

近畿大学理学科物理学コース  
2016年度 年次報告

平成 29 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	26
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	36
一般相対論・宇宙論研究室	39
宇宙論研究室	43

# 素粒子論・重力理論研究室

太田 信義 教授

久常 大樹 (M1)

山口 大輝 (B4)、石本 裕一郎 (B4)、久木原 勘太 (B4)、

小野 祐輔 (B4)、生田 啓之助 (B4)、吉田 大樹 (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。

- 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。またこのような理論を自発的対称性の破れで実現しないかを検討している。

## 学術論文（査読付）

1. “Background Scale Independence in Quantum Gravity,”  
N. Ohta,  
PTEP **2017** (2017) no.3, 033E02 [arXiv:1701.01506 [hep-th]].  
DOI:10.1093/ptep/ptx020
2. “Gauges and functional measures in quantum gravity II: Higher derivative gravity,” N. Ohta, R. Percacci and A. D. Pereira,  
arXiv:1610.07991 [hep-th]
3. “Renormalization Group Equation for  $f(R)$  gravity on hyperbolic spaces,”  
K. Falls and N. Ohta  
Phys. Rev. D **94** (2016) no.8, 084005 [arXiv:1607.08460 [hep-th]].  
DOI:10.1103/PhysRevD.94.084005
4. “Gauges and functional measures in quantum gravity I: Einstein theory,”  
N. Ohta, R. Percacci and A. D. Pereira,  
JHEP **1606** (2016) 115 [arXiv:1605.00454 [hep-th]].  
DOI:10.1093/mnras/stw1664

## 学士論文

- 「ボソン弦の共变的量子化」 山口 大輝
- 「開弦の光錐量子化とD-ブレーン崩壊」 石本 裕一郎
- 「D ブレーンとヤン-ミルズ理論」久木原 勘太
- 「弦の熱力学とブラックホール」小野 祐輔
- 「標準模型と弦モデル」生田 啓之助
- 「Tデュアリティ」吉田 大樹

## 国際学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta (presenter)  
“Asymptotic Safety and  $f(R)$  gravity”  
International Workshop on “Theoretical Particle Physics 2016”, Osaka University, Osaka [Sept. 19-23, 2016]

2. Nobuyoshi Ohta (presenter)  
 “Renormalization Group Equation for  $f(R)$  gravity on a hyperbolic space”  
 8th International Conference on the Exact Renormalization Group, Trieste,  
 Italy [Sept. 19-23, 2016]
  
3. Antonio Duarte Pereira (presenter), Nobuyoshi Ohta and Roberto Percacci,  
 “On Gauge and Field-parametrization Dependence in Quantum Gravity”  
 8th International Conference on the Exact Renormalization Group, Trieste,  
 Italy [Sept. 19-23, 2016]
  
4. Nobuyoshi Ohta (presenter)  
 “Renormalization Group Equation for  $f(R)$  gravity on a hyperbolic space”  
 International Workshop for String theory and Cosmology 2016, Seoul, Korea  
 [August 17- August 19, 2016]
  
5. Nobuyoshi Ohta (presenter)  
 “Renormalization Group Equation for  $f(R)$  gravity on a hyperbolic space”  
 2016 Annual Meeting and Member Representative Conference of the Division  
 of Gravitation and Relativistic Astrophysics of Chinese Physical Society,  
 Changsha, Hunan, China [June 26- July 1, 2016]

## 国内学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta (presenter)  
 “Renormalization Group Equation for  $f(R)$  gravity”  
 京都大学理学部素粒子論グループセミナー、京都大学、京都 [30 Nov. 2016]
  
2. Nobuyoshi Ohta (presenter)  
 “Renormalization Group Equations for  $f(R)$  Gravity and Some of Their Solutions”  
 第6回日大理工・益川塾連携シンポジウム、キャンパスプラザ京都 [15-16 Oct. 2016]
  
3. Nobuyoshi Ohta (presenter)  
 “Dark Energy and QCD ghost ”  
 京都産業大学益川塾セミナー、京都産業大学、京都 [24 May 2016]

4. Nobuyoshi Ohta (presenter)

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

日本大学理工学部素粒子論グループセミナー、日本大学、東京 [20 Jan. 2016]

## 競争的外部資金

- 日本学術振興会 科学研究費 (基盤 C、2016-2019 年度)  
研究代表者: 太田 信義  
1,300,000 円 (2016 年度分、間接経費 30 万円を含む)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 名古屋大学理学研究科素粒子宇宙物理学専攻 (素粒子宇宙物理系) 集中講義  
名古屋大学理学研究科  
平成 28 年 10 月 3 日-5 日

## 運営

### 学内委員

- 理学科物理学コース主任 (前、後期)

### 学外委員など

- 京都産業大学益川塾学外指導教授

# 素粒子実験研究室

加藤 幸弘 教授  
奥川 幹也 (B4)、岩崎 聡 (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。2016 年度は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開発した。開発したゲート装置は GEM 型で物理的開口率が 80% を超えており、電子を通過を妨げないようにしている。このゲート装置を用いた TPC のビームテストを、2016 年 11 月にドイツ電子シンクτροン研究所 (DESY) の電子ビームを用いて行った。解析は進行中であるが、電子透過率は設計値に近い値 (80%) が得られていることがわかった。

- 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。LTCC-GEM の特徴から ILD-TPC に用いる GEM の候補になりうると考えて、開発に参加した。2016 年度は有感領域が 3cmX3cm の LTCC-GEM を用いて、増幅率の測定を行った。

- 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。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. “Measurement of the forward-backward asymmetry in low-mass bottom-quark pairs produced in proton-antiproton collisions”  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review D* **93**(11), 112003(12p)(2016), (6月号)
2. “Measurement of the forward-backward asymmetry of top-quark and anti-quark pairs using the full CDF Run II data set”  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review D* **93**(11), 112005(17p)(2016), (6月号)
3. “Measurement of  $\sin^2\theta_{\text{eff}}^{\text{lept}}$  using  $e^+e^-$  pairs from  $\gamma^*/Z$  bosons produced in  $p\bar{p}$  collisions at a center-of-momentum energy of 1.96 TeV”  
T. Aaltonen, Y.Kato, *et al.*(CDF Collaboration)  
*Physical Review D* **93**(11), 112016(29p)(2016), (6月号)

## 学士論文

- 「シミュレーションによる GEM を用いたガス検出器での電子増幅率の評価」  
奥川 幹也
- 「LabVIEW を用いたガス検出器のモニタリングシステムの構築」岩崎 聡

## 国内学会・研究会講演

## 学外啓蒙活動

- 平成 28 年度 サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト、講座型学習活動、理数大好きおもしろ考房、実施校：東大阪市市立弥刀中学校、9月7日

## その他

教員免許状更新講習 講師 平成 28 年 8 月 5 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
- 理工学部人権教育・ハラスメント対策委員会委員長
- 2年生担任

# 素粒子・極限宇宙物理学研究室

千川 道幸 教授

仙頭 明奈 (B4), 中島 侑哉 (B4)

古市 雄太 (B4), 松本 紗英 (B4)

松本 知佳 (B4), 山口 優作 (B4)

李 健 (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

近畿大学は超高エネルギーガンマ線天体の観測 CTA プロジェクトに向けて R&D を行っています。

(1) 大型 Cherenkov 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) 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。装置の性能評価や観測感度曲線の導出など多くの評価事項についてシミュレーションを行う予定です。

### 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。

## 学士論文

- ・「連星パルサーによる一般相対論の検証」 仙頭 明奈
- ・「CTA LST R&D 接着剤強度試験及びアクチュエータ XBee 受信強度の検討」  
中島 侑哉
- ・「CTA LST R&D AMC システム用アンテナ固定ジグ製作」 古市雄太

- ・「コンパクト連星合体による重力波観測波形・理論波形の考察」 松本 紗英
- ・「UHE の電磁カスケードシャワーによるチェレンコフ光の研究」 松本 知佳
- ・「CTA LST R&D AMCシステム用アンテナシミュレーション」 山口 優作
- ・「CTA LST R&D 通信モジュールを用いた電波強度実験」 李 健

## 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、ゼミ生と共に楽しく研究活動に臨んでいます。

# 原子分子物理学研究室

日下部 俊男 教授

長谷川 瑛亮 (B4)、手操 一成 (B4)、

浅井 俊輝 (B4)、岡 俊樹 (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。

- フロン系分子との衝突における低速軽元素イオンの電荷移行断面積に関する研究

塩素を含まないフロン系分子はオゾン層破壊には直接的影響は及ぼさないが、高い温室効果ガスとして排出量の国際的規制なされているにもかかわらず、例えば六フッ化硫黄  $SF_6$  は、年々大気中の濃度が増え続けている。一方、太陽からは太陽風と呼ばれるプラズマ粒子が放出されている。地球磁気圏でのそれらとの相互作用の結果、オーロラが発生する。電子が主要な役割を果たしているが、一部のオーロラは太陽風の主成分である陽子が関わっていると言われている (プロトンオーロラ)。太陽風には、二番目に多い元素であるヘリウムイオンも含まれている。フロン系分子の  $SF_6$  と四フッ化炭素  $CF_4$  は、同一値のイオン化ポテンシャルを持っている。従って、keV 領域において陽子やヘリウムイオンの電荷移行衝突過程の断面積の入射イオンエネルギー依存性は、両分子でほぼ同一と予測される。そこで、 $0.20 \sim 4.0 \text{ keV}$  のエネルギー領域で、電荷移行断面積を成長率法で測定した。なお、このエネルギー領域では、 $SF_6$  に対しての Martinez らの測定値しかない。その結果、1) 陽子衝突系:  $SF_6$  の断面積値が  $CF_4$  の断面積値より大きく、分極力の大小の関わりのあることが示唆された。2) ヘリウムイオン衝突系: 極大値を与える衝突エネルギーが、 $CF_4$  の方がより低く、断面積値はやや大きい結果となった。反応のエネルギー欠損は陽子衝突系では、約  $2 \text{ eV}$  の吸熱反応であるが、ヘリウムイオン衝突系では、約  $10 \text{ eV}$  の発熱反応である。エネルギー欠損の大きさが小さいほど一般に断面積値が大きくなるが、その関係が逆転しており、ヘリウムイオンの方が大きな結果となっている。このことから、ヘリウムイオン衝突系では、生成分子イオンの励起や解離が起こっているものと考えられる。 $CF_4$  の方が解離エネルギーが大きく、これを考慮したエネルギー欠損の大きさが  $CF_4$  の方が小さく、測定結果を与えていると考えられる。3)  $SF_6$  に対する Martinez らの測定値は、特にヘリウムイオンに対しては、全く信頼できないことが分かった。

## 学術論文（査読なし）

1. 日下部 俊男:”低速リチウムイオンの電荷移行断面積に関する研究”  
一般共同研究成果報告書 平成 27 年度,核融合科学研究所, 352 (2016) (11月)
2. Masashi Kitajima, Toshio Kusakabe, K Moribayashi, Akinori Igarashi, K. Soejima, S. Shimakura, Kenji Motohashi, Kunikazu Ishii, Makoto Imai, H. Tsuchida, Masamitsu Hoshino, Lukas Pichl, M. Hiyama, T. Morishita, 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: ”Update of Atomic and Molecular Database for Tungsten and High  $Z$  Element”  
Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2015 - March 2016, 298 (2016) (10月)
3. Toshio Kusakabe, Hiroyuki A. Sakaue, and Daichi Kato: ”Charge Transfer Cross Sections of Singly Charged Lithium Ion in Collisions with Noble Gas Atoms in the Energy Range below 4.0 keV”  
Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2015 - March 2016, 407 (2016) (10月)

## 学士論文

- 「テルル化カドミウム (CdTe) 検出器のガンマ線検出特性に関する研究」 長谷川 瑛亮
- 「Si PIN フォトダイオードのガンマ線に対する検出効率改善のための基礎研究」 手操 一成
- 「フロン系分子との衝突における低速軽元素イオンの電荷移行断面積に関する研究」 浅井 俊輝
- 「PIG イオン源による  $SF_6$  プラズマから引き出されたイオンの質量スペクトルの観察」 岡 俊樹

## 競争的外部資金

- 平成 28 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 130,000 円)

- 平成 28 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

- 「近畿大学工学部 附属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 28 年 8 月 26 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 10 日 ~ 3 月 15 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
- 工学部入学試験委員

# 凝縮系物理学研究室

松居 哲生 教授

坂根 真矢 (M1)

荒木 宏明 (B4), 佐藤 愛美薫 (B4)

鶴重 翔平 (B4), 西田 智紀 (B4)

檜森真由美 (B4), 榎井 映里 (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意識の統合情報理論，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. "Neural network for quantum brain dynamics: 4D CP1+U(1) gauge theory on lattice and its phase structure",  
Shinya Sakane, Takashi Hiramatsu and Tetsuo Matsui,  
Neural Information Processing: 23rd International Conference, ICONIP 2016, Kyoto, Japan, October 16-21, 2016, Proceedings, Part I, 324-333, A. Hirose, S. Ozawa, K. Doya, K. Ikeda, M. Lee, D. Liu (Eds.), arXiv:1610.05433
2. "Asymmetric Synaptic Connections in Z(2) Gauge Neural Network",  
Asutomo Murai and Tetsuo Matsui  
Neural Information Processing: 23rd International Conference, ICONIP 2016, Kyoto, Japan, October 16-21, 2016, Proceedings, Part IV, 522-530, Akira, H., Seiichi, O., Doya, K., Kazushi, I., Minh, L., Derong, L. (Eds.)
3. "Atomic quantum simulation of a three dimensional U(1) gauge-Higgs model",  
Yoshihito Kuno, Shinya Sakane, Kenichi Kasamatsu, Ikuo Ichinose, Tetsuo Matsui,  
Physical Review A94, 063641(1-22) (2016), arXiv: 1605.02502

## 卒業論文

- 「ニューロンの発火機構とホジキン・ハクスレーモデル」 西田智紀
- 「トノーニの意識の統合情報理論」 鶴重翔平
- 「意識の統合情報理論とエントロピー」 荒木宏明
- 「ゲージニューラルネットのいままでとこれから」 檜森真由美
- 「右脳左脳の Z(2) ゲージニューラルネットモデル」 榊井映里
- 「量子場脳理論の CP1+U(1) ゲージモデル」 佐藤愛美薫

## 国内学会・研究会講演

1. 「実数非対称結合を持つ Z(2) ゲージニューラルネット」  
村井厚友, 檜森真由美, 松居哲生  
17pB31-5 日本物理学会、大阪大学 2013/03/17
2. 「右脳左脳のゲージニューラルネットモデルにおける意識の統合」  
榊井映里, 松居哲生, 荒木宏明  
17pB31-6 日本物理学会、大阪大学 2013/03/17

3. 「疎結合 CP1+U(1) ゲージニューラルネットとその相構造」  
坂根真矢, 藤愛美薫, 松居哲生  
17pB31-7 日本物理学会、大阪大学 2013/03/17
4. 「Slave-fermion 表示を用いた t-J モデルの局在・非局在転移の研究：2次元及び3次元モデルの比較」  
高石哲弥, 榊原和彦 A, 一瀬郁夫, 松居哲生  
17pL22-4 日本物理学会、大阪大学 2013/03/17
5. 「3次元拡張ボースハバードモデルと U(1) 格子ゲージ-ヒッグス理論」  
久野義人, 坂根真也, 笠松健一, 一瀬郁夫, 松居哲生  
13pKJ-6 日本物理学会、金沢大学 2016/09/13
6. 「Z(2) 非対称結合ゲージニューラルネットワークにおける学習・想起能率」  
村井厚友, 松居哲生  
14aAK-1 日本物理学会、金沢大学 2016/09/14
7. 「slave-fermion 表示を用いた t-J モデルの局在・非局在転移の研究：ゲージ理論的考察」  
高石哲弥, 榊原和彦, 一瀬育夫, 松居哲生  
14pKE-11 日本物理学会、金沢大学 2016/09/14
8. 「冷却原子系に構築される U(1)gauge-Higgs モデルがもつ Schwinger mechanism と閉じ込め電束の実時間発展」  
久野義人, 坂根真矢, 河木啓真, 笠松健一, 一瀬郁夫, 松居哲生  
23pSD-9 日本物理学会、宮崎大学 2016/09/23

## 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) 650,000 円 (2016年度))

## 運営

### 学内委員

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

## 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现象やボース・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。

- 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  
冷却原子を用いた格子ゲージヒッグス理論の量子シミュレーターの実装を1次元系と3次元系において提案し、モデルが示す相構造の詳細を明らかにした。

3次元系に関しては、体心正方格子構造をもつ光格子ポテンシャルを準備することで、原子のボース凝縮体をリンク変数に持つゲージ格子を準備できることを示し、格子のサイトに補助的なヒッグス場を導入することで、ゲージ不変な格子ゲージ模型を原子系にマッピングできることを示した。模型のモンテカルロシミュレーションにより相図を計算し、ヒッグス相と閉じ込め相と呼ばれる相が安定となるパラメータ領域が存在することを明らかにした。これにより、原子系の適切な操作を行って、興味あるパラメータ領域に系を制御できれば、ゲージヒッグス模型の相転移を研究する量子シミュレーションが可能であることが結論される。

より実験的に容易に量子シミュレーションが実現できる系として、1次元原子系における量子シミュレーションを考察した。1次元系でも3次元系と同様の模型を導出することができる。この時のヒッグス相と閉じ込め相の間の相転移は、その空間次元性から Berezinskii-Kosterlitz-Thouless 型の相転移で特徴付けられる。また、電気力線の動力学を量子揺らぎ補正を含んだ切断 Wigner 法により解析し、ヒッグス相と閉じ込め相で顕著な違いが生じることを示した。

## 学術論文 (査読付)

1. “Atomic quantum simulation of a three-dimensional U(1) gauge-Higgs model”  
Yoshihito Kuno, Shinya Sakane, Kenichi Kasamatsu, Ikuo Ichinose, and Tet-suo Matsui  
Physical Review A, **94**, 063641 (22 Pages) (2016), (12月号)  
DOI:<https://doi.org/10.1103/PhysRevA.94.063641>

## 国際学会・研究会講演

1. Kenichi Kasamatsu  
“Vortex dynamics in Bose-Einstein condensates with laser-induced spin-orbit coupling”  
APS March Meeting 2017, New Orleans, Louisiana, USA [14 March 2017]
2. Kenichi Kasamatsu, Ryota Mizuno, Utkan Güngördü, Tetsuo Ohmi, and Mikio Nakahara  
“Effects of a magnetic field on vortex states in superfluid  $^3\text{He-B}$ ”  
International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2016 (QFS2016), Prague, Czech Republic [14 Aug. 2016]
3. Yoshihito Kuno, Keima Kawaki, Shinya Sakane, Kenichi Kasamatsu, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui  
“Extended Bose-Hubbard model and atomic quantum simulation of (1+1)D U(1) gauge-Higgs model”  
The 25th International Conference on Atomic Physics (ICAP 2016), Soul, Korea [28 July 2016]
4. Kenichi Kasamatsu, Yoshihito Kuno, Shinya Sakane, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui  
“Atomic quantum simulation of a three-dimensional U(1) gauge-Higgs model”  
The 25th International Conference on Atomic Physics (ICAP 2016), Soul, Korea [28 July 2016]
5. Kenichi Kasamatsu, Minoru Eto, and Muneto Nitta  
“Interacting dynamics of half-quantized vortices in two-component Bose-Einstein condensates”  
The 25th International Conference on Atomic Physics (ICAP 2016), Soul, Korea [26 July 2016]

## 国内学会・研究会講演

1. 久野 義人, 坂根 真矢, 河木 啓真, 笠松 健一, 一瀬 郁夫, 松居 哲生  
「冷却原子系に構築される U(1)gauge-Higgs モデルがもつ Schwinger mechanism と閉じ込め電束の実時間発展」  
日本物理学会 2016 年秋季大会、宮崎大学、宮崎市 [23 Sep. 2016]
2. 久野 義人, 坂根 真矢, 笠松 健一, 一瀬 郁夫, 松居 哲生  
「3次元拡張ボースハバードモデルと U(1) 格子ゲージ-ヒッグス理論」  
日本物理学会 2016 年秋季大会、金沢大学、金沢市 [13 Sep. 2016]

3. 笠松 健一, Luca Barbiero, Chiara Menotti, Alessio Recati, Luis Santos  
「光格子中の極性ハードコアボソンにおける異常分散と擬多体局在」  
日本物理学会 2016 年秋季大会、金沢大学、金沢市 [13 Sep. 2016]
4. 笠松 健一, 衛藤稔, 新田宗士  
「2 成分ボース凝縮体における半整数量子渦ペアの実時間発展」  
日本物理学会 2016 年秋季大会、金沢大学、金沢市 [13 Sep. 2016]

## 競争的外部資金

- 2016 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,  
直接経費 1,000,000 円 (2016 年度))

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 高校内ガイダンス理工学講座 物理担当  
兵庫県立西宮高校  
平成 28 年 6 月 22 日
- 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：物質が示す真の姿」  
近畿大学  
平成 28 年 8 月 20 日

## 運営

- 理工学部・総合理工学研究科自己点検・評価委員会  
教育改善通信 第 7 号 (2016 年 9 月)  
「物理学学習支援室における取り組み」p.6-11 執筆

## 学内委員

- 学生委員 (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

## その他

- 第9回 理工学部研究交流会  
「ドイツ在外研究研究報告-冷却原子を用いた孤立量子系の非平衡ダイナミクスの研究」  
平成29年3月10日

# ソフトマター物理学研究室

堂寺 知成 教授

田中秀明 (M1)、高橋 佑輔 (M1)

西浦 智也 (M1)、荒牧 慧 (B4)

稲田 つばさ (B4)、胡内 翔太 (B4)

野中 健史 (B4)、安田 有佑 (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。

### 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、電子工

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。

## 学術論文（査読付）

1. “A geometric view of structure formation in soft colloids”  
P. Zihlerl and T. Dotera  
Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi” **193**  
”Soft Matter Self-Assembly”, 307-329 (2016).  
doi: 10.3254/978-1-61499-662-0-307
2. “Hexagulation numbers: the magic numbers of equal spheres on triply periodic minimal surfaces”  
Tomonari Dotera, Hideaki Tanaka and Yusuke Takahashi  
Structural Chemistry **28**, 105-112 (2016).  
Dedicated to Professor Alan Mackay on the occasion of his 90-th birthday  
doi: 10.1007/s11224-016-0833-7
3. “Origin of 18-fold quasicrystal”  
S. Bekku, P. Zihlerl and T. Dotera  
Journal of Physics: Conference Series **809**, 012003 (2017).  
Proceedings of the 13th International Conference on Quasicrystals (ICQ13)  
18-23 September 2016, Kathmandu, Nepal  
doi: 10.1088/1742-6596/809/1/012003

## 卒業論文

- 「ハードコア・ソフトシェル粒子系ダイヤモンド構造-シミュレーション条件の探索-」 荒牧 慧
- 「一次元青銅比準周期構造の電子スペクトル」 稲田 つばさ
- 「近似結晶を用いたペンローズ格子剛体菱形のシミュレーション」 胡内 翔太
- 「Event-chain モンテカルロ法による剛体球シミュレーション」 野中 健史
- 「正 12 角形準結晶近似結晶・Frank-Kasper 構造の生成」 安田 有佑

## 国際学会・研究会講演

1. Tomonari Dotera  
“Two extensions in crystallography: Bronze-mean quasicrystal and crystals on saddle-shaped surfaces ”  
Monday physics colloquium,  
Dept. of physics, Univ. of Ljubljana (Ljubljana, Slovenia)[20 Mar. 2017](Oral)
2. Hideaki Tanaka and Tomonari Dotera:  
“Regular Arrangement on the D-Surface”  
Animal Vegetal Mineral? Boden Research Conference Yallingup, Western Australia, Australia [19-23 Sept. 2016](Poster)
3. Yusuke Takahashi and Tomonari Dotera:  
“Regular Arrangement on the P-Surface”  
Animal Vegetal Mineral? Boden Research Conference Yallingup, Western Australia, Australia [19-23 Sept. 2016](Poster)
4. S. Bekku, P. Ziherl, and T. Dotera  
“Origin of 18-fold quasicrystal”  
13th International Conference on Quasicrystals (ICQ13)  
Kathmandu, Nepal [18-23 Sept. 2016](Poster).
5. T. Dotera, S. Bekku, and P. Ziherl:  
“Bronze-mean hexagonal quasicrystal”  
13th International Conference on Quasicrystals (ICQ13)  
Kathmandu, Nepal [18 Sept. 2016] (Invited talk).

## 国内学会・研究会講演

1. 堂寺知成:  
「青銅比準結晶のシミュレーション」  
準結晶研究会（北海道大学工学部、札幌、北海道）[3 Mar. 2017]（口頭発表）.
2. 田中秀明、高橋佑輔、堂寺知成  
「P、G、D 曲面上の球状粒子がつくる結晶構造の相転移シミュレーション」  
2016 年度 高分子基礎物性研究会・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（東京農工大）[9 Dec. 2016]（口頭発表）.
3. 堂寺知成、田中秀明、高橋佑輔  
「3 重周期極小曲面上の剛体球のアルダー転移に現れる魔法数」  
ソフトマター研究会（北海道大学工学部、札幌、北海道）[25 Oct. 2016]（ポスター発表）.

## 競争的外部資金

- 2016 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)、28 年度配分額 6,600,000 円 (2016 年度))
- 2016 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) 28 年度配分額 300,000 円 (2016 年度))

## その他

- 田中 秀明 (M1) 総合理工マスタース 2017 優秀ポスター賞 [1 Mar. 2017].
- 高橋 佑輔 (M1) 総合理工マスタース 2017 優秀ポスター賞 [1 Mar. 2017].
- 荒牧 慧 (B4) 卒研発表賞第 2 位 [8 Feb. 2016].
- 野中 健史 (B4) 卒研発表賞第 3 位 [8 Feb. 2016].
- 米国物理学学会のメール配信ニュースレターのヘッダーに 2013 年から高分子準結晶の図が使用されている。

## 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. 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」2016 年 8 月 21 日。

## 学内委員

- 学部図書・広報委員長 (-h28.9) 大学院広報委員長 (-h28.9)
- 大学院将来計画委員長 (-h28.9) 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 (-h28.9)
- 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 (-h28.9) リポジトリ運営会議委員 (-h28.9)
- 21世紀学修・学生生活支援検討委員 (通期)
- 就職対策委員 (h28.10-)

## 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-).
- 日本学術振興会科学研究費審査第三部会審査委員 (h28.6-).
- 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 Ziherl.

# 理論物理学研究室

中原 幹夫 教授  
内藤 僚 (B4)、野原 佑以 (B4)  
田中 萌 (B4)、上本浩彰 (B4)  
倉橋 光 (B4)、金子 征司 (B4)

## 研究概要

- 非断熱量子制御  
デコヒーレンスを抑制し、量子計算の精度を上げる方法として、断熱制御を非断熱制御で置き換える手法がある。今年、counter-diabatic quantum drive を、ボース凝縮体における渦の生成に応用して、高次の巻き数を持つ渦の生成 (Vortex pump) が可能であることを理論的に示した。

## メディア掲載

- Physical Review A: Kaleidoscope,  
<https://journals.aps.org/pr/kaleidoscope/pr/95/1/013615>

## 学術論文 (査読付)

1. “Counterdiabatic vortex pump in spinor Bose-Einstein condensates”,  
T Ollikainen, S Masuda, M Möttönen, M Nakahara,  
Phys. Rev. A **95**, 013615 (2017).

## 著書

- “量子物理学のための線形代数-ベクトルから量子情報へ”, 中原幹夫著, 培風館 (2016年07月).

## 学士論文

- 「トムソン問題について」上本 浩彰
- 「メソスコピック系の現象について」倉橋 光

- 「Si 量子ドットを用いた 2 量子ビット論理ゲートの実現」田中 萌
- 「超伝導の渦糸状態」金子 征司
- 「IBM クラウド量子コンピュータを用いた量子アルゴリズムの検証と周波数もつれ光子の研究」内藤 僚
- 「MG0414+0534 の重力レンズモデル」野原 佑以

## 国際学会・研究会講演

1. Mikio Nakahara(Presenter)  
“Solving travelling salesman problem with quantum computer”  
Japan-Korea workshop on algebra and combinatorics [9–11, Feb. 2017]
2. Mikio Nakahara(Presenter, Invited Talk)  
“Two topics from quantum computing you may be interested in”  
2016 China–Korea International Conference on Matrix Theory with Applications [28-31, Dec. 2016]

## 国内学会・研究会講演

1. Mikio Nakahara (presenter)  
“Counter-diabatic vortex pump in spinor Bose-Einstein condensate”  
OIST workshop on Quantum Control, 沖縄科学技術大学院大学 [22 March, 2017]
2. 中原幹夫 (presenter), T. Ollikainen, 増田俊平, Mikko Möttönen, 「非断熱量子制御を用いた Spinor BEC における Vortex Pumping」, 日本物理学会 2016 年秋季大会, 金沢大学 [13-16, Sep. 2016].

## 競争的外部資金

- 科研費 (基盤研究 (C)、2014-2016 年度)  
リー代数を用いた非断熱量子制御の研究  
研究代表者:中原 幹夫 直接経費 1,200,000 円 (2016 年度)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- “COM1: Introduction to Quantum Computing”, The 26th Jyväskylä Summer School, Finland. 8 August 2016–10 August 2016.

## 運営

### 学内委員

- 自己点検・評価委員会委員（前、後期）
- 学年担任（4年生）（前、後期）

# 量子制御研究室

近藤 康 教授

飯田裕貴 (B4)、後田真一 (B4)

大竹渉太 (B4)、河明浩 (B4)

木村駿斗 (B4)、西島淳司 (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  $2 \text{ kHz}$ ) 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 を行っていることに注意しておく。

$5 \text{ mT}$  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。

昨年度には、電気電子工学科の菅原先生と協力して、フェライト磁石を用いた静磁場による NMR 装置を開発した (K. Chonlathep, T. Sakamoto, K. Sugahara, and Y. Kondo, *Journal of Magnetic Resonance* 275 (2017) 114–119)。今後は、この装置を用いて量子アルゴリズムの実装を行う。

- 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。

平成 30 年度から 3 年生学生実験として NMR 実験を行うために、学生実験機器充実費により 25 台の NMR 装置をサムウェイ社から導入した。基本設計は本研究室で開発したものである。（「磁気共鳴装置の開発と応用」を参照。）

## メディア掲載

- 3 月 29 日（水）11：00～11：20、15：30～15：50、23：00～23：20（大阪地域のみ放送）J:COM チャンネル「デイリーニュース～東大阪」

近畿大学（大阪府東大阪市）は、小学校・中学校・高等学校の教員対象の理科実験体験イベントを、平成 29 年（2017 年）3 月 25 日（土）、東大阪キャンパスにて開催し、その様子が放送されます。

## 学術論文（査読付）

1. “A simple and low-cost permanent magnet system for NMR”, K. Chonlathep, T. Sakamoto, K. Sugahara, and Y. Kondo, Journal of Magnetic Resonance 275 (2017) 114–119.

## 学術論文（査読なし）

1. “理科好きを育てる出前実験”, 木村 隆良、新居 毅人、近藤 康、近畿大学理工学総合研究所 研究報告 2017 年 第 29 号 pp. 57 – 88.

## 学士論文

- 「理科実験について」飯田 裕貴
- 「小中学生のための“クリップモーターの製作”実験の改善」後田 真一

- 「音を使ったヤングの干渉実験」大竹 渉太
- 「磁気センサーを用いたコンパクトな超低磁場 NMR 装置の製作」河
- 「ペルチェ素子を用いた霧箱の製作」木村 駿斗
- 「市販の高温超伝導線を使った超伝導学生実験」西島 淳司

## 国際学会・研究会講演

1. Yasushi Kondo (presenter)  
 “Relaxation in few-body systems”  
 APS March Meeting 2017, Session P13[15 Mar. 2017]

## 国内学会・研究会講演

1. 近藤 康 (presenter)  
 「少数自由度系における緩和」  
 日本物理学会、金沢大学、金沢市 [14 Sept. 2016]

## 競争的外部資金

- 受託研究（サムウエイ）  
 研究代表者：近藤 康  
 300,000 円（2016 年度）

## 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 28 年 7 月 12 日
- 教員免許更新講習  
 近畿大学  
 平成 28 年 8 月 5 日
- 近畿大学附属中学校訪問実験  
 近畿大学  
 平成 28 年 8 月 26 日

- 出張実験  
弥刀中学と若江中学  
平成 28 年 9 月 7 日、9 日、平成 29 年 2 月 7 日、15 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 29 年 3 月 25 日

## 運営

### 学内委員

- 予算委員（前、後期）
- 学年担任（2 年生）（前、後期）

# 固体電子物理研究室

増井 孝彦 准教授

堂村 哲平 (M2)、山本 恭輔 (M2)

市山 由樹子 (M1)、大迫 彩花 (M1)

木村 咲紀 (M1)、長曾我部 崇伸 (M1)

赤松 佑馬 (B4)、池田 亘 (B4)

佐々井 紘弥 (B4)、田嶋 省吾 (B4)

山田 諒 (B4)

## 研究概要

- 高温超伝導体 YBCO の Na 効果

銅酸化物高温超伝導体の研究において、これまでに様々な元素種が結晶構造中に取り込まれることが確認されている。本研究で取り上げたナトリウムは身近な元素でもあることから高温超伝導研究の早い段階で置換可能性が検討された。しかしながら、これまでのところナトリウムが高温超伝導体の結晶構造に取り込まれたとする明確な報告は存在しなかった。そこで本研究では、このナトリウム置換の可能性を改めて検証した。

試料は、Y サイトへの置換を示す明確な証拠は得られず、副次的な効果として原料の  $\text{CO}_2$  が  $\text{CO}_3^{2-}$  として結晶へ取り込まれた。Ba サイトへの置換可能性は不純物相の存在から否定された。Cu サイトについてはこれまで検証例がなかったことから、ナトリウムの蒸発可能性を考慮して封入した容器内での高温による試料焼成を試みたところ、YBCO 微結晶が得られた。それを粉末 X 線回折にかけて分析すると格子定数に変化があり、またその変化の傾向が炭酸イオンなどほかの原因による変化とは明らかに異なることから、Na が Cu に置換された可能性が高いと結論付けた。

- アルカリフラックス法による Sr 系高温超伝導体の作製

銅酸化物の高温超伝導研究において、無限層系と呼ばれる  $\text{SrCuO}_2$  という物質の諸性質を詳細に調べることは、残された大きな課題である。ただこの物質は通常の常圧合成では超伝導性を示さない斜方晶構造を取り、超伝導体となるには高圧化での合成によって正方晶構造を実現する必要があるため、合成が困難であるため、良質な試料を得ることが難しく研究が停滞していた。本研究ではこの正方晶  $\text{SrCuO}_2$  の作製方法として、高圧力を必要としないアルカリフラックス法に注目した。温度や仕込み材料組成などを調整した結果、当初の予想よりも高温である 900 K で、原料組成とは異なる正方晶構造が粉末 X 線構造解析によって確認できた。

## 学術論文（査読付）

1. “Enhancement of ferromagnetism by oxygen isotope substitution in strontium ruthenate  $\text{SrRuO}_3$ ”  
H. Kawanaka, Y. Aiura, T. Hasebe, M. Yokoyama, T. Masui, Y. Nishihara, T. Yanagisawa  
Scientific Reports **6**, Article number: 35150 (2016) (10月号)  
DOI:10.1038/srep35150

## 修士論文

- 「銅酸化物超伝導体 Y123 及び Y124 の Na 効果」 堂村 哲平
- 「アルカリフラックス法を用いた Sr 系銅酸化物超伝導体の作製と評価」 山本 恭輔

## 学士論文

- 「 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  の Ni-Zn 同時置換効果 (微少濃度)」 赤松 佑馬
- 「ハロゲン化物フラックスによる Bi2223 単結晶育成の試み」 池田 亘
- 「 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  の Ni-Zn 同時置換効果 (高濃度)」 佐々井 紘弥
- 「ハロゲン化物フラックスによる Bi2212 単結晶育成の試み」 田嶋 省吾
- 「 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  の Ni-Zn 同時置換効果 (中低濃度)」 山田 諒

## 国際学会・研究会講演

1. Nobuaki Watanabe, Takahiko Masui, Takahiro Osafune, Yusuke Kasai, Kouhei Kiuchi  
”Synthesis of Te substituted Iron Chalcogenide Thick Films by Electrochemical Method”  
The 29th International Symposium on Superconductivity, 東京国際フォーラム [13 Dec.2016]

## 国内学会・研究会講演

1. 渡辺宣朗、増井孝彦、長船貴大、笠井勇佑  
「電気化学析出法による  $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$  の合成」  
第 64 回応用物理学会春季学術講演会、パシフィコ横浜、神奈川県横浜市 [15 Mar. 2017]
2. 渡辺宣朗、増井孝彦、小池翔磨、長船貴大、木内浩平、住吉理愛  
「電気化学析出法による  $\text{FeSe}_{1-x}\text{Te}_x$  の作製」  
第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、朱鷺メッセ、新潟県新潟市 [14 Sep. 2016]

## 運営

### 学内委員

- 施設設備委員（前、後期）
- オープンキャンパス委員（前、後期）
- 物理基礎科目世話人（後期）

# 生物物理学研究室

矢野 陽子 准教授

井上 雄介 (B4)、新田 優斗 (B4)

久野 花織 (B4)、大谷 優里香 (B4)

亀山 愛樹 (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. "A quick convergent-beam laboratory X-ray reflectometer using a simultaneous multiple-angle dispersive geometry"  
Wolfgang Voegeli, Chika Kamezawa, Etsuo Arakawa, Yohko F. Yano, Tetsuroh Shirasawa, Toshio Takahashi, Tadashi Matsushita  
Journal of Applied Crystallography 50 (2), 570-575 (2017) (3月号)
2. "Hofmeister Anion Effects on Protein Adsorption at an Air-Water Interface"  
Yohko F. Yano, Yuki Kobayashi, Toshiaki Ina, Kiyofumi Nitta, and Tomoya Uruga,  
Langmuir 32, 9892-9898 (2016) (9月号)

## 卒業論文

- 「界面活性剤液滴の形状と大きさから探るマランゴニ対流の測定条件」井上雄介
- 「アルコールの炭素数の違いにおけるマランゴニ対流の比較」新田優斗
- 「界面活性剤の界面吸着量の制御とマランゴニ対流の観測」久野花織
- 「マランゴニ対流発生条件の探索と表面張力の自発振動周期の制御」大谷優里香
- 「X線反射率法を用いた水面上リン脂質単分子膜の構造解析」亀山愛樹

## 国際学会・研究会講演

1. Yohko F. Yano, Etsuo Arakawa, Wolfgang Voegeli, and Tadashi Matsushita: "A simultaneous multiple angle-wavelength dispersive X-ray reflectometer applied to the dynamical study of soft matter interfaces" Surface X-ray and Neutron Scattering (SXNS14), New York, USA [11 Jul. 2016]

## 国内学会・研究会講演

1. 瀧上隆智, 矢野陽子: "ソフト界面膜構造研究最前線 2016" SPring-8 シンポジウム 2016、関西学院大学 [29 Aug. 2016]

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 大阪市立東高校からの研究室訪問受け入れ (2017/01/19)

### その他

- 平成 28 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)

## 運営

### 学内委員

- 人権委員
- 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」副代表
- 溶液化学研究会 第40回溶液化学シンポジウム実行委員

# 一般相対論・宇宙論研究室

石橋 明浩 准教授

栗村 大輔 (B4)、上田 航大 (B4)

奥村 貴司 (B4)、藏貫 諒 (B4)

南川 朋輝 (B4)、三ノ輪 健一 (B4)

## 研究概要

- ブラックホール時空の大域構造

自然界の全ての力を統一的に理解する試みとして、宇宙がミ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。また“ AdS/CFT 対応 ”もしくは“ ホログラフィー仮説 ”とよばれる、重力理論と量子力学系との対応に関する研究も行っています。ある種の強相関・強結合の量子力学系を重力理論を用いて記述・理解しようという野心的試みです。

本年度は、

1. 回転する漸近 AdS ブラックホールの超放射による不安定性の研究〔学術論文 1〕。
2. ホログラフィー対応を用いた超流動の理解に関する研究〔学術論文 2〕。

卒業研究では、一昨年前ついに重力波が初観測されたことを踏まえ、今回観測された GW150914 の観測原理、重力波波源天体の重力崩壊による形成、ブラックホール摂動論、静的ブラックホールの大域構造、回転ブラックホールの大域構造、およびそこからのエネルギー抽出機構について、先行研究をまとめてもらいました。

## 学術論文 (査読付)

1. “Superradiant instabilities of asymptotically anti-de Sitter black holes”  
Stephen, R. Green, Stefan Hollands, [Akihiro Ishibashi](#), and Robert M. Wald  
Classical and Quantum Gravity, **33** (2016), 125022 (Published 18 May 2016)

2. “Holographic superfluid flows with a localized repulsive potential”  
Akihiro Ishibashi, Kengo Maeda, and Takashi Okamura  
Physical Review **D94** (2016), 046007 (Published 24 August 2016)

## 学位論文

- 学士論文:
  - 「星の重力崩壊」粟村 大輔 (B4),
  - 「重力波の発生機構及び曲がった時空上の重力波」上田 航大 (B4)
  - 「ブラックホール連星からの重力波とチャープ質量」奥村 貴司 (B4),
  - 「カーブラックホールを用いたエネルギー抽出機構」藏貫 諒 (B4),
  - 「カー・ブラックホール時空の幾何学」南川 朋輝 (B4),
  - 「シュワルツシルト時空の拡張と球対称重力崩壊」三ノ輪 健一 (B4)

## 国際学会・研究会講演

1. 石橋明浩:  
“BMS Supertranslations and Gravitational Memory” (招待講演)  
国際研究会「Holography, Quantum Entanglement and Higher Spin Gravity」  
京都大学基礎物理学研究所, 京都市 [2017年02月06日]
2. 石橋明浩:  
“Memory and Symmetry” (招待講演)  
KMI 国際研究会「General Relativity in higher dimensions」  
名古屋大学, 愛知県名古屋市 [2016年11月27日]
3. 石橋明浩:  
“Instabilities of asymptotically AdS black holes”  
セミナー講演  
延世大学素粒子論研究室, 大韓民国ソウル市 [2016年10月14日]
4. 石橋明浩:  
“Instabilities of asymptotically AdS black holes”  
セミナー講演  
韓国高等研究所 (KIAS), 大韓民国ソウル市 [2016年10月13日]

## 国内学会・研究会講演

1. 石橋明浩: (招待講演)  
“高次元重力”  
「第28回理論懇談会シンポジウム」  
東北大学, 宮城県仙台市 [2016年12月22日]
2. 石橋明浩:  
“重力の記憶”(招待講演)  
「五色浜相対論研究会」  
ウエル五色浜リゾートセンター, 兵庫県淡路島 [2016年09月10日]
3. 石橋明浩:  
“Superradiant instabilities of asymptotically AdS black holes”  
延世大学との研究交流会 Brainstorming sessions on black holes and holography  
近畿大学理工学部 [2016年05月16日]

## 競争的外部資金

- 2016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)
- 2016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

- 「ブラックホールと重力波」  
模擬講義 近畿大学附属新宮高校、  
和歌山県新宮市 [2016年06月30日]
- 「重力波とブラックホール 宇宙を探求する新しい目」  
課外セミナー  
近畿大学大学院総合理工学研究科 [2016年07月07日]
- 「ブラックホールと高次元宇宙」  
第8回理工学部・研究発表交流会  
近畿大学理工学部 [2016年12月17日]

## 運営

### 学内委員

- 教務委員 (前期・後期)
- 基礎物理学世話人 (前期のみ)

### 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 H28年3月6日、7日実施
- 滞在型研究交流会 H28年5月16日実施  
延世大学素粒子論研究室の皆さんと。

# 宇宙論研究室

井上 開輝 准教授

小西 翔太 (M2)、杉江 剛典 (M2)

茂野 智幸 (M1)、堀口 康男 (M1)

竹内 将人 (B4)、中山 晴喬 (B4)、成岡 練 (B4)

南野 恵祐 (B4)、村上 将大 (B4)

## 研究概要

- 暗黒矮小銀河のエビデンス (2月9日 [近畿大、東大からプレスリリース](#))  
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異常が存在し、これらのシステムにおいて、天の川銀河より小さい矮小銀河程度の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) によって我々の研究チームが観測した QSO-銀河重力レンズ系 MG0414+0534 の画像解析から以下のことが判明した (Inoue, Matsushita, Mienzaki and Chiba et al. *ApJL* 835, No.2, L23, 2017)。
  - 1) サブミリ波においても中間赤外線による観測と同様に「フラックス比異常」がみられた。ソースのサイズは 100pc 以上であることより、摂動体の質量スケールは比較的大きい (10 の 7 乗太陽質量以上) ことが分かった。
  - 2) レンズ像近傍ダスト輻射起源とみられる淡いシグナルがみつかった ( $4\sigma$ )。その対応天体は可視光、近赤外、センチ波のいずれの波長にも検出されていない。この淡い光の中心近傍にダストに富む暗黒矮小銀河が存在すると仮定した場合、扁平率が 0.7 程度であれば、電波や中間赤外線におけるフラックス比異常と可視光や近赤外線における微分減光を同時に説明できることが分かった。また、その赤方偏移の取り得る範囲は  $0.5 \lesssim z \lesssim 1$ 、ダストの質量は  $\sim 10^{6-7}$  太陽質量、ダークマターとバリオンを合わせた質量は  $\sim 10^9$  太陽質量である。ダストの空間的なサイズは 5 kpc を超えるが、Iバンドにおけるフラックスは  $0.06 \mu\text{Jy}$  以下と、近赤外で極めて暗い。発見された天体は、宇宙論的距離における Ultra Diffuse Galaxy (UDG) のような低輝度の天体であるかもしれない。今後、検出された暗黒矮小銀河がレンズ銀河に属するのかそれとも視線方向の銀河間空間にあるのか追観測などで決定することが重要となってくる。
- 異常重力レンズによる混合ダークマターモデルの制限  
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) 粒子と冷たいダークマター (CDM) 粒子の混合モデルに対し制限をつけた (Kamada, Inoue and Takahashi PRD 94, 023522, 2016)。具体的には WDM の質量に占める割合が 47%以下であれば重力レンズの観測で制限されないことが判明した。即ち、3.5 keV の異常 X 線を説明する温かいダークマター成分はダークマターの主成分にはなり得ないが CDM が主成分であればその存在の可能性は否定できない。

- フラックス比異常の起源の解明

フラックス比異常の起源の原因として 2 つの効果が挙げられる。1 つ目は、レンズ銀河の中の暗い矮小銀河による重力である。たまたま、レンズを通る光路中に、矮小銀河があれば、小さな凸レンズの効果を及ぼす。2 つ目は、光源となる天体から我々までの光路中にある質量のむらである。その多くは光って見えないダークマターだと考えられている。ダークマターは場所によって密になったり、疎になったりするので、小さな凸レンズや凹レンズの効果を及ぼす。この 2 つの効果の内、どちらが主な原因であるかは謎であった。今回、我々は最新の超高解像度  $N$  体シミュレーションを用いて得られた視線方向のダークマターのむらに関する理論予測を使い、11 個の観測された 4 重像重力レンズに対し、どちらの効果が強いのかを調べた。その結果、後者の効果が前者の効果より強いとことが分かった。つまり、「フラックス比異常」は主に、視線方向のダークマターのむらによって引き起こされているのである。もし、この説が正しいとすると、光源までの距離が遠いほど、光がダークマターのむらを通る確率が高くなるので、「フラックス比異常」の度合いが大きくなるはずである。実際、光源までの距離が大きいサンプルを調べてみたところ、「フラックス比異常」は光源までの距離に比例して大きくなっていることが判明した (Inoue MNRAS 461, 164, 2016)。

## メディア掲載

- 2月19日 読売新聞 (大阪本社版) 朝刊 p.35 社会面「暗黒矮小銀河 捉えた近畿大など 微弱な光 電波望遠鏡で」
- 2月10日 朝日新聞 (大阪本社版) 朝刊 p.35 社会面「暗黒矮小銀河? 電波をキャッチ 近大など、60億~80億光年先」(後藤一他)
- 2月10日 京都新聞 朝刊 社会面「謎の暗黒矮小銀河の光か アルマ望遠鏡観測、近畿大」(共同通信)
- 2月10日 Kindai Picks 「世界初! アルマ望遠鏡で暗黒矮小銀河の光をとらえる」<http://www.kindaipicks.com/article/000987>

- 2月9日 近畿大、東大プレスリリース 「アルマ望遠鏡、暗黒矮小銀河の光をとらえる」近畿大、東大理学部、東北大理学部 各 WEB サイト
- 1月29日、[Phys.org](https://phys.org) “Mysterious faint object detected in the vicinity of a quadruply lensed quasar”

## 学術論文（査読付）

1. “Evidence for a Dusty Dark Dwarf Galaxy in the Quadruple Lens MG0414+0534”  
Kaiki Taro Inoue, Satoki Matsushita, Takeo Minezaki, Masashi Chiba  
Astrophysical Journal Letter, **835**, No.2 L23 (2017), (1月号)
2. “Reconstruction of Missing Data using Iterative Harmonic Expansion”  
Atsushi J. Nishizawa and Kaiki Taro Inoue  
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **462**, (1): 588-600 (2016),  
(7月号)  
DOI:10.1093/mnras/stw1664
3. “Constraints on mixed dark matter from anomalous strong lens systems”  
Ayuki Kamada Kaiki Taro Inoue, Tomo Takahashi  
Physical Review D, **94**, 023522 (2016), (7月号)  
DOI:10.1103/PhysRevD.94.023522
4. “On the Origin of Flux Ratio Anomaly in Quadruple Lens Systems”  
Kaiki Taro Inoue  
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **461**, (1): 164-175 (2016),  
(5月号)  
DOI:10.1093/mnras/stw1270

## 修士論文

- 「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

## 学士論文

- 「CMBの温度ゆらぎと大規模構造」 中山 晴喬
- 「4重像クエーサーの重力レンズモデル」 竹内 将人
- 「特異等温球 (SIS) とコア有り SIS の重力レンズ効果」南野 恵祐
- 「重力レンズクエーサー MG0414+0534 の連続波解析」成岡 練

- 「四重極公式を用いた重力波計算」村上 将大

## 国内学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue (presenter), Satoki Matsushita, Takeo Minezaki and Masashi Chiba  
「4重像レンズ QSO における暗黒矮小銀河のエビデンス」  
日本天文学会、九州大学、福岡市 [17 Mar. 2017]
2. Kaiki Taro Inoue (presenter)  
“Probing Dark Dwarf Galaxies with Gravitational Lensing”  
大阪大学宇宙進化グループセミナー、大阪大学、豊中市 [2 Feb. 2016]
3. Kaiki Taro Inoue (presenter), et al.  
「弱重力レンズ効果による超ボイドの重力的撮像」  
日本天文学会、愛媛大学、松山市 [14 Sep. 2016]

## 競争的外部資金

- 国立天文台チリ観測所 ALMA 研究費 (ALMA Japan Research Grant)  
研究代表者:井上 開輝  
550,000 円 (2015-2016 年度)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 「第9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28年6月12日

## 書籍

- 日経サイエンス 2016年11月号 大特集:宇宙の超巨大構造創刊45周年記念号「酷寒の暗黒領域 スーパーボイド」(Szapudi Istvan 著の翻訳)

## 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 サイト小委員会委員（前、後期）
- 物理学コース WEB サイト管理（前、後期）

### 学外委員など

- 日本天文学会 秋期年会 宇宙論セッション座長  
平成 28 年 9 月 14 日