

近畿大学理学科物理学コース  
2012年度 年次報告

平成26年3月7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	11
原子分子物理学研究室	12
ソフトマター物理学研究室	16
凝縮系物理学研究室	20
理論物理学研究室	23
表面科学研究室	28
物性理論研究室	32
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

宗行 賢二 (D1)、藤河 真 (M2)、松浦 章二 (M2)

桜井 雅晃 (B4)、土田 現貴 (B4)

内田 大樹 (B4)、西本 友久 (B4)

## 研究概要

- 重力を含む統一理論の研究

素粒子物理学の課題を場の量子論の手法で解明する。特に、量子論と重力理論を融合させた量子重力理論の研究を行っている。その第1の候補である超弦理論の背後にある基本的原理、統一的 M 理論の定式化、対称性の破れの機構、ブラックホールの量子論的物理、超弦とブレー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。

## 学術論文 ( 査読付 )

1. “Dark energy and QCD ghost,”  
N. Ohta,  
Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. **07**, 194 (2012).
2. “Charged Black Holes in String Theory with Gauss-Bonnet Correction in Various Dimensions,”  
N. Ohta and T. Torii,  
Physical Review D **86**, 104016 (2012) [arXiv:1208.6367 [hep-th]].
3. “Black hole solutions in string theory with Gauss-Bonnet curvature correction,”  
K. -I. Maeda, Y. Sasagawa and N. Ohta,  
Proceedings of the MG12 Meeting on General Relativity World Scientific, 2012) pp. 2255-2257
4. “Beta Function and Asymptotic Safety in Three-dimensional Higher Derivative Gravity,”  
Nobuyoshi Ohta,  
Classical and Quantum Gravity. **29**, 205012 (2012) [arXiv:1205.0476 [hep-th]].

5. “Unitarity versus Renormalizability of Higher Derivative Gravity in 3D,”  
K. Muneyuki and N. Ohta,  
Physical Review D **85**, 101501 (2012) [arXiv:1201.2058 [hep-th]].

## 学術論文 ( 査読なし )

## 著書

## 学位論文

- 修士論文：  
「Massive gravity における Fierz-Pauli 質量項について」藤河 真  
「カシミール効果について」松浦 章二
- 学士論文：  
「量子電磁気学」桜井 雅晃  
「ヒッグス粒子」土田 現貴  
「ニュートリノ振動」内田 大樹  
「カシミール効果」西本 友久

## 国際学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta: “Asymptotic Safety in Higher-Derivative Gravity”  
Asia Pacific School/Workshop on Gravitation and Cosmology 2013, Jeju Island, Korea [19–22 February, 2013]
2. Nobuyoshi Ohta: “Asymptotic Safety in Higher-Derivative Gravity”  
International conference on New Trends in Field Theories, Banaras Hindu University, Varanasi, India [23–27 November, 2012]
3. Nobuyoshi Ohta: ( 招待講演 ) “Beta Function and Asymptotic Safety in Three-dimensional Higher Derivative Gravity”  
International Workshop on ”Theoretical Particle Physics 2012”, Asuka, Nara [24–26 September, 2012]
4. Nobuyoshi Ohta: ( 招待講演 ) “Covariant approach to the no-ghost theorem in massive gravity”  
YITP International Molecule-type Workshop ”Nonlinear massive gravity theory and its observational test”, Kyoto [23 July–9 August, 2012]

5. Nobuyoshi Ohta: “Accelerating Universes in String Theory via Field Redefinition”  
Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences Workshop “String Phenomenology 2012”, Cambridge, UK [25–29 June, 2012]

## 国内学会・研究会講演

1. 宗行 賢二、太田 信義: “高階微分を含む重力理論のベータ関数と asymptotic safety”  
日本物理学会 2013 年第 68 回年次大会、広島大学、[29 March 2013]
2. 宗行 賢二、太田 信義: “高階微分を含む 3 次元重力理論のユニタリー性と繰り込み可能性”  
日本物理学会 2012 年秋季大会、京都産業大学、[11 September 2012]

## 競争的外部資金

- 2012 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者:  
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 1,300,000 円)
- 2012 年度科研費 基盤研究 (A) 連携研究者 (研究代表者: 小玉英雄)  
アクシオン型モジュライの引き起こす多様な宇宙現象をもちいた余剰次元探査 (課題番号: 22244030, 配分額: 11,960,000 円)

## その他

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 出張講義: 大阪府立 北千里高校 「素粒子とは何か？」  
2012 年 10 月 24 日 (水)2 コマ
- 近畿大学オープンキャンパス ミニ講義 「素粒子とは何か？」  
2012 年 7 月 22 日 (日)

## 著書

## その他

教員試験対策春期集中講座：2013年3月

## 運営

### 学内委員

- 物理学コース教務委員（9月まで）
- 施設・設備委員（10月より）
- 大学院総合理工学研究科理学専攻 専攻長（9月まで）
- 大学院総合理工学研究科将来計画委員

### 学外委員など

- H24 日本学術振興会科学研究費助成事業第1段審査委員（学振で公開済み）
- APCTP International workshop on "String Theory and Cosmology" organizer

# 素粒子実験研究室

加藤 幸弘 准教授

中村 正人 (M2)

大山 貴也 (B4)、川口 真人 (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。2012 年度は、ドイツ電子シンクロトロン研究所 (DESY) のラージプロトタイプ TPC を用いたテストビームを行った。改良した GEM モジュールを用いて実験を行い、得られた結果は実機の場合の要求性能を満足できることが確認できた。しかし、電場の歪みによる位置測定精度の悪化が見られるので、GEM モジュール等の改良が必要であることもわかった。
- GEM を用いた荷電粒子検出器開発のための基礎研究  
2010 年度より、GEM を用いた荷電粒子検出器を開発するための基礎研究を、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 測定器開発室 MPGD グループ、大阪市大と共同で行っています。2012 年度の研究は、検出器を通過した荷電粒子による電離電子数と電離電子のドリフト距離の関係を、small chamber を用いて測定するとともに、KEK で開発された汎用ボードを用いた宇宙線飛跡再構成法の研究を行った。

## 学術論文 (査読付)

1. “Updated search for the standard model Higgs boson in events with jets and missing transverse energy using the full CDF data set”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D87(5) 052008(13p)(2013) (3月号)

2. “Search for a two-Higgs-boson doublet using a simplified model in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 110(12), 121801(8p)(2013) (3 月号)
3. ” Measurement of  $W$ -Boson Polarization in Top-quark Decay using the Full CDF Run II Data Set”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D87(3), 031104(R)(8p)(2013) (2 月号)
4. “Search for a heavy vector boson decaying to two gluons in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV of the angular distributions in the decays ”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D86(11) 112002(8p)(2012) (12 月号)
5. “Measurements of the Top-quark Mass and the  $t\bar{t}$  Cross Section in the Hadronic  $\tau +$  Jets Decay Channel at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV ’  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 109(19), 192001(8p)(2012) (11 月号)
6. “Search for the standard model Higgs boson produced in association with top quarks using the full CDF data set”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 109(18), 181802(8p)(2012) (11 月号)
7. “Precision Top-Quark Mass Measurements at CDF”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 109(15), 152003(8p)(2012) (10 月号)
8. ” An inclusive search for the Higgs boson in the four-lepton final state at CDF”  
T .Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D86(7), 072012(8p)(2012) (10 月号)
9. ”Measurement of the difference of 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 Letters 109(11), 111801(8p)(2012) (9 月号)
10. ”Combined search for the standard model Higgs boson decaying to a  $b\bar{b}$  pair using the full CDF data set”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 109(11), 111802(8p)(2012) (9 月号)



11. "Search for the standard model Higgs boson decaying to a bb pair in events with two oppositely-charged leptons using the full CDF data set"  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 109(11), 111803(8p)(2012) (9月号)
12. "Search for the standard model Higgs boson decaying to a bb pair in events with one charged lepton and large missing transverse energy using the full CDF data set"  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 109(11), 111804(8p)(2012) (9月号)
13. "Search for the standard model Higgs boson decaying to a  $b\bar{b}$  pair in events with no charged leptons and large missing transverse energy using the full CDF data set"  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 109(11), 111805(9p)(2012) (9月号)
14. "Evidence for a particle produced in association with weak bosons and decaying to a bottom-antibottom quark pair in Higgs boson searches at the Tevatron"  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF and D0 collaboration)  
Physical Review Letters 109(7), 071804(12p)(2012) (8月号)
15. "Diffractive Dijet Production in  $\bar{p}p$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D86(3), 032009(21p)(2012) (8月号)
16. "Measurement of  $B_s^0 \rightarrow D_s^{(*)+} D_s^{(*)-}$  Branching Ratios"  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 108(20), 201801(7p)(2012) (5月号)
17. "A Search for dark matter in events with one jet and missing transverse energy in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 108(21) 211804(8p)(2012) (5月号)
18. "Precise measurement of the  $W$ -boson mass with the CDF II detector"  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 108(15), 151803(8p)(2012) (4月号)
19. "Search for Standard Model Higgs Boson Production in Association with a  $W$  Boson Using a Matrix Element Technique at CDF in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV"

T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D85(7) 072001(29p)(2012) (4月号)

## 学術論文 (査読なし)

## 著書

## 学位論文

- 修士論文：  
「GEMを用いたTPCの開発」中村 正人
- 学士論文：  
「GEM-TPCを用いた電子の増幅率のドリフト依存性」大山 貴也  
「GEM-TPCのガス増幅特性のシミュレーションによる評価」川口 勝人

## 国内学会・研究会講演

1. 中村 正人: ”GEMを用いた飛跡検出器の開発”  
日本物理学会 秋季大会 京都産業大学 [13 Sep. 2012]
2. 中村 正人: ”GEMを用いた飛跡検出器の開発”  
第9回MPGD研究会 長崎総合科学大学 [7 Dec. 2012]
3. 中村 正人: ”GEMを用いた飛跡検出器の開発”  
日本物理学会 第68回年次大会 広島大学 [27 Mar. 2013]

## その他

## 教育業績

## 学外啓蒙活動

- 近畿大学オープンキャンパス 研究室開放  
平成24年7月22日

著書

運営

学内委員

- 物理学コース ネットワーク委員、予算委員

# 素粒子・極限宇宙物理学研究室

千川 道幸 教授

野里 明香 (M2)、滝 隆浩 (B4)、尾崎 溪 (B4)  
河野 翔 (B4)、西本 義樹 (B4)、為久 幸哉 (B4)

## 研究概要

- 極限エネルギー宇宙粒子線の探索

1. Cherenkov Telescope 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。当研究室は大型望遠鏡を構成する 206 枚の分割鏡の耐久性試験を 2 年間行ってきた。現在は望遠鏡構造体の歪みによる分割鏡の向きのを補正する AMC (アクティブミラー制御) R & D を主として担当している。(平成 25 年度 ~ 27 年度 科研費基盤 (B) 採択)

2. Telescope Array 実験

(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る。また、宇宙的な起源の探究を行ってきた。

(2) 観測装置のある米国 Utah 州に於いて、大気透明度を UV 領域のレーザと IR 領域の高感度カメラにより解析してきた。

研究業績 Introducing the CTA concept

B.S.Acharya, M.Chikawa, M.Hayashida, T.Yamamoto, T.Yoshida, et al.,  
Astroparticle Physics, 43, 2013, pp3-18

## 国際学会・研究会講演

### 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  
立石 智哉 (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。

- 水素分子, HD 分子および重水素分子との衝突における低速のリチウム一価イオンの電荷移行断面積における同位体効果

リチウム (Li) は原子番号が 3、すなわち周期表で 3 番目の元素である。核融合技術の開発において、そのプラズマ診断法の一つとして Li が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がある。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。ところで、核融合のための「燃料」としての「水素」ガスは、軽水素の同位体の重水素やトリチウムが使用されが、重水素ガスは高価であり、またトリチウムは放射性物質であり、一般の研究や開発では軽水素で代用されることが多い。しかし、これらの三者で何らかの物理的相違が出現するなら、「同位体効果」が存在するとして着目される。 $\text{H}^+ + \text{H}_2$  衝突系は、イオン分子衝突の基礎となるものである。しかし 50eV 以上のエネルギー領域では、同位体の HD や  $\text{D}_2$  に変えても何ら変化はないものと思われ、電荷移行反応における同位体効果に関する系統的研究は見当たらなかった。当研究室では、 $0.18 \sim 0.5 \text{ keV}/u$  のエネルギー領域において、 $\text{H}^+ + \text{H}_2$  と  $\text{H}^+ + \text{D}_2$  衝突系あるいは  $\text{D}^+ + \text{H}_2$  と  $\text{D}^+ + \text{D}_2$  衝突系の電荷移行反応断面積に相違点があることを実験的に発見し、理論的解明も行ってきた。これらに引き続き、軽水素、HD、重水素の各分子に対して 1 価の Li イオンとの衝突における電荷移行断面積を成長率法に基づいて測定した。1 価のリチウムイオンは、小型の表面電離型イオン源から引き出された。この衝突系では、電荷移行衝突後の散乱がかなり大角度までに及ぶことが分かった。従って、衝突室の出射側のスリットをほぼ 100% 通過している範囲での測定となり、衝突エネルギー領域は  $1.4 \sim 4.0 \text{ keV}$  と狭い範囲となった。軽水素に対しては、ほぼ同じ衝突エネルギー領域で Ogurtsov らの測定値が 1966 年に報告されている。しかし、当研究室の測定結果はそれらの約二倍となった。一方、2000 年に Elizaga らが理論計算値を報告しているが、測定誤差

の範囲内で彼らの理論値とほぼ一致している。HD と重水素の各分子に対する測定値は、両者は共に誤差範囲でほぼ一致し、一方、軽水素分子に対する測定値からは衝突エネルギーの減少と共に減少し、1.4 keV では約 70%の値となった。すなわち、1 価の Li イオンの電荷移行衝突に対しても標的水素分子の同位体効果の存在が明らかとなった。これらの知見は、低温のエッジプラズマにおけるプラズマモデリングにおいて応用されることであろう。

- 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, Satoshi Kitamuro, Yohta Nakai, Hiroyuki Tawara, and Mamiko Sasao: "Charge-Transfer Cross Sections of Ground State He<sup>+</sup> Ions in Collisions with He Atoms and Simple Molecules in the Energy Range Below 4.0 keV"  
Plasma and Fusion Research, Vol. 7, 2401062 (2012).

## 学術論文 ( 査読なし )

1. 日下部 俊男:"低速タングステンイオンの炭化水素分子との衝突における電荷移行反応断面積測定"  
一般共同研究成果報告書 平成 23 年度, 核融合科学研究所, 346 (2012) (6 月)
2. Masashi Kitajima, Toshio Kusakabe, K Moribayashi, Akinori Igarashi, Kenji Motohashi, Makoto Imai, H. Tsuchida, Kazuhiko Okuno, K. Soejima, S. Shimakura, Lukas Pichl, R. Suzuki, T. Morishita, Kunikazu Ishii, Hiroya Suno, Masamitsu Hoshino, Daichi Kato, Hiroyuki A. Sakaue, Izumi Murakami, Motoshi Goto, Sigeru Morita, K. Sato, H. Funaba, T. Ido, and B. J. Peterson:  
"Atomic and Molecular Database of Hydrogen-isotopes and Hydro-Carbons"

Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2011 - March 2012, 326 (2012) (11月)

3. Toshio Kusakabe, Lukas Pichl, Daiji Kato, and Hiroyuki A. Sakaue: "Cross Section Measurement of Charge Transfer by Slow Tungsten Ions in Collisions with Hydrocarbon Molecules"  
Annual Report of National Institute for Fusion Science, 2011 - March 2012, 447 (2012) (11月)

## 卒業論文

- 卒業論文: 「シリコン・フォトダイオードを用いた簡易型ガンマ線検出器に関する応用」立石 智哉

## 国際学会・研究会講演

1. Toshio Kusakabe, Hiroyuki Tawara, and Hiroyuki A Sakaue: "Isotope Effect on Charge Transfer Cross Sections of Slow  ${}^7\text{Li}^+$  Ions in Collisions with  $\text{H}_2$ , HD, and  $\text{D}_2$  Molecules"  
22nd International Toki Conference (ITC-22), Ceratopia Toki, 土岐市 [19 Nov. 2012].  
Toshio Kusakabe, Kenji Shiota, Toshizo Shirai: "Charge-Transfer Cross Sections of Slow Doubly and Triply Charged Carbon Ions from CO and  $\text{CO}_2$  Molecules"  
22nd International Toki Conference (ITC-22), Ceratopia Toki, 土岐市 [19 Nov. 2012].

## 国内学会・研究会講演

1. 日下部 俊男, 坂上 裕之, 俵 博之: "低速タングステンイオンの電荷移行断面積測定"  
日本物理学会 2012 年秋季大会, 横浜国立大学常盤台キャンパス, 横浜市 [2012 年 9 月 21 日]

## 競争的外部資金

- 平成 24 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:  
"低速タングステンイオンの炭化水素分子との衝突における電荷移行反応断面積測定" ( 課題番号 NIFS10KBAF003, 共同研究費総額 100,000 円)

- 平成 24 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 20,000 円)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 「近畿大学工学部 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 24 年 8 月 29 日 ( 実行委員長 )
- 「サイエンスパートナーシッププロジェクト」 弥刀中学校における理科体験  
実験  
平成 24 年 9 月 11 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 25 年 3 月 11 日 ~ 3 月 18 日

## 運営

### 学内委員

- 工学部理学科 理学科長兼物理学コース主任 ( 前期 )
- 教員養成カリキュラム委員会 工学部委員



# ソフトマター物理学研究室

堂寺 知成 教授

小林 昭博 (B4)、橋本 博充 (B4)、鍋野 昂祐 (B4)、山崎 裕貴 (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目標である。モザイク準結晶についてスロベニアの Zihnerl 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。

## 学術論文（査読付）

1. “3重周期極小曲面上の剛体球”  
堂寺知成、松澤淳一：  
日本表面科学会誌 34 第 1 号 pp. 21-26 (2013).

## 解説（査読なし）

1. “Quest for the Gyroid Labyrinth: Geometry and Topology in Soft Matter”  
Tomonari Dotera  
JPSJ Online News and Comments [August 17, 2012].

## 著書

「現代物理学の論理と方法（'13）」米谷民明、放送大学教育振興会（2013）、分担執筆、6章「形の物理」pp. 105-126.

## 国際学会・研究会講演

1. Tomonari Dotera, Masakiyo Kimoto and J. Matsuzawa: “Hard Spheres on the Gyroid Surface”  
“MRS Fall Meeting 2012 (Boston)” ボストン会議場、米国 [29 Nov 2012]
2. Tomonari Dotera, T. Oshiro and P. Ziherl: “Quasicrystals formed by hard-core/square-shoulder particles”  
“MRS Fall Meeting 2012 (Boston)” ボストン会議場、米国 [27 Nov 2012].
3. Tomonari Dotera, T. Oshiro and P. Ziherl: “Quasicrystals formed by hard-core/square-shoulder particles”  
“Aperiodic 2012” Cairns, Australia [4 Sept. 2012]
4. Tomonari Dotera, T. Oshiro and P. Ziherl: “QUASICRYSTALS FORMED BY HARD-CORE/SQUARE-SHOULDER PARTICLES”  
“Quasicrystal International Conference at Taipei Tech (30 years of the QC)”  
国立台北科技大学, Taiwan (ポスター) [8 May 2011]

## 国内学会・研究会講演

1. 堂寺知成: “拘束空間中の高分子”  
日本物理学会年会（領域 12, 7, 11 シンポジウム）“現代幾何学と先端物質科学のクロスオーバー” 広島大学（招待講演）[27 March 2013]

2. T. Dotera: “Quasicrystals formed by hard-core/square-shoulder particles”  
東大物性研究所 理論セミナー（招待講演） [25 Feb. 2013]
3. 堂寺知成、大城辰也、P. Ziherl: “ハードコア-ソフトショルダー粒子系の2次元準結晶形成”  
準結晶研究会（近大ブロッサムカフェ多目的ホール） [20 Dec 2012]
4. 小林 昭博、堂寺知成: “ハードコア-ソフトショルダー粒子系の2次元準結晶—多角形解析”  
準結晶研究会（近大ブロッサムカフェ多目的ホール） [20 Dec 2012]
5. 堂寺知成: “ソフト準結晶 - 準結晶の新展開 - 2011年ノーベル化学賞「準結晶の発見」”（招待講演）  
高分子分析研究懇談会（品川ホテル ゆうぼうと） [26 Sept. 2012]
6. 堂寺知成、大城辰也、P. Ziherl: “ハードコア-ソフトショルダー粒子系の2次元準結晶形成”  
日本物理学会分科会（横浜国大） [20 Sept. 2012]
7. 堂寺知成、大城辰也、P. Ziherl: “ハードコア-ソフトシェル粒子系の準結晶形成シミュレーション II”  
高分子学会年次大会、大阪国際会議場 [31 May 2012]

## 競争的外部資金

- 2012年度科研費 基盤研究(C) 研究代表者：堂寺知成  
ソフト準結晶—準結晶の普遍性と新物性の理論的研究（課題番号 22540375, 配分額 910,000 円）

## その他

- 5000件以上発表のある学会 MRS (Material Research Society) での一般講演「Quasicrystals formed by hard-core/square-shoulder particles」がネイチャーケミストリーのプログ、Nature Chemistry blog「THE SCEPTICAL CHYMIST; Fall MRS 2012: Quasicrystals go mainstream」で取り上げられる [30 Nov. 2012].
- ソフト準結晶の解説「Quasicrystals in Soft Matter」Tomonari Dotera, Israel Journal of Chemistry, 51, 1197-1205 (2011) が掲載誌（ノーベル賞記念論文集）の2012年の最もダウンロードされた論文、同時に Wiley Hottest articles に選ばれる [Feb. 2013].

## 教育業績

### 非常勤

1. 放送大学大学院授業科目「複雑システム科学（'07）」客員講師、第3回、第4回、第5回担当、地デジ12ch（東京）、BS（大阪）などで放送

### 学外啓蒙活動

1. 金剛高校 模擬授業 “2011 ノーベル賞「準結晶の発見」 - フィボナッチ数、黄金比、ペンローズスタイルの不思議 - ”  
7月10日

### 学内委員

- 専任教員資格選考委員（通期）
- 自己点検・評価委員（前期）
- 就職対策委員（後期）
- 大学院広報委員長（後期）
- 大学院運営委員（後期）

### 学外委員など

- 12th International Conference on Quasicrystals (ICQ12), Program Committee.
- 第17回準結晶研究会主催（近大プロッサムカフェ3F 多目的ホール） [19-21 Dec 2012].

### その他

- 堂寺知成: “研究力によるランキング”  
近畿大学理工学部通信、第40号、p.1 理工学部図書・広報委員会 [2012年6月30日].
- 堂寺知成: “授業紹介「科学論文I」”  
教育改善通信、pp.4-10、理工学部自己点検・評価委員会 [2013年3月30日].  
(理工学部自己点検・評価委員会 学生アンケート評価 コース1位授業)

# 凝縮系物理学研究室

松居 哲生 教授

山本 貴大 (M2)、荒井 拓磨 (M2)

藤田 竜平 (M2)

佐藤 涼梨 (B4)、木村 政孝 (B4)

森継 有希 (B4)、羽野 友貴 (B4)

束野 文香 (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、集団としての振る舞いを研究しています。

- 強相関電子系理論 (金属：電子の集団)  
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？ミクロな脳の場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格子モデルの導入、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. “Phase structure and vortex configurations of superconductors coexisting with ferromagnetism”, Hidetoshi Ozawa, Akihiro Shimizu, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui,

- J. Phys.: Conf. Ser. 400 (2012) 022095
2. “Dynamical properties of bosons in an optical lattice with a synthetic magnetic field”, Kenichi Kasamatsu, Akira Kato, Yuki Nakano, and Tetsuo Matsui, J. Phys.: Conf. Ser. 400 (2012) 012026
  3. “The t-J model of hard-core bosons in slave-particle representation and its Monte-Carlo simulations”, Yuki Nakano, Takumi Ishima, Naohiro Kobayashi, Kazuhiko Sakakibara, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui, J. Phys.: Conf. Ser. 400 (2012) 032064
  4. “Z(2) Gauge Neural Network and its Phase Structure”, Yusuke Takafuji, Yuki Nakano, and Tetsuo Matsui, Physica A 391 (2012) 5258-5304.
  5. “Lattice Ginzburg-Landau model of a ferromagnetic p-wave pairing phase in superconducting materials and an inhomogeneous coexisting state”, Akihiro Shimizu, Hidetoshi Ozawa, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui, Physical Review B 85 (2012) 144524 (1-9).

## 学位論文・卒業論文

- 学位論文:
  - 「ランダム系・複雑系としての Z(2) ゲージニューラルネットワーク」  
藤田 竜平
  - 「SU(2) 格子ゲージ理論による量子重力の研究」  
荒井 拓磨
  - 「反響項を含むニューラルネットにおける非対称結合強度変数の役割」  
山本 貴大
  
- 卒業論文:
  - 「SU(2)+CP1 格子ゲージ理論による量子時空の研究」  
羽野 友貴
  - 「SU(2) 格子ゲージ理論による量子重力宇宙のシミュレーション」  
森継 有希
  - 「非対称実数シナプス結合を持つ Z(2) ゲージニューラルネットワーク」  
佐藤 涼梨
  - 「スモールワールド Z(2) ゲージニューラルネットワーク」  
東野 文香
  - 「マルチカノニカル法によるヒステリシス対策」  
木村 政孝

## 国内学会・研究会講演

1. 「光格子中の冷却原子系-U(1) 格子ゲージ理論対応とゲージ対称性の破れ」笠松健一、一瀬郁夫 A、松居哲生、近畿大理工、名工大院 A  
日本物理学会 2013 年「年次大会（広島大）」[29 March 2013]29aEE-6
2. 「反響項を含むニューラルネットにおける非対称結合強度変数の役割」山本貴大、佐藤涼梨 A、木村政孝 A、束野文香 A、中野勇氣、松居哲生、近畿大院総合理工、近畿大理工 A  
日本物理学会 2013 年「年次大会（広島大）」[29 March 2013]29pXR-9
3. 「双極子と電磁場が相互作用するニューラルネットの時間変化」藤田竜平、松居哲生、近畿大院総合理工  
日本物理学会 2013 年「年次大会（広島大）」[29 March 2013]29pXR-10
4. 「格子 Ginzburg-Landau 理論による強磁性超伝導現象の数値シミュレーションによる研究」野口剛裕、長谷川涼太、小澤秀敏、一瀬郁夫、松居哲生 A、名工大院工、近畿大理工 A  
日本物理学会 2012 年「秋季大会（横浜国立大）」[18 September 2012]18pAF-8
5. 「2 成分超伝導現象を記述する Ginzburg-Landau 理論における位相励起について」小澤秀敏、野口剛裕、長谷川涼太、一瀬郁夫、松居哲生 A、名工大院工、近代理工 A  
日本物理学会 2012 年「秋季大会（横浜国立大）」[18 September 2012]18pAF-9

## 学内委員

入試委員, 大学院自己点検委員

# 理論物理学研究室

中原 幹夫 教授

坂東 将光 (D3)、Chiara Bagnasco(D3)

Utkan Güngördü(D2)、二反田巧 (M1)

池田 勇生 (B4)、大川 大王 (B4)

松井 亮輔 (B4)

## 研究概要

- 量子計算，量子情報，量子制御  
量子系は，重ね合わせ状態やエンタングルした状態を持ち，それを計算や情報処理に用いれば古典的な対応物をはるかに凌駕する計算や情報処理ができる  
と期待される。今年度は基本的なゲートを組み合わせることにより，制御パラ  
メタのエラーに対し耐性を持つ複合ゲートの研究を行った。また，力学的不変  
量を用いた量子系の制御について，Lie 代数の理論を駆使した研究を行った。
- 超流動  $^3\text{He}$  における半整数量子渦  
 $^4\text{He}$  や通常の超伝導体における量子化された渦はよく知られており，実験的に  
もその存在は確立している。一方， $^3\text{He}$  の複雑な order parameter によりその  
存在が予測される半整数量子渦は，30 年前にその存在が予測されたにも係ら  
ず，まだ実証はされていない。我々は，強磁場下で回転している  $^3\text{He}$  薄膜にお  
いて，半整数量子渦が安定に存在するパラメタ領域を求めた。



## 学術論文 ( 査読付 )

1. “Minimal and robust composite two-qubit gates with Ising-type interaction”  
Tsubasa Ichikawa, Utkan Güngördü, Masamitsu Bando, Yasushi Kondo and Mikio Nakahara  
Physical Review A **87**, 022323 1–6 (2013)(2月号)
2. “Concatenated Composite Pulses Compensating Simultaneous Systematic Errors”  
Masamitsu Bando, Tsubasa Ichikawa, Yasushi Kondo and Mikio Nakahara  
Journal of Physical Society of Japan **82**, 014004 1–7 (2013)(1月号)
3. “Dynamical invariants for quantum control of four-level systems”  
Utkan Güngördü, Yidun Wan, Mohammad Ali Fasihi and Mikio Nakahara  
Physical Review A **86**, 062312 1–9 (2012)(12月号)
4. “Geometric Aspects of Composite Pulses”  
Tsubasa Ichikawa, Masamitsu Bando, Yasushi Kondo and Mikio Nakahara  
Philosophical Transactions of the Royal Society A, **370**, 4671–4689 (2012)(10月号)  
(Invited paper in the Special Issue “Quantum information processing in NMR: theory and experiment”).
5. “Half-Quantum Vortices in Thin Film of Superfluid  $^3\text{He}$ ”  
Kenji Kondo, Tetsuo Ohmi, Mikio Nakahara, Takuto Kawakami, Yasumasa Tsutsumi and Kazushige Machida  
Journal of Physical Society of Japan, **81**, 104603 1–5 (2012)(10月号)

## 著書

1. Kinki University Series on Quantum Computing: Volume 8  
“Lectures on Quantum Computing, Thermodynamics and Statistical Physics”  
Mikio Nakahara and Shu Tanaka (eds.)  
World Scientific (2012年12月)
2. Kinki University Series on Quantum Computing: Volume 7  
“Interface Between Quantum Information and Statistical Physics”  
Mikio Nakahara and Shu Tanaka (eds.)  
World Scientific (2012年12月)
3. Kinki University Series on Quantum Computing: Volume 6  
“Quantum Information and Quantum Computing”

Mikio Nakahara and Yoshitaka Sasaki (eds.)  
World Scientific (2012 年 12 月)

4. Kinki University Series on Quantum Computing: Volume 5  
“Diversities in Quantum Computation and Quantum Information”  
Mikio Nakahara, Yidun Wan and Yoshitaka Sasaki (eds.)  
World Scientific (2012 年 12 月)
5. Kinki University Series on Quantum Computing: Volume 4  
“Frontiers in Quantum Information Research”  
Mikio Nakahara and Shu Tanaka (eds.)  
World Scientific (2012 年 8 月)

### 国際学会・研究会講演

1. Mikio Nakahara, Yasushi Kondo and Chiara Bagnasco  
“Quantum Error Correction with Mixed State Ancilla Qubits”  
American Physical Society, March Meeting, Baltimore, Maryland, USA  
[20 March, 2013]
2. Mikio Nakahara, Masamitsu Bando, Tsubasa Ichikawa and Yasushi Kondo  
“Concatenated Composite Pulses”  
4th Workshop on Quantum Information Science  
The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Hong Kong  
[28 December, 2012]
3. Utkan Güngördü, Yidun Wan, Mohammad Ali Fasihi and Mikio Nakahara  
“Geometric Quantum Gates Based on Dynamical Invariants”  
4th Workshop on Quantum Information Science  
The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Hong Kong  
[29 December, 2012]
4. Mikio Nakahara and Utkan Güngördü  
“Mathematical Fun with NMR”  
Summer Research Workshop on Quantum Information Science  
Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi, China  
[20 July, 2012]

### 国内学会・研究会講演

1. 坂東将光、市川翼、近藤康、中原幹夫  
“NMR を用いた入れ子型複合量子ゲートのエラー耐性評価実験”

- 日本物理学会 2013 年春季大会  
広島大学，東広島市 [28 March, 2013]
2. 近藤健二，大見哲巨，中原幹夫，川上拓人，堤康雅，町田一成  
“磁場中の回転超流動  $^3\text{He}$  薄膜における半整数渦”  
日本物理学会 2012 年秋季大会  
横浜国立大学、横浜市 [20 September, 2012 ]
3. 坂東将光、市川翼、近藤康、中原幹夫  
“複合量子ゲートのノイズ耐性”  
日本物理学会 2012 年秋季大会  
横浜国立大学、横浜市 [18 September, 2012 ]
4. Chiara Bagnasco , Yasushi Kondo , Mikio Nakahara  
“Selective entanglement operation using a weak pulse”  
日本物理学会 2012 年秋季大会  
横浜国立大学、横浜市 [18 September, 2012 ]

## 競争的外部資金

- 2012 年度科学研究費 基盤研究 (C) 研究代表者：  
中性原子量子コンピュータにおける選択的量子ゲートの実装 ( 研究課題番号：  
23540470 ，配分額 1,300,000 円 )
- 2012 年度科研費 基盤研究 (B) 研究分担者：  
計算の哲学 様々な展開に向けて ( 研究課題番号：24320008 ，配分額 390,000  
円 )

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- スーパーサイエンス校出張講義 「量子と情報」  
大阪府立泉北高等学校  
平成 24 年 6 月 16 日
- 近畿大学オープンキャンパス ミニ講義 「量子と情報」  
平成 25 年 8 月 26 日

## 運営

### 学内委員

- 大学院理学専攻長
- 大学院広報委員長

# 表面科学研究室

近藤 康 教授

川本壮彦 (B4)、田中卓 (B4)  
大久保貴生 (B4)、南直人 (B4)

## 研究概要

2000年の着任当時は走査型トンネル顕微鏡を用いた表面の研究を行っていたので、表面科学研究室になっている。近年は表面科学に関する研究ではなく、核磁気共鳴 (NMR) とその量子力学への応用に興味をもって研究を行っている。

- 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。

- 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. *Minimal and robust composite two-qubit gates with Ising-type interaction*  
Tsubasa Ichikawa, Utkan Güngördü, Masamitsu Bando, Yasushi Kondo, and Mikio Nakahara  
Phys. Rev. A **87** (2013) 022323-1~6.
2. *Concatenated Composite Pulses Compensating Simultaneous Systematic Errors*  
Masamitsu Bando, Tsubasa Ichikawa, Yasushi Kondo, and Mikio Nakahara  
J. Phys. Soc. Jpn. **82** (2013) 014004-1~7.
3. *Geometric aspects of composite pulses*  
Tsubasa Ichikawa, Masamitsu Bando, Yasushi Kondo, and Mikio Nakahara  
Phil. Trans. R. Soc. A **370** (2012) 4671~4689.

## 学術論文（査読なし）

1. マクスウェルの電磁気学と物理教育  
木口 勝義、近藤 康  
理工学総合研究所研究報告 25, 49-56, 2013-02.

## 学位論文・卒業論文

- 卒業論文:
  - 「3次元プリンターの製作」
  - 「溶融樹脂押し出し方を用いる3次元プリンターの製作」
  - 「NMR装置のマイコン制御」
  - 「NMR装置の制御と測定データ収集」

## 国際学会・研究会講演

1. *Concatenated Composite Pulses Compensating Simultaneous Systematic Errors*  
Masamitsu Bando, Tsubasa Ichikawa, Yasushi Kondo and Mikio Nakahara  
NEW DIRECTIONS IN THE QUANTUM CONTROL LANDSCAPE at Kavli  
Institute for Theoretical Physics [25 Feb. - 1 Mar. 2013]

## 国内学会・研究会講演

1. 一様混合状態をアンシラに用いた量子誤り訂正  
Quantum Error Correction with Uniformly Mixed Ancillae  
バニヤスコキアラ、近藤 康、中原 幹夫  
量子情報技術研究会資料 27, 99-101, 2012-11-27.
2. 28pEG-8 NMR を用いた入れ子型複合量子ゲートのエラー耐性評価実験  
坂東 将光、市川 翼、近藤 康、中原 幹夫  
日本物理学会講演概要集 68(1-2), 236, 2013-03-26.
3. 18aAK-2 複合量子ゲートのノイズ耐性  
坂東 将光、市川 翼、近藤 康、中原 幹夫  
日本物理学会講演概要集 67(2-2), 123, 2012-08-24.
4. 28a-PA1-1 超低磁場 NMR 装置の開発  
近藤康、千葉明朗  
第 60 回応用物理学会春季学術講演会（神奈川工科大学）2013 年 3 月 27-30 日

## 学外啓蒙活動

- 泉北高校・近畿大学訪問学習  
”高温超伝導：低温での不思議な物性 ”  
平成 24 年 7 月 17 日

## 運営

### 学内委員

- オープンキャンパス委員
- 物理教育改善小委員会委員
- 教育改善小委員会委員
- 人事委員会委員



# 物性理論研究室

笠松 健一 講師

鈴木 慶彦 (B4)、畑本 貴大 (B4)

柴田 誠康 (B4)、高松 大将 (B4)

奥村 弘基 (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現象やボース・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。

- BEC におけるタキオン凝縮:空間的に局在した自発的対称性の破れ  
超弦理論では、D プレーンが対消滅する過程は、不安定現象として理解されている。プレーンと反プレーンが共存する状態は、不安定性を引き起こすタキオン場  $T$  の有効ポテンシャル  $V(T)$  における極大に位置しており、タキオン場は時間と共に増大する。この過程はタキオン凝縮と呼ばれ、タキオン場が定義される低次元空間で位相欠陥を生じさせる。この現象は宇宙論に応用され、初期宇宙の相転移に伴う宇宙紐などの生成に対応付けられていることは大変興味深い。位相欠陥の生成機構は Kibble-Zurek 機構として物性論でもよく認知されており、物性系における模擬実験による検証は大きな注目を集めている。ところが、上記のタキオン凝縮は、物性論は然ることながら素粒子・宇宙論においても相転移現象としての理解は乏しい。我々は、2成分 BEC におけるドメイン壁の対消滅による量子渦の生成もタキオン凝縮と見なされ、空間的に局在した自発的対称性の破れを伴う低次元空間の相転移現象として解釈されることを示した。
- タキオン凝縮のトポロジー的側面:ドメイン壁対消滅によるボルトン生成  
上記のタキオン凝縮のトポロジー的側面について議論をした。2成分 BEC において、壁 (プレーン) と反壁が衝突した際に一般には渦輪が出来るが、ここでは壁間にもともと渦が橋渡ししていた場合 (D プレーン解) には、単なる渦輪ではなくて、ボルトンが出来ることを示す。ボルトンとは、渦の中の第2成分の位相が渦輪に沿って回転しており第2成分が渦輪に沿って超流動状態で流れて (準) 安定な状態である。また、このボルトンは3次元のスカームオンにもなっていることも示した。

## 学術論文 ( 査読付 )

1. “Tachyon Condensation Due to Domain-Wall Annihilation in Bose-Einstein Condensates”  
Hiromitsu Takeuchi, Kenichi Kasamatsu, Makoto Tsubota, and Muneto Nitta  
Physical Review Letters **109**, 245301 (1-5) (2012) (12月号).
2. “Dynamical properties of bosons in an optical lattice with a synthetic magnetic field”  
Kenichi Kasamatsu, Akira Kato, Yuki Nakano, and Teteuo Matsui  
Journal of Physics: Conference Series **400**, 012026 (1-4) (2012) (12月号).
3. “Creating vortons and three-dimensional skyrmions from domain wall annihilation with stretched vortices in Bose-Einstein condensates”  
Muneto Nitta, Kenichi Kasamatsu, Makoto Tsubota, and Hiromitsu Takeuchi  
Physical Review A **85**, 053639 (1-11) (2012) (5月号).

## 学術論文 ( 査読なし )

1. “Bosons in an optical lattice with a synthetic magnetic field ”  
Kenichi Kasamatsu  
Kinki University series on quantum computing vol.7, Interface between Quantum Information and Statistical Physics 3-35 (2012) (9月).
2. “Implementation of a selective two-qubit gate operation in a neutral atom quantum computer ”  
Elham Hosseini Lapasar, Kenichi Kasamatsu, Yasushi Kondo, Mikio Nakahara, and Tetsuo Ohmi  
Kinki University series on quantum computing vol.6, Quantum Information and Quantum Computing, 43-49 (2012) (9月).

## 卒業論文

- 「渦糸のなだれのピン外れのロックオンメカニズム」
- 「熱ダイオードに関して」
- 「光格子中の BEC のサイト間の相互作用を考慮した密度波の周期構造の安定性について」
- 「中性子星のグリッチと超流体の関係」
- 「光格子中のボース・アインシュタイン凝縮体の構造における相互作用の効果」

## 国際学会・研究会講演

1. Muneto Nitta, Kenichi Kasamatsu, Makoto Tsubota, and Hiromitsu Takeuchi:  
“Vortons and 3D skyrmions from domain wall pair annihilations in BECs”  
QFS2012: International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2012, Lancaster University, UK [17 Aug. 2012]
2. Hiromitsu Takeuchi, Kenichi Kasamatsu, Makoto Tsubota, and Muneto Nitta:  
“Tachyon Condensation and Brane Annihilation in Bose-Einstein Condensates: Spontaneous Symmetry Breaking in a Lower-dimensional Subspace”  
QFS2012: International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2012, Lancaster University, UK [17 Aug. 2012]
3. Kenichi Kasamatsu, Hiromitsu Takeuchi, Makoto Tsubota, and Muneto Nitta:  
“Simulating brane-anti-brane annihilation in Bose-Einstein Condensates”  
The 23rd International Conference on Atomic Physics ICAP 2012, Paris, France [24 July 2012]
4. Hiromitsu Takeuchi, Kenichi Kasamatsu, Makoto Tsubota, and Muneto Nitta:  
“Tachyon condensation in Bose-Einstein condensates”  
International conference on topological quantum phenomena, Nagoya, Japan [19 May 2012]

## 国内学会・研究会講演

1. 笠松健一，一瀬郁夫，松居哲生:  
“光格子中の冷却原子系-U(1) 格子ゲージ理論対応とゲージ対称性の破れ”  
日本物理学会 第68回年次大会 広島大学、東広島市 [27 Mar. 2013]
2. 新田宗土，笠松健一，坪田誠，竹内宏光:  
“タキオン凝縮のトポロジ的側面：ドメイン壁対消滅によるボルトン生成”  
日本物理学会 2012年秋季大会 横浜国立大学 横浜市 [18 Sep. 2012]
3. 竹内宏光，笠松健一，坪田誠，新田宗土:  
“ボース・アインシュタイン凝縮におけるタキオン凝縮；空間的に局在した自発的対称性の破れ”  
日本物理学会 2012年秋季大会 横浜国立大学 横浜市 [18 Sep. 2012]
4. 笠松健一，竹内宏光，坪田誠，新田宗土:  
“ボース凝縮体におけるDプレーンソリトンの構造”  
日本物理学会 2012年秋季大会 横浜国立大学 横浜市 [18 Sep. 2012]

## 競争的外部資金

- 2012 年度科研費 若手研究 (B) 研究代表者:  
フラストレーションを持つ光格子中のボース原子気体の新奇量子相の解明  
( 課題番号 21740267, 配分額 650,000 円)

## その他

- 2013 年 アメリカ物理学会「Outstanding Referees」に選出

## 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 担当  
平成 24 年 8 月 25 日

## 著書

- 「ファンダメンタル物理学」力学 (共立出版) 笠松健一、新居毅人、中野人志、千川道幸 編 (学内出版)

## 運営

### 学内委員

- 理工学部入学試験委員会委員 (前期)
- 理工学部教務委員会委員 (後期)
- 物理学習支援室 世話人
- 学年担任 (3 年)

### 学外委員など

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

# 生物物理学研究室

矢野 陽子 准教授  
國井 祥平 (B4), 中西 勇太 (B4)  
川上 真登 (B4), 永島 達大 (B4)  
江畑 翔一 (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。

## 学術論文（査読付）

1. "Kinetics of protein unfolding at interfaces (Invited Review)"  
Yohko F Yano  
Journal of Physics: Condensed Matter, 24, 503101-(1-16) (2012) (12月号)
2. "A simultaneous multiple angle-wavelength dispersive X-ray reflectometer using a bent-twisted polychromator crystal"  
Tadashi Matsushita, Etsuo Arakawa, Wolfgang Voegeli and Yohko F Yano,  
Journal of Synchrotron Radiation, 20, 80-88 (2012) (11月号)
3. "Fractal of Gold Nanoparticles Controlled by Ambient Dielectricity: Synthesis by Laser Ablation as a Function of Permittivity"  
Ken-ichi Saitow, Yoshinori Okamoto and Yohko F Yano,  
The Journal of Physical Chemistry C, 116, 17252-17258 (2012) (8月号)

## 学術論文（査読なし）

1. ”X線反射率法を用いたタンパク質の界面吸着膜の構造解析 (Invited Review)”  
矢野陽子  
膜, 38, 64-69 (2013) (3月号)

## 国際学会・研究会講演

1. Yohko F. Yano:  
”Kinetics of protein unfolding at interfaces”  
SXNS-12, Kolkata, India [26 July. 2012]

## 国内学会・研究会講演

1. 矢野陽子: ”タンパク質の界面吸着ダイナミクスのナノスケール観測（招待講演）”  
重点ナノテクノロジー支援課題評価委員会, SPring-8 [5 March. 2013]
2. 矢野陽子, 荒川悦雄, Voegeli Wolfgang, 松下正: ”波長角度同時分散型時分割 X線反射率計によるタンパク質の界面吸着ダイナミクスの観測（口頭発表）”  
日本放射光学会、名古屋大学 [12 Jan. 2013]
3. 矢野陽子, 宇留賀朋哉: ”液体表面で見られるタンパク質の塩析現象 (3)（口頭発表）”  
溶液化学シンポジウム、早稲田大学 [14 Nov. 2012]
4. 矢野陽子, 荒川悦雄, Voegeli Wolfgang, 松下正, 宇留賀朋哉: ”X線反射率法によるタンパク質の界面吸着ダイナミクスの観測 V: ミリ秒計測を目指した測定系の飛躍的迅速化（口頭発表）”  
第5回分子科学討論会、東京大学 [21 Sep. 2012]
5. 矢野陽子: ”X線鏡面/非鏡面反射同時計測による界面と相互作用する生体分子の面外面内構造解析（ポスター）”  
科学研究費補助金特定領域「高次系分子科学」成果公開シンポジウム、東京工業大学 [26 May. 2012]

## 競争的外部資金

- 2012年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者:  
「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 1,700,000 円)

- 2012 年度 JST 産学イノベーション加速事業【先端計測分析技術・機器開発】  
研究分担者:  
「波長角度同時分散型時分割 X 線反射率計の開発」(高エネルギー加速器研究  
機構からの受託研究, 研究費 600,000 円)

## 教育業績

## 運営

## 学内委員

- 安全管理衛生委員
- 物理学コース 1 年担任
- 33 号館物理学実験室世話人

# 一般相対論・宇宙論研究室

石橋 明浩 准教授

伊形 尚久 (PD)

矢寺 建示 (B4), 池下 琢真 (B4)

救仁郷 博司 (B4), 林 周平 (B4)

石部 剛大 (B4)

## 研究概要

- 高次元ブラックホールの諸性質

宇宙の起源とその進化といった宇宙全体のダイナミクスや、ブラックホールと特異点など時空の大域構造に関する問題を、一般相対性理論をもちいて解き明かす研究をしています。最近では、重力を含む自然界の力を統一的に理解する試みが進展し、宇宙がマイクロには4次元よりもずっと大きな拡がりをもつ高次元時空になっている可能性が示唆されています。本研究室では、このような高次元統一理論の構築を視野にいれ、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。

本年度は、高次元理論から得られる有効4次元宇宙論に現れる超軽量スカラー場である、いわゆる“アクシオン場”による回転ブラックホールの不安定性現象をベクトル場を利用して、回転ブラックホールの観測から光子の質量上限を与える研究を行いました(文献1,3,4)。また、現在の宇宙の加速膨張をダークエネルギーでなく、いわゆる $f(R)$ 型修正重力理論における非一様性、重力摂動の反作用で説明する試みの可能性を検討しました(文献2)。さらに、ホログラフィー理論で使われる、漸近的反ドジッター時空における特異点定理(文献5)や、高次元ブラックホールの基本性質についての諸定理をレビューにまとめるなど、一般次元の重力理論における数理的側面の研究も遂行しました(文献6,7)。

## 学術論文(査読付)

1. “Superradiant instabilities in astrophysical systems”  
Helvi Witek, Vitor Cardoso, [Akihiro Ishibashi](#), and Ulrich Sperhake  
Physical Review D **87** (2013) 043513 (Published 5 Feb. 2013)
2. “High frequency limit for gravitational perturbations of cosmological models in modified gravity theories”



Keiki Saito and Akihiro Ishibashi,

Progress Theoretical and Experimental Physics **2013** (2013) 013E04

3. “Perturbations of slowly rotating black holes: massive vector fields in the Kerr metric”  
Paolo Pani, Vitor Cardoso, Leonardo Gualitieri, Emanuele Berti, and Akihiro Ishibashi,  
Physical Review D **86** (2012) 104017
4. “Black hole bombs and photon mass bounds”  
Paolo Pani, Vitor Cardoso, Leonardo Gualitieri, Emanuele Berti, and Akihiro Ishibashi,  
Physical Review Letter **109** (2012) 131102
5. “Singularities in asymptotically anti-de Sitter spacetimes”  
Akihiro Ishibashi and Kengo Maeda,  
Physical Review D **86** (2012) 104012
6. “Black hole uniqueness theorems in higher dimensional spacetimes”  
Stefan Hollands and Akihiro Ishibashi,  
Classical and Quantum Gravity, **29** (2012) 163001(招待レビュー)
7. “NR/HEP:roadmap for the future”  
Vitor Cardoso et al, and Akihiro Ishibashi,  
Classical and Quantum Gravity, **29** (2012) 244001

## 学術論文 ( 査読なし )

## 著書

## 学位論文

- 学士論文:
  - 「量子トンネル効果によるインフレーション宇宙の誕生」矢寺 建示
  - 「時間のズレ - GPS - 」池下 琢真
  - 「インフレーション宇宙」救仁郷 博司
  - 「現在の宇宙の加速膨張と暗黒エネルギー、そして宇宙の未来とビッグリップ」  
林 周平
  - 「ワープドライブ宇宙航法」石部 剛大

## 国際学会・研究会講演

1. Akihiro Ishibashi:  
“Singularities in Anti-de Sitter spaces”

International workshop: “Strong Gravity beyond GR”, Lisbon, Portugal [8 Mar. 2013] (招待講演)

2. Akihiro Ishibashi:  
“Horizons in de Sitter and Singularities in Anti-de Sitter spaces”  
2012 International workshop on String theory and cosmology, Haeundae, Pusan, Korea [16 Jun. 2012] (招待講演)
3. Akihiro Ishibashi:  
“Towards singularity theorems in asymptotically anti-de Sitter spaces”  
YITP (Molecule-style) international workshop: “Recent Advances in Numerical and Analytical Methods for Black Hole Dynamics” Kyoto, Japan [5 Apr. 2012]

## 国内学会・研究会講演

1. 石橋 明浩:  
“回転ブラックホールでのベクトル場の増幅反射不安定性”  
日本物理学会、広島大学、東広島市 [28 Mar. 2013]
2. 石橋 明浩:  
“回転ブラックホールと有質量ベクトル場”  
関東セミナー、KEK 高エネルギー加速器研究機構、つくば市 [1 Nov. 2012] (招待講演)
3. 石橋 明浩:  
“漸近的ドジッター時空と保存量”  
東北大学大学院理学研究科談話会、東北大学、仙台市 [22 Oct. 2012] (招待講演)
4. 石橋 明浩:  
“Singularities in asymptotically AdS spacetimes”  
京都大学理学部物理学第2教室セミナー、京都大学、京都市 [21 Aug. 2012]

## 競争的外部資金

- 2012年度科研費 基盤研究(C) 研究代表者:  
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)

その他

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 出張授業：「ブラックホール時空」東北大学大学院理学研究科数学教室 集中講義 「数理物理学特選」「数学総合講義 I」「幾何学特殊講義 GII」、仙台市、平成 24 年 10 月 23 日～10 月 26 日
- 近畿大学オープンキャンパス 研究室開放  
平成 25 年 3 月 24 日

## 運営

### 学内委員

- 就職対策委員 (後期)
- 大学院予算委員 (前期)

### 学外委員など

- 2013 年春期物理学会セッション座長

# 宇宙論研究室

井上 開輝 准教授

(2011年9月1日から2012年8月31日まで  
イギリスオックスフォード大学に  
おける在外研究のため構成員なし。)

## 研究概要

- 重力レンズで探るダークマターの起源  
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 (図参照) の中間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ることを発見した。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、ダークク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。以上の結果から、我々は太陽質量の百万倍以下の質量をもつダークミニハローの分布や構造を観測的に調べることが可能であることが判明した。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、ダークミニハローの正体に迫るプロジェクトが進行中である。
- CMB で探る宇宙の超大規模構造  
近年、天球上の宇宙背景マイクロ波輻射 (CMB) 温度揺らぎに存在する「コールドスポット」と呼ばれる特異な低温度領域の存在や、赤方偏移  $z \sim 1$  で 100Mpc を超えるスケールをもつ準線形超構造の存在が示唆されている。観測値の統計的有意性を評価した結果、我々は近傍の準非線形超構造起源の温度揺らぎの観測値は、標準的な  $\Lambda$ CDM モデルの予言に比べ、有意に大きいことを見いだした。近傍の大規模構造に伴う重力ポテンシャルの分布が標準モデルの予言と食い違う可能性があることを示唆している。CMB の偏極揺らぎを用いて、最終散乱面の重力ポテンシャルの揺らぎを直接求めることにより、大角度スケールにおける CMB 揺らぎの異常が宇宙論起源にあるかどうか調べるプロジェクトが進行中である。

## 学術論文（査読付）

1. "Weak Lensing by Line-of-sight Halos as the Origin of Flux-ratio Anomalies in Quadruply Lensed QSOs"  
Kaiki Taro Inoue, Ryuichi Takahashi,  
Monthly Notice of Royal Astronomical Society, 426, 2978-2993 (2012)(11月号)
2. "On the origin of the cold spot"  
Kaiki Taro Inoue,  
Monthly Notice of Royal Astronomical Society, 421, 2731-2736 (2012)(4月号)

## 国際学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue and Ryuichi Takahashi:  
"Weak Lensing by Line-of-sight Halos as the Origin of Flux-ratio Anomalies in Quadruply Lensed QSOs"  
Nano-workshop, Institut Astrophysique de Paris [16 July. 2012]

## 国内学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue:  
"ALMA で探るダークマターの起源"  
2012年度後期アルマワークショップ「ALMA で探る遠方・近傍宇宙の赤外線銀河研究の新展開」  
宇宙科学研究所、相模原市 [27 Mar. 2013]
2. Kaiki Taro Inoue and Ryuichi Takahashi:  
"Weak Lensing by Line-of-sight Halos as the Origin of Flux-ratio Anomalies in Quadruply Lensed QSOs"  
日本天文学会 2013年春季年会、埼玉大学、さいたま市 [23 Mar. 2013]
3. Atsushi Nishizawa and Kaiki Taro Inoue:  
"Stacking analysis for detecting the ISW effect at the local Universe"  
日本天文学会 2013年春季年会、埼玉大学、さいたま市 [22 Mar. 2013]
4. Kaiki Taro Inoue and Ryuichi Takahashi:  
"QSO 重力レンズ多重像のフラックス異常問題に対する視線方向のダークハローの影響について"  
観測的宇宙論ワークショップ, 東京大学本郷キャンパス, 東京 [27 Nov. 2012]

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 近畿大学オープンキャンパス ミニ講義 「宇宙論の常識・非常識」  
平成 25 年 3 月 24 日

## 運営

### 学内委員

- 図書・広報委員 (後期)
- 大学院教務委員 (後期)
- 物理学コース WEB サイト管理 (後期)

### 学外委員など

- 2013 年春期天文学会宇宙論セッション座長