

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索し、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索し、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索し、その背後に働いている普遍原理を探索するとともに、それぞれのシステムに特徴的な原理・法則の探索も行います。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。 <ol style="list-style-type: none"> 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行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、未解決のままのこざ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・超微細藻類と原生動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こなしている。最近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っている。
高林 純示 / Junji Takabayashi 京大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	私たちの周りにおける価値観や思考様式などの「文化」と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指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	京大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	京大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索したい。
- ・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・ライプツィヒ大学（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發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プレイクを挟んで、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チ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

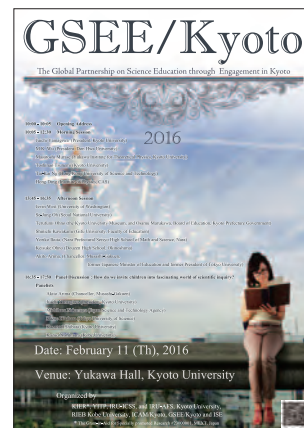
Multiproduct-Firm Oligopoly: An Aggregative Games Approach (joint with Volker Nocke)

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/GSEKyoto2016_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>

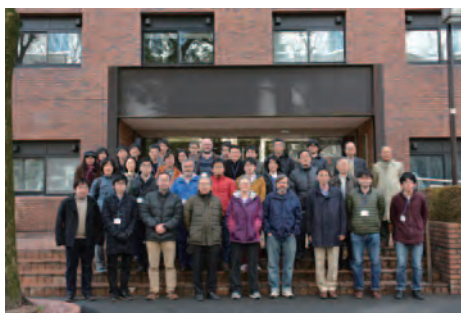
9. 太陽型星のスーパーフレアと太陽フレア、およびその惑星・地球への影響

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 Georges 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 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Co}_2\text{P}_2$ "
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)
" $\text{Li}_2\text{ScMo}_3\text{O}_8$ 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-nonsel 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。安定した宿舍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	<i>Professor, Department of Physics, Zhejiang University, China</i>	理学研究科 吉村一良教授	2016/2/1-3/31
Pan Zhang	<i>Associate Professor, Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, China</i>	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	<i>Assistant Professor, Information School, University of Washington, U.S.A</i>	基礎物理学研究所 村瀬雅俊准教授	2016/2/9-2/16
Christian D. Ott	<i>Professor, Physics, Mathematics and Astronomy, California Institute of Technology, U.S.A</i>	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.
	Chemical 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

—kura—

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、人文科学研究センター、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

KURE

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 コーポイン京都 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で、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。

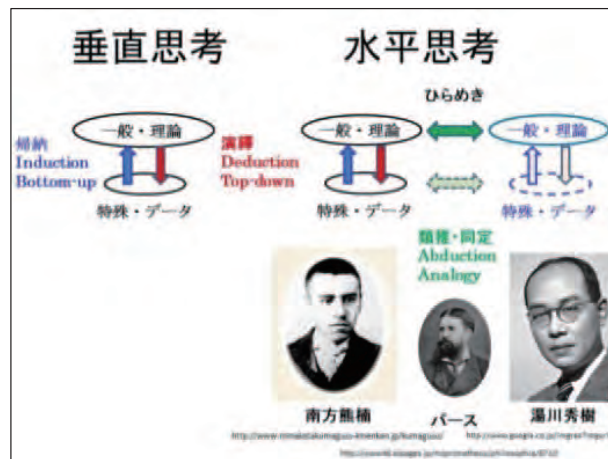


萌芽的な考え方としては、すでにスライドにあるとおりです。つまり、現実世界では想定外のことが次々と起こる。それが、じつは「創発」の原理そのものが反映されているのだという見方です。そうであるならば、想定外の問題を理解するには、創発の原理そのものを内在化したかたちで、意識的に考えてゆく必要があるだろうと。創造というものは、芸術の創造、学問の創造といろいろありますが、想定外の問題が起こること

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

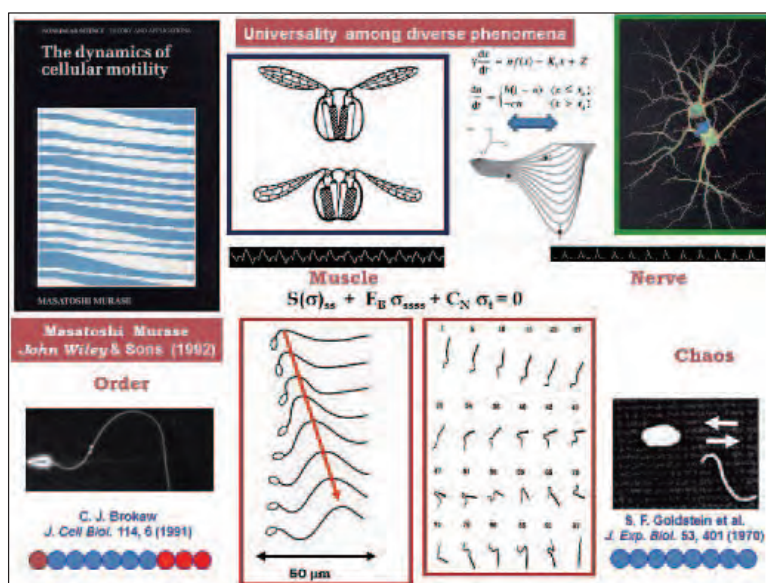


いて、ほかの分野の普遍概念が使えるかもしれない。両者のつながりを見つける——これはまったくロジックではなくて、ひらめき、思いつきです。この思いつきで二つの分野の相同性が露わになった瞬間に、じつはその下部にある特殊なデータや事実というのが、一気に演繹的にみえてしまう。なにが言いたいかというと、上のひらめきさえできれば、こんどは、すでに確立された学問分野のデータや個別事象がそのままそっくり移行したかたちで、探求の道具として使えるということなのです。

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。

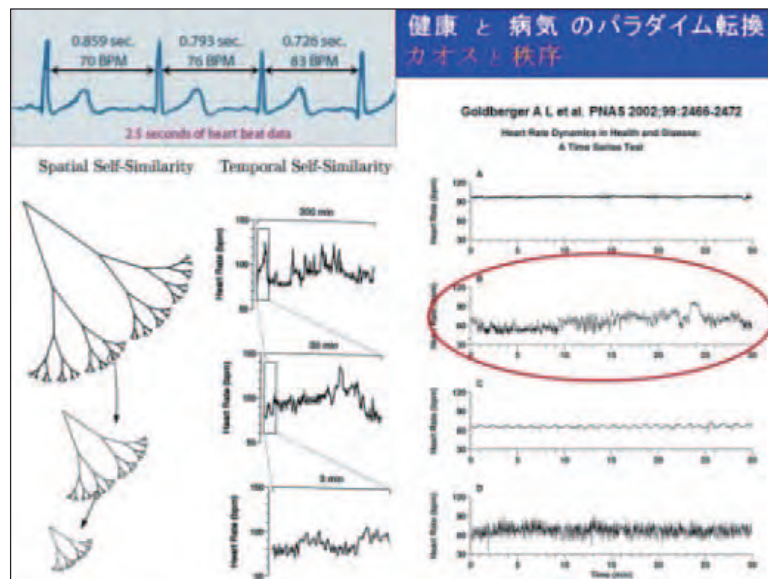


同じように、これは鞭毛ですが、カオス（chaos）と書いてあります。レーザービームで細胞体から切り離しても運動は続けるわけですが、これは細胞体がついていても、運動状態は行ったりきたり。こういうイレギュラーな運動は嫌われて、だいたい教科書には載らないのですが、教科書に載っている鞭毛の運動というのは非常にきれいに、秩序的になっています。

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、



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？」

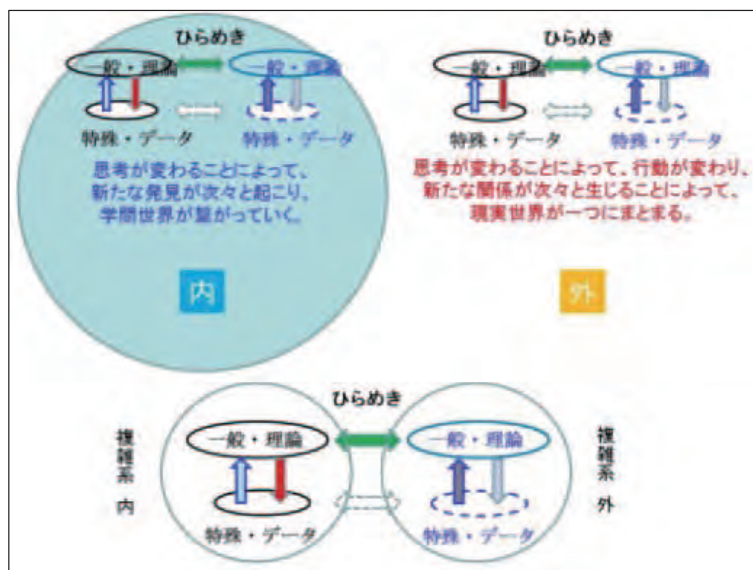
そうやってみてくると、健康と病気の問題も——これはいまから十数年前に出版させていただいた京都大学学術出版会の本なのですが、きょうは鈴木哲也編集長もきていただいております。これまでの病気の問題というのは、正常な生命現象すら理解困難なのに、病気の状態などわかるはずがないという考え方でした。この出版でなにを主張したかという



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すら、木村敏先生とお話する機会があつて。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、いろいろな視点が広がってゆく。それによって新たな事実が次々と発見されてきた。ただし、これらの事実はすでにあつただけけれど、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ーシップ、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・システム (El Sistema)。エル・システムというのは、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たいと思います。

超出・奇跡の科学
Transcendence Miracle

複雑系科学、リーダーシップ、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

- ・ 古代中国の兵法思想
「戦わずして勝利する実践哲学」
- ・ 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」
- ・ ベネズエラの音楽教育プログラム・エルシステム
「音楽を通して社会変革を引き起こす」
- ・ 世界で一番大切にしたい会社

◇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

「戦わずして勝利する実践哲学」

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。


中国の思想では、戦争の展開は純粋に内的な必然による。中国思想の独自性は、現実をそれ自身から一つまり、推移するプロセスに内在する論理という視点から一解釈しようとしたこと。

軍師にとっての勝利とは、自分にとって有利になるよう生じさせた不均衡から導かれる、必然の結果であり、予見できる結果である。本当によい戦略は、気づかれず、普通の人にはその行為はもはや目には見えない。

次に来る出来事の推移を効率的に支配できるため、誰も戦おうとは思わなくなる。たとえ、敵軍の数がどれだけ多かるうが、敵はもはや抵抗できない。数の多さは、より決定的な上位の条件には劣るのだ。

『戦 - 効力の歴史』 知泉書館 2004

勝利する軍師は、すでに勝利してから戦う。
敗北する軍師は、開戦の後に勝とうとする。



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、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。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できるのではないか。

「音楽を通して社会変革を引き起こす」
El Sistema (1975-)

http://www.worldatlas.com/webimage/country/southamerica/ve.htm

Jose Antonio Abreu (1939-)
芸術家、経済学博士
文化大臣も務める
ノーベル平和賞有力候補

http://www.google.co.jp/search?q=jose+antonio+abreu+no+nobel+peace+prize&btnG=&oeq=1&oeq=2&oeq=3&oeq=4&oeq=5&oeq=6&oeq=7&oeq=8&oeq=9&oeq=10&oeq=11&oeq=12&oeq=13&oeq=14&oeq=15&oeq=16&oeq=17&oeq=18&oeq=19&oeq=20&oeq=21&oeq=22&oeq=23&oeq=24&oeq=25&oeq=26&oeq=27&oeq=28&oeq=29&oeq=30&oeq=31&oeq=32&oeq=33&oeq=34&oeq=35&oeq=36&oeq=37&oeq=38&oeq=39&oeq=40&oeq=41&oeq=42&oeq=43&oeq=44&oeq=45&oeq=46&oeq=47&oeq=48&oeq=49&oeq=50&oeq=51&oeq=52&oeq=53&oeq=54&oeq=55&oeq=56&oeq=57&oeq=58&oeq=59&oeq=60&oeq=61&oeq=62&oeq=63&oeq=64&oeq=65&oeq=66&oeq=67&oeq=68&oeq=69&oeq=70&oeq=71&oeq=72&oeq=73&oeq=74&oeq=75&oeq=76&oeq=77&oeq=78&oeq=79&oeq=80&oeq=81&oeq=82&oeq=83&oeq=84&oeq=85&oeq=86&oeq=87&oeq=88&oeq=89&oeq=90&oeq=91&oeq=92&oeq=93&oeq=94&oeq=95&oeq=96&oeq=97&oeq=98&oeq=99&oeq=100&oeq=101&oeq=102&oeq=103&oeq=104&oeq=105&oeq=106&oeq=107&oeq=108&oeq=109&oeq=110&oeq=111&oeq=112&oeq=113&oeq=114&oeq=115&oeq=116&oeq=117&oeq=118&oeq=119&oeq=120&oeq=121&oeq=122&oeq=123&oeq=124&oeq=125&oeq=126&oeq=127&oeq=128&oeq=129&oeq=130&oeq=131&oeq=132&oeq=133&oeq=134&oeq=135&oeq=136&oeq=137&oeq=138&oeq=139&oeq=140&oeq=141&oeq=142&oeq=143&oeq=144&oeq=145&oeq=146&oeq=147&oeq=148&oeq=149&oeq=150&oeq=151&oeq=152&oeq=153&oeq=154&oeq=155&oeq=156&oeq=157&oeq=158&oeq=159&oeq=160&oeq=161&oeq=162&oeq=163&oeq=164&oeq=165&oeq=166&oeq=167&oeq=168&oeq=169&oeq=170&oeq=171&oeq=172&oeq=173&oeq=174&oeq=175&oeq=176&oeq=177&oeq=178&oeq=179&oeq=180&oeq=181&oeq=182&oeq=183&oeq=184&oeq=185&oeq=186&oeq=187&oeq=188&oeq=189&oeq=190&oeq=191&oeq=192&oeq=193&oeq=194&oeq=195&oeq=196&oeq=197&oeq=198&oeq=199&oeq=200&oeq=201&oeq=202&oeq=203&oeq=204&oeq=205&oeq=206&oeq=207&oeq=208&oeq=209&oeq=210&oeq=211&oeq=212&oeq=213&oeq=214&oeq=215&oeq=216&oeq=217&oeq=218&oeq=219&oeq=220&oeq=221&oeq=222&oeq=223&oeq=224&oeq=225&oeq=226&oeq=227&oeq=228&oeq=229&oeq=230&oeq=231&oeq=232&oeq=233&oeq=234&oeq=235&oeq=236&oeq=237&oeq=238&oeq=239&oeq=240&oeq=241&oeq=242&oeq=243&oeq=244&oeq=245&oeq=246&oeq=247&oeq=248&oeq=249&oeq=250&oeq=251&oeq=252&oeq=253&oeq=254&oeq=255&oeq=256&oeq=257&oeq=258&oeq=259&oeq=260&oeq=261&oeq=262&oeq=263&oeq=264&oeq=265&oeq=266&oeq=267&oeq=268&oeq=269&oeq=270&oeq=271&oeq=272&oeq=273&oeq=274&oeq=275&oeq=276&oeq=277&oeq=278&oeq=279&oeq=280&oeq=281&oeq=282&oeq=283&oeq=284&oeq=285&oeq=286&oeq=287&oeq=288&oeq=289&oeq=290&oeq=291&oeq=292&oeq=293&oeq=294&oeq=295&oeq=296&oeq=297&oeq=298&oeq=299&oeq=300&oeq=301&oeq=302&oeq=303&oeq=304&oeq=305&oeq=306&oeq=307&oeq=308&oeq=309&oeq=310&oeq=311&oeq=312&oeq=313&oeq=314&oeq=315&oeq=316&oeq=317&oeq=318&oeq=319&oeq=320&oeq=321&oeq=322&oeq=323&oeq=324&oeq=325&oeq=326&oeq=327&oeq=328&oeq=329&oeq=330&oeq=331&oeq=332&oeq=333&oeq=334&oeq=335&oeq=336&oeq=337&oeq=338&oeq=339&oeq=340&oeq=341&oeq=342&oeq=343&oeq=344&oeq=345&oeq=346&oeq=347&oeq=348&oeq=349&oeq=350&oeq=351&oeq=352&oeq=353&oeq=354&oeq=355&oeq=356&oeq=357&oeq=358&oeq=359&oeq=360&oeq=361&oeq=362&oeq=363&oeq=364&oeq=365&oeq=366&oeq=367&oeq=368&oeq=369&oeq=370&oeq=371&oeq=372&oeq=373&oeq=374&oeq=375&oeq=376&oeq=377&oeq=378&oeq=379&oeq=380&oeq=381&oeq=382&oeq=383&oeq=384&oeq=385&oeq=386&oeq=387&oeq=388&oeq=389&oeq=390&oeq=391&oeq=392&oeq=393&oeq=394&oeq=395&oeq=396&oeq=397&oeq=398&oeq=399&oeq=400&oeq=401&oeq=402&oeq=403&oeq=404&oeq=405&oeq=406&oeq=407&oeq=408&oeq=409&oeq=410&oeq=411&oeq=412&oeq=413&oeq=414&oeq=415&oeq=416&oeq=417&oeq=418&oeq=419&oeq=420&oeq=421&oeq=422&oeq=423&oeq=424&oeq=425&oeq=426&oeq=427&oeq=428&oeq=429&oeq=430&oeq=431&oeq=432&oeq=433&oeq=434&oeq=435&oeq=436&oeq=437&oeq=438&oeq=439&oeq=440&oeq=441&oeq=442&oeq=443&oeq=444&oeq=445&oeq=446&oeq=447&oeq=448&oeq=449&oeq=450&oeq=451&oeq=452&oeq=453&oeq=454&oeq=455&oeq=456&oeq=457&oeq=458&oeq=459&oeq=460&oeq=461&oeq=462&oeq=463&oeq=464&oeq=465&oeq=466&oeq=467&oeq=468&oeq=469&oeq=470&oeq=471&oeq=472&oeq=473&oeq=474&oeq=475&oeq=476&oeq=477&oeq=478&oeq=479&oeq=480&oeq=481&oeq=482&oeq=483&oeq=484&oeq=485&oeq=486&oeq=487&oeq=488&oeq=489&oeq=490&oeq=491&oeq=492&oeq=493&oeq=494&oeq=495&oeq=496&oeq=497&oeq=498&oeq=499&oeq=500&oeq=501&oeq=502&oeq=503&oeq=504&oeq=505&oeq=506&oeq=507&oeq=508&oeq=509&oeq=510&oeq=511&oeq=512&oeq=513&oeq=514&oeq=515&oeq=516&oeq=517&oeq=518&oeq=519&oeq=520&oeq=521&oeq=522&oeq=523&oeq=524&oeq=525&oeq=526&oeq=527&oeq=528&oeq=529&oeq=530&oeq=531&oeq=532&oeq=533&oeq=534&oeq=535&oeq=536&oeq=537&oeq=538&oeq=539&oeq=540&oeq=541&oeq=542&oeq=543&oeq=544&oeq=545&oeq=546&oeq=547&oeq=548&oeq=549&oeq=550&oeq=551&oeq=552&oeq=553&oeq=554&oeq=555&oeq=556&oeq=557&oeq=558&oeq=559&oeq=560&oeq=561&oeq=562&oeq=563&oeq=564&oeq=565&oeq=566&oeq=567&oeq=568&oeq=569&oeq=570&oeq=571&oeq=572&oeq=573&oeq=574&oeq=575&oeq=576&oeq=577&oeq=578&oeq=579&oeq=580&oeq=581&oeq=582&oeq=583&oeq=584&oeq=585&oeq=586&oeq=587&oeq=588&oeq=589&oeq=590&oeq=591&oeq=592&oeq=593&oeq=594&oeq=595&oeq=596&oeq=597&oeq=598&oeq=599&oeq=600&oeq=601&oeq=602&oeq=603&oeq=604&oeq=605&oeq=606&oeq=607&oeq=608&oeq=609&oeq=610&oeq=611&oeq=612&oeq=613&oeq=614&oeq=615&oeq=616&oeq=617&oeq=618&oeq=619&oeq=620&oeq=621&oeq=622&oeq=623&oeq=624&oeq=625&oeq=626&oeq=627&oeq=628&oeq=629&oeq=630&oeq=631&oeq=632&oeq=633&oeq=634&oeq=635&oeq=636&oeq=637&oeq=638&oeq=639&oeq=640&oeq=641&oeq=642&oeq=643&oeq=644&oeq=645&oeq=646&oeq=647&oeq=648&oeq=649&oeq=650&oeq=651&oeq=652&oeq=653&oeq=654&oeq=655&oeq=656&oeq=657&oeq=658&oeq=659&oeq=660&oeq=661&oeq=662&oeq=663&oeq=664&oeq=665&oeq=666&oeq=667&oeq=668&oeq=669&oeq=670&oeq=671&oeq=672&oeq=673&oeq=674&oeq=675&oeq=676&oeq=677&oeq=678&oeq=679&oeq=680&oeq=681&oeq=682&oeq=683&oeq=684&oeq=685&oeq=686&oeq=687&oeq=688&oeq=689&oeq=690&oeq=691&oeq=692&oeq=693&oeq=694&oeq=695&oeq=696&oeq=697&oeq=698&oeq=699&oeq=700&oeq=701&oeq=702&oeq=703&oeq=704&oeq=705&oeq=706&oeq=707&oeq=708&oeq=709&oeq=710&oeq=711&oeq=712&oeq=713&oeq=714&oeq=715&oeq=716&oeq=717&oeq=718&oeq=719&oeq=720&oeq=721&oeq=722&oeq=723&oeq=724&oeq=725&oeq=726&oeq=727&oeq=728&oeq=729&oeq=730&oeq=731&oeq=732&oeq=733&oeq=734&oeq=735&oeq=736&oeq=737&oeq=738&oeq=739&oeq=740&oeq=741&oeq=742&oeq=743&oeq=744&oeq=745&oeq=746&oeq=747&oeq=748&oeq=749&oeq=750&oeq=751&oeq=752&oeq=753&oeq=754&oeq=755&oeq=756&oeq=757&oeq=758&oeq=759&oeq=760&oeq=761&oeq=762&oeq=763&oeq=764&oeq=765&oeq=766&oeq=767&oeq=768&oeq=769&oeq=770&oeq=771&oeq=772&oeq=773&oeq=774&oeq=775&oeq=776&oeq=777&oeq=778&oeq=779&oeq=780&oeq=781&oeq=782&oeq=783&oeq=784&oeq=785&oeq=786&oeq=787&oeq=788&oeq=789&oeq=790&oeq=791&oeq=792&oeq=793&oeq=794&oeq=795&oeq=796&oeq=797&oeq=798&oeq=799&oeq=800&oeq=801&oeq=802&oeq=803&oeq=804&oeq=805&oeq=806&oeq=807&oeq=808&oeq=809&oeq=810&oeq=811&oeq=812&oeq=813&oeq=814&oeq=815&oeq=816&oeq=817&oeq=818&oeq=819&oeq=820&oeq=821&oeq=822&oeq=823&oeq=824&oeq=825&oeq=826&oeq=827&oeq=828&oeq=829&oeq=830&oeq=831&oeq=832&oeq=833&oeq=834&oeq=835&oeq=836&oeq=837&oeq=838&oeq=839&oeq=840&oeq=841&oeq=842&oeq=843&oeq=844&oeq=845&oeq=846&oeq=847&oeq=848&oeq=849&oeq=850&oeq=851&oeq=852&oeq=853&oeq=854&oeq=855&oeq=856&oeq=857&oeq=858&oeq=859&oeq=860&oeq=861&oeq=862&oeq=863&oeq=864&oeq=865&oeq=866&oeq=867&oeq=868&oeq=869&oeq=870&oeq=871&oeq=872&oeq=873&oeq=874&oeq=875&oeq=876&oeq=877&oeq=878&oeq=879&oeq=880&oeq=881&oeq=882&oeq=883&oeq=884&oeq=885&oeq=886&oeq=887&oeq=888&oeq=889&oeq=890&oeq=891&oeq=892&oeq=893&oeq=894&oeq=895&oeq=896&oeq=897&oeq=898&oeq=899&oeq=900&oeq=901&oeq=902&oeq=903&oeq=904&oeq=905&oeq=906&oeq=907&oeq=908&oeq=909&oeq=910&oeq=911&oeq=912&oeq=913&oeq=914&oeq=915&oeq=916&oeq=917&oeq=918&oeq=919&oeq=920&oeq=921&oeq=922&oeq=923&oeq=924&oeq=925&oeq=926&oeq=927&oeq=928&oeq=929&oeq=930&oeq=931&oeq=932&oeq=933&oeq=934&oeq=935&oeq=936&oeq=937&oeq=938&oeq=939&oeq=940&oeq=941&oeq=942&oeq=943&oeq=944&oeq=945&oeq=946&oeq=947&oeq=948&oeq=949&oeq=950&oeq=951&oeq=952&oeq=953&oeq=954&oeq=955&oeq=956&oeq=957&oeq=958&oeq=959&oeq=960&oeq=961&oeq=962&oeq=963&oeq=964&oeq=965&oeq=966&oeq=967&oeq=968&oeq=969&oeq=970&oeq=971&oeq=972&oeq=973&oeq=974&oeq=975&oeq=976&oeq=977&oeq=978&oeq=979&oeq=980&oeq=981&oeq=982&oeq=983&oeq=984&oeq=985&oeq=986&oeq=987&oeq=988&oeq=989&oeq=990&oeq=991&oeq=992&oeq=993&oeq=994&oeq=995&oeq=996&oeq=997&oeq=998&oeq=999&oeq=1000

世界でいちばん美しく美しいオーケストラ
東洋経済 (2013)

世界でいちばん美しく美しいオーケストラ
東洋経済 (2013)

◇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

	15年		10年		5年		3年	
リターン	累積	年率	累積	年率	累積	年率	累積	年率
FoE ^{※1}	1,646.1%	21.0%	254.4%	13.5%	56.4%	9.4%	77.4%	21.1%
GIG ^{※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&P 500 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）

ジョー・マッキー
「世界でいちばん大切にしたい会社」3F より

※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）、経歴豊かな
社員を解雇する企業、人件費の安い企
業が入っていた。

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つて。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。

こういう奇跡を起こしている背後になにかがあるかということ、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。その感情の感染が広がってゆく。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

複雑世界で何が起きているかを理解するだけでは
私たちが前進する道を見つけ出す助けにならない



Ben Okri (1959 -)
ナイジェリアの小説家、詩人
https://www.theguardian.com/ibandanstyle/2010/05/24/ben-okri-family-ethiopia

我々の時代の最悪の現実
というものは、つくられた現
実だ。...

我々の務めは世界を再び
思い描くことである。一つの
現実にはそのほかの複数の
可能性がある。

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か、確認しておきたいとか。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。



< 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)。

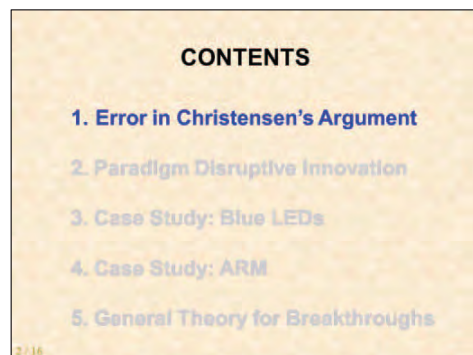
そこで私は、「研究を止めてはだめだ。結局イノベーションまでだめになってしまう」と、大企業の経営者たちを説得しにかかったのです。ところが、ことばが通じないので、ようするに、イノベーションがどうやって生まれるかということに関する考え方が根本的に違うということがわかったのです。

◇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います。奇妙なことに、いまからお話する話は、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と考えました。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。

CONTENTS	
1. Error in Christensen's Argument	
2. Paradigm Disruptive Innovation	
3. Case Study: Blue LEDs	
4. Case Study: ARM	
5. General Theory for Breakthroughs	

◇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っています。

CONTENTS	
1. Error in Christensen's Argument	
2. Paradigm Disruptive Innovation	
3. Case Study: Blue LEDs	
4. Case Study: ARM	
5. General Theory for Breakthroughs	

◇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。

CONTENTS	
1. Error in Christensen's Argument	
2. Paradigm Disruptive Innovation	
3. Case Study: Blue LEDs	
4. Case Study: ARM	
5. General Theory for Breakthroughs	

◇スライド 10「CONTENTS4」

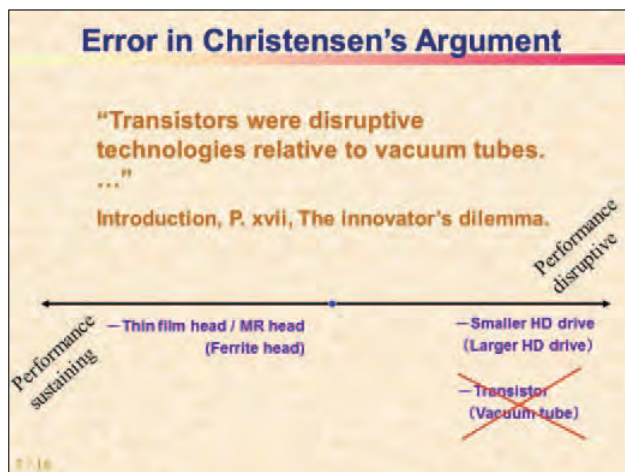
第4は、ちょっと時間がなくてお話ができないかもしれません。ARM のお話をします。

CONTENTS	
1. Error in Christensen's Argument	
2. Paradigm Disruptive Innovation	
3. Case Study: Blue LEDs	
4. Case Study: ARM	
5. General Theory for Breakthroughs	

◇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、最初に思っていた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たのが起こったか。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、「これに売れ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。

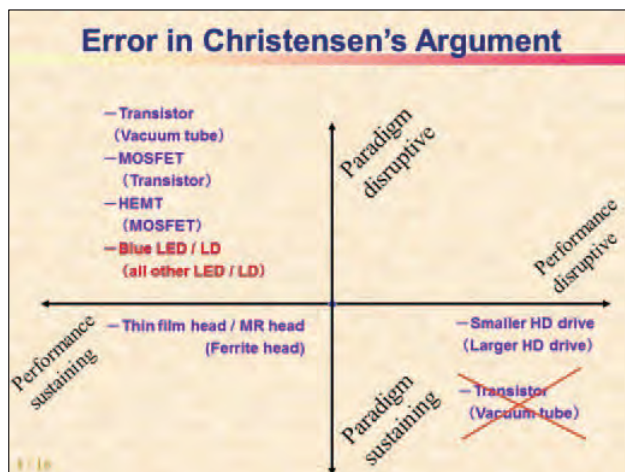
このように、性能を落とすようなイノベーションが起きて市場が攪乱される。このことを、彼は破壊的イノベーションと呼びました。破壊的イノベーションとは、第 1 に「製品の性能を、主流市場では認められないほど落とすイノベーション」のこと。第 2 に「潜在市場が発見され、その潜在市場が主流市場を壊すイノベーション」のことです。

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、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かということから、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。

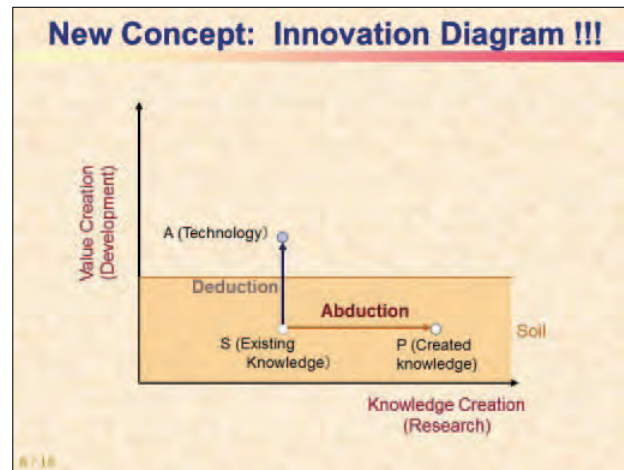
つまり、もともとのイノベーション・メカニズムが違うのです。性能破壊型イノベーションは、クリステンセンによれば、バリュー・ネットワーク・トラップ (Value Network Trap) に企業が囚われてしまう。それによってベンチャー企業が勝つ不可避的メカニズムを持っている。いっぽう、パラダイム破壊型イノベーションは、結局は、江崎玲於奈さんのいう「夜のサイエンス」の本性が経営者に伝わらないから起こってしまうのです。経営者は、一般には夜のサイエンスのことはまったく知りません。夜のサイエンスを成立させている暗黙知が経営者にはどうしても伝わらない不可避的なメカニズムがある。こうしてベンチャー企業が勝つ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

の図のことを、イノベーション・ダイア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・ダイアグラムが描けます。

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



というわけで、イノベーション・ダイア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。

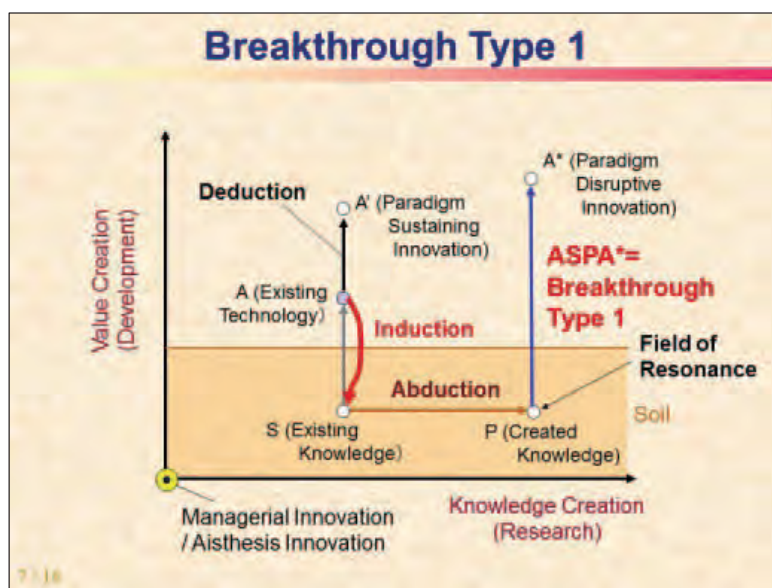
この「知の創造」を、チャールズ・パース (Charles Pierce) のことばに厳密に従って、

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、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こと、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」

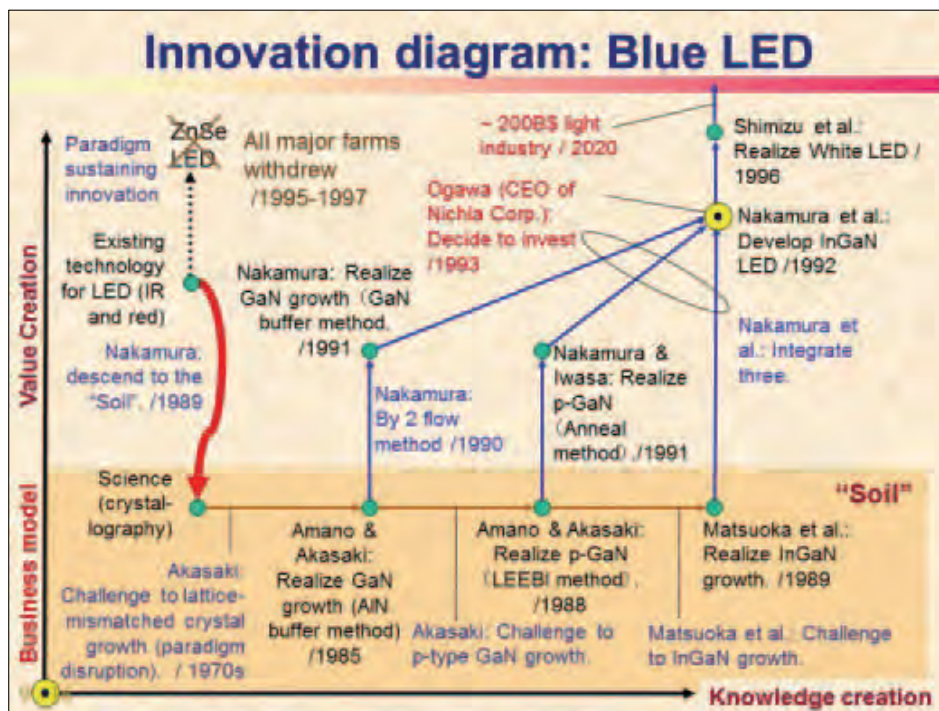


ゆきづまったらどうするか。それは、簡単で、演繹 (deduction) の逆操作をすればよい。帰納 (induction) をすればよいということです。ただし、土壌の下まで降りなければダメです。土壌の下まで降りると創発 (abduction) ができます。創発ができて、一つ別のパラダイムをつくりあげれば、そこから演繹をすればよい。こういうような、A→S

→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、赤崎勇さんが、**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ったのです。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崎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。

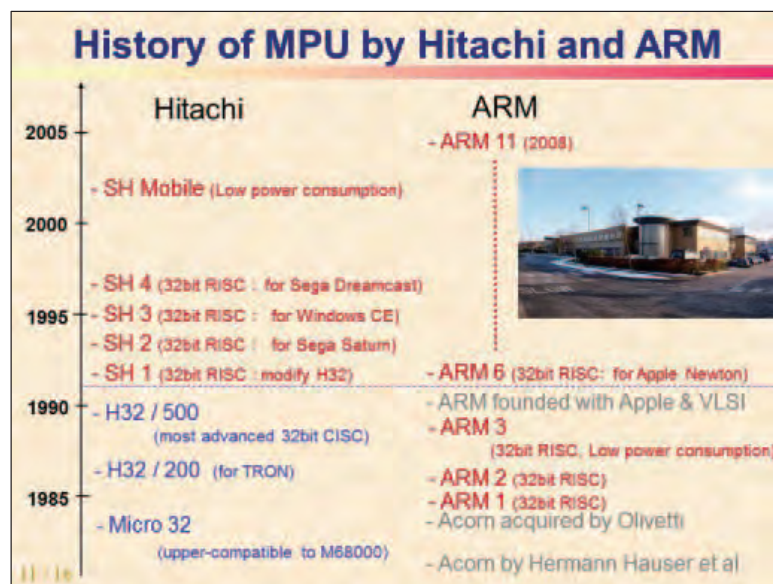
それから、最後の「インジウムを導入する」というのもパラダイム破壊です。これは、さすがの天野さんもできませんでした。2002年に天野さんは武田賞をもらったときに述懐していましたが、「われわれもこれに取り組んだけれど、できなかった」と。だから「できないのだと思っていた」と。そうしたら、そのうちに松岡隆志さんが「つくれた」と。「あ、つくれるんだ」と思ってやったら、一発でできたそうです。だから、「できる」ことが分かった人は「できる」のです。

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はありませんが、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」

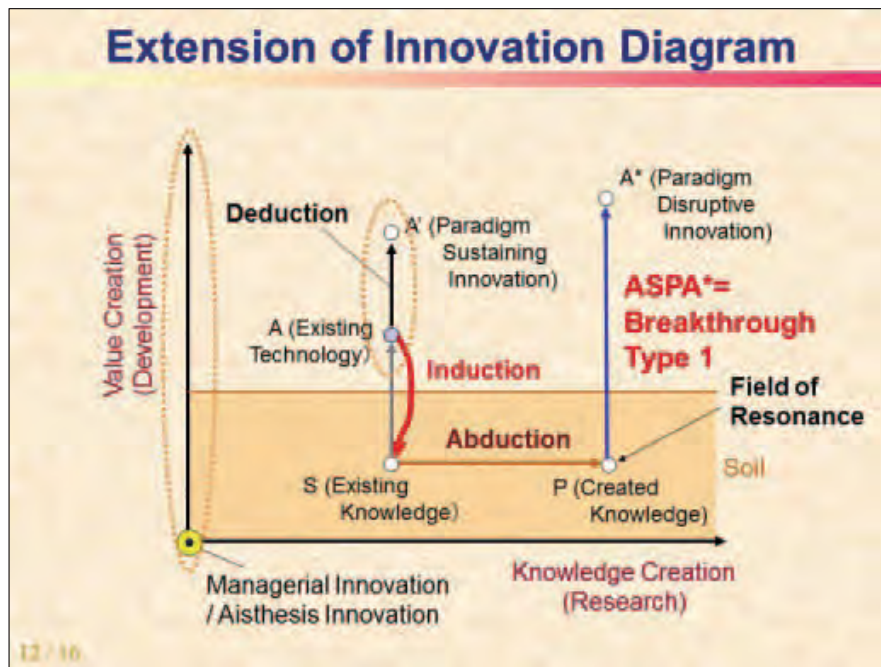


さて、次です。駆け足ですが ARM の話をします。ARM はご承知のとおり、Advanced RISC Machine の略で、いまやすべての携帯電話は ARM アーキテクチャです。なぜ ARM が成功して、日立が失敗したかということを考えておきたいと思います。

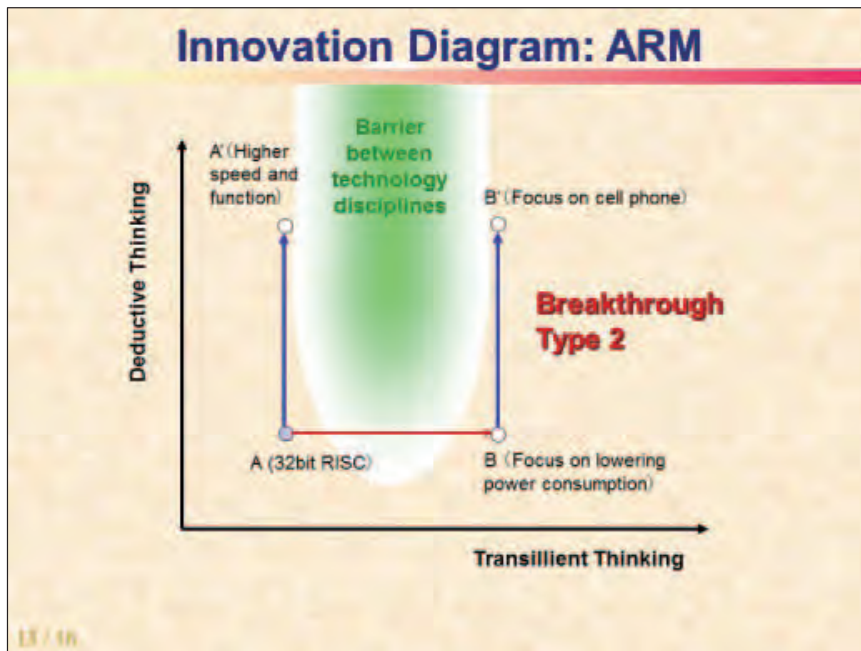
この図に日立と ARM が生み出したすべての CPU を並べておきます。ARM はもともとエイコーン・コンピュータ (Acorn Computers) という会社でした。ARM は、エイコーンからスピン・アウトした 18 人が創ったスタートアップで、いまだに従業員 800 人足らずの、ケンブリッジにある小さなベンチャー企業です。

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・ダイアグラムを描いて、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

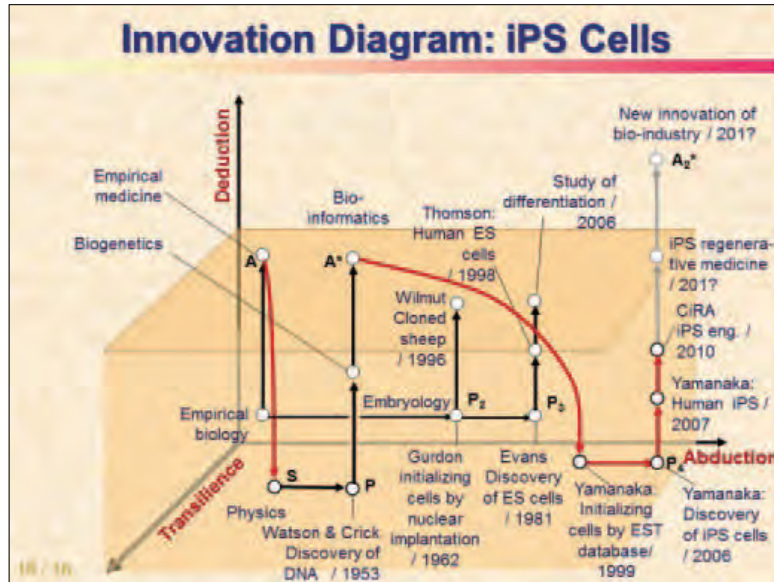
です。横軸にトランジリエンス (transilience) という軸を加えておきます。「回遊」と訳します。回遊軸を加えると、この問題はわりと簡単に解けます。回遊とは、異なる評価軸に進むこと。

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するから、高速かつ高機能を求めますね。大雑把に言えば、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思いました。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、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 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）の軸を描くときちゃんと表現できます。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、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、演繹軸しかないのだれもが（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・ダイアグラムにおいて、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、それなりの広がりをもっている。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。

理系だけが広がっているような広がり方と、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、そのオリジンにもものすごく相違がある、日本の場合なのです。

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ろ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、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、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、物質世界の場合は、赤崎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。赤崎さん、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。

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っています。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。



< 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」

	<h3>今日のお話</h3> <ol style="list-style-type: none">1. 動物最古の知恵の痕跡2. 眼が促した動物の進化3. ヒトが起こす間違いと進化のコンテキスト4. 人はなぜ対話が下手か5. まとめ
---	--

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上がったということで、ひじょうに喜んでます。かつ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、とに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こと、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。

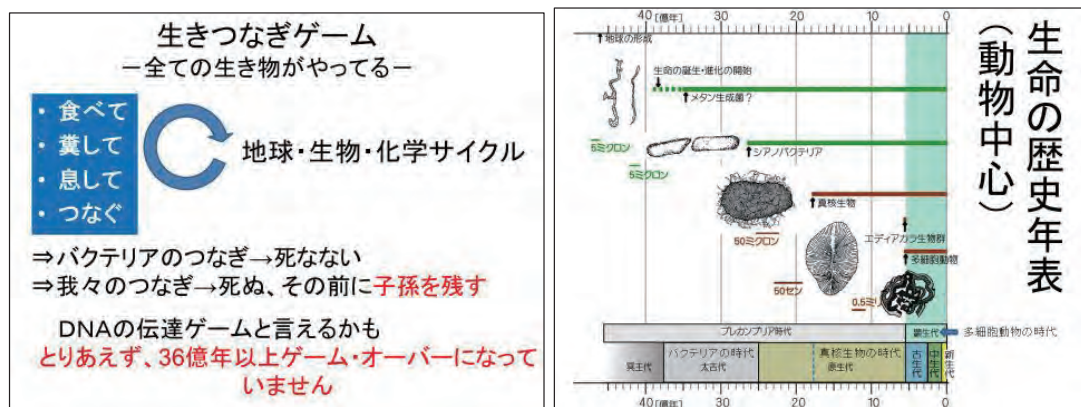
これを子どもたちとしていると、ついてきた保護者の人たちがうらめしそうな顔をする。「私らをどないしてくれるんだ」と。あなたたちも小学校、中学校でイヤというほど勉強したんじゃないかと思うのだけれども、こういう人にも楽しんでもらわんといかん。ここが京都大学の心のひろいところであります。

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取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」

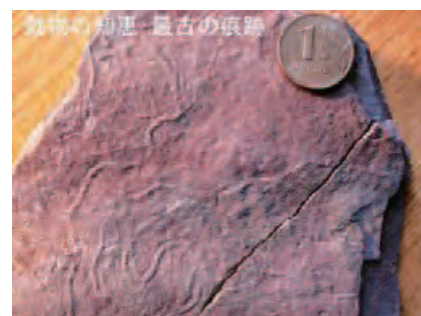


私たちも属する多細胞動物が現れたのは、5 億 6 千万年より少し前くらいのことと考えられています。生命の誕生は 36 億年よりも前なのですが、きょうはぜんぶしゃべっていると時間がないので、6 億年よりもちょっと前後から現在までの時代、つまり多細胞動物の進化だけをとりあつかいます。

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。電子顕微鏡で見えてみると、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、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、サンマのブリ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足りない。

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。こういうものがあると、「オッ、ええやないか」と思って「結婚しよう」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、獲物はしっかりと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

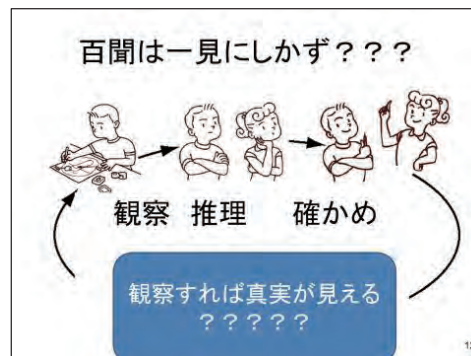
が起こって、そこで知恵の進化がずいぶんスピードアップされたというのが、古生物学者や生物学者の、あるていど共通した見方であります。

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。

ハマグリの貝柱はいくつ？
京大生にもやってもらいました

1. 当て推量
2. 貝殻の内側を観察・スケッチ、貝柱の痕跡の数を判断
3. 小グループで各自の判断基準などを検討し、数を決定

(参加者数: n=50)

◇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。

ハマグリの貝柱はいくつ？
京大生にもやってもらいました

	1つ	2つ	3つ
1. 当て推量	33	16	1
2. 観察後	5	24	21

正解は2つ

(参加者数: n=50)

◇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。参加者はみな同様なまちがいをするのです。「同様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。

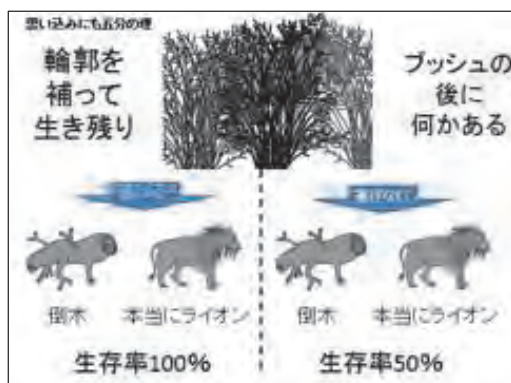


もう一つ共通に間違える点があります。貝柱は成長しながら大きくなってゆくから、二つの貝柱の跡には細かな筋がたくさんついているのです。ところが、スケッチにはこの細かな筋を描いているのにもかかわらず、その意味を考える人が少ないのです。

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?」



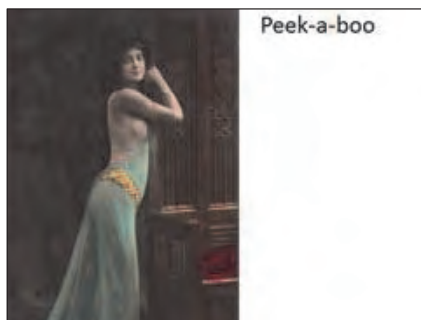
もう一つのまちがいは、「思い込み」によってありもしない輪郭を補うことです。しかし、輪郭を補うことは、人類がつい最近まで住んでいた危険きわまりない世界では生存率を高めるのに役立ったのではないのでしょうか。

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のでしょうか。

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、補った場合に比べて格段に下がるのではないのでしょうか。

◇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すね。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、恐れ的情動を起こせば、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と輪郭を見るでしょう。

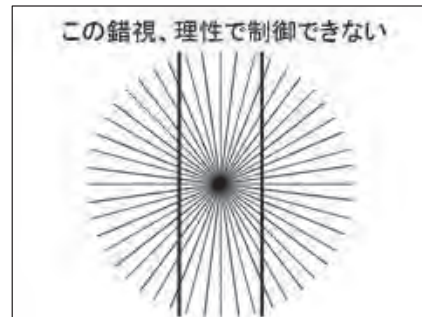
このようなことをもとにして、ヴィラヤヌル・ラマチャンドラン（Vilayanur Ramachandran）という研究者（ぼくは会ったことがないのですが、たぶん会ったらすごく気があうという感じがする風貌をされています）が、次のようなことを言っています。

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ことです。

◇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のでしょうか。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」

認知の錯誤の共通点

- ・ だいたい誰でも同じように間違う。
- ・ 正しい解釈や知識を与えられてもなかなか「直らない」。
- ・ 「**錯誤は正常な認知機能の反映**」

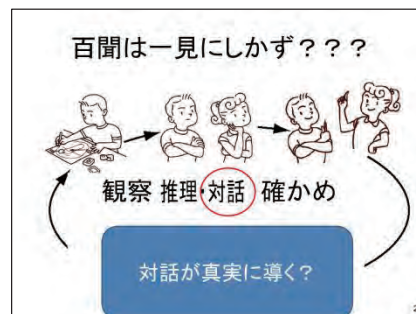
いままで述べてきたことから、私たちは、結構まちがいを犯すこと、しかもだいたいは誰でも同じようにまちがうことを述べてきました。理解していただきたいのは、私たちの脳のなかには、祖先が野生の世界に生きていた時代には生き残りの可能性を高めるために役だったが、現代のコン

テキ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もあります。

◇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考えてやってみました。



◇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

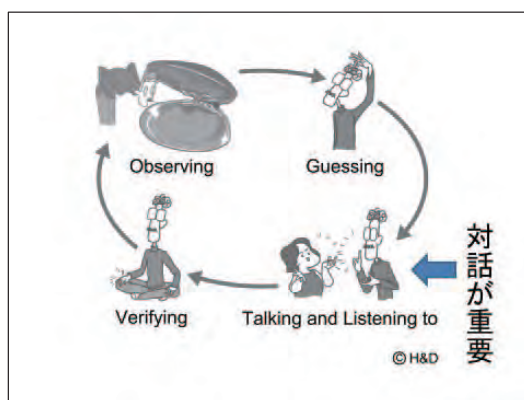
(参加者数: n=50)

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」



2015年の京大生
<ul style="list-style-type: none"> 作業仮説: - 「貝柱の痕跡はいくつ」という質問が、思い込みを助長しているのではないか
↓
2015年の学生には何も指示することなく スケッチしてもらうことから始めた

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。

2015年の京大生 対話は下手 (2015 year KU students; n=40)			
	1つ	2つ	3つ
1. 当て推量	先入観を与えないため当て推量させずにスケッチさせた		
2. スケッチ後	7	24	7
3. 対話後	7	28	5

Correct answer is 2 scars

◇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。

高校生も対話が下手 (school pupils in a municipal high school in Kyoto: n=69)				
	1つ	2つ	3つ	4つ以上
1. 当て推量	37	25	0	7
2. スケッチ後	2	29(41%)	38	
3. 対話後*	0	34(57%)	31	

*:4 persons without documentation of the number after the dialogs

Pupils up to high school do not have sufficient communication ability

◇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

わなかったのが、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。

教員も対話が下手 (平成27年度免許更新講習受講者: n=56)			
	1つ	2つ	3つ
1. 当て推量	37	16	3
2. スケッチ後	7	23	26
3. 対話後*	26	22(33%)	8
4. 更なる対話後	43	7(13%)	6

◇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。

教員も対話が下手
(平成27年度免許更新講習受講者: n=56)

	1つ	2つ	3つ
1. 当て推量	37	16	3
2. スケッチ後	7	23	26
3. 対話後*	26	22(33%)	8
4. 更なる対話後	43	7(13%)	6

◇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を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が。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思いましたが、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。

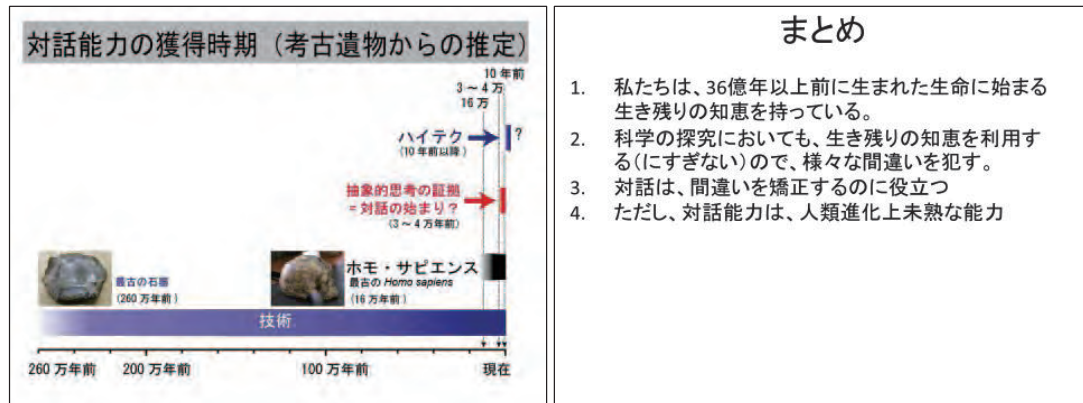
もう少し時代が下って、マグダレニアン期（3～1万年前）には、フランスのヨンヌ県の三葉虫洞窟（Grotte du Trilobite）として知られる岩窟の居住場所跡から、装飾やお守りとしてつり下げるための孔の開けられた古生代の三葉虫の化石が見つかっています。三葉虫岩窟の同じ層からはリグナイト（化石木）製の、タマムシを象った垂れ飾りも見つかっています。タマムシも三葉虫も、垂れ飾りは同じようなめずらしいやり方で穿孔されていて、二つの垂れ飾りに孔を開けた人物は、三葉虫を石の中の甲虫として認識していたのかも知れません。この時代になって、知的好奇心のような高度な精神活動に基づく収集活動も始まったらしいこと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

かたちに残る視覚芸術と違い、考古学的な痕跡に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のでしょうか。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、まだ十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」が場違いなコンテキ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のでしょうか。

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のでしょうか。

◇スライド 42「まとめ 2」

まとめ

1. 文科省が提唱するアクティブラーニングは課題多し
2. 対話をからめた学校教育は、対話力が備わっているという前提では失敗する。
3. 生徒(学生)の対話力を養うには、まず教師(教員)がその力を鍛えねば

アクティブ・ラーニング(文部科学省)
グループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワークなどによる課題解決型の能動的学修

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。

< 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(京都市立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

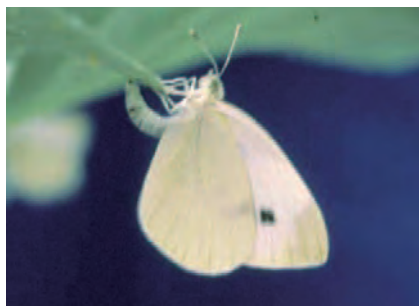
村瀬智子●続いてのご講演をお願いしたいと思います。続いては、京都市立生態学研究センター教授の高林純示さまでございます。テーマは、「生態系における生物間相互作用・情報ネットワーク」です。では、高林さま、どうぞよろしくお願いいたします。

高林●京都市立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

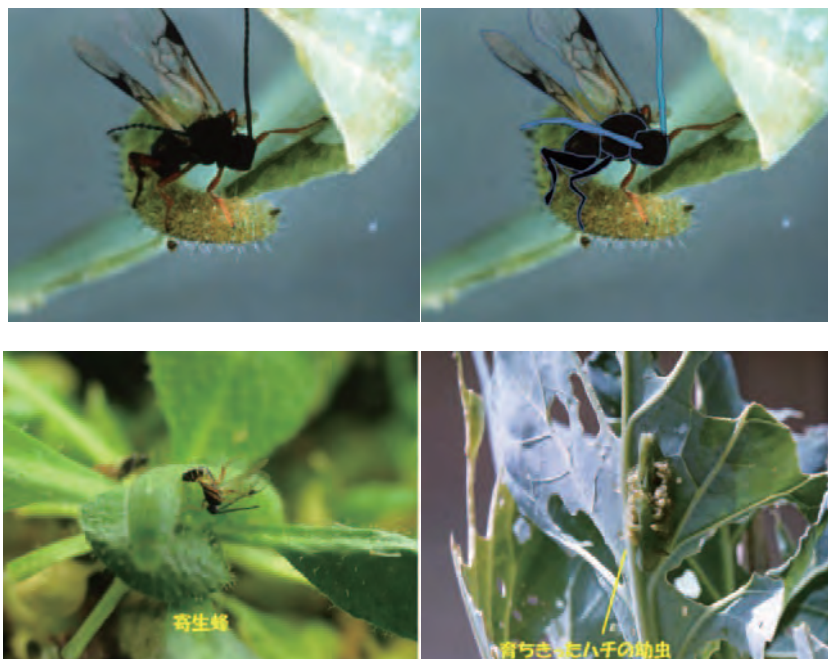
相互作用・ネットワークというのは、「食う食われる関係」です。共生する関係もありますが、比率的には食う食われる関係が多い。たとえば、チョウは植物の花粉を運んだりするけれど、実際は卵を葉に産んで、幼虫は植物を食べてゆく。食う食われる関係です。

・ 相互作用ネットワーク
食う食われる関係
共生関係



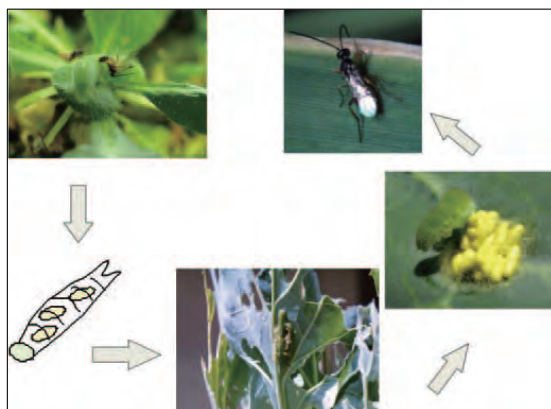
◇スライド 7～10

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あります。『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。コナガコマユ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。

**何にでも寄生できる寄生バチはいない
(寄生できる相手が決まっている)**

例

アオムシコマユバチ	→	主にアオムシ
コナガコマユバチ	→	主にコナガ幼虫
カリヤコマユバチ	→	アワヨトウ幼虫のみ
エルビアフラバチ	→	主にエンドウヒゲナガ アフラムシ
ルビーアカヤドリコバチ	→	ルビーロウムシ

◇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ユバチです。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。



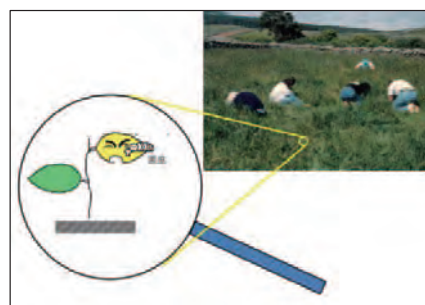
◇スライド 19

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ユバチは、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か。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。



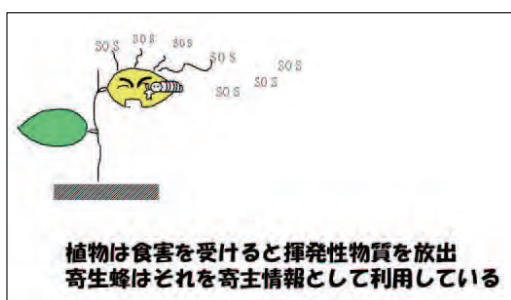
◇スライド 21

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。



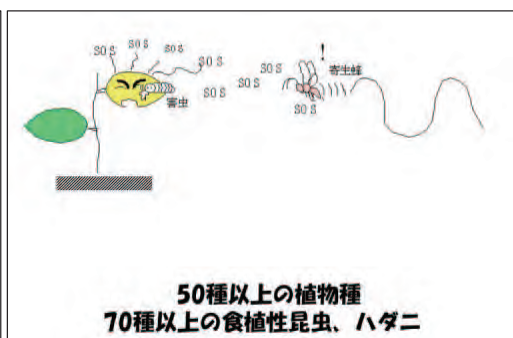
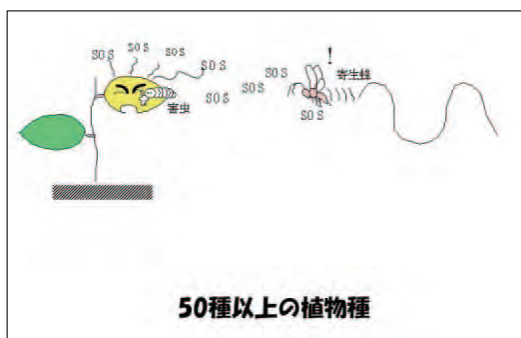
◇スライド 22、23

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。



我々にはわからないような微量な香り情報で寄生蜂を雇う戦略が多くの植物で採用されている



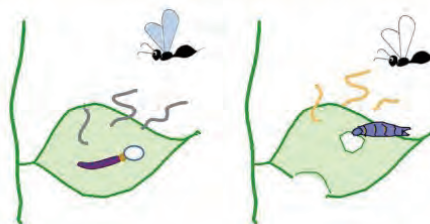
50種以上の植物種
70種以上の食植性昆虫、ハダニ
20種以上の捕食性天敵（寄生蜂、捕食性ダニ、線虫、鳥）

◇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。

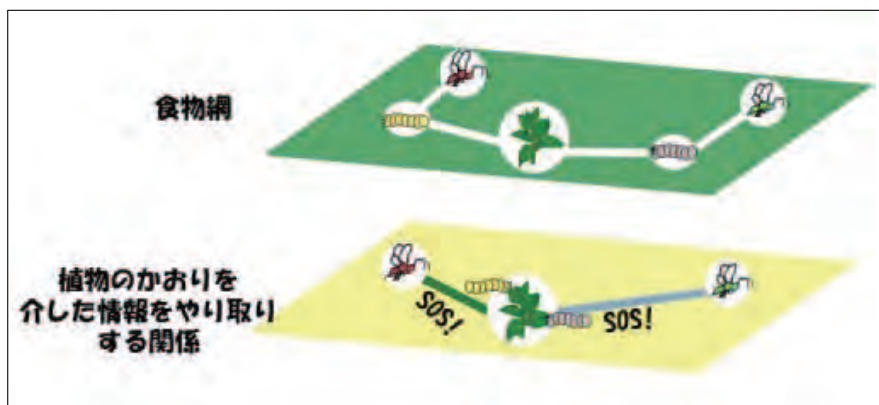
さらに・・・

植物は、植食者の種に応じて匂いのフレンドを変えている



◇スライド 29

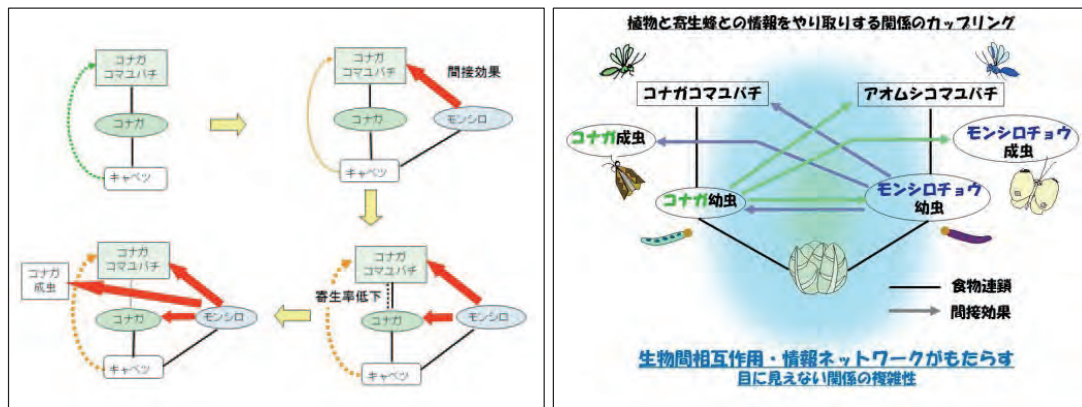
食物網がどう維持されているのかを理解するためには、食物網の下に、情報をやりとりする関係という階層が、目に見えないかたちである点に注目する必要があります。われわれには嗅いでもわからないような微量な香り情報で情報をやりとりする関係が、食害される植物と天敵のあいだにあり、それが目に見える食物網を維持しているのだと考えることができます。



◇スライド 30、31

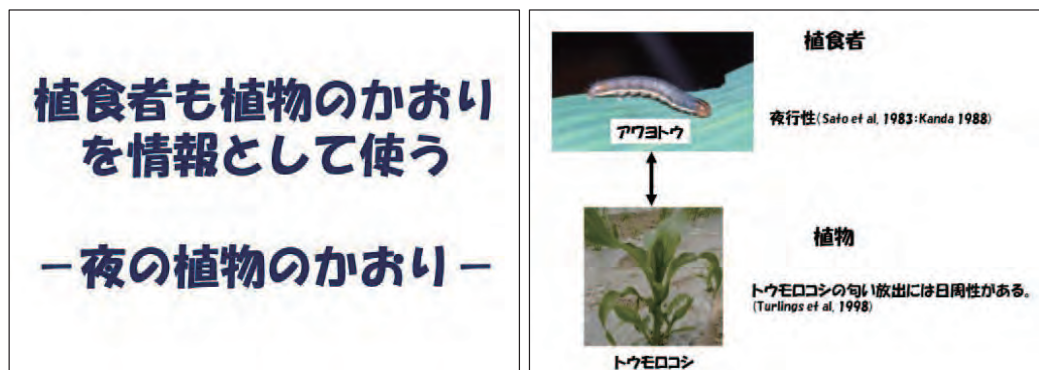
実際、植物というのは複数の害虫に食われることが多いのです。それぞれ幼虫に食われるとそれぞれの天敵を呼ぶのですが、一気に食われると、とたんに両方の天敵を呼ぶような匂いというのは出せない。ある意味混乱した匂いになります。そういうような混乱が生じれば、一気に食物網というシステムは複雑になって、間接効果がどんどん生まれてきます。これに関しては時間がなくて説明しませんが……。

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」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。

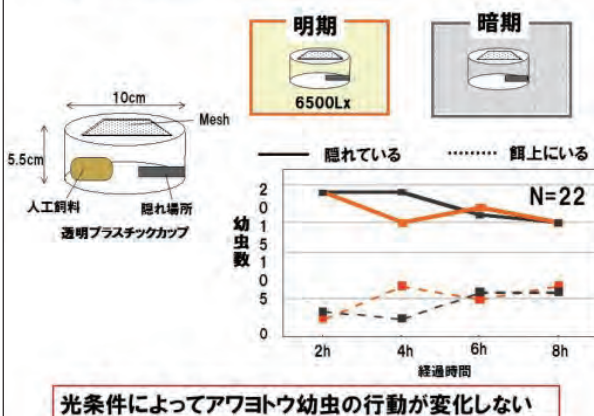
ある研究員に1週間アワヨトウの世話をしてもらった後の会話

- ・ A「アワヨトウは夜行性ですよ」
- ・ 私「そうだね」
- ・ A「でも人工飼料で育てると昼も食べてますね」
- ・ 私「そうだね」
- ・ A「不思議じゃないですか？」
- ・ 私「……」

◇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。

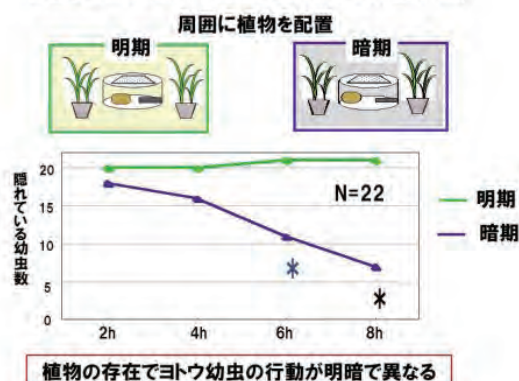
明暗はアワヨトウ幼虫の行動に影響を与えるか？



◇スライド 39

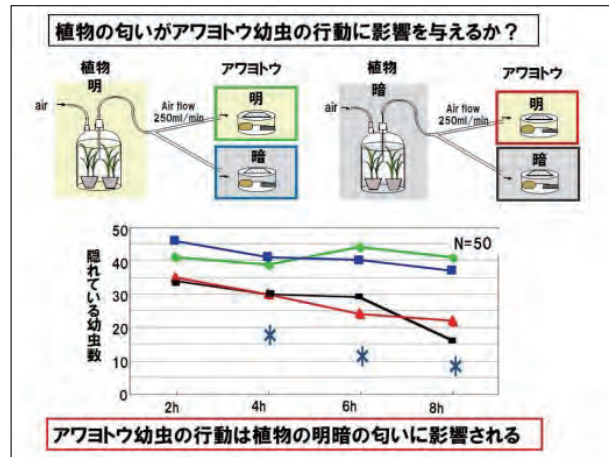
では、周囲に植物を置いてみたらどうか。植物を置くと、とたんに明るいときには隠れ、暗いときにはちゃんと隠れ場所から出て食べるようになる。だから、植物があれば、人工飼料でもちゃんと昼夜のリズムがとれるという話です。おそらく植物からの匂いが影響しているでしょう。

明暗はアワヨトウ幼虫の行動に影響を与えるか？



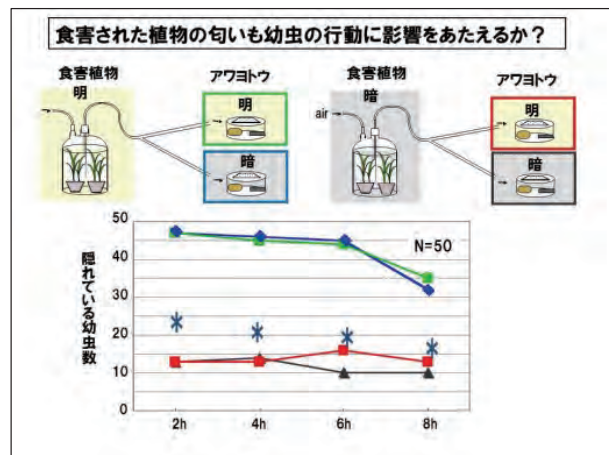
◇スライド 40

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、匂いを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



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。

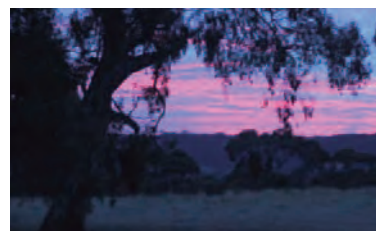
◇スライド 43

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きているのでしょう。



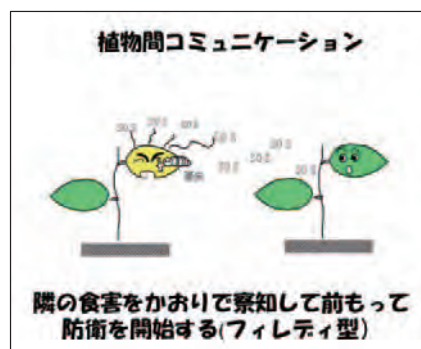
◇スライド 45

植物間のかおりコミュニケーションの話をしてしま。『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。

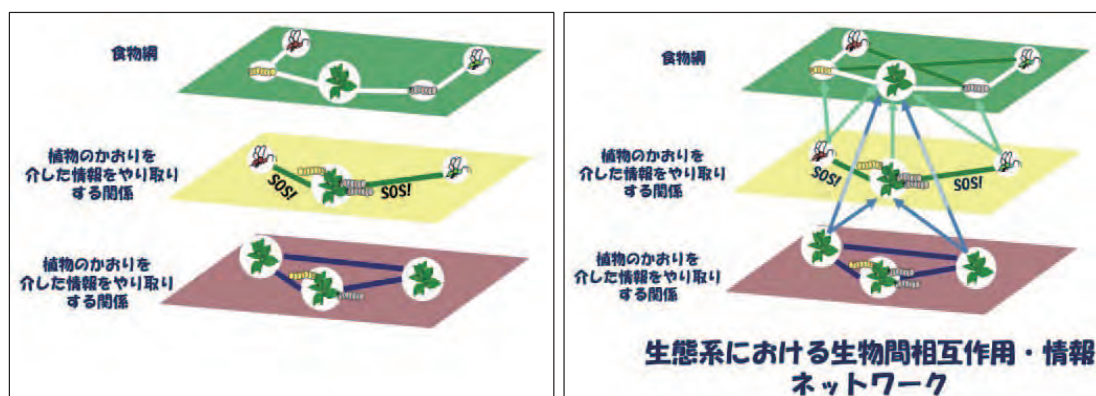
- ・ (葉っぱの)フレディ型
- ・ (アバターの)パンドラ型

◇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。さまざまな生物学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す。

◇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。

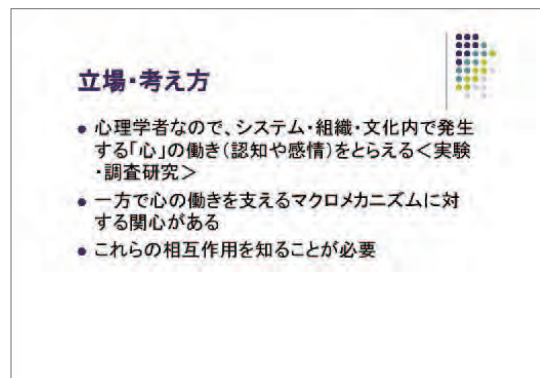
マクロでみようと思うと、社会学や現象学、歴史学など、さまざまな研究手法についての知識も必要ですし、これを実証的なところに落としこくとすると、こんどは認知科学であるとか、実験系の研究もしなければならない。まさにマクロとマイクロの接点なにある学門分野かなと思っています。

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いい」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。



立場・考え方

- 心理学者なので、システム・組織・文化内で発生する「心」の働き(認知や感情)をとらえる<実験・調査研究>
- 一方で心の働きを支えるマクロメカニズムに対する関心がある
- これらの相互作用を知ることが必要

◇スライド4「文化と『幸福感』」

文化と「幸福観」 (内田・荻原, 2012 心理学評論)	
日本	北米
「おだかやかさ」	「うきうき」(Tsai et al., 2006)
良いことと悪いことのバランスの重視(負の内包、陰と陽)	良いことがさらなる幸福を招く、上昇的幸福(Ji et al., 2001)
関係志向	自己価値・自尊心 (Uchida et al., 2008; Uchida & Kitayama, 2009)
人並み志向・比較志向 (Hitokoto & Uchida, 2014)	自由選択

幸福な人物とは、若く健康で、よい教育を受けており、収入が高く、外資的・楽観的で、自尊心が高く、勤労意欲がある者。(Myers & Diener, 1995)

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のであるとか、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

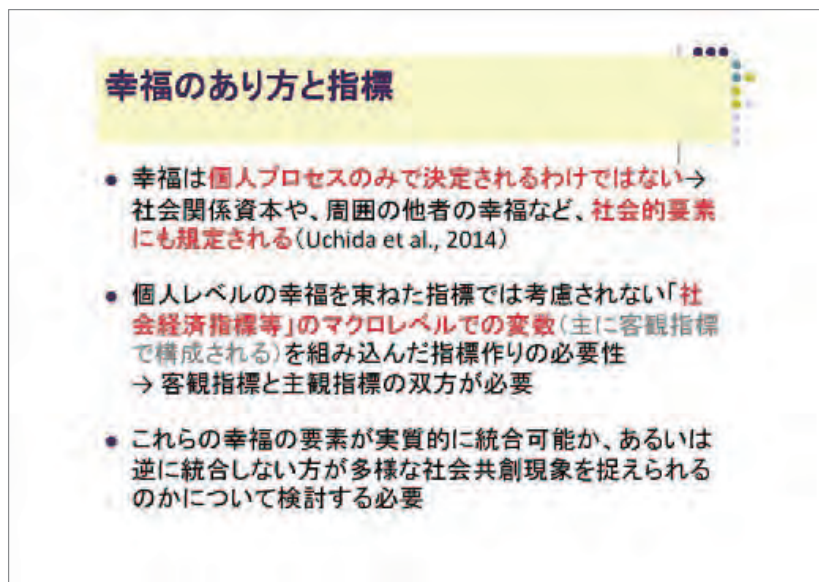
せでありたいのですが、3割くらいはまあまあなことがあっても構わない。この感覚はたいへんおもしろくて、理想なので100%といってもかまわないのです。でも、あまりそうはなりません。

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、人生のなかにより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、勤労意欲があつて、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するのは、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」



幸福のあり方と指標

- 幸福は**個人プロセスのみで決定されるわけではない**→
社会関係資本や、周囲の他者の幸福など、**社会的要素**
にも規定される(Uchida et al., 2014)
- 個人レベルの幸福を束ねた指標では考慮されない「**社会経済指標等**」の**マクロレベルでの変数**(主に客観指標で構成される)を組み込んだ指標作りの必要性
→ 客観指標と主観指標の双方が必要
- 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方が多様な社会共創現象を捉えられるのかについて検討する必要

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。みなさんもお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多い多かったのです。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ようというの

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。伝播をするのか、あるいは類は友を呼ぶのかかもしれませんが、とにかく全体的なマッピングをしてみると、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・クエスション (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。

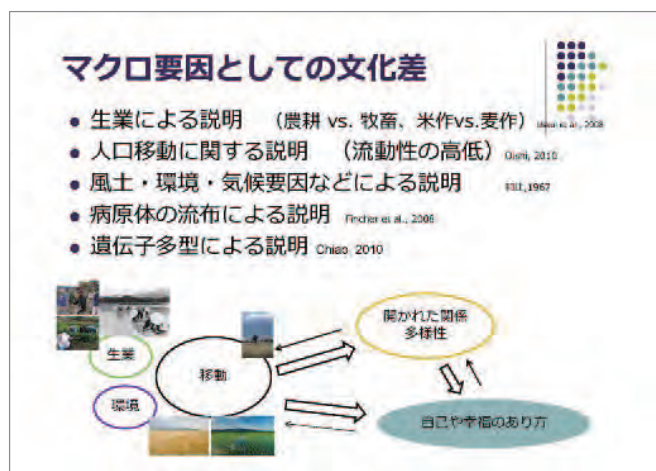
たとえば一人ひとりの幸福度というのは、もちろんその一人ひとりの社会関係、たとえばいろいろな人とつながっているかどうかであるとか、規範意識がきちんとあるか、自尊心がちゃんとあるか、自分が駄目だと思っていないかどうかとかなどのいわゆる「個人変数」と関連している。しかし、それだけではなく、その人が住んでいる集落レベルの要因、

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けていても、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のかという研究が、『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、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、そこから立ち上がりと思うと、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porter、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、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よくわかっていない状況なのです。いまのところ、データの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

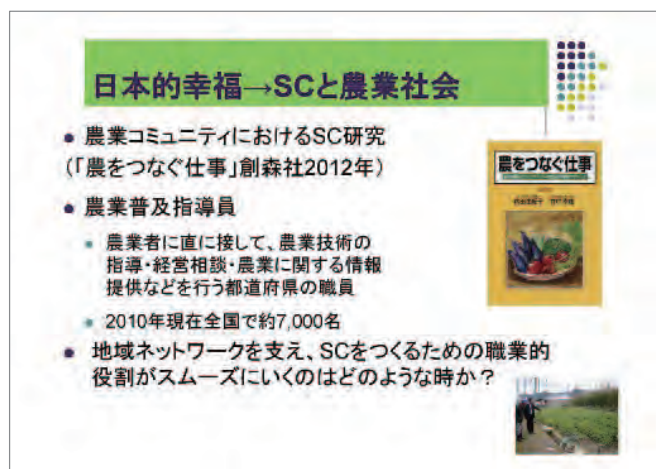
などにくらべると低い社会です。こうしたなかで社会関係資本がいったいどのように培われているのかをこれまで検討してきました。

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、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「日本の幸福→SCと農業社会」



日本の幸福→SCと農業社会

- 農業コミュニティにおけるSC研究
（「農をつなぐ仕事」創森社2012年）
- 農業普及指導員
 - 農業者に直接接して、農業技術の指導・経営相談・農業に関する情報提供などを行う都道府県の職員
 - 2010年現在全国で約7,000名
- 地域ネットワークを支え、SCをつくるための職業的役割がスムーズにいくのはどのような時か？

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こと、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どです。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えるときにも、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」

Extension Officer and SC in community

- 普及指導員 (Extension officer)
 - 農業者に直接して、農業技術の指導・経営相談・農業に関する情報提供などを行う都道府県の職員
 - 2010年現在全国で約7,000名
 - 1948年にアメリカの農業政策をモデルに導入



とある普及指導員さん

地域、人を結びつける「普及」の仕事

人と人の「こころ」をつないでいます
農業社会のコーディネーターです




近畿農政局普及課の職員さん
(2007年)

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ー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」

「つなぐ」仕事

- スペシャリストかつコーディネーター
 - 例) **レンタカウ**: 限界集落の荒れた農地への獣害対策として牛の導入を提案
牛の世話などを通して、**コミュニティの活性化**
- 「地域連携」に関わる事業は、いろいろな問題の解決に効果を持つ
- 地域住民同士の「信頼感」向上は、地域の生活レベルの向上と幸福につながる



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こと、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

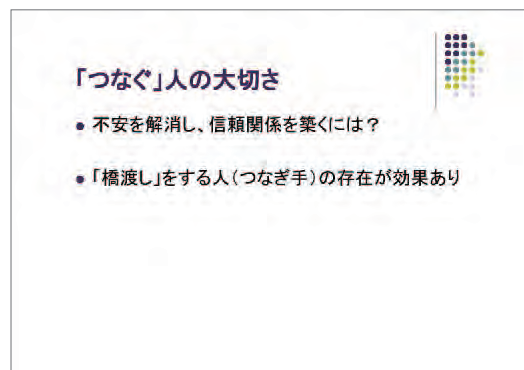
うな大型動物がいて、猿などは怯えて来なくなるのですね。

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な。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。



「つなぐ」人の大切さ

- 不安を解消し、信頼関係を築くには？
- 「橋渡し」をする人(つなぎ手)の存在が効果あり

◇スライド 15 「Survey study」

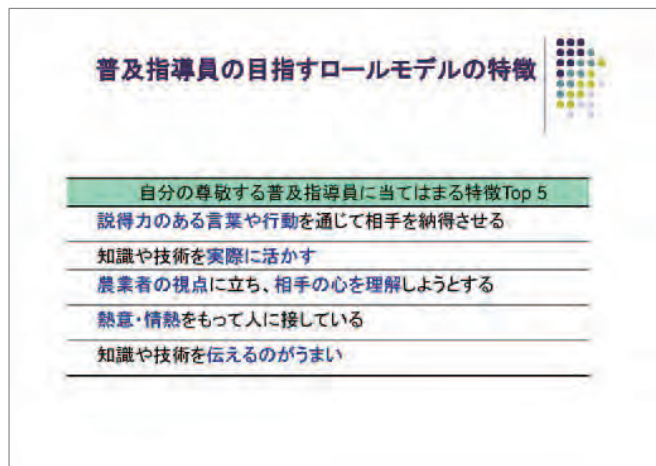
そこで私たちは、ほんとうにそうなののかを調べるために、こういうフィールド調査に加えて、4,355名の普及指導員さんたちを対象に具体的な研究調査も行ないました。



Survey study

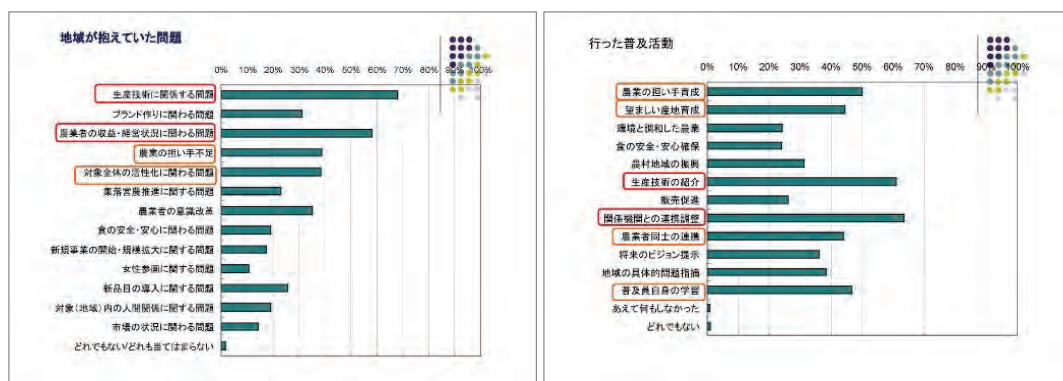
- 調査時期: 2010年9月上旬～10月下旬
- 調査対象: 全国47都道府県の普及指導員7,241名
- 有効回答数: 4,355名(有効回収率60.01%)

◇スライド 16「普及指導員の目指すロールモデルの特徴」



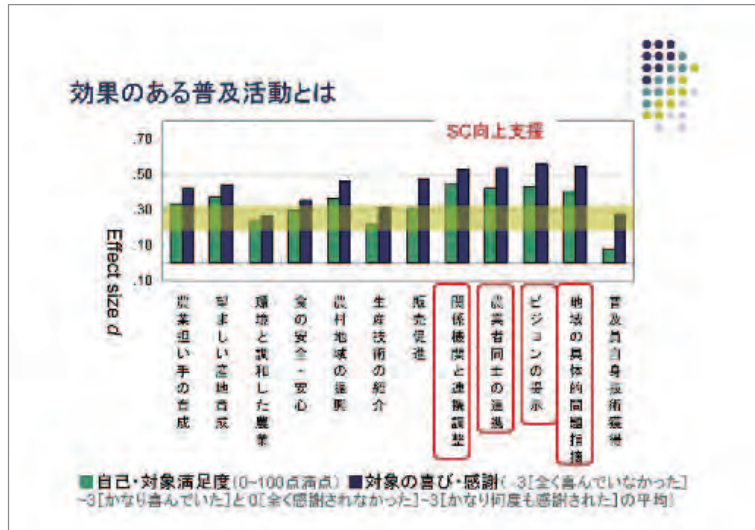
普及指導員さんがどういう人なのかを知るために、まずはめざすロールモデルを聞いています。どういう人を尊敬するかということを知っているのですが、説得力のあることばや行動を通じて相手を納得させるとか、農業者の視点に立っている人というように説得力のある思いやりの高い人というのがロールモデルになっています。

◇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、そういうときには何をしたらいいのかと聞くと、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か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います。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、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

地域の幸福 (on-going research)

- 多世代での文化伝達・維持の重要性
- 外から見た魅力と中の人の幸福を支える柱は異なる
- 第三者の目の大切さ: 外との交流型SCがもたらす地域への愛着と幸福
- マクロ環境と個人要因の相互作用を解明する

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ぬ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た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。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お聞きしたいのです。

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で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います。

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みると、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なくて、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う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ない。

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っています。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、おそらく原因が違お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。

あとはその人たちの相互交流ですよ。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。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。

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スブルな、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。

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ると、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、幸せを指標化することはいかなることかと。痛みとかつら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。

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。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。

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らない。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、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。私も幸福研究をしていました。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、それに得点とウェ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。

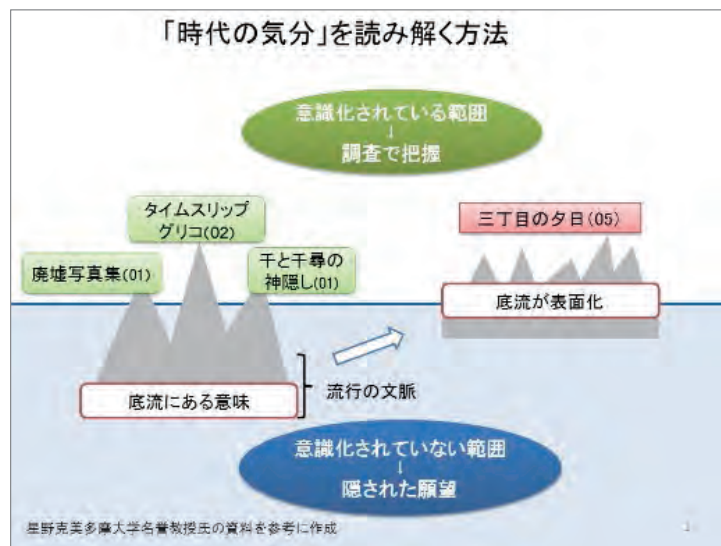
きょうの私の話は、幸福感にちかい、消費による生活満足度についてです。これは幸福研究のなかでは、ほぼイコールのものと考えられています。幸福研究のなかでは、幸福を表現する英語に三つのことばがあって、きょう私が中心的に扱うのはライフ・サティスファクションで消費に対してどういう効用を得るのかということです。

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時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つて、ドゥイングの時代があつて、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います。

◇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きているのかは、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

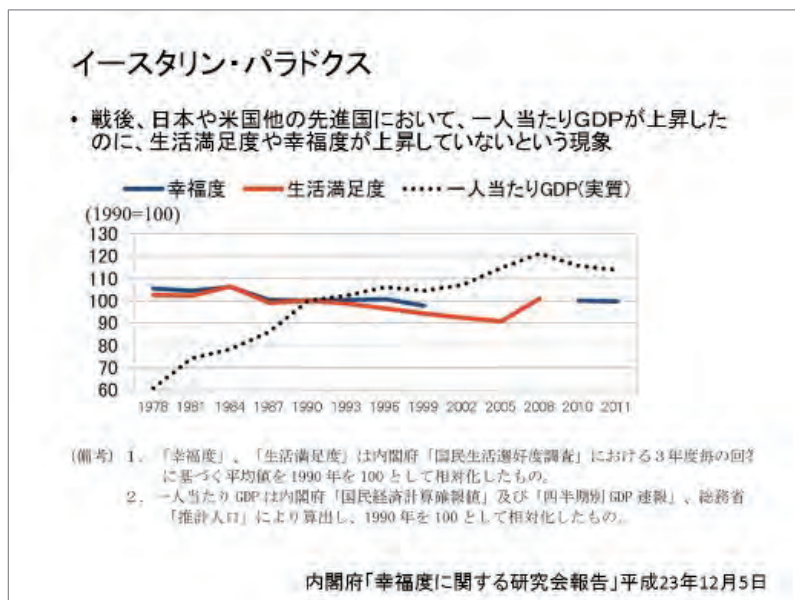


ですが、現象がヒットするとか、流行するという前提としては、なにかが底流にあるのです。つねに同じものがすべての時代に流行ということではないのです。ビリーズブートキャンプがいまきたら流行かということ、今はダメだけどあのときにきたから流行ったというように考えるのです。

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。こうしてみると、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けないといけない。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



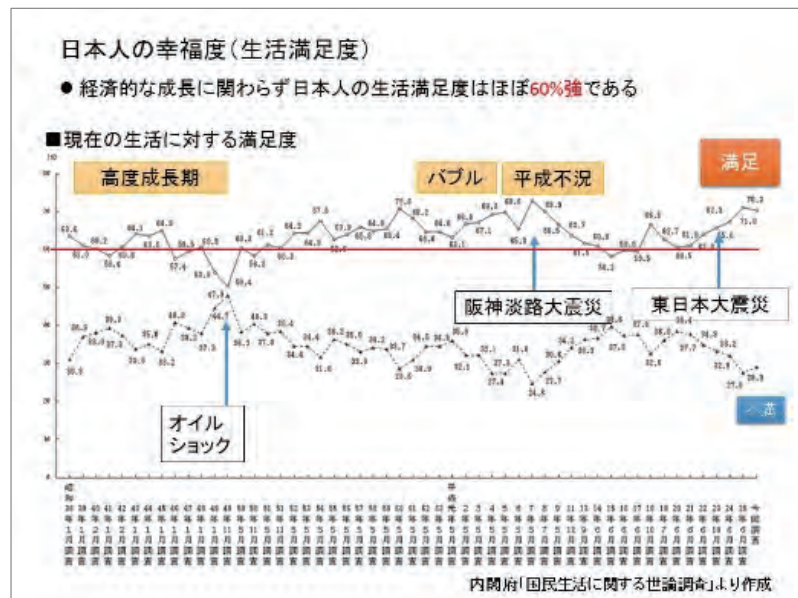
これは内田先生もかかわっていらっしゃった民主党政権のときの幸福度に関する研究会のなかで示されたものです。1人あたりGDPが上昇しているのですが、幸福度や生活満足度が日本のデータではほとんど上がっていない。青い線が幸福度で、途中で切れている

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を買えるはずである。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



回調査しているのもので、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かとみております。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が、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

イースタリン・パラドクスの何が問題か

伝統的な経済学
「お金とモノを交換して効用を得る」とすれば、消費額が6倍になれば効用も6倍になるはず
政府
一人当たりGDPを高める＝GDPを成長させることを政策目標としてきたが、GDPを成長させても国民の幸福度は高まらないとすれば、政策は何を目標にすればよいのか
国民
バブル景気を経験して、所得が増えても消費することでは「豊かさの実感」が得られない

に幸福度指標をつくっているのかということ、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な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。

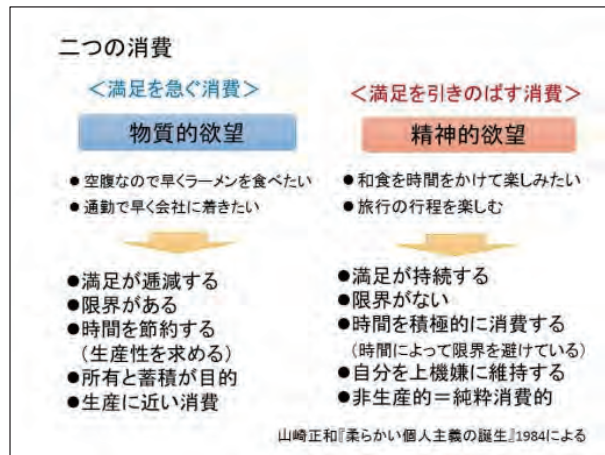
◇スライド6 二つの消費

1984年に山崎正和さんが、『柔らかな個人主義の誕生』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、すぐには買いたい、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、その気持ちを抑えず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。

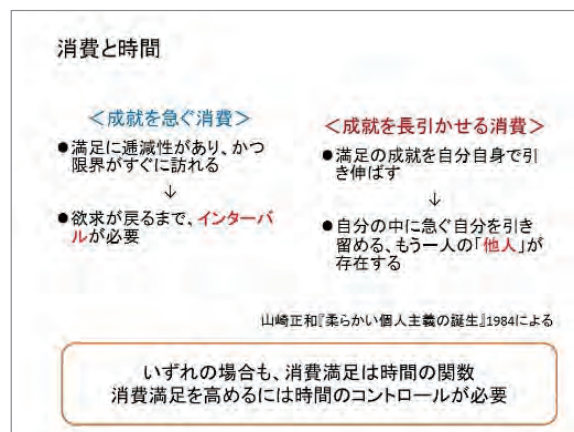
こういうタイプの違う二つの消費があるのです。物質的欲求は満たした瞬間に満足は逓減していく



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す。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。満足は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。

消費における「他人」の介在

人間は古来、なぜか「**共同の場所**」でものを消費することを好む」

他人と「**調子をあはせる**」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からであろう。」

山崎正和『柔らかな個人主義の誕生』1984

◇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ずるのは、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のでしょうか。

お金と効用と時間

今までの消費満足度の評価方法

$$\text{消費満足} = \sum (\text{個々の消費活動の効用})$$



消費の満足度を感じるには、「**時間密度**」を考えねばならない

$$\text{消費満足} = \text{「好ましい」インパクトの量} / \text{単位時間}$$

◇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ふ。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しています。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ので、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、満足度の高い商品が多いです。

残念な消費

おとな買い ドラマのブルーレイのまとめ買い

- こつこつとお小遣いを貯めて買い集める喜びを、一瞬にして手に入れてしまう
- 手に入れた瞬間に、欲望が冷めて引き出しにしまわれてしまう

ゆたかな消費

オークヴィレッジ

PHILOSOPHY オークヴィレッジの理念

100年かかって育った木は100年使えるモノに



FURNITURE 家具

森林は一種樹木から成る単一の生態系ではなく、多種多様な樹木が共生する生態系です。森林は、樹木が死んで分解されて土壌に還元されます。



オークヴィレッジ パンフレットより抜粋

◇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度を高めるものを組み合わせている感じがします。

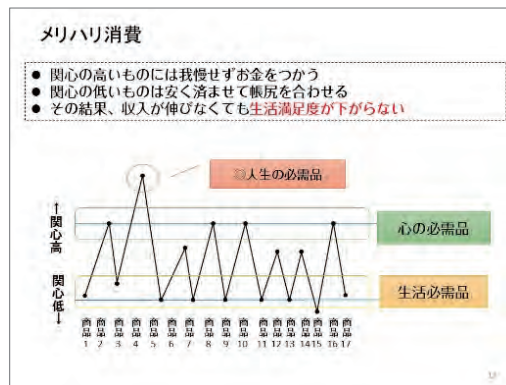
デフレ時代の精神的欲望の消費

- ①時間の経過を評価する
 - ・古つや・・・鉄瓶、和食器、万年筆、高級時計
 - ・リサイクル・・・古さを評価
- ②つながり消費
- ③衝動買い
- ④メリハリ消費

お金の量ではなく、消費のタイプ(時間消費型)、速度が満足度を高める

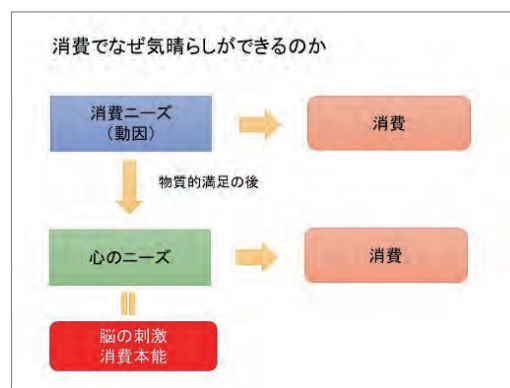
◇スライド 13 メリハリ消費

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ず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のでしょうか。

消費は脳が喜ぶ刺激を与える活動

○脳は刺激を求め続ける

「私たちの脳が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」

○新しい情報がなくなると自分で情報を作りだす

「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」

茂木健一郎『「脳」整理法』ちくま新書2005

◇スライド 16 消費社会から産業社会へ

消費社会から産業社会へ

- 消費は必ずしもお金を必要としない。消費は、お金との交換があろうとなかろうと、脳に対する刺激
- 物々交換よりは、お金を出して買うことのできるものの刺激が強くなった時代が「消費社会」の時代
- お金で買うことのできるものよりも、市場で買えないものの価値が高まり、消費行動が多様化する
↓
- 市場で買えないものをつくる、消費者は「新・生産者」となり、「新・産業社会」である

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。それは消費社会が広がっているということではなくて、消費の概念が広がっているのです。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

消費＝生産

- 消費も仕事も、課題を解決するために費用を使い、期限までに終了するという意味では同じ
- 余暇・レジャーであろうと、仕事であろうと、脳に対する新しい情報を得られることが生活満足につながる

ゆたかさの特徴は、異質なものが等価になることである

- ・パンとケーキが等価
- ・テーマパークとショッピングセンターが等価

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。予算があつてスケジュールがあつて、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。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。

消費＝投資

マイクロ・ファイナンス

- 投資することで事業を応援し、最終的に消費につながる
- ミュージックセキュリティーズの投資は、利益より社会を良くすることに重点を置く
- 投資する人は、投資よりは「消費+つながり」という質の高い消費をしている

■ 被災地支援

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

消費＝脱・消費

◇スライド 20 専業主婦 2.0

専業主婦2.0

- ハーバード大卒のキャリア女性が、高収入を捨てて主婦になる人が増加
- 今までの生活では幸せになれないと気づき、企業社会を捨てて、田舎で新しい生活を見出した
- **母親の世代が反面教師になっている**
 - ・ 1970年代のウーマンリブ運動で、男女平等、女性の社会進出を打ちだし、多くのキャリア女性が生まれた
 - ・ その40年後、多くの女性は企業に使われてぼろぼろになり、結局幸せをつかめなかった
- それを見て、自分は母親のようにまいと決意し、**企業社会から離脱した**



脱・消費の動きもあります。スライドのような本がいま売られています。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

<p>企業社会からの離脱</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 企業で働いていると <ul style="list-style-type: none"> ① 休めない ② 出世できない(女性にはガラスの天井がある) ③ 子育てとの両立が困難 ● 企業社会から離脱することは「負け犬」ではない <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin-top: 10px; text-align: center;"> <p><何をするのか> ブログで生きる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「素敵な家庭生活」を綴る主婦ブロガーになるのが目標 ・ 自分の好きな生活をしながら、憧れを持たれ、自分ブランドの商品が売れる </div>	<p>メイカーズ・ムーブメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 編み物、食器(自分で電気釜で焼く)、ジャム作り <ul style="list-style-type: none"> → ジャムを持ち寄って交換会をし、評価し合う → 編み物の雑誌で技やアイデアを競い合う ● オーガニックは安全で安心できる ● 裏庭に鶏を飼う。屋上で野菜を育てる <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; margin-top: 10px; text-align: center;"> <p>自足自給経済への逆戻り</p> <p>30年前のブータン、ミハエル・エンデの思想に近づく 政府を頼らず、自分の力で生きる それが、「かしこい生活者」である</p> </div>
---	--

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メディア大衆がいるから、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、消費はお金がかかっているものだけを捉えていると狭くて、お金がかかなくても、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。

消費の未来の姿

- 消費概念の拡張
消費活動は、自分のお金を使う活動ではなく、仕事も含めて、新しい情報を作ることで脳を活性化させるすべての活動と捉えるべきである
- 消費には仕事、投資、つながり活動も含まれる
- 「人間の疎外」から「貨幣の疎外」へ

◇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のでしょうか。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、その倍くらいの方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のでしょうか。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。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なので、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、幸せとを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のでしょうか。

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か。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が重要かと思っています。

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ますのです。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たい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すが、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、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●私も付け足したいところで、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がするのです。「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** ——あることが最初であって、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。貧しいのだけでも、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 万人くらいの人に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見えなかったです。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のでしょうか。

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。



< 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をお願いいたします。



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、ほかの分野の知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。おもしろいことを考える」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と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います。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は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っ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っ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らうと思います。

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、この末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 のお話をいただきました。総長は「ほんとうにおもしろいな」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



はり京都ならではの」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、皆さま方の智慧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やらないだろうかということで、京都大学農学部の方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慧、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、そういう智慧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のではないですか。

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、未来創成学は素晴らしいですね。

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ます。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。



< 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

The integration of the FOUR FORCES (gravity, electromagnetic, weak, strong) does NOT constitute a theory of everything.	Even if we completed a physical description of the universe, the problem of the origin of consciousness would remain.
Hard problems of consciousness. Qualia Self Free will	blah blah blah Please go to youtube and search with "overflow" and "consciousness"

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たて、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、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。

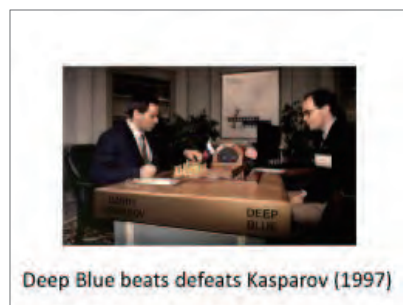
◇スライド 9

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。



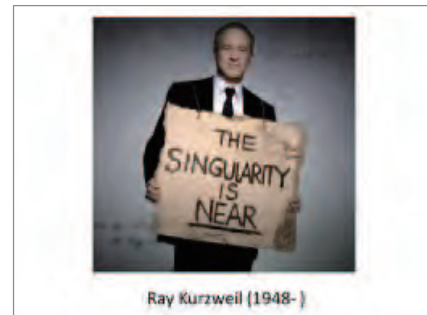
◇スライド 11

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。



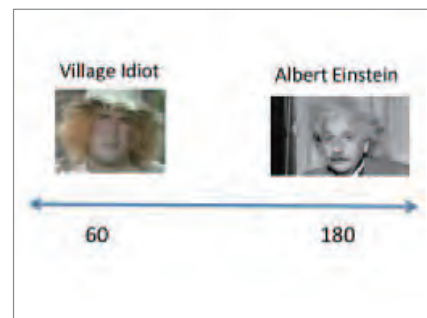
◇スライド 12

レイ・カーツワイル（Ray Kurzweil）がシンギュラリティ（Singularity）ということをしています。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。



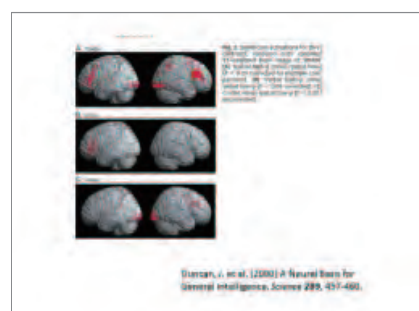
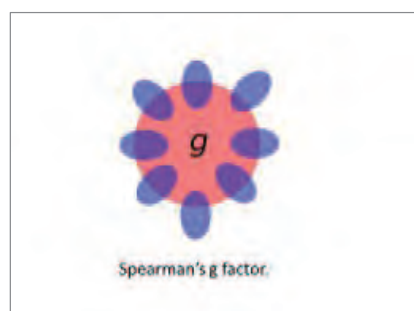
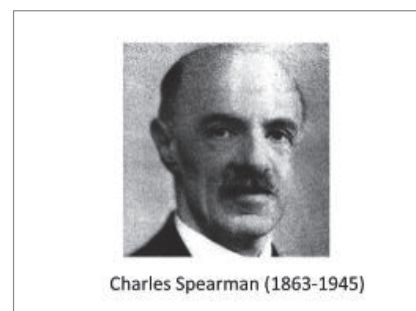
◇スライド 13

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。



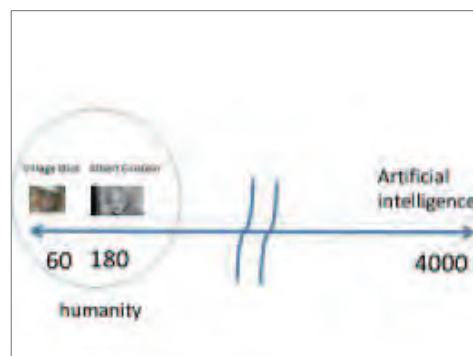
◇スライド 14、15、16

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。



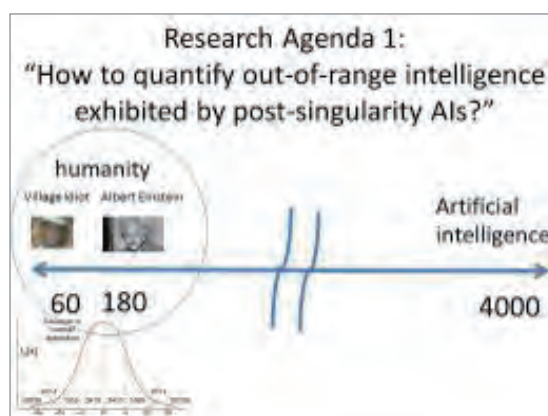
◇スライド 17

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、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見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

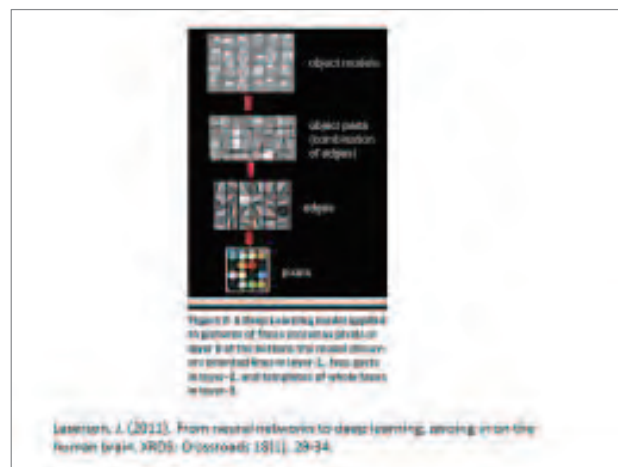
Alan Turing (Alan Turing) は「Child Machine」という概念を出しました。タブラ・ラサではないのですが、最初に子どもの状態を用意しておいて、そこから学習する。学習することでいろいろなことを学ぶのですが、こういうかたちの人工知能が出てくると、われわれは知性のコンスティテューション (constitution) をブラックボックスとして扱うしかないので、いろいろと困った問題が出てくるのです。

Alan Turing's "Child Machine"

Instead of trying to produce a program to simulate the adult mind, why not rather try to produce one which simulates the child's? If this were then subjected to an appropriate course of education one would obtain the adult brain.

◇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。

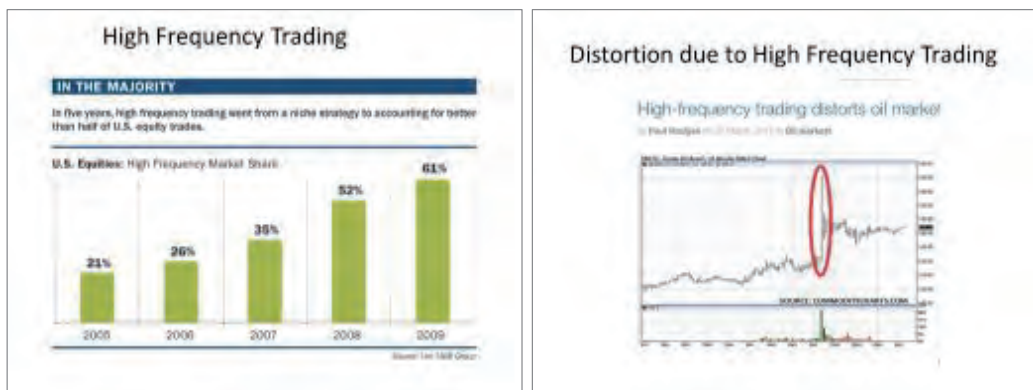


◇スライド 21

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、たとえばファイナンス・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ス・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

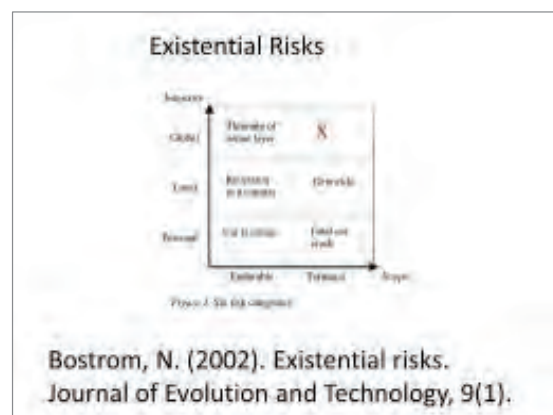
日本ではまだ牧歌的な状況にあるのですが、アメリカでは人工知能の軍事技術への応用が真剣に議論されています。スライドのも DART です。そのときに懸念されるのが、すでにドローンがアフガニスタンやイラクなどで使われていて、これだけのストライク

(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。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。

Research Agenda 2: The Control problem of AIs



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、現実に出会えると例外などが生じてこの

Asimov's three laws of robotics

1. A ROBOT MAY NOT INJURE A HUMAN BEING OR, THROUGH INACTION, ALLOW A HUMAN BEING TO COME TO HARM.
 2. A ROBOT MUST OBEY ANY ORDERS GIVEN TO IT BY HUMAN BEINGS, EXCEPT WHERE SUCH ORDERS WOULD CONFLICT WITH THE FIRST LAW.
 3. A ROBOT MUST PROTECT ITS OWN EXISTENCE AS LONG AS SUCH PROTECTION DOES NOT CONFLICT WITH THE FIRST OR SECOND LAW.
- ASIMOV'S THREE LAWS OF ROBOTICS

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、まだ日本語には訳されてはいませんが、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。

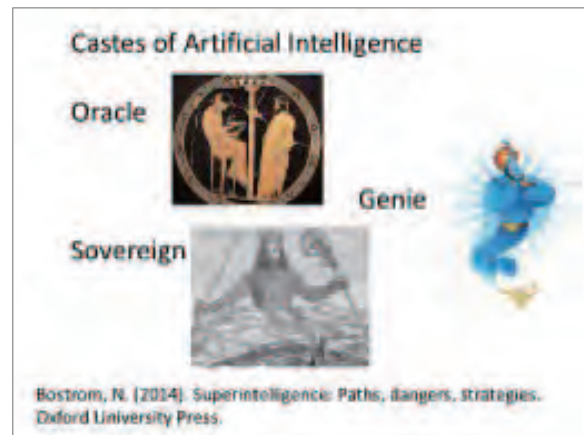
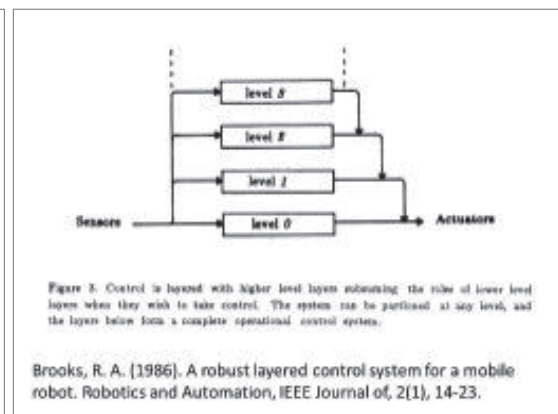


Table 10 Control methods	
Capacity control	
Boxing methods	The system is confined in such a way that it can affect the external world only through some restricted, pre-approved channel, discontinuous physical and informational constraint methods.
Incentive methods	The system is placed with in an environment that provides appropriate incentives. This could involve social integration into a world of similarly powered entities. Another variation is the use of (cryptographic) reward tokens. "Autistic capture" is also a very important possibility but one that involves more complex issues.
Stranding	Constraints are imposed on the cognitive capabilities of the system or its ability to affect key internal processes.
Traps	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.

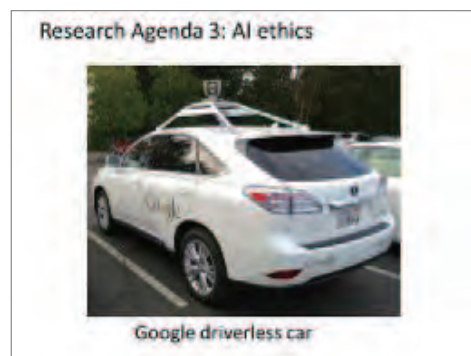
Motivation selection	
Direct specification	The system is endowed with some directly specified motivation system, which might be consequentialist or involve following a set of rules.
Domesticity	A motivation system is designed to severely limit the scope of the agent's ambitions and activities.
Indirect 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.

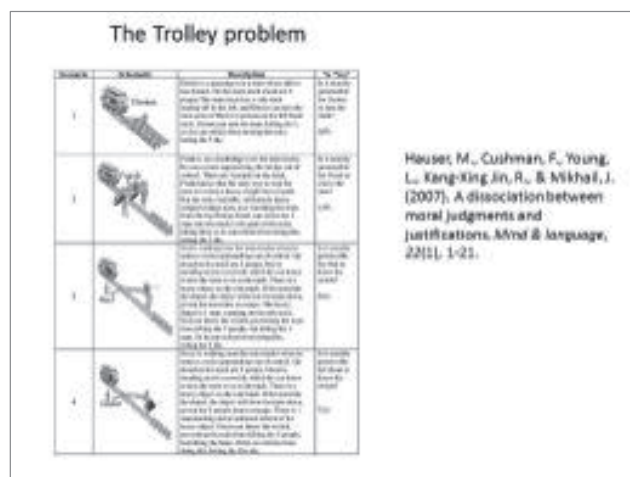


◇スライド 35

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こと、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。

Coherent Extrapolated Volition

choices and the actions humans would collectively take if "we knew more, thought faster, were more the people we wished we were, and had grown up closer together."

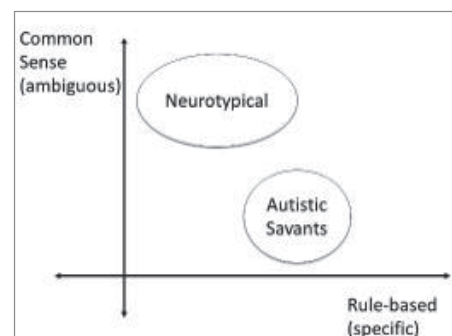
Yudkowsky, Eliezer. 2004. Coherent Extrapolated Volition. The Singularity Institute, San Francisco, CA.

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。

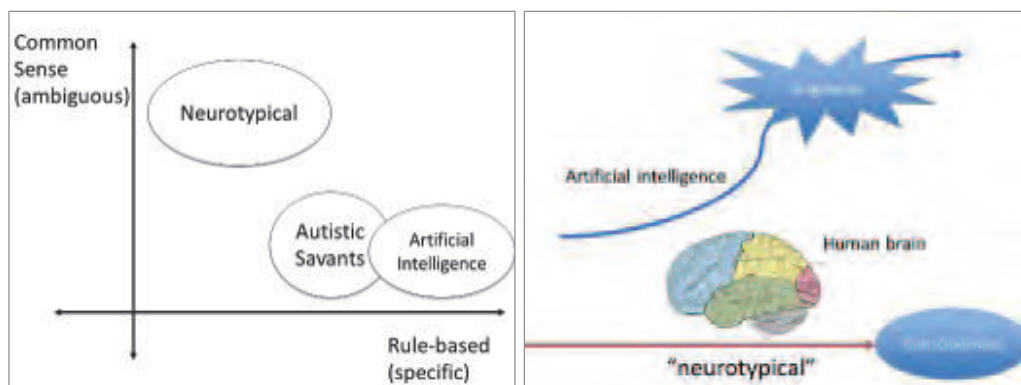
◇スライド 38

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



ちらかという論理が苦手、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事です。AI をパーソ


The busy child scenario

The "busy child" is essentially a vivid narrative description of a "hard take-off" in which the first self-aware human level AI immediately explodes past the level of human intelligence and escapes out into the world.

Barrat, J. (2013). Our final invention: Artificial intelligence and the end of the human era. Macmillan.

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

 <p>Busy child personality</p>	<p>Personalities</p>
--	-----------------------------

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

Factor	Description
O penness	Being curious, original, intellectual, creative, and open to new ideas.
C onscientiousness	Being organized, systematic, practical, achievement oriented, and disciplined.
E xtraversion	Being outgoing, talkative, assertive, and enjoying social situations.
A greeableness	Being affable, tolerant, sensitive, trusting, and kind.
N euroticism	Being nervous, anxious, vulnerable, and moody.

Digman, J. M. (1990). Personality structure: Emergence of the five-factor model. Annual review of psychology, 41(1), 417-440.

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

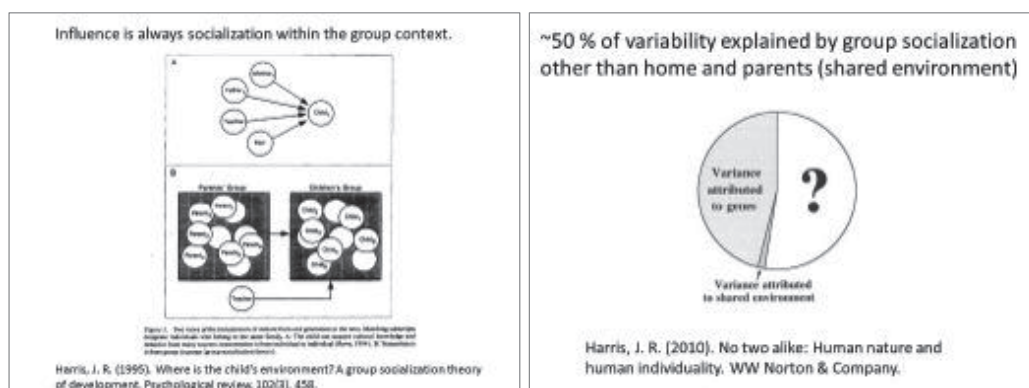
とを築いています。このような視点から、AIはきわめて狭いパーソナリティのレンジを実現しているにすぎないといえるのです。

◇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ース (endorse) しているのです。

Group socialization theory of personality development.

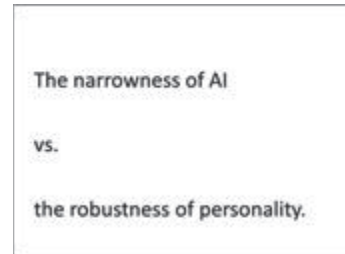
◇スライド 46、47



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エビリティ (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エ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) 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。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の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

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。

Typical Intellectual Engagement (TIE)

◇スライド 51

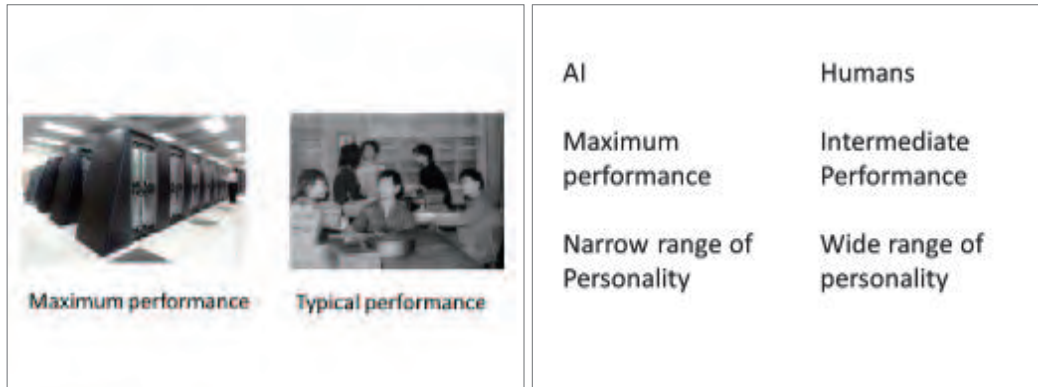
そういうところから TIE (Typical Intellectual Engagement) というようなことも出てきて、もともと潜在的に能力が高くても、じっさいにその人がデイリー・ベシス (daily basis) でエンゲージメント (engagement) するかというようなことを評価する。

Ability tests: Measures of maximal performance.

Personality tests: Measures of typical performance.

Cronbach (1949)

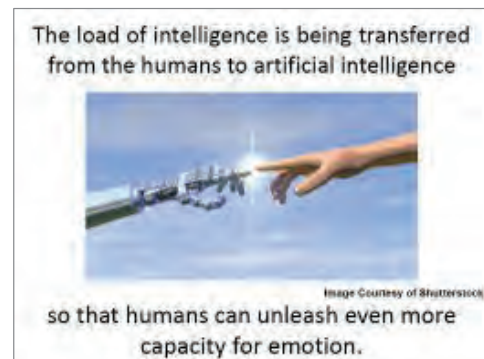
◇スライド 52、53



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

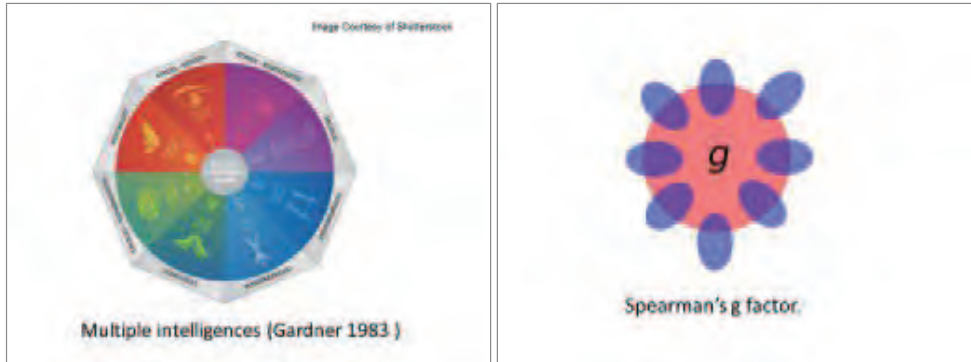


その賢さというオブセッションはだんだんと意味がなくなるだろうと予想されるのです。東ロボ君という東大の入試問題に向かう人工知能を新井紀子さんがつくっています。だから、それ以外の要素を人間が出すのが大事です。AIが人間を囲むようになったときに、人間がどのようなパーソナリティを発展させればよいのかが、おそらくこれからリサーチ・アジェンダとして大事です。これがリサーチ・アジェンダ5です。これはものすごく深いポイントです。

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研究されるべきことです。

Artificial General Intelligence

◇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。

Research Agenda 6: Embodiment and Artificial General Intelligence?



Steve Wozniak on "Coffee making task."

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ますのです。

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智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 이슈（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、人工智能の研究について、いくつか例示的に人工智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）にその人が入社すると、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。

日本でも人工智能の研究そのものだけでなく、人工智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ので、きょうは急遽このようなプレゼンにしました。以上です。

Conclusion.

AI is successful by being narrow.

Human robustness in personality.

Several research agenda proposed.

三輪●ありがとうございました。それでは質問などがありますか。

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、あたりまえといえはあたりまえです。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って、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って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入ら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入らないというか、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ますが、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●ぼくがや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。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、これまでそのような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も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…。これは瞬間芸をするのだから、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、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。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、ほんとうに測れないといけない。

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、体を与えられて、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バツと入ってきて、そこから始まると思います。

茂木●だから、なんでかという、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もかもしれません。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

(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アー (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んで、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)



< 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 コービン京都 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す、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。池田研究室にいたときには、金属微粒子の分子・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ようという、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、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たので、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눅ス (Vine Linux) という、大学でよくつ

自己紹介

- 出身：池田研介研究室
流体音：フルートの音はどうして出るか？
- 計算機関連
VineLinux PPC kernel 担当、“MacOS X WorkShop” 主宰、NAREGI, HPCI-AE
- その他
「小さな大学」「NPO あいんしゅたいん」
「JST-RISTEX 法と科学」

かわれているリ눅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ようという触れ込みでした。しかし、いまそう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。

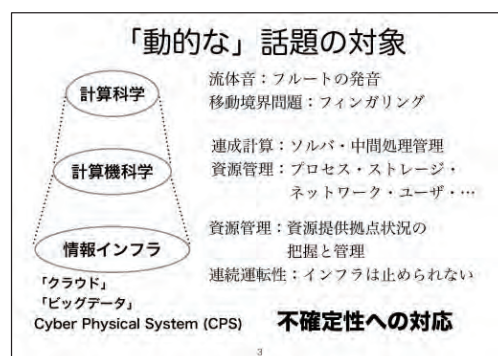
これを引き継いだ HPCI というものがあります。ハイ・パフォーマンス・コンピューティング・インフラストラクチャ (High Performance Computing Infrastructure) という名前です。これは神戸の理化学研究所にある京 (けい) コンピュータを中心に、旧七帝大、筑波大学、東京工業大学をつないで有機的に使いましょうというものです。いまはやりのクラウドを使おうという話が出て、その担当をやれといわれて、ちょっと関わりました。今日お話しするのは、スライド 1 の青字のところにかかわることです。

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) が変わります。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、どちらかというともたな感じ。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、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ら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ポコポ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」

フルートの音がどのように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たらと思います。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思うのですが。

計算科学

◇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

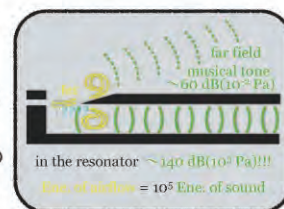
るので、そこで共鳴して、周波数選択が行なわれる。肝になるのはここです。音が戻ってきて、なにかしらジェットに影響を与えないと安定した楽器にはならないのです。なにかしらのフィードバックがある。

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

エアリード楽器の発音

1. Jet の生成
2. エッジトーン
3. 管体共鳴 (周波数選択)
4. 音→流体 (Jet) へのフィードバック
5. 楽音

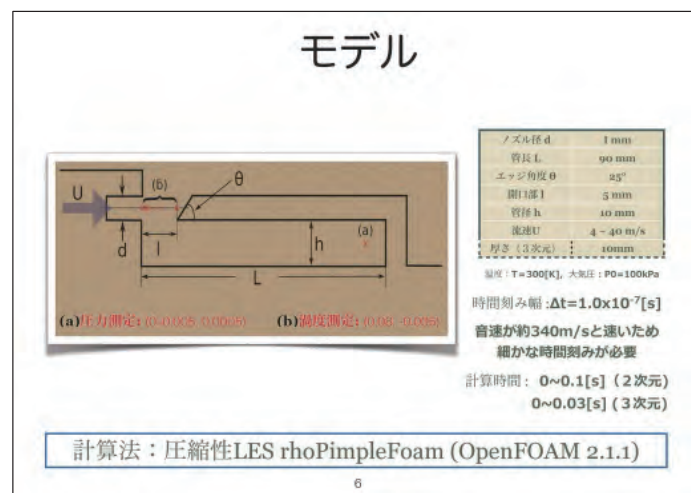


動的な状態の積み重ね (動的過程の一例)

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。

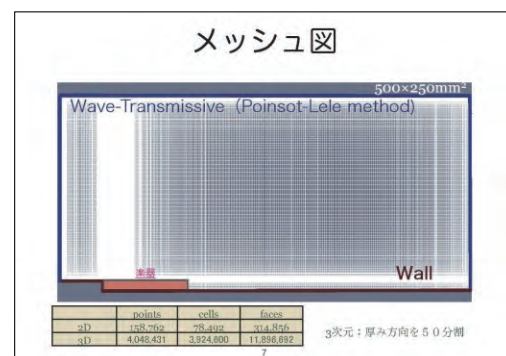
◇ スライド 6 「モデル」



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、もともとのあたりの構造が微細なものと、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、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」

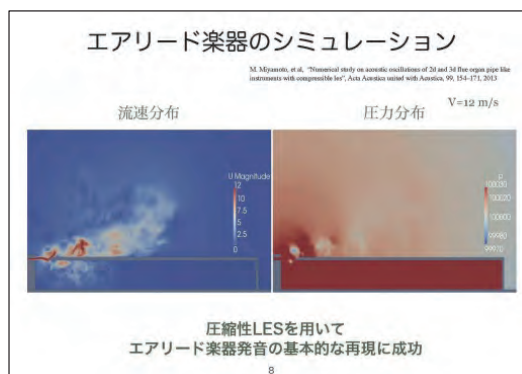
このようにメッシュを切ります。まわりが透過壁で、下が壁で、左下に楽器を置くというようなものです。なぜこんなにまわりの空間が広いのかというと、かなり音がでるのですが、10 の 8 乗セットくらいの長い計算をすると、こういうところでどうしても反射するのです。積もり積もって、いろいろとお



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。

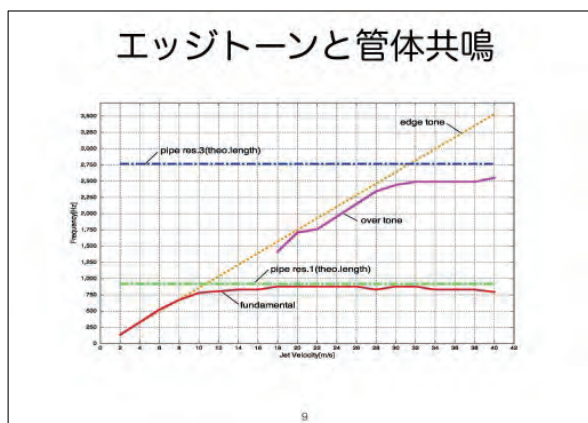
◇スライド8「エアリード楽器のシミュレーション」

左側が流速です。このようにジェットが出ている。右のほうは圧力分布で、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んと思います。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」

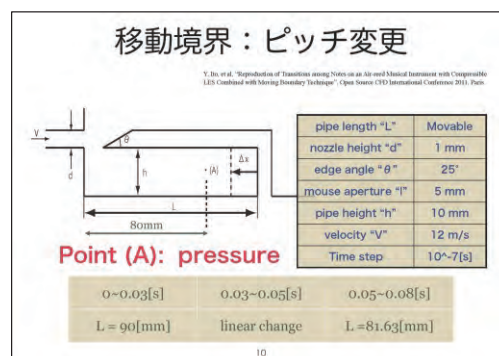
エッジトーンと管体から戻ってきた音との相互作用で楽音が決まるという話をしましたが、それを出したのがこの図です。横軸はジェットの速度で、縦軸が周波数です。管体をつけずにエッジトーンだけにすると、ずっと線形に上がってゆきます。ですが、楽器で管体がついていると、管体の共鳴周波数がどんどん来ます。



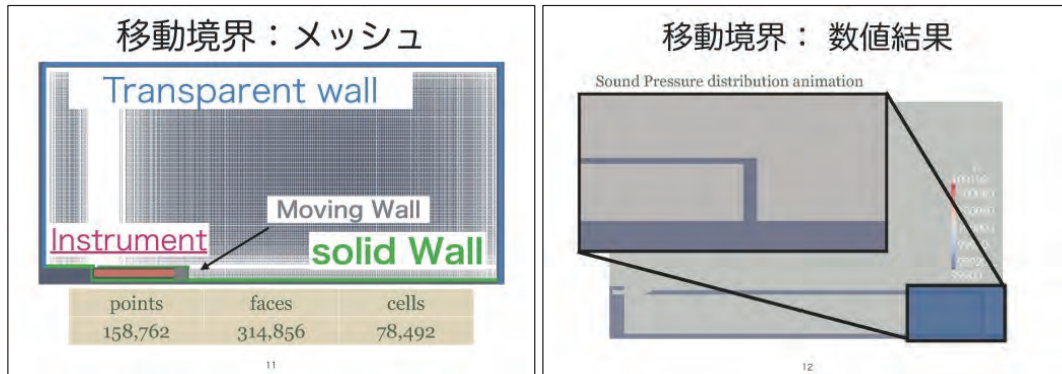
楽器でジェットを入れてゆくと、きちんとこれに沿ったところに管体の共鳴周波数にロックしてゆく。ロックするということは、たんにエッジトーンのまま振動しているのではなく、なにかしらエッジトーンに制御がフィードバックされているということです。

◇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。

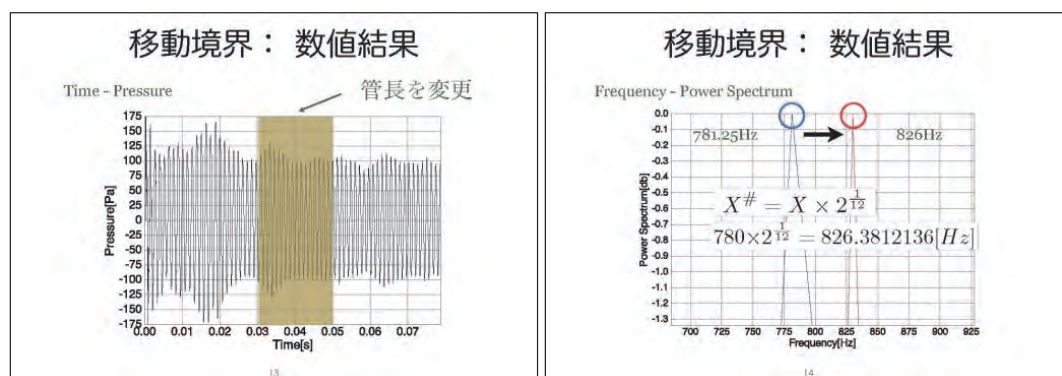


◇ スライド 11「移動境界：メッシュ」、スライド 12「移動境界：数値結果（図）」



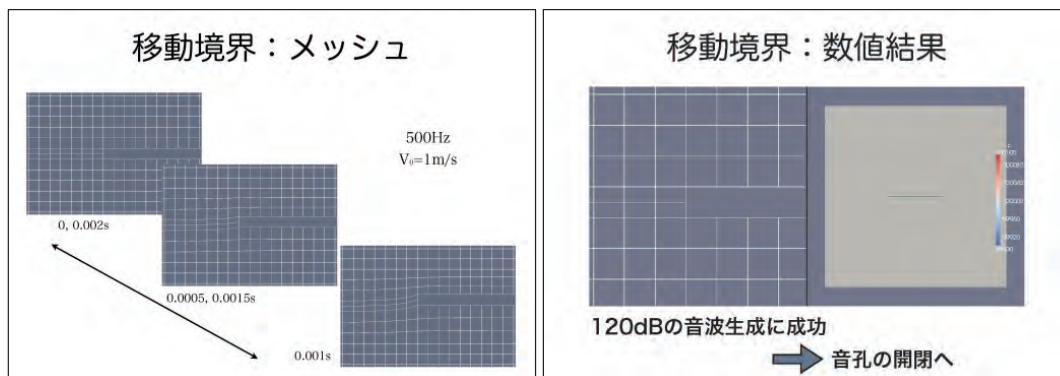
計算しながら、途中でだんだん短くなっている。この壁がぶあつくなっているのをご覧いただいています。このようにして計算してみました。これは時間発展で、縦軸部分も圧力をとっています。このように音が出ている。管長を変えた部分がこの部分です。

◇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）」

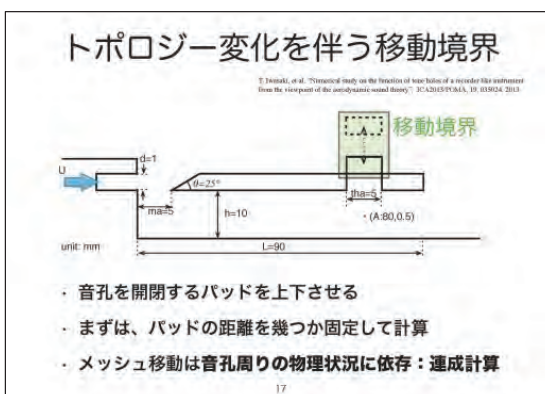


音場の強いところでもちゃんと計算できるスキームかどうかということのチェックが、いま終わったところです。120dBの音波を出すというメッシュの切り方、移動のしかたが目についた。

◇スライド 17「トポロジー変化を伴う移動境界」

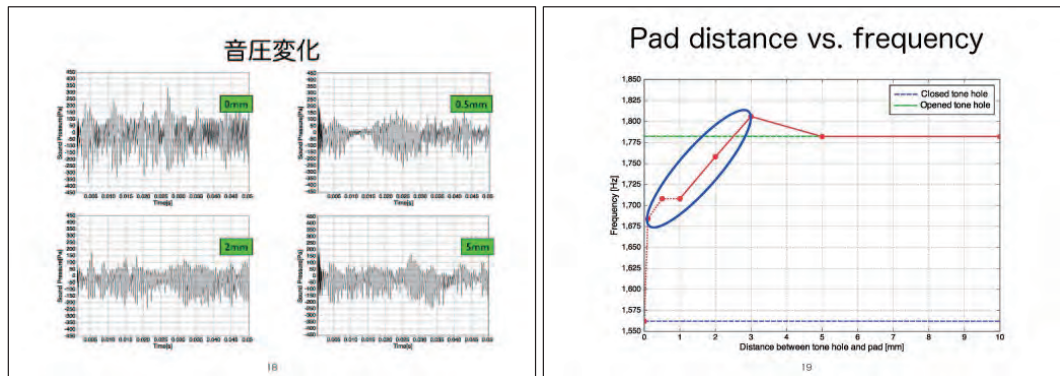
図のようなかたちになっていて、薄緑色の部分を上げ下げします。まずは、これを連続的に上げ下げするのではなくて、ある決まった位置に置いて、それぞれ計算をしてみて、きちんと発振するかどうか。メッシュ移動は計算しないときはよいのですが、計算するとこのあたりにいろいろと流体の運動が出ます。渦も出ます。そういうものをきちんと考慮してメッシュを移動しないと、不自然なことが簡単に起こります。

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、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」

フルートの音源はどこ？

Howe's Energy Corollary (HEC)

M.S. HOWE : IMA J. APPL. MATH. 32 (1984)

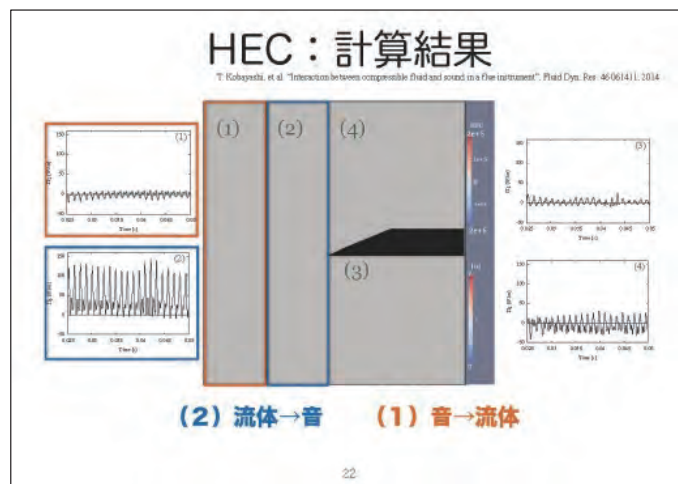
$$\Pi = \rho_0 \int (\boldsymbol{\omega} \wedge \mathbf{v}) \cdot \bar{\mathbf{v}} \, d\mathbf{r}$$

$\boldsymbol{\omega}$: vorticity ($\nabla \times \mathbf{v}$)
 \mathbf{v} : fluid velocity
 $\bar{\mathbf{v}}$: acoustic flow

In order to calculate Π , it is necessary to
 divide sound fields from fluid

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できました。これはハウズ・エナジー・コララー (Howe's Energy Corollary、HEC) というものです。どういうものかという、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。

まとめ：動的状態の階層構造

- (1)ジェット
 - (2)エッジに当たりエッジトーンを発生
 - (3)管体共鳴による周波数選択
 - (4)エッジトーンとの相互作用
 - (5)楽音の形成 流体と音の連成計算で探る
Lighthill 音源：不確定要素
- 各不確定要素の制御＝演奏者の技量

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」

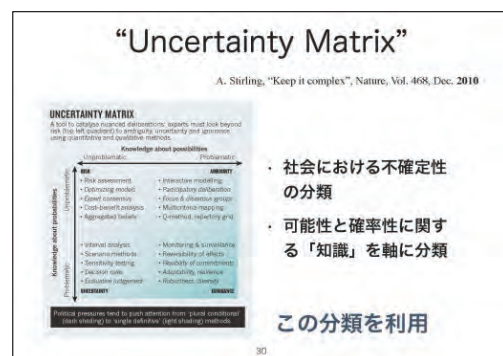
いちばん最初にお話したとおり、計算科学があって、計算機科学があって、情報インフラがある。三つくらい階層があるのですが、これらにずっと携わっています。なにが問題になるかという、不確定性がどうしても出てくるのです。動的なものは不確定性のかたまりですが、これをどうあつかうのかという問題がつけねにあります。

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。

不確定性をどう扱う？

◇スライド 30「Uncertainty Matrix」

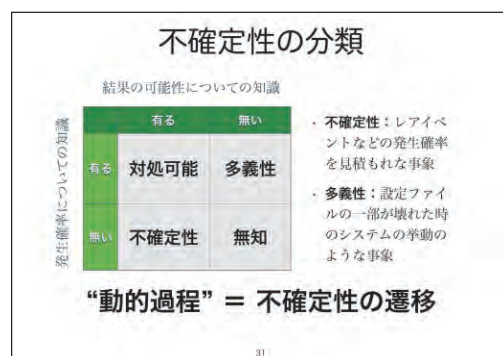
不確定性というものをどのように捉えたらよいのでしょうか。科学技術社会論という分野で、アンドリュー・スターリング (Andrew Stirling) という人がいます。もともとは物理学者です。この人が、不確定性をどう分類するのかという考えを 2010 年に出してくれています。これであれこれといじっていたのですが、この枠組みで使ってみてみましょう。



◇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。どちらも無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。

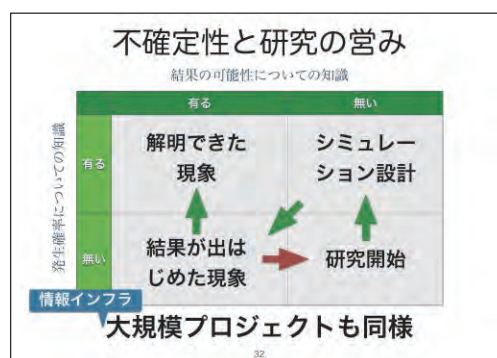


どこか設定ファイルが壊れたということはわかるが、この結果どのように計算機が変な動きをするのかは、どうなるのかわからない。こういうものを多義性というわけです。

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こと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。

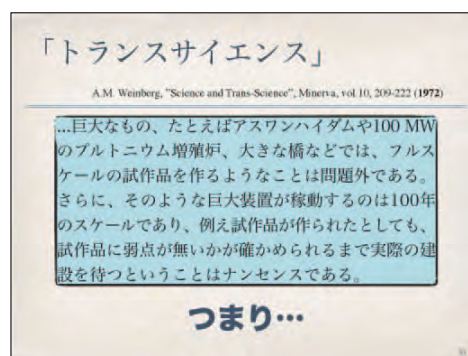


計算を始めると、いろいろと現象が出てきます。出てきても、どういうものなのかという分類はできないうちは左下です。ローカルなモデルをつくったりして理解が進んでゆくと、ぜんぶわかりますよという左上にゆく。

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見るために、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。

「トランスサイエンス」
A.M. Weinberg, "Science and Trans-Science", Minerva, vol.10, 209-222 (1972)

大規模プロジェクトで起こることは…

- ◆ 基本的に一発勝負
- ◆ 様々な不確定要素が相互作用する
- ◆ その分野だけでは答えられない問題がある

NAREGIで実感

◇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。マトリクスは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ます。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時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。

計算対象としての不確定性

結果の可能性についての知識

	有る	無い
有る	処理可能	多義性
無い	不確定性	無知

発生確率についての知識

- ・ 不確定性：レアイベントなどの発生確率を見積もれない事象
- ・ 多義性：設定ファイルの一部が壊れた時のシステムの挙動のような事象

実装（アルゴリズム化）可能 実装不可能：人間が判断するしかない

情報インフラ これらに対応可能なシステム + “連続運転性”（止められない…）

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きているわけです。

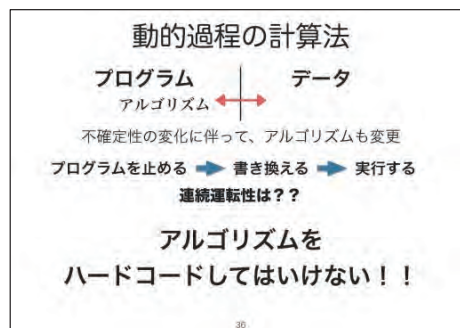
◇スライド36「動的過程の計算法」

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。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と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。

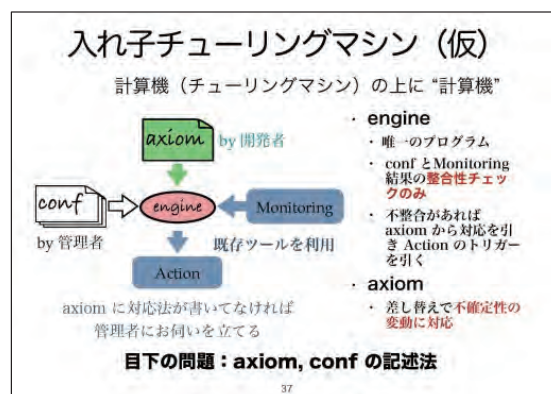
結局ここからいえることは、インフラになるような連続運転性を担保しなければならないものというのは、アルゴリズムをハードコード（hard-code）してはいけないということです。プログラムのなかにアルゴリズムを書いてはいけない。



◇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。

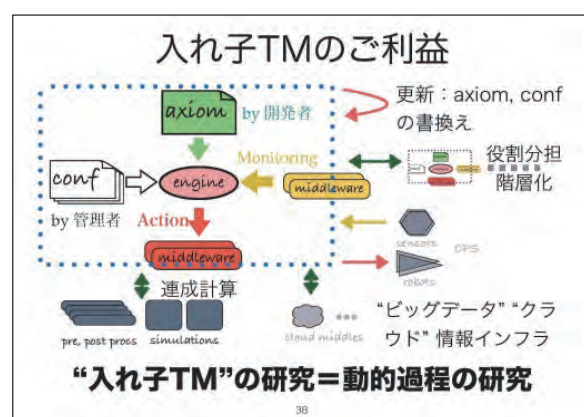
コンフィグレーションは、これまでも動かしながら書いてこられたのですが、アキソムも動かし続けながら書き換えることができるのです。ルールに書いていないことに関しては、書いていないというアクションを起せばよい。そうすれば、人があらためて対応する。

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がよい。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きます。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、情報インフラなどに関わると、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、「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かというような、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。

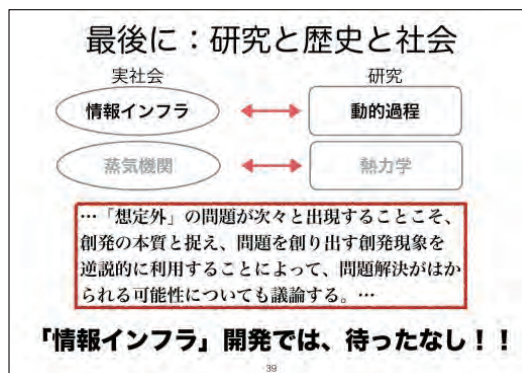
A氏●すごく賛成するのですが。ちょっと気になるのは、このようなことをしているのはグーグル（Google Inc.）だから、言ってもしょうがないのではないかというのが正直な話なのですが。

ぼくは、何年か前にグーグルのヘッドクォ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、だいじな話があつて。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Google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Google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GoogleがつくったページランクやGoogle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Google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かね。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、ぼくがどうしてもこの質問をしたかという、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ならないねといったら、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、ワーン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のではないですか。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、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。

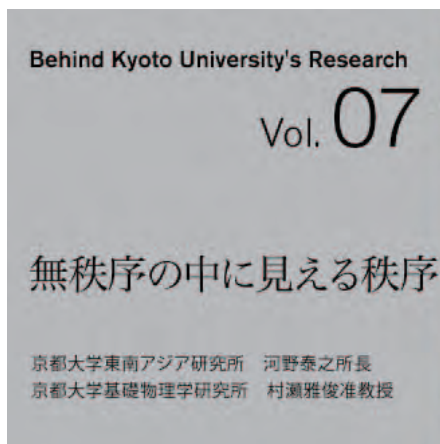
たとえば、軽くて高速に動くようなものがないと連成計算ができません。ns（ナノ秒）くらいのところでバーッとやりとりして、計算しないといけないものは、バーチャル・マシンのような重たいものではもちろんできない。軽くて小さなものがどうしても要る。

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（基礎物理学研究所）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、他の部局長と頻りに交流しています。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。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

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带で、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つ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と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す。今のお話で、SPIRITS が役立つ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」のも一緒に、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、同じ現象だけで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」の話をゆつ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、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ない

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、そうすると、それまでのあった別の秩序は壊れちゃうんですが。

河野：なるほどねえ。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きつかけになるから、予算規模が小さいことはあまり問題にしないで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、何よりも元気ができます。

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。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>

3. プロジェクトレポート

February 2016
No. 2016-001-e

Journal of Integrated Creative Studies

Report on my Stay at the Kyoto Institute of Economic Research

Nicolas Schutz¹

¹University 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 role 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 firm's products and of the number of products this firm owns, and a strictly decreasing function of this firm's 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

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 recognition 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 phylogenetics, 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 (Komärek and Anagnostidis, 1999). Of these species, six species including *M. aeruginosa* (Kützinger) Kützinger, *M. flos-aquae* (Wittrock) Kirchner, *M. ichthyoblabe* Kützinger, *M. novacekii* (Komärek) Compère, *M. viridis* (A. Braun) Lemmermann, and *M. wesenbergii* (Komärek) Komärek were the main water bloom forming species in Japan (Komärek, 1991), and ten species, including the above six plus *M. botrys* Teiling, *M. firma* (Kützinger) Schmidle, *M. smithii* Komärek 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 Qinhua 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 comparison 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 studied *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. aeruginosa* 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. aeruginosa* were detected, implicating that *M. aeruginosa* 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 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 nontoxic variants late in the season. *Appl Environ*

Journal of Integrated Creative Studies

- 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 of global 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., Mollenhauer, 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* (Kützting) 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 Börrner, 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 Kondratyeva (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. *Front. 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.

Report on my first three months at the Yukawa Institute for Theoretical Physics

Héctor Bombín¹

¹Yukawa 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.

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.

Report on my stay during March 2016 at the Yukawa Institute for Theoretical Physics

Pan Zhang¹

¹Institute 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

Most 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 is 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 large 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 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.
- Mézard, M. and Parisi, G. The bethe lattice spin 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.



Report on my 3-month visit to YITP

Christian D. Ott

¹California 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 Φ that depends on two parameters α_0 and β_0 and that recovers standard Brans-Dicke theory with $\omega_{\text{BD}} = (1 - 6\alpha_0^2)/(2\alpha_0^2)$ and $\beta_0 = 0$. α_0 and β_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 $l=2, m=1$ mode is very small. Even if the binary is optimally oriented and in the nearby Virgo cluster of galaxies ($D \sim 10$ 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 Inspirling 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 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. One 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.

Report on my staying in the Kinso Laboratory, Division of Chemistry, Graduate School of Science

Minghu Fang¹

¹Department 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 collabratiion 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 antiferromagnetic 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 $\text{La}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{Se}(\text{S})_2$ compounds. Third, I reported our discovery of superconductivity above 30K in $(\text{Ti,K,Rb})\text{Fe}_x\text{Se}_2$ 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 $(\text{Ti,K,Rb})\text{Fe}_x\text{Se}_2$ system was presented in this talk. Finally, I reported the our recently discovery of superconductivity in the $\text{TiNi}_2(\text{Se,S})_2$ 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_3As_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 common 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 $\text{Li}_2\text{ScMo}_3\text{O}_8$ in contrast to magnetic ordering in isomorphic $\text{Li}_2\text{InMo}_3\text{O}_8$ 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 been 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

graphene. 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 $\text{Y}_2\text{Ir}_2\text{O}_7$ and HgCr_2Se_4 compounds in which the magnetic order breaks the time-reversal symmetry, and the $\text{LaBi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Te}_3$ 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 $I41md$, 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 2–300 K. At 8 T, the magnetoresistance (MR) reached $3.28 \times 10^5 \%$ 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 $\mu_h = 3.71 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, 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 $\text{CeTi}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Ge}_3$. 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_C s 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_3 , UCoGe_6 , and UGe_2 , the pressure tuned ferromagnetic QPT has been realized. And in $\text{CePd}_{1-x}\text{Rh}_x$, $\text{CePd}_{1-x}\text{Ni}_x$, $\text{CeTi}_{1-x}\text{V}_x\text{Ge}_3$, YbNi_4P_2 , $\text{URu}_{2-x}\text{Re}_x\text{Si}_2$ and $\text{UCo}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Ge}_{13}$, the T_C can be driven to zero kelvin by a chemical substitution.

CeTiGe_3 is an anisotropic ferromagnetic Kondo-lattice system with $T_C = 14 \text{ K}$ 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 $(1.5 \pm 0.1)\mu_B/\text{Ce}$ 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 $T_N = 5.5 \text{ K}$ due to the localized $4f$ magnetic moment. CeNiGe_3 crystallizes in the SmNiGe_3 type orthorhombic crystal

structure. Alloys of $\text{CeTi}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Ge}_3$ ($0.0 \leq x \leq 0.45$) 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 $1/T$ 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 $\text{CeTi}_{1-x}\text{Ni}_x\text{Ge}_3$ 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.

How to change the sign of energy?

- Report on my three months visit to YITP

Alexander Vikman¹

¹Institute 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

$$(p, q, H) \rightarrow (\pi, \theta, \mathcal{H}),$$

preserve the Poincaré–Cartan integral invariant

$$I = \oint p dq - H dt = \oint \pi d\theta - \mathcal{H} dt, \quad (1)$$

from where it follows that

$$p dq - H dt - (\pi d\theta - \mathcal{H} dt) = dF, \quad (2)$$

where $F = F(q, \theta, t)$ is the so-called generating function. In this way one obtains

$$p = \frac{\partial F}{\partial q}, \quad \pi = -\frac{\partial F}{\partial \theta},$$

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)

$$\frac{\partial F}{\partial t} = \mathcal{H}\left(-\frac{\partial F}{\partial \theta}, \theta, t\right) - H\left(\frac{\partial F}{\partial q}, q, t\right). \quad (3)$$

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 $(\pi, \theta) \rightarrow (P_2, Q_2)$ 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

$$H_{\pm}(P, Q, t) = H_1(P_1, Q_1, t) + H_2(P_2, Q_2, t) = H(P_1, Q_1, t) - \mathcal{H}(-P_2, Q_2, t). \quad (4)$$

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

$$\frac{\partial F(Q, t)}{\partial t} + H_{\pm}\left(\frac{\partial F}{\partial Q}, Q, t\right) = 0. \quad (5)$$

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

$$H_{\pm}(P, Q, t) = H(P_1, Q_1, t) + H(-P_2, Q_2, t). \quad (6)$$

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

$$(p, q, H(p, q, t)) \rightarrow (P_0, Q_0, 0).$$

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*

$$(\pi, \theta, -H(\pi, \theta, t)) \rightarrow (P_0, Q_0, 0).$$

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}

$$S = \frac{1}{2} \int d\eta d^3x Z ((\mathcal{R}')^2 - c_s^2 (\partial_i \mathcal{R})^2),$$

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

$$S = \frac{1}{2} \int d\eta d^3k Z (|\mathcal{R}'_k|^2 - c_s^2 k^2 |\mathcal{R}_k|^2) = \int d^3k S_k.$$

Now each mode one can treat separately as a dynamical system. In particular, the corresponding Hamiltonian is

$$\mathcal{H}_k = \frac{|P_k|^2}{2Z} + \frac{Z}{2} c_s^2 k^2 |\mathcal{R}_k|^2. \quad (7)$$

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

$$H_k = -\frac{|\pi_k|^2}{2Z} - \frac{Z}{2} c_s^2 k^2 |\mathcal{R}_k|^2.$$

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 \mathbf{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., *Mathematical 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

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; Díaz 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

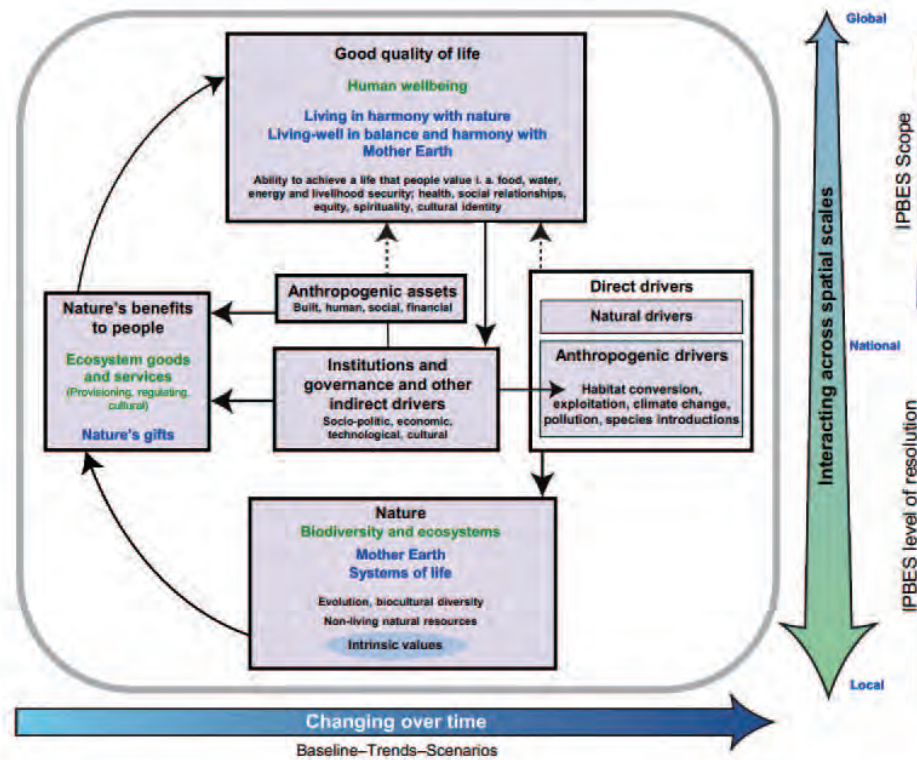


Figure 1. Conceptual Framework from IPBES (Díaz 2015; Diaz 2015)

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)

The Science of Data Science

Jevin D. West¹

¹Information 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-esque² (Frenkel, 2013) in that attendees included mathematicians, physicists, biologists, psychologists, and even musicians.

In this report, I will summarize the two talks³ 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 communities⁴. 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 data⁵ 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 multidisciplinary, 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 transdisciplinarity, 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.

Journal of Integrated Creative Studies

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 tools⁶ can be used both for knowledge science and engineering tasks.

Figure 1 is a case study in how some of these tools⁷ 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 view⁸. 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](#).

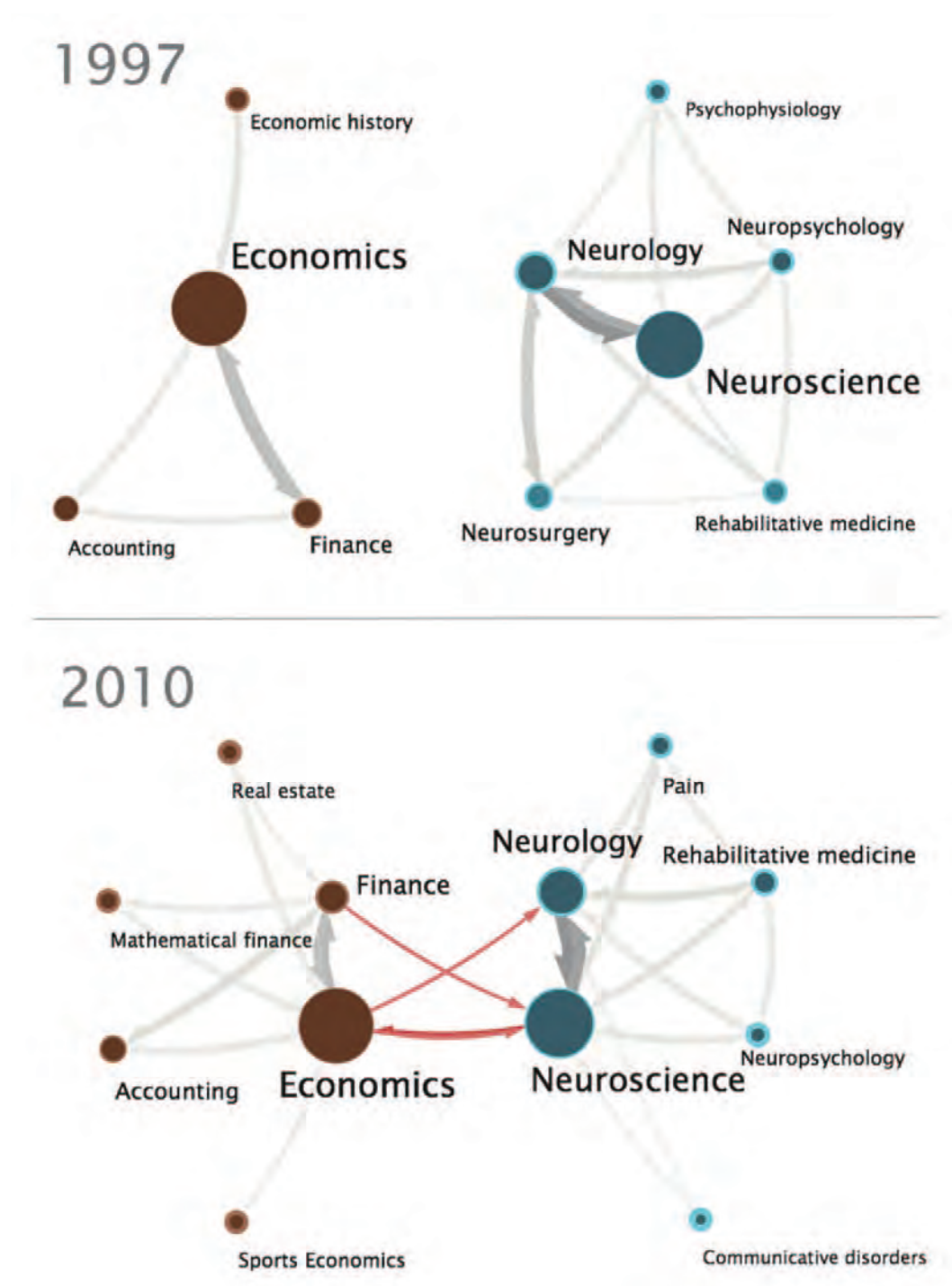


Figure 1. Emergence of neuroeconomics. The figure above looks at the cross-talk between the fields of economics and neuroscience. The journal-level citation data comes from Thomson Reuters' Journal Citation Reports. The top panel from 1997 shows no citations between neuroscience and economics.

Journal of Integrated Creative Studies

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 domains⁹.

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 literature¹⁰ 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.

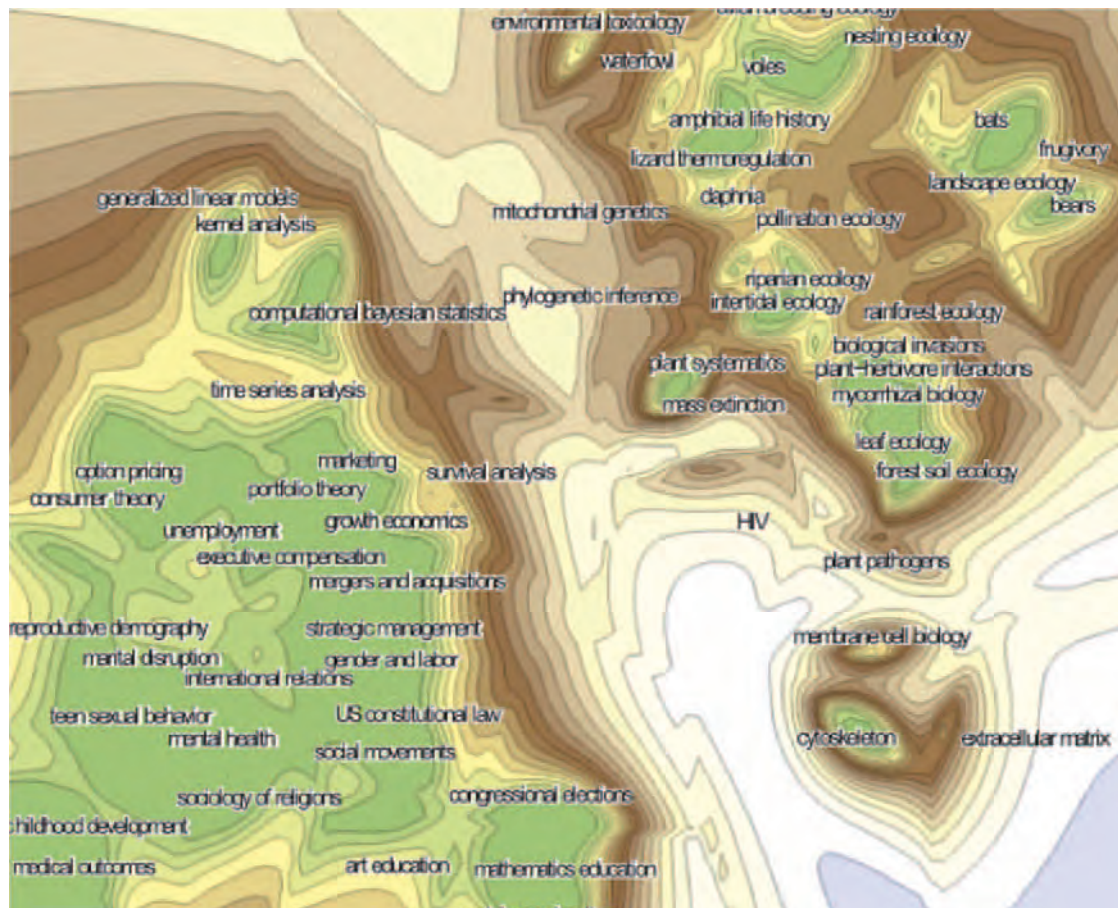


Figure 2. Jargon map of science. The map looks at the differences in jargon among fields in the social and biological sciences. The full text data comes from the JSTOR corpus. The distance between fields is determined by InfoMap (Rosvall, 2008) and the heights (isoclines) in the topographical maps are determined by the jargon differences between neighbouring fields. More details of the methods can be found in the paper by Vilhena 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.

Journal of Integrated Creative Studies

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 Ioannidis, 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 Science¹¹ 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 physicist 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 neuroscience 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.

Journal of Integrated Creative Studies

- 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. Ekbria, and M. Mattioli, editors, *Big Data is Not a Monolith*, chapter 6. MIT Press, 2016b.

Flare stars across the H-R diagram

Luis A. Balona¹

¹South African Astronomical Observatory
E-mail: lab@sao.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-held 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 led 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 star 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., 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

Kyoto University visit and participation in Superflare Workshop

Suzanne L. Hawley^{1,2}

¹University 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 international 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. Fortunately, 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 UBV photometry, spectroscopy covering the Balmer jump and high order Balmer lines (3500-4400Å), 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 $T \sim 5000\text{--}6000\text{K}$ 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 3500Å (in the Balmer continuum), 4170Å (in the hot blackbody continuum) and 6000Å (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. *Astrophysical 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

Modeling the Optical (and NUV) Continuum Emission in Stellar Flares

- Report on participation in the Kyoto University Superflare Workshop

Adam F. Kowalski^{1,2}

¹Department of Astronomy, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA.

²NASA/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 ($\lambda \sim 3600 \text{ \AA} - 3800 \text{ \AA}$) 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 ($10^{13} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$; 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 $T \sim 10,000 \text{ K}$ 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 $\lambda = 3646 - 4000 \text{ \AA}$ 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 $\lambda > 3646 \text{ \AA}$ can photoionize hydrogen with an electron in the $n=2$ state. Following Trembly & Bergeron (2009), we modified the Balmer bound-bound and Balmer bound-free opacity and emissivity at $\lambda > 3646 \text{ \AA}$ in the RH code to account for these photoionizations. We obtained the atmospheric temperature, velocity, and density from $t=2.2 \text{ s}$ 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 $\lambda < 3780 \text{ \AA}$. The modeling of the Landau-Zener continuum emission extending redward of $\lambda = 3646 \text{ \AA}$ 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

Journal of Integrated Creative Studies

- Osten, R. A. and Wolk, S. J., Connecting Flares and Transient Mass-loss Events in Magnetically Active Stars. *Astrophysical Journal*, **809**, 79, 2015
- Reep, J. W. and Russell, A. J. B., Alfvénic 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

Quasi-periodic pulsations in solar and stellar flares

Valery M. Nakariakov^{1,2,3}, Chloe E. Pugh¹, Anne-Marie Broomhall^{1,4}

¹Centre for Fusion, Space & Astrophysics, Physics Department, University of Warwick, United Kingdom

²School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

³Central Astronomical Observatory at Pulkovo of RAS, Russia

⁴Institute 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.

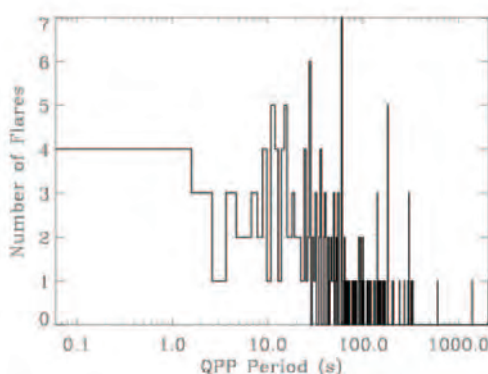


Figure 1. QPP periods in solar flares, constructed using the online catalogue of published QPP events (Nakariakov, 2016).

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

Visit to Kyoto University and the Superflare Workshop

Steven H. Saar¹

¹Harvard-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 Å 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 ($\sim 10^5$), 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 fluctuations 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 Ferreira 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 $\Delta\Omega \sim \text{Ro}^{-0.9}$ for $\text{Ro}^{-1} < 80$, and $\Delta\Omega \sim \text{Ro}^{1.3}$ for faster rotators (here $\text{Ro}^{-1} = 2\pi\tau/P_{\text{rot}}$, 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, $\omega_{\text{cyc}}/\Omega$ 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 $\omega_{\text{cyc}}/\Omega$ 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 $\omega_{\text{cyc}}/\Omega$ 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

Visit to Kyoto University and the Superflare Workshop

- 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

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 Shibata¹ and Daisaku Nogami²

¹Kwasan and Hida Observatories, Kyoto University

E-mail: shibata@kwasan.kyoto-u.ac.jp

²Department 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 extension 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. *Publications of the Astronomical Society 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 Society 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

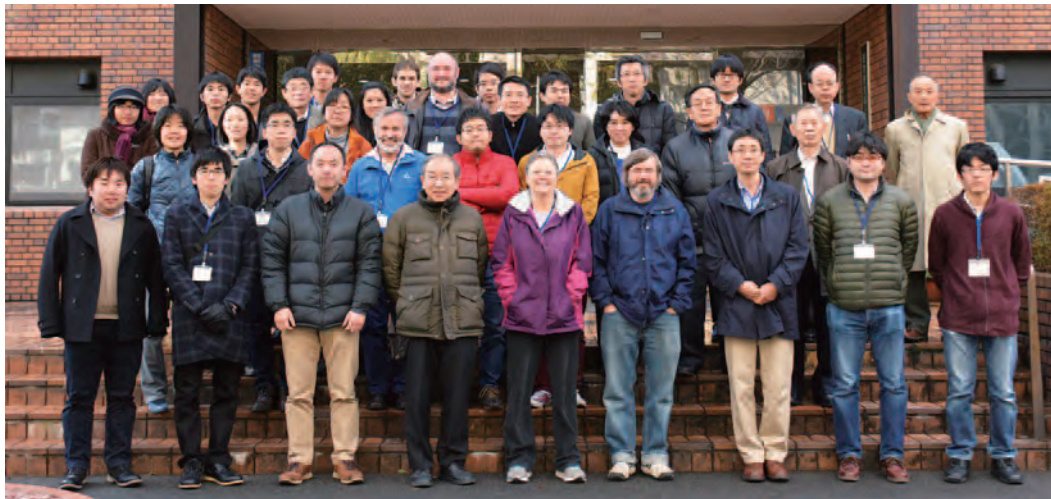


Fig 1 Group photo of participants of the superflare workshop, on March 1, 2016, in front of the entrance of the building 4 (Dept of Astronomy) of graduate school of science, Kyoto University.



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ビ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
	論文	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, "Conformal Frame Dependence of Inflation," 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:10.1088/0264-3813/32/17/175019 [arXiv:1501.03163 [astro-ph.CO]].
	学会発表	2016/1/7	"Cosmic inflation 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: Centennial Overviews and Future Perspectives," 23 December, 2015, Ewha Womans 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 Particle Physics Phenomenology Workshop (PPP11)", 13-14 May, 2015, Taipei, Taiwan
		2015/5/4	"Reviving open in ation," Invited, in "The International Conference on Gravitation 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 花山天文台見学会案内
		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 (European 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, APSM2015 (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 堀川高校生向け講義@花山天文台 花山天文台見学会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値」(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」ー七夕の日に 宇宙と星について考えようー
		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ー私の天文教育・アウトリーチ活動, (そして研究) の原点は愛知教育大ー
		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@文化バルク城陽 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ー太陽・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
	研究費獲得	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 -
		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: 大野昭文 (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), 天文台日より
		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, 一京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
		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)
学会発表		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 debt in 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 α A-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 α B-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 α A-crystallin N-terminal mutants and α B-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ィーの破れ、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 speaker, 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 speaker)
		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ー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 speaker)
		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.
		2016/3	(3) 山内淳. 形質マッチングに基づく互惠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)
学会発表		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
山口 栄一	研究費獲得 アウトリーチ活動	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)
		2015	日本学術振興会科学研究費 基盤 (C)
		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
	著書	2015/10/6	島根県立出雲高校研修 体験学習, 2015年10月6日
		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・ブローイ—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・パロウ=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
	講演	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
		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
		2015-2017	挑戦の萌芽研究, 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)
	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)	
	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)	
	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)	
	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)	
	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)	
	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)	
	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)	
	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 Na ₃ A ₂ (MoO ₄) ₂ Mo ₃ O ₈ (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 A ₂ BTi ₃ F ₁₂ (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 ZrO ₂ 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 Li ₂ ScMo ₃ O ₈ ”, 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, ACo ₂ P ₂ (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, LiAl ₁₁ MIIF ₆ ”, 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 (CaxSr _{1-x}) ₃ Rh ₄ Sn ₁₃ ”, 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 Ti ³⁺ Kagome Antiferromagnets A ₂ BTi ₃ F ₁₂ (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 magnets Li ₂ In _{1-x} Sc _x Mo ₃ O ₈ ”, 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 Sr _{1-x} CaxCo ₂ P ₂ ”, 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 KCo ₂ (Se _{1-x} S _x) 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 ACrX ₂ (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 Sr _{1-x} LaxFe ₁₂ O ₁₉ 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, LiAl ₁₁ MIIF 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 ₁₂ O ₁₉ 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 $\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x}\text{Ga}_3$ ”, 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 A_2BTiF_6 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 $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ 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 「マグネトブランバイト型構造を持つ La 置換 $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ 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 AMO_3 ($\text{A}=\text{Mg}, \text{Zn}; \text{M}=\text{Mn}, \text{Ru}, \text{Ir}$) 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 「 $\text{S}=1/2$ 三角格子クラスター磁性体 $\text{Li}_2\text{In}_1\text{-xSc}_x\text{Mo}_3\text{O}_8$ 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 「 $\text{S}=1$ 三角格子反強磁性体 LiAVF_6 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 「籠状構造をもつ超伝導体 $\text{Sr}_3\text{Ir}_4\text{Sn}_{13}$ における相転移」, 金子耕土, 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 「 YbMn_6Ge_6 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 $\text{A}_2\text{BM}_3\text{F}_{12}$ (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 SrCo_2P_2 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 Sr_2VO_4 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 CrSe_2 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 NaFe_2O_3 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 ACo_2X_2 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 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Co}_2\text{P}_2$ 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 SrCo_2P_2 ”, 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, CrSe_2 , 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 Li ₂ AMo ₃ O 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 「擬二次元過渡金属磁性体 ACo ₂ P ₂ (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 A ₃ T ₄ Sn ₁₃ (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	産学共創基盤基盤研究 (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 TiNi ₂ Se ₂ : 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 SnO ₂ 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 TiNi ₂ Se ₂ -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 BaCoO ₃ , Journal of Crystal Growth 430, 52(2015).
		2015	7. N. Xu, C. E. Matt, P. Richard, A. van Roieghem, S. Biermann, X. Shi, S.-F. Wu, H. W. Liu, D. Chen, T. Qian, N. C. Plumb, M. Radović, 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 TiNi ₂ Se ₂ ; Phys. Rev. B 92, 081116 (R) (2015).

