

## 研究会「生物から宇宙までの非線形現象」

開催日：2017年9月20～22日

場所：京都大学大学院 人間・環境学研究科，吉田南2号館1階 理系総合実習室（次ページ参照）

### ————— プログラム —————

9月20日（水）

13：00－13：20 開催の挨拶など

13：20－14：00 ① 犬塚修一郎「原始惑星系円盤の永年重力不安定性による多重リング形成と微惑星形成過程」

14：00－14：40 ② 小久保英一郎「自己重力散逸粒子円盤の進化もしくは地球の誕生」

——20分休憩——

15：00－15：40 ③ 三島隆「円筒対称重力波解を用いた重力波の非線形効果の解析」

15：40－16：20 ④ 南部保貞「Harvesting large scale entanglement in de-Sitter space with multiple detectors」

——10分休憩——

16：30－17：10 ⑤ 阪上雅昭「群れの科学」

懇親会：18：00～（詳しくは次ページ）

9月21日（木）

10：00－10：40 ⑥ 奥住聡「オームの法則の非線形化と磁気回転不安定」

10：40－11：20 ⑦ 鵜沢報仁「Time-dependent backgrounds in supergravity」

——20分休憩——

11：40－12：20 ⑧ 萩原広道「ことばの発生，ことばの分化」

12：20－13：00 ⑨ 小林晋平「Gravity in noncommutative and/or discrete geometry」

——お昼——

14：00－14：40 ⑩ 岡村隆「古典化に最適な着目系／環境系の分割」

14：40－15：20 ⑪ 寺山慧「集団運動と機械学習」

——40分休憩——

16：00－16：40 ⑫ 栗田泰生「extremal CFT と BTZ ブラックホール」

16：40－17：20 ⑬ 白水徹也「ブラックホール，山なし谷なし」

9月22日（金）

10：00－10：40 ⑭ 樽家篤史「宇宙の大規模構造の記述：観測から理論まで」

10：40－11：20 ⑮ 西澤篤志「量子弱測定重力波検出への応用」

——10分休憩——

11：30－12：10 ⑯ 齊田浩見「銀河系中心ブラックホールの一般相対論効果の測定」

12：10－12：30 閉会の挨拶など

講演番号	① ②	③ ④	⑤	⑥ ⑦	⑧ ⑨	⑩ ⑪	⑫ ⑬	⑭ ⑮	⑯
座長	齊田	小林	犬塚	西澤	樽家	栗田	鵜沢	奥住	岡村

## 懇親会

日時： 9月20日 18:00～20:30

場所： 京都大学 楽友会館（案内図は下）

備考： 京都大学大学院 人間・環境学研究科 阪上教授が還暦を迎えられますので、懇親会と同時に還暦お祝いにしたいと思います。



(この図は京大 HP から転載)

## 参加者 (敬称略)

阪上雅昭, 犬塚修一郎, 岡村隆, 樽家篤史, 鵜沢報仁, 小林晋平, 栗田泰生, 西澤篤志, 奥住聡, 斉田浩見, 寺山慧, 萩原弘道, 白水徹也, 小久保英一郎, 南部保貞, 三島隆

(河井伸介：世話人だが日程都合で参加できず)

○氏名：犬塚修一郎（名古屋大学）

○発表タイトル：原始惑星系円盤の永年重力不安定性による多重リング形成と微惑星形成過程

○アブストラクト：

地球のような固体惑星形成過程においては、その前段階で微惑星と呼ばれる大きな岩石が多数形成されたと考えられている。しかし、数キロメートルを超えると予想されるそのような微惑星の形成過程については、解決困難な問題が多数指摘されており、専門家の間でも混乱を極めている。

我々は、微惑星形成過程につながるような多重リング構造の発現が原始惑星系円盤の特定の条件下で起こることを見出した。この現象は永年重力不安定性と呼ばれるものであり、ダストとガスの間の摩擦によって自己重力安定な円盤においても成長する不安定性である。その後、その理論の予言する内容と合致するような見事な多重リング構造がアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計（ALMA）による観測によって若い星 HL-Tau の原始惑星系円盤内に発見された。現在、この有名な星の周りの多重リング構造の起源については論争になっているが、我々が主張するメカニズムが本質的である場合、観測されたリング構造は微惑星形成過程につながる現象であるため、惑星形成過程の理解が大きく進むことにつながる可能性がある。我々はこの現象を詳細に調べるため、Symplectic 法に基づく特殊な数値計算法を開発して研究を進めている。その内容について最新の結果を報告する。

○氏名：小久保英一郎（国立天文台）

○発表タイトル：自己重力散逸粒子円盤の進化もしくは地球の誕生

○アブストラクト：

惑星系天文学では中心天体周りの粒子からなる円盤がしばしば登場する。例えば、惑星系形成における微惑星円盤、月形成時の原始月円盤、そして土星の環など。これらの円盤の特徴は自己重力散逸粒子系であることだ。すなわち、粒子は中心天体周りを公転をしながら、重力で相互作用し、さらに衝突することで軌道を変えていく。ここでは自己重力散逸粒子円盤のダイナミクスの基本について多体シミュレーションの結果を紹介しながら解説する。

○氏名：三島隆（日本大学）

○発表タイトル：円筒対称重力波解を用いた重力波の非線形効果の解析

○アブストラクト：

簡単な調和写像法を用いて Einstein 方程式の円筒対称重力波解を生成し重力波の非線形効果を調べる。特に重力波が対称軸で反射するときや衝突するとき重力波の強い集中が起きるが、このとき重力波のモード間の転換現象が生じる。解の持つパラメータを変化させることによってモード転換現象がどのように変化するか調べる。また、円筒対称時空では、真空の Einstein 重力系は Einstein-Maxwell 系に直接読み替えることができる。そこで、得られた解の重力波—電磁波の相互転換現象への応用についても報告したい。

=====  
○氏名：南部保貞（名古屋大学）

○発表タイトル：Harvesting large scale entanglement in de-Sitter space with multiple detectors

○アブストラクト：

スカラー場と相互作用する2つの Unruh-DeWitt detector を用いることで場のエンタングルメントを抽出することができる。しかしながらこの設定の下では、de Sitter 時空のスカラー場に対してはハッブル長さ以上の長距離のエンタングルメントは検出できないことが知られている。本講演では十分大きな個数の detector を用いることで、ハッブル長さを超えるスケールでのエンタングルメントが検出可能となることを示し、多体間エンタングルメント効果としての解釈を紹介する。

=====  
○氏名：阪上雅昭（京都大学）

○発表タイトル：群れの科学

○アブストラクト：

執筆中

=====  
○氏名：奥住聡（東京工業大学）

○発表タイトル：オームの法則の非線形化と磁気回転不安定

○アブストラクト：

降着円盤には磁気回転不安定性 (MRI) と呼ばれる磁気流体不安定が存在する。惑星形成の現場である原始惑星系円盤のような低温の円盤では、MRI の成長率はガスの電気伝導度、すなわちガスの電離度から大きな影響を与える。一方、MRI が成長すると電場が円盤ガスの電離反応に影響を与え、電気伝導度が変化することも指摘されている (Inutsuka & Sano 2005)。電気伝導度が電場に依存するということは、オームの法則が電場の関数として非線形になることを意味する。本発表では、原始惑星系円盤におけるオームの法則の非線形化と MRI への影響に関する我々の研究 (Okuzumi & Inutsuka 2015; Mori & Okuzumi 2016; Mori et al. , in prep) を紹介する。

=====  
○氏名：鵜沢報仁（関西学院大学）

○発表タイトル：Time-dependent backgrounds in supergravity

○アブストラクト：

Time dependent brane solutions of supergravity have been of particular importance in the advances of gravity theory. We review the current status of these dynamical brane solutions in higher-dimensional supergravity theories and discuss primarily the gravitational aspects of p-branes and their relatives in various dimensions. We also comment the D-brane and M-brane solutions in ten and eleven dimensions, which provide a number of interesting black objects, cosmological models, supersymmetric breaking, and the violation of cosmic censorship.

=====

○氏名：萩原広道（京都大学）

○発表タイトル：ことばの発生，ことばの分化

○アブストラクト：

ひとにとって，ことばは他者との交流や，高次の記憶・思考を行うための重要な機能といえる。ことばは発達の過程で獲得される。これまで，ことばの発達についての研究は，品詞分割された「語」やその統合体としての「文法」を主な対象としてきた。しかし，ひとがどのようにしてことばを獲得するのかという問いの本質に切り込むためには，それだけでは不十分である。

そこで，本発表では，ひとがことばを獲得する過程を，「発生」と「分化」という2つの視点から新たに論じることを試みる。

- (1) ことばの発生：作業療法士と自閉スペクトラム症児との遊びを介したセッションの経時データから，子どもの遊具や他者との関わりの変遷を辿る。身体操作を介した物理的・社会的環境とのインタラクションが成立し，環境へのかかわりの手段が拡大・深化する過程こそが，ことばの発生の基盤として不可欠であることを考察する。
- (2) ことばの分化：発達の初期に獲得されやすい語はいわゆる名詞であるが，初期の名詞は，モノの名前に対応するという語－意味の構造ではなく，例えば動詞的意味も含意した複合的な構造をしており，その後の発達過程で明瞭な名詞や動詞に分化していく前の未分化性をもつ可能性がある。

これを検証するための実験パラダイムを紹介し，予備実験の結果を報告する。

=====

氏名：小林晋平（東京学芸大学）

タイトル：Gravity in noncommutative and/or discrete geometry

アブストラクト：

重力を量子化する試みの一つとして，空間や時空座標同士に非可換性を導入する非可換幾何の枠組みがある。非可換化の方法には超弦理論に基づくものなど，様々なものが提案されているが，その指導原理は明らかではなく，いくつかのタイプの非可換幾何から普遍的に導かれる性質について考察することが重要となる。今回の発表では重力と非可換時空を考える際に現れるそうした普遍的な性質として，時空の有効次元が下がる現象とその物理的影響などについて考察する。また，古典的な時空の離散化は非可換化の前段階と見ることもできるが，そうした離散化の方法として近年進展が目覚ましい離散可積分幾何と，その重力系への応用についても触れる。

=====

○氏名：岡村 隆（関西学院大学）

○発表タイトル：古典化に最適な着目系／環境系の分割

○アブストラクト：

量子系の古典化を導く標準的な手法は，着目系を環境系に結合させ開いた系として扱い，全系はユニタリーな時間発展をするものの，着目系に非ユニタリーな時間発展を誘導し，量子干渉を壊す方法である。この環境誘導型のデコヒーレンス現象を考察する多くの問題設定では，全系の自由度とハミルトニアンを与えることはもちろんだが，着目系と環境系の区別も予め与えて議論する。本講演では，着目系と環境系の区別を予め与えるのは恣意的であるとし，全系のハミルトニアンのみから“創発される”可能性について議論する。

=====

○氏名：寺山慧（東京大学）

○発表タイトル：集団運動と機械学習

○アブストラクト：

魚の群れ行動や薬の候補化合物探索等を対象として、情報系の手法（画像処理や機械学習）を使ってどのように有用な情報を取り出し解析するか、またどのように有用な情報（構造・化合物・組み合わせ等）を探索するかといった話題をお話しします。

魚の群れ行動をモデリング・理解するためには、群れ行動を詳細に観測し分析する必要があります。しかし、水中で泳ぐ数百数千匹からなる群れを撮影し、それらの動きを逐一追跡するのは、非常に手間がかかります。そこで画像処理・機械学習の手法を用いて、魚の検出・追跡・群れのマクロな動きの計測等を行う手法の開発を行ってきました。また、群れ行動の解析結果についても紹介します。（阪上さんとの共同研究）

現在所属している研究室では、機械学習の手法を用いて、薬の候補化合物の探索（MD 計算）・機能性物質の結晶構造探索といった課題にも取り組んでおります。これらについても紹介する予定です。

=====

○氏名：栗田泰生（神奈川工科大学）

○発表タイトル：extremal CFT と BTZ ブラックホール

○アブストラクト：

2007年に3次元 AdS 量子重力理論は、extremal CFT と呼ばれる特殊な CFT であるという提案が提出された。この提案が本当かどうかについてはさまざまな議論があるが、extremal CFT の分配関数の有限温度での振る舞いを調べると、BTZ ブラックホールと3次元 AdS 時空の熱力学的性質を見事に再現する。まずこの点について紹介する。次に、extremal CFT の少なくとも一部は、AdS3 量子重力理論だと期待して、ブラックホールの量子論的な表現について議論したい。

=====

○氏名：白水徹也（名古屋大学）

○発表タイトル：ブラックホール，山なし谷なし

○アブストラクト：

重力崩壊で落ち着いたブラックホールの形はつるつるの球面であることが理論上知られています。山も谷もありません。しかし、ブラックホールそのものを観測することはできません。また、よく知られているブラックホール周辺の観測に繋がる現象（重力レンズや重力波）の鍵は、その外側に存在する光の閉じた軌道にあると言われていています。では、このような光の閉じた軌道が存在するような強い重力場がある状況で、時空の形にどのくらい制限されているのでしょうか。

本講演では、強い重力場を特徴付ける緩捕獲面を定義し、その面積に上限があることを示します。また、上限値に達した場合、時空が球対称になることを見ます。この不等式の意味と時空の唯一性についてもコメントしたいと思います。強重力場を伴う時空は、たとえ（現実的ではないかもしれませんが）ブラックホールでなかったとしても、時空の形に制限が課される傾向があるようです。

=====

○氏名：樽家篤史（京都大学）

○発表タイトル：宇宙の大規模構造の記述：観測から理論まで

○アブストラクト：

TBA（乞うご期待！）

=====

○氏名：西澤篤志（名古屋大学）

○発表タイトル：量子弱測定 of 重力波検出への応用

○アブストラクト：

重力波検出器は非常に高精度の光位相測定器（レーザー干渉計）であるため、レーザー光の量子揺らぎが雑音となり、測定感度を制限する。この量子雑音はハイゼンベルグ不確定性関係に起因するため、ある種の感度限界（標準量子限界）を与え、今後、重力波観測感度を標準量子限界を越えて向上させるには巧妙な量子測定法が必要となる。近年、量子状態をほとんど乱さない弱い量子測定が注目を集めているが、弱測定ではある条件下において測定値が大きく増幅されるという特徴があるため、重力波検出への応用は興味深い。本講演では、量子弱測定の基本概念について紹介した後、相互作用の非線形領域への拡張、重力波検出への応用とその帰結について報告する。

=====

○氏名：齊田浩見（大同大学）

○発表タイトル：銀河系中心ブラックホールの一般相対論効果の測定

○アブストラクト：

我々の銀河中心の巨大 BH 候補天体 Sagittarius A\* (Sgr A\*, いて座 A スター) の一般相対論効果を測り、それに付随するサイエンスを実行するため、Sgr A\* を巡る恒星 S2 を研究している。S2 が 2018 年 5 月前後の近点通過で感じる Sgr A\* の重力場の強度は、Hulse-Taylor パルサーなど過去に電磁波観測で測定された重力場よりも 2 ケタ強く、相対論効果の測定の良いプローブである。S2 の運動の高精度測定を通して、ニュートン力学でなく一般相対論の軌道計算で S2 運動がフィットできることを示したい。そして、物理学的テーマとして、一般相対論の検証（修正重力理論の可能な限りの棄却！？）を目指す。また、天文学的テーマとして、銀河中心までの距離の高精度測定、Sgr A\* 近傍 (S2 軌道より内側) の未だ見えてない質量分布への制限付与を目指す。

2014 年から毎年、すばる望遠鏡を使って S2 の運動、特に赤方偏移  $z$  を測定してきた。そして、今後数年のすばる望遠鏡による観測データを一般相対論で計算する S2 運動の予測値とフィッティングすることで、次の 2 つを達成することを目標としている。

(1) 過去の電磁波観測より 2 ケタ強い重力の一般相対論効果を、10 シグマ以上の信頼度で検出。

(2) BH 候補天体 Sgr A\* の質量を誤差 1% 以下で決定。そして、これに相当する精度での一般相対論の検証、銀河中心距離の測定、未だ見えぬ質量分布への制限付与を行う。

ただし、すばる望遠鏡による S2 測定の精度では、BH の自転の効果までは検出できないと見積れる。BH の自転の効果の観測的検出・測定は、次世代望遠鏡 (30m 望遠鏡など) で達成できると期待される。以上の計画と進捗状況を説明する。

世話人：犬塚修一郎（名古屋大学），岡村隆（関西学院大学）  
樽家篤史（京都大学），河井伸介（SungKyunKwan Univ.）  
鵜沢報仁（関西学院大学），小林晋平（東京学芸大学）  
栗田泰生（神奈川工科大学），西澤篤志（名古屋大学）  
奥住聡（東京工業大学），斉田浩見（大同大学）  
問い合わせ先：斉田 [saida@daido-it.ac.jp](mailto:saida@daido-it.ac.jp)