

近畿大学理学科物理学コース
2015年度 年次報告

平成 28 年 6 月 23 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
原子分子物理学研究室	11
凝縮系物理学研究室	14
物性理論研究室	17
ソフトマター物理学研究室	20
理論物理学研究室	24
量子制御研究室	27
固体電子物理研究室	31
生物物理学研究室	33
一般相対論・宇宙論研究室	35
宇宙論研究室	39

素粒子論・重力理論研究室

太田 信義 教授

藤田 達大 (M2)

藤井 陽子 (B4)、川崎 涼平 (B4)

久常 大樹 (B4)、山口 泰央 (B4)

奥西 沙織 (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。

- Massive (Super)Gravity

現在の宇宙の加速膨張を説明する一つの可能性として、重力子に小さな質量がある可能性を追求している。またそれが超重力理論でも可能なのかどうかを調べている。

学術論文 (査読付)

1. “Renormalization Group Equation and scaling solutions for $f(R)$ gravity in exponential parametrization,”

- N. Ohta, R. Percacci and G. P. Vacca,
Eur. Phys. J. C **76** (2016) no.2, 46 [arXiv:1511.09393 [hep-th]]
doi:10.1140/epjc/s10052-016-3895-1
2. “Flow equation for $f(R)$ gravity and some of its exact solutions,”
N. Ohta, R. Percacci and G. P. Vacca,
Phys. Rev. D **92** (2015) no.6, 061501 [arXiv:1507.00968 [hep-th]]
doi:10.1103/PhysRevD.92.061501
3. “Covariant Approach to the No-Ghost Theorem in Massive Gravity,”
N. Ohta,
JPS Conf. Proc. **7** (2015) 010007.
doi:10.7566/JPSCP.7.010007
4. “Ultraviolet Fixed Points in Conformal Gravity and General Quadratic Theories,”
N. Ohta and R. Percacci,
Class. Quant. Grav. **33** (2016) 035001 [arXiv:1506.05526 [hep-th]].
doi:10.1088/0264-9381/33/3/035001

修士論文

- 「リフシッツ型スカラー理論におけるローレンツ不変性の回復」藤田 達大

卒業論文

- 「重力の量子論へ向けて – 場の量子論ではなぜ発散が生じるのか –」
藤井 陽子
- 「重力の量子論へ向けて – 発散とくりこみ・異常磁気モーメント –」
川崎 涼平
- 「重力の量子論へ向けて – 一般相対論はなぜくりこみ不可能なのか –」
久常 大樹
- 「重力の量子論へ向けて – 電荷のくりこみ –」山口 泰央
- 「重力の量子論へ向けて – 質量のくりこみ –」奥西 沙織

国際学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta (presenter & Chair): (招待講演)
“Asymptotic Safety and Quantum Gravity”,
The second International Conference on Hot Topics in General Relativity and Gravitation, Quy Nhon, Vietnam [8 – 16 August 2015]
2. Nobuyoshi Ohta (poster):
“Cosmic Acceleration with a Negative Cosmological Constant in Higher Dimensions”
The 19th annual International Conference on Particle Physics and Cosmology (COSMO-15), University of Warsaw, Warsaw, Poland [7 – 16 Sept. 2015]

国内学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta (presenter):
「Asymptotic Safety and Quantum Gravity」
第5回 日大理工・益川塾連携 素粒子物理学シンポジウム、日本大学、東京 [24–25 Oct. 2015]

セミナー

1. Nobuyoshi Ohta (presenter):
「Renormalization Group Equation and scaling solutions for $f(R)$ gravity in exponential parametrization」
日本大学理工学部、東京 [20 Jan. 2016]

競争的外部資金

- 2015年度科研費 基盤研究(C) 研究代表者：太田信義
高階微分を含む一般化重力理論と超弦理論の検証(課題番号 24540290, 配分額 1,070,000 円)

教育業績

学外啓蒙活動

- 島根県立益田高校対象 ミニ講義 「素粒子論の今」
近畿大学本部キャンパス
平成 27 年 10 月 15 日

運営

学内委員

- 理学科物理学コース主任（前、後期）
- 総合理工学研究科 理学専攻 人事委員（前、後期）

学外委員など

- 京都産業大学益川塾学外指導教授

研究交流

- Prof. Roberto Percacci 招へい (International School for Advanced Studies, Trieste, Feb. 21-28, 2016, supported in part by JSPS Grant-in aid for Scientific Research No. 24540290)

素粒子実験研究室

加藤 幸弘 准教授

木野 秀俊 (B4)、金山 和馬 (B4)、白井 康人 (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、2010 年代後半の実験開始を目指して加速器と検出器の研究開発が進められている。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 ($100 \mu\text{m}$ 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トンチェンバー (TPC) の採用を目指して様々な研究を行っている。
- **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の一環として、Micro Discharge Rate の評価試験を行った。ILD-TPC 開発のための電子ビームによる Testbeam で、重大な影響を及ぼさない軽微な放電現象 (Micro Discharge) が頻発していることがわかった。Micro Discharge は信号のゲインの不安定性を導くので、Discharge の発生を抑えることが必要である。2105 年度の研究においては、GEM シートの材質や製造方法の違いによる Discharge rate の違いはほとんどないことを確認できた。しかし、ILD-TPC 検出器プロトタイプで用いられた GEM の Discharge rate よりもかなり低いことがわかった。2015 年度は、discharge rate の違いの原因を探るためにいろいろな試みを行ったが、原因は特定できなかった。
- **ニュートリノ崩壊探索実験のための超伝導光検出器の開発**
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。ニュートリノの寿命は非常に長いですが、宇宙に多数存在している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。2016 年 3 月に福井大学遠赤外領域開発研究センターで、Nb/Al 製の超伝導光検出器の遠赤外線照射実験を行った。波長 $57.2 \mu\text{m}$ の遠赤外線を照射すると、超伝導光検出器から信号が生じたことを確認した。

学術論文 (査読付)

1. “Tevatron Constraints on Models of the Higgs Boson with Exotic Spin and Parity Using Decays to Bottom-Antibottom Quark Pairs”
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF and D0 Collaboration)
Physical Review Letters **114(15)**, 151802(12p)(2015), (4月号)
2. “Measurement of central exclusive $\pi^+\pi^-$ production in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 0.9$ and 1.96 TeV at CDF”
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)
Physical Review **D91(9)**, 091101(R)(8p)(2015), (5月号)
3. “Measurement of the Production and Differential Cross Sections of W^+W^- Bosons 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 **D91(11)**, 111101(8p)(2015), (6月号)
4. “Measurement of the top-quark mass in the $t\bar{t}$ dilepton channel using the full CDF Run II data set”
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)
Physical Review **D92(3)**, 032003(10p)(2015), (8月号)
5. “First measurement of the forward-backward asymmetry in bottom-quark pair production at high mass”
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)
Physical Review **D92(3)**, 032006(11p)(2015), (8月号)
6. “Search for Resonances Decaying to Top and Bottom Quarks with the CDF Experiment”
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)
Physical Review Letters **115(6)**, 061801(9p)(2015), (8月号)
7. “Tevatron combination of single-top-quark cross sections and determination of the magnitude of the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa matrix element V_{tb} ”
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF and D0 Collaboration)
Physical Review Letters **115(15)**, 152003(11p)(2015), (10月号)

学術論文（査読なし）

著書

学位論文

- 学士論文:
 - 「GEMを用いたガス検出器におけるシミュレーションによる理解」金山 和馬
 - 「MPPCの検出効率の波長依存性の測定」木野 秀俊
 - 「MPPCの増倍率と逆バイアス電圧の依存性」白井 康人

国際学会・研究会講演

国内学会・研究会講演

その他

教育業績

学外啓蒙活動

著書

その他

教員免許状更新講習 講師 平成 27 年 8 月 7 日

運営

学内委員

- 物理学コース ネットワーク委員、就職対策委員
- 1 年生担任

素粒子・極限宇宙物理学研究室

千川 道幸 教授

早雲 秀 (B4)、三嶋 穂高 (B4)

廣瀬 一樹 (B4)、浦里 拓嗣 (B4)

山形 秀平 (B4)

研究概要

- 極限エネルギー宇宙粒子線の探索

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プロジェクトに向けて大型 Cherenkov 望遠鏡の製作準備を行っています。近畿大学は大型望遠鏡を構成する 206 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. 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^{20} 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。

研究業績

1. “ The hybrid energy spectrum of Telescope Array’s Middle Drum Detector and surface array ”,

R. U. Abbasi et al., TA collaboration, Astroparticle Physics, Vol. 68 (2015), p. 27-44.

2. “ Study of Ultra-High Energy Cosmic Ray composition using Telescope Array ’s Middle Drum detector and surface array in hybrid mode ”,

R.U. Abbasi et al., TA collaboration, Astroparticle Physics, Volume 64 (2015), Pages 4962

3. Measurement of the proton-air cross section with Telescope

Array ’s Middle Drum detector and surface array in hybrid mode ”,

R.U. Abbasi et al., TA collaboration, Phys. Rev. D 92 (2015) 032007

4. “ A NORTHERN SKY SURVEY FOR POINT-LIKE SOURCES OF EeV NEUTRAL PARTICLES WITH THE TELESCOPE ARRAY EXPERIMENT ”,
R. U. Abbasi et al. , TA collaboration, The Astrophysical Journal, Volume 804 (2015),

外部資金

外部資金名 科学研究費 基盤研究 (B)(一般)(H25 ~ H27 ¥14,800,000)
研究代表者 千川道幸
研究課題 CTA 大口径望遠鏡アクティブ・ミラー制御 (AMC) システムの開発

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ゼミ活動に臨みましょう。

原子分子物理学研究室

日下部 俊男 教授

渡邊 颯祐 (B4)、中西 雅志 (B4)、松原 友広 (B4)

研究概要

本研究室では主に各種のイオン - 原子・分子衝突系における電荷移行過程について、低エネルギー領域 ($0.1 \sim 5 \text{ keV}/q$; q は入射イオンの電荷数) で実験的研究を行っている。本年度の成果は以下の通りである。

- 低速のリチウム一価イオンの電荷移行断面積に関する研究

リチウム (Li) は核融合実験装置のプラズマ診断法の一つとしてしばしば使用される。また、国際共同による大型核融合実験装置 ITER のブランケットに Li を利用するという案もある。核融合プラズマ中の Li 原子やイオンの挙動を理解するためには、数 10 keV 以下の低エネルギー領域において、全ての電荷状態に対する Li イオンの種々の原子や分子との電荷移行衝突断面積データが不可欠である。しかしながら未だ散発的である。先に研究が進行していた各種の水素分子 (H_2 , HD, D_2) に対する 1.4 ~ 4.0 keV のエネルギー領域における 1 価のリチウムイオンの電荷移行断面積について、国際会議 (ICPEAC2015) で研究発表した。この研究に引き続き、希ガス原子 (He, Ne, Ar, Kr, Xe) に対する電荷移行断面積を測定中である。これらの衝突系では、電荷移行衝突において大角度への散乱が顕著であることがわかり、残念ながら 2.7 ~ 4.0 keV という大変狭いエネルギー領域でしか測定できなかった。1966 年の Ogurtsov らの測定値より大きく、また 1990 年の Kikiani らの測定値よりは小さいことがわかった。さらに、特徴ある微分散乱断面積を示すことが位置検出器のプロファイルから示唆された。今後、再現性のチェックを進め、2 価のリチウムイオンに対する測定に進む予定である。

学術論文 (査読なし)

1. Toshio Kusakabe, Hiroyuki A. Sakaue, and Hiroyuki Tawara: "Charge Transfer Cross Sections of Slow Singly Charged Lithium Ions in Collisions with Hydrogen Isotope Molecules"
Journal of Physics: Conference Series, Vol. 635, 032097 (2015).
2. 日下部 俊男: "イオン衝突実験のための多価リチウムイオン源の開発"
一般共同研究成果報告書 平成 26 年度, 核融合科学研究所, 309 (2015) (1月)

3. Masashi Kitajima, Toshio Kusakabe, K Moribayashi, Akinori Igarashi, Makoto Imai, H. Tsuchida, Lukas Pichl, Masamitsu Hoshino, M. Hiyama, K. Soejima, S. Shimakura, Kenji Motohashi, T. Morishita, Kunikazu Ishii, R. Suzuki, Hiroya Suno, Daichi Kato, Hiroyuki A. Sakaue, Izumi Murakami, Motoshi Goto, Sigeru Morita, K. Sato, H. Funaba, T. Ido, and B. J. Peterson: "Construction and Update of Atomic and Molecular Database for Light Elements of the 2nd Period"
Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2014 - March 2015, 352 (2015) (11 月)
4. Toshio Kusakabe, and Hiroyuki A. Sakaue: "Development of an Ion Source Producing Multiply Charged Lithium Ion for a Slow Ion-Atom Collision Experiment"
Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2014 - March 2015, 418 (2015) (11 月)

卒業論文

- 「希ガス原子との衝突における低速リチウム 1 価イオンの電荷移行断面積に関する研究」渡邊 颯祐
- 「フロン系分子との衝突における低速陽子の電荷移行断面積に関する研究」中西 雅志
- 「永久磁石を使用した小型多価イオン源の開発 - Dresden EBIS/T の電磁場および電子ビーム軌道解析 II - 」松原 友広

国際学会・研究会講演

1. Toshio Kusakabe, Hiroyuki A. Sakaue, and Hiroyuki Tawara: "Charge Transfer Cross Sections of Slow Singly Charged Lithium Ions in Collisions with Hydrogen Isotope Molecules"
XXIX International Conference on Photonic, Electronic, and Atomic Collisions (ICPEAC2015), Palacio de Congresos 'El Greco', Toledo, Spain [24 July 2015].

競争的外部資金

- 平成 27 年度 自然科学研究機構・核融合科学研究所・一般共同研究 研究代表者:
"低速リチウムイオンの電荷移行断面積に関する研究" (課題番号 NIFS15KBAF020, 共同研究費総額 117,000 円)

- 平成 27 年度 自然科学研究機構・核融合科学研究所・一般共同研究 研究分担者:
”タングステンおよび周辺高 Z 元素の原子分子データベースのアップデート”
(課題番号 NIFS15KEMF073, 共同研究費 分担額 30,000 円)

教育業績

学外啓蒙活動

- 「プラズマと放射線の世界」 近畿大学オープンキャンパスにおけるオープンラボ
平成 27 年 8 月 23 日

その他

- 「教員採用試験春季集中講座」 専門・理科実験 (物理) 担当
平成 28 年 3 月 3 日 ~ 3 月 15 日
- 「プラズマと放射線の世界」 近畿大学オープンキャンパスにおけるオープンラボ
平成 27 年 8 月 23 日
- 「放射線を測る」 平成 27 年度 大阪府立泉北高等学校 大学訪問研修
平成 27 年 7 月 14 日

運営

学内委員

- 大学院総合理工学研究科 理学専攻 物理学分野 副専攻長
- 教員養成カリキュラム委員会 理工学部委員
- 理工学部入学試験委員

凝縮系物理学研究室

松居 哲生 教授

村井 厚友 (M1)、辛島 侑樹 (B4)

十田 宗匡 (B4)、坂根 真矢 (B4)

若部 佑亮 (B4)、萩原拓也 (B4)

石馬場翔典 (B4)

研究概要

多数の要素からなる集団 (凝縮系) は、要素一つ一つの性質からは思いもよらないような奇妙な振舞いを示します。本研究室では以下のようなさまざまな分野を対象に、主にゲージ理論に基づく数理モデルを構築し、解析的、数値的方法により、集団としての振る舞いを研究しています。

- 強相関電子系や冷却原子系の理論 (金属中の電子の集団や低温での原子の集団)
量子スピン系、高温超伝導体、分数量子ホール効果、等の強相関電子系や光学格子上での冷却原子系を対象に、量子統計力学に基づき、モデル化、ゲージ理論との対応、数値シミュレーション、等を通して集団の振る舞いを理論的に研究する。
- 脳の物理学 (脳：神経細胞がシナプス結合してできたネットワーク)
意識、学習、想起、等の脳の高次機能は物理学で理解できるのだろうか？ミクロな脳のための量子論や量子ニューラルネットワークのモデルを作り、ゲージ理論との対応や数値シミュレーション、等により、その可能性を理論的に追求する。
- 時空の量子論 (宇宙：時空のかけらの集まり)
初期宇宙、人間原理、平行宇宙、等、時空の物理学で量子効果が果たすと期待される役割は大きい。ゲージ対称性を考慮したモデルの導入、数値シミュレーション、等を通して量子論的時空を理論的に研究する。

学術論文 (査読付)

1. "Proposal for feasible experiments of cold-atom quantum simulator of U(1) lattice gauge-Higgs model", Yoshihito Kuno, Kenichi Kasamatsu, Yoshiro Takahashi, Ikuo Ichinose, Tetsuo Matsui, New Journal of Physics, **17**, 063005 (2015).
arXiv:1412.7605
DOI:10.1088/1367-2630/17/6/063005

卒業論文

- 「脳神経の発火機構のモデル化」 石馬場翔典
- 「非対称実数結合を持つ Z(2) ゲージニューラルネットワークによる長期記憶の研究」 若部佑亮
- 「ニューラルネットワークの非対称 q-p 結合モデル」 萩原拓也
- 「疎結合ネットワーク上の右脳左脳モデル」 辛島侑樹
- 「Z(2) ゲージニューラルネットワークにおけるシナプス 2 重連結項の影響」 十田宗匡
- 「4次元 $CP^1+U(1)$ 格子ゲージモデルによる量子場脳理論」 坂根真矢

国内学会・研究会講演

1. 久野義人 (登壇者)、河木啓真、笠松健一、一瀬郁夫、松居哲生
"1D 拡張 Bose-Hubbard モデルの格子ゲージ理論による解釈: U(1) 格子 gauge-Higgs モデルとの相構造対応"
19pBK-9、日本物理学会、東北学院大学 [19 Mar. 2016]
2. 久野義人 (登壇者)、笠松健一、坂根真矢、一瀬郁夫、松居哲生
"極低温原子系における格子ゲージ理論の量子シミュレーション: (3+1)D U(1) gauge-Higgs model の構築とその相構造"
25pSM-7、日本物理学会、大阪市立大学 [25 Sep. 2015]
3. 久野義人 (登壇者)、笠松健一、高橋義朗、一瀬郁夫、松居哲生
"極低温原子系を用いた U(1)gauge-Higgs model の研究: 閉じ込め flux の実時間ダイナミクスの計測"
16pBA-4、日本物理学会、関西大学 [16 Sep. 2015]

4. 松居哲生

”ゲージ対称性を持ったニューラルネットワーク”

脳のセミナー最終回、京都大学 [19 Apr. 2015]

競争的外部資金

- 2014年度科研費 基盤研究(C) 研究代表者：松居哲生
U(1) 格子ゲージ・ヒッグスモデルの相構造と磁力線・磁気単極子の力学（課題番号 26400412, 総配分額 2,600,000 円（2014-2016年度）390,000 円（2015年度））

運営

学内委員

- 理工学部学生委員会委員（前、後期）
- 物理学コースネットワーク管理（前、後期）

物性理論研究室

笠松 健一 准教授

(2015年4月1日から2016年3月31日まで
ドイツ ハノーファー大学における
在外研究のため構成員なし。)

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における量子多体现象やボース・アインシュタイン凝縮体 (以下 BEC と略す) 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。

- 2成分 BEC における半整数量子渦ペアの相互作用と実時間発展
以前の研究 [Phys. Rev. A 83, 063603 (2011)] では、2成分の BEC に存在する二つの半整数量子渦の間にはたらく相互作用の漸近形を導出した。本研究ではこの相互作用の下で、2つの渦がどのような実時間発展を行うのかを2次元 Gross-Pitaevskii 方程式の数値解析により調べ、異成分間相互作用の性質および渦の循環の方向に依存して非自明な振る舞いをすることを明らかにした。leading order の寄与を取り込んだ渦点モデルから導出される運動方程式の解析は数値計算結果を十分に説明できず、何らかの sub-leading の寄与を取り込んだ理論構築を行うことが今後の課題である。
- レーザーで誘起されたスピン軌道相互作用をもつ BEC の量子渦のダイナミクス
最近、冷却原子系ではレーザーによって誘起されたスピン軌道相互作用によって実現する原子集団の多彩な量子相の研究が進展している。本研究ではアメリカ国立標準技術研究所 (NIST) の実験グループで実現しているスピン軌道相互作用をもつ BEC に1本の量子渦がある場合の動力学を理論的に調べた。この系ではスピン軌道相互作用の強さに依存して3つの安定な相が実現するが、それぞれの相で渦は特徴的な構造およびダイナミクスを示すことを明らかにした。
- 光格子中の双極子相互作用をもつ原子集団における非平衡ダイナミクス
冷却原子気体の系はおおよそ孤立系と見なせるために、孤立系の非平衡量子ダイナミクスを研究するのに適した系である。本研究では光格子上にランダムに分布した長距離相互作用をもつハードコアボソンが、どのように一様粒子分布をもつ平衡状態へ緩和するかの非平衡過程を、厳密な量子ダイナミクスを数値的に解くことで調べた。長距離相互作用が増加するにつれて、緩和の振る舞い

は初期状態に強く依存し、その時間スケールが指数関数的に長くなることを見出した。これは動的に生成するサイト間束縛ペアの遅い運動の影響で、一種の局在状態が実現していることを明らかにした。

学術論文（査読付）

1. “Short range inter-vortex interaction and interacting dynamics of half-quantized vortices in two-component Bose-Einstein condensates”
Kenichi Kasamatsu, Minoru Eto, Muneto Nitta
Physical Review A **93**, 013615 (16 pages) (2016) (1月号)
arXiv:1510.00139 [cond-mat]
DOI:10.1103/PhysRevA.93.013615
2. “Dynamics of quantized vortices in Bose-Einstein condensates with laser-induced spin-orbit coupling”
Kenichi Kasamatsu
Physical Review A **92**, 063608 (8 pages) (2015) (12月号)
arXiv:1510.00142 [cond-mat]
DOI:10.1103/PhysRevA.92.063608
3. “Real time dynamics and proposal for feasible experiments of lattice gauge-Higgs model simulated by cold atoms”
Yoshihito Kuno, Kenichi Kasamatsu, Yoshiro Takahashi, Ikuo Ichinose, Tetsuo Matsui
New Journal of Physics **17**, 063005 (16 pages) (2015) (6月号)
arXiv:1412.7605 [cond-mat]
DOI:10.1088/1367-2630/17/6/063005

国際学会・研究会講演

1. Kenichi Kasamatsu
“Cold atom simulation of U(1) lattice gauge-Higgs model”
Workshop “Cold Atoms Meet High Energy Physics”, European centre for theoretical studies in nuclear physics and related areas (ECT*), Trento, Italy [23 June 2015]

国内学会・研究会講演

1. 久野 義人、河木 啓真、笠松 健一、一瀬 郁夫、松居 哲生:
「1D 拡張 Bose-Hubbard モデルの格子ゲージ理論による解釈: U(1) 格子 gauge-Higgs モデルとの相構造対応」
日本物理学会 第 71 回年次大会、東北学院大学、仙台市 [19 Mar. 2016]
2. 久野義人、笠松健一、高橋義朗、一瀬郁夫、松居哲生:
「極低温原子系を用いた U(1)gauge-Higgs model の研究: 閉じ込め flux の実時間ダイナミクスの計測」
日本物理学会 2015 年秋季大会 関西大学、吹田市 [25 Sep. 2015]
3. 久野義人、笠松健一、坂根真矢、一瀬郁夫、松居哲生:
「極低温原子系における格子ゲージ理論の量子シミュレーション: (3+1)D U(1) gauge-Higgs model の構築とその相構造」
日本物理学会 2015 年秋季大会 関西大学、吹田市 [16 Sep. 2015]

競争的外部資金

- 2015 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者: 笠松健一
ゲージ場が創成する冷却原子気体の量子ダイナミクスの解明 (課題番号 26400371, 総配分額 4,810,000 円 (2014 - 2017 年度) 600,000 円 (2015 年度))

運営

学内委員

- 物理学習支援室 世話人

学外委員など

- Scientific Reports (Nature publishing group) Editorial board member
- ISRN Condensed Matter Physics (Hindawi publishing corporation) Editorial board member

ソフトマター物理学研究室

堂寺 知成 教授

別宮 進一 (M2)、堤 一真 (B4)
田中秀明 (B4)、高橋 佑輔 (B4)
西浦 智也 (B4)、大野 優太 (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 Zihlerl 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。最近、従来の準結晶概念を覆す新たな準結晶タイリング構造を発見した。

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、メソ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。

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。本研究室ではフォトニック結晶の計算研究も行っている。

修士論文

- 「ハードコア-ソフトシェル粒子系の新規タイリング構造」別宮 進一

卒業論文

- 「三重周期極小曲面上の剛体球 - ダイヤモンド曲面」田中 秀明
- 「プリミティブ曲面上の剛体球の相転移」高橋 佑輔
- 「ペンローズ格子の剛体菱形による無秩序・秩序転移」堤 一真
- 「分子動力学シミュレーションによる正 20 面体準結晶」西浦 智也
- 「3次元フーリエ変換ソフトウェアの作成」大野 優太

国際学会・研究会講演

1. S. Bekku and T. Dotera: “Novel periodic and aperiodic tilings formed by hard-core/square-shoulder particles”
“Toyota RIKEN International Workshop 2015, Strongly Correlated Electron Systems: Open Space between Heavy Fermions and Quasicrystal” Nagoya Univ., Japan [19 Nov. 2015] (Poster)
2. T. Dotera, S. Bekku, and P. Ziherl: “Hard-core/square-shoulder quasicrystals” “Toyota RIKEN International Workshop 2015, Strongly Correlated Electron Systems: Open Space between Heavy Fermions and Quasicrystal” Nagoya Univ., Japan [19 Nov. 2015] (Invited).
3. 堂寺知成: Seidohi Tairubari, 青銅比タイリング
Aperiodic tile sets and related topics , RIMS, Kyoto Univ. [19 Oct. 2015](Oral)
4. Tomonari Dotera: “Regular tessellations of hard spheres on the P-surface”
“Gordon Research Conference, Soft Condensed Matter Physics” Colby-Sawyer College, New London, NH, USA [9-14 Aug. 2014] (Poster).
5. Yusuke Takahashi and Tomonari Dotera:
“Hard Spheres on the Primitive Surface”
Workshop on minimal surfaces, Nara Univ., Japan [5 Apr. 2015](Oral).

6. Hideaki Tanaka (B4) and Tomonari Dotera:
“Hard Spheres on the Diamond Surface”
Workshop on minimal surfaces, Nara Univ., Japan [5 Apr. 2015](Oral).

国内学会・研究会講演

1. 堂寺知成、別宮進一、P. Ziherl: “青銅比準結晶相の発見” ソフトマター研究会、東北大学 [19 Dec. 2015] (口頭発表) .
2. 堤一真, 堂寺知成: “ペンローズ格子の剛体菱形による無秩序・秩序転移” ソフトマター研究会、東北大学 [18 Dec. 2015] (ポスター) .
3. 田中秀明, 堂寺知成: “三重周期極小曲面上の剛体球 - ダイヤモンド曲面 - ” ソフトマター研究会、東北大学 [18 Dec. 2015] (ポスター) .
4. 高橋佑輔, 堂寺知成: “三重周期極小曲面上の剛体球 - プリミティブ曲面 - ” ソフトマター研究会、東北大学 [18 Dec. 2015] (ポスター) .
5. 別宮進一, 堂寺知成: “ハードコア矩形ショルダー粒子系がつくる新規タイリング構造” ソフトマター研究会、東北大学 [18 Dec. 2015] (ポスター) .
6. T. Dotera, S. Bekku, and P. Ziherl: “青銅比タイリングの発見” 準結晶研究会、東京理科大学 [17 Dec. 2015] (口頭発表) .
7. 高橋佑輔, 堂寺知成: “プリミティブ曲面上の剛体球の配置” 日本物理学会秋季大会、関西大学 [17 Sept. 2015] (ポスター) .
8. 田中秀明、堂寺知成: “ダイヤモンド曲面上の剛体球の配置” 日本物理学会秋季大会、関西大学 [17 Sept. 2015] (ポスター) .
9. 別宮進一, 堂寺知成: “ハードコア-ソフトショルダー粒子系が作る新規タイリング構造” 日本物理学会秋季大会、関西大学 [16 Sept. 2015] (口頭発表) .

競争的外部資金

- 2015 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者: 堂寺知成
ソフトマター 3 重周期極小曲面の構造と物性の理論的研究 (課題番号 25400431, 配分総額 5070,000 円 (2013-2015 年度)、27 年度配分額 1040,000 円 (2015 年度))
- 2015 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者: 松澤淳一
結晶の対称性と極小曲面に関する研究 (分担) (課題番号 25400072、配分総額 1560,000 円 (2013-2017 年度) 26 年度配分額 0,000 円 (2015 年度))

その他

- 田中秀明 (B4) 物理学コース成績 1 位にて学部長賞受賞 [26 Feb. 2015].
- 別宮進一 (M2) 大学院学位授与式にて総合理工学研究科総代 [22 Feb. 2015].
- 高橋佑輔 (B4) 卒研発表賞第 1 位 (大野優太 (B4) 同 4 位) [8 Feb. 2015].
- Newton 別冊『近畿大学大解剖』 p.148 に紹介記事 [July 2015].

教育業績

非常勤

1. 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。

学内委員

- 学部図書・広報委員長 (通期) [理工学部・総合理工学研究科 WEB Renewal]
- 大学院広報委員長 (通期)、大学院委員 (通期)、運営会議委員 (通期)
- 基本構想推進委員、広報活動の強化作業部会部会長 (通期)
- 世界ランキングプロジェクトメンバー (通期)
- 図書館委員会委員 (通期)、リポジトリ運営会議委員 (通期)
- 21 世紀学修・学生生活支援検討委員 (h27.9-)

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-).
- 物理学専門誌のゲスト編集者：ソフトマター準結晶分野の研究者の総結集.
Journal of Physics: Condensed Matter, Special Issue “Soft-matter quasicrystals” Guest editors: Tomonari Dotera and Primoz Zihlerl.

理論物理学研究室

中原 幹夫 教授

柳谷 諒 (B4)、川口 紀俊 (B4)

山口 悠樹 (B4)、小林 真優里 (B4)

東出 世羽 (B4)、三重野 嵩信 (B4)

研究概要

- 量子誤り訂正符号

量子情報を担う量子ビットが外界からノイズを受けると、それはエラーとして量子情報の崩壊を意味する。ところが、ノイズがすべての量子ビットに同じ形で作用すると、量子ビットを表すヒルベルト空間に、ノイズの影響を受けない部分空間 (Decoherence Free Subspace) または部分系 (Noiseless Subsystem) が現れる。我々は $SU(2)$ の表現論を駆使して、最大の次元を持つ部分空間、部分系を決定した。このような状況は、光子が固定された欠陥をもつ光ファイバーの中を1個ずつ送られる場合や、共通の座標軸を持たない2人が量子情報をやり取りする場合に生じる。

- BEC におけるトポロジカル渦系の非断熱生成

我々は2000年前後にベリー位相を用いて、凝縮した冷却原子 (BEC) の中に巻き数 $2F$ (F は原子の超微細スピンの大きさ) の渦をトポロジカルに生成する方法を提案し、その後多くの実験室でそれが実現された。この方法の問題は、渦系を生成する途中で準位間のギャップが消滅する時空座標が生じるために、原子が非トラップ準位へ非断熱遷移し、その数が半減することである。今回の研究では、非断熱量子制御の方法を用いることにより、非トラップ準位へ遷移する原子数を大幅に減らしながら、一方渦の生成にかかる時間を桁違いに短くした。本研究により、さらに大きな巻き数をもつ渦を作る可能性が出てきた。

学術論文 (査読付)

1. “Maximal noiseless code rates for collective rotation channels on qudits”
Chi-Kwong Li, Mikio Nakahara, Yiu-Tung Poon, and Nung-Sing Sze
Monthly Quantum Information Processing, **14**, (11): 4039-4055 (2015), (11月号)
DOI 10.1007/s11128-015-1101-2
First published online 3 September 2015

2. “Fast control of topological vortex formation in Bose-Einstein condensates by counterdiabatic driving”
Shumpei Masuda, Utkan Güngördü, Xi Chen, Tetsuo Ohmi, and Mikio Nakahara
Physical Review A, **93**, (1): 013626 1-8 (2016), (1月号)
DOI 10.1103/PhysRevA.93.013626
First published online 26 January 2016

卒業論文

- 「量子系の Z_2 トポロジカルナンバーの計算」柳谷 諒
- 「量子鍵配送の安全性について」川口 紀俊
- 「土星の環の形成に関するシミュレーション」山口 悠樹
- 「CP 対称性の破れ」小林 真優里
- 「量子情報における訂正可能なエラーの判別法の証明」東出 世羽
- 「ニュートリノ振動」三重野 高信

国際学会・研究会講演

1. Mikio Nakahara(presenter)(Invited Talk)
“Decoherence Free Subspace, Noiseless Subsystem and Group Representation Theory”
Summer Research Workshop on Quantum Information Science, Tsinghua Sanya International Mathematics Forum, Hainan, China [15 July. 2015]
2. Mikio Nakahara(presenter)
“Fast Control of Topological Vortex Formation in BEC by Counter-Diabatic Driving”
The 50th annual conference of the Finnish Physical Society, Oulu, Finland [29 March. 2016]

競争的外部資金

- 2015 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者:中原幹夫
リー代数を用いた非断熱量子制御の研究(課題番号 26400422, 総配分額 4,810,000 円 (2014-2016 年度) 1,560,000 円 (2015 年度))

運営

学内委員

- 自己点検・評価委員（前、後期）
- 物理学コース3年生担任（前、後期）

量子制御研究室

近藤 康 教授

Chonlathep Kitsinthopchai (D1)

岩倉 愛 (M2)

大本 彩加 (B4)、西田 雄樹 (B4)

中山 大希 (B4)、渡邊 尚樹 (B4)

研究概要

量子力学的な制御を念頭に核磁気共鳴 (NMR) に関連した研究を理論・実験両面から行っている。

- 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。

地球磁場 ($50 \mu\text{T}$ という微小な磁場、プロトンの共鳴周波数は約 2 kHz) の下で NMR を行える装置の開発を継続しており、安定に FID 信号を得ることができるようになった。通常の NMR 装置は強い磁場 (通常 10 T 、プロトンの共鳴周波数で約 400 MHz) の下で NMR を行っていることを注意しておく。

5 mT の磁場 (プロトンの共鳴周波数は約 200 kHz) 下でスピン・エコー測定に成功した。この装置を発展させて、スピン系の制御および検出ができる NMR 装置の開発を行い、NMR 量子コンピュータの開発につなげる。

- 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。

- 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。学生実験用のNMR装置の開発を電気電子学科の菅原先生の協力を得て行った。

NMRと量子コンピュータに関する研究は量子力学をふたつの側面から見た「一つの研究」と位置づけている。3年生の前期から量子力学の勉強が始まるが、そこで勉強したこと（の一部）が比較的簡単に実験検証できる点がNMRの面白さである。

量子力学は正しいのかも!?

と実感することができる。

学術論文（査読付）

1. *Using the quantum Zeno effect for suppression of decoherence*

Yasushi Kondo, Yuichiro Matsuzaki, Kei Matsushima and Jefferson G. Filgueiras

New J. Phys. **18** (2016) 013033

DOI: 10.1088/1367-2630/18/013033

修士論文

- 修士論文:

「位相緩和を抑制するためのNMRモデル」岩倉 愛

卒業論文

- 「ペルチェ素子を用いた霧箱の製作」大本 彩加
- 「ダイオードの特性測定装置の作製」中山 大希
- 「3Dプリンターによる結晶模型の作製」西田 雄樹
- 「“クリップモーター製作”実験の手引き書」渡邊 尚樹

競争的外部資金

- 科研費 基盤研究 (C) 研究代表者：近藤康
オープンループ制御による高忠実度量子ゲートの設計と実装 (課題番号 25400422, 総配分額 4,550,000 円 (2013-2015 年度) 1,464,164 円 (2014 年度))

国際会議・研究会講演

1. Yasushi Kondo, Yuichiro Matsuzaki, Kei Matsushima, and Jefferson G. Filgueiras, “*Suppression of decoherence by using the quantum Zeno effect*”, 50th Finnish Physical Society Meeting, Oulu Univ. (Finland), 2016 年 3 月 29–31 日.
2. Yasushi Kondo and Ai Iwakura, “*NMR system for studying phase decoherence*”, Int. Symp. on Dynamics in Artificial Quantum System, 東京大学 (駒場), 2016 年 1 月 12–14 日.
3. Tsubasa Ichikawa, Mikio Nakahara, Yasushi Kondo, Nobuaki Nemoto, Yukihiro Ota, and Yutaka Shikano, and Masamitsu Bando, ICQOQI2015, Minsk (Belarus), 2015 年 10 月 27–30 日.
4. Nobuaki Nemoto, Tomomitsu Kurimoto, Toshihito Nakai, Masamitsu Bando, Tsubasa Ichikawa, Mikio Nakahara, Yutaka Shikano, and Yasushi Kondo, “*Application of Concatenated Composite Pulses (CCCPs) to Solution NMR Experiments*”, ISMAR2015, 上海 (中国), 2015 年 8 月 16–21 日.

国内学会・研究会講演

1. ギットスイントプチャイ チョンラテープ、坂元友哉、菅原賢吾、近藤康、「NMR 量子コンピュータのための卓上 NMR 装置」、日本物理学会 2016 年春季大会、東北学院大学 (仙台) 2016 年 3 月 19–22 日.
2. 岩倉愛、近藤康、「バンバン制御のパルス間隔最適化」、日本物理学会 2016 年春季大会、東北学院大学 (仙台) 2016 年 3 月 19–22 日.
3. 近藤康、「NMR における量子ゼノンダイナミクス」、日本物理学会 2016 年春季大会、東北学院大学 (仙台) 2016 年 3 月 19–22 日.
4. 岩倉愛、「位相緩和を研究するための NMR モデル」、第 5 回院生サミット、近畿大学 (和歌山) 2015 年 7 月 11 日.

学外啓蒙活動

- 大阪府・泉北高校 実験
「低温実験：-200 °C における物質の奇妙な振る舞い」
平成 27 年 7 月 14 日.
- 教員免許更新講習会
「放射線について」、平成 27 年 8 月 7 日.
- 東大阪市・弥刀中学校 出張実験
「磁気の実験：クリップモータの製作」
平成 27 年 9 月 11 日.
- 東大阪市・若江中学校 出張実験補助
平成 28 年 2 月 16 日.
- 東大阪市・弥刀中学校 出張実験補助
平成 28 年 2 月 29 日、3 月 1 日.

運営

学内委員

- 予算委員

固体電子物理研究室

増井 孝彦 准教授

堂村 哲平 (M1)、山本 恭輔 (M1)
木村 咲紀 (B4)、若宮 恵里 (B4)
市山 由樹子 (B4)、大迫 彩花 (B4)
長曾我部 崇伸 (B4)、乾 京介 (B4)

研究概要

- 高温超伝導体 YBCO の Sr 置換効果
銅酸化物高温超伝導体 YBCO の Sr 置換可能性について調べた。Sr は Y と Ba との置換可能性が考えられ、双方の置換について報告例がある。昨年度は Ba との置換を主に取り上げたことから、Y との置換可能性を主に検証した。Y への置換を試みて焼成した試料を粉末 X 線回折により評価した結果、単相化はできず、Sr の Y のみへの置換はほとんどできないと結論付けた。次に Y, Ba の双方を Sr に置き換えられないかを検証したところ、こちらはほぼ単相とみなせる試料が焼成できた。
- アルカリフラックスによる銅酸化物超伝導体の育成
酸化物の結晶育成法はいくつか代表的なものがあるが、アルカリフラックス法によって高圧下での合成が不可欠と考えられていた結晶が常圧下で作成できたとの報告があったことから、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ (Y1248) の単結晶育成に取り組んだ。温度、加熱時間等を調整することで微結晶が得られるようになり、ラマン分光と超伝導転移温度からこの結晶が Y1248 であることが確認できた。Y を一部 Ca で置換した試料を作成したところ、Ca 置換で期待された超伝導転移温度の上昇が確認され、加熱開始時の仕込み量によって元素置換も可能であることがわかった。
- 銅酸化物超伝導体 LSCO の酸素同位体置換効果
銅酸化物超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) は他の銅酸化物超伝導体に比べて超伝導転移温度が低く、ホール濃度が $x=1/8$ 近傍で超伝導が著しく抑制されるストライプ秩序などがはっきり観測されるなどの特徴がある。本研究では、先行研究で調査されていない過剰ドープ領域であるホール濃度 $x=0.17$ の LSCO 超伝導体を製作し、粉末状試料を用いて、1 気圧下で先行研究の酸素置換時に採用されていた同温度であるが熱処理の時間を長くして ^{16}O から ^{18}O への置換量を調べ、ストライプ秩序と超伝導状態の関係性から超伝導転移温度の振る舞いを磁化率測定により評価した。その結果、YBCO とは異なり酸素同位体置換による転移温度の低下が観測された。

学術論文（査読付）

1. “Electronic Raman scattering on out-of-plane disordered $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$: How the pseudogap affects the superconducting Raman response”
N. Murai, T. Masui, M. Ishikado, S. Ishida, H. Eisaki, S. Uchida, S. Tajima
Physical Review B, **91**, 214520-1 – 214520-6 (2016),
DOI:10.1103/PhysRevB.91.214520
published 30 June, 2015

卒業論文

- 「超伝導体 YBCO への Sr 置換効果」 木村 咲紀
- 「YBCO の K 置換効果」大迫 彩花
- 「ラマン分光法による元素置換高温超伝導体の評価」市山 由樹子
- 「銅酸化物超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_4\text{O}_8$ 単結晶の育成」乾 京介
- 「 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ 銅酸化物超伝導体の酸素同位体置換効果」若宮 恵里
- 「YBCO の酸素同位体置換による超伝導への影響の検証」長曾我部 崇伸

教育業績

学外啓蒙活動

- 近畿大学オープンキャンパス 理工学部研究室解放 「超伝導とは何か」
近畿大学本部キャンパス
平成 28 年 3 月 27 日

運営

学内委員

- 施設設備委員（後期）
- オープンキャンパス委員（前、後期）
- 物理学コース 2 学年担任（前、後期）

生物物理学研究室

矢野 陽子 准教授

友永 雄祐 (B4)、森 拓志 (B4)

大隅 将悟 (B4)、大谷 圭佑 (B4)

小林 勇輝 (B4)、小川 裕彌 (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。

卒業論文

- 「X線回折/赤外吸収分光 同時測定によるチョコレートの融解、凝固過程の研究」小川 裕彌
- 「フーリエ変換赤外吸収分光法 (FT-IR 法) を用いたタンパク質の変性過程の観測」大隅 将悟
- 「時分割X線反射率法による気液界面に吸着したタンパク質の構造研究」大谷 圭佑
- 「タンパク質の電子数密度分布を計算するプログラムの作成」友永 雄祐
- 「タンパク質の界面吸着速度に及ぼす pH と塩添加の影響」小林 勇輝
- 「マランゴニ対流の観測条件の探索」森 拓志

国際学会・研究会講演

1. Yohko F. Yano, Etsuo Arakawa, Wolfgang Voegeli, Tadashi Matsushita and Tomoya Uruga:
”Protein Salting Out Observed at an Air/Water Interface”
Pacifichem2015, Honolulu, USA [18 Dec. 2015]

国内学会・研究会講演

1. 矢野陽子, 瀧上隆智: ”ソフト界面膜構造研究最前線 2015”
SPRING-8 シンポジウム 2015、東京大学 [14 Sep. 2015]

教育業績

その他

- 平成 27 年度 教員採用試験春期集中講座 一般および専門教養（物理）
- 平成 27 年度 教育改善通信「理工学部の基礎物理学実験」

運営

学内委員

- 人権委員
- ハラスメント防止相談員
- 物理学コース 4 年担任
- 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」副代表
- 日本学術振興会 特別研究員等審査会専門委員

一般相対論・宇宙論研究室

石橋 明浩 准教授

西垣戸 博企 (M2)

林 昇由 (B4), 大橋 輝道 (B4)

齋藤 嘉宏 (B4), 武谷 元気 (B4)

本家 佑樹 (B4), 森井 智也 (B4)

清原 翔 (B4)

研究概要

- 不安定な高次元ブラックホールと低い対称性をもつブラックホール

自然界の全ての力を統一的に理解する試みとして、宇宙がマイクロには高次元時空になっている可能性の探究が進んでいます。本研究室では、高次元に特有な物理現象を重力理論・宇宙論の観点から探る理論研究を行っています。特に、極端に重力が強いブラックホールの高次元時空での基本性質に関する研究を進めています。着眼点は、高次元ブラックホールの安定性です。本年度は、

1. 臨界ブラックホールと呼ばれるホーキング温度がゼロの特別なクラスのブラックホールについての安定性判定の条件、
2. ブラック・ブレンというクラスの高次元ブラックホールの安定性判定の条件、
3. 低い対称性をもつ3次元の漸近的 AdS ブラックホールに関する研究

を行いました。1. は、不安性の基準としてホライズン近傍の性質に着目し、試験的スカラー場の場合に確認された「Hawking-Reall 仮説」を、一般の重力波摂動に対して厳密に証明しました。2. は、ブラック・ブレン上のベクトル型重力摂動が、4次元回転ブラックホール時空上の有質量ベクトル場と見なせることを用いて、ブラック・ブレンの不安定性について基準を与えました。3. は、不安定な漸近的 AdS ブラック・ホールの最終状態の候補を探る目的で、定常だが軸対称性を破る解の構成を試みました。

また、卒業研究では、最近観測された重力波の原理とともに、上で説明した項目1. および3. に関係する AdS 時空におけるブラックホールの諸性質について調べました。

学術論文 (査読付)

1. “Superradiant instability of the Kerr brane”
Akihiro Ishibashi, Paolo Pani, Leonardo Gualtieri, Vitor Cardoso
Journal of High Energy Physics, **1509** (2015), 209 (Published 29 September 2015)
2. “A rotating hairy AdS₃ black hole with the metric having only one Killing vector field”
Norihiro Iizuka, Akihiro Ishibashi, and Kengo Maeda
Journal of High Energy Physics, **1508** (2015), 112 (Published 24 August 2015)
3. “Instabilities of extremal rotating black holes in higher dimensions”
Stefan Hollands, Akihiro Ishibashi
Communications in Mathematical Physics, **339** (2015), 949-1002 (Published on line 13 August 2015)

学位論文

- 修士論文：
「定常回転ブラックホールの力学的諸性質」西垣戸 博企 (M2)
- 学士論文：
「ブラックホール時空上の重力波」林 昇由 (B4),
「AdS ブラックホールと超伝導」大橋 輝道 (B4),
「AdS ブラックホールのトポロジー」齋藤 嘉宏 (B4),
「高次元 AdS ブラックホールとブレーン宇宙」武谷 元気 (B4),
「重力波の振る舞いと検出原理」本家 佑樹 (B4),
「臨界ブラックホールからの Anti-de Sitter 時空」森井 智也 (B4),
「AdS ブラックホール熱力学」清原 翔 (B4)

国際学会・研究会講演

1. Akihiro Ishibashi:
“Instabilities of asymptotically AdS black holes”
国際研究会「International Symposium RIKKYO MathPhys2016」(招待講演)
立教大学, 豊島区, 東京都 [2016年01月09日]

2. Akihiro Ishibashi:
 “Superradiant Instability of AdS black holes”
 国際研究会「VIII Black Holes Workshop」
 TECNICO, リスボン市, ポルトガル共和国 [2015年12月21日～12月22日]
3. Akihiro Ishibashi:
 “Perturbation and stability of higher dimensional black holes”
 国際研究会「GR 100 years in Lisbon」(招待講演)
 TECNICO, リスボン市, ポルトガル共和国 [2015年12月18日～12月19日]
4. Akihiro Ishibashi:
 “A rotating hairy AdS(3) black hole with only one Killing vector field”
 国際研究会「One Hundred Years of STRONG GRAVITY」
 TECNICO, リスボン市, ポルトガル共和国 [2015年06月10日～06月12日]

国内学会・研究会講演

1. 西垣戸 博企:
 “ブラックホールと熱力学”(ポスター発表)
 近畿大学サイエンスネットワーク2015・第5回院生サミット
 近畿大学和歌山キャンパス [2015年07月11日]
2. 石橋 明浩:
 “一般相対論の今”
 一般相対論～これからの100年(招待講演)
 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所、つくば市 [2016年02月20日]
3. 石橋 明浩:
 “AdS 時空の不安定性”
 名古屋大学理学研究科談話会(招待講演)
 名古屋大学、名古屋市 [2015年11月05日]

競争的外部資金

- 2015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)
- 2015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

- 出張授業：集中講義「高次元ブラックホール」名古屋大学大学院理学研究科、名古屋市、平成 27 年 11 月 4～6 日
- 近畿大学オープンキャンパス 研究紹介「ブラックホールでひらく宇宙」平成 27 年 9 月 27 日

運営

学内委員

- 教務委員 (前期・後期)
- 基礎物理学世話人 (前期・後期)

学外委員など

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

その他

- 教員採用試験春季集中講座担当 H27 年 3 月 7 日実施
- 滞在型研究交流会 H27 年 4 月 17 日～4 月 30 日実施
延世大学素粒子論研究室の皆さんと
講演会：“ Brainstroming sessions on gravity and string theory ”4 月 20 日、27 日

宇宙論研究室

井上 開輝 准教授

高橋 誠 (M2)、小西 翔太 (M1)
杉江 剛典 (M1)、神吉 貴文 (B4)
茂野 智幸 (B4)、赤井 優貴 (B4)
堀口 康男 (B4)

研究概要

- 重力レンズフラックス比アノマリーの起源
遠方の QSO が手前のレンズ銀河ハローによって四重像に分裂してみえる四重像 QSO レンズの間接赤外観測の結果から、少なくとも2つの四重像 QSO レンズ系においてフラックス比アノマリーが存在し、これらのシステムにおいて、銀河スケールより著しく小さい質量をもつダークハローの存在が示唆されている。アタカマサブミリ波ミリ波電波干渉計 (ALMA) によって観測されたサブミリ波銀河 SDP.81 の4重重力レンズ像を用いて、我々が解析した結果、以下のことが判明した (Inoue, Minezaki, Matsushita, and Chiba 2016, MNRAS 457, 2936)。1) 広がった光源に対する「フラックス比異常」を発見した。特にその内、パリティが正であるレンズ像が系統的に暗くなっている。この効果は銀河間空間において局所的に密度が低いポイド領域を考えれば説明できる。2) ゆらぎの表面質量密度は1秒角の2乗あたり太陽質量の10の8乗倍程度である。3) 一酸化炭素の輝線から0.01秒角のオーダーのアストロメトリックシフトがある。視線方向の非線形構造による重力レンズ効果と解釈して矛盾は生じない。
- 温かいダークマター粒子の質量に対する制限
クェーサーと呼ばれる遠方の天体の光の軌道が重力によって曲げられる「重力レンズ」現象の解析と最新のコンピューターを用いた宇宙シミュレーションの結果から、「温かい」ダークマター (WDM) 粒子の質量に制限をつけた (Inoue et al. 2015, MNRAS 448, 2704)。その結果、「温かい」ダークマター粒子の質量は電子の質量の約400分の1よりも大きくなければならないということが分かった。これは遠方のライマン α 雲 (中性水素のガス雲) の観測から得られた従来の制限と一致しており、宇宙に存在するダークマターの候補として考えられてきた「温かい」ダークマターの可能性は一段と低くなったといえる。
- ミニポイドやミニフィラメントによる重力レンズ効果
銀河を包み込むダークマターは通常、楕円体の形状が仮定されてるが、球面

状の壁に囲まれたボイドとよばれる低密度領域や、ひものように細長く伸びたフィラメントと呼ばれる1次元状の分布をしている可能性も考えられる。今回、銀河サイズのボイドやフィラメントによる重力レンズ効果を計算した結果、4重像クエーサー天体 MG0414+0534 のレンズ像とその明るさを説明できることが分かった (Inoue 2015, MNRAS 447, 1452)。遠方の宇宙の銀河の周りにはダークマターと水素やヘリウムガスでできた銀河サイズのフィラメントやボイドが大量に存在する可能性が考えられる。

学術論文 (査読付)

1. “ALMA imprint of intergalactic dark structures in the gravitational lens SDP.81”
Kaiki Taro Inoue, Takeo Minezaki, Satoki Matsushita, and Masashi Chiba
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **457**, (3): 2936-2950
(2016), (4月号)
DOI:10.1093/mnras/stw168
First published online February 17, 2016

修士論文

- 「4重像クエーサー RXJ1131 のホスト銀河輝度分布」高橋 誠

卒業論文

- 「サブミリ波銀河 SDP.81 の重力レンズモデル」 神吉 貴文
- 「重力レンズ効果の数値的解法」 茂野 智幸
- 「Planck 衛星の CMB データを用いた宇宙のトポロジーの制限」 赤井 優貴
- 「クエーサー MG0751+2716 の重力レンズモデル」 堀口 康男

国内学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue (presenter)
「4重像レンズにおけるフラックス比異常の起源について」
日本天文学会、首都大学東京、八王子市 [17 Mar. 2016]

2. Kaiki Taro Inoue (presenter)(招待講演)
「非線形構造から迫る宇宙暗黒成分の起源」
第4回観測的宇宙論ワークショップ、基礎物理学研究所、京都市 [18 Nov. 2015]
3. Kaiki Taro Inoue (presenter)
「サブミリレンズ銀河SDP.81におけるダークマター小構造の痕跡」
日本天文学会、甲南大学、神戸市 [9 Sep. 2015]

競争的外部資金

- 2015年度科研費 基盤研究(B) 研究代表者:井上開輝
重力レンズ現象で探る始原ミニハローの起源 (課題番号 25287062, 総配分額 16,640,000円 (2013-2015年度) 4,680,000円 (2015年度))

教育業績

学外啓蒙活動

- 「第8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27年6月14日
- 近畿大学オープンキャンパスミニ講義 「宇宙最大の謎～ダークマターとは?～」
近畿大学本部キャンパス
平成27年7月19日

運営

学内委員

- 図書・広報委員(前、後期)
- 図書・広報委員会理工学部WEBサイト構築小委員会委員(前、後期)
- 物理学コースWEBサイト管理(前、後期)