

近畿大学理学科物理学コース  
2014年度 年次報告

平成 27 年 6 月 29 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	21
理論物理学研究室	25
量子制御研究室	29
固体電子物理研究室	33
生物物理学研究室	35
一般相対論・宇宙論研究室	37
宇宙論研究室	40

# 素粒子論・重力理論研究室

太田 信義 教授

宗行 賢二 (D3)、藤田 達大 (M1)  
鍋島 良太 (B4)、藤原 正成 (B4)  
浦 佳樹 (B4)、外谷 陽佑 (B4)  
鈴衛 健登 (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. “Cosmic acceleration with a negative cosmological constant in higher dimensions,”

Kei-ichi Maeda and Nobuyoshi Ohta  
Journal of High Energy Physics **1406** (2014) 095  
[arXiv:1404.0561 [hep-th]].  
DOI: 10.1007/JHEP06(2014)095

## 著書

数理科学 2014年6月号 「超弦理論と時空のコンパクト化」

## 博士論文、卒業論文

- 「高階微分を含む重力理論の繰り込み可能性とユニタリ性について」(博士学位論文)  
宗行 賢二
- 「電弱統一理論」(卒業論文)  
鍋島 良太
- 「WIMPS とその制限」(卒業論文)  
藤原 正成
- 「南部・ゴールドストーンの定理とヒッグス機構について」(卒業論文)  
浦 佳樹
- 「GIM 機構について」(卒業論文)  
外谷 陽佑
- 「ニュートリノ振動」(卒業論文)  
鈴衛 健登

## 国際学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta(presenter): (招待講演)  
“Cosmic Acceleration with a Negative Cosmological Constant in Higher Dimensions”  
“Hangzhou workshop on Gravitation and Cosmology”, Zhejiang University of Technology, Hangzhou, China [3–7 Sept. 2014]

2. Nobuyoshi Ohta(presenter): (招待講演)  
“Cosmic Acceleration with a Negative Cosmological Constant in Higher Dimensions”  
International conference on New Trends in Field Theories (Banaras Hindu University, Varanasi, India), Varanasi, India [29 Oct.–5 Nov. 2014]
3. Nobuyoshi Ohta(presenter): (招待講演)  
“Cosmic Acceleration with a Negative Cosmological Constant in Higher Dimensions”  
4th Bangkok workshop on high energy theory, Bangkok, Thai [22 Nov. 2014]

## 競争的外部資金

- 2014 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 1,430,000 円)

## 運営

### 学内委員

- 理学科長 (前期)
- 物理学コース主任 (前、後期)
- 大学院人事委員 (前、後期)

### 学外委員など

- 京都産業大学益川塾学外指導教授
- International Advisory Committee of Bangkok Workshop on High Energy Physics

## 研究交流

- Prof. Bum-Hoon Lee 招へい、セミナー (Sogang University, Feb. 16-20, 2015)
- Prof. Dongsu Bak 招へい、セミナー (University of Seoul, Feb. 6-14, 2015)

- Prof. Roberto Percacci 招へい (International School for Advanced Studies, Trieste, March 1-8, 2015, supported in part by JSPS Grant-in aid for Scientific Research No. 24540290)

### 教職支援活動など

- プレエントランスガイド：2015年1月8日(木)
- 教員試験対策春期集中講座：2015年3月5日～3月16日

# 素粒子実験研究室

加藤 幸弘 准教授

中野 忠明 (B4)、柳井 優花 (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。2014 年度は、陽イオンフィードバックを防ぐために用いる高開口度 GEM の開発を、企業と共同で行った。その結果、開口率が 80% に到達する GEM の実現可能性が高まった。
- **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。現在手に入る GEM シートは、製造方法や厚さが異なるために、GEM シート毎の Discharge rate を長期間に渡って測定を行い評価した。一般的な厚さ ( $50 \mu\text{m}$ ) の GEM を用いて測定したところ、製造方法の違いによる Discharge rate の違いは見つけられなかった。
- **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 ( $35 \text{ meV}$  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. “Cosmic ray tests of a GEM-based TPC prototype operated in Ar-CF<sub>4</sub>-isobutane gas mixtures: II”,  
M. Kobayashi, Y.Kato, *et al.*  
*Nuclear Instruments & Methods in Physics Research* **A767**, 439-444(2014),  
(12月号)
2. ”Measurement of indirect CP-violating asymmetries in  $D^0 \rightarrow K^+K^-$  and  $D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  decays at CDF”,  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review* **D90(11)**, 111103(R)(8p)(2014), (12月号)
3. ”Measurement of the Top-Quark Mass in the All-Hadronic Channel using the full CDF data set”,  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review* **D90(9)**, 091101(R)(8p)(2014), (11月号)
4. ”Measurement of the inclusive leptonic asymmetry in top-quark pairs that decay to two charged leptons at CDF”,  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review Letters* **113(04)**, 042001(8p)(2014), (7月号)
5. ”Study of orbitally excited  $B$  mesons and evidence for a new  $B\pi$  resonance”,  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review* **D90(1)**, 012013(14p)(2014), (7月号)
6. ”Measurement of  $R = \mathcal{B}(t \rightarrow Wb) / \mathcal{B}(t \rightarrow Wq)$  in Top-Quark-Pair Decays using Dilepton Events and the Full CDF Run II Data Set”, T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review Letters* **112(22)**, 221801(7p)(2014), (6月号)
7. ”Invariant-mass distribution of jet pairs produced in association with a  $W$  boson in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using the full CDF Run II data set”,  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review* **D89(9)**, 092001(14p)(2014), (5月号)
8. ”Mass and lifetime measurements of bottom and charm baryons in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”,  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review* **D89(7)**, 072014(15p)(2014), (4月号)

## 学位論文

- 学士論文:  
「トリガーカウンターによる計数率の距離依存性」柳井 優花、  
「MPPC を用いたシンチレーションカウンターのノイズ低減」中野 忠明

## その他

### 学外啓蒙活動

- 近畿大学オープンキャンパス オープンラボ  
平成 25 年 7 月 20 日

## 運営

### 学内委員

- 物理学コース ネットワーク委員、予算委員（前期）、就職対策委員（後期）

# 素粒子・極限宇宙物理学研究室

千川 道幸 教授

岩本 浩平 (B4)、本田 真也 (B4)

恩知 克弘 (B4)、岡本 健太 (B4)

清水 翔太 (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る。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工事崩れを補正する AMC (アクティブミラー制御) を主として担当している。

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る。また、宇宙的な起源の探究を行っている。

(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る。

## 研究業績

1. “The atmospheric transparency measured with a LIDAR system at the Telescope Array experiment”

T. Tomida, Y. Tsuyuguchi, T. Arai, T. Benno, M. Chikawa, K. Doura, M. Fukushima, K. Hiyama, K. Honda, D.e Ikeda, J. Matthews, T. Nakamura, D. Oku, H. Sagawa, H. Tokuno, Y. Tameda, G. Thomson, Y. Tsunesada, S. Udo, H. Ukai, et. al.,

Nuclear Inst, and Methods in Physics Research, A 654 (2011) pp.653-660

2. “Introducing the CTA concept”  
CTA Collaboration  
Astro particle Physics, 43, 2013, pp.3-18

## 外部資金

- 2014 年度科研費 基盤研究 (B) (一般) 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  
(総配分額 14,800,000 円 (2013-2015 年度))

## その他

偏差値では表せない社会的価値や世の中の常識をバランスの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

木本 圭祐 (B4)、中川 恵介 (B4)

土井 景市 (B4)、李 東明 (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とおりである。

- 希ガス原子との衝突における低速の多価ネオンイオンの電荷移行断面積

近年の大型核融合実験装置には、「ガスパフ」の手法が行われ、しばしばネオンやアルゴンの希ガス原子が使用される。従って、ネオンの多価イオンと希ガス原子との電荷移行衝突断面積データが、プラズマ中の原子やイオンの挙動を理解するために不可欠である。しかしながら、特に  $10 \text{ keV}$  以下の低エネルギー領域では未だ散発的である。本研究では、低速イオンの電荷移行断面積を成長率法に基づいて測定した。2~6 価のネオンの多価イオンは、リング状永久磁石を用いた小型の電子ビーム入射型多価イオン源 (micro-EBIS) から引き出された。衝突エネルギーはイオン価数  $\times 2 \text{ keV}$  に固定した。4,5,6 価イオンについては4 電子移行まで、また Kr を除く 5 価イオンに対しては5 電子移行断面積が評価出来た。1 電子移行と全電荷移行 (1 電子移行と多電子移行の合計の断面積値) の各断面積値のスケーリングについて、簡便なオーバーバリアーモデルや日下部らの他の衝突系に対する経験則との比較が議論された。また、2, 3, 4 電子移行断面積に対する新しいスケーリングを提案した。

- タングステンイオンの電荷移行断面積に関する研究

国際共同による大型核融合実験装置 ITER のダイバータ板には、高融点でスパッタ率の小さいタングステンイオン (W) 材料が使用される予定で工学的試験も始まっている。スパッタ率が小さくてもプラズマの中に W 原子が放たれ、プラズマ中の電子と衝突して部分的にイオン化され、種々の過程を通じてプラズマを冷却する等の悪作用を及ぼす可能性がある。一方、W 原子やイオンに関する原子分子データは少なくこれらの測定が求められている。当研究室では、ヘキサカルボニルタングステンを高真空下で気化して、その蒸気を電子衝撃型イオン源に導入して、W イオンの発生実験を試みた。種々のフラグメントイオンと共に、1 価および2 価の W イオンと同定できるピークが観測された。今後、より多価の W イオンの発生を目指して、イオン源等の開発を進めていく予定である。

## 学術論文（査読付）

1. Toshio Kusakabe, and Toshizo Shirai: "Charge Transfer Cross Sections of Slow Multiply Charged Neon Ions in Collisions with Noble Gas Atoms"  
Plasma and Fusion Research, Vol. 9, 3401119 (2014).

## 学術論文（査読なし）

1. 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 25 年度, 核融合科学研究所, 386 (2014) (7 月)
2. 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 2013 - March 2014, 352 (2014) (11 月)
3. Toshio Kusakabe, and Hiroyuki A. Sakaue: "Development of a Multiply Charged Lithium Ion Source for an Ion Collision Experiment"  
Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2012 - March 2013, 467 (2014) (11 月)

## 卒業論文

- 「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 - 」木本 圭祐
- 「低速イオン衝突実験装置の改良 - 高電圧増幅器を利用したステアリング用可変直流電源の試作 - 」中川 恵介
- 「低速イオン衝突実験装置の改良 - 超低周波リニヤースウィープを利用した質量スペクトル計測システムの整備 - 」土井 景一
- 「Si PIN フォトダイオードのベータ線に対する検出特性について」李 東明

## 競争的外部資金

- 平成 26 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:  
”イオン衝突実験のための多価リチウムイオン源の開発”(課題番号 NIFS13KBAF013,  
共同研究費総額 110,000 円)
- 平成 26 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:  
”第 2 周期軽元素の原子分子データベースの作成およびアップデート”  
(課題番号 NIFS12KEMF040, 共同研究費 分担額 30,000 円)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 「近畿大学理工学部 中学校理科体験実験」 近畿大学における理科体験実験

平成 26 年 8 月 28 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 27 年 3 月 5 日～3 月 16 日
- 「教員免許状更新講座」 理科担当  
平成 26 年 8 月 7 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
- 理工学部施設設備委員
- 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 (B4)、谷 祐輝 (B4)  
浦本 翔 (B4)、田中 健勝 (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? ミクロな脳の中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. "Lattice Gauge Theory for Condensed Matter Physics: Ferromagnetic Superconductivity as its Example"  
Ikuo Ichinose, Tetsuo Matsui  
Modern Physics Letters, **B28**, 1430012 (2014).  
arXiv:1408.0089  
DOI: 10.1142/S0217984914300129

## 著書

1. 「量子力学基礎」松居 哲生 (共立出版 2014年11月) ISBN9784320035911

## 卒業論文

- 「疎結合ネットワーク上での  $Z(2)$  ゲージニューラルネット：整数非対称シナプス結合モデル」 村井 厚友
- 「疎結合ネットワーク上での  $Z(2)$  ゲージニューラルネット：実数対称シナプス結合」 谷 祐輝
- 「疎結合ネットワーク上での  $Z(2)$  ゲージニューラルネット：実数非対称シナプス結合モデル」 浦本 翔
- 「疎結合スモールワールドネットワーク上での  $Z(2)$  ゲージニューラルネット：整数非対称シナプス結合モデル」 田中 健勝

## 国内学会・研究会講演

1. 村井厚友, 松居哲生 (登壇者)  
"学習・記憶の疎結合非対称  $Z(2)$  ゲージニューラルネットモデル"  
22aBL-6、日本物理学会、早稲田大学 [22 Mar. 2015]
2. 久野義人 (登壇者), 笠松健一, 高橋義朗, 一瀬郁夫, 松居哲生  
"冷却原子系を用いた格子ゲージ理論の量子シミュレーション:  $U(1)$  gauge-Higgs model における閉じ込め相, Higgs 相のダイナミクス"  
21aAG-14、日本物理学会、早稲田大学 [21 Mar. 2015]
3. 高石哲弥, 榊原和彦, 一瀬育夫, 松居哲生 (登壇者)  
"2次元 t-J モデルにおける局在・非局在転移"  
10aBG-2、日本物理学会、中部大学 [10 Sep. 2014]

4. 久野義人（登壇者）、笠松健一、一瀬郁夫、松居哲生  
”冷却原子系を用いた量子シミュレーション: U(1) gauge-Higgs model の Gross-Pitaevskii 方程式による研究”  
8aAW-4、日本物理学会、中部大学 [8 Sep. 2014]

## 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）1,560,000 円（2014 年度））

## 運営

### 学内委員

- 理工学部入学試験委員会委員（前期）
- 理工学部学生委員会委員（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

鳳山 智仁 (B4)、菊田 憲 (B4)

村島 昶 (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。

- 冷却原子を用いた格子ゲージ理論の量子シミュレーターの実装と実時間発展  
光格子中の原子気体を用いた  $U(1)$  ゲージヒッグス模型の量子シミュレーターの提案およびその実装に関して、本年度は具体的な実験的提案を含めた詳細な解析を行った。原子系が格子ゲージ理論のシミュレーターとして機能するためには、局所ゲージ対称性を保ち、電場に対応する密度ゆらぎの拘束条件としてガウス則を満たす必要があるため、系のパラメータに強い制約がかかる。その制約を満たすためには原子系の巧妙なデザインやセッティングが必要となる。我々は現状の実験技術を踏まえ、実現可能な2つのモデルを提案した。1つは光格子の励起バンドに凝縮した原子を利用する方法、もう一つは3層の2次元光格子系を用意し、層間の長距離原子間相互作用を媒介として層内の原子間相互作用をチューニングする方法である。さらに実験での観測の指標として、原子系の量子シミュレーターの実時間発展をボースハバード模型の平均場近似で得られるグロスピタエフスキー方程式を用いて解析を行った。モンテカルロシミュレーションの解析によると2次元原子系の量子シミュレーターは閉じ込め相とヒッグス相が安定な層として実現する。我々はこれらの相の動的な特徴を平均場の枠内でも捉えることができる事を示した。
- 中性原子を用いた量子コンピューターの実装  
以前の研究で周期的な光トラップ中の中性原子を用いたオンデマンド選択2量子ビットの実装に関する提案を行ったが、その実験的実現にはいくつかの課題が残っている。本研究では隣接サイト間の原子にしか操作が機能しないが、より現実的な2量子ビットの実装を提案した。ゲートの操作時間の評価をして現在の実験の範囲内に収まる事を明らかにした。

## 学術論文 ( 査読付 )

1. “Two-Qubit Gate Operation on Selected Nearest-Neighbor Neutral Atom Qubits”  
Elham Hosseini Lapasar, Kenichi Kasamatsu, Sile Nic Chormaic, Takeji Takui,  
Yasushi Kondo, Mikio Nakahara, and Tetsuo Ohmi  
Journal of the Physical Society of Japan **83**, 044005 (7 pages) (2014) (4月号)  
arXiv:1310.6112 [quant-ph]  
DOI:10.7566/JPSJ.83.044005

## 学術論文 ( 査読なし )

1. “Atomic Quantum Simulations of Lattice Gauge Theory: Effect of Gauge Symmetry Breaking”  
Kenichi Kasamatsu, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui  
Kinki University series on quantum computing vol.9, Physics, Mathematics,  
and All that Quantum Jazz 207-222 (2014) (5月).
2. “Two-Qubit Gate Operation on Selected Nearest Neighboring Qubits in a Neutral Atom Quantum Computer”  
Elham Hosseini Lapasar, Kenichi Kasamatsu, Sile Nic Chormaic, Takeji Takui,  
Yasushi Kondo, Mikio Nakahara, and Tetsuo Ohmi  
Kinki University series on quantum computing vol.9, Physics, Mathematics,  
and All that Quantum Jazz 175-178 (2014) (5月).

## 卒業論文

- 「ピア・インストラクションとコンセプトテストを用いた物理教育の実践」
- 「量子統計における Tsallis 統計力学の適用」
- 「超伝導現象における BCS 理論の問題点」

## 国際学会・研究会講演

1. Kenichi Kasamatsu, Yoshihito Kuno, Yoshiro Takahashi, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui:  
“Cold-atom quantum simulation of U(1) lattice gauge-Higgs model”  
APS March Meeting 2015, San Antonio, Texas, USA [3 March 2015]

2. Kenichi Kasamatsu, Yoshihito Kuno, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui:  
 “Implementation, phase structure and real time dynamics in atomic quantum simulators of lattice Gauge-Higgs theory”  
 The 24rd International Conference on Atomic Physics (ICAP) 2014, Washington, USA [7 Aug. 2014]
3. Hiromitsu Takeuchi and Kenichi Kasamatsu:  
 “Nambu-Goldstone modes in phase-separated two-component Bose-Einstein condensates”  
 Higgs Modes in Condensed Matter and Quantum Gases, Kyoto, Japan [24 June 2014]
4. Yoshihito Kuno, Kenichi Kasamatsu, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui:  
 “Atomic simulation of lattice gauge-Higgs model: Phase diagram and time-evolution of atomic simulator”  
 Higgs Modes in Condensed Matter and Quantum Gases, Kyoto, Japan [24 June 2014]
5. Kenichi Kasamatsu, Yoshihito Kuno, Yoshiro Takahashi, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui:  
 “Atomic simulation of lattice gauge-Higgs model: Realization of lattice gauge model by atoms with dipole-dipole interaction”  
 Higgs Modes in Condensed Matter and Quantum Gases, Kyoto, Japan [24 June 2014]

## 国内学会・研究会講演

1. 久野 義人、笠松 健一、高橋 義朗、一瀬 郁夫、松居 哲生:  
 “冷却原子系を用いた格子ゲージ理論の量子シミュレーション：U(1) gauge-Higgs model における閉じ込め相、Higgs 相のダイナミクス”  
 日本物理学会 第 70 回年次大会、早稲田大学、東京都新宿区 [21 Mar. 2015]
2. 笠松 健一:  
 “原子気体 BEC における量子渦の動力学” (招待講演)  
 日本物理学会 2014 年秋季大会、中部大学、愛知県春日井市 [9 Sep. 2014]
3. 久野 義人、笠松 健一、一瀬 郁夫、松居 哲生:  
 “冷却原子系を用いた量子シミュレーション: U(1) gauge-Higgs model の Gross-Pitaevskii 方程式による研究”

## 競争的外部資金

- 2014 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) 1,430,000 円 (2014 年度))

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 近畿大学オープンキャンパス オープンラボ 「極低温の世界」  
近畿大学  
平成 26 年 8 月 23 日

## 運営

### 学内委員

- 学部・大学院教務委員 (前期)
- 物理学学習支援室 世話人

### 学外委員など

- ISRN Condensed Matter Physics (Hindawi publishing corporation) Editorial board

# ソフトマター物理学研究室

堂寺 知成 教授

別宮 進一 (M1)、坂田 航 (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。モザイク準結晶についてスロベニアの Zihlerl 博士と国際共同研究し、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。

### 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。

## 解説（査読なし）

1. “ジャイロイドの迷宮”  
Tomonari Dotera  
現代化学 第 523 号 p. 32 (2014).

## 卒業論文

- 「コア-シェル型の粒子を用いた構造体のフォトニックバンドギャップの有無」  
坂田 航

## 国際学会・研究会講演

1. Tomonari Dotera and Yusuke Takahashi (B3): “Hard Spheres on the Primitive Surface”  
“American Physical Society (APS) March Meeting” San Antonio, Texas, USA [2 March 2014] (Oral).
2. Tomonari Dotera: “Mosaic quasicrystals: Isosceles triangular tilings”  
“Mathematical Model of quasi-crystals and related topics” Kyoto, Japan [27 Oct. 2014] (Invited Lecture).
3. Tomonari Dotera: Organizer & Chair  
“IUCr2014 (23rd Congress and general assembly of the International Union of Crystallography) Micro Symposium MS-57 Macromolecular and Soft-matter Aperiodic Crystals (crystallography, growth and self-assembly, applications)” Montreal, Canada [9 Aug. 2014].
4. Tomonari Dotera: “Soft Matter Quasicrystals”  
“IUCr2014 (23rd Congress and general assembly of the International Union of Crystallography) Workshop: Introduction to Aperiodic Crystals” Montreal, Canada [5 Aug. 2014](Invited Lecture).

## 国内学会・研究会講演

1. 堂寺知成: “ソフトマター準結晶” 第一回研究発表交流会（近畿大学）ランチョンセミナー講演 [24 Dec. 2014].
2. 別宮進一, 堂寺知成: ハードコア-ソフトショルダー粒子系のつくる新規タイリング構造準結晶研究会（ラフォーレ蔵王）[22 Dec. 2014].

3. 別宮進一, 堂寺知成: ハードコア-ソフトシェル粒子系準結晶のモンテカルロシミュレーション  
高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会討論会、東工大（ポスター）[19 Dec. 2014].
4. 堂寺知成: “ソフトマター準結晶”  
JST（科学技術振興機構）さががけ「超空間制御と革新的機能創成」ナイトセッション講演（招待講演）[21 Nov. 2014].
5. 別宮進一（発表）, 堂寺知成: “コアシェル粒子系の18回対称準結晶”  
高分子討論会、長崎大学、（ポスター）[24 Sept. 2014].
6. 堂寺知成, 大城達也, P. Ziherl: “2つの長さスケールを持つモザイク準結晶のシミュレーション”  
高分子討論会、長崎大学、（口頭発表）[24 Sept. 2014].
7. 堂寺知成: “（解説講演）The Expanding Universe of Quasicrystals”  
2011年ノーベル化学賞ダン・シェヒトマン特別教授、名古屋大学大学院特別講演会 [12 May 2014]（招待講演）.

## 競争的外部資金

- 2014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）、26年度配分額1040,000円（2014年度））
- 2014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（2014年度））

## その他

- JST Science Channel, Science News: Quasicrystals: A third type of solid (English)[March 2015].  
<http://sciencechannel.jst.go.jp/Q140001/detail/Q140001010.html>
- 別宮進一（M1）「2014年度高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会合同討論会」ポスター賞受賞 [19 Dec. 2014].
- 台湾亜州大学学長近大訪問 研究紹介 [8 Dec. 2014].

- JST サイエンスチャンネル・サイエンスニュース 第三の固体物質 準結晶の秘密 (日本語) [7 Oct. 2014].  
<http://sciencechannel.jst.go.jp/M140001/detail/M140001010.html>
- 理工学部通信「教育・研究 理学科 (物理) 堂寺知成教授 英国科学誌ネイチャー掲載」[30 June 2014]

## 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。

### 学外啓蒙活動

1. 近大付属和歌山高校 模擬授業「計算物理学 II」2015年3月18日。
2. オープンキャンパス、オープンラボ「エコエンジン：水飲み鳥とお湯で動くエンジン」2014年7月20日。

### 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 (h26.12-)
- 世界ランキングプロジェクトメンバー (h26.9-)
- 図書館委員会委員 (通期)、リポジトリ運営会議委員 (通期)
- 中期計画検討委員 (-h26.7)

### 学外委員など

- Organizer, International Union of Crystallography (IUCr 2014) MS-57 (2014).
- 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-).

# 理論物理学研究室

中原 幹夫 教授

大見 哲巨 (研究員)、Chiara Bagnasco (研究員)

坂東 将光 (研究員)、二反田 功 (M2)

藤原 和也 (B4)、西川 斉志 (B4)

## 研究概要

- 量子計算、量子情報、量子制御、量子アルゴリズム (科研基盤研究 (C) 「リー代数を用いた非断熱量子制御の研究」、「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」、科研新学術領域研究「スピン三重項超流動体の新奇界面現象」および科研基盤研究 (B) 「計算の哲学 様々な展開に向けて」) 信頼できる量子情報処理を行うには、外界からのノイズの下でも量子情報をプロテクトしなければならない。そのような方法として量子誤り訂正がある。本研究では、量子ビットにノイズが一様に作用する場合に、量子情報をプロテクトするスキームを研究した。また、制御パラメタがシステムティックなエラーを含む場合に信頼性の高いゲートを実装する方法を研究した。外部からの擾乱を避けるには、できるだけ短い時間で量子ゲートの実装を行うことが望ましい。本年度は Berry たちの counter-diabatic 形式を用いてアルカリ原子の BEC における渦糸のトポロジカル生成において、トラップからの原子のロスをもたらす非断熱遷移を抑制する方法を研究した。

## 学術論文 (査読付)

1. “Construction of arbitrary robust one-qubit operations using planar geometry”  
T Ichikawa, J G Filgueiras, M Bando, Y Kondo, M Nakahara, D Suter  
Physical Review A **90** (5), 052330 1–6 (2014), (11月号)  
arXiv:1408.2388 [quant-ph]  
DOI: 10.1103/PhysRevA.90.052330
2. “Efficient entanglement operator for a multi-qubit system”  
C Bagnasco, Y Kondo, M Nakahara  
Physica Scripta, **89**, 085102 1–6, (8): (2014), (8月号)  
arXiv:1310.5433 [quant-ph]  
DOI:10.1088/0031-8949/89/8/085102
3. “Recursive encoding and decoding of the noiseless subsystem for qudits”  
U. Güngördü, C.-K. Li, M. Nakahara, Y.-T. Poon and N.-S. Sze  
Physical Review A **89**, 042301 1–5 (2014), (4月号)  
arXiv:1310.4401 [quant-ph]  
DOI:10.1103/PhysRevA.89.042301
4. “Two-Qubit Gate Operation on Selected Nearest-Neighbor Neutral Atom Qubits”  
E H Lapasar, K Kasamatsu, S N Chormaic, T Takui, Y Kondo, M Nakahara,  
T. Ohmi  
Journal of the Physical Society of Japan **83**, 044005 1–7 (2014), (4月号)  
arXiv:1310.6112 [quant-ph]  
DOI:10.7566/JPSJ.83.044005

## 著書

1. Mikio Nakahara (translated by Matthias Delbrueck), *Differentialgeometrie, Topologie und Physik*, Springer Spektrum, pp. 1–620, March 2015.

## 卒業論文

- 「周期ポテンシャルによるバンド構造の出現について」  
西川 齊志
- 「光子を用いた量子情報処理」  
藤原 和也

## 国際学会・研究会講演

1. Mikio Nakahara(presenter)  
“Aspects of Quantum Control”  
James Franck Institute Seminar, University of Chicago, Chicago, USA [4 Nov. 2014]
2. Mikio Nakahara(presenter)  
“Recursive construction of noiseless subsystem for qudits”  
Mini symposium “Linear Algebra Problems in Quantum Computation”, International Linear Algebra Society 2014, Sungkyunkwan University, Seoul, Korea [9 Aug. 2014]
3. Mikio Nakahara(presenter)  
“Nonadiabatic Holonomic Quantum Gates”  
International Workshop on Shortcuts to Adiabaticity 2014, Shanghai University, Shanghai, China [4 July 2014]

## 国内学会・研究会講演

1. 中原幹夫(presenter), 増田俊平, 大見哲巨  
「Counterdiabatic 場を用いた BEC におけるトポロジカル渦生成」  
日本物理学会、早稲田大学、東京都 [21 Mar. 2015]
2. Mikio Nakahara(presenter)  
“Improved Topological Vortex Formation in BEC of Alkali Atoms”  
Quantum Control of Light and Matter (QCLM2015)、沖縄科学技術大学院大学、恩納村 [14 Jan. 2015]
3. 中原幹夫(presenter)  
「回転超流動  $^3\text{He}$  における半整数量子渦のテクスチャー」  
スーパーマターが拓く新量子現象、東京大学物性研究所、柏市 [18 Apr. 2014]

## 競争的外部資金

- 2014 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) 1,690,000 円 (2014 年度))
- 2014 年度科研費 新学術領域研究 (研究領域提案型) 分担者 研究代表者:石川修六

スピン三重項超流動体の新奇界面現象(課題番号 22103003, 総配分額 182,520,000 円 (2010-2014 年度) 26,260,000 円 (2014 年度))

- 2014 年度科研費 基盤研究 (B) 分担者 研究代表者：三好博之  
計算の哲学 様々な展開に向けて (課題番号 24320008, 総配分額 14,430,000 円 (2012-2015 年度) 3,510,000 円 (2014 年度))
- 2014 年度科研費、基盤研究 (C) 分担者 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) 1,300,000 円 (2014 年度))

## 運営

### 学内委員

- 自己点検・評価委員

# 量子制御研究室

近藤 康 教授

岩倉 愛 (M1)、浅井 翔平 (B4)  
西川 貴雅 (B4)、村上 脩平 (B4)  
藤田 達 (B4)、赤窄 啓太 (B4)

## 研究概要

2000年の着任当時の研究室名称「表面科学研究室」を現状に合わせた「量子制御研究室」に変更した。近年は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  $2 \text{ kHz}$ ) 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  $10 \text{ T}$ 、プロトンの共鳴周波数で約  $400 \text{ MHz}$ ) の下で NMR を行っていることを注意しておく。

$5 \text{ mT}$  の磁場 (プロトンの共鳴周波数は約  $200 \text{ kHz}$ ) 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。

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. *Construction of Arbitrary Robust One-Qubit Operations Using Planar Geometry*  
Tsubasa Ichikawa, Jefferson G. Filgueiras, Masamitsu Bando, Yasushi Kondo, Mikio Nakahara, and Dieter Suter  
Phys. Rev. A **90** (2014) 052330.
2. *Efficient entanglement operator for a multi-qubit system*  
Chiara Bagnasco, Yasushi Kondo and Mikio Nakahara  
Phys. Scr. **89** (2014) 085102-1~6.
3. *Two-Qubit Gate Operation on Selected Nearest-Neighbor Neutral Atom Qubits*  
Elham Hosseini Lapasar, Kenichi Kasamatsu, Sile Nic Chormaic, Takeji Takui, Yasushi Kondo, Mikio Nakahara, and Tetsuo Ohmi  
J. of the Phys. Soc. of Japan **83** (2014) 044005-1~7.

## 学術論文（査読なし）

1. “位相緩和を研究するためのNMRモデル”  
岩倉 愛、坂東 将光、近藤 康  
理工学総合研究所研究報告 27, 1-5, 2015-02.
2. “Two-Qubit Gate Operation on Selected Nearest Neighboring Qubits in a Neutral Atom Quantum Computer”

Elham Hosseini Lapasar, Kenichi Kasamatsu, Sile Nic Chormaic, Takeji Takui, Yasushi Kondo, Mikio Nakahara, and Tetsuo Ohmi  
Kinki University series on quantum computing vol.9, Physics, Mathematics, and All that Quantum Jazz 175-178 (2014) (5 月).

## 学位論文・卒業論文

- 卒業論文:
  - 「テーブルトップ NMR 量子コンピュータの実現を目指して」
  - 「超指向性スピーカの指向性の理解」
  - 「3D プリンターによる結晶模型の作製」
  - 「高温超伝導線を用いた永久電流磁石製作にむけて」
  - 「超指向性スピーカのシミュレーション」

## 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))

## 国内学会・研究会講演

1. 21aAN-4 NMR による位相緩和モデルの実装  
岩倉 愛、坂東 将光、近藤 康  
日本物理学会 第 70 回年次大会 ( 早稲田大学早稲田キャンパス)
2. 21aAN-5 量子ゼノン効果による位相緩和の抑制  
近藤 康、松崎 雄一郎、松島 恵、Jefferson G. Filgueiras  
日本物理学会 第 70 回年次大会 ( 早稲田大学早稲田キャンパス)
3. 21aAN-6 最も単純な operator-quantum-error-correction の実装  
坂東 将光、近藤 康  
日本物理学会 第 70 回年次大会 ( 早稲田大学早稲田キャンパス)

## 学外啓蒙活動

- 奈良市・近大附属小学校 模擬講義 “低温実験： $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  における物質の奇妙な振る舞い”  
平成 26 年 6 月 25 日

- 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 26 年 7 月 14 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 26 年 9 月 3 日
- 東大阪市・金岡中学校 出張実験  
“低温実験：−200 °C における物質の奇妙な振る舞い”  
平成 27 年 2 月 13 日

## 運営

### 学内委員

- 学生委員（前期）
- 物理教育改善小委員会委員（前、後期）
- 教育改善小委員会委員（前、後期）
- 人事委員会委員（前、後期）

# 固体電子物理研究室

増井 孝彦 准教授

小林 優介 (B4)、堂村 哲平 (B4)

和気 将隆 (B4)、古川 彰梧 (B4)

山本 恭輔 (B4)

## 研究概要

- 銅酸化物高温超伝導体の酸素同位体置換効果高温超伝導におけるフォノンの寄与を調べることは、擬ギャップ現象やストライプ秩序の理解につながると考えられる。本研究では YBCO のホール濃度  $p=1/8$  付近を中心に、試料中の  $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$  酸素量を制御し酸素含有量の同じペアを作成し、超伝導転移温度の比較を行うことを目的とした。過去の研究での  $p=1/8$  付近の YBCO の超伝導転移温度を参考にしながらアニール温度を決め、試料を作成し転移温度の評価を行った。
- 高温超伝導体 YBCO への Sr 置換効果の検証高温超伝導体 YBCO ヘストロンチウム (Sr) を導入した試料については、Sr がイットリウム (Y) サイトに入るという報告とバリウム (Ba) サイトに入るという報告があった。このため、置換サイトをはっきりさせることを目指して、Sr 量を変化させて作成した複数の試料を評価した。Ba サイトへの Sr 置換は 80% までは粉末 X 線データのピークは不純物もなく、求めている Sr 置換 YBCO の作成ができた。Y サイトへの Sr 置換は作成した範囲の粉末 X 線データのピークは不純物もなかった。このように Sr は YBCO の Y サイトにも Ba サイトにも置換される可能性があることがわかった。
- YBCO における高濃度 Mg 置換効果高温超伝導の Mg 置換効果は超伝導対破壊効果を調べる上で有効な手法であるが、過去の報告では濃度の低いものばかりで、Mg 置換で研究としては不十分である。一方、類似した効果を持つ Zn 置換は 10% 程度の置換量の報告があり、Mg 置換についても焼成条件等の工夫でより高濃度置換が実現できるのではと考えられた。そこで本研究では焼成を通常の方法に比べ低温で行い、高い Mg 濃度の試料作成を目指した。YBCO の Mg 仕込み置換濃度は 1% から 8% まで変化させ、試料中に Mg が取り込まれていることを X 線構造解析によって確認できた。

## 卒業論文

- 「YBCO における高濃度 Mg 置換効果」  
小林 優介
- 「高温超伝導体 YBCO の Na 置換効果」  
堂村 哲平
- 「YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> の酸素同位体置換効果」  
和気 将隆
- 「超伝導体 YBCO への Sr 置換効果の検証」  
古川 彰梧
- 「YCCO の作製」  
山本 恭輔

## 国際学会・研究会講演

1. Nguyen Trung Hieu, Kiyohisa Tanaka, Takahiko Masui, Shigeki Miyasaka, Setsuko Tajima:  
”Comparative study of the superconducting gap in Raman scattering and ARPES of Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>z</sub>” IMR Workshop 2014, Sendai, Miyagi [30 Sep. 2014]

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 進路相談会  
兵庫県立西宮高等学校  
平成 26 年 6 月 25 日

## 運営

### 学内委員

- 人権教育委員（前、後期）

# 生物物理学研究室

矢野 陽子 准教授  
鈴木 大輝 (B4)、西川 寿規 (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。

## 著書

1. 「日本の結晶学 II その輝かしい発展」  
日本結晶学会編、矢野陽子（分筆担当）(2014/7)

## 卒業論文

- 「フーリエ変換赤外吸収分光法を用いたタンパク質溶液の塩による変性についての研究」鈴木 大輝
- 「波長分散型 X 線反射率測定装置の開発 II」西川 寿規

## 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 2014”  
SPring-8 シンポジウム 2014、東京大学 [13 Sep. 2014]

## 競争的外部資金

- 2014 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者: 矢野陽子  
「界面に吸着したタンパク質のリアルタイム構造可視化システムの開発」( 課題番号 24540444, 配分額 1,000,000 円)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 平成 26 年度 近畿大学附属中学校理科体験実験 [28 Aug. 2014]
- 平成 26 年度 大阪青凌高校高校内ガイダンス [8 Oct. 2014]

## 運営

### 学内委員

- 安全管理衛生委員
- ハラスメント防止相談員
- 物理学コース 3 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

# 一般相対論・宇宙論研究室

石橋 明浩 准教授

西垣戸 博企 (M1)

中村 勇作 (B4), 西本 英里菜 (B4)

寺島 勇輝 (B4), 上田 萌 (B4)

音田 悠貴

## 研究概要

- ホログラフィック超伝導モデルとしての高次元ブラックホール

AdS/CFT 対応と呼ばれる漸近的 AdS 時空の重力理論とその時空境界上のゲージ場の量子論の対応を、物性理論との対応へと応用する研究が進展しています。この対応をより現実的な物性系へ応用するためには格子構造を取り入れる必要がありますが、その様な場合は解析のむずかしさからこれまで主に数値的手法による研究が行われていました。本年度は、重力理論を用いて超伝導現象を理解する、いわゆるホログラフィック超伝導モデルの研究を行いました。宇宙論で整備された 3 次元等質空間の一つに分類されるピアンキ VIIh 型空間をホライズン多様体として上手に用いることで、格子効果を取り入れた 5 次元ブラックホール解を解析的に構築することに成功しました。

## 学術論文 ( 査読付 )

1. “Persistent Superconductor Currents in Holographic Lattices”  
Norihiro Iizuka, [Akihiro Ishibashi](#), and Kengo Maeda  
Physical Review Letters **113** (2014), 011601 (Published 2 July 2014)
2. “Can a stationary Bianchi black brane have momentum along the direction with no translational symmetry?”  
Norihiro Iizuka, [Akihiro Ishibashi](#), and Kengo Maeda  
Journal of High Energy Physics, **1406** (2014), 064 (Published 11 Jun. 2014)

## 著書

- 数理科学 2014 年 9 月号 pp. 15–21. 「幾何学からみた重力：直線と潮汐力」

## 学位論文

- 学士論文:
  - 「重力と電磁気学」中村 勇作
  - 「宇宙の等方性とビッグバン特異点」西本 英里菜
  - 「シュバルツシルト解とバーコフの定理」寺島 勇輝
  - 「粒子の軌道によるブラックホール時空探査」上田 萌
  - 「ブラックホールの熱力学」音田 悠貴

## 国際学会・研究会講演

1. Akihiro Ishibashi:  
“Instabilities of extremal black holes in higher dimensions”  
国際研究会「VII Black Holes Workshop」Aveiro University, アヴェイロ市, ポルトガル共和国 [2014年12月19日]
2. Akihiro Ishibashi:  
“Instabilities of extremal black holes in higher dimensions”  
国際研究会「JGRG24」Kavli IPMU 東京大学、柏市 [2014年11月14日]
3. Akihiro Ishibashi:  
“Instabilities of extremal black holes in higher dimensions”  
延世 (Yonsei) 大学セミナー, ソウル市, 大韓民国 [2014年11月4日] (招待講演)
4. Akihiro Ishibashi:  
“Turbulence in AdS”  
国際研究会「Chaos in AdS workshop」大阪大学, 豊中市 [2014年9月8日] (招待講演)

## 国内学会・研究会講演

1. 石橋 明浩:  
“高次元臨界回転ブラックホールの不安定性”  
日本物理学会, 早稲田大学 東京都新宿区 [2015年3月24日]
2. 石橋 明浩:  
“高次元臨界ブラックホールの不安定性”  
立教大学理学部セミナー、東京都豊島区 [2014年12月15日] (招待講演)

## 競争的外部資金

- 2014 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者: 石橋明浩  
超弦理論における高次元ブラックホールの時空構造 (課題番号 22540299, 配分額 780,000 円)
- 2014 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

- 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 8 月 24 日

## 運営

### 学内委員

- 就職対策委員 (前期)
- 教務委員 (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
- 教育改善通信 第 5 号 (2014 年 12 月) pp.5-15 「基礎物理の新科目」
- 第 8 回湯川財団・木村利栄理論物理学賞受賞

# 宇宙論研究室

井上 開輝 准教授

高橋 誠 (M1)、小西 翔太 (B4)

杉江 剛典 (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 (Chiba 2002, Chiba et al. 2005)。我々は N 体シミュレーションの結果を用いて 6 個の四重像 QSO レンズ系を解析した結果、ダークハローがレンズ銀河ハロー以外の領域にあるミニハローである可能性が高いことを発見した (Takahashi and Inoue 2014)。また、視線方向のハローだけでなくボイドなどの局所的に密度が小さい構造もフラックス比に影響を与えている可能性が高いことも判明した (Takahashi and Inoue 2014)。現在、超高解像度シミュレーションと ALMA による高解像度サブミリ波観測を用いて、フラックス比アノマリーの正体に迫るプロジェクトが進行中である。(科研費基盤研究 (B) 「重力レンズ現象で探る始原ミニハローの起源」)

- 温かいダークマター粒子の質量に対する制限

キュ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)。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  $\alpha$  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。

- ミニボ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)。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のガス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. “Constraints on warm dark matter from weak lensing in anomalous quadruple lenses”  
Kaiki Taro Inoue, Ryuichi Takahashi, Tomo Takahashi, Tomoaki Ishiyama  
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **448**, (3): 2704-2716 (2015), (3月号)  
arXiv:1309.1326 [astro-ph.CO]  
DOI:10.1093/mnras/stv194
2. “Weak lensing by Minifilament or Minivoid as the Origin of Flux-ratio Anomalies in Lensed Quasar MG0414+0534”  
Kaiki Taro Inoue  
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **447**, (4): 1452-1459 (2015), (1月号)  
arXiv:1410.1033 [astro-ph.CO]  
DOI:10.1093/mnras/stu2507
3. “Weak lensing by intergalactic minstructures in quadruple lens systems: simulation and detection”  
Ryuichi Takahashi and Kaiki Taro Inoue  
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **440**, 870-888 (2014), (5月号)  
arXiv:1308.4855 [astro-ph.CO]  
DOI:10.1093/mnras/stu328

## 卒業論文

- 「宇宙マイクロ波背景放射を用いた宇宙のトポロジーの制限」  
小西 翔太
- 「電波干渉計による観測データを用いた画像作製のシミュレーション」  
杉江 剛典

## 国際学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue(presenter), Ryuichi Takahashi:  
“Line-of-sight structures as the origin of flux-ratio anomalies in quadruple QSOs”  
Workshop “Galaxies and Cosmology in Light of Strong Lensing”, Kashiwa, Chiba [22 Nov. 2014]
2. Ryuichi Takahashi (presenter), Kaiki Taro Inoue  
“Line-of-sight structures as the origin of flux-ratio anomalies in quadruple QSOs”  
Workshop “Galaxies and Cosmology in Light of Strong Lensing”, Kashiwa, Chiba [22 Nov. 2014]

## 国内学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue(presenter), Ryuichi Takahashi, Tomo Takahashi, Tomoaki Ishiyama  
「4重像重力レンズを用いた温かいダークマターの質量の制限」  
日本天文学会、大阪大学、豊中市 [19 Mar. 2015]

## 競争的外部資金

- 2014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) 5,720,000円 (2014年度))

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- SSH(スーパーサイエンスハイスクール) 高大連携出張講義 「宇宙論の常識・非常識」  
大阪府立泉北高校  
平成 26年 5月 31日

- 物理教育を考える会（入試問題検討会）  
甲南大学  
平成 26 年 5 月 31 日
- 「第 7 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 26 年 6 月 8 日
- SSH(スーパーサイエンスハイスクール) 高大連携講義 「宇宙論の常識・非常識」  
近畿大学本部キャンパス  
島根県立益田高等学校生徒  
平成 26 年 10 月 16 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）
- オープンキャンパス世話人（前、後期）
- 物理学コース WEB サイト管理（前、後期）

### 学外委員など

- 2015 年天文学会春期年会宇宙論セッション座長