working at the Yukawa Institute for Theoretical Physics on January 2016 and finished on January 2018. What follows is an account of my scientific activities during the period extending from April 2017 to January 2018.

The most important development is that during this year I obtained a research grant as a principal investigator. In particular, a KAKENHI Wakate-B for a total of 3.200.000 JPY to be divided in 3 years. Its title is “Removing noise in quantum computers with topological methods” and its purpose, “To extend well-stablished methods in fault-tolerant quantum computation to (i) deal with qualitatively

different forms of noise and (ii) reduce the amount of control required on the physical system. To understand the physics of the quantum Hamiltonian systems derived from gauge color codes, stablishing if they are self-correcting or not. To generalize such systems."

During this year I have followed two main distinct lines of research:

Permanent failures on quantum computation components. Fault-tolerant quantum computation, the art of designing quantum computers that can function reliably despite being composed of individual unreliable components, is a core aspect of my research. During this period my main focus has been to investigate the properties of the most popular form of fault-tolerant computation in the presence of components that fail permanently.

Self-correcting quantum memories. It is not known whether a three-dimensional condensed matter system can have the ability to passively protect quantum information from decoherence. Recently I came up with a promising theoretical construct, gauge color codes, that has the potential to guide us in finding such exotic condensed matter systems. In order to understand better this problem, I have studied its connections with lattice gauge theories.

In terms of participation in conferences and workshops, there has been a big contrast between this year and the previous one. Whereas last year I felt overwhelmed by the invitations to international conferences, this year I did not receive any invitations.

2. Conclusion

During this year I obtained my first grant as a principal researcher. Also, I pursued two interesting lines of research, still to be culminated, that aim to bring closer the dream of a quantum computer. Incidentally, this period has continued to witness an increased amount of investment in what is now the nascent industry of quantum computation.

プロジェクトレポート
Journal of Integrated Creative Studies

Report on my stay in the SSPC Laboratory in Division of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University

Rafik BALLOU
Institut Néel, Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) & Université Grenoble Alpes (UGA), 25 Av. des Martyrs, BP 166, Grenoble F-38000, France
E-mail: rafik.ballou@neel.cnrs.fr

Abstract. This report provides an overview of my scientific activities during my stay financed by the International Research Unit of Advanced Future Studies (IRUAFS) as Distinguished Visiting Professor in the Solid State Physics and Chemistry (SSPC) Laboratory in the Division of Chemistry of the Graduate School of Science at Kyoto University. I describe briefly the scientific themes that we discussed in depth, by emphasizing the prospects of future collaboration. A first part pertains naturally to our common field of expertise that includes metallic magnetism, geometric frustration in magnetic networks and topological matter. The second part describes our attempts, embryonic to this stage, to tackle transverse topics in adequacy with the transdisciplinary objectives of the IRUAFS. A first is concerned with quantum entanglement across the time that raises issues of retrocausality. The second is about the physics of the sound of the sanukite stones the magic of which appears to have been poorly investigated. I kept the same spirit, though rather multidisciplinary than transdisciplinary, in my talk at IRUAFS by describing not only my recent works on geometric frustration but also my involvement to an experimental project of search for ultra-light components of dark matter.

Keywords: Itinerant Magnetism, Geometric Frustration, Topological Materials, Weakly Interacting Ultra-Light Particles, Quantum Entanglement and Retro-Causality, Sanukite Stones.

1. Scientific Activities

I worked at the Solid State Physics and Chemistry (SSPC) “Kinso” Laboratory from December 4th, 2017 to January 30th, 2018. I would like to express my deep appreciation to the Division of Chemistry of the Graduate School of Science at Kyoto University for hosting me, to the International Research Unit of Advanced Future Studies (IRUAFS) for providing financial support, and to Professor Kazuyoshi Yoshimura, head of the Kinso Laboratory, for inviting me. During these two months I have had many an opportunity to scientifically interact with Prof. Kazuyoshi Yoshimura, Assoc. Prof. Hiroaki Ueda, Assist. Prof. Chishiro Michioka, and their team of PhD, Master and Undergraduate students. I greatly appreciated in particular to have been invited by the latter to participate to their “Journal Club” that takes place every Friday morning, during which one of them presents works reported in the literature in connection with his topics of research that are then discussed in depth by

the audience. I thank them to have switched from Japanese to English to allow me to follow the presentation and to contribute to the debates. Needless to emphasize that this approach of the literature is extremely enriching for the students as well as for the seniors. Assist. Prof. Chishiro Michioka kindly provided elaborate answers to all my questions on the various physical measurements performed within his team. I thank him for having taken time to show me and to describe in detail their different experimental means, in particular their NMR facilities. I also visited their Chemistry Laboratory and several other experimental installations that they share with other teams, for structural studies, including SEM and TEM, and for magnetization (MPMS) or heat capacity (PPMS) measurements. Assoc. Prof. Hiroaki Ueda was of precious advice concerning all the aspects of the often-complex chemistry inherent to the preparation of poly-crystals or single-crystals of the systems that aroused our interest. I would like to emphasize the relevance of this crucial stage of an experimental project without which it might even fail to start. Prof. Kazuyoshi Yoshimura initiated with me a series of formal and informal discussions on different topics pertaining to our common field of expertise but also well beyond, which have paved the ground of possible wider future collaborations.

I share with the team of Prof. Yoshimura a strong interest for the experimental investigation of the novel topological electronic states that might be awaited from the strong spin-orbital entanglement of the metallic electrons and of the magnetic phases always so fascinating that might arise from the geometrical frustration in a variety of magnets. It was, in these domains, almost immediate to find topics of common interest. I initially focussed my attention at iridium-based oxides following my recent investigations of the pyrochore oxides with formula $R_2Ir_2O_7$, where the trivalent Rare earth (R) ions and the tetravalent Iridium ions form two interpenetrating networks of corner sharing tetrahedra, each potentially a generator of geometric frustration. A motivation of the study besides surprises awaited from the geometric frustration was that the Iridium 5d electrons are showing an electronic transition that could be associated with the stabilisation of a Weyl semimetal. A necessary condition is that the electronic transition is accompanied with a magnetic order that breaks solely the time reversal symmetry. A main experimental obstacle of the study was the difficulty to grow single crystals of sufficient size in which to directly explore the electronic state and magnetic order on synchrotron sources. We however succeeded to demonstrate indirectly that Iridium do order in the “all-in/all-out” magnetic structure, which is the only one preserving the whole crystal symmetry, through the influence this order exerts through the R-Ir exchange interactions on the R magnetism, which gave well interpretable signals in neutron scattering experiments on polycrystals. Novel magnetic behaviours occurred at very low temperature when the exchange interactions between the R ions become relevant and are in competition against the exchange field from the Iridium network. We found out for instance that the outcome of this conflict in $Ho_2Ir_2O_7$ is a fragmentation of the Ho magnetic moments that generates a monopole crystal coexisting with a spin ice, a state of fluctuating moments correlated by the constraint “2-in/2-out”. This is a quite unusual phase, where a same degree of freedom contributes thermodynamically to a solid and a fluid, which might be dubbed a “thermodynamic Schrödinger Cat” [E. Lefrançois *et al*. Nature Comm. 8 (1), 209 (2017)]. I discussed these results in the first part of the talk I gave at the IRUAFS. I hoped that my hosts could propose alternative methods to grow single crystals so as to examine the fascinating behaviors of the series in more details, but it seemed during our discussions that we already had exhausted all the possible attempts. The recent works of the team of Prof. Yoshimura on the iridates $ZnIrO_3$ and $MgIrO_3$ also strongly aroused my interest. In these compounds the Iridium ions form a honeycomb lattice and the O-Ir-O bonds form an angle close to 90° from which directional exchange interactions are awaited. Notice that in the $R_2Ir_2O_7$ oxides the O-Ir-O bonds form an angle close to 180° giving rather rise to a pseudo-dipolar contribution to the exchange interactions. The ideal model of directional exchange on the honeycomb lattice was exactly solved [A. Kitaev, Ann. Phys. 321, 2 (2006)]. According to the strength distribution of the exchange interactions it leads to either a gapped quantum spin liquid carrying abelian anyon excitations or a gapless phase that becomes gapped under magnetic field and carries then non-abelian anyon excitations. None of these fascinating phases was observed in $ZnIrO_3$

and $MgIrO_3$. An antiferromagnetism in the first compound and a canted antiferromagnetism giving rise to a weak ferromagnetism in the second compound are instead inferred from the magnetic measurements on magnetic field oriented polycrystals, most probably because of additional first neighbor isotropic exchange interaction, next neighbor frustrating isotropic and antisymmetric interactions, as in many other similar systems. These magnetic phases, especially the canted antiferromagnetism, are however intriguing. It would be of utmost interest to probe to what extent they would show reminiscences of the spin liquid phases by carrying excitations with anyonic features, what of course would be best investigated on single crystals together with the exact magnetic orders. Unfortunately again the chemistry is again complex and delicate, proceeding through a metathesis reaction that leaves few chances to grow a single crystal with sufficient size. We can however anticipate performing powder elastic and inelastic neutron scattering and X-ray scattering at the Ir L_{III} edge on a synchrotron source. Besides iridium-based oxides I got also strongly interested by their experimental investigations of fluorides of formula $A_2BM_3F_{12}$ (A = Cs, Rb; B = K, Na; M = Ti, V, Cr) where the 3d-metal ions M^{3+} form distorted Kagomé networks of quantum spins S = 1/2 (Ti^{3+}), 1 (V^{3+}), 3/2 (Cr^{3+}) with local anisotropy for the latters. Characteristic plateau of magnetization were measured in all the compounds signaling the occurrence of incompressible phases of quantum nature [M. Goto *et al.*, Phys. Rev. B94, 104432 (2016) & M. Goto *et al.*, Phys. Rev. B95, 134436 (2017)]. The magnetic orders are inferred from magnetization data. It would be strongly relevant to complement the study by directly probing the magnetic orders and excitation spectra, since single crystals are this time available.

Although in the first instance I mostly discussed with Prof. Yoshimura about topics belonging to the field of condensed matter physics we soon widened our discussions to transverse topics. In particular he showed a strong interest for my involvement in the OSQAR experimental project developed at the CERN - the European Organization for Nuclear Research - in Geneva, to search for weakly interacting ultra-light particles predicted in many extensions of the Standard Model of Particle Physics. The implemented methodologies make use of laser propagation in magnetic field, exploiting the coupling of the searched particles with photons. To a certain extent they consist in measuring the magnetic birefringence, magnetic dichroism and even magnetic phosphorescence of the quantum vacuum or to produce magnetic photoregeneration beyond an optical barrier [R. Ballou *et al*. Phys. Rev. D92, 092002 (2015)]. A strong motivation to search for these ultra-light particles is that, produced through the misalignment mechanism, they might exist with a large density and thereby significantly contribute to the Dark Matter content of the Universe. According to Prof. Yoshimura the topic might interest a wider audience. I followed his suggestion to add it as second part of my talk at the IURAFS.

We opened fruitful discussions on the concept of entanglement of quantum states. It imposes itself naturally in our fields of investigations by generating subtle distinctions in the large variety of the spin liquids awaited in spin networks with or even without geometric frustration and by providing much deeper insights about their specific features. It is especially of relevance for those phases now named quantum spin liquids that distinguishes themselves through states incorporating long-range entanglement, what leads to emergent topological orders and potentially to fractional excitations with braiding statistics. We wished to explore it in a wider context in some of its numerous puzzling avatars that continue to challenge our perceptual understanding of the quantum world and to raise foundational philosophic issues. It is far from evident to provide an intuitive picture of its substance. As a matter of fact it would turn out that even the quantum vacuum would be an entangled state the concrete signatures of which might be found for instance in the Unruh-Davies radiation for accelerated observers in Minkowski space-time [Phys. Rev. D **14**, 870 (1976)] or Gibbons-Hawking radiation in de Sitter space-time [J. Phys. A **8**, 609 (1975), Phys. Rev. D **15**, 2738 (1977)]. It would follow that the shape of the universe might then be “heard through its quantum (tensorial) noise” [A. Kempf, Found. Phys. 44, 472–482 (2014)] and that the vacuum might show a topological order out of which fermions statistics and gauge interactions would emerge similarly than in quantum spin liquids with long-range entanglement [M. Levin and X.-G. Wen, Phys. Rev. B67 (2003) 245316]. We chose to focus more on

its temporal aspects. A sequence of non commuting operations on a given component of a maximally entangled pair produces, in case the entanglement were to be preserved, a composite state on the second component that can be obtained from exactly the same sequence of operations, but in a reversed order. It follows that time protocols can be implemented whereby future actions might affect past events what naturally raises issues of retrocausality. Entanglement itself can take place across the time what was experimentally demonstrated, for instance through its swapping between two photons that have never coexisted [E. Megidish, Phys. Rev. Lett. 110, 210403 (2013)]. It appears that it has so far not been analyzed as such extensively probably because the tensor product structure is then hardly useful. It must be dealt with in alternative formalisms in order for instance to determine if it shows the monogamy property or to derive Tsirelson bounds [M. Nowakowski, arXiv:1701.08116]. Even more strange protocols or phenomena might then be expected such as quantum teleportation across the time or even quantum resonance across the time. No logical paradox should ensue since teleportation requires a classical signal to be sent from the past to the future whereas by the no-signaling theorem no physical signal can be sent through an entanglement so that it cannot be used to communicate with the past. Nevertheless, an action on the future component of an entanglement will necessarily have an effect on its past component whereas a quantum resonance creates a past-future bridge. Although incoherent noise and intrinsic decoherence generally limit the potentialities of these phenomena to occur at our macroscopic levels, though not systematically, we wondered how philosophes, psychologist, … or even poets and musicians would perceive this fascinating world of entanglement. In return we might certainly learn from them to get from it a perceptually deeper vision.

I had the opportunity to meet at a dinner the famous musician Stomu Yamashita. I learned at this occasion from Prof. Yoshimura that he is playing on stones percussion instruments what appeared to me unprecedented. The stones are volcanic rocks called Sanukite ("Kankan Ishi") the sound richness of which is impressive and is ascribed to the high velocity of its P-wave despite a moderate density. Quite surprisingly the literature is limited to their geological origin, X-ray fluorescence analyses [T. Higashimura and T. Warashina, J. of Archaeo. Sc. 2, 169-178 (1975) & T. Warashina, Y. Kamaki and T. Higashimura, J. of Archaeo. Sc. 5, 283-291 (1978)] and a numerical study by the finite element method of the percussion instrument "hokyo" [K. Kishi, H. Meda, M. Sugai, Acoust. Sci. & Tech. 22, 3 (2001)]. We believe it is essential to complement these studies through additional characterizations of the materials (textures by scanning electron microscopy, etc.) and above all through studies of the influence of the shape of the instrument on the sound structure, which are worth attempting even if they finally reveal themselves so complex that we fail to unveil the sound magic of the sanukite stones.

2. Outputs and Prospects

The scientific discussions I had with the team of Prof. Yoshimura on the physics associated with geometric frustration and topological non-trivial phases were fruitful and should certainly result in active collaborations on common experimental studies beyond those anticipated above on the Ir-based oxides with honeycomb network of spins and on the fluorides with distorted kagomé network of spins.

I also considered with Prof. Yoshimura the present theoretical and experimental status of metallic magnetism, unfortunately perceived as old fashioned sometimes. It appeared in contrast to us that interesting physics should be learned from the exploration of the spin fluctuations spectra in the widest ranges of energy. A possible common experimental work in this direction is not completely excluded.

We hope to continue our discussions about quantum entanglement. We shall keep its informal nature, though we do hope to concretely investigate it in its long-range avatar by finding out a quantum spin liquid. An experimental investigation of the sanukite stones is under consideration perhaps in collaboration with experts of sound propagation in heterogeneous solids and hopefully with a musician.

業績リスト

182 2016年度中の論文出版
184 2016年度中の学会等での発表論文
184 2016年度中の受賞等
185 セミナー・国内研究集会・国際研究集会等の2016年度開催状況
186 プレス発表、新聞掲載等
187 その他特記事項

2016 年度中の論文出版

論文：査読付き

氏名	論文
Christian Ott (短期招聘外国人研究者)	Sherwood Richers, Christian Ott, et al. "Equation of State Effects on Gravitational Waves from Rotating Core Collapse", *Physical Review D*, Vol.95, No.6, p.063019. (2017) DOI: 10.1103/PhysRevD.95.063019
Christian Ott	Roland Haas, Christian Ott, et al. "Simulations of inspiraling and merging double neutron stars using the Spectral Einstein Code", *Phyiscal Review D*, Vol.93, No.12, p.124062. (2016) DOI: 10.1103/PhysRevD.93.124062
藤井紀子	Noriko Fujii, Takumi Takata, Norihiko Fujii and Kenzo Aki, "Isomerization of aspartyl residues in crystallins and its influence upon cataract", *Biochimica et Biophysica Acta-General Sunjects*, Vol.1860, pp.183-191. (2016) DOI: 10.1016/j.bbagen.2015.08.001
富田直秀	詩的空間について――ヒトをモノ化せず関係性として捉えるアート視点, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-023-a. (2016) http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2017/02/2016-023-a-1.pdf
後藤悠帆 (ユニット共同研究者)	フロイト精神分析（第一局所論）における「無意識」概念の検討――リクールのフロイト解釈における主体の検討のための予備考察, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-021-a. (2016) http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/11/2016-021-a.pdf
森 亘 (共同研究者)	"G.バタイユにおける連続性の概念――生命について", Journal of Integrated Creative Studies, 2017-004-a. (2017) http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2017/03/2017-004-a.pdf
西村和雄	Kazuo Nishimura and Tadashi Shigoka, "An alternative proof of the theorem of Woodford on the existence of a sunspot equilibrium in a continuous-time model," in *Essays in Economic Dynamics: Theory, Simulation Analysis, and Methodological Study*, ed. by Matsumoto, Szidarovszky and Asada, Springer, pp.23-32. (2016) DOI: 10.1007/978-981-10-1521-2_2
西村和雄	Frédéric Dufourt. Kazuo Nishimura. Alain Venditti, "Sunspot fluctuations in two-sector models with variable income effects", in *Sunspots and Non-Linear Dynamics: Essays in honor of Jean-Michel Grandmont*, edited by Nishimura, Venditti and Yannelis, Springer Verlag. pp.71-96. (2016) https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01269951/document
西平 直	"Preparation' for Creative Inspiration: From the teaching of Japanese classical 'Keiko; exercise and expertise", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2017-003-a. (2017) http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2017/03/2017-003-a.pdf
村瀬偉紀 (ユニット共同研究者)	Iki Murase, "Morphological differences in the scapula-coracoid of seawater and freshwater fish" *Journal of Integrated Creative Studies*, 2017-006-a. (2017) http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2017/04/2017-006-a.pdf
村瀬雅俊	村瀬雅俊, 村瀬偉紀, 村瀬智子, 「学びと遊びの原点に迫る――自己・非自己循環理論の視点から」, *Journal of Quality Education*, 8, pp.1-29. (2017)
村瀬雅俊	Masatoshi Murase, A Self-Similar Dynamic Systems Perspective of "Living" Nature: The Self-nonself Circulation Principle Beyond Complexity, *Springer Series* (in press)

村瀬雅俊	「未来創成学からの挑戦」, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2017-003-a. (2017), 2016-018-d. (2016) http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/09/2016-018-d.pdf
吉村一良	Masaki Imai, Chishiro Michioka, Hiroaki Ueda, and Kazuyoshi Yoshimura, "NMR investigation of spin fluctuations in the itinerant-electron magnetic compound $Sr_{1-x}Ca_xCo_2P_2$", Phys. Rev. B, Vol.95, pp.1-7. (2017) DOI: 10.1103/PhysRevB.95.054417

論文：査読なし

氏名	論文
西村和雄	Kazuo Nishimura and Tadashi Yagi, "How Parenting Affects Children's Futures: Empirical Study in Japan," *Journalism and Mass Communication*, vol.7, issue 1, pp.35-45. (2016)
西村和雄	Takuma Kunieda and Kazuo Nishimura "Consumption Externalities and Indeterminacy in a Continuous-Time Two-Sector Growth Model", *International Journal of Dynamical Systems and Differential Equations* 6. No2, pp.358-368, Inderscience Publishers. (2016) DOI: 10.1504/IJDSDE.2016.081821(2016)
西村和雄	Kazuo Nishimura, Carine Nourry, Thomas Seegmuller and Alain Venditti, "Public spending as a source of endogenous business cycles in a Ramsey model with many agents", *Macroeconomic Dynamics Cambridge University Press*, Vol.20, pp.504-524 (2016) DOI: https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00796698
山口栄一	「日本の科学とイノベーションの『メッカ』を求めて その 1」, ISOTOPE NEWS 2017 年 2 月号, pp.30-33. (2017)
山口栄一	「総論：イノベーションの実現に向けて」, 電機評論, 2016 年 8 月号 (2016)

著書・その他

氏名	著書・その他
西平 直	"Bewusstsein ohne Bewusstsein (Mushin): Die Zen-Philosophie aus erziehungswissenschaftlicher Sicht'", Pädagogische Rundschau, 1, 2017, SS.33-50 (2017)
西平 直	『思想』,「西田哲学と『大乗起信論』――井筒俊彦『意識の形而上学』を介して（下）」岩波書店, pp.103-123 (2017) ISSN 0386-2755
藤井紀子	ADVANCES IN ASYMMETRIC AUTOCATALYSIS AND RELATED TOPICS (the'Work''), Noriko Fujii, Norihiko Fujii, Takumi Takata and Hiroaki Sakaue, "The Importance of the Idea of "Parachirality" in Life Science", Elsevier Inc., pp.119-131. (2016) ISSN: 978-0-12-812824-4
藤井紀子	D-Amino acids: Physiology, Metabolism, and Application, Noriko Fujii, Takumi Takata, Norihiko Fujii, Kenzo Aki and Hiroaki Sakaue, D-Amino acid residues in proteins related to aging and age-related diseases and a new analysis of the isomers in proteins", Springer, pp.241-254 (2016) ISSN: 978-4-431-56075-3
山口栄一	『物理学者の墓を訪ねる――ひらめきの秘密を求めて』, 日経 BP, (2017) ISBN 978-4822237325
山口栄一	『イノベーションはなぜ途絶えたか――科学立国日本の危機』, ちくま新書 1222, 筑摩書房, (2016) ISBN 978-4480069320

2016 年度中の学会等での発表論文

氏名	論文
佐々木 節	“Inflation”, 第 13 回宇宙論と粒子宇宙物理国際シンポジウム，シドニー大学，2016/11/30
佐々木 節	佐々木節「Inflationary Cosmology: present and future issues」，中国物理学会宇宙物理重力分科会，楓林賓館，2016/6/29
Joseph Fedrow （ユニット共同研究者）	Joseph Fedrow, “Black Holes for All! Observing Gravitational Waves in the Classroom”, 国際教育学会, 京都大学, 2016/9/2
Christian Ott （短期招聘外国人研究者）	Christian Ott, Joey Fedrow, Marek Szczepanczyk, Roland Haas, Christian Reisswig, Erik Schnetter, “Gravitational Waves from 3D Rotating Core-Collapse Supernovae” 第 21 回国際重力と相対論会議，コロンビア大学，2016/7/10-15
藤井紀子	Noriko Fujii, Takumi Takata, Norihiko Fujii, Hiroshi Sasaki, “Age-dependent isomerization and racemization at specific aspartyl residues in lens crystallins: Analysis and biological relevance”, Age-dependent isomerization and racemization at specific aspartyl residues in lens crystallins: Analysis and biological relevance, 京王プラザホテル，2016/9/25-29【アブストラクト査読有】
藤井紀子	「生命科学におけるパラキラリテイの重要性」，第 36 回日本眼薬理学会，帝京大学 板橋キャンパス，2016/9/10
西平 直	“‘No-Mind’ and ‘No-Body’: Toward the whole energy of the Field of no-mind and no-body”, International & Transdisciplinary Symposium on Advanced Future Studies, 京都大学，2017/2/8-10
西平 直	「井筒俊彦の「東洋哲学」について」, 台湾大学日本研究センター・国際シンポジウム「近代日本哲学と東アジア」, 台湾大学日本研究センター，2016/11/5
西平 直	“‘No-Mind’ and ‘No-Body’: Consciousness and the Body from a Japanese Philosophical Perspective”, 1ère Semaine Internationale du Corps, ‘Living body experience’, Université Paris-Descartes, 2016/6/29
村瀬雅俊	村瀬雅俊，「こころの本質――宇宙と未来の展望」パネル討論司会，京都大学国際芸術フォーラム 2017「奇跡への挑戦――未来創成学と宇宙総合学からの展望」場所：京都大学百周年時計台記念館　百周年記念ホール，2017/2/10
村瀬雅俊	Masatoshi Murase (chair) Five Elementary Processes in Co-evolution, International & Transdisciplinary Symposium on Advanced Future Studies Beyond Boundaries “Exploring the Creative Evolution of Transdisciplinary Studies”, Date: February 8-10, 2017, Venue: Panasonic Auditorium, Yukawa Hall, YITP on Feb.8-9 Clock Tower, Kyoto University on Feb.10
村瀬雅俊	Masatoshi Murase (chair), Simple Principles behind Complex Living Systems, International Symposium on “Chemical, Physical and Mathematical Foundations of Complex Phenomena”, 京都大学数理解析研究所，2016/8/5
村瀬智子 （ユニット共同研究者）	村瀬智子（ユニット共同研究者),「子育て・教育が育てる成人の能力」, 国際教育学会（ISE）公開シンポジウム「教育を科学する」（共催），京都大学時計台記念館国際交流ホールⅠ，2016/9/3
村瀬智子 （ユニット共同研究者）	村瀬智子（ユニット共同研究者），村瀬雅俊，「失敗から学ぶ教育方法の開発」国際教育学会（ISE）公開シンポジウム「教育を科学する」（共催），京都大学時計台記念館国際交流ホールⅠ，2016/9/3
村瀬偉紀 （ユニット共同研究者）	村瀬偉紀（ユニット共同研究者），村瀬雅俊，村瀬智子（ユニット共同研究者），「パラドックスへの挑戦――教えられない事柄を学ぶには」国際教育学会（ISE）公開シンポジウム「教育を科学する」（共催）京都大学時計台記念館国際交流ホールⅠ，2016/9/3
吉村一良	稲盛 樹，田口篤史，植田浩明，道岡千城，吉村一良，「3d 遷移金属フッ化物 MIINIVF5 (N=Zr, Hf, and Sn) の磁性における非磁性カチオン依存性」，日本物理学会第 72 回年次大会（2017 年春季大会），大阪大学，2017/3/17-20
吉村一良	Y. Haraguchi, C. Michioka, H. Ueda, A. Matsuo, K. Kindo, and K. Yoshimura, “Physical properties in the cluster-based magnetic-diluted triangular lattice antiferromagnets Li2Sc1-xSnxMo3O8”, Highly Frustrated Magnetism 2016, GIS NTU Convention Center (台北), 2016/9/7-9/11
藤井紀子	藤井紀子,「アリス　再考」,『京大広報』734 号，2018/3
Petr Heinzel 柴田一成	Petr Heinzel（Czech Academy of Sciences），柴田一成，（理学研究科附属天文台花山天文台）の共同研究論文が宇宙物理学分野のトップジャーナルである The Astrophysical Journal に掲載されました。 The Astrophysical Journal, June 1 2018

2016 年度中の受賞等

氏名	受賞内容
富田直秀	第 14 回産学官連携功労者賞 科学技術政策担当大臣賞受賞（内閣府） 「医工連携による高機能人工関節と手術支援システムの開発」2016/8/26

セミナー・国内研究集会・国際研究集会等の 2016-18 年度開催状況

開催日時	開催概要
2019/3/13 ～ 2019/3/24	「ないをたのしむ」展 主催：SUKI るプロジェクト 共催：京都大学総合博物館　京都大学未来創成学国際研究ユニット，京都大学学生総合支援センター障害学生支援ルーム 協力：京都大学文化財総合研究センター，京都大学文学研究科考古学研究室 後援：京都府教育委員会，京都市教育委員会 SUKI るプロジェクト：富田直秀（京都大学工学研究科機械理工学専攻教授） 視覚及び造形デザイン：桑田知明（京都市立芸術大学ビジュアルデザイン専攻非常勤講師） 触覚デザイン：広瀬浩二郎（国立民族学博物館准教授） 場所：総合博物館 1 階　エントランス
2019/3/15	京都大学未来創成学国際研究ユニット・学際研究会 「統合知に挑む　～病いと癒しの共創～」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 場所：京都大学 百周年時計台記念館 2 階 会議室IV 参加者：上原 麻有子（京都大学文学研究科 教授・哲学），大饗 広之（日本福祉大学 教授・精神病理学），岸本 泰明（京都大学エネルギー理工学研究所 所長・プラズマ科学），八木 匡（同志社大学 教授・経済学），佐藤 直幹（言語学者・フランス、言語学），富田 直秀（京都大学工学研究科 教授・医療工学），村瀬 智子（日本赤十字豊田看護大学 学部長・精神看護学），村瀬 雅俊（京都大学基礎物理学研究所 准教授・未来創成学） 参加者数：
2019/2/12 ～ 2019/2/15	2019 Kyoto University International Workshop on Advanced Future Studies 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 演者：Paul Mezey (Canada Research Chair, Memorial University, Canada), Cynthia Trevisan (California State University, U.S.A.), Jae Woo Lee (Inha University, Korea) 場所：京都大学 旧演習林事務室 ラウンジ 参加者数：
2018/12/8	第 2 回こころの健康づくりシンポジウム 「こころの病とこころの癒し ～ 健康と病と芸術 ～」 主催：日本赤十字豊田看護大学ヘルスプロモーションセンター 共催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 後援：豊田市 座長：村瀬 智子（日本赤十字豊田看護大学 学部長） 講師：富田 直秀（京都大学大学院工学研究科 教授・医師），森 悠子（NPO 法人 音楽への道 CEM 長岡京室内アンサンブル 音楽監督），石上 真由子（ヴァイオリニスト・医師） 場所：日本赤十字豊田看護大学 講堂 参加者数：
2018/11/17	京都大学・みえむ未来創成フォーラム 「学びの力で未来を拓け」 共催：京都大学未来創成国際研究ユニット、三重県総合博物館 座長：村瀬 雅俊（京都大学基礎物理学研究所・准教授）、大野 照文（三重県総合博物館・館長） 講演者：ヨハン・ホーエネガー（ウイーン大学・名誉教授），森下 直貴（浜松医科大学・教授），肥田野 登（東京工業大学・名誉教授），村瀬 智子（日本赤十字豊田看護大学・学部長），東海 留維（京都大学・2 回生 三重県出身），小西 伴尚（三重中学 三重高等学校・教諭），寺村 善樹（三重県教育委員会 高校教育課 高校教育班・指導主事），西岡 慶子（株式会社光機械製作所・代表取締役社長） 場所：三重県総合博物館 3 階 レクチャールーム 参加者数：
2018/11/10	公開シンポジウム インドの価値観と社会構造－日本と西洋との比較研究－ 主催：科学研究費補助金基盤研究（B）三野 和雄代表『経済成長戦略に関するグローバル比較と文化基盤の与える影響に関する研究』同志社大学創造経済研究センター、同志社大学ライフリスク研究センター 共催：京都大学未来創成学国際研究ユニット，一般社団法人虚空会 講演者：三野 和雄（同志社大学 経済学部），田辺 明生（東京大学 総合文化研究科），伊多波 良雄（同志社大学 経済学部），川浦 昭彦（同志社大学 政策学部），滝本 香菜子（同志社大学 総合政策科学研究科 博士後期課程），八木 匡（同志社大学 経済学部），西平 直（京都大学 教育学研究科），ツトム・ヤマシタ，村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所），大串隆之（京都大学生態学研究センター） 場所：同志社大学 今出川キャンパス 神学館礼拝堂 参加者数：60 名

開催日時	開催概要
2018/10/27	京都大学未来創成フォーラム（京都大学ジュニアキャンパス 2018） 「これからの未来を創る学びとは？～進化の原理の活用に迫る～」 場所：京都大学 百周年時計台記念館 記念ホール（大ホール） 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット，京都大学基礎物理学研究所，京都大学地域連携教育研究推進ユニット，京都市教育委員会 共催：同志社大学 ライフリスク研究センター，同志社大学 創造経済研究センター，総合地球環境学研究所 協力：京都大学総合博物館，三重県総合博物館 後援：京都市，京都府 講演者：高柳 匡（京都大学 基礎物理学研究所），Johann Hohenegger（京都大学 未来創成学国際研究ユニット，University of Vienna, Austria），大野 照文（三重県総合博物館・館長，京都大学総合博物館・元館長），Ingo Fischer（京都大学 未来創成学国際研究ユニット，IFISC, Spain），村瀬 雅俊（京都大学 基礎物理学研究所，未来創成学国際研究ユニット），八木 匡（同志社大学 創造経済研究センター），阿部 健一（総合地球環境学研究所），村瀬 雅俊（京都大学 基礎物理学研究所、未来創成学国際研究ユニット） 参加者数：
2018/10/22 ～ 2018/10/24	2018 Kyoto University International Forum on Advanced Future Studies 演　者：Terufumi Ohno (Mie Prefectural Museum), Eiichi Yamaguchi (Kyoto University), Jae Woo Lee (Inha University, South Korea), Tae-Soo Chon (Pusan National University, South Korea), Ingo Fischer (IFISC (CSIC-UIB), Spain, Kyoto University), Johann Hohenegger (University of Vienna, Austria, Kyoto University), Masatoshi Murase（Kyoto University, Chair） 場所：ラディソンホテル成田 ガーデンウィング 1 階「カトレア」 参加者数：
2018/7/26	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 13 回） 「Dialog Between Cosmology and Biology」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講　師：Professor Amir Levinson (Tel Aviv University, Israel), Professor Alessandro Usiello (Università della Campania, Italy) 場所：京都大学 基礎物理学研究所 研究棟（建物番号 12 番）1 階 102 号室 参加者数：
2018/7/12	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 12 回） 「生命起源に迫る」 タイトル：GADV 仮説とタンパク質 0 次構造 －物質から生命への転換原理－ 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：池原 健二（G&L 共生研究所、国際高等研究所、奈良女子大学 名誉教授） 場所：京都大学 基礎物理学研究所 研究棟（建物番号 12）1 階 102 号室 参加者数：
2018/6/26	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 11 回） 「音楽と創造性」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：石上真由子（ヴァイオリニスト） 場所：京都大学 国際高等教育院棟 2 階 演習室 21 参加者数：
2018/6/3	Kyoto Transdisciplinary & Transnational Forum 2018 「無と全体の輪廻 “Circle of Emptiness and Wholeness”」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット，京都大学基礎物理学研究所 共催：同志社大学ライフリスク研究センター，同志社大学創造経済研究センター，総合地球環境学研究所 協力：文化庁 地域文化創生本部 後援：京都市，京都府 司会：八木 匡（同志社大学 経済学研究科），村瀬 雅俊（京都大学 基礎物理学研究所） 講演者：柴田 一成（京都大学 宇宙物理学），青木 慎也（京都大学 素粒子物理学），西平 直（京都大学 教育人間学），村瀬 雅俊（京都大学 未来創成学），喜多郎（音楽家），山極 壽一（京都大学 総長），黒川 清（政策研究大学院大学・東京大学 名誉教授），ツトム・ヤマシタ（音楽家），吉村 一良（京都大学 化学），阿部 健一（総合地球環境学研究所 環境人類学），Stephen Hill (University of Wollongong, Australia)，Hirotaka Watanabe (Tokyo University of Foreign Studies)，Marc T. J. Johnson (University of Toronto, Canada)Daniel Niles (Research Institute for Humanity and Nature) 場所：京都大学基礎物理学研究所 パナソニック国際交流ホール 参加者数：

開催日時	開催概要
2018/5/17	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 10 回） 「The evolution of life in cities」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：Marc T. J. Johnson (Associate Professor, University of Toronto, Canada),Distinguished Visiting Associate Professor, International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University (From April 15 to June 15) 場所：京都大学北部総合教育研究棟 1 階 小林・益川セミナー室 参加者数：
2018/3/6	International Workshop on “Bildungsforschung” 「Possibilities and limitations of qualitative methods in “Bildungsforschung”」 主催：京都大学 教育学研究科，Faculty of Education, Psychology and Sociology, TU Dortmund University 講演者：Lotter Wigger(TU Dortmund), Uwe Uhlendorff(TU Dortmund), Ruprecht Mattig(TU Dortmund), David Dalsky(Kyoto University), Klaus Zehbe(TU Dortmund) 場所：京都大学 教育学部本館 1 階 第一会議室 参加者数：
2018/2/15 ～ 2018/2/16	京都大学未来創成学国際研究ユニット　国際ワークショップ 2018 「Exploring A Unified View Beyond Complexity」 主催：京都大学研究連携基盤・未来創成学国際研究ユニット 共催：京都大学・基礎物理学研究所，京都大学・統合複雑系科学国際研究ユニット，京都大学・学際融合教育研究推進センター，総合地球環境学研究所 座長：大野照文（三重県総合博物館），肥田野登（東京工業大学），吉村一良（京都大学大学院理学研究科・化学専攻），Tae-Soo Chon（韓国国立大学），Remo Job（トレント大学心理学部），阿部健一（総合地球環境学研究所） 講演者：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所），Tae-Soo Chon（韓国国立大学），井内田科子（京都大学医学研究科），Remo Job（トレント大学心理学部），藤井紀子（京都大学原子炉実験所），吉村一良（京都大学大学院理学研究科・化学専攻），石原幸一（東洋医学），Antonio De Fliche（京都大学基礎物理学研究所），村瀬偉紀（長崎大学大学院・環境科学），入江貴博（東京大学大気海洋研究所），前﨑信也（京都女子大学），肥田野登（東京工業大学），大野照文（三重県総合博物館），迫田さやか（同志社大学経済学部），村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学），嶋田ありさ（京都大学理学研究科） 場所：京都大学時計台国際交流ホールIII 参加者数：
2018/2/7	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 9 回） 「Cosmology with the Cosmic Microwave Background Light: then and now」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：Francois R. Bouchet (Institut d’ Astrophysique de Paris CNRS) 場所：京都大学基礎物理学研究所　湯川記念館　パナソニック国際交流ホール 参加者数：
2017/12/16	こころの健康づくりシンポジウム 「こころの病とこころの癒し～こころの病をきっかけに発見する新しい自分～」 主催：日本赤十字豊田看護大学ヘルスプロモーションセンター 共催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 後援：豊田市 座長：村瀬 雅俊（京都大学基礎物理学研究所・京都大学未来創成学） 講演者：大野 照文（三重県総合博物館館長），柴田 一成（京都大学大学院理学研究科付属天文台長），村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学学部長） 場所：日本赤十字豊田看護大学 講堂 参加者数：
2017/11/11	秋の緑 講演テーマ：「いきる」 共催：同志社大学創造経済研究センター St. CORE 研究会，京都大学未来創成学国際研究ユニット，一般社団法人 虚空会 講師：山極 壽一（京都大学総長），小原 克博 (同志社大学 神学部教授) 場所：大徳寺山内 養徳院 参加者数：

開催日時	開催概要
2017/10/28 ～ 2017/10/29	京都大学国際文化フォーラム 2017（ジュニアキャンパス） 「生きていることを学ぶ－不思議世界の体験にようこそ－」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット，京都大学 COC 事業，京都市教育委員会 協力：京都大学総合博物館 司会：渡辺 雅幸（京都大学地域連携教育研究推進ユニット），村瀬 雅俊（京都大学） 講演者：藤井 紀子（京都大学），宮川 繁（マサチューセッツ工科大学，東京大学），前崎 信也（創造論、京都女子大学），田辺 明生（文明論、東京大学） 場所：京都大学百周年記念館大ホール 参加者数：
2017/10/19	Transdisciplinary Meeting on Oct.19 16:00-18:00 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 講演者：Ingo Fischer (Complex system sciences and emergent dynamics), Petr Heinzel (Astrophysics and cosmology), Richard Karban (Ecosystems and biology) 場所：K102 Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University 参加者数：
2017/9/28	京都大学研究科横断講義 「未来創成学の展望」 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講演者：宮沢 孝幸（京都大学ウイルス・再生医科学研究所），武長 徹（京都大学ウイルス・再生医科学研究所，博士課程），磯辺 菜々（京都大学大学院教育学研究科，修士課程），藏田 典子（京都大学大学院人間・環境学研究科，修士課程），村瀬 偉紀（長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科，博士課程） 場所：国際高等教育院・演習室 24 参加者数：
2017/7/28	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 8 回） 「進化の過程における人間の思考と言語の発達」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：宮川 繁（マサチューセッツ工科大学教授，東京大学教授） 場所：基礎物理学研究所　研究棟（建物番号 12）2 階　K206 参加者数：
2017/6/17 ～ 2017/6/18	Transdisciplinary Mie-Symposium 2017 「Origins and Evolutions of Complexity」 共催：Mie Prefectural Museum, International Research Unit of Advanced Future Studies (IRU-AFS), Kyoto University 講演者：Masatoshi Murase(IRU-AFS, Kyoto University), Terufumi Ohno(Mie Prefectural Museum), Paul G. Mezey(Memorial University, Canada), Noriko Fujii(Research Reactor Institute, Kyoto University), Antonio, De Felice(Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University), Takayuki Miyazawa(Institute for Frontier Life and Medical Sciences, Kyoto University), Iki Murase(Graduate School of Fisheries and Environmental Sciences, Nagasaki University), Naohide Tomita(Graduate School of Engineering, Kyoto University), Noboru Hidano(Tokyo Institute of Technology), Remo Job (University of Trento, Italy), Barbara A. Oakley(Oakland University, U.S.A.), Takayuki Ohgushi(Center for Ecological Research, Kyoto University), Kohei Shiota(Shiga University of Medical Science, Japan), Takumi Takata(Research Reactor Institute, Kyoto University), Komei Kadowaki(Center for Ecological Resrch, Kyoto University), Toshinao Tsunemi(Office of Community Relations, Graduate School of Science, Kyoto University), Michele Oliosi Pasco(Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University), Tsutomu Nishimura(Foundation for Biomedical Research and Innovation, Kobe), Tomoko Murase(Japanese Red Cross Toyota College of Nursing) 場所：Mie Prefectural Museum 参加者数：
2017/6/4	KYOTO SYMPOSIUM 4 「グローバル経済のための京都マニフェスト：共同体、人間性、そして精神性の社会基盤」 主催：同志社大学創造経済研究センター 共催：京都大学未来創成学国際研究ユニット，同志社大学博士課程教育リーディング・プログラム，グローバル・リソース・マネジメント（GRM），同志社大学ライフリスク研究センター 後援：京都府，京都市 講演者：八木匡　（同志社大学経済学部教授），スティーブン・ヒル　（ウォロンゴング大学名誉教授），ツトム・ヤマシタ（アーティスト，同志社大学創造経済研究センター St.Core 研究会チーフディレクター），ジャック・デブス（映画プロデューサー），山極壽一（京都大学総長），上東貴志（神戸大学経済経営研究所教授），村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所准教授，京都大学未来創成学国際研究ユニット） 場所：同志社大学今出川キャンパス神学館礼拝堂 参加者数：

開催日時	開催概要
2017/5/2 ～ 2017/5/3	京都大学基礎物理学研究所・京都大学未来創成学国際研究ユニット共催 学際研究会：「生体、人体、精神、宇宙－つながりの深層を探る」 共催：京都大学基礎物理学研究所，京都大学未来創成学国際研究ユニット 世話人：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所・准教授、京都大学未来創成学国際研究ユニット），柴田一成（京都大学天文台長、京都大学宇宙総合学研究ユニット） 参加者：西村勉（先端医療振興財団　臨床研究情報センター・グループリーダー），久代恵介（京都大学人間・環境学研究科・准教授），村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学・学部長），保江邦夫（ノートルダム清心女子大），山崎博通（禅林学園・前理事長　心体科学研究所所長），横田和典（ノートルダム清心女子大），塩田浩平（滋賀医科大学・学長），宮沢孝幸（京都大学ウイルス・再生医科学研究所・准教授），伊藤秀臣（北海道大学・理学研究院・生物科学部門），中川草（東海大学・医学部・基礎医学系・分子生命科学），西堀貞夫（ＮＧＯゼロ磁場音響免疫療法学会・会長），肥田野登（東京工業大学・名誉教授），石井杏佳（京都大学大学院理学研究科），村瀬偉紀（長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科），門脇浩明（京都大学生態学研究センター） 参加者数：
2017/2/10	京都大学国際芸術フォーラム 2017 「奇跡への挑戦――未来創成学と宇宙総合学からの展望」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 共催：京都大学宇宙総合学研究ユニット 後援：京都府，京都市 代表：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 場所：京都大学百周年時計台記念館 百周年記念ホール 参加者数：200 名
2017/2/8 ～ 2017/2/10	京都大学未来創成学国際研究ユニット　国際シンポジウム 「Transdisciplinary Symposium on Advanced Future Studies」 組織委員会：Cynthia Trevisan（California State Univ.），Tae-Soo Chon（Pusan National Univ.），Ruprecht Mattig（TU Dortmund Univ.），富田直秀（京大・工），吉村一良（京大・理），岡本 久（京大・数研），西平 直（京大・教育），中野伸一（京大・生態研），山口栄一（京大・思修館），佐々木 節（京大・基研），村瀬雅俊（京大・基研）／組織委員長 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 代表：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 場所：京都大学基礎物理学研究所・湯川記念館 パナソニック国際交流ホール (2/8, 9) 京都大学百周年記念館 国際交流ホールⅠ，百周年記念ホール (2/10) 参加者数：100 名
2017/1/20	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 7 回） 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 共催：京都大学生態学研究センター（第 283 回 生態研セミナーとして） 講師：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所），大串隆之（京都大学生態学研究センター） 場所：京都大学生態学研究センター 参加者数：60 名
2017/1/14 ～ 2017/1/15	京都大学未来創成学国際研究ユニット学生・院生交流型「学際セミナー」 演題：未来創成学の展望（特別講演） 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 講師：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 場所：京都大学基礎物理学研究所・湯川記念館 パナソニック国際交流ホール 参加者数：60 名
2016/12/12	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 6 回） 『あの世から見たこの世の物理学：ニュートン，ライプニッツ，フェフィナー，マッハ，岡 潔，湯川秀樹が教える新しい死生観』 テーマ：「現実世界と精神世界――物質と精神の再統合の可能性」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：保江邦夫（ノートルダム清心女子大） 場所：京都大学基礎物理学研究所 研究棟（建物番号⑫番）2 階 K202 号室 参加者数：20 名
2016/11/25	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 5 回） 「真理とは何か？――数学世界，物理世界，精神世界」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：佐々木 閑（花園大学） 場所：京都大学基礎物理学研究所 建物番号 12 番 2 階 K202 参加者数：20 名

開催日時	開催概要
2016/11/12	「いのち，かたち，こころ」 主催：一般社団法人虚空会 共催：同志社大学創造経済研究センター，京都大学未来創成学国際研究ユニット 講師：富田直秀（工学研究科），大串隆之（生態学センター） 場所：妙心寺 如是院 参加者数：20 名
2016/10/18	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 4 回） 「目に見えないもの――その探求可能性を探る」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：塩田浩平（滋賀医科大学 学長），高林純志（京都大学生態学研究センター） 場所：京都大学基礎物理学研究所 新館 2 階 K 206 号室 参加者数：20 名
2016/9/3	国際教育学会（ISE）公開シンポジウム「教育を科学する」 共催:国際教育学会（ISE），神戸大学経済経営研究所，京都大学経済研究所，京都大学基礎物理学研究所（京都大学未来創成学国際研究ユニット），京都大学統合複雑系科学国際研究ユニット，同志社大学ライフリスク研究センター 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 場所：京都大学百周年時計台記念館国際交流ホール 参加者数：100 名
2016/8/5	International Symposium on “Chemical, Physical and Mathematical Foundations of Complex Phenomena” 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 座長：岡本 久（京都大学数理解析研究所），村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所），吉村一良（京都大学理学研究科），藤井紀子（京都大学原子炉実験所） 場所：京都大学数理解析研究所 4 階 大講演室 参加者数：60 名
2016/7/9	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 3 回）「失敗から学ぶ未来創成学への挑戦」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：大野照文（三重県総合博物館　館長），村瀬智子（日本赤十字豊田看護大学　学部長） 場所：三重大学大学院医学研究科 参加者数：50 名
2016/6/10	京都大学未来創成学国際研究ユニット研究懇談会 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 場所：ホテル日航プリンセス京都 参加者数：15 名
2016/6/5 ～ 2016/6/6	Kyoto Symposium 3 “Being Now” Community, Humanity and the Sacred: Platform for a New Economics 主催：同志社大学 創造経済研究センター 共催：京都大学未来創成学国際研究ユニット，京都大学統合複雑系科学国際研究ユニット，他 日程：2016/6/5 ～ 6 場所：同志社大学良心館経済学部棟 三階 第一共同研究室 参加者数：60 名
2016/5/10	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 2 回）「生と死 , 有と無」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所） 講師：ツトム・ヤマシタ（音楽家），カール・ベッカー（京都大学こころの未来研究センター） 場所：京都大学基礎物理学研究所・湯川記念館 2 階　パナソニック国際交流ホール 参加者数 50 名
2016/4/28	京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 1 回）「宇宙とこころの不思議に迫る」 主催：京都大学未来創成学国際研究ユニット 司会：村瀬雅俊（京都大学基礎物理学研究所），吉村一良（京都大学理学研究科） 講師：佐々木 節（京都大学基礎物理学研究所），河合俊夫（京都大学こころの未来研究センター） 場所：京都大学基礎物理学研究所・湯川記念館 1 階 パナソニック国際交流ホール 参加者数 50 名

プレス発表、新聞掲載等

新聞名	掲載概要
日本経済新聞	2015 年 12 月 16 日朝刊　文化面
東京新聞	2016 年 5 月 29 日朝刊　書評面

その他特記事項

アーカイブ(講演録)

氏名	講演内容
ツトム・ヤマシタ	No.2016-001,「懐かしき未来――石・人・音・空に住む」，ツトム・ヤマシタ，京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 2 回） 「生と死、有と無」・講演録（2016/5/10） http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2016/07/2016-001.pdf
ツトム・ヤマシタ，カール・ベッカー	No.2016-002,「ディスカッション」，京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 2 回），「生と死、有と無」・講演録（2016/5/10） http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2016/07/2016-002.pdf

各種プロジェクトレポート

氏名	論文
Johann Hohenegeer	Johann Hohenegeer, “Report on my visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics in 2018”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2019-001-e, 2019 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2019/01/2019-001-e.pdf
Renhui Li	Renhui Li, “Report on my visit at the Center for Ecological Researches(CER) of Kyoto University in 2018”, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2018-010-e, 2018 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2018/12/2018-010-e.pdf
Alessandro Usiello	Alessandro Usiello, “Report on my visit to the Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science, Kyoto University in 2018”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2018-009-e, 2018 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2018/10/2018-009-e.pdf
Amir Levinson	Amir Levinson, “Report on my visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics in 2018”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2018-008-e, 2018 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2018/07/2018-008-e.pdf
Swee Kuan Goh	Swee Kuan Goh, “Report on my stay at Kinso Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2018-007-e, 2018 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2018/06/2018-007-e.pdf
Petr Heinzel	Petr Heinzel, “Flares on the Sun and Other Stars”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2018-006-e, 2018 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2018/06/2018-006-e.pdf
François R. Bouchet	François R. Bouchet, “Report on my one-month visit to the Yukawa Institute for theoretical physics in February 2018”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2018-004-e, 2018 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2018/06/2018-004-e.pdf
Rafik Ballou	Rafik Ballou, “Report on my stay in the SSPC Laboratory in Division of Chemistry Graduate School of Science, Kyoto University”, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2018-003-e, 2018 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2018/06/2018-003-e.pdf
Héctor Bombín	Héctor Bombín, “Report on my stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics for the 2017-18 school year”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2018-002-e, 2018 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2018/06/2018-002-e.pdf
Ingo Fischer	Ingo Fischer, “Report on my 2017 stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japan”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2017-013-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2018/02/Report-on-my-2017-stay-at-the-Yukawa-Institute-for-Theoretical-Physics-Kyoto-Japan.pdf
Richard Karban	Richard Karban, “Spines Direct Insect Herbivores Away From Meristems and May Protect Grasses”, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2017-012-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2018/02/2017-012-4.pdf

氏名	論文
Paul G.Mezey	Paul G.Mezey, "Mathmatical Studies on Structual Chemistry",, *Journal of Integrated Creative Studies,* 2017-011-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2017/11/2017-011-e.pdf
Barbara Oakley	Barbara Oakley, "MOOCs and a Greater Synthesis at Kyoto University", *Journal of Integrated Creative Studies,* 2017-010-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2017/11/2017-010-e.pdf
Christian D. Ott	Christian D. Ott, "Report on my 2017 visit to YITP as a Visiting Professor", *Journal of Integrated Creative Studies,* 2017-009-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2017/11/2017-009-e.pdf
Ruprecht Matting	Ruprecht Matting, "Transcultural Freedom and Fulfillment of Life: The Impact of 'Japanese Culture' in Otto Friedrich Bollnow's Theory of Übung", *Journal of Integrated Creative Studies,* 2017-008-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2017/11/2017-008-e.pdf
Iki Murase	Iki Murase, "Morphological differences in the scapula-coracoid of seawater and freshwater fish", *Journal of Integrated Creative Studies,* 2017-006-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2017/11/2017-006-a.pdf
Héctor Bombín	Héctor Bombín, "Report on my stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics for the 2016-17 school year", *Journal of Integrated Creative Studies,* 2017-005-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2017/11/2017-005-e.pdf
Paul. G. Mezey	Paul G. Mezey, "Local and Global Chirality Measures of Natural Amino Acids", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2017-002-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2017/03/2017-002-e.pdf
Tae-Soo Chon	Tae-Soo Chon, "Ecological Integrative Systems in Linking Sciences and Societies — Social Consilience Based on Information Provision and Ecological Efficiency Appreciation", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2017-001-e, 2017 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/wp-content/uploads/2017/12/2017-001-e.pdf
Anna Cadoret	Anna Cadoret, "Motivic representations in positive characteristic", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-022-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/11/2016-022-e.pdf
Izumi Takeda	Izumi Takeda, "Report: Project-Based Learning with 21st Century Skills for the Japanese Language Classroom", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-020-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/10/2016-020-e.pdf
Herwig Michor	Herwig Michor, "Report on my research at the SSPC Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-019-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/10/2016-019-e.pdf
Kazunari Shibata, Daisaku Nogami	Kazunari Shibata and Daisaku Nogami, "A Report on the Workshop "Superflares on Solar-type Stars and Solar Flares, and Their Impacts on Exoplanets and the Earth." held in 2016 March 1st (Tue) — March 4th (Fri)", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-016-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/05/2016-016-e.pdf
Steven H. Saar	Steven H. Saar, "Visit to Kyoto University and the Superflare Workshop", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-015-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/05/2016-015-e.pdf
Valery M. Nakariakov, Chloe E. Pugh, Anne-Marie Broomhall	Valery M. Nakariakov, Chloe E. Pugh, Anne-Marie Broomhall, "Quasi-periodic pulsations in solar and stellar flares", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-014-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/05/2016-014-e.pdf
Adam F. Kowalski	Adam F. Kowalski, "Modeling the Optical (and NUV) Continuum Emission in Stellar Flares — Report on participation in the Kyoto University Superflare Workshop", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-013-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/05/2016-013-e.pdf
Suzanne L. Hawley	Suzanne L. Hawley, "Kyoto University visit and participation in Superflare Workshop", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-012-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/05/2016-012-e.pdf
Luis A. Balona	Luis A. Balona, "Flare stars across the H-R diagram", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-011-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/05/2016-011-e.pdf
Jevin D. West,	Jevin D. West, "The Science of Data Science", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-010-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/05/2016-010-e.pdf
Jeremy James Piggott	Jeremy James Piggott, "Project Report: IPBES Regional Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services for Asia and the Pacific. Towards the Zero Order Draft (ZOD)", *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-009-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/04/2016-009-e.pdf

氏名	論文
Alexander Vikman	Alexander Vikman, “How to change the sign of energy? — Report on my three months visit to YITP”, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-008-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/04/2016-008-e.pdf
Minghu Fang	Minghu Fang, “Report on my staying in the Kinso Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science”, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-007-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/04/2016-007-e.pdf
Christian D. Ott	Christian D. Ott, “Report on my 3-month visit to YITP”, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-006-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/04/2016-006-e.pdf
Pan Zhang	Pan Zhang, “Report on my stay during March 2016 at the Yukawa Institute for Theoretical Physics”, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-005-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/04/2016-005-e.pdf
Harrison Hsueh-Cheng Cheng	Harrison Hsueh-Cheng Cheng, “Auction Design with Speculative Resale”, *Journal of Integrated Creative Studies*, 2016-004-e, 2016 http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/icis/wp/wp-content/uploads/2016/04/2016-004-e.pdf

京都大学未来創成学国際研究ユニット 2016・2017年度活動報告
物質・生命・こころ・社会・宇宙をつらぬく創発原理を求めて

2018年3月28日　発行

編集・発行　京都大学未来創成学国際研究ユニット 研究推進戦略室
〒606-8502　京都市左京区北白川追分町　京都大学基礎物理学研究所
Mail:future@yukawa.kyoto-u.ac.jp

制作協力　　京都通信社

京都大学
未来創成学国際研究ユニット

京都大学
未来創成学国際研究ユニット

2019 年度活動報告書

開催イベント

タイトル

2019 Kyoto University Fountainbleau Workshop on Advanced Future Studies

日時 2019 年 6 月 3 日（月）- 5 日（水）

場所 La Loingtaine at Fountainbleau

参加者 **Naohide Tomita** (Kyoto University)

Masatoshi Murase (Kyoto University)

Kenichi Abe (Research Institute for Humanity and Nature)

Masako Sauliere (La Loingtaine)

Pernille Askerud (La Loingtaine)

Nahoko Shimada (Research Institute for Humanity and Nature)

Jacques Debs (Film Director)

Sander Van Der Leeuw (2019 Visiting Professor of Kyoto University)

タイトル 京都大学国際シンポジウム

「自然は考えるのか？ー自然の知をめぐる日仏間の学際的対話」

日時 2019 年 6 月 6 日（木）- 6 月 8 日（土）

場所 ユネスコ パリ本部(6 月 6 日､7 日)､パリ日本文化会館(6 月 8 日)

主催 京都大学、フランス（社会科学）高等研究院、
総合地球環境学研究所、ユネスコ（6 月 6 日、7 日）

後援 公益財団法人 国際花と緑の博覧会記念協会、
パリ日本文化会館（6 月 8 日）

人間をとりまく環境は、地球規模的にもはや楽観視できる状態にはない。人間は自然との付き合い方を根本的に見直すべき時にきている。フランスの風土学者 (Specialist of the Studies of Human Milieux)・Augustin Berque が「自然は考えるのか？」という奇妙な問いを、シンポジウムのテーマとして発案した。シンポジウムは、人間が優位に立つ西洋の近代的な自然観を再検討することを目的とする。25 ～ 30 名の諸分野の研究者 (人類学、風土学、哲学、仏教学、人間環境学、霊長類学、農学、海洋学、法学、美術史学等)、および自然に対面し自然と共創する実践家 (写真家、カキ養殖家) が集い、人間と自然、生物、植物、それらの関係性、生命、環境という一連の問題について、間文化的、学際的に議論する。

タイトル Kyoto Manifesto II on Kyoto Symposium V

Polyphonic circular co-emergence –「京神話ー動・不動の共創」

日時 2019 年 6 月 12 日（水）15:00 – 18:00

場所 同志社大学 クラーク記念館

主催 京都大学 未来創成学国際研究ユニット、
同志社大学 ライフリスク研究センター、創造経済研究センター

共催 一般社団法人 倫理研究所、一般社団法人 虚空会

協力 株式会社サウンド・コア

後援 京都府、京都市

予測不能な現実世界に直面しながら私たち人類はどういう路を歩んでいかなければならないのだろうか？この超課題への挑戦に向けて東西叡智の統合と自然とのポリフォニーを享受する身心変容が求められている。そこで本シンポジウムでは、経験と科学の対話、身心変容の理論と実践、芸術と宗教の対話を通して、未来志向の解決を模索する。

タイトル **京都大学未来創成学国際研究ユニットセミナー（第 14 回）**

NMR Insight to Quantum Magnets – pure and “healed” $BaCuSi_2O_6$, spin-1/2 chain β-$TeVO_4$, and $SrCu_2(BO_3)_2$ –

日時 2019 年 5 月 24 日（金）14:00 – 16:00

場所 京都大学 理学部 6 号館 571 会議室

演者 **Professor Raivo Stern**
（National Institute of Chemical Physics & Biophysics, Estonia）

京都大学研究協議基盤
未来創成学国際研究ユニットセミナー
（令和元年度）
講演題目
NMR Insight to Quantum Magnets
– pure and “healed” $BaCuSi_2O_6$,
spin-1/2 chain β-$TeVO_4$, and $SrCu_2(BO_3)_2$ –
講演者 Professor Raivo STERN
(National Institute of Chemical Physics & Biophysics, Tallinn, Estonia)
日時 ： 2019年5月24日（金）14:00-16:00
May 24, Friday 場所： 理学部6号館571会議室
Room 571 Faculty of Science Bldg. No.6
Abstract:
Ancient pigment, Han Purple ($BaCuSi_2O_6$) is a valuable model material for studying Bose-Einstein condensation (BEC) of magnons in high magnetic fields. We have characterized the BEC phase by Cu and Si NMR at 50 mK and around 23-27 T. In parallel, our density-functional calculations have resulted in a magnetic model with two types of nonequivalent spin dimers, in excellent agreement with the ^{63,65}Cu NMR data, implying also the lack of magnetic frustration in $BaCuSi_2O_6$.* The “healed” $Sr_{0.1}Ba_{0.9}CuSi_2O_6$ with suppressed structural phase transition and just single set of dimers at low-T is a new extension of this study.**
For a frustrated zigzag spin-1/2 chain compound β-$TeVO_4$, we verify the absence of the structural phase transition and address the possible existance of the high field low-T nematic phase.***
The spin-dimer antiferromagnet $SrCu_2(BO_3)_2$ is the most prominent realization of the Shastry-Sutherland lattice model. We performed NMR measurements in pulsed magnetic fields up to 72 T using ^{11}B nuclei.**** We observed a transition from a high-temperature, paramagnetic state to a low-T, commensurate superstructure of field-induced spin-dimer triplets on the 1/3 magnetization plateau. Our approach to measure broadband NMR in pulsed magnetic fields opens the door not only to the exploration of the higher-field groundstates of $SrCu_2(BO_3)_2$, but also to studies of many other quantum magnets with complex interactions that stabilize new phases of matter in very strong magnetic fields.
* V.V. Mazurenko, M.V. Valentyuk, R. Stern, A.A. Tsirlin, PRL 112, 107202 (2014).
** P. Puphal, D. Sheptyakov, N. van Well, L. Postulka, I. Heinmaa, F. Ritter, W. Assmus, B. Wolf, M. Lang, H. O. Jeschke, R. Valenti, R. Stern, C. Rüegg, C. Krellner, PRB 93, 174121 (2016).
*** F. Weickert, N. Harrison, B.L. Scott, M. Jaime, A. Leitmäe, I. Heinmaa, R. Stern, O. Janson, H. Berger, H. Rosner, A. A. Tsirlin, PRB 94, 064403 (2016).
**** J. Kohlrautz, J. Haase, E.L. Green, Z. T. Zhang, J. Wosnitza, T. Herrmannsdörfer, H.A. Dabkowska, B.D. Gaulin, R. Stern, H. Kühne, J. Magn. Reson. 271, 52 (2016).
Contact person: Kazuyoshi Yoshimura (3989)

Ancient pigment, Han Purple ($BaCuSi_2O_6$) is a valuable model material for studying Bose-Einstein condensation (BEC) of magnons in high magnetic fields. We have characterized the BEC phase by Cu and Si NMR at 50 mK and around 23-27 T. In parallel, our density-functional calculations have resulted in a magnetic model with two types of nonequivalent spin dimers, in excellent agreement with the ^{63,65}Cu NMR data, implying also the lack of magnetic frustration in $BaCuSi_2O_6$.* The “healed” $Sr_{0.1}Ba_{0.9}CuSi_2O_6$ with suppressed structural phase transition and just single set of dimers at low-T is a new extension of this study.**

For a frustrated zigzag spin-1/2 chain compound β-$TeVO_4$, we verify the absence of the structural phase transition and address the possible existence of the high field low-T nematic phase.***

The spin-dimer antiferromagnet $SrCu_2(BO_3)_2$ is the most prominent realization of the Shastry-Sutherland lattice model. We performed NMR measurements in pulsed magnetic fields up to 72 T using ^{11}B nuclei.**** We observed a transition from a high-temperature, paramagnetic state to a low-T, commensurate superstructure of field-induced spin-dimer triplets on the 1/3 magnetization plateau. Our approach to measure broadband NMR in pulsed magnetic fields opens the door not only to the exploration of the higher-field groundstates of $SrCu_2(BO_3)_2$, but also to studies of many other quantum magnets with complex interactions that stabilize new phases of matter in very strong magnetic fields.

* V.V. Mazurenko, M.V. Valentyuk, R. Stern, A.A. Tsirlin, PRL 112, 107202 (2014).

** P. Puphal, D. Sheptyakov, N. van Well, L. Postulka, I. Heinmaa, F. Ritter, W. Assmus, B. Wolf, M. Lang, H. O. Jeschke, R. Valenti, R. Stern, C. Rüegg, C. Krellner, PRB 93, 174121 (2016).

*** F. Weickert, N. Harrison, B.L. Scott, M. Jaime, A. Leitmäe, I. Heinmaa, R. Stern, O. Janson, H. Berger, H. Rosner, A. A. Tsirlin, PRB 94, 064403 (2016).

**** J. Kohlrautz, J. Haase, E.L. Green, Z. T. Zhang, J. Wosnitza, T. Herrmannsdörfer, H.A. Dabkowska, B.D. Gaulin, R. Stern, H. Kühne, J. Magn. Reson. 271, 52 (2016).

タイトル

京都大学国際シンポジウム「未来創成学の展望」

日時 2019 年 10 月 24 日（木）– 26 日（土）

場所 10 月 24 日 – 25 日（京都大学 百周年時計台記念館 国際交流ホール III）
10 月 26 日（京都大学 百周年時計台記念館 百周年記念ホール）

主催 京都大学
京都大学未来創成学国際研究ユニット、京都大学基礎物理学研究所

共催 京都市教育委員会、総合地球環境学研究所、
京都大学地域連携教育研究推進ユニット

後援 公益財団法人 ひと・健康・未来研究財団

京都大学ジュニアキャンパス2019
京都大学国際シンポジウム
未来創成学の展望
2019年10月26日(土) 12時 開場
参加費無料
京都大学 百周年時計台記念館 百周年記念ホール
京都市左京区吉田本町 http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/clocktower
URL : http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~future/sympo2019/

開催イベント

タイトル **京都大学 人社未来形発信ユニット**

第２回全学シンポジウム「女性がつくるアジア人文学」

日時 2019 年 8 月 23 日（金）12:30 開場　13:00 – 17:30

場所 京都大学 国際科学イノベーション棟 5F シンポジウムホール

主催 京都大学 人社未来形発信ユニット

「女性」に焦点を当てる今回のシンポジウムでは、大学で研究・教育に携わる女性たちが集まり、アジアの現代社会に潜むジェンダー関連の諸問題を明るみに出し、分析します。非西洋的な伝統をもつ社会の課題に切り込むには、非西洋起源の知が必要ではないか。家庭と大学を生きる女性研究者の視点から、アジア人文学という知の可能性を探ります。

タイトル **第３回こころの健康づくりシンポジウム**

こころの病とこころの癒し ～癒しのはじまりとしての病～

日時 2019 年 12 月 14 日（土）13:00 – 15:00（12:30 開場）

場所 日本赤十字豊田看護大学 講堂

対象 一般の方（定員 500 名・参加費無料）

日々の生活の中で直面するさまざまなストレス。こころの健康を保つには、どのように生活していけばよいのでしょうか。

今回のこころの健康づくりシンポジウムは、地球を一つにする「いのちの歌」の活動や、ユーモアを活用した病の癒しのプロセスを皆さんと共有しながら、日々のストレスで疲れたこころの癒し方をみつけることができればと思います。

タイトル

みえむ未来創成フォーラム 2019「三重の自然」

日時 2019 年 10 月 27 日（日）13:00 – 16:30

場所 三重県総合博物館 3 階 レクチャールーム
（〒 514-0061 三重県津市一身田上津部田 3060）

対象 三重県総合博物館

協力 京都大学研究連携基盤「未来創成学国際研究ユニット」

三重県は、南北に長く、水深 2,000m の深海から標高 1,700m 近くの山岳までをも含んだ多様な自然環境をもっています。この自然を背景に、各地域で特色あるくらしや歴史が育まれてきました。

三重県総合博物館（MieMu）では、こうした三重県の自然の中で課題を持ち探究している人々から、その実践を共有することで、三重県の持つ多様な自然環境に興味・関心をさらに高め、新しい価値を創造する機会としてフォーラムを開催します。

タイトル

“Discovering Transcultural Conceptualizations of Amae through Dialogue”

日時 2019 年 10 月 23 日（水）8:50 – 14:30 [ワークショップ]
2019 年 10 月 25 日（金）15:30 – 17:30 [シンポジウム]

場所 10 月 23 日　京都大学 旧演習林事務室 ラウンジ（北部構内マップ【15】）
10 月 25 日　京都大学 百周年時計台記念館 2 階（構内マップ【3】）

タイトル

ASU/Future Design/FEAST Workshop on intergenerational futures “Opening and Enacting New Futures”

日時 2019 年 11 月 7 日（木）10:00 – 18:00
2019 年 11 月 8 日（金）9:00 – 17:00
2019 年 11 月 9 日（土）9:00 – 12:15

場所 総合地球環境学研究所 講演室

Whether the concern is economic equality, cultural hegemony, energy transitions, automation or climate change, working through the fundamental contests of our times requires a clear read on the range and desirability of plausible futures. What are the variety of ways to (re)conceive different futures? How does (and ought) society align disparate visions to create better pathways? What theories of change animate research in and practices of anticipation?

Rather than slipping into dystopic despair or utopic fantasies, a balanced assessment of visions and prospects, of risks and roadblocks, is needed. This task involves more than creativity- we must take stock of the ways existing vital systems include openings for change, but also how they become locked in and resistant to change. Such systems are material and concrete, as well as immaterial, including our ideas, institutions, economic forms and relationships to the environment. That is, we live within hardened technological and institutional infrastructures that constrain our behavior yet also live within cultural constructs and embrace worldviews that become entrenched and constrain our thinking. The fundamental question then, is how to loosen over-determined systems in order to let better futures come to light.

In this workshop, we pursue ways of opening up our current ways of, explicitly or implicitly, envisioning and enacting the future—opening and pursuing symbolic and cognitive systems alongside obdurate, constraining, infrastructures of economics, politics and technology. We explore the role of imagination and play, how conceptual time travel enables new forms of governance and behavior, and how different methods to open the future can coalesce into new forms of action.

In this forum, we strive to (1) share and explore future-focused research and practice, mixing theoretical reasoning and case studies, and to (2) identify synergies across different fields of inquiry to stimulate longer-term development of research; and (3) discover new collaborations and joint research projects.

January 2019
No.2019-001-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics in 2018

Johann Hohenegger
Institute of Paleontology, University of Vienna, Austria
E-mail: johann.hohenegger@univie.ac.at

Abstract. This report summarizes my activities during a 2 month stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics. Beside discussions about the role of evolutionary biology in the complexity of upside-downside learning, lectures about 'Perception of the Biological World', 'Mysteries of Evolution' and 'While interested in many things, never reaching perfectness' were given.

Keywords: Evolution, Species, Typostrophen-Theorie, Mutation rates in populations

Personal Note

I thank Prof. M. Murase for his warm hospitality during my stay and Prof. T. Ohno, the director of Mie Prefectural Museum, who recommended me to work within the group of the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University.

1. Lectures

1.1. Perception of the Biological World

This lecture was performed on October 23, 2018 in the session 'Kyoto University International Forum on Advanced Future Studies' working as a parallel session to the 'International Conference on Applied Physics and Mathematics 2018' held in Narita.

Abstract: Besides naming of the basic units of organism groups by the two nouns *genus* and *species*, Linné has established the hierarchical system of classes. This hierarchy is inclusive, because one class includes classes of higher connectivity. Therefore, the grade of connectivity is a measure for constructing a hierarchical system. While in the biological hierarchical system the species is regarded as the only 'natural category', all higher categories, also the genus category, are regarded as artificial, thus not comparable between different higher categories. By the lack of testability, the genus is regarded as a construct of the human mind which cannot be verified. Therefore, characterizing 'natural' against 'artificial' categories are necessary.

Homogeneity in characters is the scale for connectivity, thus decreasing homogeneity in class building rate leads to fusion of classes. Continuous class building rates make distinct levels (= categories) within the class building system artificial. Only discontinuous class building rates mark these

discontinuities as natural categories (Fig. 1). The main criterion for finding natural classes is consistency of the classification criterion, meaning that the classification criterion must not change during the complete classification process.

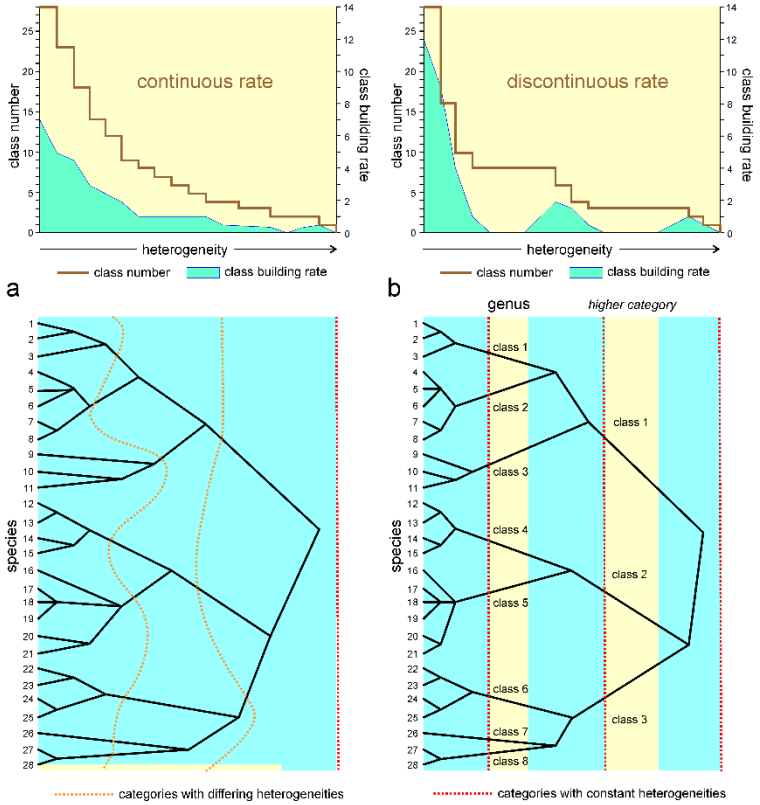


Figure 1. Differences between natural and artificial categories based on cladograms with the same topologies.

In phylograms and cladograms, where the connection points (levels) mark phylogenetic relationships, discontinuities are difficult to determine. This is the reason for failing the Linnean hierarchical system in phylogenetic systematics based on morphology or molecular genetics. Phylogenetic trees are also excluded from hierarchical classification based on heterogeneities, because they represent excluding hierarchies where fusion points are objects (species), not heterogeneity levels.

All biological classification systems are based on the biological species. As the basic classification object, species must represent homogeneous groups based on consistent classification criteria. Therefore, they must follow a general concept including all organisms. Since Darwin's work on the origin of species, intensive efforts have been mounted to find a criterion for biological species. This has led to numerous species concepts, but none have met the requirement of universal application. Additionally, many concepts are based on criteria that can be used only for recognizing species (operational criteria), not defining the 'being' or make-up of the species (explanatory criteria). In an explanatory definition represented here, species are groups of organisms sharing a pool of genotypes with the potential to transfer genomes to the succeeding generation, perpetuating transferability. Splitting up/off the pool of genotypes without further transfer potential between pools gives rise to new species. Operative methods try to approximate the explanatory species, but fails in delimiting closely related species from subspecies. Methods for species recognition and delimitation are based on morphological or molecular genetic characters or both together. Species described as pools of contemporarily interconnected genotypes possessing their own history lead to evolutionary lines.

The genus category grouping similar species into classes cannot be based on phylogenetic classifications neither using (apomorphic) morphological nor molecular genetic characters. They can only be based on phenetic criteria using morphological characters indicative for the species group. Therefore, three theorems are proposed for defining the genus:

- The genus is a group of species in a nested hierarchical system of an organism group.
- The organism group must be based on a constant number of characters (morphological, physiological, molecular genetic etc.) containing the maximum number of species detected.
- Genera are defined by the first significant discontinuity in the class building rate at the lowest heterogeneity level.

Higher natural categories in the specific classification group (e.g., agglutinating foraminifera with tubular tests) described by a constant set of characters must not be labelled (families, orders etc.), because comparison with other classifications are impossible since they are based on quite different classification criteria (e.g., families in Foraminifera versus families in Mammalia). Since the genus is solely based on morphological criteria, it can also be used for fossil forms.

1.2. Mysteries of Evolution

In this lecture for Junior High School Students held on October 27, 2018 at the Main Hall in the Clock Tower at Kyoto University the being of humans is explained by evolution using examples of

- 2 arms and 2 legs originating from early bone fishes entering the land using 4 pectorial fins
- The turning between radius and ulna for faster movement
- Evolution of a complex heart directing blood circulation
- Evolution of the vertebrate column from ancestors with a metameric body
- Evolution of the upright walking
- Evolution of the different specialized teeth in mammal jaws

1.3. While interested in many things, never reaching perfectness

In this lecture held on November 17, 2018 named ‘Open up our future through incubating learning power’ at the Mie Prefectural Museum I presented my curriculum and special interests demonstrating permanent learning. Starting in 1947 the studies at elementary schools, high schools and the following study system at the Austrian Universities were explained.

Abstract: Starting after senior high school, I elected from different university studies in which I was interested either to become a High School Teacher for Geography, Biology and Earth Sciences, or becoming a musician playing French horn. Two years later the concentration on Science resulted, again after additional 2 years, in a position as an assistant professor in Palaeontology, where by chance this position was newly founded. The Doctor of Philosophy was gained after finishing a thesis by strong examinations on Philosophy, Formal Logics, Zoology and 2 examinations on Palaeontology. Becoming an associated professor, my scientific work on micropaleontology resulted in many papers, up to now more than 150 in high quality journals. In these papers, I always tried to find new solutions to the given problem, mainly using formal logics, philosophy of science and mathematics. Beside these special studies, the problem of species and genera in biology, time estimation with periodic functions represented by orbital cycles, spatial statistics and ecology became interesting.

I like teaching, and many basic courses for bachelors in Earth Science were given by me. Beside scientific work, I rediscovered my musical interest and studied by myself to play the different types of lutes like Renaissance Lute, Archlute, Theorbo and the Barock Lute. Never reaching perfection, I always tried to find new ways of thinking in Earth Sciences and was responsible for the change of traditional lectures into new ones better answering the new questions arisen in Science. Since my retirement in

2012, I continued scientific work with 5 PhD students and published 35 papers. This made a permanent learning necessary.

2. Research Activities

My research activities during the stay in Kyoto encompassed discussions about rules in biological evolution and to find generality for all evolutionary processes. Today evolutionary biologists concentrate in evolution studies on molecular genetics, but documents for evolutionary processes can only be found in the fossil record, especially using microfossils possessing high evolutionary rates. Using these complex organisms with their long geological history, the different courses in evolution can be tested, e.g. differences between random walking and selection. This is important to explain modes in evolution. A model is developed based on the fact that species can be regarded as individuals, reacting to the organic and inorganic environment, but also influencing especially the organic environment. The birth of a species (speciation) is always effected by a more or less (geologically) abrupt change of the environment. When the environment keeps constant, then the species is exposed to selection. Similar to the lifetime of an organism, the mutation rates increase during lifetime of a species giving opportunity to gradual changes in morphology despite constant environmental conditions. Due to this variation, the threshold to other environments can abruptly being opened for a new (daughter) species (punctuated equilibrium model) or the complete species can exceed the threshold. A complex model will be developed for the different types of evolution, finally explaining the 'Typostrophen-Theorie' of Schindewolf (1950), based on Ammonites, which is divided into Typogenese, Typostase and Typolyse. While the first two stages could be explained by population genetics (Gould, 1993), the Typolyse can now be explained by the increasing mutation rates in the lifetime of a species. This idea and the dependence of species to oscillating environmental factors, but also their response to these factors will initiate further research.

References

Gould, St.J., *Foreword*. In: O. H. Schindewolf: *Basic Questions in Paleontology: Geologic Time, Organic Evolution, and Biological Systematics*. The University of Chicago Press. S. IX-XIV. Chicago/London 1993.

Schindewolf, O.H., *Grundfragen der Paläontologie. Geologische Zeitmessung, Organische Stammesentwicklung, Biologische Systematik.* Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1950.

May 2019
No.2019-002-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report of academic visit on Kyoto University

Jingqiu Zhang [1]

[1] Capital Medical University, Beijing China
E-mail: zjqrn2@163.com

Abstract. It is an unforgettable memory to be the visiting associate professor from June to August in 2018, when I felt grumous humanistic and academic atmosphere, communicated deep with Japanese scholars, visited varied Japanese libraries and academic institutes and collected rich research information. It was quite beneficial for me and made me impressive until now.

1. Attending academic seminars and exchanging research achievements

I left for Japan on June 3rd, 2018. The Institute for Research in Humanities Kyoto University held "Traditional Medical Cultural issues----Japanese and Chinese Medial History Seminar" between 15th and 17th June, where I participated and issued my article. Because the organizer of the seminar Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) is my main collaborative professor during my visit, I involved in some work of communication and exchange with Chinese scholars.

Table 1. Participating scholars and their issued articles

Date	Serial number	name	university	article
June 15th	1	名和敏光	山梨県立大学	新出土医史籍をめぐる二、三の考察
	2	程少軒	復旦大学	放馬灘簡《鐘律式占》疾病占卜的數術模型
	3	胡穎翀	上海市中醫文獻館	出土秦漢医方中度量衡問題芻議
	4	劉青	京都大学人間環境学研究科	朱権『活人心』の朝鮮と日本における伝播 ー諸本の比較を通してー
	5	入口敦志	国文学研究資料館	江戸時代の養生書刊行とその普及
June 16th	1	成高雅	京都大学人間環境学研究科	富士川文庫の新出資料
	2	黄英華	北京中医薬大学図書館	朝鮮《医方類聚》引用中国傷寒金匱類文献考
	3	孟永亮	内蒙古醫科大學中醫學院	《太平御覧》所載医薬文献整理研究——以《疾病部》為考察中心
	4	張浄秋	首都醫科大學	『修事指南』作者及存世版本考辨
	5	吳新明	広東省中医院名医工作室	《素問・玉版論要篇》的中医象数学初歩研究
	6	浦山あゆみ	大谷大学	陳蓋謨の『元音統韻』と『五車韻府』〜科学と音韻のかかわり〜
	7	王財源	関西医療大学	伝統医療文化からみた美容鍼灸学
	8	松木宣嘉	四国医療専門学校	四国医療専門学校が所蔵するふたつの張子二体組銅人形について
	9	付德明	山西醫科大學	日本諾貝爾生理学或医学奨獲得者的成因研究
	10	牛亜華	中国中医科学院中医薬信息研究所	民国初期中国的医学教育与日本
June 17th	1	鄭賢月	大連大学護理学院	満鉄遺跡与大連大学護理学院関係研究
	2	梁永宣	北京中医薬大学	日本漢方顆粒剤的开發及其与中国医学之渊源
	3	財吉拉胡	中山大學	巡回診療的地緣政治学：对 20 世紀前半日本東蒙古巡回診療的考察
	4	真柳誠	茨城大学	漢字圏医史の定量比較・人文地理学研究
	5	高津孝	鹿児島大学	薩摩、琉球博物學探論
	6	平野恵	台東区立中央図書館	「採薬記」から名所記へ―『本朝奇跡談』―を中心に
	7	福田安典	日本女子大学	都賀庭鐘の読本　『通俗医王耆婆伝』

The article On Author and Existing Versions of Guidelines of Processing of Herbs I issued is one of periodical results of the project Medical Workers in Yenching I host, which was praised by many scholars and also proposed suggestions to. Researcher Niu Yahua Dean of Edition Department in

Chinese Journal of Medical History showed interest on my thesis, gave his ideas, asked me to make some adjustment and agreed to publish it. The article was published in Chinese Journal of Medical History Issue 5 in 2018.

During the seminar, I met many Japanese scholars and our communication helped me with basic understanding in research of Chinese medical literature in Japan. Another benefit from this seminar was that Professor Iriguchi Atsushi (入口敦志) from National Institute of Japanese Literature and I communicated in a deep way and we agreed to hold East Asian Medical and Herbal Antique Books Seminar in Capital Medical University where I work in 2019. The seminar had been held on January 12th in 2019. Over 20 scholars from China and Japan joined and carried out enthusiastic academic discussion. The two parties agreed to communicate further, deepen collaborative fields and promote academic exchange.

2. Benefits from deep discussion with Professor Takeda Tokimasa (武田時昌)

As the well-known expert at science technology history and astrology in Japan, Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) enjoys popularity in China's academic fields. The main purpose of this visit was to conduct deep discussion with him and ask for advice. Except collection information and joining in seminars, Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) and I carried out deep conversations 3-4 days every week. The discussion contents go as follows:

① present situation, main researchers and characteristics of medical history study in Japan;
② research process of science and technology in Kyoto University, especially about the main researchers and their research methods of Kyoto school covering literature and history research;
③ collections of Fujikawa Library and its digital project;
④ blank research aspects and materials of medical history in academic fields in China and Japan, Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) shared his research envision;
⑤ introducing main researchers in Chinese traditional operas in Japan, such as 金文京, Akamatsu Norihiko (赤松紀彦)、Komatsu Ken (小松謙) and so on;
⑥ introducing main book collecting institutes in Japan and their book borrowing and copying methods;
⑦ assessment on China's academic development and main achievements;
⑧ sharing his academic experiences and understanding.

Besides, Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) introduced some scholars in Institute for Research in Humanities Kyoto University to me. During communication with Professor Takeda Tokimasa (武田時昌), I found him quite familiar with academic history, the latest academic achievement and frontiers of theories and thoughts, which was impressive. He emphasizes time arrangement and usually reads books using odd time, which helps save time and is efficient.

Except academic exchange, Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) also cared for my life. That I don't speak Japanese made my 2-month-long in Japan some inconvenience. The first day I arrived, Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) went to the dorm to arrange my accommodation and checked in person air conditioners, power sources and cold and heated water. Meanwhile he introduced me Chinese students who can help me with some daily issues. On weekends, we talked about my research and discussed some issues while touring Arashiyama mountain. When we encountered historical sites, he became the tour guide and narrated Japanese history to me. Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) showed the utmost solicitude, which made me at ease and grateful.

3. Visit on varied book collecting institutes and understanding literature collecting situation in Japan

Public and private libraries in Japan collects large amount of Chinese classic books, which is well-known by Chinese scholars. One of my purposes during this visit was to learn and acquaint myself with Japan's Chinese books collecting situation and perceive Japan's antique books collecting methods and levels from perceptual levels.

The book collecting institutes include: Kyoto University Library, Library in the Institute for Research in Humanities Kyoto University, Tokyo University Library, Hitotsubashi University Library, Library of Japanese Cabinet, the Oriental Library, International Research Center for Japanese Studies etc.

Generally speaking, characteristics of antique books collected by Japanese libraries go as follows:

① Emphasizing classification between rare ancient books and common antique books

From collections of Kyoto University Library, it is quite different for rare ancient books and common antique books to be read and collected. It is not allowed to take rare ancient books out because of their ages and rareness and also it needs reservation before reading. Some restrictions should follow when duplication. It is relatively loose to use common antique books. Readers can pick books on shelves and take photos at will. Even when using some of them, registration with easy procedures is needed. This is helpful to use antique books and also beneficial to protect rare antique books.

② Strict procedures when reading rare antique books

It is strictly restricted in consulting rare antique books in every country and reading should follow procedures. Different from Chinese libraries, it is feasible to read rare antique books in Japan if you have sound reasons and follow application procedures. One of significant principles in literature research is to read physical books, which is better than digital images in finding and solving research issues. Procedures and strategies of Japanese book institutes help to solve how to take both protection and research into account.

③ high degree of digitalization of antique books

Japan's main book collecting institutes all found antique book data bases in the digital way which are open online to the world. Judging from structures of data bases, the catalogues are concededly designed and apprehended at a glance. Digital images can be loaded for research, which is greatly convenient to scholars and helpful to academic research. This puts the concept "academics are for social utility" into practice, which is impressive. Japanese antique books' digitalization enjoys high quality and image definition, where you can feel related librarians here are all trained in a strict and academic way and details of literature are cared well.

④ A large collection of books

It is said that Japan has collected a large number of Chinese antique books. I heard it before and when I saw them in person it was still impressed. The reasons that influence is: China and Japan are neighbors, which has long history of communicating. Many Chinese antique books were transported to Japan and Japan emphasizes conservation of books and cultural research. All these helps to establish Japan's amazing book collection structure. The above has been fully narrated by Chinese and Japanese literature research experts, which I don't need repeat.

⑤ Amazing conservation of antique books

I heard that Japan conserves antique books well before. Seeing is believing. Usually it is not allowed for readers to go into antique book repository, while this time I was supported to go to Kyoto University and luckily I was allowed to enter three repositories of the university, where I was overwhelmed by orderly organization and collection. Especially I was impressed with the custom-made book containers, which are simple and elegant. Some books that are not used

frequently on the shelf are still surprisingly tidy and clean. This shows diligence and profession of Japanese librarians.

Because of limited time and energy, I visited on some book collection institutes on line, such as Kyōu Shooku (杏雨書屋), Sonkeikaku Bunko (尊經閣文庫), Seikado Bunko (靜嘉堂文庫), Iida City Library (飯田市立圖書館) , where I am going to visit on site in the future.

4. A rewarding visit and collecting research materials

There are two research topics on this visit：

① exiting versions of the Notes of Yuewei Cottage (閱微草堂筆記) By Ji Xiaolan (紀曉嵐)
② communication of Four Chinese Medical Classics in Japan

Thus, my collected materials mainly focus on these two aspects. According to Japan's Collected 'Kanseki Datebase (日本所藏中文古籍數據庫)'[1], I consulted collection situation of initial offprints of the Notes of Yuewei Cottage (閱微草堂筆記) by Ji Xiaolan (紀曉嵐), as followed:

Table 2. Catalogue of five initial offprints of Japan's Collected the Notes of Yuewei Cottage (閱微草堂筆記) by Ji Xiaolan (紀曉嵐)

Order number	name	edition	Volume	location	Index number
1	灤陽消夏錄	在園草堂刻本	6 冊一帙	飯田市立中央	日夏耿之助文庫　3121
2			5 冊，卷 5, 6 缺	內閣文庫	公文書館豐後佐伯藩主毛利高標本　309-148
3		刊本	殘存卷 1、2	九大	六本松　222　R　16Δ
4	如是我聞	刊本		山口大	923/K9/1･1-1･4〔人文〕Δ
5		刊本	4 冊	京大人文研	東方　子-XII-2-29
6		清刊本	4 冊	東大總	青洲文庫（渡邊信氏）E46-12
7		清乾隆 57 年後序刊	4 冊	酒田市立	光丘文庫　七三三Δ
8	槐西雜誌	乾隆 57 年刊本	4 冊	九大	六本松　049・2　Ka　45Δ
9				內閣文庫	公文書館 林（大學頭）家本 309-149
10		乾隆 59 年重校刊本	4 冊	京大人文研	東方　子-XII-2-30
11		清刊本	4 冊	東大總	鷗外文庫（森林太郎氏）　E40-22
12		清刊本	4 冊	一橋大	Ydmb：2
13	姑妄聽之	乾隆 58 年北平盛氏望益軒刊本	4 冊	京大人文研	東方　子-XII-2-31
14		乾隆 58 年在園草堂刊本	4 冊	東洋文庫	III-11-G-24

Note: it is a pity that I didn't see the marked ones in red.

[1] URL: http://kanji.zinbun.kyoto-u.ac.jp/kanseki?detail

Meanwhile I collected Mori Tachiyuki (森立之)'s research on Shennong's Herbal Classics, related research work about History of Bianque and Canggong in Records of the Grand Historian and research works and articles about Gigaku masks collected in the Shosoin. These materials provide me with literature support and help me with text arrangement on the Notes of Yuewei Cottage (閱微草堂筆記) by Ji Xiaolan (紀曉嵐), which is supposed to be published by Zhonghua Book Company; Text research on Bianque(tentatively) is on process and supposed to be issued in Chinese Medical Culture this year; the article On Mori Tachiyuki (森立之)'s Herbal Study is also on process.

5. Humanistic atmosphere and academic passion encourages me forward

During the 2-month-long visit, long history and strong humanistic atmosphere made me linger on and quiet and modest Kyoto University kept me obsessed. At times, I enjoyed warm sunshine sitting under the tree in front of the main building on campus in the afternoon; at times, I walked along the Philosopher Path in the drizzly rain breathing moist air or gazed at ducks swimming in the river. The golden phenix in Byodo-In Temple, the exquisite tower in Golden Pavilion, the lying overline bridge in Tofukuji Temple, the imposing dragon head in Tenryu-ji Temple and so on……All the masterpieces are combined closely with Kyoto, which makes an enchanting oriental ancient city. Wherever you go in the city, you can feel the historical tracks and sense the cultural breath. In Kyoto I found academics and life had been bound together. What was seen, heard, eaten and drunk reminded you of ages ago, which made me obsessed most. The visit on Kyoto helps me understand academics deeper, as academics just go around us in a silent way. You can feel it if you care; when you feel it, you will be haunted by it.

Acknowledgement

I would like to thank Kyoto University and related institutes for support this academic visit. Without their generosity, I can't make it done. At the same time, I want to thank Professor Takeda Tokimasa (武田時昌) of Institute for Research in Humanities Kyoto University, whose honesty, enthusiasm, kindness and profoundness makes me moved and admired. I'd like to express my gratitude to professors in Bureau of General Services of Institute for Research in Humanities Kyoto University, their patient replies and thoughtful arrangement provided convenience for my stay at Kyoto. Furthermore, I am grateful to Professor Liang Yongxuan (梁永宣) from Beijing University of Chinese Medicine, whose encouragement and recommendation helped realize this visit. Thanks to Yoshida International House, they helped with my accommodation in Kyoto. I also feel grateful to Doctor Liu Qing (劉青) from Graduate School of Human and Environmental Studies, who offered me timely assistance.

Finally, thanks to Office of International Research Unit of Advanced Future Studies (AFS) Kyoto University, they gave me thoughtful understanding and also reminded me in time. As soon as I returned to China, I was indulged in busy work which delayed my final report. I feel sorry and grateful to them.

May 2019
No.2019-003-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics for the 2018-19 school year

Andrew S. Darmawan[1]
[1]Yukawa Institute for Theoretical Physics
E-mail: andrewdarmawan@gmail.com

Abstract. In this report I will describe my scientific activities at the Yukawa Institute for Theoretical Physics as an Advanced Future Studies Researcher since my arrival in June 2018.

Keywords: Quantum error correction, tensor networks, superconductivity, Monte Carlo.

1. Scientific Activity

I started my position at the Yukawa Institute for Theoretical Physics in June 2018. This report will outline my research activities from my arrival until the end of March 2019.

I have given several talks since my arrival YITP. including a talk at the Asia Quantum Information Sciences sattelite workshop at YITP and visiting talks at The University of Sherbrooke. The title of both talks was “Linear time decoding algorithm for the surface code”. In November 2018 I presented some of the techniques I’ve developed for studying error correction to start-up companies in California.

1.1. Superconductivity vs. stripe order in the Hubbard model

When I first started my position at the Yukawa Institute of Physics, I was working on a problem in condensed matter physics. One of the big open challenges in physics currently, is to understand high-temperature superconductivity in copper-oxide superconductors. The remarkably high critical temperature in doped cuprates discovered around 30 years ago, however its physical mechanism still remains under debate. A detailed understanding of the mechanism of high-temperature superconductivity could pave the way to breakthroughs in the design and application of superconductors.

A simple model, believed to capture the essential physics of cuprates, is the square lattice Hubbard model. Despite the simple form of the model, the properties of the ground state remain largely under debate. The model is particularly challenging due to the fact that a large number of low-lying excited states compete strongly in the doped region. Resolving the differences requires accurate numerical techniques.

We applied a variational Monte Carlo method to study the ground state of the Hubbard model. The method combines a variety of variational wavefunctions, in order to capture the different types of order that may be present. After intensive calculation using K-computer, Japan's largest supercomputer, we found an extremely complex low-energy space, with strong competition between charge ordered states and superconducting states. In a large region of the phase diagram, the ground state was found to be stripe ordered, with electron density varying periodically in one direction.

We found some remarkable similarity with experimental results. For instance, superconductivity was found to be strongest in the ground state at a very similar doping point to the where the critical temperature has been experimentally observed to highest. This suggests that the Hubbard model may be able to describe the essential physics of high-temperature superconductors. We have published a paper containing this result in Physical Review B (Darmawan 2019).

Andrew S. Darmawan, Yusuke Nomura, Youhei Yamaji, and Masatoshi Imada, Phys. Rev. B **98**, 205132 (2018)

1.2 Decoding of topological error correcting codes

Noise is one of the biggest obstacles to overcome in the construction of full scale quantum computation. Topological error correction represents a simple way to protect the information stored in a quantum computer from noise. There is a classical processing component of error correction, called decoding, which involves choosing the best correction given limited information from measurements performed during the error correcting process. The performance of the decoder can drastically affect the logical error rate, and overall cost of quantum computing. I am currently pursuing a number of research directions in improving decoding of topological error correcting codes. These approaches are based on tensor-network methods.

One question the importance of information about the underlying noise process to the decoding algorithm. There are certain cases where information in the noise can greatly enhance the power of error correcting codes. However, in practice, noise can only be known approximately, and it is unclear how much information is needed to perform near optimally. We are currently investigating this question using tensor-network numerical simulations.

I am also looking more generally at how decoders and numerical techniques for error correction can be improved. This involves enhancements to existing methods to reduce cost and increase performance. I am also looking at how state-of the art numerical methods in condensed-matter physics, based on tensor networks, may be applied directly to error correction.

2. Conclusion

This year I have been working on several problems in quantum information theory and quantum condensed-matter physics using techniques for studying quantum many-body systems that have broad application. This research has been done in close collaboration with Japanese and international research groups.

May 2019
No.2019-004-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my visit to Kyoto University as an Advanced Futures Fellow: Evolution of cyanogenesis in *Trifolium repens* in response to spatial and temporal environmental variation in Japan

Marc T. J. Johnson
1Centre for Ecological Research, Kyoto University
[2]Department of Biology, University of Toronto Mississauga
[3]Centre for Urban Environments, University of Toronto
E-mail: marc.johnson@utoronto.ca (corresponding author's address)

Abstract. Here I report on my activity from April to June 2018 as an Advanced Futures Fellow at Kyoto University. During this time, I examined how the plant white clover (*Trifolium repens*), adapts to spatial variation at large and small spatial scales associated with environmental variation in temperature. At a large spatial scale, I sampled 25 *T. repens* populations from the South to the North of Japan, and assayed the frequency of plants that produce hydrogen cyanide (HCN), an antiherbivore defence trait that also reduces tolerance to freezing and varies due to Mendelian inheritance at two loci. I further tested for genetic clines in HCN along urban-rural gradients across three cities (Sapporo, Kyoto and Hiroshima). *Trifolium repens* exhibited a a decrease in the frequency of HCN genotypes with increasing latitude and lower temperatures. The strength of these clines were stronger than clines sampled seven decades ago, suggesting that *T. repens* has continued to adapt to large scale climatic gradients in Japan since its introduction in the 1800s. I detected a cline in HCN along the urban-rural gradient of Kyoto, whereas there were no clear genetic clines in either Sapporo or Hiroshima. My results show that *T. repens* adapts to large scale environmental gradients but seldom adapts to small scale environmental variation in Japan.

Keywords: Climate change, Cyanogenesis, Plant defence, Plant-herbivore, White clover

1. Introduction

This report documents the work I undertook during my two month stay as an Advanced Futures Fellow at Kyoto University from April -June 2018. During this time I was based on the Center for Ecological Research. In addition to the research I performed, I gave six lectures, participated in the Kyoto Forum, and interacted extensively with faculty, students and post-doctoral researchers at Kyoto University and other Japanese universities, giving them feedback on their research and ideas. My work focused on the adaptation of plants to climate, and thus this document represents a report of my preliminary findings.

Understanding how species adapt to their environment is a question of fundamental importance in biology. Evolution of species' populations along environmental gradients has long served as a model to understand how organisms adapt to spatial and temporal changes in their environment (Briggs and Walters, 1972). Spatial gradients in the environment may include changes in temperature with latitude, whereby temperature decreases at higher elevations and higher latitudes. Temporal changes may include seasonal changes or longer-term trends such as historical and contemporary climate change. Here I seek to understand how spatial and temporal variation in temperature in Japan affect the evolution of a functionally important antiherbivore defence trait in white clover (*Trifolium repens* L, Fabaceae).

White clover has long served as a model for the study of adaptation to spatial variation in temperature. This plant exhibits a genetic polymorphism for the production of the chemical defence, hydrogen cyanide (HCN), whereby plants produce either HCN (cyanogenic) or they completely lack this defence (acyanogenic). Variation in this trait is caused by Mendelian inherited allelic variation at each of two loci: CYP79D15 (hereafter referred to as the Ac locus), which produces the cyanogenic glycosides linamarin and lotaustraulin (Olsen *et al.*, 2008), and linamarase (hereafter referred to as the Li locus) which produces the enzyme that hydrolyzes the cyanogenic glycoside to produce HCN (Olsen *et al.*, 2007). Plants require at least one functional allele at both loci to produce HCN, and both loci exhibit partial or whole gene deletions that result in a recessive loss of function of that gene. If a plant is homozygous for the recessive gene deletion at either locus then the plant is acyanogenic. While HCN's primary function is involved in defence against generalist herbivores (Burdon, 1983; Hughes, 1991; Thompson and Johnson, 2016), the presence of HCN also decreases tolerance to freezing (Daday, 1954; Olsen and Ungerer, 2008; Kooyers *et al.*, 2018). Daday (1958) showed that in the native and introduced ranges of *T. repens*, plants exhibit clines in the frequency of HCN producing genotypes within populations. In the native range, he showed that the frequency of HCN producing genotypes decreases from 100% in the south of Europe (Spain), to 0% in the North and East of Europe (e.g. Norway, Russia) (Daday, 1954), where temperatures are below freezing in winter. He went on to show that there are similar but weaker clines in the non-native ranges of North America and Japan, and no clines in South America, Australia or New Zealand. Since Daday's (1958) work, *T. repens* populations have had seven decades to further adapt to environmental gradients in their introduced range, and the Earth has warmed considerably since the 1950s. These global climatic changes may have allowed clines to become steeper in the introduced range and cyanogenic plants to occur at higher latitudes.

Recent work also shows that *T. repens* can adapt to the much smaller spatial gradients in temperature caused by cities and surrounding rural areas. In several North American cities, HCN frequencies are low in downtown regions of cities and higher in suburban and rural areas (Thompson *et al.*, 2016; Johnson *et al.*, 2018). These genetic clines appear to be caused by a gradient in colder minimum winter temperatures in cities. Since urban areas have convergent features throughout the world, it might be the case the plants like *T. repens* consistently adapt to cities throughout their range, but this possibility of global parallel evolution to urban environments has not been tested.

Here I test the hypothesis that the HCN polymorphism in *T. repens* has adapted to spatial and temporal climatic temperature gradients in Japan. I asked three specific questions. First, does *T. repens* exhibit a cline in the frequency of HCN genotypes with either latitude or winter temperatures in Japan? Second, has the strength of this cline changed through time, and has the frequency of HCN

genotypes increased in northern populations? And third, does HCN exhibit genetic clines along urban-rural gradients in large Japanese cities, as has been seen in North America. The results reported here contribute to our understanding of how plants adapt to climatic variation. The results presented in this report are preliminary and conclusions should be viewed as tentative and incomplete. The full works will be published separately as part of the M.Sc. thesis of Simon Innes, and as part of the Global Urban Evolution Project (www.globalurbanevolution.com)

2. Material and Methods

The material obtained to answer our research questions were collected at two spatial scales: 1) broad geographic samples from across Japan, which answered questions 1 and 2; and, 2) smaller scale samples within individual cities. My description of the methods for sampling at each of these scales follows.

2.1. Contemporary and historical samples of *T. repens* HCN frequencies across Japan

To address questions 1 and 2, we sampled 25 populations of *T. repens* from the South (Nishi-Oyama: 31.17523 N, 130.59019E) to the North of Japan (Sapporo: 43.10601 N, 141.40253 E) (Figure 1). From each population, we collected seeds from a minimum of 20 plants. These seeds were then grown from seed in a growth chamber at the University of Toronto Mississauga and phenotyped by S. Innes for the presence or absence of HCN using a modified version of the Feigl-Anger assay (Gleadow *et al.*, 2011) as described in (Thompson and Johnson, 2016). The presence of HCN indicates plants that have at least one functional allele at both Ac and Li. We are presently determining the frequency of the dominant and recessive alleles at both loci individually. In total, we assayed 903 plants with an average of 36 plants per population. To obtain historical data from Japan, we extracted the data presented in Appendix I of Daday (1958) for HCN phenotype, geospatial coordinates and temperature from each of the seven populations sampled from Japan in the 1950s. Using these data we used linear regression and analysis of variance (ANOVA) implemented in R to determine how the frequency of cyanogenic genotypes within populations changed with latitude and winter temperature for both the historical and contemporary data sets.

[INSERT FIGURE 1]

2.2 Sampling urban-rural clines in HCN within cities

To answer question 3, we sampled plants along urban-rural clines in each of three large Japanese cities: Sapporo, Kyoto and Hiroshima (Figure 1). From each city we sampled plants from 44-45 populations along an urban-rural clines, as shown in Figures 2. These clines started in the urban centre of each city, continued through the suburbs and then several kilometres into rural areas outside of the city. From each city we sampled 10-20 plants separated by at least 3m, for a total of 874 plants from Sapporo, and 994 plants from each of Kyoto and Hiroshima. From each plant we collected 3-4 leaves, which were stored in 2 mL microcentrifuge tubes in a -80C freezer until the HCN assay was performed as before. We then used linear regression to determine whether HCN frequency within each population was related to the relative distance from the urban centre. Distance from the urban centre was used as a metric of urbanization, which is well correlated with the percentage of impervious surface in each of the three cities sampled. Distance was relativized based on the Euclidean distance from the urban center, with 0 corresponding to the urban center of a city, and a distance of 1 representing the most distance rural site; typically 30-40 km from the downtown region (Figure 2).

[INSERT FIGURE 2]

3. Results

3.1 Latitudinal clines in HCN

The frequency of HCN within populations declined at higher latitudes and increased with higher winter temperatures. Correspondingly, the frequency of HCN was significantly related to latitude (Slope = -0.045, $P = 0.005$, $R^2 = 0.29$) and winter temperatures in January (Slope = 0.037, $P = 0.014$, $R^2 = 0.24$).

The historical frequency of HCN within populations showed no significant relationship with either latitude (Slope = -0.006, $P = 0.75$, $R^2 = 0.02$) or temperature (Slope = 0.008, $P = 0.59$, $R^2 = 0.016$). When the contemporary and historical data for HCN frequency is included in a single model, there is a significant effect of latitude ($F_{1,28} = 8.76$, $P = 0.006$), but no difference in average HCN frequency between the two samples (contemporary vs historical) ($F_{1,28} = 2.16$, $P = 0.152$), and there was no interaction between latitude and when plants were sampled ($F_{1,28} = 1.71$, $P = 0.20$; Figure 3). A visual inspection of Figure 3 suggests that the slope of HCN versus latitude is steeper in the contemporary sample compared to the historical sample, with higher frequencies of HCN in the South and roughly equivalent frequencies in the North.

[INSERT FIGURE 3]

3.2 Urban rural clines in HCN

Of the three cities sampled, a significant cline in HCN versus distance from the city center was observed in only a single city (Figure 4). In Kyoto, there was a significant negative relationship between HCN frequency and distance from the city centre (Slope = -0.193, $P = 0.045$, $R^2 = 0.092$; Figure 4B), indicating that the frequency of HCN was higher in the city than in the surrounding rural areas. No relationship was found in either Hiroshima (Slope = -0.01, $P = 0.931$, $R^2 = 0$; Figure 4C) or Sapporo (Slope = 0.111, $P = 0.2$, $R^2 = 0.039$; Figure 4A).

[INSERT FIGURE 4]

4. Discussion

The results collected during my Advanced Futures Fellowship show that *T. repens* has evolved clear clines in the frequency of HCN from the South to the North of Japan, which is associated with a large gradient in temperature. Of the three cities examined, only one city showed a significant cline in HCN. I discuss the importance of these results in relationship to adaptation to spatial and temporal variation in environments.

4.1 Contemporary and historical clines in HCN across Japan

The contemporary sample of *T. repens* across Japan showed a clear signature of an adaptive cline in genotype frequency. Consistent with Daday's (Daday, 1954; Daday, 1958), the frequency of HCN in populations declined from the South to the North of Japan. The percentage of HCN within populations was predicted to increase by 3.7% for every degree of warming in January, which is consistent with colder temperatures selecting against cyanogenic genotypes. Based on the equation of the best fitting regression line, 63% of all plants were cyanogenic at the very south of Kyushu, and 0% of plants were predicted to be cyanogenic (i.e. 100% acyanogenic) at the very northern tip of Hokkaido.

Based on data from seven populations sampled in Japan, Hunor Daday concluded that *T. repens* had evolved a cline in one of the two loci (Ac) in response to the temperature gradient that occurs in this country. However, this conclusion was not based on any statistics, but instead relied on a qualitative assessment of frequencies at Ac and Li in relation to winter temperature and latitude. While he did not specifically look at the frequency of HCN plants within populations, it is surprising that we found no relationship between HCN and latitude or temperature in his sample. Moreover, I tested the correlation between the frequency of Ac and temperature in his dataset and found it to be non-significant ($r = 0.21$, $P = 0.64$), suggesting that Daday's conclusions about an adaptive cline in Japan were unfounded. Based on this comparison of the contemporary and historical samples of *T. repens* in Japan, it would appear that populations in Japan have become better adapted to spatial variation in climate since the 1950s. Since the lines cross at higher latitudes (Figure 3), it indicates that cyanogenic genotypes have not shifted

further north, as might be predicted as a response to climate change. However, when we test these observations explicitly, we find no difference in the relationship between HCN frequency vs latitude between the two dataset. Given the relatively small number of populations sampled by Daday, it is difficult to discern whether this lack of an interaction reflects the low statistical power inherent to Daday's sampling of just seven populations, or whether there has not been sufficient time for adequate evolution change since the 1950s. Unfortunately, these two possibilities cannot be disentangled, but we are looking to other countries to see if this can be resolved from a larger global sample.

4.2 Adaptation of *T. repens* to cities in Japan

Based on earlier results from North America (Thompson *et al.*, 2016; Johnson *et al.*, 2018), we hypothesized that cities in Japan would exhibit urban-rural clines in the frequency of HCN, with the lowest level of HCN in urban locations. Contrary to our prediction, we did not detect any cline in two cities (Hiroshima and Sapporo) and a weak cline in the opposite direction to what was predicted in Kyoto (Figure 4). These results have several possible interpretations. First, it is possible that there is something unique to North American cities to make it more likely for *T. repens* to adapt to those cities. Although North American cities are on average younger than Japanese cities, this possibility seems unlikely since we have now seen clines in other cities throughout the world, including other Asian cities included in the Global Urban Evolution project. The other possible explanation for the cline in Kyoto, is that all rural samples were sampled from an elevation that was ca. 70m higher. However, given that HCN was on average 19% lower in the rural compared to the urban area, and the temperature difference between these habitats is expected to be <0.5C, then this degree of temperature difference cannot account for the large difference in HCN. Perhaps the most likely explanation is that the herbivore communities were higher in the city than the rural area, a possibility that remains to be tested.

4.3 Conclusions

Based on my study of plant adaptation across Japan, I can make several tentative conclusions about the evolution of HCN within *T. repens* in response to spatial and temporal variation in the environment. First, it is clear that *T. repens* has adapted to latitudinal variation in climate since its introduction to Japan in the 1800s. Second, circumstantial evidence suggests that seven decades since Daday's work has allowed populations to adapt more to climate than was observed in the 1950s, although this conclusion remains tentative and is not entirely supported by all analyses. Finally, we found limited evidence for adaptation of *T. repens* to cities, with the one significant cline being opposite to what has been observed in North American cities. These results suggest that climate over large spatial scales is most important in driving the evolution of adaptations of *T. repens* to temperature gradients in Japan.

5. Acknowledgements

I have many people to thank for this project and my time in Japan. Dr. Masotoshi Murase and Dr. Takayuki Ohgushi were both generous and kind in their invitation to me and for being gracious hosts. I thoroughly enjoyed my time as an Advanced Futures Visiting Fellow, which led to productive research, discussions and collaborations. I thank the scientists in the Center for Ecological Research for hosting my stay, including Hirokazu Toju, who allowed me to use his lab and equipment. The International House residence provided us with generous space for my accommodations. Dr. Shunsuke Utsumi hosted my visit to Sapporo University and he and his lab worked with me to sample and then assay the urban population. Reagan, Mae and Oscar Johnson collected many of the samples used in this study. All assays unrelated to cities in this report were performed by Simon Innes, a M.Sc. student in my lab. James Santangelo performed all analyses related to global clines.

6. References

Briggs, D. and Walters, S. M., *Plant Variation and Evolution*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1972

Burdon, J., *Trifolium repens* L. *J. Ecol.*, **71**, 307-330, 1983

Daday, H., Gene frequencies in wild populations of *Trifolium repens*. *Heredity*, **8**, 377-384, 1954

Daday, H. Gene frequencies in wild populations of *Trifolium repens* L. *Heredity*, **12**, 169-184, 1958

Gleadow, R., Bjarnhold, N., Jørgensen, K., Fox, J. and Miller, R. In *Research Methods in Plant Sciences, Volume 1: Soil Allelochemicals,* Eds. Narwal, S., Szajdak, L. and Sampietro, D., Studium Press, Houston, TX, 2011

Hughes, M., The cyanogenic polymorphism in *Trifolium repens* L. (white clover). *Heredity*, **66**, 105-115, 1991

Johnson, M.T.J., Prashad, C.M., Lavoignat, M. and Saini, H. S., Contrasting the effects of natural selection, genetic drift and gene flow on urban evolution in white clover (*Trifolium repens*). *Proc. R. Soc. B*, **285**, 20181019, 2018

Kooyers, N.J., Hartman Bakken, B., Ungerer, M. and Olsen, K. M., Freeze-induced cyanide toxicity does not maintain the cyanogenesis polymorphism in white clover (*Trifolium repens*). *Am. J. Bot.*, **105**, 1-8, 2018

Olsen, K. M., Hsu, S. and Small, L. L., Evidence on the molecular basis of the Ac/ac adaptive cyanogenesis polymorphism in white clover (*Trifolium repens* L.). *Genetics*, **179**, 517-526, 2008

Olsen, K. M., Sutherland, B. L. and Small, L. L., Molecular evolution of the *Li/li* chemical defence polymorphism in white clover (*Trifolium repens* L.). *Molecular Ecology*, **16**, 4180-4193, 2007

Olsen, K.M. and Ungerer, M.C., Freezing tolerance and cyanogenesis in white clover (*Trifolium repens* L. Fabaceae). *Int. J. Plant Sci.*, **169**, 1141-1147, 2008

Thompson, K.A. and Johnson, M.T.J., Antiherbivore defenses alter natural selection on plant reproductive traits. *Evolution*, **70**, 796-810, 2016

Thompson, K. A., and Renaudin, M. and Johnson, M.T.J., Urbanization drives the evolution of parallel clines in plant populations. *Proc. R. Soc. B*, **283**, 20162180, 2016

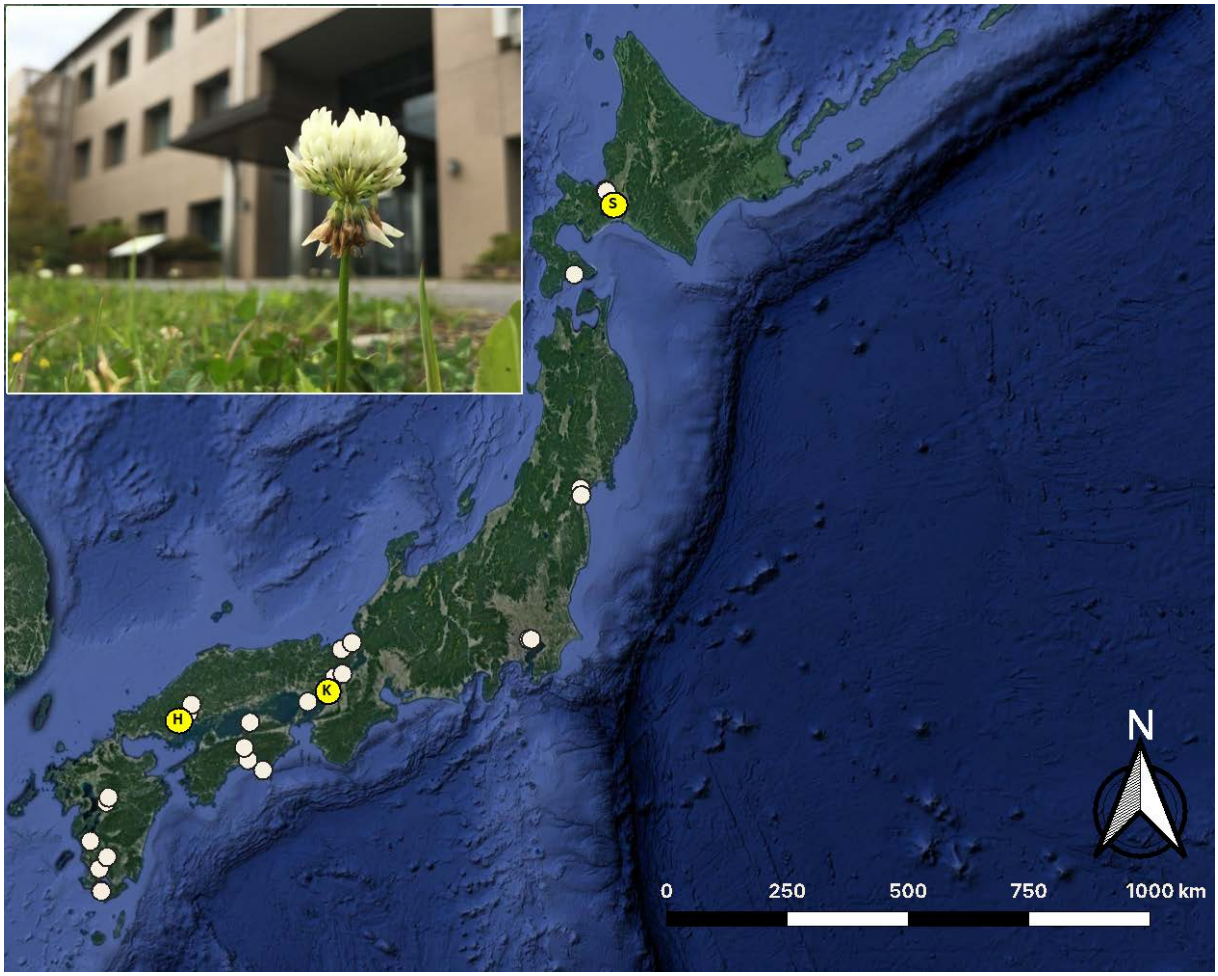


Figure 1. Map of Japan showing sampling locations of *T. repens* populations along latitudinal gradient (white circles), as well as the cities sampled (yellow circles) when testing for urban-rural clines in HCN within populations. The three cities included Sapporo (S), Kyoto (K) and Hiroshima (H). Inset shows *T. repens* growing outside of the Center for Ecology at Kyoto University.

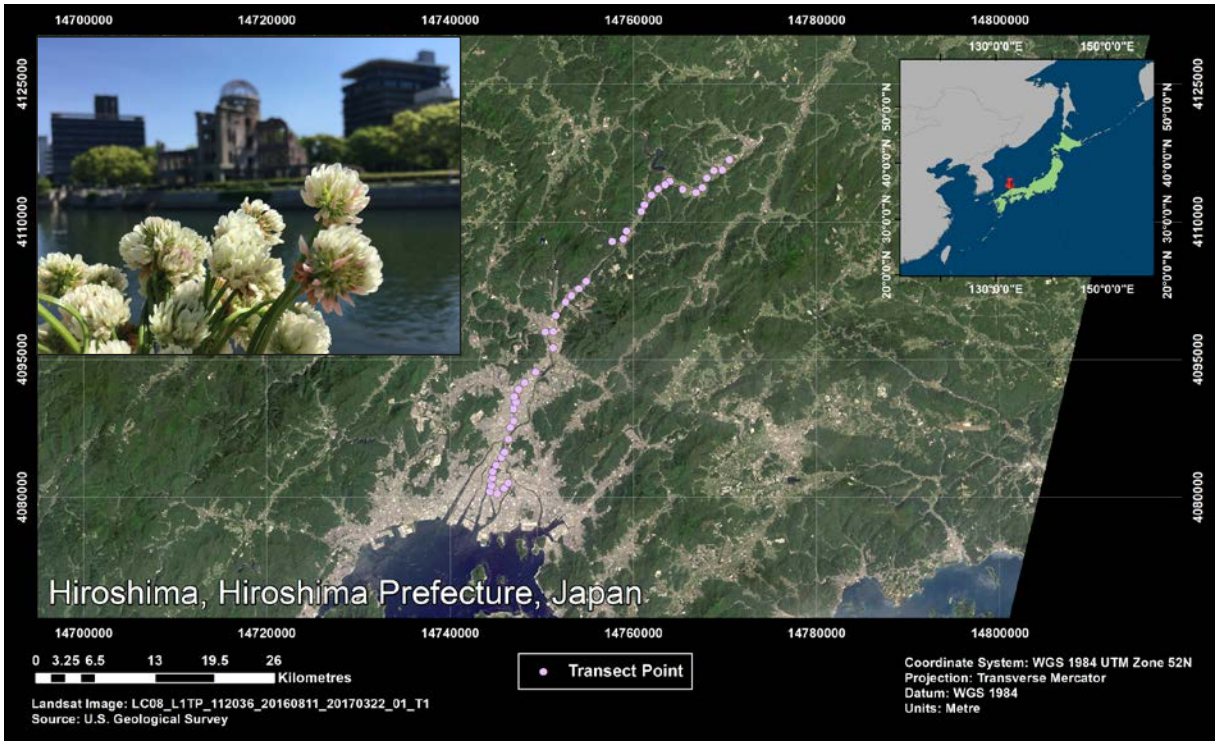


Figure 2. Sampling sites in Hiroshima city, shown as light purple circles. We tested for a cline in HCN frequency along the urban-rural cline. Insets show white clover plants collected from Peace Memorial Park, Hiroshima, and the location of the city within Japan.

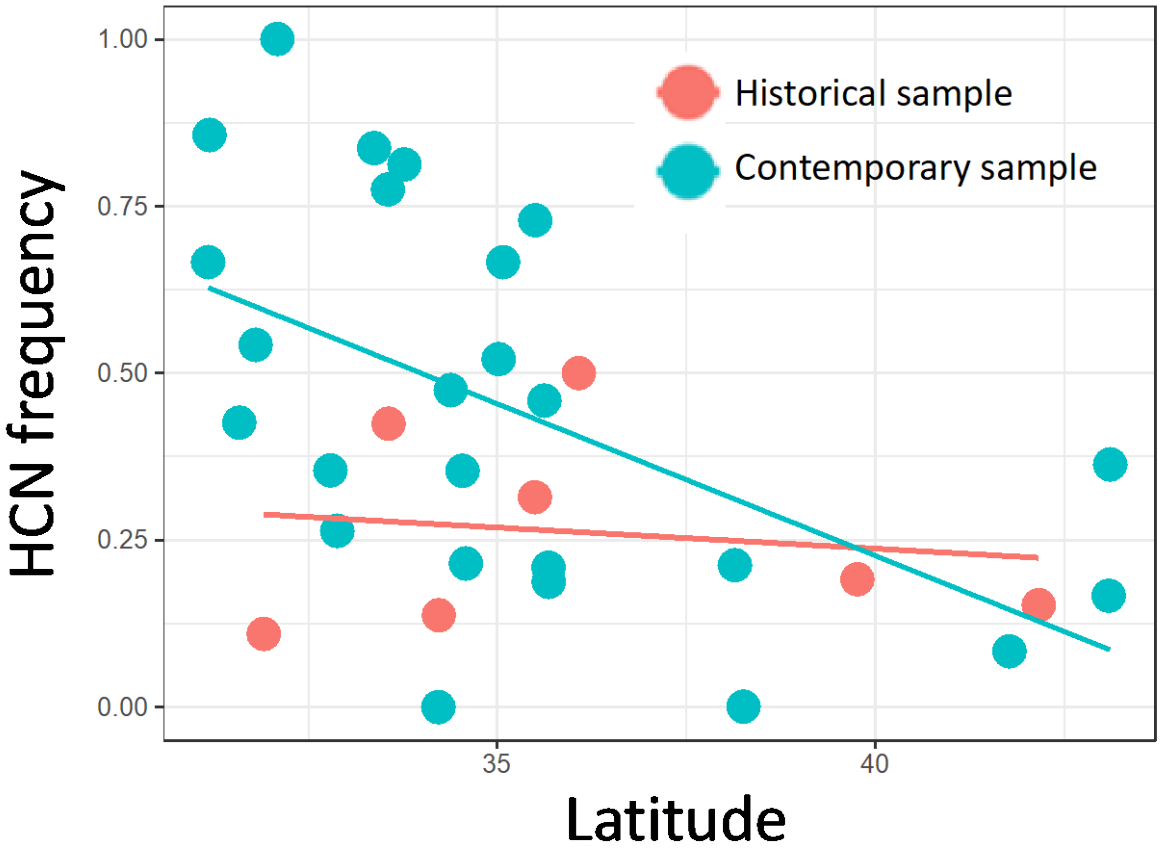


Figure 3. Relationship between the frequency of HCN within populations and latitude from my sample in 2018 (contemporary) and Daday's sample from the 1950s (historical).

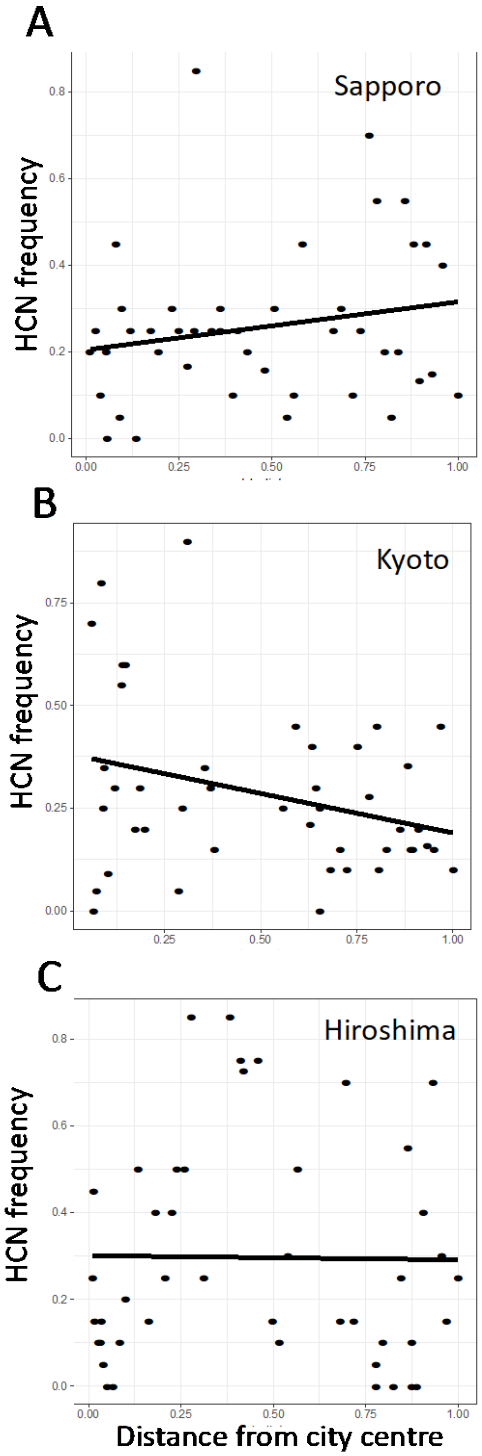


Figure 4. Relationship between the frequency of HCN producing plants within populations along urban-rural clines in (A) Sapporo, (B) Kyoto, and (C) Hiroshima. Each point represents a population and the line show the best-fitting linear regression to the data. Distance from the urban center are standardized with 0 representing the urban center and 1 representing the most rural location.

May 2019
No.2019-005-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my 2018 stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japan

Ingo Fischer[1]
[1]Institute for Cross-Disciplinary Physics and Complex Systems IFISC (UIB-CSIC), Palma de Mallorca, Spain

Abstract. In this report, I summarize some aspects and outcomes of the discussions during my one-month stay as Distinguished Visiting Professor at the Yukawa Institute for Theoretical Physics in October 2018. This visit was supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University, Japan.

Keywords: cognitive information processing, information processing paradigms beyond machine learning, complex systems, interdisciplinary and transdisciplinary science

Personal Note

I feel deeply indebted to Professor Masatoshi Murase for his wonderful hospitality, his kindness, inspiration and support during my stay at YITP as a Distinguished Visiting Professor. Prof. Murase's strive towards connecting researchers coming from different backgrounds and disciplines, including the sciences and the humanities, is an inspiration and allows for creating truly inter- and transdisciplinary interactions.

I would also like to thank the YITP and the International Research Unit of Advanced Future Studies for their support of my visiting professorship.

Moreover, I would like to thank its director Prof. Sinya Aoki and the colleagues at YITP and the International Research Unit of Advanced Future Studies for their hospitality and inspiring discussions.

Finally, I would like to thank all the YITP staff for their kindness and their invaluable administrative help.

It has been a pleasure to work at YITP and to interact with its faculty and staff, making it a very inspiring and fruitful period for me.

Palma de Mallorca, 6. May 2019

Ingo Fischer

1. Scientific Activity

My research as a Distinguished Visiting Professor at the International Research Unit of Advanced Future Studies was conducted during the month of October 2018 in collaboration with Professor Masatoshi Murase.

During my stay, I enjoyed fruitful discussions and interactions with Prof. Murase on topics at the interface of his and our own work. This entailed aspects of interdisciplinary and transdisciplinary research on complex systems in general, and more particularly on cognitive processes involving analog cognitive computing beyond standard machine learning approaches and beyond the standard thinking, and their potential and ethical implications.

I participated and contributed to the *2018 Kyoto University International Forum on Advanced Future Studies* organized as a Parallel Session of the *International Conference on Applied Physics and Mathematics 2018*, held at the Narita Radisson Hotel, with a talk entitled *"Optical implementations of neuro-inspired information processing and its applications"*.

Moreover, I gave an outreach presentation entitled *"A computer working with light"* for high school students and the interested public in the prestigious clock tower room at Kyoto University. The interaction with these young students, experiencing their curiosity and self-driven initiative to understand nature and technology, was a pleasure and inspiration.

1.1. Context

Cognitive computing and neuro-inspired information processing have been gaining significant interest in recent years due to the development of novel computing concepts and, in particular, the implementations of cognitive computing using different kinds of analog hardware. Increasing demands on computing requirements with respect to the quantity of data to be processed, as well as the quality of data processing, problems to maintain Moore's Law much longer, and the need for higher energy efficiency, have been driving the developments of novel computational concepts. Moreover, driven by the growing problem of energy requirements for computing, it has been shown that many tasks require finite precision. This has resulted in a revival of analog computing. Employing analog hardware allows to design computational systems with high bandwidth and lower energy consumption. The idea behind this approach is to realize systems with the required computational precision for the given tasks using the best-matching hardware, without having to pay more than necessary for higher precision.

In our institute IFISC, we have been following a minimal design approach, and implementing our designs in electronic, optoelectronic and all-optics hardware, allowing for hardware efficiency, high speed, low energy consumption and compatibility with the corresponding experimental infrastructure.

The ideas driving this general development originate from machine learning and artificial intelligence in general, and neuroscience, complex systems, computational complexity, quantum computing and nonlinear photonics. From the viewpoint of machine learning, we have been witnessing the immense success of deep learning and related concepts in tasks deemed humanly or very difficult to achieve (Silver, 2017). We are witnessing how tools developed in these fields are entering our everyday lives, such as AI-based digital assistants, smart homes, Internet of Things, cyber-physical systems, medical self-tracking, diagnostics and Big Data analytics. But even these very popular and successful approaches are ultimately only realizing complex input-output functions, based on simple learning concepts. They do not mimic the still little understood human information processing, and neither can they be considered representations of Artificial General Intelligence (AGI). It will require many further steps in exploring advanced information processing paradigms, learning concepts, and their smart implementations.

We feel that there is much room to improve and for fundamental insights to be gained. This feeling is fueled by the fact that a biological brain is capable of performing a large variety of tasks in an ever-changing environment and of learning very efficiently, although it only requires 20-25W to operate.

Even fundamental aspects regarding how the brain encodes information, routes information, stores, retrieves (memorizes) and connects information, evade a thorough understanding so far.

It is our conviction that qualitative advances on understanding biological information processing can only emerge from a truly multidisciplinary and ultimately transdisciplinary approach.

1.2. Cognitive computing beyond standard methods

The notion that we need in order to apply a multi-perspective approach to advance in the challenge of understanding the human brain and, more generally biological information processing, had already bared fruits during my stay in October 2017 (Fischer, 2018). Projects, conferences, workshops and meetings covering multi-disciplinary approaches to information processing, or being devoted to it, are increasing in number, and more researchers from the best Universities and Institutions are joining this endeavour. Even the industry is meanwhile starting to recognize the potential of this approach (Nakajima, 2018). However, we are often still limited by the boundaries of disciplines that prevent real synergies due to the lack of the ability to truly exchange insights and ideas.

In the following, I will address some of the advances based on the stimulating discussions I have had with Professor Masatoshi Murase and colleagues during my stay at the Yukawa Institute of Kyoto University in October 2018. This is work in progress. The aspired advances of our research are to gain an extended understanding of cognitive processes in general, and to further support the paradigm shift towards a perspective of cognition as an emerging dynamical process. Besides these fundamental aims, we have been identifying minimal requirements for the implementations of cognitive computing systems in recent years, and we are now applying them to real-world applications. I will only outline the general approach here and will leave the detailed descriptions for more technical publications.

1.3. Minimal information processing concepts and its applications

At my home institute IFISC, we have been pursuing a minimal design approach of complex dynamics - based systems capable of performing tasks usually deemed complex. This already brought on technical challenges.

Our approach to practical information processing systems is inspired by the reservoir computing method (Jaeger, 2001), (Maass, 2002). The appeal of this method is that it combines the properties of fading memory for contextual information processing with low constraints on the network and easy training methods based on linear regression.

We have simplified the concept dramatically by using the simplest possible dynamical system allowing for a high-dimensional nonlinear mapping of the input onto a high-dimensional state space. This simple system can only comprise a single nonlinear node and a delayed feedback loop (Appeltant, 2011). We have time-multiplexed the input information during one delay time by multiplying the input with a mask or input matrix, generating nonlinear transients. Various nonlinearities, including those being of Mackey-Glass type (Appeltant, 2011), Ikeda-type (Larger, 2012), or of semiconductor laser type (Brunner, 2013) have all proven successful in this approach. Remarkably, we have found that the ring-like topology of the delay-dynamical system works as well as large random networks with many nodes. Based on different implementations, tasks such as nonlinear prediction and dynamical pattern classification have been successfully demonstrated (Soriano, 2015).

1.4. Application of an all-optical minimal information processing system for message recovery

Using telecommunication-compatible hardware, namely a semiconductor laser as nonlinear node and an optical fiber as optical delay line, we have implemented reservoir computing and extreme learning machine concepts, and first demonstrated their attractive features in benchmark tests including classification tasks and nonlinear prediction.

The real-word technological challenge we have been tackling then is, how to classify ultra-fast signals from fiber-optical communication systems that have been distorted due to in-fiber propagation. Fiber communication systems are range-limited due to these transmission impairments limiting speed, complicating the communication infrastructure, and costing additional energy. Moreover, for extended

transmission distances, standard bit recovery techniques fail completely. Using our all-optical minimal information processing approach, we are able to overcome this limitation by transforming the bit classification problem into a pattern recognition problem. The scheme of how this was achieved is depicted in Figure 1.

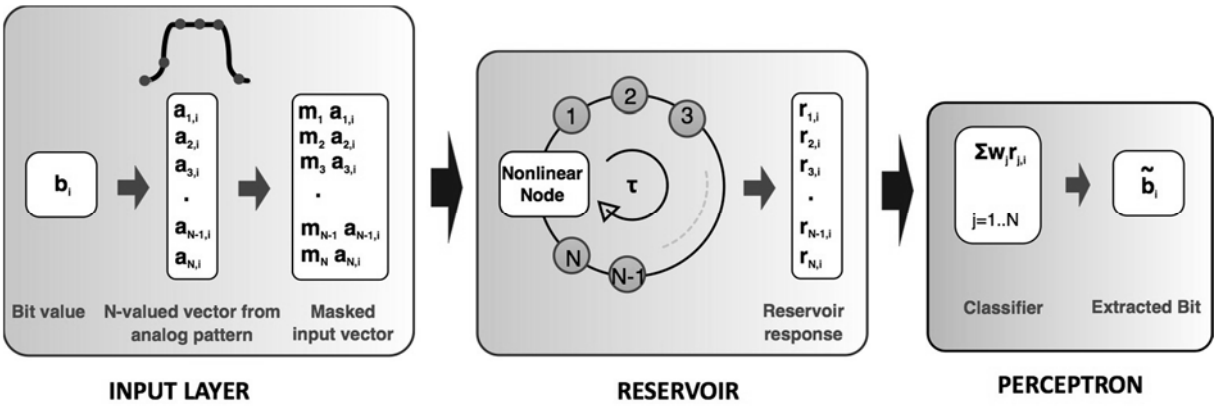


Figure 1: Minimal all-optical reservoir computing system transforming the bit classification problem into a pattern recognition problem.

The input signal is simply multiplied by a random mask, before it is injected into the all-optical reservoir computing system. Here, even the dimension of the state space of input and reservoir response are the same. Nevertheless, when training the system to recover the transmitted bit stream via linear regression, we could experimentally demonstrate an improvement of the bit error rate of two orders of magnitude, compared to the system without the nonlinear reservoir or competing methods (Argyris, 2018). We interpret the good performance to be due to a more complex representation of the transmitted bit pattern in the presence of the reservoir as compared to results obtained in its absence.

The bit classification performance we achieved is a significant breakthrough since we can recover data at high speed that otherwise cannot be recovered. Challenges regarding a real-time implementation remain, but we are pursuing strategies already to research how these challenges can be overcome.

This example shows that conceptual simplification is not only an advantage to gain a better understanding of information processing systems, but that those simplified concepts could even be of high technological relevance.

2. Presentations in affiliation with the International Research Unit of Advanced Future Studies

During my stay, I contributed to several seminars and workshops, as follows:

- Invited talk entitled *"Optical implementations of neuro-inspired information processing and its applications"*, presented at the *2018 Kyoto University International Forum on Advanced Future Studies*, organized as a Parallel Session of the *International Conference on Applied Physics and Mathematics 2018* and held at the Narita Radisson Hotel.
- Public outreach presentation entitled *"A computer working with light"* for students from high schools and the interested public in the prestigious clock tower room at Kyoto University.

3. Conclusion and Outlook

After my first visit in 2017, I was able to continue the intense and fruitful interaction with Prof Masatoshi Murase on topics including cognitive information processing, extended concepts and ethical implications of AI systems in general and potential AGI concepts in the future. The ethical implications are becoming more and more pressing. Besides the positive potential of better AI personal assistants, better health care, smart cities etc., we also need to be aware of the risks related to AI-controlled weapons and warfare, invasion of privacy, ethical and legal consequences of autonomous cars, manipulation of elections, etc. Initiated by AI researchers, we are now witnessing the creation of organizations such as the *Future of Life Institute* (https://futureoflife.org), raising awareness for the required ethical and political questions to be addressed. During my visit at YITP we discussed ideas of Mr. Hideto Ishihara to inherently build ethical principles into AI and AGI systems.

Regarding the minimal system approach to cognitive computing, we will in the near future explore the extension of our concepts in two ways. First, we will further adapt the photonic reservoir computing systems to their practical applications in optical fiber communication systems. Second, we will move beyond the reservoir computing concept, in order to achieve unsupervised learning and create a scaling approach that is adapted to the properties of the system and a dimensionality analysis.
A key goal is to learn about the interplay of information processing, self-organized information routing and the robustness of such systems based on different computing substrates and scaling approaches. The way biological systems, and the human brain in particular, cope with these challenges, and how these systems/organisms emerged in evolution will be major sources of inspiration and will help to obtain a better understanding.

In addition to my interactions with Prof. Masatoshi Murase, Prof. Murase also initiated joint discussions with Prof. Johann Hohenegger from the University Vienna (Austria), who has been working on complex systems in the research field of paleontology. The aspect, how intelligence and the ability to cope with the environment have evolved, represents yet another promising perspective to gain further insight into biological information processing, and this might inspire extended or novel concepts and their implementation.

The work and discussions at Kyoto University were complemented by lively and inspiring discussions on more technical advances, fundamental earlier works and questions on what we can expect from cognitive computing in the future with colleagues and friends outside Kyoto University, in particular with Dr. Peter Davis (Kyoto), who hosted me as a postdoctoral researcher 19 years ago, and Prof. Kensuke Ikeda (Ritsumeikan University) who has pioneered and inspired the research on delay-dynamical systems.

4. Future collaboration possibilities with Kyoto University

It is a very worthwhile venture to further explore a formal and longer-term collaboration between the YITP and the IFISC in physics in the areas of Complex Systems and Advanced Future Studies. This collaboration could entail joint research activities and the joint organization of seminars, workshops and conferences as well as mutual visits.

I have greatly benefited from Professor Murase’s generosity and hospitality, and his inspiring openness to share his ideas. I would be delighted to have the opportunity to further build upon the insightful interactions with him and to continue this fruitful collaboration.

5. References

Appeltant, L., Soriano, M. C., Van der Sande, G., Danckaert, J., Massar, S., Dambre, J., Schrauwen, B. Mirasso, C.R., and Fischer, I. Information processing using a single dynamical node as complex system. *Nature Communications*, **2**, 468, 2011

Argyris, Apostolos; Bueno, Julián, and Fischer, Ingo, Photonic machine learning implementation for signal recovery in optical communications. *Scientific Reports*, **8**, 8487, 2018.

Brunner, D., Soriano, M. C., Mirasso, C. R., and Fischer, I., Parallel photonic information processing at gigabyte per second data rates using transient states. *Nature Communications*, **4**, 1364, 2013

Bueno, J., Brunner, D., Soriano, M. C., and Fischer, I., Conditions for reservoir computing performance using semiconductor lasers with delayed optical feedback. *Optics Express*, **25**(3), 2401–2412, 2017.

Fischer, I., Report on my 2017 stay at the Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto, Japan. Journal of Integrated Creative Studies No. 2018-001-e (2018). DOI: 10.14989/231326.

Jaeger, H., The "echo state" approach to analysing and training recurrent neural networks. *GMD Report 148*, German National Research Center for Information Technology, 2001.

Larger, L., Soriano, M. C., Brunner, D., Appeltant, L., Gutierrez, J. M., Pesquera, L., Mirasso, C.R., and Fischer, I., Photonic information processing beyond Turing: an optoelectronic implementation of reservoir computing. *Optics Express*, **20**(3), 3241–3249, 2012.

Maass, W., Natschläger, T., and Markram, H., Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations, *Neural computation* **14** (11), 2531-2560, 2002.

Murase, M., A Self-Similar Dynamic Systems Perspective of "Living" Nature: The Self–Nonself Circulation Principle Beyond Complexity, Springer 2018.

Nakajima, M., Inubushi, M., Goh, T., and Hashimoto, T., Coherently Driven Ultrafast Complex-Valued Photonic Reservoir Computing, in Conference on Lasers and Electro-Optics, OSA Technical Digest (online), paper SM1C.4. (Optical Society of America, 2018).

Silver, D., Julian Schrittwieser, Karen Simonyan, Ioannis Antonoglou, Aja Huang, Arthur Guez, Thomas Hubert, Lucas Baker, Matthew Lai, Adrian Bolton, Yutian Chen, Timothy Lillicrap, Fan Hui, Laurent Sifre, George van den Driessche, Thore Graepel and Demis Hassabis, Mastering the game of Go without human knowledge. *Nature*, **550**, 354–359, 2017.

Soriano, M. C., Brunner, D., Escalona-Moran, M., Mirasso, C. R., and Fischer, I., Minimal approach to neuro-inspired information processing. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 9, 68 1-11, 2015.

June 2019
No.2019-006-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on one month visit to the Yukawa Institute of Theoretical Physics, April-May, 2019

Stephen R. Sharpe[1]
[1]Department of Physics, University of Washington, Seattle, USA
E-mail: srsharpe@uw.edu

Abstract. I report on a one month visit to the YITP as a Visiting Fellow supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, from April 14-May 14, 2019. For the first two weeks I participated in a Molecule-type International Workshop on "Frontiers of Lattice QCD and related topics," and for the remaining time worked on a series of projects further developing the three-particle quantization condition.

Keywords: (within 5 words) Lattice QCD, Multihadron physics, Finite volume, Flavor Physics.

Personal Note

I thank Professor and Director Sinya Aoki for the invitation to visit YITP and for his hospitality during my stay. I also thank Professor Tetsuya Onogi of Osaka University, who was on sabbatical leave at the YITP during my visit, for his hospitality. Finally, I thank Director Aoki and the other organizers of the International Molecule-type Workshop on "Frontiers in Lattice QCD and related topics", which was held during the first two weeks of my stay. The program was both interesting and stimulating, with a top-notch array of speakers. Overall, I found the YITP to be an excellent location in which to interact with others and to do focused research. I particularly enjoyed sharing an office with fellow long-term visitor (and long-time collaborator) Professor Gilberto Colangelo from the University of Bern.,

1. Presentation

As noted above, for the first two weeks of my visit there was a workshop at YITP on the area of my research, Lattice Quantum Chromodynamics (LQCD). This brought researchers from all over Japan, and several from Europe and the US, who described cutting-edge work in many directions. One focus was the use of LQCD to study multihadron systems, which is my major area of research at present. On Thursday, April 25 I gave a presentation entitled "Progress on implementing the three-particle quantization condition", in which I summarized a long-term program work that I have done over the last 5 years, and then gave a sampling of recent results. This is work done in collaboration with Tyler Blanton

(University of Washington), Raul Briceno (Old Dominion University and Jefferson Lab), Maxwell Hansen (CERN), and Fernando Romero-Lopez (Valencia).

The aim of this program of research is to relate the spectrum of QCD obtained in finite volumes—something that is possible using the methods of LQCD—to the properties of hadrons in infinite volume. Such a relation is necessary, for example, if LQCD is to be able to study strong-interaction resonances or electroweak decays to multiple hadrons. The methodology is well developed for the case of two particles, and has been applied in many LQCD calculations. The frontier is the three-particle system, and my research has been aimed at developing the necessary theoretical formalism for three particles (a problem in quantum field theory) and learning how to apply it in practice.

My talk explained the general formalism that was now in place for identical scalar particles, and described ongoing efforts to implement this formalism in ever-more-realistic situations. Implementation requires approximations, and the first approximation used was restricting particle interactions to the lowest relative angular momentum, i.e. s-wave, while at the same time requiring the quasi-local three-particle interaction to be independent of particle momenta. We find that he resulting approximation, implemented in (Briceno, 2018), contains enough flexibility to reproduce the expected trimers---three particle bound states---along with their predicted wavefunctions. I then described a more realistic approximation, in which d-wave interactions are consistently included for two and three particles, showing that certain known analytic results were reproduced, and finding that strong d-wave attraction could also lead to a trimer (Blanton, 2019).

The latter is an example of an application of our formalism directly to infinite-volume physics. By determining the spectrum in large volumes we can predict the presence of bound states in a fully relativistic three-particle setting, for which no analytic methods are known.

The final part of my talk concerned current research (discussed more below) in which we have used a new, simpler, method for allowing the possibility of two-particle bound states (dimers) in our calculation. Previously we thought that this required the use of a more complicated formalism (Briceno, 2019) but we have recently realized that our original, simpler formalism (Hansen, 2014). could be adapted to include dimers. The highlight of our new results is the finding that we are able, by going to large enough volumes, to study particle-dimer scattering in detail, mapping out the phase shift for a considerable range of energies. This is because, within this range, there are no nearby free three-particle states. Using this set up, we are able to study a system that is an analog of proton-deuteron scattering, without spin, including the reproduction of the helium-3 bound state. The resulting phase shift is qualitatively similar to that in experiment. This is another example of using our formalism to obtain infinite-volume results.

I discuss this work further below.

Blanton, T., Romero-Lopez, F., and Sharpe, S., Implementing the three-particle quantization condition including higher partial waves, *Journal of High Energy Physics,* **1093**, 106, 2019

Briceno, R., Hansen, M., and Sharpe, S., Numerical Study of the three-body quantization condition in the isotropic approximation, *Physical Review* **D98,** 014506, 2018

Briceno, R., Hansen, M., and Sharpe, S., Three-particle systems with resonant subprocesses in finite volume, *Physical Review* **D99**, 014516, 2019

Hansen, M. and Sharpe, S., Relativistic, model-independent, three-particle quantization condition, *Physical Review* **D90**, 116003, 2014

2. Research activities

2.1. Interactions at the YITP workshop

I had fruitful discussions at the above-mentioned workshop with several members of the HALQCD collaboration, which uses an alternative method based on the Nambu-Bethe-Salpeter wavefunction to extract a two-particle potential. This approach was invented by Professor Aoki and collaborators and has been applied successfully to a wide range of systems, most notably those involving two nucleons. It is an alternative to the general approach that I am following, which is based on the seminal work by Martin Luscher. I think that a detailed understanding of the systematic errors in the two methods is key to knowing their relative merits, and I learned of extensive efforts by HALQCD in this direction.

I also had very useful discussions with Ben Horz from the CALLAT collaboration and Drew Hanlon from the Mainz group. They have been developing methods for more rapid calculation of Wick contractions in multihadron correlators, and are planning on providing results for the three-pion spectrum at near-to-physical quark masses in the near future.

2.2. Three-particle quantization condition including two-particle bound states and resonances

During and particularly after the workshop, I was able to make substantial progress on three ongoing research projects. All concern the three-particle quantization condition and its applications. The first concerns the extension of the method of (Hansen, 2014) to allow two-particle bound states and resonances, as has already been mentioned above. The key new realization is that we have additional flexibility in defining the principal value (PV) prescription used when doing integrals over the three-particle pole. Using this flexibility, we are able to extend the range of applicability of the method. This allows us to study, for example, dimer-particle scattering, with results that I described in part during my presentation (see above).

I wrote a first draft of the theoretical sections of the paper describing this work during my time at the YITP, and held several conference calls discussing this draft and the ongoing work. A poster on this work will be presented in June 2019 by Fernando Romero-Lopez at Lattice 2019.

2.3 Raising the cutoff in the relativistic, three-particle quantization condition

I also continued work while at the YITP on an idea that I had had previously for raising the momentum cutoff in our numerical application of the three-particle quantization condition. This is a rather technical issue, but it is important for applications, as there is some evidence that unphysical solutions to the quantization condition arising from the fact that, in our original formalism, we are forced to use a relatively low cutoff. I have found a method to avoid this limitation, using the flexibility in the PV prescription together with a different choice of boost to the two-particle center of mass frame. This work is under numerical exploration and some progress was made while at the YITP.

2.4. K matrix parametrizations for three-particle scattering amplitudes

The relation of the finite-volume three-particle spectrum to the infinite-volume three-particle scattering amplitude involves two steps: the first is the above-mentioned quantization condition, which involves an intermediate, unphysical three-particle K matrix, while the second is a set of integral equations relating this K matrix to the physical three-particle amplitude. This second step in our relativistic formalism was worked out in (Hansen 2015).

Although not our primary initial interest, this second step provides a parametrization of the infinite-volume amplitude in terms of a real, smooth K matrix. There has been a long history of such three-particle K matrices, and a recent surge of interest as attempts are made to analyse the resonant structure of multiparticle amplitudes measured at Jefferson Lab (JLab) Thus Raul Briceno, Max Hansen and I joined forces with one of the leaders of the JLab theory effort, Adam Sczepaniak, in order to further study the result obtained in (Hansen, 2015), and its relation to other approaches.

During my time at the YITP, I completed a final draft of a paper with this group demonstrating that the result of (Hansen, 2015) satisfies all the requirements of s-channel unitarity. While this result was expected, its demonstration is nontrivial, and the methods used have also allowed me, while at the YITP, to show the relationship of our K matrix to another recent proposal. This may lead to a future publication.

Hansen, M. and Sharpe, S., Expressing the three-particle finite-volume spectrum in terms of the three-to-three scattering amplitude, *Physical Review* **D92**, 114509, 2015

2.5. FLAG activities

I am a member of the Editorial Board (EB) of the Flavor Lattice Averaging Group (FLAG), a worldwide collaboration of about 35 lattice physicists that provides vetted averages of LQCD results of relevance for flavour physics every three years. We have recently submitted the 2019 edition, and the EB is actively working to respond to the referee report, as well as to reconstitute and possibility enlarge FLAG for the next edition. It was thus serendipitous that many members of FLAG were present for some of the time of my visit, allowing extensive discussions with a rapid turnaround. In particular, I was sharing an office with another EB member, Gilberto Colangelo, and had discussions with Advisory Board member Sinya Aoki and strong-coupling working-group member Tetsuya Onogi.

September 2019
No.2019-007-e

Journal of Integrated Creative Studies

Future of Emerging Novel Quantum Phases in Frustrated Magnets – an Estonian-Japanese perspective

Raivo Stern
National Institute of Chemical Physics and Biophysics, 12618 Tallinn, Estonia
E-mail: raivo.stern@kbfi.ee

Abstract. This report reviews my research activities conducted while present and working as Distinguished Visiting Professor at the Solid State Physics and Chemistry (SSPC) Laboratory in the Division of Chemistry financed by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University. The key interest of my research is on emerging novel quantum phases and quantum critical phenomena in strongly frustrated quantum magnets, especially in low dimensional metal oxides and intermetallic compounds. Thereby, two classes of materials are in the focus of my present work. Firstly, studies of low-dimensional oxide materials in vicinity of magnetic field induced quantum critical points, the origin of the magnetic frustration with nearly and weakly ferromagnetic compounds, and the characterization of their spin-fluctuation features. The second focus is on cerium and ytterbium based metals with electronic ground state instabilities being related to the mechanisms of Kondo- and/or valence fluctuation effects. As a related activity, we are also working on improvements in various classes of permanent magnet materials. Finally, some future collaboration plans of the SSPC Laboratory with several of my collaborators at the National Institute of Chemical Physics and Biophysics (NICPB/KBFI) in Estonia are outlined: doped magnetism in nonmagnetic oxides, atomic layer deposition of simpler and more complex oxides and metals, development of magnetic nanoparticle agents for medical uses, targeting also interdisciplinary projects between Japan and Estonia bilaterally and with additional contributing partners.

Keywords: Strongly Correlated Electron Systems, Electronic Ground State Instabilities, BEC of Magnons, Dimer Systems, Itinerant Magnetism, Spin-fluctuations, ALD, Estonia-Japan

1. Scientific Activities

My research as visiting professor at the SSPC (Kinso) Laboratory, Department of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University was conducted from April 1st to May 31th, 2019 in collaboration with Prof. Yoshimura, Assoc. Prof. Ueda, Assist. Prof. Michioka, and students in their research group (Fig. 1). During these two months, I had opportunities to discuss with Prof. Yoshimura scientific problems of quantum magnetism as well as of cerium or ytterbium based strongly correlated electron materials, both as bulk and also more applicable thin film forms. Assoc. Prof. Ueda taught me the flux growing techniques for preparing single crystals of inter-metallic compounds. Assist. Prof. Michioka introduced me to the magnetometry and NMR facilities at SSPC Laboratory. I had several opportunities to join and participate in the group seminars of SSPC Laboratory.

From May 12th until 18th I visited several other outstanding and strong laboratories in East-Japan: Tokai/J-PARC, ISSP of Tokyo University, and Tohoku University in Sendai. Both in Tokai (May 13th)

and Sendai (May 17th) I gave seminar talks on NMR studies of 2D cuprate quantum magnets. At ISSP, there I had an opportunity to conduct collaboration discussions with Prof. Kimura, Prof. Kohama, Prof. Hiroi, Prof. Takigawa, and Prof. Lippmaa. During my final weeks in Kyoto, I gave two more seminar talks. On May 23rd, I presented a seminar on our recent NMR results on 2D and 1D quantum magnets at Department of Physics, Kyoto University. On May 24th, I gave an extended seminar on the somewhat broader topic at Department of Chemistry, Kyoto University, to describe my activities over almost 25 years, since our original work with Prof. Yoshimura on Shastry-Sutherland lattice at UIUC Charlie Slichter's NMR laboratory back in 1990-ties [1]. I'm very thankful to Prof. Kenji Ishida and to Prof. Kazuyoshi Yoshimura for organising these seminars at Department of Physics and Department of Chemistry, respectively.

Figure 1. Members of the Kinso Laboratory of Kyoto University as of April 2019. 2nd row from left: Prof. Kazuyoshi Yoshimura, Hiroki Kazahaya (BC4), Prof. Raivo Stern, Shotaro Onoda (MC1), Kensuke Nara (MC1), Haruka Morishita (DC3), and Kodai Moriyama (MC2). 1st row from left: Ryoko Washino (BC4), Shigeru Imanishi (MC2), Ryochiro Matsui (BC4), Yota Okutsu (MC1), Masahiro Hayashi (BC4), Shunsuke Yamanaka (MC2), and Hajime Neo (BC4). Missing from the photo are Prof. Hiroaki Ueda and Prof. Chishiro Michioka.

2. Research Output

2.1. General Context

Many-particle interactions among electrons in metals and metal oxides lead to the occurrence of extraordinary quantum phenomena associated with particular ground states adopted at sufficiently low temperature. This ground state formation of correlated electrons generally involves a reduction of spin and motion degrees of freedom which is continuous in some cases (e.g. the formation of paramagnetic Fermi liquid ground states in Kondo lattice systems or in ferromagnetic spin-fluctuation systems). In other cases, correlated electrons adopt their ground state via a symmetry breaking phase transition into a macroscopic quantum state such as superconductivity or itinerant ferromagnetism. These phenomena are known for decades and substantial experimental and theoretical progress has been achieved.

Various recent discoveries of novel ground states of correlated electrons relate to systems whose ground states are unstable with respect to certain tuning parameters such as pressure, chemical substitutions, or external magnetic fields. Most interesting are those materials where tuning brings about a continuous, symmetry breaking phase transition between two different ground states at virtually zero-temperature, which is conceived by the concept of the quantum phase transition (QPT). Already at finite temperatures, these phase transitions are preceded (and thereby indicated) by quantum fluctuations resulting in exotic physical properties (e.g. non-Fermi liquid behavior). In some cases fundamentally new correlated electronic phases are formed by quantum critical correlated electron states at low temperatures. In our cooperation between the Kinso Lab in Kyoto and the Lab of Chemical Physics of NICPB/KBFI in Tallinn, we discussed and located some promising materials (discussed in next section in more details) where the tuning could be done by chemical substitution or

by use of strong and ultra-strong magnetic fields. On other systems, already just the ability to grow high quality single crystals takes the research to qualitatively higher level.

2.2. Materials

I'm listing here some of the most intriguing and interested systems, we've already been collaborating on or for which we have found a common ground and platform to launch a collaborative effort. Our possible future collaborations are by no means limited to systems described in following subsections.

2.2.1. $SrCu_2(BO_3)_2$

The Shastry-Sutherland compound $SrCu_2(BO_3)_2$ [1] is not only the very first material our collaboration was started with more than 20 years ago, but arguably by now also the most studied frustrated quantum magnet. The recent NMR study [2] suggested a quite complete interpretation for all the magnetization plateaus, so called incomplete devil's staircase. They reported on NMR and torque measurements in magnetic fields up to 34 T that reveal a sequence of magnetization plateaus at 1/8, 2/15, 1/6, and 1/4 of the saturation and two incommensurate phases below and above the 1/6 plateau. We have recorded some preliminary NMR data up to the 1/3 plateau at NHMFL in Tallahassee using the He-3 fridge [3]. Most interesting perspective here is to address the reported [4,5] 2/5 and 1/2 plateaus by NMR with novel apparatus [6] developed at HLD Dresden. This requires performing pulsed NMR experiments at low temperatures in pulsed magnets up to fields beyond 74 T, and later towards 85 T. We have performed successfully the pilot NMR experiments in pulsed magnets [7], reported our results on ^{11}B-NMR line shapes up to 54 T [8], have recorded unpublished data up to 72 T fields (which should be the current record field for NMR, manuscript in preparation), and demonstrated the readiness of our NMR approach. Currently we are waiting for the next generation user magnet to become available in Dresden to take us beyond the 1/3 plateau.

There are more exciting developments on that model system – changing ground states from dimers to a 4-spin plaquette singlet state under high pressure [9] and by obsewrving emergent bound states and impurity pairs by doping/diluting the dimer network via substituting for Cu nuclei [10]. Using the high level know-how from Kinso lab in growing such high quality single crystals would open several highly promising cooperation pathways.

2.2.2. $BaCuSi_2O_6$ and $Sr_{0.1}Ba_{0.9}CuSi_2O_6$

The quasi-2D crystal structure of $BaCuSi_2O_6$ (Han purple) is shaped by an alternation of two inequivalent magnetic bilayers. Each bilayer is formed by entities comprising two magnetic CuO_4 plaquettes stacked on top of each other with a slight tilt. Within the bilayer, these entities are arranged in a square-lattice-like fashion. The neighboring bilayers are shifted with respect to each other. Since the discovery of the Bose-Einstein condensation of magnons [11], the Han purple BaCuSi2O6 is actively studied from both experimental [12-18] and theoretical [14-15, 19-21] side. The key element of the magnetic model is dimers formed by the stacked CuO_4 squares. Yet, the details of the microscopic magnetic model remain obscure. In particular, the nature of interdimer couplings that are crucially important for the condensation of magnons is controversially discussed. The perplexing behavior of pure Han purple originates from its crystal structure that changes around 100 K, so that the atomic arrangement of the room-temperature polymorph considered in earlier studies does not describe the low-temperature physics observed in the experiment. Our recent crystallographic work [22] sheds light on the actual low-temperature crystal structure and facilitates renewed microscopic insight. Below 100 K, Han purple becomes orthorhombic (space group I bam) and features two types of nonequivalent bilayers [22], denoted A and B, in agreement with more than one type of spin dimers that were observed by inelastic neutron scattering (INS) [13] and nuclear magnetic resonance (NMR) [14]. We performed low-temperature (low-T, sub-liquid-N2) high-speed high-resolution ^{29}Si solid-state (cryoMAS)[23] NMR studies on pure Han purple [24] confirming the presence of the A- and B-bilayers. We recently also applied state-of-the-art DFT techniques and presented a robust microscopic scenario [25] for both high-temperature tetragonal and low-temperature orthorhombic phases of pure

material. We showed that: i) the A and B bilayers indeed lead to two types of spin dimers, in perfect agreement with NMR [24, 26]; ii) the couplings between the bilayers are intrinsically non- frustrated, as they do not compete with the ordering within the dimer plane.

Recently [27], we showed that small Sr doping stabilizes the tetragonal structure in $(Ba_{1-x}Sr_x)CuSi_2O_6$, the detailed report of large crystal growth has also appeared [28]. High field NMR on single crystals of this "healed" material at EMFL/LNCMI Grenoble and torque magnetization results obtained at NHMFL Tallahassee have demonstrated clear BEC behavior around H_{c1} as expected.

2.2.3. $InCuPO_5$

One of the major finding of our recent work in Tallinn on a polycrystalline sample of $InCuPO_5$ is an error overlooked in the earlier report [29], due to the lesser sensitivity of the bulk magnetic probe. In our work, we confirmed using cryoMAS NMR [23] that the upturn in M vs. T measurement is intrinsic. This result might be caused due to the random singlet state formed by some spin vacancies or broken bonds within the system. To obtain a definitive conclusion, we need to perform measurements down to lower T on a high quality single crystal. Kinso Lab has the skills and experience for growing such a crystal.

2.2.4. $AgVOAsO_4$

Magnetic susceptibility, high-field magnetization, and electron spin resonance measurements identify $AgVOAsO_4$ as a gapped quantum magnet with a spin gap $\Delta \simeq 13$ K and a saturation field $\mu_0 H_s \simeq 48.5$ T [30]. The temperature-dependent NMR shift K(T), which is a direct measure of the intrinsic spin susceptibility, agrees very well with the spin-1/2 alternating-chain model, justifying the assignment of the spin lattice. From the analysis of K(T), magnetic exchange parameters were estimated as follows: the leading exchange $J/k_B \simeq 38.4$ K and the alternation ratio $\alpha = J'/J \simeq 0.69$. The transferred hyperfine coupling between the ^{75}As nucleus and V^{4+} spins obtained by comparing the NMR shift with the bulk susceptibility amounts to $A_{hf} \simeq 3.3T\mu_B$ [31]. The unusual spin model and the low energy scale of the exchange couplings make $AgVOAsO_4$ a promising candidate for an experimental investigation of Bose-Einstein condensation in high magnetic fields [32]. All the current results have been obtained on powder samples. For high field NMR studies a single crystal is ultimately needed.

2.2.5. $Bi_6V_3O_{16}$

Recently, in Tallinn we have investigated the local (NMR) and bulk (magnetization and heat capacity) properties of a vanadium based S=1/2 spin chain compound $Bi_6V_3O_{16}$ ($Bi_4V_2O_{10.66}$) [33]. In the low temperature-phase, the magnetic ions (V^{4+}) are arranged in one-dimensional chains. The magnetic susceptibility shows a broad maximum around 50 K signifying a short-range magnetic order. The ^{51}V cryoMAS-NMR measurements clearly show, that the magnetic V^{4+} and non-magnetic V^{5+} species are located on different crystallographic sites with no mixed occupation. The spin susceptibility calculated from the shift of the ^{51}V NMR spectra reproduces the behavior observed in magnetic susceptibility and concurs well with the S = 1/2 uniform spin chain model with J = 113 K. Unfortunately, cryoMAS on polycrystalline samples only delivers data down to ca 20 K, for static measurement powder NMR lines are too broad. To finalize the NMR investigation of this system, a high-quality single crystal would be extremely valuable and helpful.

2.2.6. $Li_2ScMo_3O_8$ and $Li_2InMo_3O_8$

Back in 2015 Kinso lab the macroscopic and microscopic physical properties of S = 1/2 Mo_3 cluster magnets $Li_2ScMo_3O_8$ and $Li_2InMo_3O_8$ were investigated [34]. $Li_2InMo_3O_8$ shows magnetic ordering at $T_N \sim 12$ K, while no magnetic ordering is observed down to 0.5 K in $Li_2ScMo_3O_8$ in spite of the strong antiferromagnetic interaction among clusters probed by the Weiss temperature. ^{115}In and ^{45}Sc NMR measurements on static polycrystalline samples demonstrated that there should be difference in charge

fluctuation in clusters between $Li_2InMo_3O_8$ and $Li_2ScMo_3O_8$. That result suggested that the origin of different ground states realized in $Li_2InMo_3O_8$ and $Li_2ScMo_3O_8$ could be the different condition in charge and local structure as one of characteristics of the cluster magnet. We suggest to run our cryoMAS experiments on those samples in Tallinn, to resolve more detailed microscopic characteristics of their NMR behavior.

2.2.7. $TiPO_4$ and $NaTiSi_2O_6$

True inorganic spin-Peierls materials are extremely rare, but some Ti oxides can be considered to be ideal candidates owing to their well separated chains of edge-sharing TiO_6 octahedra. Back in 2011 we reported a polycrystalline $TiPO_4$ with unprecedentedly high transition temperatures of 74 and 112 K [35]. In meantime we have measured complete set of NMR data on a single crystal of $TiPO_4$. The other material, polycrystalline $NaTiSi_2O_6$ was originally reported already in 2002 [36], but has been recently reinvestigated as having an orbital-assisted Peierls ground state [37] with a single transition temperature of 210 K. There has not yet been any successful single crystal growth reported on this system, so hopefully the expertise of the Kinso lab might come handi in preparing one.

2.2.8. $YbInCu_4$

The intermetallic compound $YbInCu_4$ undergoes an iso-structural 1st - order valence-changing phase transition from a state with localized moments of the Yb into a Fermi liquid state with strong Kondo screening [38], and is known to show a gradual meta-magnetic transition in high fields over 30 T [39, 40]. Studies of ytterbium based novel compounds and their magnetic properties have a long tradition at the SSPC Laboratory and research on ytterbium compounds has already been subject of earlier cooperation. We, thus, have been discussing various ytterbium compounds presently studied at the SSPC Laboratory, especially in light of high magnetic field NMR investigations, in particular of pulsed NMR in pulsed fields and low temperatures [8].

2.2.9. $La_xBa_{1-x}Fe_{12-y}Co_yO_{19}$

The hexaferrite systems remain a perspective path for permanent magnets, especially in light of collapsing availability of rare-earth metals like Nd and Dy. Systematic investigation of the magnetic properties of La- and Co- substituted hexagonal magnetoplumbite-type (M-type) Sr-ferrite $SrFe_{12}O_{19}$ using single crystals [41] has demonstrated increase of both their saturation moments and magneto-crystalline anisotropy with doping. To specify preferential occupation sites of Co substituents and to clarify charge and spin states of Co ions in (La, Co)-co substituted $Sr_{1-x}La_xFe_{12-y}Co_yO_{19}$ (x, y <= 0.4), ^{57}Fe and ^{59}Co NMR spectra are measured under zero and external magnetic fields using powdered and single crystalline specimens [42]. The Kinso lab has grown single crystals of non-substituted M-, X-, and W-type Sr-hexaferrites by utilizing the traveling solvent floating zone technique and investigated their magnetic and electrical properties [43]. In Tallinn, we have worked on Ba-hexaferrite nanoparticles [41], and worked on U- [44] and Y-type [45] hexaferrites. Cooperation with an ultimate goal to find best ferrite magnets is well prepared on both sides.

2.2.10. $Nd_{2-x}Y_xFe_{14-y}Co_yB$

The best permanent magnets suffer increasingly from decreasing resources of rare-earth metals. We have cooperated with colleagues from Lappenranta University to gain detailed understanding of hysteresis losses first in NdFeB [46], then in all the popular permanent magnets [47] and finally in ferrite [48-51] magnets. An effort towards better micro- and nanostructure and profitable chemical substitutions in NdFeB permanent magnets could eventually speed up our progress towards electrical and magnetic motors based on sustainable permanent magnets.

3. Outlook on future co-operation and interdisciplinary studies

3.1 Studies of dopant and oxygen vacancy induced magnetic effects in non-magnetic oxides

One of the important and contemporary aspects of itinerant magnetism is emergence of magnetism by oxygen vacancies or transition metal dopants in non-magnetic oxides. We have investigated magnetic properties of Mn-stabilized cubic zirconia (ZrO_2) powder samples to verify the recent theoretical predictions [52] of ferromagnetism in transition-metal-doped ZrO_2. We found that 5% Mn-doped cubic ZrO_2 samples, when heat-treated in argon and air environments, exhibit tiny hysteresis loops at room temperature [53]. Room-temperature ferromagnetism was preserved in Ca and Mg stabilized cubic ZrO_2 in both bulk samples and in thin films prepared by pulsed laser deposition [54]. Ferromagnetism was also found in rare earth doped cerium oxide bulk samples [55]. Magnetic and structural studies and their dependence from doping in LaMnO3 thin films prepared by atomic layer deposition [56] and bulk samples prepared by citrate combustion process [57] were also reported. Expansion of those investigation to well chosen single crystal samples could add important insight to this pool of questions.

3.2 Closer to applications – studies of composite materials in form of thin films by atomic layer deposition (ALD)

For about last 10 years the magnetism group at NICPB has been collaborating with Tartu University (and more recently with Helsinki University) to develop technology of growing magnetic films and nano-composites using the atomic layer deposition (ALD) thin film growth. Various simpler and more complex systems have been explored: cobalt doped titanium oxide thin films [58], ferromagnetic iron oxide films on three-dimensional substrates with tin oxide nanoparticles [59], iron oxide and iron-magnesium oxide thin films [60], holmium and titanium oxide nanolaminates [61], holmium titanium oxide thin films [62], dysprosium oxide and dysprosium-oxide-doped titanium oxide thin films [63], bismuth iron oxide thin films of alternating bismuth oxide and iron oxide layers [64], iron erbium oxide thin films [65]. We have grown ZrO_2 [66], ZrO_2-Fe_2O_3 [67], ZrO_2-HfO_2 [68], ZrO_2 and cobalt ferrite layered nano-composite [69], and cobalt oxide and zirconium oxide nanolaminates [70]. As-synthesized magnetic Ni particles [71] as well as quasi-cubic α-Fe_2O_3 nanoparticles [72] have been embedded in ALD TiO_2 thin films. Finally, the Intermetallic Co_3Sn_2 and Ni_3Sn_2 [73] as well as nonmagnetic Ni_3N and magnetic Ni metal [74] thin films have been grown by ALD. Such a massive expertise in ALD growth can be employed to create thin film versions of several excellent single crystal compounds created at the Kinso laboratory.

3.3 Interdisciplinary applied research for potential use of magnetic nano-particles in medical diagnostics applications.

At NICPB we are currently involved in a project aiming to develop magnetically doped nano-particles to be incorporated as magnetic marker substance that may ideally be detectable by magnetic resonance imaging [71, 72]. With the expertise on magnetic materials at the SSPC Laboratory of Prof. Yoshimura and his group and the special expertise on magnetic resonance techniques at Tallinn we are planning to contribute some proposals to these studies that may have future relevance for therapy and/or medical diagnostics.

4. Acknowledgment

The International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University financed this research fellowship. My work in Tallinn is supported by research grants PRG4 and TK134. I would like to express my sincere appreciation to the Division of Chemistry for hosting me, to the International Research Unit of Advanced Future Studies for providing financial support, to Professor Yoshimura for inviting me, and to him and all members of his team for numerous interesting discussions and a very pleasant and scientifically highly productive time at the SSPC Laboratory. Also the inspiring discussions with colleagues and friends in Kyoto and outside are highly appreciated.

5. References

[1] H. Kageyama, K. Yoshimura, R. Stern, N. V. Mushnikov, K. Onizuka, M. Kato, K. Kosuge, C.P. Slichter, T. Goto, and Y. Ueda, *Phys. Rev. Lett.* **82**, 3168 (1999).

[2] M. Takigawa, M. Horvatić, T. Waki, S. Krämer, C. Berthier, F. Lévy-Bertrand, I. Sheikin, H. Kageyama, and Y. U. Mila, (2012), arXiv:1209.0069 .

[3] R. Stern, I. Heinmaa, P.L. Kuhns, A.P. Reyes, W.G. Moulton, H.A. Dabkowska, and B.D. Gaulin, NHMFL RESEARCH REPORT 2004; https://www.researchgate.net/profile/Raivo_Stern2/publication/268215900_High_Field_11B_NMR_Study_of_13_Magnetization_Plateau_of_2D_Quantum_Spin_System_SrCu2BO32/links/5 464f8160cf2052b509f2958/High-Field-11B-NMR-Study-of-1-3-Magnetization-Plateau-of-2D-Quantum-Spin-System-SrCu2BO32.pdf .

[4] M. Jaime, R. Daou, S.A. Crooker, F. Weickert, A. Uchida, A.E. Feiguin, C.D. Batista, H.A. Dabkowska, and B.D. Gaulin, *Proc. Nat. Acad. Sci.* **109**, 12404 (2012).

[5] Y.H. Matsuda, N. Abe, S. Takeyama, H. Kageyama, P. Corboz, A. Honecker, S.R. Manmana, G.R. Foltin, K.P. Schmidt, and F. Mila, *Phys. Rev. Lett.* **111** (2013).

[6] B. Meier, S. Greiser, J. Haase, T. Herrmannsdoerfer, F. Wolff-Fabris, and J. Wosnitza, *J. Magn. Resonance* **210**, 1 (2011).

[7] J. Kohlrautz, S. Reichardt, E.L. Green, H. Kühne, J. Wosnitza, and J. Haase, *J. Magn. Resonance* **263**, 1 (2016).

[8] J. Kohlrautz, J. Haase, E.L. Green, Z.T. Zhang, J. Wosnitza, T. Herrmannsdörfer, H.A. Dabkowska, B.D. Gaulin, R. Stern, and H. Kühne, *J. Mag. Resonance* **271**, 52 (2016).

[9] M.E. Zayed, C. Rüegg, J.J. Larrea, A.M. Lauchli, C. Panagopoulos, S.S. Saxena, M. Ellerby, D.F. McMorrow, T. Strassle, S. Klotz, G. Hamel, R.A. Sadykov, V. Pomjakushin, M. Boehm, M. Jimenez-Ruiz, A. Schneidewind, E. Pomjakushina, M. Stingaciu, K. Conder, and H.M. Ronnow, *Nat. Phys.* **13**, 962 (2017).

[10] Z. Shi, W. Steinhardt, D. Graf, P. Corboz, F. Weickert, N. Harrison, M. Jaime, C. Marjerrison, H.A. Dabkowska, F. Mila, and S. Haravifard, *Nat. Comm.* **10**, 2439 (2019); S. Haravifard, D. Graf, A.E. Feiguin, C.D. Batista, J.C Lang, D.M. Silevitch, G. Srajer, B.D. Gaulin, H.A. Dabkowska, and T.F. Rosenbaum, *Nat. Comm.* **7**, 11956 (2016).

[11] M. Jaime, V.F. Correa, N. Harrison, C.D. Batista, N. Kawashima, Y. Kazuma, G.A. Jorge, R. Stern, I. Heinmaa, S.A. Zvyagin, Y. Sasago, and K Uchinokura, *Phys. Rev. Lett.* **93**, 87203 (2004).

[12] M. Horvatić, C. Berthier, F. Tedoldi, A. Comment, M. Sofin, M. Jansen, and R. Stern, *Progress of Theoretical Physics Supplement*, 106 (2005).

[13] C. Rüegg, D.F. McMorrow, B. Normand, H.M. Rønnow, S.E. Sebastian, I.R. Fisher, C.D. Batista, S.N. Gvasaliya, C. Niedermayer, and J. Stahn, *Phys. Rev. Lett.* **98**, 017202 (2007).

[14] S. Krämer, R. Stern, M. Horvatić, C. Berthier, T. Kimura, and I.R. Fisher, *Phys. Rev. B* **76**, 100406 (2007).

[15] S.E. Sebastian, N. Harrison, C.D. Batista, L. Balicas, M. Jaime, P.A. Sharma, N. Kawashima, and I.R. Fisher, *Nature* **441**, 617 (2006).

[16] S.E. Sebastian, P.A. Sharma, M. Jaime, N. Harrison, V. Correa, L. Balicas, N. Kawashima, C.D. Batista, and I.R. Fisher, *Phys. Rev. B* **72**, 100404 (2005).

[17] S.E. Sebastian, P. Tanedo, P.A. Goddard, S.-C. Lee, A. Wilson, S. Kim, S. Cox, R.D. McDonald, S. Hill, N. Harrison, C.D. Batista, and I.R. Fisher, *Phys. Rev. B* **74**, 180401 (2006).

[18] S.A. Zvyagin, J. Wosnitza, J. Krzystek, R. Stern, M. Jaime, Y. Sasago, and K. Uchinokura, *Phys. Rev. B* **73**, 094446 (2006).

[19] K.-K. Ng and T.-K. Lee, *Phys. Rev. B* **73**, 014433 (2006).

[20] H.-T. Wang, B. Xu, and Y. Wang, *J. Phys.: Condens. Matter* **18**, 4719 (2006).

[21] C.D. Batista, J. Schmalian, N. Kawashima, P. Sengupta, S.E. Sebastian, N. Harrison, M. Jaime, and I.R. Fisher, *Phys. Rev. Lett.* **98**, 257201 (2007).

[22] D.V. Sheptyakov, V.Y. Pomjakushin, R. Stern, I. Heinmaa, H. Nakamura, and T. Kimura, *Phys. Rev. B* **86**, 014433 (2012).
[23] D. Arčon, I. Heinmaa, and R. Stern, "Low-temperature NMR: Techniques and Applications." In *Modern Methods in Solid-state NMR*, pp. 231-261 (2018).
[24] R. Stern, I. Heinmaa, E. Joon, A.A. Tsirlin, H. Nakamura, and T. Kimura, *Appl. Magn. Res.* **45**, 1253 (2014).
[25] V.V. Mazurenko, M.V. Valentyuk, R. Stern, and A.A. Tsirlin, *Phys. Rev. Lett.* **112**, 107202 (2014).
[26] S. Krämer, N. Laflorencie, R. Stern, M. Horvatić, C. Berthier, H. Nakamura, T. Kimura, and F. Mila, *Phys. Rev. B* **87**, 180405 (2013).
[27] P. Puphal, D. Sheptyakov, N. van Well, L. Postulka, I. Heinmaa, F. Ritter, W. Assmus, B. Wolf, M. Lang, H.O. Jeschke, R. Valenti, R. Stern, C. Rüegg, and C. Krellner, *Phys. Rev. B* **93**, 174121 (2016).
[28] P. Puphal, S. Allenspach, C. Rüegg, and E. Pomjakushina, *Crystals* **9**, 273 (2019).
[29] B. Koteswararao, B.K. Hazra, D. Rout, P.V. Srinivasarao, S. Srinath, and S.K. Panda, *Mater. Res. Express* 4076103 (2017).
[30] A.A. Tsirlin, R. Nath, J. Sichelschmidt, Y. Skourski, C. Geibel, and H. Rosner, *Phys. Rev. B* **83**, 144412 (2011).
[31] N. Ahmed, P. Khuntia, K.M. Ranjith, H. Rosner, M. Baenitz, A.A. Tsirlin, and R. Nath *Phys. Rev. B* **96**, 224423 (2017).
[32] F. Weickert, A.A. Aczel, M.B. Stone, V.O. Garlea, C. Dong, Y. Kohama, R. Movshovich, A. Demuer, N. Harrison, M.B. Gamza, A. Steppke, M. Brando, H. Rosner, and A.A. Tsirlin, *arXiv:1902.04633* (2019).
[33] M. Huvé, R.-N. Vannier, G. Nowogrocki, G. Mairesse, and G. Van Tendeloo, *J. Mater. Chem.* **6**, 1339 (1996).
[34] Y. Haraguchi, C. Michioka, H. Ueda, and K. Yoshimura, *Journal of Physics: Conference Series*, **868**, 012022 (2017).
[35] J.M. Law, C. Hoch, R. Glaum, I. Heinmaa, R. Stern, J. Kang, C. Lee, M.-H. Whangbo, and R.K. Kremer, *Phys. Rev. B* **83**, 180414 (2011).
[36] M. Isobe, E. Ninomiya, A.N. Vasil'ev, and Y. Ueda, *J. Phys. Soc. Jap.* **71**, 1423 (2002).
[37] H.J. Silverstein, A.E. Smith, C. Mauws, D.L. Abernathy, H. Zhou, Z. Dun, J. van Lierop, and C.R. Wiebe, *Phys. Rev. B* **90**, 140402(R) (2014).
[38] K. Yoshimura, T. Nitta, M. Mekata, T. Shimizu, T. Sakakibara, T. Goto, and G. Kido, *Phys. Rev. Lett.* **60**, 851 (1988).
[39] Y.H. Matsuda, T. Inami, K. Ohwada, Y. Murata, H. Nojiri, Y. Murakami, H. Ohta, W. Zhang, and K. Yoshimura, *J. Phys. Soc. Jap.* **76**, 034702 (2007).
[40] K. Hashi, T. Shimizu, A. Goto, T. Iijima, S. Ohki, H. Ohta, W. Zhang, and K. Yoshimura, *J. Phys. Soc. Jap.* **75**, 084714 (2006).
[41] H. Ueda, Y. Tanioku, C. Michioka, and K. Yoshimura, *Phys. Rev. B* **95**, 224421 (2017).
[42] H. Sakai, T. Hattori, Y. Tokunaga, S. Kambe, H. Ueda, Y. Tanioku, C. Michioka, K. Yoshimura, K. Takao, A. Shimoda, T. Waki, Y. Tabata, H. Nakamura, *Phys. Rev. B* **98**, 064403 (2018).
[43] H. Ueda, H. Shakudo, H. Santo, Y. Fujii, C. Michioka, and K. Yoshimura, *J. Phys. Soc. Jap.* **87**, 104706 (2018).
[44] M.C. Dimri, R. Stern, S.C Kashyap, K.P. Bhatti, and D.C. *Phys. Stat. Sol. A-Appl. Mat. Sci.* **206**, 270-275 (2009).
[45] M.C. Dimri, H. Khanduri, H. Kooskora, I. Heinmaa, E. Joon, and R. Stern, *J. Mag. Mag. Mat.* **323**, 2210-2213 (2011).
[46] H. Khanduri, M.C. Dimri, H. Kooskora, I. Heinmaa, G. Viola, H. Ning, M.J. Reece, J. Krustok, and R. Stern, *J. Appl. Phys.* **112**, 073903 (2012).
[47] J. Pyrhonen, S. Ruoho, J. Nerg, M. Paju, S. Tuominen, H. Kankaanpaa, R. Stern, A. Boglietti, and N. Uzhegov, *IEEE Trans. Ind. Elec.* **62**, 857-865 (2015).

[48] I. Petrov, D. Egorov, J. Link, R. Stern, S. Ruoho, J. Pyrhonen, *IEEE Trans. Ind. Elec.* **64**, 2502-2510 (2017).
[49] D. Egorov, I. Petrov, J. Pyrhonen, J. Link, R. Stern, *IECON 2017 – **43rd** Ann. Conf. IEEE Ind. Elec. Soc*., 2046-2052 (2017).
[50] D. Egorov, I. Petrov, J. Link, R. Stern, and J. Pyrhonen, *IEEE Trans. Ind. Elec.* **65**, 179-188 (2018).
[51] D. Egorov, I. Petrov, J. Pyrhonen, J. Link, and R. Stern, *IEEE Trans. Ind. Elec.* **65**, 9280-9290 (2018).
[52] S. Ostanin, A. Ernst, L. M. Sandratskii, P. Bruno, M. Dane, I. D. Hughes, J. B. Staunton, W. Hergert, I. Mertig, and J. Kudrnovsky, *Phys. Rev. Lett.* **98**, 016101 (2007).
[53] M.C. Dimri, H. Kooskora, J. Pahapill, E. Joon, I. Heinmaa, J. Subbi, and R. Stern, *Phys. Stat. Sol. A-Appl. Mat. Sci.* **208**, 172-179 (2011).
[54] M.C. Dimri, H. Khanduri, H. Kooskora, M. Kodu, R. Jaaniso, I. Heinmaa, A. Mere, J. Krustok, and R. Stern, *J. Phys. D-Appl. Phys.* **45**, 475003 (2012).
[55] M.C. Dimri, H. Khanduri, H. Kooskora, J. Subbi, I. Heinmaa, A. Mere, J. Krustok, and R. Stern, *Phys. Stat. Sol. A-Appl. Mat. Sci.* **209**, 353-358 (2012).
[56] H. Khanduri, M.C. Dimri, S. Vasala, S. Leinberg, R. Lõhmus, T.V. Ashworth, A. Mere, J. Krustok, M. Karppinen, and R. Stern, *J. Phys. D-Appl. Phys.* **46**, 175003 (2013).
[57] M.C. Dimri, H. Khanduri, A. Mere, and R. Stern, ***62nd** DAE Sol. Stat. Phys. Symp., AIP Conference Proceedings **1942***, UNSP 130015 (2018).
[58] V. Pore, M.C. Dimri, H. Khanduri, et al., *Thin Solid Films*, **519**, 3318-3324 (2011).
[59] A. Tamm, M.C. Dimri, J. Kozlova, A. Aidla, T. Tätte, T. Arroval, U. Mäeorg, H. Mändar, R. Stern, and K. Kukli, *J. Cryst. Growth*, **343**, 21–27 (2012).
[60] K. Kukli, M.C. Dimri, A. Tamm, M. Kemell, T. Käämbre, M. Vehkamäki, M. Puttaswamy, R. Stern, I. Kuusik, A. Kikas, M. Tallarida, D. Schmeisser, M. Ritala, and M. Leskelä, *ECS J. Sol. St. Sci. Tech.* **3**, N45 - N54 (2013).
[61] K. Kukli, J. Lu, J. Link, M. Kemell, E. Puukilainen, M. Heikkilä, R. Hoxha, A. Tamm, L. Hultman, R. Stern, M. Ritala, and M. Leskelä, *Thin Solid Films* **565**, 165-171 (2014).
[62] K. Kukli, M. Kemell, M.C. Dimri, E. Puukilainen, A. Tamm, R. Stern, M. Ritala, and M. Leskelä, *Thin Solid Films* **565**, 261–266 (2014).
[63] A. Tamm, J. Kozlova, L. Aarik, J. Aarik, K. Kukli, J. Link, and R. Stern, *J. Vac. Sci. Tech.* **A 33**, 01A127 (2015).
[64] M. Puttaswamy, M. Vehkamäki, K. Kukli, M.C. Dimri, M. Kemell, T. Hatanpää, M.J. Heikkilä, K. Mizohata, R. Stern, M. Ritala, and M. Leskelä, *Thin Solid Films* **611**, 78−87 (2016).
[65] A. Tamm, K. Kalam, H. Seemen, J. Kozlova, K. Kukli, J. Aarik, J. Link, R. Stern, S. Dueñas, and H. Castán, *ACS Omega* **2**, 8836–8842 (2017).
[66] K. Kukli, M. Kemell, K. Mizohata, M. Vehkamäki, K. Kalam, H. Castán, S. Dueñas, J. Link, R. Stern, M. Ritala, and M. Leskelä, *ECS J. Sol. St. Sci. Tech.* **7**, P1-P8 (2018).
[67] K. Kalam, H. Seemen, P. Ritslaid, M. Rähn, A. Tamm, K. Kukli, A. Kasikov, J. Link, R. Stern, S. Dueñas, H. Castán, and H. García, *Beilstein J. Nanotechnol* **9**, 119–128 (2018).
[68] K. Kalam, H. Seemen, M. Mikkor, P. Ritslaid, R. Stern, S. Dueñas, H. Castán, A. Tamm, and K. Kukli, *ECS J. Sol. St. Sci. Tech.* **7**, 117–122 (2018).
[69] A. Tamm, U. Joost, M. Mikkor, K. Kalam, H. Mändar, H. Seemen, J. Link, R. Stern, H. Castán, S. Dueñas, and K. Kukli. *ECS J. Sol. St. Sci. Tech.* **6**, P886-P892 (2017).
[70] K. Kalam, H. Seemen, M. Mikkor, T. Jõgiaas, P. Ritslaid, A. Tamm, K. Kukli, A. Kasikov, J. Link, R. Stern, S. Dueñas, and H. Castán, *Thin Solid Films* **669**, 294–300 (2019).
[71] P. Uudeküll, J. Kozlova, H. Mändar, J. Link, M. Sihtmäe, S. Käosaar, I. Blinova, K. Kasemets, A. Kahru, R. Stern, T. Tätte, K. Kukli, and A. Tamm, *J. Mag. Mag. Mat.* **429**, 299−304 (2017).
[72] A. Tamm, L. Seinberg, J. Kozlova, J. Link, P. Pikma, R. Stern, and K. Kukli, *Thin Solid Films* **612**, 445−449 (2016).

[73] K. Väyrynen, T, Hatanpää, M. Mattinen, K. Mizohata, K. Meinander, J. Räisänen, J. Link, R. Stern, M. Ritala, and M. Leskelä, *Adv. Mat. Interfaces* **6**, 1801291 (2019).
[74] K. Väyrynen, T. Hatanpää, M. Mattinen, M.J. Heikkilä, K. Mizohata, J. Räisänen, J. Link, R. Stern, M. Ritala, and M. Leskelä, *Phys. Stat. Sol. A-Appl. Mat. Sci.* **216**, 1900058 (2019).

September 2019
No.2019-008-e

Journal of Integrated Creative Studies

Two Studies Suggesting Changes in Cultural Norms in Japan

Vinai Norasakkunkit[1], Yukiko Uchida[2]
[1]Gonzaga University
[2]Kyoto University
E-mail: norasakkunkit@gonzaga.edu

Abstract. During my 2-month stay at Kyoto University from June 10, 2019 through August 7, 2019, I collected data for two related studies with my collaborator, Professor Yukiko Uchida at the Kokoro Research Center and gave two lectures, one about each of the studies. The first study was titled, "Can marginalizing situations cause individuals to become culturally deviant in their values and motives?" The second study was titled, "Explaining Cultural Variance in the Perceived Severity of ASD-Like Symptoms: Theory of Mind, Cultural Tightness, and Opacity of Mind Norms." The first study included a replication of a previous study to test whether Japanese participants were motivated to maintain consistency with their in-group members more than with their own past behaviors (i.e., motivation to maintain self-consistency), a pattern that would be more typical of a relatively more collectivistic culture. Specifically, after particpiants were ask to complete a marginalization risk scale, they were randomly assigned to either consider their willingness to comply to the request assuming that they have already complied to a similar request in the past (motivation to be self-consistent condition) or consider their willigness to comply to a request if all of their clasmates have complied to a similar request (motivation to conform to in-group condition). The second study tested our expectations that people in a relatively tighter culture, which has previously been characteristic of the Japanese cultural context, would perceive culturally deviant behaviors as more problematic than in a relatively looser culture, such as the North American culural context. Specifically, participants were asked rate the severity of ASD-like behaviors (i.e., culturally deviant behaviors) under one of three conditions: 1) explicit information is given that there is no underlying cognitive deficit to explain the deviant behaviors; 2) explicit informaiotn is given that there is an underlying cognitive deficit to expain the deviant behaviors; 3) no explicit information about an udnerlying cognitive deficit was given. Both studies revealed that previous patterns of behaviors in Japan can no longer be replicated, thereby sugggesting changing cultural norms in Japan, characterized by increasing individualistic norms and cultural looseness.

Keywords: cultural change, motivation, cultural tightness

Study 1: Can marginalizing situations cause individuals to become culturally deviant in their values and motives?

Background and Method

The first study was a replication of a study that was previously conducted in the United States (Norasakkunkit, et al. 2018) with a pretest – posttest design in which culturally deviant behaviors and values were expected to occur after being put in a marginalizing situation. In the United States, this prediction was confirmed. Specifically, it was found that marginalizing situations did increase culturally deviant behaviors and values but only for those who already had a high baseline risk of marginalization.

In Japan, we replicated the above US study by collecting data from 126 Japanese university students. We expected to find that students who were at low risk of becoming marginalized, according to a measure we previously created (Uchida & Norasakkunkit, 2015), would behave in a culturally normative way for Japan. According to our previous studies (Norasakkunkit & Uchida, 2014, Norasakkunkit et al., 2016), the culturally normative behavior in Japan was to be motivated by conformity to in-group members rather than to be motivated by self-consistency. Then we expected the students who scored high on baseline risk to deviate from this pattern when they were put in a marginalizing situation.

Results and Discussion

Unfortunately, in this study, there was no difference between the reported behaviors of low risk students and high risk students, nor were the students any more motivationally oriented towards the in-group than they were towards self-consistency. Since the study was predicated on replicating previously found culturally normative pattern of behavior for the low risk students before testing the impact of marginalizing situations on the high risk students, we were unable to test our theory about the impact of being put in a marginalizing situation for high risk students. In other words, the behaviors of the low risk students and the high risk students are no longer distinguishable, and furthermore, the students did not behave any more collectivistically than they did individualistically. These results suggest that perhaps cultural norms are changing in Japan, at least compared to those of several years ago. Specifically, at least young university students in Japan today, compared to several years ago, seem to be more motivated by individualistic norms (i.e., self-consistency), at least to the same extent that they are motivated by collectivistic norms (see Figure 1).

Study 2: Explaining Cultural Variance in the Perceived Severity of ASD-Like Symptoms: Theory of Mind, Cultural Tightness, and Opacity of Mind Norms

Background and Method

The second study first required that we develop the stimuli for the experiment (i.e., 18 cases that represent the spectrum of ASD-like behaviors) and also develop a new measure of a cultural dimension called Opacity of Mind. We examined cultural norms with respect to a cultural dimensions of Opacity of Mind and cultural tightness/looseness, which refer to the degree to which people consider seeking information about mental states intrusive, and the degree to which a society has strong norms and a low tolerance of deviant behavior, respectively. Societies that have a relatively low tolerance for culturally deviant behaviors and high opacity of mind norms are considered "tight cultures," while societies with a relatively high tolerance for culturally deviant behaviors and low opacity of mind norms are considered "loose cultures" (Gelfand et al., 2011). We expected that Japanese norms associated with cultural tightness (and high opacity of mind norms) would suggest that culturally deviant behaviors themselves would be perceived as relatively severe, even if it is made clear that there is no underlying cognitive deficit to explain those deviant behaviors. We collected data from 500 Japanese participants in an online survey via Lancers.

Results and Discussion

The results here too suggested that cultural norms in Japan may be changing because the results we found in Japan were exactly what we predicted for a looser culture like the United States. Specifically, Japanese young people today seem to perceive culturally deviant behaviors themselves as less problematic unless information about an underlying cognitive deficit to explain those behaviors was made explicit. In fact, in a pilot study, we found that American participants scored higher on cultural tightness than the Japanese participants! This was quite unexpected! We are considering an alternative theory to explain these results now (i.e., cultural differences in attributional styles), but we will not be able to test that theory (or portions of the original theory) until we also collect data from the United States. We hope to be collecting data in the United States for this study before the end of 2019.

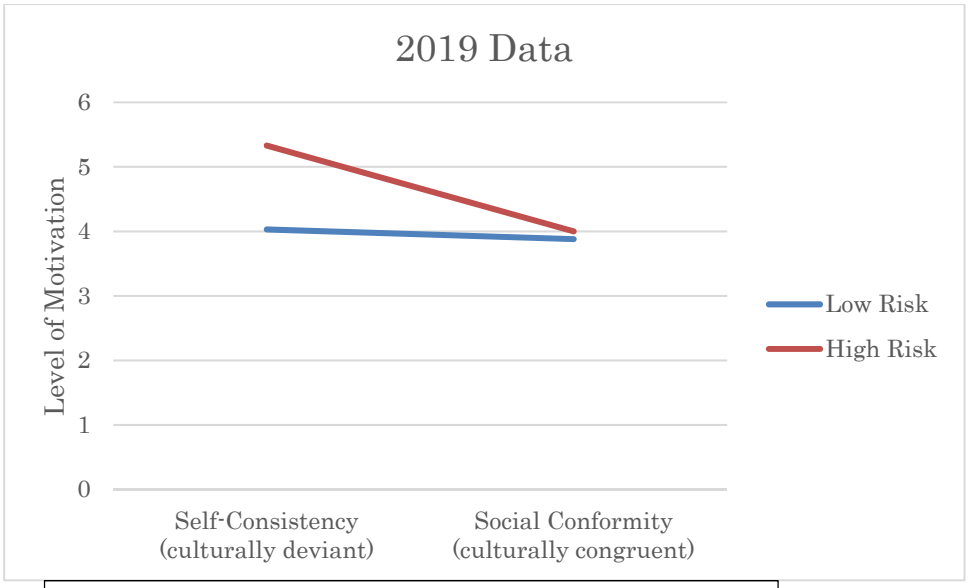
Overall Conclusions

While the data we collected at Kyoto University for the two studies described above resulted in unexpected behavioral patterns, these patterns may suggest changing cultural norms in Japan, which is itself interesting and worth making public through the publication of these findings. Specifically, Both studies revealed that previous patterns of behaviors in Japan can no longer be replicated, thereby sugggesting changing cultural norms in Japan, characterized by increasing individualistic norms and cultural looseness.

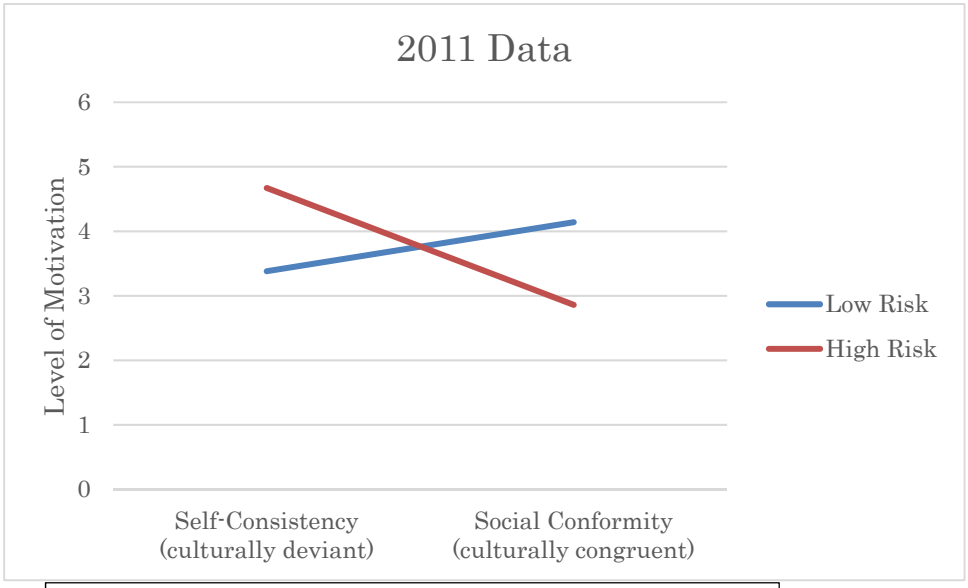
In addition to collecting data, I also gave two lectures. The first lecture was on the second study discussed above and was given to graduate students at the Graduate School of Education/Graduate School of Human and Environmental Studies. The second lecture was given to the graduate students in Professor Yukiko Uchida's and Assistant Professor Masataka Nakayama's Academic Writing Class. This second lecture was on Study 1's data collected from the United States.

Additionally, during my stay at Kyoto University, I consulted with graduate students about their research and future directions, as well as maintained constant communication with Professor Yukiko Uchida, Assistant Professor Masataka Nakayama, the staff at Kokoro Research Center, and many of the graduate students in Professor Uchida's lab.

figure 1: Side by side comparison of current patterns and previous patterns for Study 1

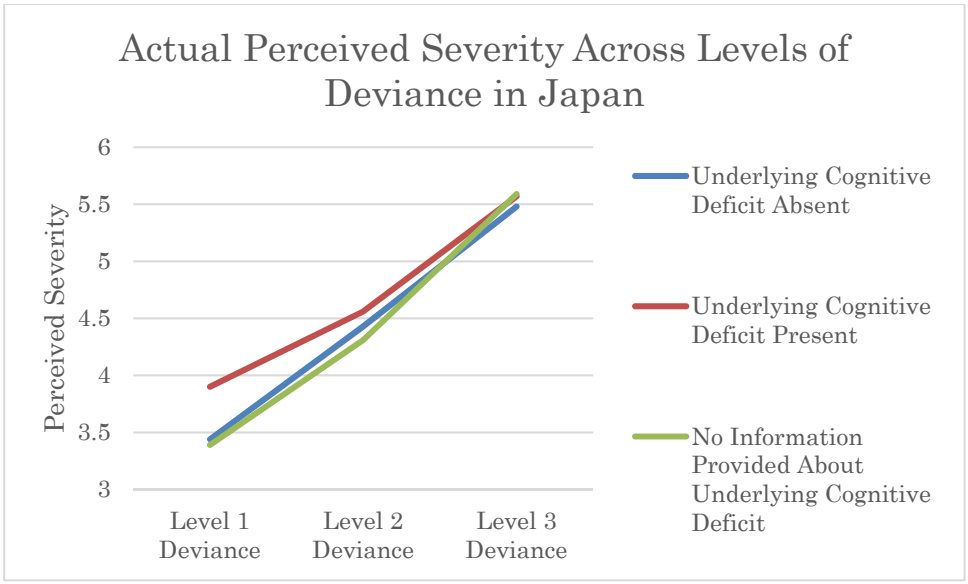


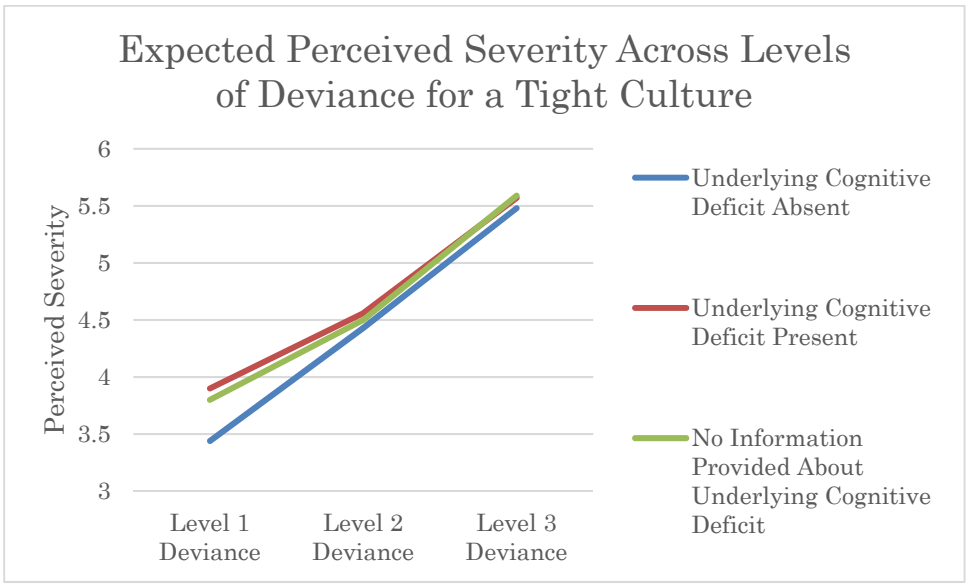
No main effects or interaction effects



Interaction: $F(1,191) = 5.84$, $p = .01$

figure 2: Side by side comparison of current patterns and expected patterns for Study 2





REFERENCES

Gelfand, M. J., Raver, J. L., Nishii, L., Leslie, L. A., Lun, J., Lim, B. C., et al. Differences between tight and loose cultures: A 33-nation study. *Science,* **332**, 1100-1104, 2011. doi:10.1126/science.1197754

Norasakkunkit, V**.**, and Uchida, Y. To conform or to maintain self-consistency? Hikikomori risk in Japan and the deviation from seeking harmony. *Journal of Social and Clinical Psychology*, **33**, 919-937, 2014.

Norasakkunkit, V., Uchida, Y., Liu, H., Ensroth, N., and Presinger, S. Examining Sources of Culture-Person Mismatch: Can Marginalizing Situations Cause Behaviors to Deviate from Cultural Norms? Poster presented at 24th International Congress of the International Association of Cross-Cultural Psychology. Guelph, ON, July 2, 2018

Norasakkunkit, V., Uchida, Y., Liu, H., & Lassiter, C. *Examining sources of person-culture mismatch: The role of dispositions and marginalizing situations.* Symposium on Cultural-Clinical Psychology: New Research on Emotional Distress. 23rd International Congress of the International Association of Cross-Cultural Psychology. Nagoya, Japan, July, 31, 2016

November 2019
No.2019-009-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on Stefan Büchi's visit to the Yukawa Institute for Theoretical Physics in October 2019

Stefan Büchi[1]
[1] Clinic for Psychiatry and Psychotherapy Hoheneg Meilen, and University of Zurich, Switzerland
E-mail: stefan.buechi@hohenegg.ch

Abstract. This report summarizes my activities during my 1-month stay as Distinguished Visiting Professor at the Yukawa Institute for Theoretical Physics in October 2019. This visit was supported by the International Research Unit of Advanced Future Studies, Kyoto University, Japan.

Keywords: object-subject relation, Pictorial Representation of Illness and Self Measure, suffering, pain, evolutionary perspective, paradigm shift, medicine

Personal Note

I feel deeply indebted to Professor Masatoshi Murase for his wonderful hospitality, his kindness, and his inspiring exchange and support during my stay at YITP as a Distinguished Visiting Professor. Prof. Murase's strive for interdisciplinary exchange within his unit and the organization of 2019 Kyoto University International Symposium on Advance Future Studies opened for me new perspectives on possibilities of crossing the border between sciences and humanities. This inter- and transdisciplinary approach also opened new insights in my research field, namely, treatment and visualization of suffering.

I would also like to thank YITP and the International Research Unit of Advanced Future Studies for their support and perfect organization of my visiting professorship.

Zürich, 4 November 2019

Stefan Büchi

1. ScientificActivity

The aim of my research stay as a Distinguished Visiting Professor and the International Research Unit of Advanced Future studies was to evaluate the use of Pictorial Representation of Illness and Self Measure (PRISM) (Büchi, 2002) (Fig. 1) within the framework of Prof. Murase's seminal theory of Self–Nonself circulation as a basic principle of life (Murase, 2018).

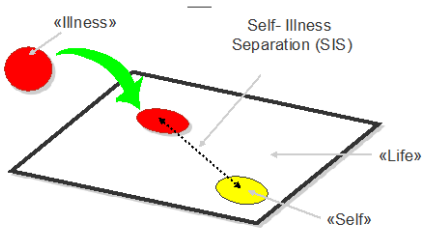


Figure 1. PRISM (Pictorial Representation of Illness and Self Measure)

My stay was planned long in advance and had a complex structure to optimize the exchange and learning process. My stay consisted of four distinguished phases:

2. Week 1 (October 1 – 6): Personal exchange with Prof. Murase

In the first week of my research stay, Prof. Murase and I had daily intensive exchange for several hours. For me, this exchange was a unique chance of getting to understand the principle of the Self–Nonself circulation of living nature by its creator. We also conducted interdisciplinary exchange about suffering and discussed in depth its association with Self–Nonself circulation. Finally, PRISM, as a visual metaphor of a subject–object relation (Sensky, 2016) and its relation to Self–Nonself circulation (Murase, 2018) was started.

The first PRISM workshop in Japan was planned for the week after we discussed about cultural adaptation of the introduction of PRISM, and I was prepared to study experiences at the workshop as a form of field study for the cultural translational process of PRISM. Visits and lectures at highly reputable psychiatric clinics (University Hospital of Kyoto, and Keio University Hospital) were planned in advance to enrich transcultural and professional exchange with Japanese colleagues. For the planning of these lectures, the PRISM workshop in Nagoya, the meeting in the Swiss Chamber of Commerce for Japan, and the encounter with the German Zen Abbot Muho Nölke, I would like to thank Dr. Hiroashi Mizutani, the Head of the Yagoto clinic in Nagoya, who organized and accompanied me in this trip together with his wife Dr. Junko Mizutani.

3. Week 2 (October 7-13): Transcultural professional exchange with Japanese psychiatrists, a Zen Abbott, and economical leaders. Realization of a first PRISM Workshop in Japan

3.1 Lecture on "Placebo - how to optimize psychopharmacological treatment," Department of Psychiatry, University Hospital (Prof. Murai). (7.10.2019)

We were warmly welcomed by Professor Taro Suwa and guided through the wards of the clinic. The lecture on placebo, in which I presented the current state of research, the so-called Hohenegg contextual model, and the use of PRISM in the assessment and recording of suicidal ideation, was very well received and intensively discussed.

3.2 PRISM workshop in the Yagoto Clinic in Nagoya (9.10.2019)

The preparations for this workshop were extensive. We previously sent 15 complete PRISM sets to Nagoya, and we also had our PRISM cards for this event translated into Japanese and edited by Japanese psychologists in comparison with the English version. The participants of this 5-hour workshop were all very active. They intensively participated in role plays that were executed to give the professionals the personal experience of the practical use of PRISM within daily professional communication (Sensky, 2016). A special highlight was the talk of Mrs. Itsuko Yamada, a psychologist working together with her husband in a diabetes clinic in Sendai. She reported about her extensive and very positive clinical experiences in the use of PRISM in combination with the so-called Diabetes Dialogue Map, which she developed to ameliorate professional exchange with diabetologists.

For me, this workshop proved that PRISM can be very well used and easily introduced in Japan. Transculturally, I found the following novelty in the use of PRISM. Three of the first five feedback used an explicit reference to "ancestors" or earlier generations when reflecting deeply about one's life. Astonishingly, this had never happened before in my 15 years of offering workshops in Europe (Switzerland, Germany, Italy, and France). The discussion about this fact with Japanese participants led to a very interesting exchange on two different meanings of life in Japanese: Jin-sei (the comprehensive, whole life including the vitality of nature and the ancestors) and Sei-Katu (the current, visible everyday life). Although the introduction of PRISM in the PRISM cards refers explicitly to the current everyday life (Sei-Katsu), the PRISM triggered many people's association with other deeper layers of life (Jin-Sei). The intense reference to everyday life in PRISM elucidates different levels of life. The experienced everyday life (Sei-Katsu) mixes with the more comprehensive view of life (Jin-Sei). In summary, the use of PRISM in Japan confirms that its subject–object metaphor triggers a deep reflection, or even experience, of comprehensive life in the sense of Jin-Sei.

3.3 Meeting with Zen Abbot Muho Nölke in Osaka (10.10.2019)

The meeting took place in one of the oldest gardens of Osaka in a wonderful old restaurant. Muho Nölke is known to a broader public in Switzerland and Germany for his books and his film "Zen for nothing," which was shown in Swiss cinemas in 2016. Muho Nölke is the Abbott of Antaji Monastery on the west coast of Japan since 2002. He is married to a Japanese woman and has three children. Dr. Mizutani organized this meeting to offer an East–West exchange of spiritual and religious concepts.

In my conversation with Muho Nölke, I was interested in his assessment of the possibilities of integrating Zen into regular psychiatric–psychotherapeutic processes in our clinic. He made it clear that the Zen path is very time consuming and is based on a deep rooted personal decision. He therefore could not imagine the integration of the Zen process into a psychiatric clinic. In his view, the practice of mindfulness, which is already cultivated in our clinic, as an everyday exercise and therapy principle, could be a meaningful way to practice "immanent spirituality," which is an everyday practice that links to deeper experience of the essence of life. I was very happy that Muho Nölke accepted my invitation to our clinic. We will talk about Zen Buddhism to our patients on September 6th 2020 so that this intercultural spiritual exchange will proliferate in the future.

3.4 Lecture in the Swiss Chamber of Commerce and Industry (SSCIJ) on: "A healthy job environment: Resilience at workplace" (11.10.2019)

Representatives from businesses and the Swiss Embassy, Hiromi Mitsubyashi, who is a professor at Nihon University in Tokyo, and a health politician in the Japanese Parliament were present in this lecture. The lecture on mental health in the context of work focused on resilience on the workplace. Based on a large body of literature evidence, individual resilience can be assessed by the so-called Sence of Coherence (Antonovsky, 1987). This concept, which was introduced by the sociologist Aaron Antonovsky, implies that if a person perceives stimuli as understandable, then controllable and meaningful life problems are perceived as less stressful and, in consequence, health can be promoted.

Within companies a large body of literature and research including the so-called guarding minds at work (`www.guardingmindsatwork.ca`) in Canada proved that a milieu of trust within a company and an open attitude toward mental problems of employees had positive effects on mental health status in companies. After my lecture, a very interesting discussion evolved on cultural differences in working hours and attitudes toward mental health. Similar to other industrialized countries, absenteeism from work significantly increases in Japan due to psychiatric problems within the last decade. Therefore, Japanese companies should create a healthy work environment and deal efficiently with the psychiatric problems of their employees. An essential problem in Japan is the enormously high attendance times. Chronic overload and exhaustion are frequent and often lead to psycho-vegetative complaints, such as fatigue, back- and headaches, or gastrointestinal symptoms.

3.5. Lecture on "Suffering and Mental Pain- New concepts in European Psychiatry" in the Department of Psychiatry at Keio University Hospital (11.10.2019)

The head of the Psychiatric Department, Prof. Fujisawa, warmly welcomed us and presented his 14-bed unit at the Keio University Hospital in Tokyo. He also introduced different treatment strategies that were developed in his unit. Similar to most other clinics in Japan, the essential part consists of the psychopharmacological treatment. In the discussion about different psychiatric cultures in Japan and Switzerland, we got aware that there are 10,000 psychiatrists throughout Japan for its 125 million inhabitants, i.e., one psychiatrist per 12,500 Japanese. In Switzerland, there were 3750 specialists for psychiatry and psychotherapy, or one psychiatrist per 2250 inhabitants, i.e., the density in Switzerland is five times higher. In Japan, there are more than 2.5x more inpatient beds per thousand inhabitants, i.e., 2.7 inpatient beds per 1000 inhabitants. The reason for this astonishing fact is that many chronically ill, old, or even alcohol-damaged patients are accommodated in psychiatric clinics; meanwhile, Switzerland offers different therapeutic options in outpatient settings for these conditions.

In my lecture, I presented the lines of European medical history through Greek, monastic, and modern medicine. Current Western medicine has its philosophical roots in the Enlightenment, leading to a mechanistic–rational understanding of man and his body in Western science. Although this concept has led to an enormous body of knowledge and, in consequence, new insights into psychiatric diseases and offered new therapeutic options, Western medicine has also a problem of having lost a comprehensive view of life. In Western psychiatry in the last years, a new interest for holistic concepts of suffering and mental pain is seen. We perceive in Swiss psychiatric clinics a broad interest in mindfulness, and many Swiss psychiatric patients are very keen on learning meditation techniques. I presented also the daily clinical implementation of mindfulness, which led to discussion among Japanese colleagues as to which forms of mindfulness might be feasible to implement in Japan. Before leaving, plans for return visits to Switzerland were expressed. I expect several Japanese psychiatrists to visit our clinic within the next 1–2 years.

4. Week 3: 14.10-21.10 – Exchange about an evolutionary perspective on suffering with Prof. Murase

I had daily intensive exchange with Prof. Murase about his Self–Nonself circulation model applied for suffering as well as conceptual talks about a possible use of PRISM in his Self–Nonself circulation model of life.

A basic understanding of Murase's unique model is that in all evolutionary processes, there are similar Self–Nonself interactions that create life. In humans, an essential part of evolution includes learning processes, so that also for these similar rules as for biological development are expected. In psychological therapeutic processes, specific learning processes are fostered. We discussed these interactions from an evolutionary perspective.

PRISM was developed to ameliorate communication between doctors and patients and is therefore an instrument to foster personal learning processes of patients. Longstanding discussion about PRISM visualizing the Self–Nonself activity within a patient but also "between" therapist and patients provided new insights on the basic functions of PRISM. This process was reinforced by practical role play constellation with Prof. Murase.As a result of the discussion, the dynamics of the doctor–patient use of PRISM could be visualized in Fig. 2.

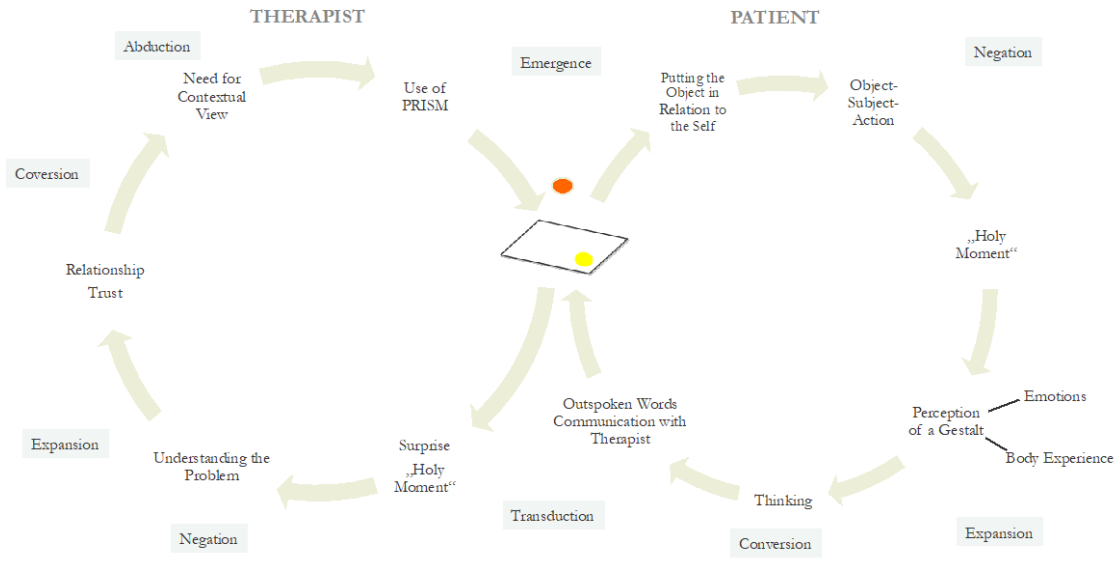


Figure 2. Dynamic perspective of the use of PRISM including NECTE learning stages

The interaction of therapist and patients is interlinked and synchronized by the use of PRISM. The dynamics of therapists and patients can be conceptualized similar to strict biological evolutionary processes by using the model of Murase into five distinct NECTE (acronym for: Negation-Expansion-Convergence-Transduction-Emergence) distinct steps. In summary, the use of PRISM as a haptic instrument implies the construction of new meaning structures in human learning constellations.

Prof. Murase and I also extensively discussed my research on suffering from an evolutionary perspective, which implied a new perspective on my research, that has been beforehand man- and not evolution oriented. Individual learning can be understood on Piaget's concept of assimilation (Piaget, 1947) (adaptation of new information within the old schemas) and accommodation (new information induces the construction of new schemas). From this perspective, suffering is a comprehensive, subjectively aversive and non-voluntary accommodation process concerning the metacognition of the meaning of life as well as the concepts about oneself:

"Suffering is a painful learning process to adjust core concepts about oneself and the functioning of life."

5. Week 4: (22.10-27.10) Transdisciplinary exchange with researchers from Japan and elsewhere in the International Symposium on Advance Future Study on "Exploring A Unified Vision of Nature"

In this week, I enjoyed an extensive transdisciplinary exchange with scientists from different fields of research within the evolutionary framework. Before the symposium began, there was stimulation

exchange with the experts of archaeology and sociology (Prof. Sander van der Leuw (Arizona State University, USA), biological evolution (Prof. Johann Hohenegger, University of Vienna), and Neuroscience (Prof. Denis Le Bihan, Founding Director, NeuroSpin, CEA-Saclay Center, France). In this discussion, it was intriguing that similar structures and thoughts were mentioned that were discussed actually in psychiatry and psychotherapy fields. The following analogies were of special interest for me: Change in psychotherapy is not linear but occurs in unpredictable jumps. This concept can be seen similar to most biological experiments and is described in the field of mathematics f.e. with chaos theory. An understanding of learning not too restricted to cognitive but more to comprehensive experiences was presented by all experts. Among the disciplines, a widespread agreement was achieved to solve problems, that is, the first step includes the opening of input on other channels than thoughts and words. Opening other channels includes also shift from knowing and security to ambiguity and uncertainty, which are core processes for any innovative development. This fits perfectly with the PRISM approach of doing, perceiving, feeling, and finally talking. For the treatment in our clinic, we introduce the practice of mindfulness as a way to leave the stuck pathway of thinking as it is present in most psychiatric disturbances.

The direction of evolution is future oriented; therefore, solutions for problems should focus more on the outcome than on the understanding of past errors. In analogy to this, in the actual developments in psychotherapy, there is a trend to create psychological processes that are more future oriented than focus on the solutions of errors in the past.

Survival of simple natural structures, such as single-cell organisms, depend on internal and external environments. It is this flexible Self-Nonself circulation, which is also essential for mental illnesses. Psychological resilience, as understood in the widely accepted model of salutogenesis by A. Antonovsky, includes individual's perception of understanding and controlling the interior and exterior world as well as a stable feeling of meaning in whatever might happen.

Sociological sustainability is linked with narratives that include a good balance of stabilizing elements and those that are changeable. Mental health is defined as a capacity for flexible adaptation. In suffering, the most difficult learning process for humans is activated, and it includes the core set of meaning structures about life and oneself.

From Thursday 24 to Saturday 26 October, the International Symposium an Advanced Future Studies on exploring a unified vision of nature took place. This international symposium marked the 70th anniversary of the Nobel Prize in Physics awarded to Hideki Yukawa (1907–1981), the first Nobel Laureate in Physics at Kyoto University.

At this symposium, with many international luminaries from various fields, such as astrobiology, ecology, paleontology, ethnology, sociology, anthropology, philosophy, physics, chemistry, and neuroscience, I had the privilege to get into personal contact with famous researchers and learn many new things. All in all, I was fascinated by the high quality of the transdisciplinary exchange and the analogy of topics in different areas. I was pleased to learn that the topic of mental health is of great relevance worldwide, and that the contextual, salutogenic therapeutic approach of our clinic is fully in line with the trend of various developments in human sciences.

Prof. Nishimura from the Institute for Advancement of Clinical and Translational Science at the University of Kyoto examined the effects of strong solar explosion on the mental health of Japanese and Taiwanese people. He was able to prove that particularly strong eruptions and their electromagnetic waves are related to the increase in the number of suicides. In addition, the so-called "hedonometer," which measures the 150 most often used "positive adjectives" of Twitter communication in Japan, showed a deterioration of the psychological condition during 2–3 days. I heard fascinating new insights

into the functions of the brain from Prof. Denis Le Bihan, the inventor of functional FMRI. After many years of research into the grey matter of the brain, new technological methods are used to investigate the white substance, i.e., conducting nerve fibers. He presented research data of comparison among mammals. The white, but not the grey, matter ratio increased in humans, pointing to the assumption that these structures are of predominant importance into the understanding of human evolution. He is working on a new understanding of brain function based on the principles of relativity theory, and he presented exciting first research results confirming his models in autism and auditory hallucinations in schizophrenic patients.

The title of my lecture at the symposium was "Suffering an evolutionary perspective - The Self–Nonself Circulation Model of Living Nature applied for Medicine." I presented my understanding of suffering, which I have clinically and scientifically developed over the last 20 years with the evolutionary view of the model of Prof. Murase as mentioned above. This thesis was intensively discussed and met with a positive response.

The final highlight of my research stay was the reception by Juichi Yamagiwa, Rector of Kyoto University, for foreign researchers. Many new contacts with fascinating research in different fields and an international networking process was activated.

6. Conclusion and outlook

I consider this month as a Distinguished Visiting Professor at Kyoto University as one of the most inspiring times in my life. It was a unique pleasure to enjoy on different levels the rich cultural exchange of East and West belief systems, the organization of structures for psychological health, the social structures in general, and the specific exchange on PRISM (Pictorial Representation of Illness and Health Measure) in the field of psychiatry and a general metaphor for relevant subject–object relations.

The most important interactions were those I had with Prof. Masatoshi Murase about his unique Self–Nonself circulation model of living nature. I am fully convinced that this model has the potential to be the new framework to organize and understand science because it is comprehensive, science based, and future oriented.

As the Medical Director of the Clinic for Psychiatry and Psychotherapy of Hohenegg in Switzerland, I am highly motivated to implement the Self–Nonself model. In close collaboration with Prof. Murase, we will evaluate and monitor this process as a learning experience for the implementation of this novel framework in organizing complex social structures.

References

Antonovsky A., *Unraveling the mystery of health: How people manage stress and stay well*. Jossey Bass, San Francisco, 1987

Büchi S., Buddeberg C., Klaghofer R., Russi, E.W., Brändli O., Schlösser, C., Stoll, T., Villiger P.M., Sensky T., Preliminary valdiation of PRISM (Pictorial Representation of Illness and Self Measure) - A brief method to assess suffering. *Psychother Psychosom*,**71**: 333-341,2002

Murase M.., *A Self-similar Dynamic Systems Perspectie of „Living" Nature: the Self-nonself Circulation Principle Beyond Complexity*. The Kyoto Manifesto for Global Economics, pp 257-283, 2018

Piaget J., *Psychologie de l'intelligence chez l'enfant*. Paris: Colin,1947

Sensky T, Büchi S., PRISM, a novel visual metaphor measuring personally salient appraisals, attitudes and decision making: Qualitative evidence synthesis. *PloS One*.**11(5)**,2016

December 2019
No. 2019-010-e

Journal of Integrated Creative Studies

The evolution of human information-processing

Sander van der Leeuw
Arizona State University and Santa Fe Institute
Email: vanderle@asu.edu

Abstract. This paper is the result of an encounter between two complementary approaches in two different fields: the physical evolution of living beings from monocellular organisms to full-grown animals and humans on the one hand, as developed by Murase, and the evolution of information processing among humans, as developed by van der Leeuw, on the other. Out of that encounter came a speculative vision that this might be the starting point for developing a powerful approach to integrate biological and social science approaches, such as is now required if one is to tackle the fundamental issues of the Anthropocene. That approach is based on a processual perspective on signal processing as an endogenous-exogenous exchange that is fundamental for all organisms. It is still very much a work in progress, of which only the bare bones are becoming visible. In this paper, I focus on the approach to human information processing involved.

Keywords: self-nonself, signal processing, Anthropocene, societal evolution, socio-environmental integration

Introduction

In the relationship between our human societies and their natural environment the present is characterized by the fact that human societal and technological dynamics are increasingly shaping the natural environment. Hence it is known as the Anthropocene, and involves a major transition in humans' relationship with their natural environment. However, many of the research methods that are applied in the domain of 'sustainability science', which is directed at helping along a profound transition between our current societies' values and approaches to the environment and a sustainable future, pre-date the current situation and are no longer appropriate for improving our understanding of the dynamics involved. Thus, they do not provide the information-based understanding that is necessary for the design of appropriate policies. We must look for ways to arrive at intellectual fusion between, notably, our studies of the dynamics occurring in the domains of biology and society. Maybe, just maybe the following pages offer a pointer in an appropriate direction.

My encounter with the editor of this journal, Masatoshi Murase, has led to discussions that integrate some of my fundamentally Western-based ideas on human information-processing and its role in shaping the co-evolution of human societies' cognition, institutions, economies and environments (see van der Leeuw 2019) with some of his ideas on the evolution of life that are based in Eastern thinking (e.g. Murase 2018). In this paper I will attempt to outline the result of this confrontation for my perspective on the evolution of human information processing.

The core of that encounter is the assertion that all life-forms simultaneously exchange matter, energy and information between and among themselves, and that this exchange has both internal and external components. Murase calls these "self-nonself" exchanges (2018: section 1), in which any cell, organ, organism or being absorbs elements of its environment and, in return impacts on other elements in that environment. The commodities transmitted consist, evidently, of energy, matter and information. The former two of these are responsible for maintaining life, and are subject to the law of conservation, which means that they cannot be shared. They are also the substrates carrying information, which can be shared and as such is responsible for the coherence of ecologies and societies.

During evolution, the ways in which matter, energy and information have been transferred and processed has evolved and describing that evolution might be one way to approach a unified perspective that integrates both the human and the non-human living world, based on elements of both the Eastern and the Western perspectives on living systems. In this paper, grounded in a complex systems approach, I will focus on the evolution of human information processing and how it has shaped human societies of different kinds, from small-scale hunter-gatherer groups to our very complex global society.

What do I understand under "information"?

First, I need to clarify that I am using the concepts of "information" and "information processing" in a much wider sense than is usual in many technical disciplines. An important reason for that is that Shannon's (1948) conception, on which much of the mathematical and information science x treatment of information is based, concerns communication in a closed system, such as across a telephone line. In such a system, the emitter and the receiver are assumed to have the same interpretative capacity, so that coding and decoding are based on the same rules and interpretations.

In living systems that is not necessarily (and in fact rarely) the case. Whereas the bandwidth for communication between monocellular organisms is very narrow, and signal emission and reception therefore lead to highly predictable and invariant reactions, in humans (as we shall see), that bandwidth is very wide, and both signals and interpretations can be very varied, depending on the means, knowledge and insights, as well as the contexts, of the individuals concerned, and of their messaging. To a lesser extent, this seems also to be the case for many animal species, for example. One of the themes of the research I propose (but have not elaborated here) therefore concerns the evolution, among living systems, of the dimensionality of these bandwidths and therefore of the range of signal emissions and interpretations available to different species.

A "Complex Systems" approach?

I also need to clarify what I understand by "the study of complex systems". In essence, in my perspective, all living systems – from monocellular ones to societies of plants, insects, animals or humans are complex because they are part of much wider dynamic contexts. In my mind, all non-human species' dynamics are complex, and their confrontation with – equally complex – human dynamics may lead to "wicked" problems (Churchman 1967). Rather than as a special subject, I define the study of complex systems therefore as a particular approach to the study and understanding of any kind of living phenomena, rather than as an approach that is only applicable to a certain set of phenomena.

In attempting to develop a unified materialistic-holistic systems perspective that could serve as a basis for the integrated study of socio-environmental phenomena at all stages of evolution, it seems that a conceptual model is needed that summarizes evolution in terms of complex system dynamics. Designing such an approach begins with identifying its ultimate drivers. But it should be clear that their dynamics will be instantiated in different ways in different places and different times, among different groups of beings.

The approach that I am using here is one that emphasizes the complexity of all societal and natural dynamics, shifts from the study of the results of processes to that of the dynamics driving them,

and from the (*ex post*) search for the origins of observed phenomena (explanations) to the (*ex ante*) search for the emergence of these phenomena, and it describes both trajectories and phenomena in terms of processes rather than entities or states. It concerns open systems, and adopts the tenet of ontological uncertainty – there are at any point in its trajectory a number of potential futures open to the system, and which ones the system chooses is not a priori predictable. The trajectory of the system depends on the interactions between the system and its environment, which in biology is described in terms of niche creation. Many other characteristics of the approach have been mentioned in the literature (Mitchell 2011), and will be referred to where appropriate in the remainder of this paper, but the above serves to distinguish this approach in a first approximation from more traditional, reductionist scientific approaches that are still being practiced.

Prigogine and Nicolis formulate the fundamental shift effectively from a Western perspective as "*From Being to Becoming*" (the title of their 1980 book). Murase (2018) describes the same idea from an Eastern perspective, as: "'Life' should not be an object to be distinguished from an external observer, but the creative circulatory processes linking the subject and the object to construct new dimensions that cannot be predicted or defined in advance". In that context, he refers to authors such as Izutsu (1975), Varela et al. (1991), Atmanspacher and Dalenoort (1994) and Bateson (2002).

All living beings, be they unicellular beings, plants, insects, mammals and human beings, as well as all other life forms, are negentropic systems. They process flows of matter, energy and information, and what distinguishes different life forms are the ways in which they process such signals and the information they carry, and how this configures them in ensembles that can be viewed as systems or networks. Following this lead, the conceptual model I adopt will be to view the interaction of entities with their social and natural environments as a *dissipative flow structure* (Prigogine & Nicolis 1980) that combines outward and inward flows of information, matter and energy. In the process, it dissipates negentropy (van der Leeuw 2007, 2019b).

Cellular signaling

In his 2018 paper, Murase develops a vision of the body of any living beings, including humans, as an inter-cellular society that is derived from a single cell through progressive cell division and differentiation of structure and function. It is, where applicable, composed of dividing cells (such as skin and liver cells) and non-dividing ones, such as nerve and muscle cells.

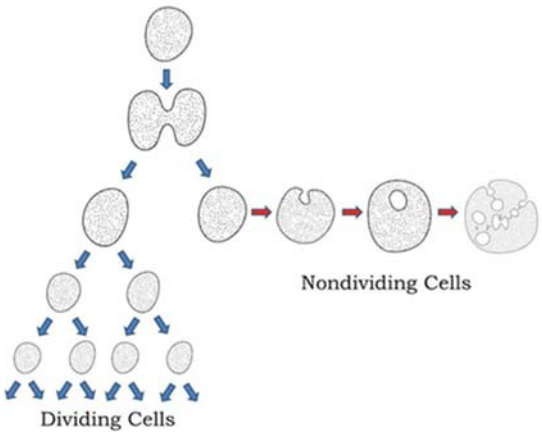


Figure 1: *A body as an intracellular society within an intercellular society. Our body is composed of two different classes of cells: dividing and nondividing cells. Those cells are a clone of a single fertilized cell (shown at the top) subjected to successive cell division and cell differentiation. Although the complex intracellular society is only illustrated in the right panel, any cell has its own intracellular society* (Murase 2018, fig. 1).

Within that inter-cell society, according again to Murase (2018, Springer, Singapore), each cell is itself an intra-cell society with different elements that each have their own function. Neurons, for example, undergo remarkable changes in morphology during early childhood as well as late adulthood in response to environmental stimuli (Doidge, 2015). The plasma membrane not only plays a dynamic role in intracellular signalling (Rothman, 1985), but also undergoes continuous cycles of endocytosis and exocytosis, as illustrated in Figure 2. A small part of the membrane is continually internalized in the process of endocytosis and is conversely added to the cell surface in the process of exocytosis (Dautry-Varsat and Lodish, 1984; Bretscher, 1987). These dynamic cellular processes are responsible for the remarkable adaptability of nerve cells to environmental stimuli, but such dynamic processes are, of course, not determined by immediate gene instructions. Instead, they are driven by the coordinated activity of a complex metabolic network, since metabolic proteins serve as the main machineries of molecular recognition and catalysis and also determine the shape and structure of the cell.

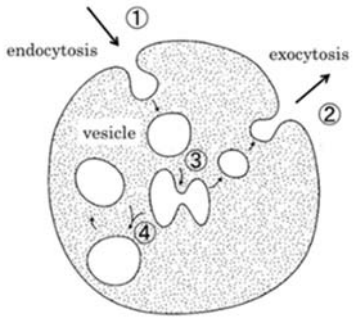


Figure 2: *The dynamic characteristics of a living cell. Four different processes are represented: 1) the uptake of external molecules by endocytosis, 2) the secretion of molecules by exocytosis, 3) the budding of transporting vesicles, and 4) fusion of different vesicles.* (Murase 2018, fig 2.)

Murase thus argues that both individual cells and cell societies continuously integrate matter from outside, and excrete matter that is captured by other cells. The issue that, in this context, needs to be investigated, is *the extent to which, and the manner in which, inclusion and excretion of matter between cells functions as a simple mode of signalling*.

Murase extends this ('endo'-'exo') approach to the next level by creating a model of the interaction between random polymers and "membrane-bound" vesicles, which have their own boundary membranes that can contain micro-environments favourable for certain polymers. In that interaction, then, these micro-environments create the conditions for the interactions between random polymers and vesicles.

Viewing signal and information processing as a basic characteristic of all living beings – and building a model based on that assumption – might provide a unifying perspective that could integrate all living organisms from unicellular ones to humans in one approach. It would, as it were, shift a fractalic approach from phenomena to the processes responsible for them, and would emphasize the build-up of a more and more complex information processing apparatus as fundamental to evolutionary transitions. How could we corroborate or falsify the utility of such a hypothesis? Without attempting, in this paper, to fully answer that question, in the following sections, I am raising some aspects that merit in-depth research.

Resonance and interactions among organisms

If we assume in general terms that energy or matter flows through organisms carry signals that are encapsulated in the exact nature or form of the impulse emitted or received, we can also assume that

every organism has an apparatus in place to respond to such signals in ways that are particular to it. That apparatus could be activated by a resonance with the signal received, and the organism would respond with a state change (growth, decline, movement, behavior, etc.). The precise effect the signal would have on the organism in question could be determined by the combination of the nature of the signal and the structure of the signal processing apparatus of the receiving organism.

Every entity (cell, organ or organism) is also embedded in a complex network (an ecology). After reception, the entity interacts with the signals received, and the ways in which it does so impact on the organism itself (generating a reaction, some form of behavior, or a transformation, for example). The resultant state change would, in turn, determine the nature (and the information content) of the signal(s) that organism would emit to other entities in that network.

Fundamental in the interaction between signals and entities is the nature of the resonance between them. If, from an evolutionary perspective, one compares the nature of that interaction for unicellular organisms with the interaction one may observe in more complex organisms, it is notable that for unicellular organisms the range of signals is very limited, and so is the range of reactions by which such organisms can respond to the signals received. More complex organisms, on the other hand, can resonate with a wider range of signals, and can vary their responses, as well as the signals they in turn emit. More complex organisms in effect have a wider bandwidth in receiving, reacting to, and emitting signals. Those differences in bandwidth, at least superficially, seem to be commensurate with the organizational complexity of the different species.

The evolutionary increase in bandwidth

If our approach is to provide a unifying perspective that can integrate all living organisms from unicellular ones to humans in one approach, it must deal with the fact that the signals emitted and processed vary widely among organisms. That requires an additional hypothesis, notably that signal emission and reception are species-specific. In that case one must include a hypothetical driver that is responsible for change in signalling systems and species.

In a very interesting hypothesis, Lynn Margulis (1970, 1981), argues that eukaryotic cells are intimately linked with others in their environment, forming associations of different kinds, in which cells may have different functions and structures. With co-author Bermudes she proposed (1985) symbiotic relationships between organisms of different phyla or kingdoms as the driving force of evolutionary change, and explained genetic variation as occurring mainly through transfer of nuclear information between bacterial cells or viruses and eukaryotic cells in a process they called "*symbiogenesis*".

Their *symbiogenesis* hypothesis is now widely accepted for the formation of organelles, but the proposal that symbiotic relationships explain most genetic variation in more complex living systems is still something of a fringe idea (but see Aanen & Eggleton 2017 on cockroaches and termites, for example). Yet, I will here tentatively adopt this hypothesis and view each individual living entity (cell, organelle, organ or organism) as a symbiosis of a large number of other entities of different degrees of complexity, with different structures and functions. Any entity, at any level of complexity, is in that perspective considered to be a complex (eco-)system in its own right.

Not being a biologist, I will now take the easy way out and, for the time being, jump over the many evolutionary stages of complexity between entities for which this hypothesis would need to be confirmed. Instead, I will try to use the same perspective of endo-exo dynamics for the evolution of human societies, in order to illustrate the evolution of signal processing for societal evolution, the transformations that societies of modern humans (*Homo sapiens sapiens*) and their ancestors have gone through from small, mobile, gatherer-hunter bands to large-scale sedentary agriculture-based societies.

The evolution of human information processing

Looking over the long-term history of human information processing, in contrast with that of most animal species, one remarks that the bandwidth of the information processing involved has increased

many orders of magnitude from the earliest humans (*Homo sapiens*) some 2,000,000 years ago to modern ones (*Homo sapiens sapiens*), and that said increase has accelerated in a major way over the last 15,000 to 10,000 years. Many animal species have in recent years shown to be capable of some degree of learning, or even learning how to learn. But only human beings seem to have the capacity to deal with the complexity of information processing that is currently occurring worldwide. That was not always the case. The earliest humans could barely handle more information than Chimpanzees. What has happened?

To gain some better understanding of the growth of human information-processing capacity, I need to first consider some major biological changes. These are summarized in Figures 3 and 4 and Table 1.

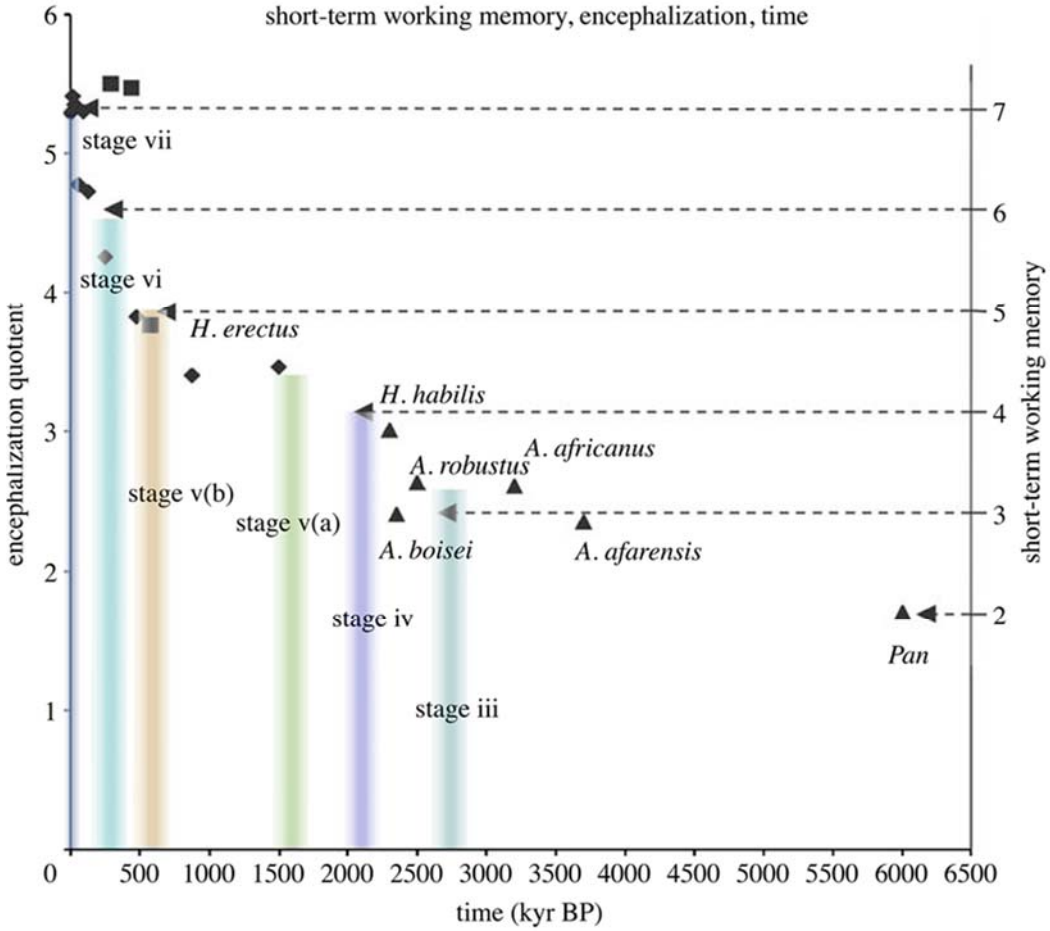


Figure 3: *The encephalization quotient changes over time, indicating that the size of the brain, relative to the size of the overall body increases proportionately. (For more detail about this, see Read & van der Leeuw, 2015).*

Figure 1 summarizes the growth of the brain relative to the growth of the body of human beings. The stages refer to Table 1, which documents the evidence for the growth of the human Short Term Working Memory, the part of our brain that enables us to link in our minds a number of information sources. Over the 2 million + years of hominin evolution, its capacity increases from 3±1 (that of chimpanzees who are able to crack nuts) to somewhere between 7 and 8, which means that human beings can deal with more and more complex challenges. The number 7±2 has been arrived at experimentally: most people can handle 7 information sources, but some cannot, and some can do better than that. One

may imagine an STWM of 7 as the capacity of a juggler to hold 7 balls simultaneously in the air, but when an eighth ball is added, loses control.

Table 1: *Relationship between the complexity of technological actions (columns 2-6) and the Short Term Working Memory (STWM, column 8, in red). Column 9 dates the stages of the technological evolution, and column 10 refers to the archaeological name of the stone tools concerned, and in some cases to the place where they were found. (For more detail about this, see Read & van der Leeuw, 2015).*

Stage	Concept	Action	Novelty	Dimensionality	Goal	Mode	STWM	Age BP	Example
1	Object attribute	Repetition possible	Functional attributes present; can be enhanced	0	Use object		1		
1A	Relationship between objects		Using more than one object to fulfil task	0	Combine objects		2		
2	Imposed attribute	Repetition possible	Object modified to fulfil task	0	Improve object		2	> 2.6 My	Lokalalei I
3	Flaking	Repetition	Deliberate flaking without overall design	0: incident angle < 90º	Shape flakes		3	2.6 My	Lokalalei 2C
4	Edge	Iteration: each flake controls the next	*Debitage*: flaking to create an edge on a core	1: line of flakes creates partial boundary	Shape core	1	4	2.0 My	Oldowan chopper
5	Closed Curve	Iteration: each flake controls the next	*Debitage*: flaking to create an edge and a surface	2: edges as generative elements of surfaces	Shape biface from edge	2	4.5		
5A	Surface	Iteration: each flake controls the next	*Faconnage*: flaking used to make a shape	2: surfaces are intended elements, organized in relation to one another	Shape biface from surfaces	2	5	500Ky	Biface handaxes
6	Surface	Algorithm: removal of a flake prepares the next	Control over location and angle to form surface	2: Surface of flake brought under control, but shape constraint	Serial production of tools	3	6	300 Ky	Levallois
7	Intersection of planes	Recursive application of algorithm	Prismatic blade technology: monotonous process	3: flake removal retains core shape – no shape constraint	Serial production of tools	4	7	.50 Ky	Blade technologies

The study of stone tool making illustrates part of this process, in a simplified form, in Figure 4. The earliest stone tools are none other than simple pebbles that have been sharpened at one point. This requires an STWM of 3, as both the future tool, and the stone with which it is hit, have to remain at an angle of less than 90º. By implication, the dimensionality of the change effected on the stone is zero. Once a whole series of such flakes is taken off, in a line, the dimensionality of the activity is 1 (a line). As, in the next stage, the line closes upon itself, it leaves in the middle a surface to be taken off, which if course is two-dimensional. The fact that there are instances where the line is flaked first, and the surface taken off later, as well as instances where the reverse happens, indicates that at this point, people became aware of the choice between a one-dimensional approach and a two-dimensional one. Skipping a complex intermediate stage (Levallois), the next line shows that people actually conceived stone-tool making in three dimensions. At that point, the knapper prepared three distinct surfaces, one horizontal

one at the top, and two, at right angles, on two sides of the stone, and then chips off blades from one of those two surfaces.

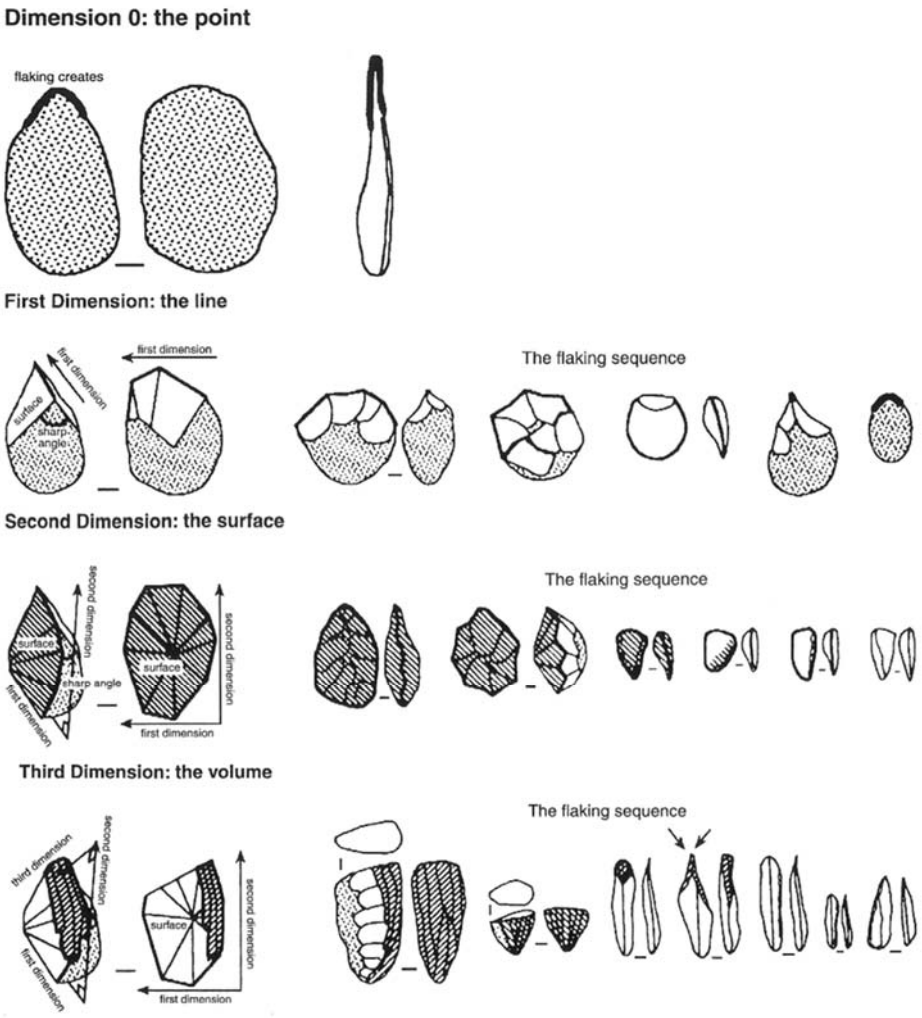


Figure 4: *Over time, humans learn how to distinguish the three dimensions of any stone object, and use that knowledge in the way in which they create tools. (For an explanation, see text below; after van der Leeuw 2000 and Read & van der Leeuw 2015)*

Over time, one can thus follow how the exploitation of what was of course always a three-dimensional object (the stone), led to the conception of that object in three dimensions. The human mind has, as it were, 'bent itself around' the problem of dealing with three-dimensional objects due to the increasing capacity of the Short-Term Working Memory to deal with more and more sources of information.

Very important research by Atsushi Iriki (2019) and his team at the RIKEN Institute in Tokyo, combining functional MRI with learning experiments on Japanese macaques and insights from anthropology and archaeology is beginning to unravel the dynamics behind this long-term evolution, and in particular behind the phase transitions *that have generated* Homo sapiens *and* Homo sapiens sapiens *as an interaction between tool-making and the development of cognitive capacity.* For our purposes this research is most accessibly summarized in a recent presentation that the author made to

the *International Convention of Psychological Science*. I will refer to this presentation as needed in my argument below.

A feedback loop drives the evolution of human information-processing capacity

For most of human evolution, as outlined above, the extent to which the realm of ideas could thus be enriched was limited by the biological capabilities of the brain. But somewhere between c. 200,000 and 50,000 years ago, this changed. After that time there is no evidence for a further increase in STWM, yet human beings rapidly enhance their information processing capability, which culminates in the industrial revolution and the explosion of technology to deal with everything, including information processing itself. What might be the driver of that explosion in human information processing capacity?

On the one hand, this is the period of emergence of Neanderthal people (*Homo sapiens sapiens,* 200,000-100,000 BP); on the other, around 50,000 BP the STWM of 7±2 seems to have been reached, and archaeological data seem to indicate that groups of people are collectively processing information. Did the combinatorics associated with an STWM of 7 or 8 offer such a wide range of possibilities and opportunities to process more complex information that it can be the explanation, as Read and I argued in several papers (2009, 2015)? I no longer believe that the solution to this riddle is so simple.

Iriki (2019) invokes the emergence of epigenetic transmission in a wide sense (cultural, technological and social) for this transition, in which an interaction between artefact making, (proto-) language development, and growth in brain size, as well as social learning drive the development of the modern human brain's information processing. Potential other factors may include enabling organizational changes in the brain as a result of variations in diet, as Iriki is currently trying to show between coastal and inland macaques in the Indian Ocean. Another element in the puzzle might be that collective information processing enables dealing with more complex challenges. And yet another factor might be the externalization of information processing through the development of technology.

Whatever the reasons, I will for the moment assume that the dynamic driving the development of the information-processing apparatus after c. 50,000 BP can be represented as is done in Figure 5, below. The loop in the figure links the outside world (the realm of observations) with the cognitive capacity (the realm of ideas) of the brain, or as Iriki (2019) calls them the "outside niche" and the "inside niche" through resonance. Observations in the outside world are interpreted as far as they resonate with existing interpretative schemes, that is as far as they provide information that fits the existing realm of ideas. But because the phenomena in the outside world are more highly multi-dimensional than the interpretive schemes they resonate with, those observations are never completely identical to the relevant parts of the realm of ideas. Any interaction between the outside and the inside niche therefore triggers challenges to the information-processing apparatus in the mind in the form of problems or challenges. Once these are met, they in turn enhance the information-processing capacity of the brain. That enhanced information-processing capacity will be able to resonate with new observations that have not been made before, and the cycle will start anew. The development of the growing information-processing capacity, therefore, depends on an articulation between existing cognitive structures in the brain and the outside world.

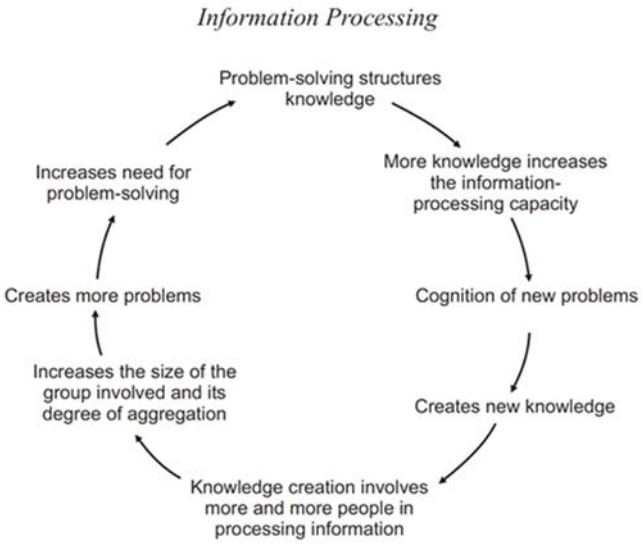


Figure 5: *The information processing loop* (see text below) (after van der Leeuw 2006)

In the absence of a biological constraint to this articulation, the main constraint on the development of human information processing capacity is the development of the inside niche itself, that is the existing information-processing structure. As its growth is stimulated by its interaction with its environment (the outside niche), each group of human beings builds up a way of being (linguistic, social, institutional, technological and environmental) that anthropologists are used to call a 'culture'. It is entirely determined in a path-dependent way by the learning trajectories of such groups that result from observing phenomena, interpreting them and testing the interpretation until it is deemed adequate, then adopting it to observe new phenomena, gain new insights, develop new analytical methods and tools, and so further enlarging the scope of the phenomena that can be interpreted coherently. In the process, through communication and collective information processing each group organizes its way of life, aligning its members by collective adoption of a set of behavioural dimensions, conceptual categories that are externally expressed in languages, technologies, institutions and ways of interacting with nature. That alignment enables the group's members to function as a society.

This is where Iriki's concept of "extended epigenetic evolution" (2019) comes in. In the process of expanding the inside niche (the human information-processing capacity), some of that process is delegated to language, technology, the environment etc. Artefacts and concepts, for example, fix certain kinds of information processing in the material or conceptual realm by 'crystallizing' it in specific 'tools for thought and action' that the actors involved adopt. Both artefacts and intellectual concepts are such tools. Their structure determines that certain conceptual manipulations or actions in the outside realm are dealt with in pre-determined ways, and thereby circumvent part of the information-processing that is necessary to undertake those activities, alleviating the overall information processing load. In other words, part of the mind's information-processing is both routinized and displaced outside the mind. In societal dynamics, the same function is fulfilled by the establishment of conventions and institutions. These, too, 'routinize' parts of the information processing that is needed to function adequately in a particular society.

Categorization and the interaction between inside and outside niches

In the interaction between what Iriki calls the inside and outside niches, the dynamics of categorization play an important role. To explain these, I will use a simplified model of categorization that is based on the work of Tverski and others in Kahnemann's team at Stanford, studying decision-making under uncertainty (Tversky 1977; Tverski and Gati 1978; Kahnemann et al. 1982). On the basis of their

conclusions, one can argue for the following model of categorization (Fig. 6). For a more extensive summary of the work, see van der Leeuw 2019a)

Categorization depends on combining a number of phenomena into a group that can be labelled by adopting one or more of its characteristics as a nomer. That process requires pattern recognition, that is a comparison between similarities and dissimilarities among the phenomena being observed. Once an initial comparison between unknown phenomena has led to the tentative establishment of one or more categories, these categories are tested against other phenomena to establish which phenomena might be subsumed in them and which would not. In the first phase of the process, the category is the subject and the phenomena are the referents. There is a bias in favour of similarity: what might unite the observed phenomena so that they can be grouped into a category. But when the relevant category is firmly esta-

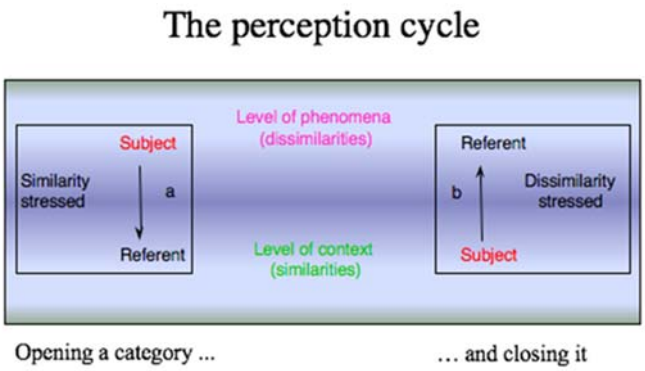


Figure 6: *Category formation according to Tverski and Gati 1978 (illustration from van der Leeuw 2019a)*

blished, the process is inverted: the categories become the referents and the phenomena the subjects, so that the comparisons are biased towards dissimilarity, and it is determined which phenomena, after all, did not belong in the categories established.

Such a shift from open to closed categories was observed linguistically in detail by anthropologists El Guindi and Selby (1976) in Oaxaca. The open categories were in the process of categorization and summarized situations where it was known what might fit in the category, but not yet what in the end would not. The closed categories expressed situations where both, what might fit and what in the end would not, were known.

We all know this phenomenon in our scientific work. When faced with unknown phenomena, we first create open categories by developing hypotheses about those phenomena. Little by little, we then whittle away at the phenomena concerned by the hypotheses, in order to get a better handle on them. In so doing, we emphasize what seem the most important dimensions of the phenomena concerned, thus slowly transforming the hypotheses into definitions (closed categories) in which we describe them.

Combining these ideas with the ones developed by Iriki (2019) about the construction of inside and outside niches sheds an interesting perspective on the articulation of the information-processing apparatus and the context in which it operates. The fundamental conception is that of two-way niche construction (Iriki 2019). But it understands niche construction in a way that is not normally part of the reflection it evokes in biology and ecology (Odling-Smee et al. 2003). Notably, it conceives of two dynamic niches, an internal one (comprising of the entire information-processing apparatus, including both mental and substantiated external elements) and an external one (the context of that apparatus), which interact and resonate with each other. In that sense, it is not unlike the self-nonself approach developed by Murase (2018).

As entry point for this subject we can take the ideas developed by Arthur (2015), who distinguishes 6 phases in the emergence of any new technology. What is interesting is that the role of the artefact in the relationship between the two niches shifts:

1. A novel technology appears. It is created from particular existing ones, and enters the active collection [of technologies] as a novel element.
2. The novel element becomes available to replace existing technologies and components in existing technologies.
3. The novel element sets up further "needs" or opportunity niches for supporting technologies and organizational arrangements.
4. If old displaced technologies fade from the collective, their ancillary needs are dropped. The opportunity niches they provide disappear with them, and the elements that in turn fill these may become inactive.
5. The novel element becomes available as a potential component in further technologies – further elements.
6. The economy – the pattern of goods and services produced and consumed – readjusts to these steps. Costs and prices (and therefore incentives for novel technologies) change accordingly.

Focusing on the conceptual dimensions involved rather than their material manifestations, one can easily see how at each of the steps involved the cognitive space of society has changed, expanding in some ways (the concepts and experiences behind the new technologies) and contracting in others (the concepts that were instantiated in pre-existing technologies and behaviours that are 'lost').

How does categorization impact on the interaction between the inside niche (the information-processing apparatus, both ideational and material) and the outside niche (its environment)? The basic dynamic is one where observations concerning the environment create or modify (aspects of) the information-processing apparatus, and the latter modifies the environment through the impact of human beings on that environment.

If the focus is on observing unknown phenomena in the outside world, initially the comparison will emphasize similarity. In the inside (information-processing) niche, this leads to the construction of a simplified, initially open, exploratory hypothesis about phenomena in the outside world. Subsequently, when that hypothesis is considered validated ('closed'), it changes status – instead of being considered tentative and hypothetical, and located at the edge of what is accepted as 'known', it shifts its location to the core of what is known, and becomes an accepted tool in further information-processing. In its interaction with the environment, the attention will now be focused on phenomena that can be distinguished as different from the tool just constructed. That may give rise to modifications, or even to the development of another information-processing tool, while many phenomena that do not fit the information-processing tool remain unobserved.

But as the processing apparatus inevitably is a simplification based on only part of the total dimensionality of that external niche, applying it will have a number of unintended consequences, many of which remain initially hidden from view and will manifest themselves only much later. Once that occurs, the cycle starts again. New open categories are created by searching for patterns among those unintended consequences, with a focus on similarities. There are some important insights to be gained in looking at things in this way.

First, it explains that the inside niche (the realm of ideas) always consists of a reduced set of dimensions compared with the outside niche (the environment), and that the selection of dimensions involved is always biased towards similarities. That explains the trend towards reductionism which is inherent in our perception of the environment.

Second, it also explains why the outcome of our interactions with the environment is always partly unexpected. As Lane and Maxfield argue (2005), it is subject to "ontological uncertainty". This is particularly evident when we think about the introduction of inventions in society. The outcome is always different from what was expected.

Third, the accumulation of the unintended consequences of our actions leads, over the long term, to an incapacity of us as individuals, or of our human societies, to deal with these consequences using the existing models in the realm of ideas (the inside niche) that have generated them. We experience such situations as 'crises' or 'tipping points'; times at which the models need to be radically changed. In science, we call such moments 'paradigm shifts.'

Fourth, the transformation of an exploratory hypothesis into an accepted information-processing tool in the core of the realm of ideas is a regular – but underexplored – part of the evolution of technologies. It can shed an interesting light on the cascades of innovations that often follow a first, completely paradigm-changing, invention.

A modern technological example

In this section, I will now try to illustrate in detail how this works by referring to a technological example that is presented by Arthur (2015). The basic assumption of that case study is that all artefacts are both *created by* information processing (as Roy Rappaport used to say (pers. comm. 1976): "creation is the simultaneous substantiation of form and information of substance), and *serve as information-processing tools* (because they reduce the information load required to fulfil actions by fixing in part how these are executed). In the process of serving as information-processing tools, the artefacts are transposed from part of the *external* niche to a hard-wired part of the *internal* information-processing niche. As argued above, their role in the interaction with the outside niche shifts from being 'open' to being 'closed' (van der Leeuw 2019a), from being an idea or domain to be formulated, created or explored to being a material tool in further exploration. That in turn triggers a change in the relationship between it and the outside world. As long as the category exists in the outside world, the emphasis in its relation with the inside niche is on similarities between it and the existing realm of ideas that trigger resonance, while when it becomes part of the inside niche, the emphasis in its relation with the outside world is focused on differences.

Let us now look at this process for one of the major technological revolutions of the past two centuries – the emergence of steam-driven long-term transportation, initially in the form of trains and later also steamships. In that process, one can distinguish the following steps.

1. The invention of the steam engine, combining a range of earlier inventions such as the use of coal, the invention of the piston and the wheel, the emergence of knowledge about the physics of pressure, etc. Existing information-processing tools are combined into a novel one.
2. The steam engine first becomes available to replace animal-based energy as a means of evacuating water from coal mines, and of propagating transportation on land. This in turn leads to the construction of the railroads, linking societies and economies over very long distances, such as in North America, Siberia and the Near East. The new means of transportation facilitates long-term movement, and therefore widens the perimeter over which human beings interact or exchange goods with each other. In that process, the now closed entity of 'a steam engine', transforms the outside niche (the environment), generating unintended consequences.
3. Among these are on the one hand further wishes (new dimensions in the internal niche of the realm of ideas), such as the wish to go faster and further, to be more comfortable, to enhance the volume of the trains or ships so that they can handle more goods or people. And on the other hand, on the engineering side (in the material world, the external niche), it elicits all kinds of technological challenges that are met in the following decades.

   One could also see the invention of the automobile as a result of this, as it facilitated mechanized overland movement of people and goods beyond the railways. And that led to Ford's invention of the conveyor belt and standardized mass production, but also major air pollution and, a century later, the challenge of climate change. The interaction between demand (challenges from the outside niche) and supply (inventions from the inside niche) is fundamental in these processes.

4. As the horse-drawn coach disappeared, initially its name and organizational structure (two face-to-face benches with doors on both sides of the train car) were embodied in trains, but ultimately it proved to be more efficient to replace this by long train cars with doors only on the ends. Thus, while change in the outside niche occurs, a dimension of the inside niche maintains at least for a while its old place in the information-processing realm. Ultimately, the word 'coach' is only retained for a particular level of comfort (equivalent to 3rd or 'economy' class). And as steam is replaced as a source of energy, by diesel fuel or electricity, a whole range of supplying tools such as water reservoirs to refill steam locomotives at all stations, or coal-carrying cars behind the locomotives, become obsolete. Ultimately, this is also the case for professions (such as stokers). Thus, part of the external niche is eliminated.
5. A little while later, steam engines are placed on board of ships crossing the Atlantic, reducing the time needed to cross this ocean. In idea (steam engines as sources of propulsion) is applied to another part of the external niche, resulting in new trade patterns, new products in places
6.

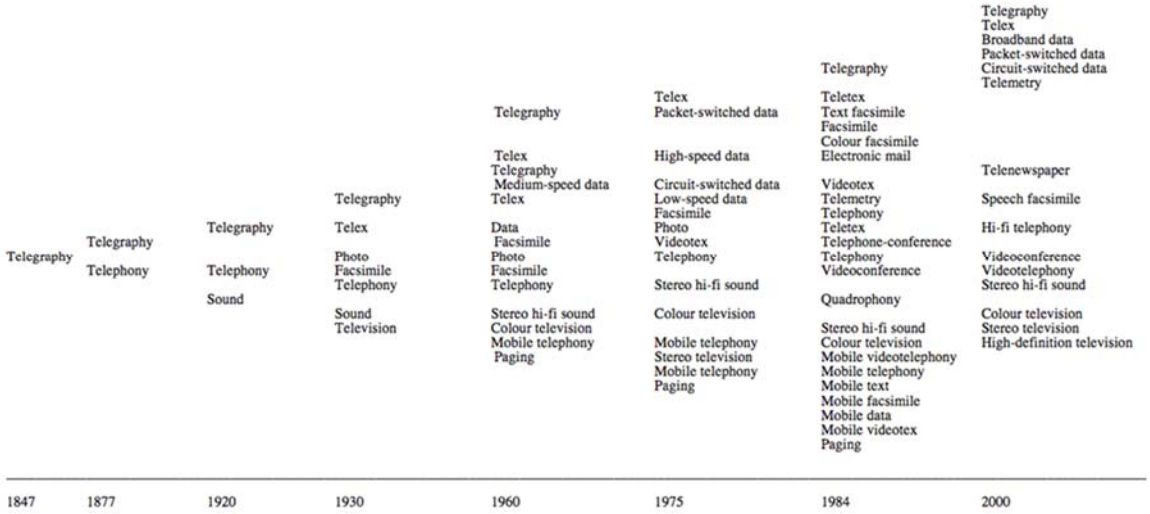


Figure 7: *An initial invention (the telegraph) gives rise to a whole cloud of other telecom inventions according to the process described in the text*

where they were until then not available, etc. Because of the danger of fire on board of ships, it also leads to the construction of iron ships. The need to remain in contact between distant

locations in turn leads to the telegraph (with cables along the rail tracks), and later, to radio communications. All these are profound changes in the external niche that have been triggered by changes in the information processing apparatus – the internal niche.

7. All these inventions also change aspects of the structure of the economies involved by altering prices, production patterns, localization of industries, the nature of markets, etc. This can, in turn, trigger new novelties in behaviour, but also in the legal system (contracts), etc. According to the anthropologist Polanyi (1944), it ultimately even leads to an inversion of the relationship between society and the economy, from a situation where the economy serves as 'oil' in the society to make it function, to a situation where the society serves the economy.

In a different domain, figure 7 shows how, from an initial invention of electrical communication in the form of the telegraph, a whole tree of inventions has emerged by, at every step, repeating the above process of introduction in the 'external niche', discovery of new, related, dimensions for the invention (enlarging the 'internal niche'), discovery of new, related, challenges in both niches (new ideas

in the internal one, new challenges in the external one) , and then the invention of new solutions (changes in the external niche) that, in turn will lead to new challenges in both niches.

The information in this figure stops around 2000, and therefore only includes the run-up and the first phase of the paradigm shift in information-processing that is currently happening, which includes digital information processing, but does not include the full impact of the ICT revolution, as instantiated by the world-wide web, machine learning, artificial intelligence, the internet of things, etc.

Information load and processing structure

The example of the steam engine (as well as any other that one could take) shows how, over time, both the internal and the external niches would acquire many more dimensions and would grow in size, implicating more and more phenomena. That is, in effect, how one could explain the growth in complexity of the networks (among people, but also among ideas, materials, artefacts, technologies, language, institutions etc.) that distinguish early, small hunter-gatherer groups from our current, highly complex societies.

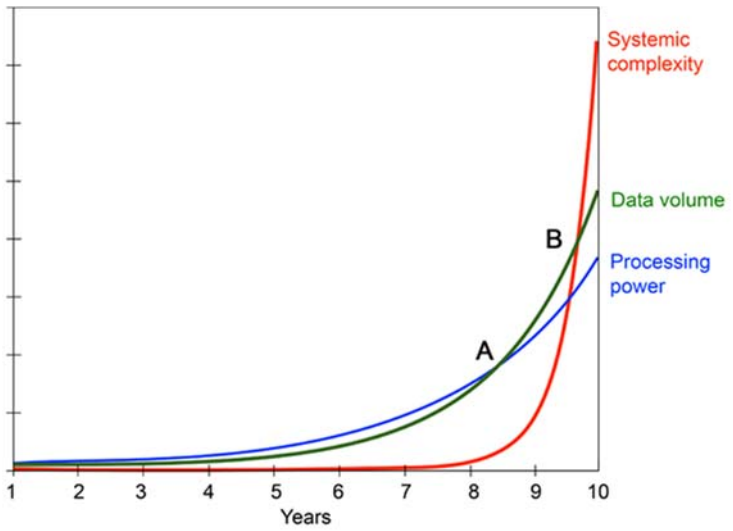


Figure 8: *The relationship between growth in processing power (what the internal niche can handle), volume of information processed, and overall system complexity taking the combinatorics of the system into account (after Helbing et al. 2017).*

In that growth process, of course, the total volume of information collectively processed in a group or society is also growing, and actually growing at a much faster speed than the number of interactions between network members because of the overall system complexity involved.

This is represented by a graph used by Helbing (2017) to illustrate the difficulties of gaining control over the total amount of information processed in the current day (figure 8). The relationship presented in the figure is in principle relevant for any time in the history of human information processing, but the temporal scale is intended for the present, and should be modified for the past.

This increase in the total amount of information maintained in any human system by continued processing very quickly exceeds the bandwidth of the processing structure. In part, that is due to the fact that once more people are involved in collective processing, communication between these individuals becomes a major constraint. Hence, there is continuous pressure on the communications structure of a society.

That pressure leads to phase transitions between collective processing structures, moving societies from egalitarian (everyone shares all information; there is a homogeneous "information pool") to hierarchical (some people process more information than others and have a bigger impact on decisions than others) to distributed (everyone has access to partial, incomplete information), to heterarchical (the various kinds of structures mentioned are combined in an overall setup). In another publication (van der Leeuw 2019, chapter 11). I have extensively outlined these changes and their consequences for the organization of the societies concerned, and it would take too much space to elaborate these transitions here. Ultimately, the pressure on the overall information processing capacity of our societies has led to the externalization of an ever-larger and more important part of the processing in the form of technology, institutions, routines, etc. In the natural environment, resources – once they are recognized as such and the processing tools have been developed to use them – also become part of the 'inside' niche of human information processing.

The relevance of technology here is that every artefact, every tool, every routine for using a particular tool, however simple or complex, is actually part of the total information processing apparatus as it reduces the uncertainty and the variability of the relevant operations concerned, and thus offloads some processing load from the STWM, transferring it to the tool and the routines needed to operate it.

The same can be said for institutions and socially accepted procedures – anything that is standardised as part of an institution or a routine procedure helps offload the information to be processed by the STWM. And we can extend this to the environment. The interaction between societies and their environments is one of ever expanding the reliance on environmental resources by designing the ways in which these can be exploited. The techniques and routines involved, including the clearance of 'wilderness' and the techniques used for agriculture, fishing, mining, metalwork etc., are in effect 'appropriating' the environment by including the relationship between it and society among the routines that simplify the society's information processing load. Hence my contention that we should see the societal evolution of the human species as a co-evolution between cognition, values, institutions, economy, technology and the relationship with the environment.

Societal information processing and its transitions

What follows is a highly abbreviated and simplified version of an argument that I have made *in extenso* in *Sustainability – Past and Future* (van der Leeuw 2019, Chapters 12 and 13) based on pioneering work by Huberman and his team (Huberman & Hogg, 1988; Huberman & Kerzberg 1985). In those chapters, I have looked at the dynamics of information processing as an instance of percolation dynamics in a network, and in doing so have been able to describe some of the major transitions in social dynamics as a function of the interaction between two independent variables, *connectivity (*μ*,* describing the shape or topology of a network) and the other *activation/relaxation* (α/γ, describing local interactivity in it). Varying these two parameters, one can model the transitions from (1) very small and ephemeral processing structures, via (2) more durable, but still very small ones, then to (3) larger networks that can vary considerable in size, and finally (4) to an all-encompassing network with very long-distance interactions.

Looking at the theoretical structures of these information processing networks is very interesting. I cannot, because of the limitations of space in a paper like this, treat these here *in extenso*, but I will try and give the reader some sense of the flavour of each different information-processing structure.

The first category involves all the nodes in the network (all the individuals in the group), which communicate (relate) with each other through many different channels (edges). In such a system, the information pool (the sum of all information flowing through the system) is homogeneous: everyone knows everything about everyone else in the group. Moreover, there are so many redundant channels of communication that any blockage in one or a few of these is essentially irrelevant This seems to have been the situation in many simple hunter-gatherer societies in which groups formed and dissolved regularly.

The second category still consists of very small groups, and involves all the nodes, but persists longer. One could think of small groups of people settled near regularly recurring or permanent resources so that the information-processing channels gain in persistence over those of mobile groups. The information pool among them is still very homogeneous, the redundancy is great, and the stability in the membership of the groups is greater than in the last case.

Essential for the correct understanding of the third category is that the groups involved are too large to maintain general control over information processing, or a homogeneous information pool. In all of them, information processing is hierarchically structured, which means that some members of the group (at the top of the hierarchy) have much more information at their disposal, and more control over the behaviour of the group, than many of the others (at the bottom of the hierarchy). The size of the groups, both in the model and in reality, varies hugely, and so does the efficiency of the information processing. But it is important to realize that the addition of a single hierarchical level to the group causes the information to spread on average exponentially faster. Huberman and Kerzberg (1985) call this effect 'ultradiffusion'. Other aspects of these processing structures, such as the impact of their symmetry, their specialization and the like are discussed in van der Leeuw (2019).

The next transition, to a very large network with long-distance interactions is based on the availability to everyone of partial information (which varies between individuals), so that no-one is in control of the system as a whole. It is what Simon (1969) calls a 'market-based' system. No one knows which members of the group may communicate with which others, or what information may be communicated. Because decision-making in this situation is always based on partial information, uncertainty and risk can fluctuate considerably. This mode of processing allows for larger groups to be integrated than the hierarchical one, and also for more flexibility. Beyond a certain number of participants, such networks may create clusters in which participants are more closely interactive than they are with individuals in other clusters.

Highly relevant to us in the modern world is the next information-processing structure, which is found in the largest, most complex societies: the heterarchical one. It occurs beyond a certain number of people in the system, and combines hierarchical and market-based (partial information control) elements. Such a combination in effect optimizes certain aspects of both modes of information processing, and thus circumvents some of both systems' drawbacks. In this kind of information-processing structure, there is no control at all over the whole group, but subgroups cohere by sharing values, approaches, techniques and specific kinds of environments.

The emergence of different information filters

In this paper, my main purpose has been to apply the "self-nonself " (endo-exo-) approach proposed by Murase (2018) as a general model for the evolution of living beings to my ideas about the evolution of human information processing as expressed in van der Leeuw 2019. In this first attempt, clearly there are many issues that have not been discussed, and in particular, the transitions in information processing among different classes of plants and animals have been omitted, simply because I am not a biologist.

But we can begin thinking about those transitions by considering human information-processing. A core element of the interaction among individuals, groups and societies on the one hand, and their environments (material, social, ideational) on the other, is that fact that the behaviour of human systems is in part determined by genetic, cultural, social and experiential filters.

Among the ***genetically determined*** filters are for example the fact that human beings only are able to perceive certain aspects of the full light spectrum, or the fact that they are bipedal, have two hands and have their eyes in the front of their face. But those are merely examples of a much wider range of genetic filters that limit and bias humans' perceptions and decisions, such as the range of frequencies of the electromagnetic spectrum they can experience (and thus the colours they can see), or the sounds that they can hear, and over which distances they do so. Of course all plants and animals also have such genetically determined filters. Generally speaking these filters operate without leaving the individuals

much choice – the information thus filtered triggers predetermined (instinctual) responses with a very narrow bandwidth.

Among the ***culturally (societally?) determined*** filters are at the most basic level aspects of people's 'world image'. For example those aspects embedded in their belief and value systems, in the dominant narratives and institutions that structure their society, in the vocabulary and syntax of their language and in their technology. But other ones are the distinction between the two major systems in the world for crushing grains into flour, as well as different religions or different conceptualizations of time and space, etc. Such filters are the result of the path-dependent histories of the different cultures, and allow for considerable variation and choice. But that variation is constrained by the things the members of a culture have never been confronted with, and thus have not had occasion to think about. The bandwidth is much larger, but even if it is not experienced recurrently, it is nevertheless limited. Choices can be made, but not every option is permissible.

Groups within societies also have their own filters, such as the scientific methods our societies have developed to interpret and communicate about a wide range of phenomena, including technical terms, jargons, dialects, and specific customs such as scientific evaluations. Like cultural filters, these are sustained by social relations that maintain certain communities within different cultures together. Many such communities are related to the roles the members of their group fulfil in the society, such as their professions, but they can also be value-based, as in the case of religions. As any number of such groups together constitute a society that partakes in a particular culture, the bandwidth of the group's information processing is a subset of that of a whole society's culture and has a narrower bandwidth that the culture as a whole.

Individual filters are the result of differences in the growth of individuals' background, including their individual interpretations of the world around them, their family background, their schooling, and their experiences in life. The bandwidth of such individual filters varies greatly, but is always narrower than that of a collective that processes information together.

The first set of filters is, within a relatively short time-frame of centuries, unchanging and sets fundamental constraints for the other filters. Some of these are well-known, such as the ones involving the nature, shape and functional capabilities of our bodies, but others need further investigation, notably those that are genetic, but do not have such explicit manifestations.

The latter three categories of filters can vary as the result of social interactions in networks of different sizes (parts of multi-nets), anchored in the 'grille de lecture' determined by the genetic filters. These (and possibly other) filters are superimposed and determine to a large extent how individuals and groups will decide on their interactions among themselves or with the external world. Together, they shape a large proportion of the values, affordances and constraints of signal recognition, signal processing and signal communication among individuals and groups within societies.

The fact that among humans there are a number of such filters (and there are probably other ones than were mentioned here) makes me wonder whether one could identify different information-processing filters among animals, for example. I would argue that all animals have genetically determined filters, but one could argue that primates, for example, also have cultural or group ones. Are there other filters that are particular for other living species?

Last words

As mentioned at the outset, this paper is a first attempt to develop a perspective that could apply to all life-forms, based on the idea of signal-processing. It is very much a work in progress, a set of loosely connected ideas that in my opinion have sufficient in common to encourage the exploration of an approach like this. There are many holes, and it would be easy to shoot all this down, but because the interactions I had with Prof. Murase, the editor of this Journal, it seemed appropriate to bring these ideas together, even in a very primitive and incomplete form, in the *Journal of Integrated Creative Studies.*

References

Aanen, D.K. & P. Eggleton, 2017. "Symbiogenesis: beyond the embiosis theory" *Journal of Theoretical Biology* 434:99-103, doi: 10.1016/j.jtbi.2017.08.001.

Atmanspacher, H., & G.J. Dalenoort (eds.), 1994. *Inside Versus Outside: Endo- and Exo-Concepts of Observation and Knowledge in Physics, Philosophy and Cognitive Science*, New York: Springer

Arthur, W. B., 2015, *Complexity and the Economy*, Oxford: Oxford University Press

Bateson, G., 2002, *Mind and Nature: a necessary unity*, New York, NY: Hampton Press

Bretscher, M. S., 1987. "How animal cells move", *Scientific American*, 257 (6): 70-76

Churchman, C. W. 1967. "Guest editorial: Wicked problems." *Management Sciences* 14 (4): 141–142.

Dautry-Varsat, A. & H. F. Lodish, 1984. "How receptors brings proteins and particles into cells", *Scientific American*, 250, No. 5, 52-58

Doidge, N. (2015) *The Brain's Way of Healing: Stories of Remarkable Recoveries and Discoveries*, Harmondsworth (UK): Penguin Books

El Guindi, F. & H. A. Selby, 1976. "Dialectics in Zapotec Thinking" in *Meaning in Anthropology* (K. Basso & H. Selby eds.), Albuquerque NM: School of American Research

Helbing, D., B. S. Frey, G. Gigerenzer, E. Hafen, M. Hagner, Y. Hofstetter, J. van den Hoven, R. V. Zicari, & A. Zwitter. 2017. "Will democracy survive big data and artificial intelligence?" *Scientific American*, February 23. Available at: www.scientificamerican.com/article/will-democracy-survive-big-data-and-artificial-intelligence/?redirect=1.2017

Huberman, B.A. & T. Hogg, 1988. "The behaviour of computational ecologies." In: *The Ecology of Computation* (Huberman, B.A. ed.), pp. 77–115. Amsterdam: North-Holland Publishing.

Huberman, B. A. & M. Kerzberg. 1985. "Ultradiffusion: The relaxation of hierarchical structures." *Journal of Physics* A 18: L331–L335.

Iriki, A., 2019. "The Brain in the Ecosystem: Cognition, Culture, and the Environment" video of *Kavli Plenary Address at International Convention of Psychological Science*, March 2019. https://www.youtube.com/watch?v=XdX0xkPxS0c

Izutsu, T., 1975. "The Interior and Exterior in Zen Buddhism", in: Correspondences of Man and World, eds. A. Portmann, R. Ritsema, *Eranos Yearbook 1973*, Leiden: E.J. Brill.

Kahnemann, D., P. Slovic, & A. Tverski, (eds.). 1982. *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lane, D. & R. Maxfield. 2005. "Ontological uncertainty and innovation." *Journal of Evolutionary Economics* 15: 3–50.

Margulis, L., 1970, *Origin of eukaryotic cells;: Evidence and research implications for a theory of the origin and evolution of microbial, plant, and animal cells on the Precambrian earth*, New Haven: Yale University Press

Margulis, L., 1981, *Symbiosis in cell evolution*, San Francisco: W.H. Freeman

Margulis, L. & D. Bermudes, 1985 "Symbiosis as a mechanism of evolution: Status of cell symbiosis theory". *Symbiosis* 1:101–124.

Mitchell, M. 2011. *Complexity: A Guided Tour*. Oxford: Oxford University Press.

Murase, M. 2018 "A Self-Similar Dynamic Systems Perspective of "Living" Nature: The Self–Nonself Circulation Principle Beyond Complexity", Springer, Singapore

Odling-Smee, F. J., K. N. Laland, & M. W. Feldman. 2003. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Polanyi, K. 1944. *The Great Transformation*. New York: Farrar & Rinehart. [2nd ed., T*he Great Transformation: The Political and Economic Origins of Our Time*, Foreword by Joseph E. Stiglitz, 2001, Boston: Beacon Press].

Prigogine, I. & G. Nicolis. 1980. *From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences*. San Francisco: W.H. Freeman.

Rappaport, R. 1977. "Adaptation and maladaptation in social systems." In: *The Ethical Basis of Economic Freedom* (I. Hill, ed.) pp. 39–79. Chapel Hill, NC: American Viewpoint.

Read, D.W. & S.E. van der Leeuw, 2009. "Biology is only part of the story ...." In: *Sapient Mind* (A. C. Renfrew & L. Malafouris, eds.), pp. 33–49. Oxford: Oxford University Press.

Read, D.W. & S.E. van der Leeuw, 2015. "The extension of social relations in time and space during the Paleolithic and beyond." In: *Landscapes in Mind: Settlement, Society and Cognition in Human Evolution* (F. Coward, R. Hosfield, & F. Wenban-Smith, eds.), pp. 31–53. Cambridge: Cambridge University Press.

Rothman, J. E., 1985. "The compartmental organization of the Golgi apparatus", *Scientific American*, 253 (3) 84-89

Shannon, C. E. 1948. "A mathematical theory of communication." The Bell System Technical Journal 27: 379–423.

Simon, H.A., 1969 [2nd ed., 1983; 3rd ed., 1996]. *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, MA: MIT Press.

Tverski, A. 1977. "Features of similarity." *Psychological Review* 84: 327–352.

Tverski, A., & I. Gati. 1978. "Structures of similarity." In: *Cognition and Categorization* (E. Rosch & B. B. Lloyd, eds.), pp. 79–98. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Varela, F. J., E. Thompson & E. Rosch, 1991. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*, Cambridge MA: MIT Press

van der Leeuw, S.E., 2000. "Making tools from stone and clay." In: *Australian Archaeologist. Collected Papers in Honour of J. Allen* (T. Murray & A. Anderson, eds.), pp. 69–88. Canberra: ANU Press.

van der Leeuw, S.E., 2007. "Information processing and its role in the rise of the European world system." In: *Sustainability or Collapse*? (R. Costanza, L. J. Graumlich, W. Steffen, eds.), pp. 213–241. Cambridge, MA: MIT Press (Dahlem Workshop Reports).

van der Leeuw, S.E., 2019a "The role of narratives in human-environmental relations: an essay on elaborating win-win solutions to climate change and sustainability", *Climatic Change* (Special Issue on win-win solutions to climate change, D. Mangalagiu, A. Bisaro, J. Hinkel, and J. D. Tàbara, eds.). CLIM-D-18-00612R1, DOI: https://doi.org/10.1007/s10584-019-02403-y

van der Leeuw, S.E., 2019b *Social Sustainability, Past and Future: Undoing Unintended Consequences for the Earth's Survival*, Cambridge University Press, ISBN 978-1-108-49869-2 (Hardback) DOI: 10.1017/9781108595247; open access: https://www.cambridge.org/core/books/social-sustainability-past-and-future/811395DC3A8D82EAD39C45657B2FD1AD

Activity Report

Convection Dynamics in Celestial Bodies

by Prof. A.S. Brun in collaboration with Prof. Shin-ichi Takehiro et Prof and Director Michio Yamada at RIMS, Kyoto University.

We acknowledge support by the International Research Unit of Advanced Future Studies at Kyoto University. We also thank RIMS for his office space and staff support.

Abstract: Stars and planet share similar atmosphere dynamics involving the nonlinear turbulent coupling between convection, rotation and magnetism and curvature effects of spherical geometry. We have developed an innovative project based on a mathematical representation based on magnetohydrodynamics (MHD) fluid/plasma equations using numerical simulations of stellar convection to understand the state of rotation and convection of these objects. We also studied the impact of a stable layer and angular momentum transport by internal waves.

Introduction:

Stars can play the role of modern physics laboratory, because processes as diverse as turbulence, thermal convection, plasma eruption, and rotation induced large scale mean flows can be studied in details via direct surface observations (or indirectly via asteroseismology) allowing to characterize with an ever improving accuracy their complex dynamics. Of fundamental interest is turbulent convection, because it is both at the source of many of the most dynamical phenomena observed in stars and it impacts directly their short and long term evolution. Turbulent convection in stellar envelope helps transporting the heat generated deep inside their nuclear core. Depending on their mass M_{star}, high or low mass stars (with respect to the reference solar value (M_{sol}) have different internal structures and convection zones are not found at the same location. In massive stars ($M_{star} > 2\ M_{sol}$), convection is mostly confined in the deep interior, in so-called core convection region, with little stratification. By contrast, solar-type stars and stars less massive than the Sun, have their convective zone located near their surface. This convective envelope deepens as the star becomes less and less massive, to occupy the whole star below 0.3 M_{sol}. This deepening of the convective envelope is accompanied by an increasingly stronger stratification. Hence convective process experiences in stars a large range of conditions and it needs to be studied in details to understand how it is modified under these changing situations.
Moreover, stars are rotating objects. Turbulent convection motions are thus influenced by the action of the Coriolis force and in the most extreme rotating situation, the star and all its internal layers (convective and radiative) are even deformed by the Centrifugal force, losing their spherical shape. So rotating convection zones not only transport heat and energy but also angular momentum yielding large scale mean flows such as differential rotation and meridional circulation Brun & Rempel (2009).
In the present study we aim at characterizing stellar convection and its associated large scale mean flows in solar-like stars by mean of 3-D numerical simulations of convection in a spherical shell for varying Ekman (Ek; a measure of the influence of rotation) or Rossby numbers (Ro; likewise a measure the influence of rotation on turbulence) and to make the connection with geophysical flows in planetary atmosphere. More specifically we wish to understand how the basic state of convection and the associated mean flows at the onset of the convective instability are behaving compared to their nonlinear counterpart such as the ones published in Brun et al. (2017). One key results of numerical simulation of rotating convection in a spherical shell has been to propose the possible existence of a retrograde state of differential rotation with slow equator and fast poles for slowly rotating stars with large Rossby number. This so called anti-solar rotation state, in reference to the Sun's prograde differential rotation that instead possesses fast equator and slow poles is very interesting because it can influence the evolution and dynamics of these stars via for instance a modification of their dynamo and magnetism and the associated stellar wind dynamics and the rotational braking it involves.

We illustrate an example of such retrograde and prograde states of differential rotation in Figure 1. In this study, we wish to understand if retrograde states of rotation as shown in left panel of Figure 1 are robust and naturally present in convective flow at the onset of the instability or instead the outcome of nonlinear processes.

To this aim we have systematically computed the critical state at the onset of the convection instability for the 15 simulations of rotating stellar convection published in Brun et al (2017) and assessed the 2nd order mean flows of each marginal states. Such approaches have already been done in the context of Boussinesq convection in planetary convection setup (see for instance Takehiro & Hayashi (1999)) and only recently extended to the anelastic approaches which is essential to take into account when considering solar-like stars with highly stratified outer convective envelope (Sasaki, Takehiro et al. 2018). Since Prof. Takehiro and Yamada have the tools to perform such study and I, Prof. Brun, have the data basis of numerical simulations, we have efficiently collaborated in Fall 2019 during my visit at Kyoto University (RIMS) to perform this analysis. The outcome is described in the next section and corresponds to a scientific article (Takehiro, Brun, Yamada) we submitted in December 2019 to the notorious Astrophysical Journal of the American Astronomical Society.

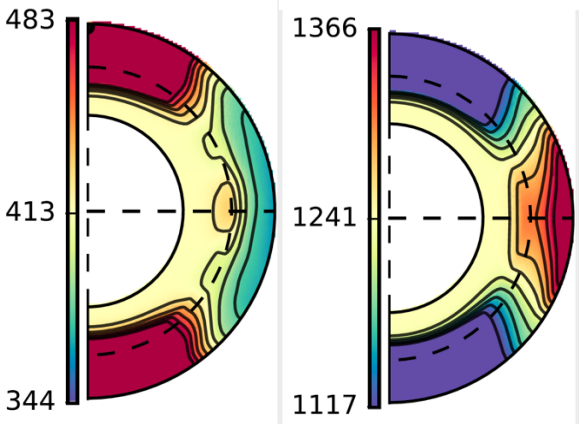


Figure 1: Differential rotation profiles in solar-like star: comparing anti-solar (left; slow equator – fast poles) to solar like (right; fast equator – slow poles) cases. Contour plots in meridional cuts of angular velocity with red tones indicating prograde flows (Brun et al. (2017)).

Results:

We have computed the marginal state of 15 solar-like star models ranging from 0.5 to 1.1. solar mass and rotation rates spanning 1/8 to 5 times the solar rotation rates. We have covered a range of Ekman number spanning 3 orders of magnitude. All models include both an upper convective envelope coupled to a stably stratified radiative interior. This coupling to a stable layer improves the realism of the simulations by providing a more realistic bottom boundary condition to the convective flows. In Figure 2, we represent the marginal state of convection for a 0.7 solar mass star for 4 rotation rates by displaying as contour plots the radial convective velocity in an equatorial plane. Each panel shows the most unstable convection mode and we clearly see that as the influence of rotation increases the pattern of convection becomes smaller both in longitudinal and radial extent. At high rotation rates, the patterns reach an azimuthal wave number greater than 40.
In Figure 3, we show the entropy fluctuations of the marginal state. Convection is a dynamical process driven by entropy perturbation and the associated buoyancy driving. In that case we have changed the aspect ratio and density stratification of the model fixing the Ek number (rotation). We note that convection is modified such that entropy fluctuations shrink both in longitudinal and radial extent as we go from left to right.
In Figure 4 we show how the various key critical parameters of convection, Rayleigh number, azimuthal wave number and frequency are influenced by rotation (Ekman number) and by the stellar mass (stratification and aspect ratio). We recover published results with scaling laws with respect to the Ekman number following the -4/3, -1/3 and -2/3 scaling (it becomes harder and harder to excite convection as rotational influence is increased and the critical mode is smaller and smaller). We also see that for the azimuthal wave number (Figure 4 panel b), stellar mass has a clear influence, this is less true for the 2 other quantities.
In Figure 5 we display the angular velocity associated to the marginal state for the 0.9 solar mass case (all stellar masses follow similar trends). We see that for small Ekman number (right panel), the flow is prograde (solar-like) and confined mostly to the equatorial region in the upper convective envelope. Uniform rotation is observed in the stable layer. By contrast, the slowly rotating (larger Ekman number) case (left panel) show a more distributed differential rotation, both in latitude and radius. The model retains a prograde rotation state in the upper equatorial region, with slower rotation at higher latitudes, hence retaining a solar like rotation profile. Contrary to the equivalent nonlinear supercritical state

published in 2017, that exhibits an anti-solar rotation profile as shown in the left panel of Figure 1, we do not find this anti-solar state. This means that anti-solar rotation states are the outcome of nonlinear turbulent processes, likely to be present in real stars. This confirms the need to look in the sky for such anti-solar like rotating stars.
Further, the non-uniform rotation in the stable (non convective) layer came as a surprise and is an exciting finding. This implies angular momentum transport by a process different from convection in the stable layer. As we have seen in Figure 2 and 3, gravity waves are excited by the convective mode and are the mean of redistributing angular momentum in the stable layer. This is a very interesting results.

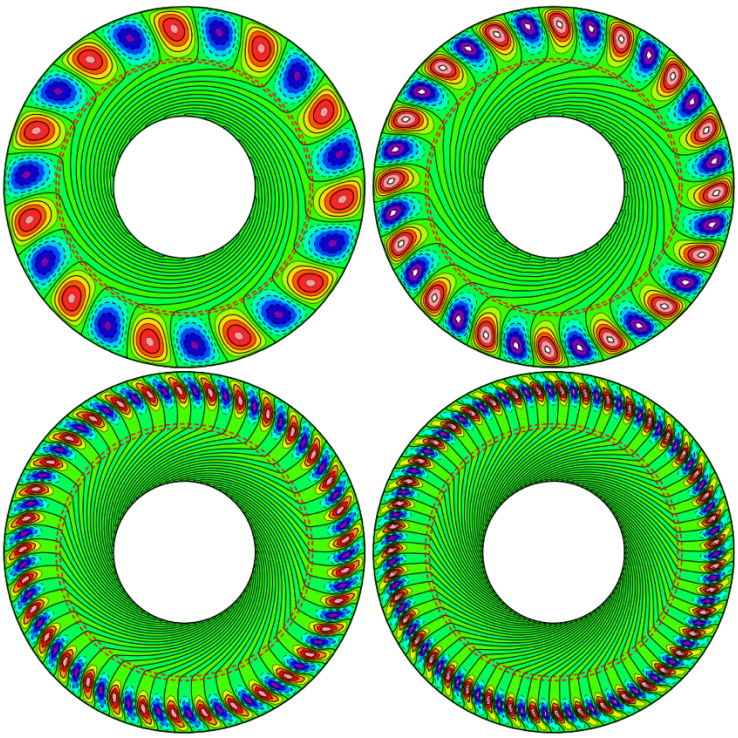


Figure 2: Contour plots in an equatorial cut of the radial convective velocity in 4 cases having the same stratification but a different rotation rate. The dash line represents the base of the convective envelope. In the inner stable layer we note the spiraling pattern of internal gravity waves.

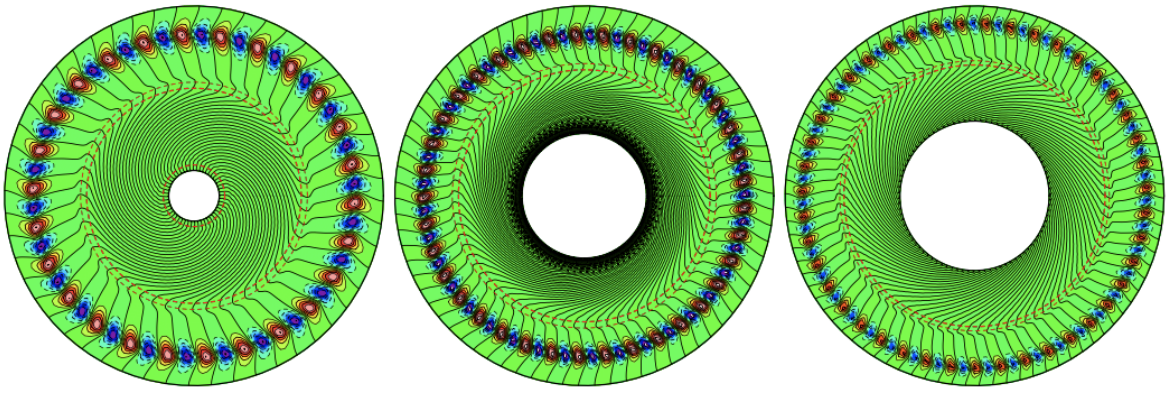


Figure 3: Contour plots in an equatorial cut of the entropy perturbations in 3 cases with varying aspect ratio and density stratification representative of the internal structure of a 0.5, 0.7 and 0.9 solar mass stars.

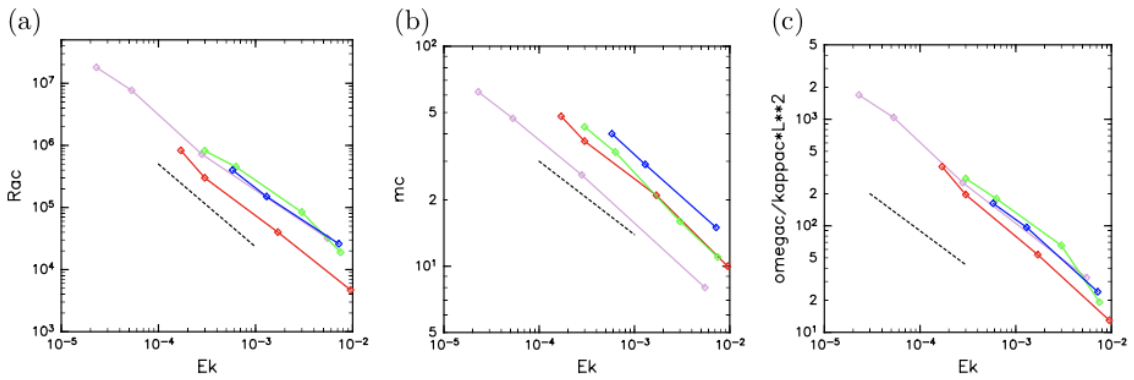


Figure 4: (a) The critical Rayleigh number as a function of the Ekman number. The dotted line is the slop with -4/3 power. (b) The critical azimuthal wave number as a function of the Ekman number.The dotted line is the slop with -1/3 power. (c) The non-dimensional critical frequency w_c as a function of the Ekman number. The dotted line is the slop with -2/3 power. Magenta, red, green and blue lines are for 0.5, 0.7, 0.9 and 1.1 solar mass star series, respectively.

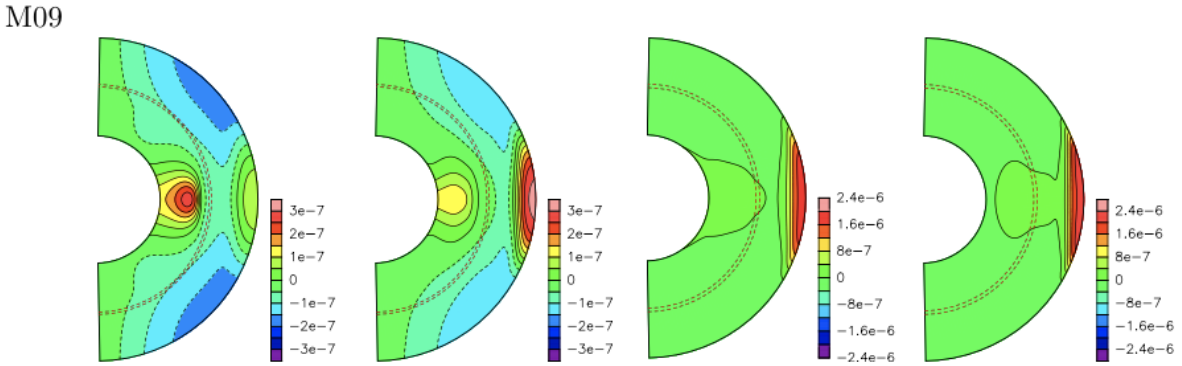


Figure 5: Contour plots in a meridional plane of the rotation state (angular velocity) associated to the marginal state of convection illustrated in Figure 2 and 3. Note how the rotation state goes from mostly confined in the equatorial convective region for fast rotation rates (right panel) to more distributed at all latitude and depth. Angular momentum transport by gravity waves is at the source of the non-uniform profile in the stable layer below the dashed line. We illustrate the rotation profile realize in the 0.9 solar mass star cases.

Conclusion: We have found that anti-solar rotation states of slowly rotating stellar convection models are likely to exist in real stars, because there are only found in supercritical state of convection in 3D numerical simulation. Since real stars have highly supercritical states it is encouraging that such states are not found at the marginal state of convection, there are less likely to be a spurious effect of large viscous effect or weak turbulence. We also showed that gravity waves excited by the critical mode of convection can transport efficiently angular momentum and break the uniform rotation of the inner stable layer. Overall this is a very fruitful collaboration and I wish to pursue it as we have new ideas for interesting applied mathematical problems.

Complementary Scientific Activities:

A.1) Organization of a scientific workshop:
During my stay at Kyoto University, we have also organized a workshop with many Japanese experts in fluid and plasma dynamics in stars and other systems. We indicate the program below:

Astrophysical and Solar MHD Workshop at RIMS on the 6th of December 2019
Convenors: Shin-Ichi Takehiro and Allan Sacha. Brun

Workshop starts at 10am in seminar room 110 in RIMS (to the right after entering the main entrance).
9:30 - 10:00 Welcome
10:00-10:30 K. Kusano “On the predictability of solar flares and CMEs”
10-30-11:00 A.S. Brun “On energy transfers and dynamo-wind coupling in stars”
Coffee Break 30mn

11:30 - 12:00 H. Hotta “Flux rising from deep convection zone and formation of sunspot“
12:00- 12:30 S. Toriumi “Flare-productive active regions and delta-spots simulations”
Lunch Break 1h30
14:00 - 14:30 T. Suzuki “MHD in a cylindrical shearing box”
14:30 - 15:00 T. Sakurai “Magnetic energy and helicity spectra of solar active regions”
15:00 - 15:20 T. Yokoyama “Magnetobuoyancy instability with effect of cosmic-ray pressure”
15:20 - 15:40 Y. Masada “Spherical-shell mean-field dynamo with turbulent α and η & solar differential rotation”
Coffee break 30 mn
16:10 - 16:40 M. Shoda “Alfvén-wave driven magnetic rotator wind: mass- and angular-momentum-loss rates”
16:40 - 17:10 N. Yokoi “Magnetoclinicity effect: Transport in strongly compressible MHD turbulence”
17:10 - 17:40 S. Takehiro “Critical states and generated mean zonal flows of stellar convection models”
17:40 - 17:55 Sakaue “Stellar atmosphere & wind model for cool main-sequence stars from the sun to M dwarfs”
17:55 –18:10 Kotoni “Anemone Jets in the Solar Photosphere and Their Effects on the Upper Atmosphere”

A.2) Participation on December 5th to a workshop organized at RIMS by visiting Prof. M. Farge:
French-Japanese Workshop on Wavelet and Large Eddy Representations to Study Turbulent Flows
10:30-10:50
Allan Sacha Brun, Département d'Astrophysique, Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), Saclay (France)
Wavelet analysis of Large Eddy Simulations of stellar convection and magnetism
10:50-11:00 Open discussion

A.3) Collaboration with Prof. Shibata from Department of Astrophyics:

Co-Organisation of 2 seminars in Shibata-san’s MHD Group in room 328 of Graduate School of Science Bldg.4, one on October 28th and another in December 10th.

a) 2 topics seminar by Dr. R. Raynaud – Postdoc at DAp-AIM, CEA Paris Saclay, France, October 28th.
Title: Magnetar formation through convective dynamo in protoneutron stars
Abstract: Magnetars are isolated neutron stars characterized by a variable X-ray activity powered by the dissipation of strong magnetic fields. Their spin-inferred dipole field strengths range from 100 to 1000 times those of radio pulsars. For many decades now, understanding the origin of these objects has been a theoretical challenge. Thanks to the first 3D MHD direct numerical simulations of thermal convection that develops inside a nascent neutron star, we show that the in situ magnetic field amplification by dynamo action can explain magnetar formation. For sufficiently fast rotation rates, the instability saturates in the magnetostrophic regime with the magnetic energy exceeding the turbulent kinetic energy by a factor up to 10. Our results are compatible with the observational constraints derived from galactic magnetars and also provide strong theoretical support for millisecond protomagnetar models of gamma-ray bursts and superluminous supernovae central engines.

Title : Long-term modulation of the solar cycle
Abstract: We consider dynamo action driven by three-dimensional rotating anelastic convection in a spherical shell. Motivated by the behaviour of the solar dynamo, we examine the interaction of hydromagnetic modes with different symmetries and demonstrate how complicated interactions between convection, differential rotation and magnetic fields may lead to modulation of the basic cycle. For some parameters, Type 1 modulation occurs by the transfer of energy between modes of different symmetries with little change in the overall amplitude; for other parameters, the modulation is of Type 2, where the amplitude is significantly affected (leading to grand minima in activity) without significant changes in symmetry. Most importantly, we identify the presence of supermodulation in the solutions, where the activity switches chaotically between Type 1 and Type 2 modulation; this is believed to be an important process in solar activity.

b) 1 topic seminar by Dr. B. Perri – former PhD student of Dr. A.S. Brun, now postdoc at IAS, France. December 10th.

Title:The dynamo-wind feedback loop : Assessing their non-linear interplay

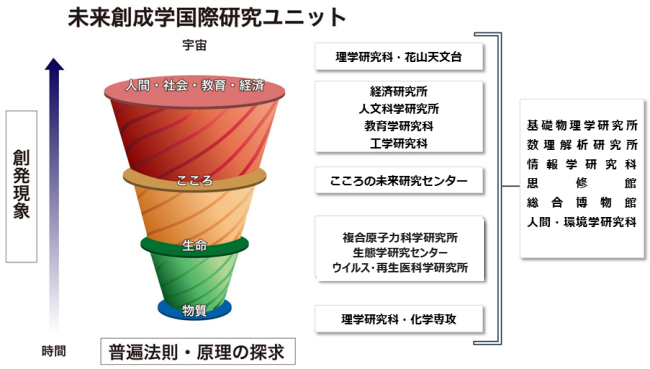
Abstract: Though generated deep inside the convection zone, the solar magnetic field has a direct impact on the Earth space environment via the Parker spiral. It strongly modulates the solar wind in the whole heliosphere, especially its longitudinal and latitudinal speed distributions over the years. However the wind also influences the topology of the coronal magnetic fi eld by opening the magnetic field lines in the coronal holes, which can affect the inner magnetic fi eld of the star by altering the dynamo boundary conditions. This coupling is especially difficult to model because it covers a large variety of spatio-temporal scales. Quasi-static studies have begun to help us unveil how the dynamo-generated magnetic field shapes the wind, but the full interplay between the solar dynamo and the solar wind still eludes our understanding.
We use the compressible magnetohydrodynamical (MHD) code PLUTO to compute simultaneously in 2.5D the generation and evolution of magnetic fi eld inside the star via an alpha dynamo process and the corresponding evolution of a polytropic coronal wind over several activity cycles for a young Sun. A multi-layered boundary condition at the surface of the star connects the inner and outer stellar layers, allowing both to adapt dynamically. Our continuously coupled dynamo-wind model allows us to characterize how the solar wind conditions change as a function of the cycle phase, and also to quantify the evolution of integrated quantities such as the Alfvén radius. We further assess the impact of the solar wind on the dynamo itself by comparing our results with and without wind feedback.

京都大学未来創成学国際研究ユニットのロゴ
無限（∞）の記号を基調に親子の対話を描き
地球を取り巻く多様な問題に挑む姿を表わす

京都大学未来創成学国際研究ユニットは、2013－2014 年度に採択された京都大学統合創造学創成プロジェクトの研究活動に基づいて基礎物理学研究所が主体部局となり、学内研究所・センター・研究科など 12 部局（その後 20 部局にまで拡大）が参画して、2015 年 7 月 28 日に発足した（組織構成図参照）。同年 8 月 6 日にユニット設置記念シンポジウムを開催し、2020 年 3 月末日まで、5 年に渡り異分野を統合することの知的冒険によって、生命・物質・こころの世界、あるいは人間社会・教育・経済を貫く普遍法則や創発原理を探求し、未来を方向づけるパラダイム転換を目指してきた。京都大学統合複雑系科学国際研究ユニット・京都大学宇宙総合学研究ユニットとも連携しながら、総数 40 名の外国人教員を迎え、国際規模での研究ネットワークの構築を進め、独創的研究を推進してきた。

特に、未来創成学国際研究ユニットでは、「矛盾やパラドックスに満ちた逆説」、「一見、非連続で繋がりのない現象に潜むアナロジー」、「時間・空間のスケールの違いに依らない普遍性」の 3 つの観点に着目してきた。そして、多様な学術交流による柔軟な発想のもとで、新たな俯瞰的な学術体系として「未来創成学」の構築を目指してきた。

この研究成果の一端を『未来創成学の展望－逆説・非連続・普遍性に挑む－』（山極壽一・村瀬雅俊・西平直 編著、ナカニシヤ出版、2020）として出版する。なお、書籍出版事業にあたり、京都大学国際シンポジウム、京都大学教育研究振興財団、京都大学未来創成学国際研究ユニット事業の助成をいただいた。



京都大学未来創成学国際研究ユニット組織構成図

IRU-AFS