

近畿大学工学部 理学科物理学コース
総合理工学研究科 理学専攻物理学分野
2018年度 年次報告

平成31年7月8日

目次

素粒子論・重力理論研究室	2
素粒子実験研究室	6
素粒子・極限宇宙物理学研究室	9
ソフトマター物理学研究室	11
物性理論研究室	16
量子多体物理学研究室	20
量子制御研究室	26
固体電子物理研究室	31
生物物理学研究室	33
生命動態物理学研究室	36
一般相対論・宇宙論研究室	39
宇宙論研究室	44

素粒子論・重力理論研究室

太田 信義 教授

久常 大樹 (M2)、山口 大輝 (M2)、鎌田 翔勸 (M2)

加藤 大晶 (M1)

中井 智久 (B4)

研究概要

- 重力を含む統一理論の研究

素粒子物理学の課題を場の量子論の手法で解明する。特に、量子論と重力理論を融合させた量子重力理論の研究を行っている。その第1の候補である超弦理論の背後にある基本的原理、統一的M理論の定式化、対称性の破れの機構、ブラックホールの量子論的物理、超弦とブレインを用いた通常の時空及び非可換時空の場の理論の非摂動的性質の解明、超弦理論の応用と検証としての宇宙論などを視野に入れた研究を行っている。

- 超弦理論低エネルギー有効理論によるインフレーション解など宇宙論

超弦理論の物理的裏付けを探る1つのアプローチとして、その低エネルギー有効理論である高階微分がある理論を用いて、宇宙初期のインフレーションを実現することを考えている。

- Asymptotic Safety による量子重力とその応用

繰り込み群により、重力の高エネルギーでの振る舞いを調べ、それが紫外固定点を持つと量子論的に意味のある理論を構築することが出来る。超弦理論と関係するかもしれないが、しない場合でもこのアプローチで量子重力が理解できるかどうかを考察している。この定式化におけるゲージ依存性や計量の形への依存性を調べて、物理的結果を得るためにはどのようにするべきかを調べている。また非摂動的くりこみ可能な理論として定式化する可能性を調べている。

学術論文 (査読付)

1. “ $f(R, R_{\mu\nu}^2)$ at one loop,”
N. Ohta, R. Percacci and A. D. Pereira,
Phys. Rev. D **97** (2018) no.10, 104039 [arXiv:1804.01608 [hep-th]].
doi:10.1103/PhysRevD.97.104039

2. “Asymptotic safety and field parametrization dependence in the $f(R)$ truncation,”
G. P. De Brito, N. Ohta, A. D. Pereira, A. A. Tomaz and M. Yamada,
Phys. Rev. D **98** (2018) no.2, 026027 [arXiv:1805.09656 [hep-th]].
doi:10.1103/PhysRevD.98.026027

修士論文

- 「任意次元における非アーベルゲージ理論のくりこみ群による解析」
久常 大樹
- 「非局所熱核展開の厳密繰り込み群及びスカラー量子重力への応用」
山口 大輝
- 「物質場と結合した重力理論における漸近安全性」
鎌田 翔勸

学士論文

- 「Kerr 解の性質について」
中井 智久

国際学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta (presenter)
“Asymptotic safety and field parametrization dependence in the $f(R)$ truncation”
Strings and Fields 2018, Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto [July 30 – August 3, 2018]
2. Nobuyoshi Ohta (presenter): (Invited talk)
“Classical and Quantum Properties of Unimodular Gravity and its Generalization”
International Conference on Holography, String Theory and Discrete Approaches in Hanoi, VAST, Hanoi, Vietnam [August 5–10, 2018]
3. Nobuyoshi Ohta (presenter): (Invited talk)
“Asymptotic safety and field parametrization dependence in the $f(R)$ truncation”
On a safe road to quantum gravity with matter, Hvar Island, Croatia [September 11-14, 2018]

国内学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta (presenter): (Invited talk)
“Classical and Quantum Properties of Unimodular Gravity and its Generalization”
Essential next steps for gravity and cosmology, Tohoku University, Sendai, Japan [June 18–20, 2018]
2. Nobuyoshi Ohta (presenter)
「Towards the Determination of the Dimension of the Critical Surface」
第8回 日大理工・益川塾連携 素粒子物理学シンポジウム、京都産業大学むすびわざ館 [3–4 November 2018]
3. Nobuyoshi Ohta (presenter)
「Towards the Determination of the Dimension of the Critical Surface」
日本物理学会、九州大学、伊都キャンパス [14 – 17 March 2018]

競争的外部資金

- 科研費 (基盤 C、2016-2019 年度 「漸近的安全性による量子重力理論の研究と検証」)
研究代表者: 太田 信義 直接経費 900,000 円 (2017 年度)

教育業績

学外啓蒙活動

- 早稲田大学大学院先進理工学研究科 集中講義
素粒子的宇宙物理学特論 C
平成 30 年 10 月 24 日、10 月 31 日–11 月 2 日

学内委員

- 自己点検・評価委員

学外委員など

- 京都産業大学益川塾学外指導教授
- 京都産業大学益川塾研究者育成部会構成員
- The Ta Quang Buu Prize 2018 (Vietnam) 外部評価委員
- The Czech Science Foundation 研究費外部評価委員
- 'Programma per Giovani Ricercatori - Rita Levi Montalcini' projects evaluation (Italy) 外部評価委員
- SISSA (Italy) Ph.D. defense external examiner
- ESF(European Science Foundation)-Science Connect: A*MIDEX International Call - scientific project evaluation (France) 外部評価委員
- Advisory Board of Universe, MDPI

素粒子実験研究室

加藤 幸弘 教授
盛田 義篤 (B4)、中島英貴 (B4)

研究概要

- **MPGD を用いた ILD-TPC 検出器の開発**

次世代電子陽電子衝突型加速器計画 (ILC) は国際協力実験計画であり、日本への誘致を目指している。本研究室では、荷電粒子の検出する飛跡検出器の研究開発を、ヨーロッパとアジアの研究者と共同で進めている。ILC で用いられる飛跡検出器は、非常に高精度 (100 μm 程度) で飛跡を同定しなければならないために、研究室が参加している ILD-TPC グループは、ガス増幅部に GEM (Gas Electron Multiplier) を用いたタイムプロジェクションチェンバー (TPC) の採用を目指して様々な研究を行っている。特に、電子増幅時に生成されたイオンの検出器内への広がりを抑制する新たなゲート装置を 2016 年度に開発し、性能調査を 2016 年 11 月にドイツ電子シンクトロン研究所 (DESY) の電子ビームを用いて行った。得られたデータを 2017 年度に引き続き解析を行っている。

- **GEM を用いた荷電粒子検出器開発のための基礎研究**

GEM を用いた荷電粒子検出器開発として、2016 年度より絶縁体に低焼結セラミックス (LTCC) を用いた GEM の開発を始めた。LTCC-GEM は放電耐性に優れているとともに 1 万倍を超える増幅率まで到達する。また、プラスチックよりも硬度があるのでたわみが少ない。2018 年度は有感領域が 10cmX10cm で 2 種類の厚さ (100 μm , 200 μm) の LTCC-SEM を製作し、印加電圧と増幅率の関係や増幅率の一様性等を測定した。増幅率は 1 枚の GEM で 2000 倍まで増幅できたことを確認し、増幅率のばらつきは 20% 以内であることがわかった。

- **宇宙背景ニュートリノ崩壊探索実験のための超電導光検出器の開発**

これまでに行われたニュートリノ振動観測実験によって、ニュートリノは質量をもっていることが確認された。3 種類のニュートリノには質量差があるので、重いニュートリノは軽いニュートリノへと輻射崩壊する。宇宙には宇宙初期に生成され、宇宙空間に一様に存在すると予言されている”宇宙背景ニュートリノ”がある。ニュートリノの寿命は非常に長いですが、宇宙背景ニュートリノが崩壊すれば、崩壊によって微弱なエネルギーをもつ光子 (35 meV 程度) が生成される。このような微弱なエネルギーをもつ光子を検出することによって、ニュートリノ崩壊を観測できる。微弱なエネルギーの光子を検出するためには、エネルギーギャップの小さい超伝導光検出器が必要であり、そのために超伝導光検出器の開発を行っている。

学術論文（査読付）

1. "Measurement of the differential cross sections for W -boson production in association with jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV"
T. Aaltonen, Y.Kato *et al.*(CDF Collaboration)
*Physical Review D***98(11)**, 112005(22p)(2018)
2. "Search for standard-model Z and Higgs bosons decaying into a bottom-antibottom quark pair in proton-antiproton collisions at 1.96 TeV"
T. Aaltonen, Y.Kato *et al.*(CDF Collaboration)
*Physical Review D***98(7)**, 072002(9p)(2018)
3. "Tevatron Run II combination of the effective leptonic electroweak mixing angle"
T. Aaltonen, *et al.*(CDF and D0 Collaborations)
*Physical Review D***97(11)**, 112007(20p)(2018)

学士論文

- 「GEM を用いたガス検出器における電子増幅率の評価」 中島 英貴
- 「GEM の有限的な部分における電子の振る舞い」 盛田 義篤

国内学会・研究会講演

1. 加藤 幸弘
「セラミック GEM の基本的特性について -ゲインの位置依存性と大型化」
第 15 回 MPGD 研究会、 京都大学、 京都市 [14 Dec. 2018]

競争的外部資金

- 科研費(基盤 C、2017-2019 年度 「絶縁体を用いた GEM の実用化への挑戦」)
研究代表者:加藤 幸弘 直接経費 1,400,000 円 (2018 年度)

運営

学内委員

- 物理学コース ネットワーク委員
- 4 年生担任

- 物理学コース主任
- 理学科長（10月より）

素粒子・極限宇宙物理学研究室

千川 道幸 教授

李 健 (M2)、藤原 千賀己 (M1)

田中 幹 (B4)、松田 和喜 (B4)、笹井 健太郎 (B4)、佐藤 あかね (B4)

研究概要

- 極限エネルギー宇宙粒子線の探索

当研究室では、素粒子物理学的な手法を用いて宇宙に於ける極限現象を解明するため、次の二つの国際共同プロジェクトに参加して研究を行っています。

1. Cherenkov Telescope Array (CTA) プロジェクト

超高エネルギーガンマ線天体の観測 ”CTA プロジェクト” に参加し、Spain 領 La Palma に 2018 年 10 月に初号機が完成し、さらに 2-4 号機を建設開始し始めています。将来的には観測天文台を南北両半球に 1 カ所ずつ建設します。

(1) 大型 Cherenkov 望遠鏡を構成する 198 枚の分割鏡の耐久性試験及び望遠鏡構造体の歪みによる分割鏡の光軸のずれを補正する AMC (アクティブミラー制御) を主として担当しています。

(2) CTA プロジェクトの性能を評価するため、ASWG に参加して CORSIKA による CTA に特化した sim_telarray のシミュレーションの計算を始めています。現在、事象に含まれるミューオンに着目し、ミューオンリングの解析から装置の性能評価のシミュレーションを行っています。

2. Telescope Array (TA) 実験：米国 Utah 州に観測装置

(1) 理論的な GZK cutoff の制限を超え、エネルギーが 10 の 20 乗 eV 以上ある、超高エネルギー宇宙線の存在を確認しようと試みています。また、宇宙的な起源の探究を行っています。

(2) 超高エネルギー宇宙線が宇宙のある領域から飛来する可能性を示唆するデータが得られた。ホットスポットの解明を行っています。

学術論文

近畿大学に於ける正式な論文登録, Google Scholar (URL:<https://scholar.google.co.jp/>)、又は Research Gate (URL:<https://www.researchgate.net/>) を参照して下さい。

学士論文

- ・「シミュレーションを用いたミューオン事象による CTA 大口径望遠鏡の集光性能の評価」李 健
- ・「物体の帯電がエアロダイナミクスに与える効果に関する研究的実験」田中 幹
- ・「CTA LST R&D 無線モジュール XBee S2C を用いた電波強度実験」松田 和喜
- ・「CTA LST R&D 無線モジュール XBee PRO S2C を用いた電波強度実験」笹井 健太郎

その他

仕事や研究の能力と人格は全く別なものです。偏差値では表せない、人としての価値や世の中の常識をバランス良く身につける事を目標にして、ゼミ生と共に厳しく且つ楽しく研究活動に臨んでいます。

ソフトマター物理学研究室

堂寺 知成 教授
荒牧 慧 (M2)、安田 有佑 (M2)
中蔵 丈一郎 (M1)
今井 千尋 (B4)、宇都宮 將太 (B4)

研究概要

ソフト準結晶 — 学問分野の創成

「準結晶」の発見は20世紀後半の物質科学上の大発見で2011年にノーベル賞が与えられた。本研究室では「高分子準結晶」を理論的に予測、さらに実験的に発見した。2011年ノーベル化学賞発表の際にも高分子準結晶は言及され、学問の発展に貢献している。ソフトマター準結晶の普遍性と物性の理論的研究をさらに推進し、21世紀の準結晶物理学の新たな潮流を創造することが本研究室の重要な目標である。スロベニアのステファン研究所 Zihnerl 博士と国際共同研究し、ソフトマター準結晶を通して凝縮系物理学の基礎的概念の新たな構築を目指している。その成果は Nature、Nature Materials に発表された。最近、従来の準結晶概念を覆す「青銅比タイリング構造」とその仲間を発見し、さらに結晶物理学の革新を目指している。

ラビリンス — 世にも奇妙なソフトマターの自己組織化現象

ソフトマター物理学は、20世紀末に成立した新しい物理学の1分野である。ソフトマターとよばれる物質群には、高分子、コロイド、液晶、界面活性剤、生体物質などがあるが、本研究室ではソフトマターの自己組織化現象に注目している。これまでアルキメデス相、高分子準結晶、モザイク準結晶、メゾスコピックダイヤモンド相、双曲タイル構造など常識を打ち破る構造を次々に発見し、その統計物理学的計算研究を推進している。特に Schoen 博士の発見した Gyroid 曲面を例としたソフトマター3重周期極小曲面、周期的ラビリンス（迷路）構造に興味を持っている。3重周期極小曲面上の Hexagulation Number の提案が最近の成果である。オーストラリアとの国際共同研究を始めた。

分野を越えた横断的研究

ソフトマター物理学だけでなく、固体物理学、光学、ナノテクノロジー、結晶学、数学、化学との境界領域を横断的に研究することも本研究室の特徴である。特に 20 世紀のエレクトロニクスを支えた半導体はすべてダイヤモンド構造であり、電子エネルギーにバンドギャップを持つ。21 世紀はオプトエレクトロニクスの時代となりつつあるが、光の半導体が求められている。

メディア掲載

- 12 月 28 日、Phys.org “Self-sorting through molecular geometries”
- 12 月 8 日、Nature Chemistry Facebook “Ring shape-dependent self-sorting of pillar[n]arenes assembled on a surface”

学術論文（査読付）

1. “Ring shape-dependent self-sorting of pillar[n]arenes assembled on a surface”
T. Ogoshi, S. Takashima, N. Inada, H. Asakawa, T. Fukuma, Y. Shoji, T. Kajitani, T. Fukushima, T. Tada, T. Dotera, T. Kakuta & T. Yamagishi
Commun. Chem. **1**, Article number: 92 (2018).
doi.org/10.1038/s42004-018-0094-z

修士論文

- 「分子動力学法を用いた三次元準結晶におけるフェイゾンゆらぎの測定」荒牧 慧
- 「二等辺三角形によるジャイロイド構造の自己組織化」安田 有佑

学士論文

- 「非周期的タイリングの拡張について」今井 千尋
- 「高分子ミセルの構造形成シミュレーション」宇都宮 將太

国際学会・研究会講演

1. Hideaki Tanaka, Tomonari Dotera(presenter)
“Self-assembly of hexagons into infinite bicontinuous cubic polyhedra”
23rd Australian Institute of Physics (AIP) Congress, 9H - Focus Session - 50 years of Bicontinuous Cubic Phases, University of Western Australia, Perth, Australia [12 Dec 2018]
2. Tomonari Dotera(presenter) (招待講演 Invited talk)
(S-029)“Two extensions of crystallography: Bronze-mean quasicrystal and crystals on saddle-shaped surfaces”
第47回結晶成長国内会議 (JCCG-47)、仙台市戦災復興記念館、[2 Nov 2018]
3. Tomonari Dotera(presenter) (招待講演 Invited talk)
“Bronze-mean quasiperiodic tiling and its extensions”
Quasicrystals: pattern formation and aperiodic order, International Center for Mathematical Sciences, Edinburgh, Scotland [6 June 2018]
4. Joichiro Nakakura (poster), Tomonari Dotera, Primoz Zihelr
“Associated tilings derived from the bronze-mean quasicrystal”
Quasicrystals: pattern formation and aperiodic order, International Center for Mathematical Sciences, Edinburgh, Scotland [4 June 2018]

国内学会・研究会講演

1. 中蔵丈一郎(presenter)、堂寺知成
「アンマン・ビーンカータイリングから派生する準周期的タイリング構造」
日本物理学会年次大会 ((15aE202-3)、九州大学伊都、[15 March 2019]
2. 堂寺知成(presenter) (招待講演 Invited talk)
「ハードコア-ソフトシェル粒子系の準結晶形成」
『結晶成長の数理』第13回研究会 結晶成長とモンテカルロシミュレーション、学習院大学、[25 Dec 2018]
3. 中蔵丈一郎(presenter)、堂寺知成、Primoz Zihelr、松澤淳一
「青銅比準結晶から派生する非周期的タイリング構造 II」
準結晶研究会、東京理科大葛飾、[18 Dec 2018]
4. 中蔵丈一郎(presenter)
「青銅比準結晶から派生する非周期的タイリング構造」
近畿大学大学院第8回院生サミット、近畿大学本部、[16 Sept 2018]

5. 中蔵丈一郎(presenter)、堂寺知成、Primož Zihel
「青銅比準結晶から派生する非周期的タイリング構造 II」
日本物理学会年次大会 (9pA220-5)、同志社大学田辺、[9 Sept 2018]

競争的外部資金

- 2018 年度科研費 基盤研究 (B) 研究代表者：堂寺知成
ソフトマター準結晶と複雑結晶のデザイン-ソフトマター結晶学の創成 [課題番号 16H04037, 配分総額 13,900,000 円 (2016-2018 年度)、30 年度配分額 4,000,000 円 (2018 年度)]

その他

- 中蔵 丈一郎 (M1) 総合理工マスターズ 2019 優秀ポスター賞 [28 Feb. 2019].
- 中蔵 丈一郎 (M1) 日本物理学会学生優秀発表賞 [6 Oct. 2018].
- 理工学部 Web (YouTube)、中蔵 丈一郎「新たな発見は必ずできる」 [1 Apr. 2018].
- 理工学部 Web (YouTube)、堂寺 知成「近大志向×未来理工」理工学部 スポットライト Vol.1 [1 Apr. 2018].
- 米国物理学会のメール配信ニュースレターのヘッダーに高分子準結晶の図 [2013-2018].

教育業績

非常勤

1. 九州大学大学院理学府・物理学特別講義 19 「ソフトマターの幾何学」。
2. 放送大学大学院授業科目 「現代物理学の論理と方法 ('13)」 客員講師、第 6 回担当、地デジ 12ch (東京)、BS (大阪) などで放送。

学外啓蒙活動

1. オープンキャンパス、オープンラボ「エコエンジン：熱の物理学」2018 年 7 月 22 日。

学内委員

- 世界ランキングプロジェクトメンバー（前、後期）
- 21世紀グローバル推進検討委員（前、後期）
- 教務委員（前、後期）

学外委員など

- 科学技術振興機構 さきがけ「超空間制御と革新的機能創成」領域アドバイザー（2013.6-2019.3）
- 日本物理学会領域6副代表（2018.4-2019.3）

物性理論研究室

笠松 健一 准教授

井原 康輔 (M1)

中畝 正輝 (B4)、町田 佳央 (B4)

稲葉 健太 (B4)、尾崎 裕介 (B4)

須藤 伸弥 (B4)、柳谷 諭 (B4)

研究概要

本研究室ではナノケルビン (10^{-9} K) の超低温まで冷却された中性原子気体系における量子多体現象やボース・アインシュタイン凝縮体で起こる超流動現象に関する理論的研究を行っている。本年度の成果は以下のとおりである。

- スピン軌道相互作用をもつボース凝縮体における変調不安定性によるパターン形成

レーザーによって誘起されたスピン軌道相互作用をもつ2成分 Bose-Einstein 凝縮体 (BEC) において、一様に原子が分布した状態からの変調不安定性による相分離のパターン形成の非線形ダイナミクスを1次元 Gross-Pitaevskii 方程式を用いて解析した。通常の2成分 BEC では密度が混ざった状態が安定であるパラメーター領域でも、スピン軌道相互作用の効果によって混合状態が不安定化することが先行研究により明らかになっていたが、非線形ダイナミクスでは空間的な相分離に加えて、運動量空間においても波動関数が明確な分離を起こすことを明らかにした。

- 磁場中の超流動 $^3\text{He-B}$ 相における量子渦構造の相図

超流動 $^3\text{He-B}$ 相ではコアに成分がない軸対称渦 (o-vortex)、コアが A 相で埋められた軸対称渦 (v-vortex)、コアが planer 相で埋められて軸対称性が破れた渦 (d-vortex) が、安定な渦構造として存在することが知られている。我々は磁場下における超流動 $^3\text{He-B}$ 相の渦構造の安定性を Ginzburg-Landau 方程式を用いて計算し、3つの渦構造に対する相図を得た。結果、磁場の方向が渦の回転軸に平行な場合は d-vortex が安定化し、回転軸に垂直な場合は v-vortex が安定化することが明らかとなった。

- ラビ結合した2成分ボース凝縮体の相対位相ドメインウォールの不安定化

コヒーレントにラビ結合された異なるスピン状態をもつ2成分ボース・アインシュタイン凝縮体は、相対位相が 2π 変化する特徴を持つ sine-Gordon ソリトンと呼ばれるドメインウォールを準安定な構造として形成する。しかし、ドメインウォールには不安定なパラメータ領域が存在し、特に原子間相互作用や

ラビ結合の強さによって、ウォールが長くなればなるほど不安定になり、複数の断片に崩壊することが先行研究の数値シミュレーションにより見出されていた。本研究では、ドメインウォールの不安定性に関して、Gross-Pitaevskii 方程式の数値計算と Bogoliubov-de-Genne 方程式の解析を用いて解析し、ウォールの位置の周期変調がパラメータ領域に動的不安定 (スネーク不安定性と呼ばれる) となり、断片に分裂することの物理的解釈を与えた。

学術論文 (査読付)

1. “Effects of a magnetic field on vortex states in superfluid $^3\text{He-B}$ ”
Kenichi Kasamatsu, Ryota Mizuno, Tetsuo Ohmi, and Mikio Nakahara,
Physical Review B, **99**, 104513 (11 Pages) (2019) (3月号)
DOI:<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.99.104513>
2. “Modulation instability associated nonlinear dynamics of spin-orbit coupled Bose-Einstein condensates”
Thudiyangal Mithun and Kenichi Kasamatsu,
Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics **52**, 045301 (9 Pages) (2019) (1月号).
DOI:<https://doi.org/10.1088/1361-6455/aafbdd>
3. “Stripes and honeycomb lattice of quantized vortices in rotating two-component Bose-Einstein condensates”
Kenichi Kasamatsu and Kouhei Sakashita,
Physical Review A, **97**, 053622 (6 Pages) (2018) (5月号)
DOI:<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.97.053622>

学士論文

- 「2次元光格子中のボース凝縮体のソリトンと渦の生成」 中畝 正輝
- 「非一様な2次元光格子中の冷却原子気体における超流動-Mott 絶縁体転移のダイナミクス」 町田 佳央
- 「相分離した2成分 BEC の界面における Kelvin-Helmholtz 不安定性の解析」 稲葉 健太
- 「光格子中の一次元ボース気体におけるダークソリトンの準古典ダイナミクス」 尾崎 裕介
- 「Andreev 反射の理論」 須藤 伸弥
- 「STIRAP による遷移効率のシミュレーション」 柳谷 諭

国際学会・研究会講演

1. Mikio Nakahara (presenter), Kenichi Kasamatsu, Ryota Mizuno, Tetsuo Ohmi
“Vortices in superfluid He-B under magnetic field”
PHYSICS DAYS 2019, Helsinki, Finland [5 Mar. 2019]
2. Kenichi Kasamatsu(presenter)
“Dynamics of topological excitations in single- and multi-component Bose-Einstein condensates”
Seminar in Center for Theoretical Physics of Complex Systems (PCS), Institute for Basic Science (IBS), Daejeon, South Korea [27 Nov. 2018]

国内学会・研究会講演

1. 笠松健一 (presenter)、大見哲巨、中原幹夫
「有限磁場下における超流動 $^3\text{He-B}$ 相の渦芯構造と相図 II-横磁場の場合-」
日本物理学会 第 74 回年次大会、九州大学、福岡市 [15 Mar. 2019]
2. 尾崎裕介 (presenter)、長尾一馬、段下一平、笠松健一
「光格子中の一次元 Bose 気体におけるダークソリトンの準古典ダイナミクス」
日本物理学会 第 74 回年次大会、九州大学、福岡市 [14 Mar. 2019]
3. 井原康輔 (presenter)、笠松健一
「ラビ結合した 2 成分ボース凝縮体のドメインウォールの不安定化」
日本物理学会 第 74 回年次大会、九州大学、福岡市 [14 Mar. 2019]
4. 笠松健一
「非軸対称な芯をもつ量子渦～Rabi 結合した 2 成分 BEC および超流動 $^3\text{He-B}$ ～」
超流動 ^3He およびスピノール BEC におけるトポロジカル相・励起, 近畿大学、東大阪市 [23 Dec. 2018]
5. 笠松健一
「光格子中の極性ハードコアボソンにおける非平衡ダイナミクス」(ポスター)
量子情報・物性の新潮流, 物性研究所 短期研究会、東京大学、柏市 [2 Aug. 2018]

競争的外部資金

- 2018-2021 年度科学研究費(基盤 C) 「光格子中の長距離相互作用を有する冷却原子系における非平衡量子ダイナミクスの解明」
研究代表者:笠松 健一 直接経費 700,000 円 (2018 年度)

- 2017-2019 年度科学研究費(基盤 C)「複雑な秩序変数を持つ量子凝縮体におけるトポロジカル励起」
研究代表者:中原 幹夫 分担 100,000 円 (直接経費 1,100,000 円) (2018 年度)

教育業績

学外啓蒙活動

- 「物理教育を考える会 I (大学入試問題検討会)」
大阪大学
2018 年 6 月 9 日

その他

- 教員採用試験春季集中講座 一般および専門教養(物理)担当 平成 31 年 3 月 4 日

運営

学内委員

- 学生委員会委員 (前期)
- 就職対策委員会委員 (後期)
- 学生活活性化委員会委員 (後期)
- 学習支援室 物理学コース連絡担当

学外委員など

- Scientific Reports (Nature publishing group) Editorial board member

量子多体物理学研究室

段下 一平 准教授

後藤 慎平 (PD)、國見 昌哉 (PD)*

長尾 一馬 (D3)*

* 公式には京都大学基礎物理学研究所に所属

研究概要

- 量子多体系の数値計算手法の開発

量子多体系を厳密対角化法で解析すると、数値計算のコストが系のサイズに対して指数関数的に増大する。そのため、多くの場合現実的な実験と対応する結果を得るためには、より効率的な計算手法が必要である。

行列積状態とは一次元量子多体系の波動関数を効率的に記述する方法であり、最近の研究で時間依存変分原理と呼ばれる行列積状態の実時間発展の新しい計算手法が開発されていた。時間依存変分原理を用いることの大きな利点は、その時間発展において系の波動関数ノルムと全エネルギーの保存が保たれることである。本研究では、時間依存変分原理の数値計算コードを作成し、この方法をハバード型のモデルの量子クエンチダイナミクスに応用した。結果として、この方法が系のハミルトニアンに含まれるグローバルな観測量を長時間にわたって記述できることを明らかにした。

切断ウィグナー近似 (TWA) 法は量子ダイナミクスにおける量子ゆらぎの効果を、古典ダイナミクスの初期状態を初期のウィグナー関数を確率分布としてサンプリングすることで含めるという準古典的な手法である。本研究では、Mott 絶縁体を初期状態として超流動領域まで量子クエンチした際の実時間発展に、TWA 法を応用した。Mott 絶縁体を初期状態とした TWA 法は、ウィグナー関数が負の値をとるため、これをガウス関数で近似するという処理が入る。この近似のもとで、TWA 法が定量的に現実的な量子ダイナミクスを記述できるかどうかは未知であった。光格子中のボース気体を用いたボース・ハバードモデルの量子シミュレータとフィッティングパラメータなしで比較することで、TWA 法が上記の量子ダイナミクスを定量的に記述できることを明らかにした。

- 量子シミュレータを用いて新奇な量子多体現象の実現する方法の提案

冷却気体系からなるアナログ量子シミュレータは非常に制御性と清浄性が高いため、新奇な量子多体現象の発見に有用である。特に、精密な理論研究が予想した現象をほぼそのままの形で実現できることが大きな利点である。本研究

では、空間3次元のボース・ハバード模型の量子シミュレータを用いて安定な Higgs モードの観測が可能であることを示した。また、二重井戸光格子中のダイポラー・フェルミ気体の Mott 絶縁体相においてトポロジカル相分類の縮減が起こることを予言した。

学術論文（査読付）

1. “Performance of the time-dependent variational principle for matrix product states in long time evolution of a pure state”
Shimpei Goto and Ippei Danshita, *Physical Review B*, **99**, 054307 (2019) [8 pages]
DOI:10.1103/PhysRevB.99.054307
2. “Semiclassical quench dynamics of Bose gases in optical lattices”
Kazuma Nagao, Masaya Kunimi, Yosuke Takasu, Yoshiro Takahashi, and Ippei Danshita, *Physical Review A*, **99**, 023622 (2019) [11 pages]
DOI:10.1103/PhysRevA.99.023622
3. “Reduction of topological Z classification in cold atomic systems”
Ysuneya Yoshida, Ippei Danshita, Robert Peters, and Norio Kawakami, *Physical Review Letters*, **121**, 025301 (2018) [6 pages]
DOI:10.1103/PhysRevLett.121.025301
4. “Response of the Higgs amplitude mode of superfluid Bose gases in a three dimensional optical lattice”
Kazuma Nagao, Yoshiro Takahashi, and Ippei Danshita, *Physical Review A*, **97**, 043628 (2018) [19 pages]
DOI:10.1103/PhysRevA.97.043628

博士論文

- 「Fluctuations and non-equilibrium phenomena in strongly-correlated ultracold atoms」 Kazuma Nagao, Kyoto University.

学士論文

- 「光格子中の一次元 Bose 気体におけるダークソリトンの準古典ダイナミクス」
尾崎 裕介（正式には物性理論研究室に所属し、共同で指導）

国際学会・研究会講演

1. Ippei Danshita
“Far-from-equilibrium dynamics of the Bose-Hubbard model: Quantum and classical simulations”
Workshop “2018 International Workshop on Quantum Information, Quantum Computing and Quantum Control”, Shanghai University, Shanghai, China [8 Nov. 2018], Invited.
2. Shimpei Goto (presenter) and Ippei Danshita
“Kondo Dynamics in Fermionic Alkaline-Earth Atoms at Finite Temperatures”
Workshop “Quantum Phases of Fermions in Optical Lattices: The Low-Temperature Frontier”, ITAMP Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA [9 Oct. 2018], Poster.
3. Ippei Danshita
“Quench Dynamics of the Bose-Hubbard Model: Digital Classical Simulation versus Analog Quantum Simulation”
Workshop “The 3rd Beijing-Tokyo Workshop on Ultracold Atomic Gases”, IAS Tsinghua University, Beijing, China [26 Aug. 2018], Invited.
4. Masaya Kunimi (presenter) and Ippei Danshita
“Can the truncated-Wigner approximation correctly describe thermal and quantum phase slips in one-dimensional Bose gases?”
Workshop “International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2018”, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japa [30 Jul. 2018], Poster.
5. Shimpei Goto (presenter) and Ippei Danshita
“Cooling schemes for two-component fermions in bilayer optical lattices”
Workshop “C3QS: Coherent Control of Complex Quantum Systems 2018”, OIST, Onna-son, Okinawa, Japan [17 Apr. 2018], Poster.

国内学会・研究会講演

1. 長尾 一馬 (発表者), 高須 洋介, 高橋 義朗, 段下 一平
「SU(3)-discrete truncated-Wigner 近似の開発と冷却原子系への応用」
日本物理学会年次大会, 九州大学, 福岡県福岡市西区 [16 Mar. 2019], ポス

ター.

2. 尾崎 裕介 (発表者), 長尾 一馬, 段下 一平, 笠松 健一
「光格子中の一次元 Bose 気体におけるダークソリトンの準古典ダイナミクス」
日本物理学会年次大会, 九州大学, 福岡県福岡市西区 [15 Mar. 2019].
3. 後藤 慎平 (発表者), 段下 一平
「冷却原子系の近藤効果: 行列積状態による有限温度ダイナミクスのシミュレーション」
日本物理学会年次大会, 九州大学, 福岡県福岡市西区 [14 Mar. 2019].
4. 國見 昌哉 (発表者), 段下 一平
「局所粒子数ロスをもつ Bose-Einstein 凝縮体のピン留めポテンシャル誘起の双安定性」
日本物理学会年次大会, 九州大学, 福岡県福岡市西区 [14 Mar. 2019].
5. 段下 一平
「光格子中のフェルミ気体における強相関効果: SYK 模型と近藤効果」
量子多体系の素核・物性クロスオーバー, 高エネルギー加速器研究機構, 茨城県つくば市 [14 Jan. 2019], 招待講演.
6. 國見 昌哉 (発表者), 段下 一平
「局所粒子数ロスをもつボース凝縮体の双安定性」
非平衡系の物理学一階層性と普遍性一, 京都大学基礎物理学研究所, 京都府京都市左京区 [27 Dec. 2018], ポスター.
7. 國見 昌哉 (発表者), 段下 一平
「冷却原子系における超流動流に対する粒子ロスの効果」
超流動 ^3He およびスピノール BEC におけるトポロジカル相・励起, 近畿大学, 大阪府東大阪市 [23 Dec. 2018], 招待講演.
8. 後藤 慎平 (発表者), 段下 一平
「冷却アルカリ土類原子系の有限温度近藤ダイナミクス」
スピン系物理の最前線, 京都大学基礎物理学研究所, 京都府京都市左京区 [1 Nov. 2018], ポスター

9. 後藤 慎平 (発表者), 段下 一平
「時間依存変分原理を行列積状態の時間発展とその長時間ダイナミクス」
日本物理学会秋季大会, 同志社大学, 京都府京田辺市 [12 Sep. 2018].
10. 國見 昌哉 (発表者), 段下 一平
「局所粒子数ロスが誘起する超流動流の安定性」
日本物理学会秋季大会, 同志社大学, 京都府京田辺市 [9 Sep. 2018].
11. 長尾 一馬 (発表者), 高須 洋介, 高橋 義朗, 段下 一平
「強相関ボース気体における空間相関の伝搬に対する $SU(3)$ Truncated-Wigner 近似」
日本物理学会秋季大会, 同志社大学, 京都府京田辺市 [9 Sep. 2018].
12. 長尾 一馬 (発表者), 國見 昌哉, 高須 洋介, 高橋 義朗, 段下 一平
「ボース・ハバード系における量子相転移をまたぐ急峻なクエンチ後の空間相関の準古典的伝搬」
日本物理学会秋季大会, 同志社大学, 京都府京田辺市 [9 Sep. 2018].
13. 國見 昌哉 (発表者), 段下 一平
「冷却原子系における有限温度超流動体の超流動流の減衰」
熱場の量子論とその応用, 理化学研究所, 埼玉県和光市 [30 Aug. 2018].

競争的外部資金

- 2018-2020 年度 科学研究費 (基盤 C) 「ホログラフィー原理と光格子中の冷却気体の協奏による量子重力実現の提案」
研究代表者:段下 一平 直接経費 1,400,000 円 (2018 年度)
- 2018-2022 年度 科学研究費 (基盤 S) 「光格子中超低温原子気体の軌道及びスピン自由度を駆使した新量子物性の開拓」
研究代表者:高橋 義朗 (京都大学), 研究分担者:段下 一平 直接経費 200,000 円 (2018 年度)
- 2018-2022 年度 JST CREST 研究 「冷却原子の高度制御に基づく革新的光格子量子シミュレーター開発」
研究代表者:高橋 義朗 (京都大学), 主たる共同研究者:段下 一平 直接経費

5,002,000 円 (2018 年度)

- 2018-2027 年度 光・量子飛躍フラッグシッププログラム 基礎基盤研究「アト秒ナノメートル領域の時空間光制御に基づく冷却原子量子シミュレータの開発と量子計算への応用」
研究代表者:大森 賢治 (分子科学研究所), 共同研究者:段下 一平 直接経費 1,500,000 円 (2018 年度)

教育業績

学外啓蒙活動

- 「量子多体物理と量子シミュレーション」出張授業
兵庫県立神戸高塚高校
2019 年 3 月 6 日

書籍 (電子書籍含む)

- 「Sachdev-Ye-Kitaev 模型, ブラックホール, 冷却気体系」 p.569-574 分担執筆
「日本物理学会誌 第 73 巻」
2018 年 8 月 5 日、日本物理学会発行

運営

学内委員

- 学生委員 (後期)
- ロシアワーキンググループ委員 (後期)

学外委員など

- 国際研究会 “Quantum Simulation of Novel Phenomena with Ultracold Atoms” の組織委員
- 国際研究会 “The 4th Kyoto-Beijing-Tokyo Workshop on Ultracold Atomic Gases” の組織委員

量子制御研究室

近藤 康 教授

Le Bin Ho (PD)

河野 貢一郎 (B4)、合内 勇斗 (B4)

松平 隆二 (B4)、山下 大貴 (B4)

研究概要

- 核磁気共鳴 (NMR) 装置の開発と応用

NMR は比較的簡単な装置で量子力学的な対象 (原子核のスピン) を操作し測定できる実験手法である。その応用分野は広く、医療における MRI (Magnetic Resonance Imaging) から最先端の物性研究まで幅広い分野で使われている。

昨年度には、電気電子工学科の菅原先生と協力して開発したフェライト磁石を用いた静磁場による NMR 装置を改良して、化学シフトが検出できるまで磁場の均一度を向上させた。

次の項目にも関係するが、これらの卓上型 NMR 装置による量子アルゴリズムの実装にも 2018 年度に成功した。

- 量子コンピュータ、特に NMR 量子コンピュータ

古典コンピュータが 0 と 1 を用いた 2 進数を使って論理演算を行うのに対し、量子コンピュータは量子力学に基づき、 $|0\rangle$ と $|1\rangle$ と見なすことができる二つの状態を論理演算の基礎に置く。量子コンピュータの研究と言っても、その本質は量子力学の研究である。

今、量子コンピュータの分野は非常に面白い。まるで、アメリカの西部開拓時代のようにちょっと危ない雰囲気がある (詐欺師まがいの研究者がいたり、早撃ちの決闘のようにできるだけ早く論文を出さないと競争に負ける、などのことがある)。しかしながら、とても「元気」のある領域である。

化学分析に用いる NMR 装置を用いて、実験的にアルゴリズムの研究を行ってきた。簡単な Deutsch-Jozsa のアルゴリズムからスタートして、「量子テレポーテーション」の実験にも成功している。2008 年度から装置の開発も始めた。最近、溶液中の分子を近似的な孤立系とみなして、緩和の研究を行っている。

2017 年 10 月から、NTT の物性基礎研究所の斎藤志郎氏がチーム・リーダーの「超伝導量子ビットを用いた極限量子センシング」の CREST 研究の主たる共同研究者になった。近畿大学では、「量子センサ実現に向けた理論の開発と NMR による原理実証」を行う。この予算で 2018 年度は博士研究員 (PD) を採用した。

- 学生実験装置の開発

コンパクトで簡単だけれど、教育的な価値のある実験が行える装置を「開発」し、その指導法を「研究」している。

これまでに、等電位線、光の干渉、コンデンサーの充放電、相互誘導、高温超伝導、共振回路などの実験を行う装置を作ってきた。「開発」した装置による実験手引き書は私のホームページにて閲覧可能である。また、「物理学実験教育の新しい試み（近畿大学理工学部通信、第31号）」も参照のこと。

学術論文（査読付）

1. “Modular-value-based metrology with spin coherent pointers”
Le Bin Ho and Y. Kondo, Physics Letters A, **383**, 153-157.
2. “Simple and low-cost tabletop NMR system for chemical-shift-resolution spectra measurements”
Y. Hibino, K. Sugahara, Y. Muro, H. Tanaka, T. Sato, and Y. Kondo, J. Mag. Res. **294** (2018) 128-132.

学術論文（査読なし、招待論文）

1. “Study of open systems with molecules in isotropic liquids”
Masayuki Matsuzaki and Y. Kondo, Modern Physics Letters B **32** (2018) 1830002.

学士論文

- 「プロジェクション・マッピングを使った物理学実験」 河野 貢一郎
- 「電子回路の測定実験の改良」 松平 隆二
- 「フライングディスクの物理学」 山下 大貴
- 「波形変換装置の製作」 合内 勇斗

国際学会・研究会講演

1. Hibino Yoshihiko, Sugahara Kengo, Muro Yoichi, Tanaka Hirokazu, Sato Toshiyuki, Yasushi Kondo
“Field Inhomogeneity Compensation of the NMR Magnet System with Small Ferromagnetic Materials”
CEFC2018, Hangzhou, Chin, [28 ~ Oct. 2018]

2. Le Bin Ho(presenter) and Y. Kondo
 “Quantum-enhanced metrology based on modular-value measurements with spin coherent pointers”
 18th Asian Quantum Information Science Conference, Nagoya, Japan, [8 ~ 12 Sep. 2018]
3. Le Bin Ho and Y. Kondo(presenter)
 “NMR system for studying a magnetic sensor in noisy environment”
 18th Asian Quantum Information Science Conference, Nagoya, Japan, [8 ~ 12 Sep. 2018]

国内学会・研究会講演

1. 近藤 康(presenter)
 14pG213-4 スピンの横緩和と複素対称行列による解析
 日本物理学会第 74 回年次大会、九州大学伊都キャンパス [14 ~ 17 Mar. 2019]
2. Le Bin Ho (presenter) and Y. Kondo
 17aK304-1 Tradeoffs in the multiple-parameter estimation in postselection measurements
 日本物理学会第 74 回年次大会、九州大学伊都キャンパス [14 ~ 17 Mar. 2019]
3. 日比野良彦、菅原賢悟、近藤康、室洋一、田中宏和、佐藤利行
 2-139 卓上 NMR 装置の磁場の均一度の向上
 平成 31 年度電気学会全国大会、北海道科学大学、札幌 [12 ~ 14 Mar. 2019]
4. 菅原賢悟、原頭京壺、近藤康、矢野博幸
 SA-19-017, RM-19-017 永久磁石の近傍磁場に打切特異地分解法を用いた磁化推定
 静止器・回転器合同研究会、岡山大学津島キャンパス [5 ~ 6 Mar. 2019]
5. 原頭京壺、菅原賢悟、近藤康、矢野博幸
 MAG-19-012 円板型永久磁石の近傍磁場測定に TSVD 法を用いた内部磁化分布の評価
 マグネティックス研究会、日本文理大学湯布院研修所 [21 ~ 22 Feb. 2019]
6. Le Bin Ho (presenter) and Y. Kondo
 “Enhancement of Sensitivity in Measurements with Modular Values”
 量子情報・物性の新潮流 (NQuIC2018)、柏 (物性研究所) [31 Jul. ~ 3 Aug. 2018]

7. 日比野良彦、菅原賢悟、室洋一、田中宏和、佐藤利行、近藤康
MAG-18-057 卓上 NMR 装置用のフェライト磁石におけるシミング
マグネティックス研究会、地方創生センター、秋田大学手形キャンパス [19
～ 20 Jul. 2018]

競争的外部資金

- 戦略的創造研究推進事業、研究タイプ「チーム型（CREST）」
研究領域「量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出」
研究課題「超伝導量子ビットを用いた極限量子センシング」
期間「2017年10月1日より2022年3月31日まで（予定）」
研究代表者「齋藤 志郎」
研究題目「量子センサ実現に向けた理論の開発と NMR による原理実証」
主たる共同研究者「近藤 康」
2018年度直接経費「665万円」

教育業績

学外啓蒙活動

- SSH 泉北高校 大学訪問研修
近畿大学
平成30年7月26日
- 近畿大学附属中学校訪問実験
近畿大学
平成30年8月29日
- 出張実験
弥刀中学と若江中学
平成30年9月7日、14日、平成31年2月12日、22日
- 小中高教員のための理科実験体験イベント
近畿大学
平成30年12月22日

運営

学内委員

- 人権委員（前、後期）

- 3年生担任(前、後期)
- 教員養成カリキュラム委員(前、後期)
- 理学専攻物理学分野副専攻長(前、後期)

固体電子物理研究室

増井 孝彦 准教授

金子 征司 (M2)、斎藤 将人 (B4)、
岩元 一馬 (B4)、山下 和也 (B4)、
福田 智也 (B4)、土田 拓実 (B4)、
小北 凱弥 (B4)

研究概要

- 高温超伝導体 YBCO の焼成温度による Zn 置換位置の検証
高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBCO) には CuO_2 面と CuO 鎖の 2 種類の Cu サイトがある。Zn は Cu と置換可能であるが、結晶構造中に 2 つの異なる置換位置があることになる。Zn の置換位置の制御はこれまでに焼成時のガス雰囲気によって行われた例がある。本研究では焼成温度も置換位置の決定要因ではとないかという仮説を立て、その検証を一連の実験によって行った。置換位置の違いは超伝導転移温度に現れる。Zn が超伝導を担う CuO_2 面に入ると超伝導転移温度が著しく低下するが、 CuO 鎖へ入ると超伝導転移温度は変化しない。この事を基に作製した試料の転移温度を比較したところ、比較的低温で焼成した試料は高温で作製した試料より転移温度が低くなり、Zn が CuO_2 面へ入る確率が高いことがわかった。
- 電析法による鉄系超伝導体 FeSe 膜の合成
鉄系超伝導体は近年注目されている物質群であり、その中で 11 系とも呼ばれる FeSe は比較的転移温度が高いことから注目されている。本研究ではこの FeSe を電析法により室温で合成した。FeSe は作製法によって超伝導転移温度が微妙に変化することがある。その原因としては Fe/Se 比が 1 からずれることがあるためと考えられた。その点を明らかにすべく製膜の条件を変化させながら、Fe/Se 比が異なると考えられる一連の試料を作製し評価し、報告されている相図と比較した。その結果、室温で作製される FeSe 電析膜には高温合成では出来ない準安定相が出来ている可能性があることを指摘した。

学術論文 (査読付)

1. “Surface termination and electronic reconstruction in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ”
Hideaki Iwasawa, Niels B. M. Schröter, [Takahiko Masui](#), Setsuko Tajima, Timur K. Kim, Moritz Hoesch, Physical Review B, **98**, 081112(R) (2018).
DOI: 10.1103/PhysRevB.98.081112

修士論文

- 「電析法による鉄系超伝導体 FeSe_{1-x} の合成」 金子 征司

学士論文

- 「第一原理計算を用いた DV- $X\alpha$ 法による電子状態計算」 斎藤 将人
- 「回折格子方程式に基づく透過型分光器製作について」 岩元 一馬
- 「YBCO における Ni と Zn の同時置換効果」 山下 和也
- 「YBCO の焼成温度による Zn 置換位置の検証」 福田 智也
- 「反射型簡易分光器の製作と原子スペクトルの観測」 土田 拓実
- 「銅酸化物高温超伝導体 YBCO の Sr 置換効果」 小北 凱弥

教育業績

学外啓蒙活動

- 出張授業 (SPP)
タイトル：「物質の磁性」
東大阪市立弥刀中学 30 校
平成年 9 月 14 日

運営

学内委員

- 入学試験委員、オープンキャンパス委員（前、後期）
- 理工学部基礎物理科目世話人（前、後期）

生物物理学研究室

矢野 陽子 准教授

奥野 真里 (M1)、野中 允幾 (B4)、下屋 俊介 (B4)
多田 紘規 (B4)、小川 翔生 (B4)、藤原 克則 (B4)

研究概要

- **タンパク質の界面吸着ダイナミクスの観測**
タンパク質は非常に複雑で多種多様の構造を持つ。これは、個々のタンパク質分子が生体内中に存在する何千という異なる分子をわずかな三次元的相互作用で認識することで、その機能を発現するというしくみによる。本研究では、タンパク質が熱力学的な最安定構造（ネイティブ状態）から、外部環境の変化に応じて変性（アンフォールド状態）する際の構造変化を追跡することで、最安定構造を決めるファクターについて検討している。放射光施設の高輝度X線を用い、構造変化の様子を実時間計測する手法の開拓も行っている。
- **マランゴニ対流生成消滅にともなう自己組織化膜形成ダイナミクスの研究**
マランゴニ対流は、表面張力が場所によって異なる場合に自発的に生じる対流のことである。一般に界面で自己組織化膜が形成されるとき、しばしばマランゴニ対流を伴う。本研究では、マランゴニ対流によって、界面に生成消滅する自己組織化膜の形成過程を、表面張力および時分割X線反射率測定によって観測する。界面の電子密度分布の時間変化から、両親媒性分子の自己組織化機構を分子レベルで理解することを目指す。

学術論文（査読付）

1. 「X線回折/赤外分光同時測定システムの開発とココアバターの融解過程の観測」
奥野真里, 江畑翔一, 西川寿規, 小川裕彌, 矢野陽子, X線分析の進歩, 50, 161-168 (2019) (2月号)

学士論文

- 「X線反射率計算による気液界面に吸着するタンパク質の構造決定」 野中 允幾
- 「非可溶性界面活性剤のマランゴニ対流への影響」 下屋 俊介

- 「粒子画像流速測定システムの開発と、それを用いたマランゴニ対流の流れの解析」 多田 紘規
- 「マランゴニ対流が発生したときの水面上における表面張力の分布の観測」 小川 翔生
- 「塩水振動に見る周期の不壊性」 藤原 克則

国内学会・研究会講演

1. 奥野真里, 江畑翔一, 西川寿規, 小川裕彌, 矢野陽子
「X線反射率/赤外分光同時測定システムの開発」
X線分析討論会、東京理科大学、東京都 [25 Oct. 2018]

競争的外部資金

- 科研費 (基盤 C、2017-2020 年度 「マランゴニ対流生成消滅にともなう自己組織化膜形成ダイナミクスの研究」)
研究代表者: 矢野陽子 直接経費 1,300,000 円 (2018 年度)

教育業績

学外啓蒙活動

- 高校内ガイダンス
兵庫県立尼崎小田高校
平成 30 年 7 月 11 日

運営

学内委員

- 予算委員 (後期)
- ハラスメント防止相談員
- 33 号館物理学実験室世話人

学外委員など

- SPring-8 ユーザー協同体「ソフト界面科学研究会」代表
- 大阪府原子炉問題審議会委員

生命動態物理学研究室

西山 雅祥 准教授
上之家由美子 (研究員)

研究概要

- 歯根膜線維芽細胞の動態イメージング

私達の体の中には、日常生活をおくる間に数百気圧もの静水圧を受けている部位がある。歯の根元にある歯根膜線維芽細胞や、軟骨細胞がその代表例である。本研究では、これまで開発してきた高圧力顕微鏡を用いて、歯根膜線維芽細胞が静水圧に対する応答を調べた。その結果、20MPa以上の静水圧を負荷したところ、細胞全体の形状変化のみならず、細胞内部のアクチンストレスファイバーや細胞核にも変化がみられた。今後は、他の生物種に由来する細胞などを併用しながら、生体試料の力学応答に対する普遍的なメカニズムの解明を目指して研究を進展させていく。

学術論文（査読付）

1. “ Commonly stabilized monomeric cytochromes c from deep-sea *Shewanella* and *Pseudomonas* ”
Sotaro Fujii, Misa Masanari-Fujii, Shinya Kobayashi, Chiaki Kato, Masayoshi Nishiyama, Yoshie Harada, Satoshi Wakai and Yoshihiro Sambongi *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry*, **82**, (5): 792-799 (2018) (5月号)
DOI: 10.1080/09168451.2018.1448255

学術論文（査読なし）

1. “細菌の祖先がもつ運動マシナリーを現代に蘇らせる”
西山雅祥, 金井保, 竹川宣宏 *生物工学会誌*, **96**, (4): 11-14 (2018) (4月号)

著書

1. “The Role of Water in ATP Hydrolysis Energy Transduction” Makoto Suzuki (ed.) p.325-337 分担執筆
2. “Chapter 19: Controlling motility of ATP-driven molecular motors with high hydrostatic pressure” 2018年5月24日（第1版） Springer

国内学会・研究会講演

1. 西山雅祥 (presenter), 新井由之
「高圧力下でのバクテリア運動観察」 Direct Observation of bacterial motility at high pressure ”
2018 年度べん毛研究交流会、ホテル明山荘、蒲郡市 [13 Mar. 2019]
2. 西山雅祥 (presenter),
「力学刺激による生命活動の活性化コントロール」名古屋大学セミナー、名古屋大学、名古屋市 [28 Feb. 2019]
3. 森松賢順, 西山雅祥 (presenter), 綾晃記, 藤田彩乃, 成瀬恵治
「生理的環境下で負荷される静水圧による細胞動態コントロール」
2019 年生体運動研究合同班会議、福岡大学、福岡市 [4 Jan. 2019]
4. Masayoshi Nishiyama (presenter), Toshiki Yagi
” Viewing the rhythmical beating motion of paralyzed-flagella mutants of *Chlamydomonas* at high-pressure ”
10th International Conference on High Pressure Bioscience & Biotechnology、沼津、沼津市 [21 Sep. 2018]
5. Masayoshi Nishiyama (presenter) (Invited talk)
「高圧力で誘起される細胞運動」 Pressure-induced activation of the cell motility ”
日本生物物理学会、岡山大学、岡山市 [17 Sep. 2018]

競争的外部資金

- 2016-2018 年度科学研究費 (基盤 C) 「タンパク質分子間相互作用の力学変調と高分解能イメージング」
研究代表者:西山 雅祥 直接経費 1,200,000 円 (2018 年度)
- 2017-2018 年度科学研究費 (新学術領域: 動的構造生命) 「大腸菌べん毛モーターの回転コントロールによるスイッチング機構の解明」
研究代表者:西山 雅祥 直接経費 2,000,000 円 (2018 年度)
- 2017-2019 年度科学研究費 (基盤 B) 「回転分子モーター制御機構解明への再構成的アプローチ」
研究代表者:川岸 郁朗 (研究分担者: 西山 雅祥 直接経費 800,000 円) (2018 年度)

運営

学内委員

- 施設設備委員（後期）

学外委員など

- 日本生物物理学会 代議員
- 日本生物物理学会 分野別専門委員

一般相対論・宇宙論研究室

石橋 明浩 教授

上田 航大 (M2)、奥村 貴司 (M2)

南川 朋輝 (M2)

関山 和輝 (B4)、村島 崇矩 (B4)

星野 心 (B4)、竹林 蒼真 (B4)

森田 悠希 (B4)、鶴留 達也 (B4)

松本 怜 (B4)

研究概要

- **ブラックホール時空上の有質量ボソン場のダイナミクス**
超弦理論のコンパクト化から導かれ得る様々な有質量ボソン場のブラックホール時空上のダイナミクスの理解、特に有質量ベクトル場やテンソル場が回転ブラックホールとの相互作用で引き起こす超放射不安定性の理解を目指し、その第一段階として、静的臨界ブラックホール上での有質量ベクトル場の波動方程式の簡略化を行った。
- **最大荷電静的ブラックホール多体系における測地線**
最大荷電静的ブラックホールは、その厳密解として多体系を形成することができる。ブラックホール連星合体からの重力波を理解する動機のもと、ブラックホール連星のスナップショットとも見なせる最大荷電静的ブラックホール多体系における測地線の振舞いを調べた。
- **ワームホール時空と量子論的光的エネルギー条件**
量子重力の文脈で最近研究されている、量子的光的エネルギー条件 (QNEC) の成立条件について、AdS-CFT 対応を応用して議論した。特に QNEC が破れるワームホール時空の例を構成した。この結果の興味深い点として、ワームホール時空上でのエンタングルメントエントロピーを評価するさいに取る正則化として、紫外発散とともに赤外発散の正則化の仕方が QNEC の評価と関係することが分かった。

学術論文 (査読付)

1. “Violation of the quantum null-energy condition in a holographic wormhole and infrared effects”
Akihiro Ishibashi, Kengo Maeda, and Eric Mefford

Phys. Rev. D 99 (2019) no.2, 026004
DOI: 10.1103/PhysRevD.99.026004

2. “Black hole binaries: ergoregions, photon surfaces, wave scattering, and quasi-normal modes’
Thiago Assumpcao, Vitor Cardoso, Akihiro Ishibashi, Mauricio Richartz, Miguel Zilhao
Phys.Rev. D98 (2018) no.6, 064036
DOI: 10.1103/PhysRevD.98.064036
3. “Massive vector field perturbations on extremal and near-extremal static black holes”
Kodai Ueda and Akihiro Ishibashi,
Phys.Rev. D97 (2018) no.12, 124050
DOI: 10.1103/PhysRevD.97.124050

修士論文

- 「ブラックホール時空上のボソン場の解析」 上田 航大
- 「重力波の準固有振動への WKB 近似の応用」 奥村 貴司
- 「極大回転ブラックホールからの輻射の解析的研究」 南川 朋輝

学士論文

- 「初期宇宙とインフレーション」 鶴留 達也
- 「インフレーション理論と重力波」 竹林 蒼真
- 「球対称星の重力崩壊とブラックホール形成」 村島 崇矩
- 「シュバルツシルトブラックホールについて」 関山 和輝
- 「ブラック j ホール No-hair 定理とバリオン数」 星野 心
- 「定常ブラックホールはスカラー場およびベクトル場の毛を持てるか」 松本 怜
- 「流体を用いた疑似ブラックホール」 森田 悠希

国際学会・研究会講演

1. 石橋明浩
“On massive vector perturbations in extremal black hole”
京都大学基礎物理学研究所国際モレキュール型研究会「Dynamics in Strong Gravity Universe」(国際学会) 於 京都大学 2018年9月
2. 上田航大
“Massive vector field perturbations on extremal static black holes”
国際研究会「The 28th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan」(国際学会) 於 立教大学 2018年11月 ポスター発表

国内学会・研究会講演

1. 上田航大
「最大荷電ブラックホール時空上の有質量テンソル場の摂動展開法」
日本物理学会 74 回年次大会・九州大学 2019年3月
2. 石橋明浩
「ブラックホールの数理：その大域構造と安定性」
日本物理学会 74 回年次大会・シンポジウム招待講演・九州大学・2019年3月
3. 上田航大
「最大荷電ブラックホール時空上の有質量ベクトル場の摂動展開法」
日本物理学会 2018 年度秋季大会・信州大学
4. 石橋明浩
“The Quantum Null Energy Condition and its violation”
セミナー講演 東京大学本郷 素粒子論研究室 2018年10月29日
5. 石橋明浩
“Violation of the Quantum Null Energy Condition in a holographic wormhole”
セミナー講演 京都大学 素粒子論研究室 2018年10月31日
6. 石橋明浩
“The Quantum Null Energy Condition and its violation”
セミナー講演 大阪大学 素粒子論研究室 2019年1月8日
7. 石橋明浩
“Violation of the Quantum Null Energy Condition in a holographic wormhole”
セミナー講演 名古屋大学 素粒子論研究室 2019年1月29日

競争的外部資金

- 2018年度科研費 基盤研究(C) 研究代表者: 石橋明浩 高次元ブラックホールの安定性 (課題番号 15K05092, 配分額 910,000 円)
- 2018年度 年度科研費 基盤研究(C) 分担者: 石橋明浩 非線形物理現象への AdS/CFT 双対性の応用 (課題番号 23740200, 配分額 300,000 円)

教育業績

学外啓蒙活動

- 講話 於 神門寺 「ひらけゆく宇宙」 2018年10月14日
- 集中講義
東京工業大学 大学院 (物理学系物理学コース) 物理学特別講義 (発展) 第十七「ブラックホールの数理」 2018年7月11日-7月13日
- 集中講義
東京大学大学院総合文化研究所 関連基礎科学特殊講義 V 2018年6月12日-6月14日
- 日本物理学会大阪支部 2018年度 公開シンポジウム「ホーキングの夢を追う」招待講演
- 「第11回宇宙(天文)を学べる大学」合同進学説明会講演会「宇宙(の学者)、ホーキング博士を語る」 招待講演
大阪市立科学館 平成30年6月10日

運営

学内委員

- 物理学コース 就職対策委員 (前期)
- 理工学部 人権教育・ハラスメント防止委員会委員長 (後期)
- 総合理工学研究科 大学院委員会委員 (後期)
- 理工学部 基本構想推進委員会委員 (後期)
- 2年生担任 (前、後期)

学外委員など

- 学術誌「General Relativity and Gravitation」(Springer 出版) 編集委員

宇宙論研究室

井上 開輝 教授

Anton Timur Jaelani (PD)、樋口 祐一 (PD)

鈴木 啓隼 (M1)、村上 穂乃香 (M1)

畑内 雄希 (B4)、幸松 美結 (B4)、柏木 頼我 (B4)、

姫野 光貴 (B4)、山崎 公暉 (B4)、滝沢 悠一郎 (B4)

研究概要

- 広がったレンズ像を用いた重力的摂動効果の解析アルゴリズムの構築
QSO-銀河重力レンズ系で強い重力レンズ効果を受けた多重像の輝度分布における微小な像シフトを用いて、主となるレンズ銀河ハロー以外の副レンズ効果を画像解析によって検出する新しいアルゴリズムを開発した。従来の方法では、副レンズ天体として銀河ハローの重力ポテンシャルが主に用いられてきたが、新しいアルゴリズムでは、ボイドやトラフ領域を含む一般的な重力ポテンシャル摂動による像のシフトを検出することができる。また、光源に対するアприオリな仮定をしないため、ホスト銀河を含む QSO ジェットなど、非常にダイナミックレンジの大きい複雑な形状をもつ光源に対しても適用できる。このアルゴリズムを用いれば、レンズ銀河ハローに付随するサブハローや視線方向のハローやボイドによる重力的摂動効果を検出できる。
- スーパーボイドが大規模構造におよぼす環境効果
CMB コールドスポット (CS) を「自然」に説明するモデルとして半径 200-300Mpc サイズのスーパーボイドの存在が提唱され (Inoue& Silk 2006)、その検証のため世界中で様々な観測が行われている。もし、スーパーボイドがあれば、その方向に比較的大きなボイドがクラスタリングしているはずであり、CS の視線方向のハローのカウント数や、ハローを含む大規模構造による弱い重力レンズ効果に影響をおよぼすものと考えられる。我々は数値シミュレーションを用いて、その効果を調べた。その結果、典型的な観測条件を仮定すると、宇宙の平均的な値に比べ、天の川銀河ハローより大質量のハローは 3σ 以上の有意性で、弱い重力レンズ効果で検出される正の射影質量密度場のピーク数は 5σ 以上の有意性で減少することが判明した。また、ハローの質量が増大するにつれて、減少の効果は弱まることが判明した。これにより、CS 方向の銀河の赤方偏移の測定精度が悪くても、銀河団のカウント数を用いて CS の存在を間接的に確かめられることが判明した (Higuhci & Inoue, 2018 submitted)。

学術論文（査読付）

1. “Probing supervoids with weak lensing”
Yuichi Higuchi and Kaiki Taro Inoue, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **476**, (1): 359-365 (2018) (5月号)
DOI:10.1093/mnras/sty205

学士論文

- 「宇宙の未来-ビッグリップ-」 畑内 雄希
- 「4重像クエーサー MG0414+0534 の連続波解析」 幸松 美結
- 「直接和法による宇宙論的N体シミュレーション」 柏木 頼我
- 「SISモデルとSIEモデルにおける重力レンズ像のシミュレーション」 姫野 光貴
- 「重力レンズクエーサー RXJ1131-1231 のモデリング」 山崎 公暉
- 「重力レンズ天体模型によるデモンストレーション」 滝沢 悠一郎

国内学会・研究会講演

1. Yuichi Higuchi (presenter) and Kaiki Taro Inoue
「巨大低密度領域におけるハローの質量関数とピーク統計」
日本天文学会、兵庫県立大学、姫路市 [19 Sep. 2018]

競争的外部資金

- 2017-2020年度科学研究費(基盤B)「高解像度電波観測で切り拓く小スケール宇宙論の新展開」
研究代表者:井上 開輝 直接経費 3,200,000円 (2018年度)
- 2018年度 国立天文台チリ観測所ALMA共同科学研究事業「ALMAによる暗黒矮小銀河とダークマターの解明」 区分A 2018-07A
研究代表者:井上 開輝 直接経費 210,000円 (2018年度)

教育業績

学外啓蒙活動

- 「第11回宇宙（天文）を学べる大学」合同進学説明会 講演
大阪市立科学館
平成29年6月10日

書籍（電子書籍含む）

- 「ALMA2 Project -アルマ望遠鏡が切り拓く2020年代の科学のフロンティア」
p.49-51 分担執筆
「宇宙論（重力レンズで探る小スケール宇宙論）」
2019年1月11日（第1版）、自然科学研究機構国立天文台発行

運営

学内委員

- 図書・広報委員、WEB委員会小委員長（前、後期）
- 物理学コースWEBサイト係（前、後期）
- 1年生担任（前、後期）
- 理工学部同窓会幹事（前、後期）

学外委員など

- 国立天文台審査委員