

近畿大学理学科物理学コース  
2010年度 年次報告

平成24年4月29日

# 目次

教員一覧	2
素粒子論・重力理論研究室	3
素粒子実験研究室	8
素粒子・極限宇宙物理学研究室	12
原子分子物理学研究室	13
物性理論研究室	16
ソフトマター物理学研究室	20
理論物理学研究室	23
表面科学研究室	27
凝縮系物理学研究室	31
宇宙論研究室	33
宇宙物理学実験研究室	37
環境物理学研究室	40

## 教員一覽

- 太田 信義 (素粒子論・重力理論研究室)
- 加藤 幸弘 (素粒子実験研究室)
- 千川 道幸 (素粒子・極限宇宙物理学研究室)
- 日下部 俊男 (原子分子物理学研究室)
- 笠松 健一 (物性理論研究室)
- 堂寺 知成 (ソフトマター物理学研究室)
- 中原 幹夫 (理論物理学研究室)
- 近藤 康 (表面科学研究室)
- 松居 哲生 (凝縮系物理学研究室)
- 井上 開輝 (宇宙論研究室)
- 大田 泉 (宇宙物理学実験研究室)
- 青山 政利 (環境物理学研究室)

# 素粒子論・重力理論研究室

太田 信義 教授

L. M. Cao (PD)、 鶴沢 報仁 (PD)

上原 聡明 (M2)、 宗行 賢二 (M1)

藤河 真 (B4)、 荒井 拓磨 (B4)

森 祐輔 (B4)、 山家 万実 (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. “AdS Black Hole Solution in Dilatonic Einstein-Gauss-Bonnet Gravity,”  
K. Maeda, N. Ohta and Y. Sasagawa,  
Phys. Rev. D **83** (2011) 044051 [arXiv:1012.0568 [hep-th]].
2. “Dark Energy and QCD Ghost,”  
N. Ohta,  
Phys. Lett. B **695** (2011) 41 [arXiv:1010.1339 [astro-ph.CO]].
3. “Cosmological intersecting brane solutions in string theory”  
K. Uzawa,  
Journal of Physics: Conference Series, **259** (2010) 012032.
4. “Deformation of Codimension-2 Surface and Horizon Thermodynamics,”  
L. -M. Cao,  
JHEP **1103**, 112 (2011) [arXiv:1009.4540 [gr-qc]].
5. “Cosmological intersecting brane solutions,”  
M. Minamitsuji, N. Ohta and K. Uzawa,  
Phys. Rev. D **82** (2010) 086002 [arXiv:1007.1762 [hep-th]].

6. “Dynamical p-branes with a cosmological constant,”  
K. Maeda, M. Minamitsuji, N. Ohta and K. Uzawa,  
Phys. Rev. D **82** (2010) 046007 [arXiv:1006.2306 [hep-th]].
7. “Global Structure of Black Holes in String Theory with Gauss-Bonnet Correction in Various Dimensions,”  
N. Ohta and T. Torii,  
Prog. Theor. Phys. **124** (2010) 207 [arXiv:1004.2779 [hep-th]].
8. “Dynamical solutions in the 3-Form Field Background in the Nishino-Salam-Sezgin Model,”  
M. Minamitsuji, N. Ohta and K. Uzawa,  
Phys. Rev. D **81** (2010) 126005 [arXiv:1003.5967 [hep-th]].
9. “Notes on Entropy Force in General Spherically Symmetric Spacetimes,”  
R. -G. Cai, L. -M. Cao and N. Ohta,  
Phys. Rev. **D81** (2010) 084012. [arXiv:1002.1136 [hep-th]].

## 学術論文（査読なし）

1. K. Uzawa : ”Cosmological brane solutions”  
In the Proceedings of the 25th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics Heidelberg, Germany. Proceedings of Science, 2011 年 6 月 3 日, Vol. Texas 2010, 272 頁.

## 学位論文・卒業論文

- 修士論文：
  - 「高次元時空における新しいブラックホール解とその Hawking 輻射」  
上原 聡明
- 卒業論文:
  - 「重力場方程式の一意性」、藤河 真
  - 「逆散乱法と軸対称定常時空」荒井 拓磨
  - 「FLRW and Bianchi Universes」、森 祐輔
  - 「ブラックホール解の一意性定理」山家 万実

## 国際学会・研究会講演

1. K. Uzawa : “Cosmological intersecting brane solutions”  
Interconnection between Particle Physics and Cosmology (PPC2010), National University Library of Torino, Turin, Italy [12 July, 2010]
2. K. Uzawa : “Cosmological intersecting brane solutions in string theory”  
PASCOS 2010, Instituto de Fisica Corpuscular (IFIC), Valencia, Spain [19 July, 2010]
3. N. Ohta : “Dilatonic Black Holes in String Theories with Gauss-Bonnet Correction and Their Physical Application” (Invited talk)  
Summer Institute 2010 (Cosmology and String), Fuji-Yoshida [9 August, 2010]
4. N. Ohta : “Accelerating cosmologies and inflation in string theories with higher order correction” (Invited talk)  
The 20th workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG20), Yukawa Institute, Kyoto University, Kyoto [21 September, 2010]
5. : L.-M. Cao: “Thermodynamics of trapping horizon in FRW universe” (Poster session)  
The 20th workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG20), Yukawa Institute, Kyoto University, Kyoto [21-25 September, 2010]
6. N. Ohta : “Time-dependent Supersymmetric Solutions, Cosmic Singularity and Emergence of Spacetime” (Invited talk)  
QGC2010 NIMS-APCTP Joint International Workshop “String Theory and Cosmology”, Hotelsapia, Daejeon, Korea [30 September, 2010]
7. N. Ohta : “Axion and Dark Energy” (Invited talk)  
International workshop ”Extra-Dimension Probe by Cosmophysics”, KEK, Tsukuba [11 November, 2010]
8. K. Uzawa : “Cosmological brane solutions”  
25th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, The Historic Heidelberg Convention Center, Heidelberg, Germany [6 December 2010]
9. K. Uzawa : “Cosmological intersecting brane solutions in string theory”  
Miami 2010, Lago Mar Resort, Fort Lauderdale, Florida, USA [17 December 2010]
10. N. Ohta : “Dark Energy and QCD Ghost”  
2011 Shanghai Asia-Pacific School and Workshop on Gravitation, Shanghai Normal University, Shanghai, China [13 February, 2011]

## 国内学会・研究会講演

1. 太田信義：「重力理論と熱力学」  
京都大学基礎物理学研究所研究会「場の理論と超弦理論の最先端」(招待講演)  
京都大学基礎物理学研究所 [20 July 2010]
2. 鳥居隆, 太田信義：“Effects of the higher order term of the dilaton field and the charge to the stringy black holes”  
日本物理学会年会, 九州工業大学 [11 September 2010]
3. 分部亮, 前田恵一, 太田信義：“Accelerating Cosmologies in Dilatonic Einstein-Gauss-Bonnet Gravity in the String Frame”  
日本物理学会年会, 九州工業大学 [12 September 2010]
4. 南辻真人, 太田信義, 鵜沢報仁：“Cosmological intersecting brane solutions in string theory”  
日本物理学会年会, 九州工業大学 [12 September 2010]
5. 鵜沢報仁, 南辻真人 (関西学院大学): “Cosmology in p-brane systems”  
日本物理学会第 66 回年次大会, 新潟大学, 新潟市, 2011 年 3 月 28 日.
6. 鵜沢報仁：“高次元超重力理論の宇宙論解”  
関西学院大学理工学部物理学科初期宇宙研究室セミナー, 関西学院大学, 兵庫県三田市, 2010 年 10 月 13 日.

## 競争的外部資金

- 2010 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者:  
超弦理論による高次元ブラックホールと特異点の研究 (課題番号 20540283, 配分額 1,170,000 円)
- 2010 年度科研費 特別研究員奨励費 研究代表者:  
ホログラフィー原理と超重力および高階微分重力理論の厳密解についての研究 (課題番号 21-09225, 配分額 900,000 円)
- 2010 年度科研費 基盤研究 (A) 研究分担者 (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: 9,200,000 円)
- 2010 年度科研費 若手研究 (B) 研究代表者: 鵜沢報仁  
超弦理論に基づく 4 次元宇宙論の構築 (課題番号: 20740147, 配分額: 1040,000 円)

## 教育業績

### 著書

「素粒子物理学ハンドブック」超弦理論 (太田信義、分担執筆 (234 – 264 ページ)、A5 / 全 688 ページ / 2010 年 10 月 10 日、ISBN978-4-254-13100-0 C3042、山田作衛・相原博昭・岡田安弘・坂井典佑・西川公一郎 編、朝倉書店)

## 運営

### 学内委員

- 物理学コース教務委員
- 大学院総合理工学研究科理学専攻物理学分野副専攻長
- 大学院総合理工学研究科将来計画委員

### 学外委員など

- 日本物理学会代議員
- 京都大学基礎物理学研究所研究会「量子場理論と弦理論の発展」世話人
- 研究会「超弦理論と宇宙」世話人
- APCTP topical program “String Theory and Cosmology” Organizer

# 素粒子実験研究室

加藤 幸弘 准教授

平松 香織 (M2)、櫻木 大蔵 (M1)

中村 正人 (B4)

## 研究概要

- MPGD を用いた ILD-TPC 検出器の開発

次世代電子陽電子衝突型加速器計画 (ILC) は、2010 年代後半の実験開始を目指して加速器と検出器の研究開発が進められている。本研究室では、荷電粒子の検出する飛跡検出器の研究開発を、ヨーロッパとアジアの研究者と共同で進めている。ILC で用いられる飛跡検出器は、非常に高精度 ( $100 \mu\text{m}$  程度) で飛跡を同定しなければならないために、研究室が参加している ILD-TPC グループは、ガス増幅部に GEM (Gas Electron Multiplier) を用いたタイムプロジェクトンチェンバー (TPC) の採用を目指して様々な研究を行っている。2010 年度は、大型プロトタイプを用いたテストビームを、DESY (ドイツ) で 10 月に行った。このテストビームでは、運動量が  $5\text{GeV}/c^2$  の電子を用いて、ドリフト距離を変化させたデータを取得することが出来、得られた位置分解能は暫定値であるが全てのドリフト距離で  $150\mu\text{m}$  以下であった。

また、TPC 検出器のシミュレーションやデータ解析に用いる、ILD-TPC 共通ソフトウェアである MarlinTPC の開発も進めている。特に kalman filter を用いた飛跡再構成アルゴリズムを MarlinTPC に組み込み、飛跡再構成の能力を向上させることが出来た。

- 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測定器開発室 MPGD グループ、大阪市大と共同で開始した。2010 年度の研究は、荷電粒子は検出器を通過するときに検出器内のガスと反応して電離電子を生成するが、生成される電離電子数は荷電粒子の通過距離に依存する。このときの電離電子数と通過距離の関係を、small chamber を用いて測定する方法を確立することができた。

- 陽子・反陽子衝突実験における超対称性粒子の探索

米国フェルミ国立加速器研究所の陽子反陽子衝突型加速器実験 CDF グループの一員として、陽子・反陽子衝突実験における超対称性粒子の探索を行っている。CDF は  $1.96\text{TeV}$  の衝突エネルギーでの陽子・反陽子衝突反応を観測する実験であり、世界各国から 600 名を超える素粒子実験研究者が参加している。現在の実験 (Run-II) では、およそ  $8.3\text{fb}^{-1}$  の陽子・反陽子衝突反応のデータ

が蓄積され、CDF 実験と D0 実験の解析結果から、ヒッグス粒子の質量の制限領域を得ることが出来た。CDF では様々な陽子・反陽子衝突反応の研究が可能であるが、当研究室では標準理論を超える新しい理論として有望な超対称性理論が予言する粒子の探索を主に行っている。

## 学術論文（査読付）

1. “Search for High Mass Resonances Decaying to Muon Pairs in  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV  $p\bar{p}$  Collisions”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 106(12), 121801(7p)(2011) (3月号)
2. “Measurement of b hadron lifetimes in exclusive decays containing a  $J/\Psi$  in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 106(12), 121804(8p)(2011) (3月号)
3. “Top Quark Mass Measurement in the Lepton + Jets Channel Using a Matrix Element Method and *in situ* Jet Energy Calibration”  
*arXiv:1010.4582[hep-ex]*  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 105(25) 252001(7p)(2010) (12月号)
4. “Observation of Single Top Quark Production and Measurement of  $|V_{tb}|$  with CDF”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D82(11), 112005(59p)(2010) (12月号)
5. “Measurement of the  $WW + WZ$  Production Cross Section Using a Matrix Element Technique in Lepton + Jets Events”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D82(11), 112001(15p)(2010) (12月号)
6. “Search for R-parity violating decays of  $\tau$  sneutrinos to  $e\mu$ ,  $\mu\tau$ , and  $e\tau$  pairs in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 105(19) 191801(7p)(2010) (11月号)
7. “Search for the supersymmetric partner of the top quark in  $p\bar{p}$  interactions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D82(9), 092001(16p)(2010) (11月号)

8. “Search for New Physics with a Dijet plus Missing Transverse Energy Signature in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 105(13) 131801(7p)(2010) (9月号)
9. “Exclusion of an Exotic Top Quark with  $-4/3$  Electric Charge Using Soft Lepton Tagging”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 105(10) 101801(7p)(2010) (9月号)
10. “Search for the Production of Scalar Bottom Quarks in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 105(8) 081802(7p)(2010) (8月号)
11. “Studying the Underlying Event in Drell-Yan and High Transverse Momentum Jet Production at the Tevatron”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D82(3), 034001(21p)(2010) (8月号)
12. “Search for  $WW$  and  $WZ$  resonances decaying to electron, missing  $E_T$ , and two jets in  $p\bar{p}$  collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 104(24) 241801(8p)(2010) (7月号)
13. “First measurement of the ratio  $\sigma_{t\bar{t}}/\sigma_{Z/\gamma^* \rightarrow ll}$  and precise extraction of the  $t\bar{t}$  cross section”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 105(1), 012001(7p)(2010) (6月号)
14. “Search for Pair Production of Supersymmetric Top Quarks in Dilepton Events from  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 104(25), 251801(8p)(2010) (6月号)
15. “Measurement of the  $W^+W^-$  Production Cross Section and Search for Anomalous  $WW\gamma$  and  $WWZ$  Couplings in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 104(20), 201801(8p)(2010) (6月号)
16. “Measurement of the  $t\bar{t}$  Production Cross Section in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV using Soft Electron b-Tagging”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D81(9) 092002(18p)(2010) (5月号)

17. “Search for single top quark production in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV in the missing transverse energy plus jets topology”  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review D81(7) 072003(24p)(2010) (4月号)
18. ‘A Search for the Higgs Boson Using Neural Networks in Events with Missing Energy and b-quark Jets in  $p\bar{p}$  Collisions at  $\sqrt{s} = 1.96$  TeV,’  
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)  
Physical Review Letters 104(14), 141801(7p)(2010) (4月号)

## 修士論文

- 「GEM を用いた TPC の一電子検出効率のドリフト距離依存の研究」

## 卒業論文

- 「GEM における電子のガス増幅特性の研究」

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 大学コンソーシアム大阪 「小学校理科指導力向上研修」  
平成 22 年 7 月 29,30 日

## 運営

### 学内委員

- 物理学コース 施設設備委員 (4月～9月)、 ネットワーク委員、 予算委員 (10月～3月)

# 素粒子・極限宇宙物理学研究室

千川 道幸 教授

北本 兼続 (M1)

森本 俊也 (B4)、柘植 正紀 (B4)

山下 源貴 (B4)、黒井 諒平 (B4)

## 研究概要

- 極限エネルギー宇宙粒子線の探索  
プロジェクト名: テレスコープ・アレイ実験 (TA: Telescope Array Experiment)  
理論的な GZK 限界を超えるエネルギーが 10 の 20 乗 eV 以上を持つ、所謂 super-GZK 事象の存在を確認し、源を探索する国際共同実験を行っている。  
URL <http://www-ta.icrr.u-tokyo.ac.jp/>
- 超高エネルギー宇宙 線源の探索  
プロジェクト名: チェレンコフ・テレスコープアレイ・プロジェクト  
(CTA: Cerenkov Telescope Array Project)  
銀河系内外の高エネルギーガンマ線源の探索により、活動銀河核 (AGN)、線バースト (GRB)、銀河系外赤外可視領域背景輻射 (EBL)、銀河宇宙線の起源、プランクスケールでの相対性理論の検証・解明等を目的として、大口径 23m 望遠鏡、中口径 12m 望遠鏡、小口径 6m 望遠鏡群からなる装置を北半球と南半球に設置予定している。現在、プロトタイプ製作を開始するフェイズが始まる所である。  
URL <http://cta.scphys.kyoto-u.ac.jp/>, <http://www.cta-observatory.org/>

## 学術論文 (査読付)

- “ 赤外線カメラを用いた雲領域特定 ”  
[M.Chikawa](#), N.Kada, A.Kema, Y.Hirata,  
J. School Sci. Eng. Kinki Univ. 46(2010)1-6

## その他

- 良いバランスで生活し、3年プレゼミ、4年ゼミを行って下さい。

# 原子分子物理学研究室

日下部 俊男 教授

世古 良貴 (B4)、山崎 良 (B4)  
谷 佳寿彦 (B4)、新井 宏典 (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。

- 水分子との衝突における低速の陽子およびヘリウムイオンの電荷移行断面積に関する研究

彗星大気のコマからの X 線放射が 1990 年代に発見され、その機構として、太陽風中の低速イオンと彗星大気の主成分である水分子との電荷移行過程に起因するという説が有力視されている。また粒子線癌治療にからみ、この過程は、水分子に対するいわゆる Bragg ピーク周辺の衝突過程を検討するためにも重要である。水分子との衝突における陽子に対する電荷移行断面積は、実験データが確立しつつあるので、まず本研究では、 $0.2 \sim 4 \text{ keV}$  領域でこれらを測定し、既存の文献値と比較検討して我々の実験方法の妥当性を確認した。さらに、既存の測定データの少ない、一価と二価のヘリウムイオンに対して、加速電圧が  $0.2 \sim 4 \text{ kV}$  の範囲で電荷移行断面積を測定した。一価のヘリウムイオンに対する我々の今回の測定値は、入射エネルギーの増加と共に急に増大し、Cabrerera らの計算値と一致し、Greenwood らの過去の測定値を否定する結果となった。一方、二価のヘリウムイオンに対する我々の今回の測定値は、1 電子移行断面積は Greenwood らの過去の測定値と一致したが、2 電子移行断面積は入射エネルギーの増加と共にゆっくり増加し、Greenwood らの測定値のエネルギー依存性と逆の結果となった。

- 希ガス原子との衝突における水素イオンの電荷移行断面積に関する研究

水素イオンすなわちプロトンと希ガス原子との衝突系は、イオン衝突分野では最も基本的な衝突過程であり、低速域で支配的な電荷移行過程の断面積も 1955 年の Stedford と Hasted の測定以来、十分確立されてきたと思われていた。しかし、Kirchner の近年の活動に刺激されて Ne に対する測定を  $4 \text{ keV}$  以下で実施したところ、Stedford らの過去の測定値と異なり、閾値反応としてのエネルギー依存性が得られ理論計算とほぼ一致した (日下部ら: Phys. Rev. A 75, 044701 (2007))。これに引き続き、He, Ar, Kr, Xe の各希ガス原子に対して、 $0.2 \sim 4.0 \text{ keV}$  の衝突エネルギー範囲で断面積測定を行った。その結果、He 原子に対しては、Ne 原子と同様にこれまで

の Stedeford らの過去の測定値を否定し、閾値反応としてのエネルギー依存性が得られ、季村らの理論計算と一致した。Ar, Kr, Xe の各希ガス原子に対しても、低エネルギー領域で断面積値確立のための新しい知見を与えることが出来た。これらの研究結果は、原子衝突物理への貢献のみならず、ガスパフやプラズマ診断のための基礎データのの一つとして、核融合プラズマのモデリングに資することができると思われる。

- 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。そこで本研究では、まず W イオンの種々の原子や分子との衝突における電荷移行過程の全断面積の理論的予測や測定に関する文献調査 (1972 年 ~ 2009 年) を行った。タングステンイオンの衝突に関する文献は 10 件あったが、この中で電荷移行反応の全断面積が記載されている文献は、理論が 3 件、実験が 2 件と極めて少なかった。またヘキサカルボニルタングステン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 ( 査読なし )

1. 日下部 俊男:”低速ヘリウムイオンの水分子との衝突における電荷移行反応断面積に関する研究”  
一般共同研究成果報告書 平成 21 年度, 核融合科学研究所, 373 (2010) (5 月)
2. Toshio Kusakabe, Kenji Furuya, Masashi Kitajima, Makoto Imai, Kenji Motohashi, Akinori Igarashi, Lukas Pichl, Keiji Sawada, Daichi Kato, Hiroyuki Sakaue, Sigeru Morita and Motoshi Goto:”Production mechanism of impurity hydrocarbons and their transportation in LHD plasma”  
Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2009 - March 2010, 214 (2010) (11 月)
3. Toshio Kusakabe, Lukas Pichl, and Hiroyuki Sakaue: ”Cross sections of charge transfer by slow helium ions in collisions with water molecules”  
Annual Report of National Institute for Fusion Science, 2009 - March 2010, 427 (2010) (11 月)

4. Masashi Kitajima, K Moribayashi, R. Suzuki, K. Soejima, S. Shimakura, Toshio Kusakabe, Makoto Imai, H. Tsuchida, Kenji Motohashi, Akinori Igarashi, T. Morishita, Kunikazu Ishii, Kazuhiko Okuno, Lukas Pichl, Hiroya Suno, Masamitsu Hoshino, Ayako Watanabe, Daichi Kato, Hiroyuki 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 hydrocarbons"  
Annual Report of National Institute for Fusion Science, 2009 - March 2010, 431 (2010) (11月)

## 著書

1. 「プラズマ原子分子過程ハンドブック」: 浜口 智志, 村上 泉, プラズマ・核融合学会編, 大阪大学出版会, 2011年3月31日発行(「第8章イオン分子衝突」を分担執筆)

# 物性理論研究室

笠松 健一 講師

加藤 昌 (M1)

根矢 健人 (B4)、中本 兼貴 (B4)

林 佑亮 (B4)、袋瀬 貫 (B4)

石川 裕章 (B4)

## 研究概要

本研究室ではナノケルビン ( $10^{-9}\text{K}$ ) の超低温まで冷却された中性原子気体のボーズ・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と原子間相互作用の効果によって生じる非線形現象に関する理論的研究を行っている。本年度の成果は以下のとおりである。

- 2成分 BEC における量子ケルビン・ヘルムホルツ不安定性  
相分離した 2 成分 BEC の剪断流に対する安定性を調べた。これは古典流体では Kelvin-Helmholtz 不安定性として知られる現象と類似のものであるが、BEC は粘性をもたない超流動性と渦の循環が量子化されるという特有の性質を持ち、新たな流体現象が期待できる。我々は界面の不安定化により、量子渦の生成を伴った特徴的なパターン形成のダイナミクスを明らかにした。
- 原子気体 BEC における D ブレーンソリトン  
2 成分 BEC でドメインウォールと渦が結合した複合ソリトンの構造を調べた。2 成分 BEC は場の理論で知られる非線形シグマ模型で記述でき、静的な複合ソリトンの解析解を求めた。渦とウォールの接合部はモノポールで結ばれており、これは Boojum として知られる界面に存在する点欠陥であることを示した。また、この複合ソリトンは弦理論の「D-brane」の類似物に相当し、実験室で実現する D-brane を提唱した。これにより原子気体と弦理論を結びつける新たな研究の方向性を提唱する事ができた。
- 有効磁場中の光格子ハードコアボソン系の相構造  
有効磁場中の光格子ポテンシャルに閉じ込められたハードコアボソンの基底状態の相図を CP 1 模型のモンテカルロシミュレーションにより調べた。この模型では各サイトの粒子数の揺らぎが取り込まれており、以前に解析したフラストレーションをもつ XY 模型をより現実的に近付けた模型といえる。

## 学術論文（査読付）

1. “Crossover between Kelvin-Helmholtz and counter-superflow instabilities in two-component Bose-Einstein condensates”  
Naoya Suzuki, Hiromitsu Takeuchi, Kenichi Kasamatsu, Makoto Tsubota, and Hiroki Saito  
Physical Review A, 82, 063604-(1-9)(2010)(12月号)
2. “Analogues of D-branes in Bose-Einstein condensates”  
Kenichi Kasamatsu, Hiromitsu Takeuchi, Muneto Nitta, and Makoto Tsubota  
J. High Energy Phys. 11 (2010)068 (1-11)(11月号)
3. “Vortex Formations from Domain Wall Annihilations in Two-component Bose-Einstein condensates”  
Hiromitsu Takeuchi, Kenichi Kasamatsu, Muneto Nitta, and Makoto Tsubota  
J. Low Temp. Phys., 162, 243-249 (2010)(11月号)

## 卒業論文

- 「ボーズ凝縮体を用いたトンネル時間の研究」
- 「古典ランダムウォークと量子ウォークの関係性」
- 「周期ポテンシャルにおける凝縮体の扱いについて」
- 「MRIの原理、理論について」
- 「離散的なボーズ・アインシュタイン凝縮のDNLSEを用いた解析」

## 国際学会・研究会講演

1. Kenichi Kasamatsu, Yuki Nakano, and Tetsuo Matsui: “Phase structure of hard-core bosons in optical lattices with effective magnetic fields ”  
Macroscopic Quantum Control Conference on Ultracold Atoms and Molecules (UCAM2011) Koshiba Hall, Tokyo Univ. [24 Jan. 2011]
2. Hiromitsu Takeuchi, Kenichi Kasamatsu, Muneto Nitta, and Makoto Tsubota: “Vortex formation from domain wall annihilations in two-component Bose-Einstein condensates ”  
International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2010, Grenoble World Trade Center, Grenoble, France [5 Aug. 2010]

3. Kenichi Kasamatsu, Michikazu Kobayashi, Makoto Tsubota, and Vanderlei.S. Bagnato: “ Soliton and vortex generation in Bose-Einstein condensates under oscillatory excitations ”  
International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2010, GrenobleWorld Trade Center, Grenoble, France [5 Aug. 2010]
4. Kenichi Kasamatsu, Hiromitsu Takeuchi, Muneto Nitta, and Makoto Tsubota: “ Analogue of D-branes in Bose-Einstein condensates ”  
International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2010, GrenobleWorld Trade Center, Grenoble, France [5 Aug. 2010]
5. J. A. Seman, E. A. L. Henn, R. Shiozaki, G. Roati, F. J. Poveda-Cuevas, K. M. F. Magalhaes, V. I. Yukalov, M. Tsubota, M. Kobayashi, K. Kasamatsu, and V. S. Bagnato: “ Diagram of spatial structures formed during oscillatory excitation of an atomic superfluid: Route to turbulence and fragmentation ”  
19th International Laser Physics Workshop (LPHYS '10), Brazil [8 July. 2010]

## 国内学会・研究会講演

1. 中野勇氣, 加藤昌, 笠松健一, 松居哲生: “ 有効磁場下における光格子中のハードコアボソン系のダイナミクス ”日本物理学会 第66回年次大会 新潟大学 [25 Mar. 2011]
2. 加藤昌, 中野勇氣, 笠松健一, 松居哲生: “ 深い2次元光格子中のボース凝縮体における渦形成 ”日本物理学会 第66回年次大会 新潟大学 [25 Mar. 2011]
3. 鈴木直也, 竹内宏光, 笠松健一, 坪田誠, 斎藤弘樹: “ 二成分BECにおけるケルビン・ヘルムホルツ不安定性と対向流不安定性のクロスオーバー ”日本物理学会 第66回年次大会 新潟大学 [25 Mar. 2011]
4. 中野勇氣, 笠松健一, 松居哲生: “ 有効磁場下における光格子中のハードコアボソン系の相図 ”日本物理学会 2010年秋季大会 大阪府立大学 [26 Sep. 2010]
5. 竹内宏光, 笠松健一, 新田宗土, 坪田誠: “ ボース・アインシュタイン凝縮におけるドメイン壁の対消滅における量子渦の生成; D プレーンと反D プレーンの対消滅におけるストリングの生成 ”日本物理学会 2010年秋季大会 大阪府立大学 [25 Sep. 2010]
6. 笠松健一, 小林未知数, 坪田誠: “ 振動ポテンシャル中のボース凝縮体における量子渦生成の機構 ”日本物理学会 2010年秋季大会 大阪府立大学 [25 Sep. 2010]

## 競争的外部資金

- 平成 22 年度科学研究費補助金 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)
- 平成 22 年度科学研究費補助金 基盤研究 (B) 研究分担者:  
量子流体力学の展開  
( 課題番号 21340104, 研究代表者 : 坪田誠、配分額 390,000 円)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 体験講義 ( 布施高校 ) 「自然界におけるランダムパターン : フラクタルとランダムウォーク」  
平成 22 年 12 月 16 日

## 運営

### 学内委員

- 理工学部入学試験委員会委員
- 総合理工学研究科理学専攻広報委員会委員
- 理工学部物理学基礎教育 世話人
- 物理学習支援室 世話人
- 学年担任 ( 1 年 )

# ソフトマター物理学研究室

堂寺 知成 教授

木元 将清 (M1), 大城 辰也 (B4), 白國 秀典 (B4), 中西 裕也 (B4)  
村田 和哉 (B3), 鈴木 良浩 (B3), 上田 良也 (B3)

## 研究概要

### ソフトマターと複雑凝縮相の物性物理学

2009年4月に堂寺が近畿大学に着任し開設された本研究室では、計算物理学的手法を多用しながら実験家と共同しつつソフトマターの自己組織化の研究に新領域を創出することを目指している。

ソフトマターとよばれる物質群には、高分子（プラスチック、ゴム、接着剤）、コロイド（化粧品、インク）、液晶（テレビ）、界面活性剤（石けん）、生体物質（生体膜、DNA）などがある。これらを物理学的観点から研究する「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分野で本研究室の研究領域である。

特に自己組織化の原理は、生命現象の重要な性質であり、同時にさまざまな機能性材料を構築する手段と考えられているが、多元ブロック共重合体の創出する自己組織構造は、未だ全貌を明らかにしない構造形成原理を隠していることが多くの実験やシミュレーション研究で明らかになってきた。例えば、本研究室では高分子の作るアルキメデス相、準結晶相、メゾスコピックダイヤモンド相を提唱し、発見した。これら自己組織化による複雑構造の光物性（フォトンクス）の研究もしている。

現在、ソフト準結晶および共連続相に力点をおいて研究しているが、ソフトマター物理学を限定せず、固体物理学、結晶学、数学（幾何学）、化学（高分子化学）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。数学者、物理学者とラビリンス研究会を主催し研究している。

### 学術論文（査読なし）

1. Tomonari Dotera, Junichi Matsuzawa: “Hyperbolic Tiling on the Gyroid Surface in a Polymeric Alloy”  
RIMS, Kokyuroku No.1725, 80-91(2011) 2011.2 発行

## 国際学会・研究会講演

1. (招待講演) Tomonari Dotera: “Structural Transition of Dodecagonal Quasicrystals and Approximants”  
Hokkaido University, Sapporo, Japan, “11th International Conference on Quasicrystals” [14 June 2010]
2. Tomonari Dotera and Junichi Matsuzawa: “Hyperbolic Tiling on the Gyroid Surface in a Polymeric Alloy”  
RIMS, Kyoto University, Kyoto, Japan, “Mathematics of Quasi-Periodic Order” [22 June 2010]
3. (ポスター) K. Hayashida, T. Dotera<sup>o</sup>, J. Matsuzawa, A. Takano and Y. Matsushita: “Hyperbolic Tiling on the Gyroid Surface in ABC Star Polymers”  
Granada, Spain, “International Soft Matter Conference 2010” [5-8 July 2010]

## 国内学会・研究会講演

1. 林田研一、堂寺知成<sup>o</sup>、松澤淳一、高野敦志、松下裕秀: “ABC 星型高分子の G 曲面上の双曲タイリング相”  
日本物理学会秋季大会 (大阪府立大中百舌鳥) [22 年 9 月 24 日]
2. (ポスター) 木元将清<sup>o</sup>、堂寺知成: “ABC 線状高分子の新規ミクロ相分離構造のモンテカルロシミュレーション”  
高分子計算科学研究会・高分子ナノテクノロジー 研究会合同討論会 (東京大学山上会館) [22 年 12 月 10 日]
3. 大城辰也<sup>o</sup>、堂寺知成: “ハードコア-ソフトシェル粒子系の準結晶形成”  
準結晶研究会 (蔵王) [22 年 12 月 14 日]
4. 木元将清、堂寺知成<sup>o</sup>: “ABC 線状高分子の 5 角形を含む新規ミクロ相分離構造”  
準結晶研究会 (蔵王) [22 年 12 月 14 日]
5. 大城辰也、堂寺知成<sup>o</sup>: “ハードコア-ソフトシェル粒子系の準結晶形成”  
震災のため中止: 日本物理学会年会 (新潟大学) [23 年 3 月 27 日] (物理学会ホームページに登録者にのみ発表内容の英語論文を期間限定公開した)

## 競争的外部資金

- 2010 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 2,600,000 円)

## その他

- 1997年に開設された大型放射光施設 Spring-8 の 12 年半の主な学術成果 (全 28 件) をまとめた学術成果集の 1 つとして研究室で発見された高分子準結晶が取り上げられた。

[http://www.spring8.or.jp/ja/news\\_publications/publications/scientific\\_results](http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/publications/scientific_results)

## 教育業績

### 非常勤

1. 放送大学授業科目「熱と温度 ('08)」主任講師 SkyPercTV など放送中
2. 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 SkyPercTV など放送中

### 学外啓蒙活動

1. 附属中学体験実験「エコエンジン」 [8 月 24 日]

### 学内委員

- 大学院教務委員会 委員
- 自己点検・評価委員会 委員

### 学外委員など

- 11th International Conference on Quasicrystals (ICQ11), Program Committee
- The 6th Asian International Workshop on Quasicrystals (AIWQ6) International Advisory Board

# 理論物理学研究室

中原 幹夫 教授  
大見 哲巨 (SS)、富田 博之 (SS)  
齊藤 暁 (PD)、市川 翼 (PD)  
Yidun Wan (PD)  
Mohammad Ali Fasihi (D2)、Elham Hosseini Lapasar (D2)  
Chiara Bagnasco (D1)、坂東 将光 (D1)  
今井 正幸 (M2)  
平井 鉱史 (B4)、宮崎 伸也 (B4)  
上田 卓弥 (B4)、河合 拓也 (B4)

## 研究概要

- 量子情報・量子計算

多成分量子系における非古典的相関の研究、量子コンピュータの候補となる中性原子量子コンピュータの研究を行なった。また、冷却原子で  $p$  波の超流体が実現したとき、それを用いてトポロジカル量子コンピュータを実現するスキームの研究を行なった。

## 学術論文 (査読付)

1. “Mathematical framework for detection and quantification of nonclassical correlation”, A. SaiToh, R. Rahimi, and M. Nakahara, Quantum Inf. Comput. **11**, 0167-0180 (2011)(1月号)
2. “Quantum Computing with  $p$ -Wave Superfluid Vortices”, T. Ohmi, and M. Nakahara, J. Phys. Soc. Jpn. **79**, 104602 1-5 (2010) (10月号)

## 修士論文

- 「NMR 量子コンピュータによる Jones 多項式の計算」今井 正幸

## 卒業論文

- 卒業論文:
  - 「セルオートマトンによる交通流の研究」、平井 鉦史
  - 「強束縛模型によるトポロジカル絶縁体の研究」、宮崎 伸也
  - 「グラフェンの電気特性」、上田 卓弥
  - 「量子スピン系の数値的研究」、河合 拓也

## 国際学会・研究会講演

1. 学会発表 “Scalable Neutral Atom Quantum Computer with Interaction on Demand” M. Nakahara, E. H. Lapasar, K. Kasamatsu, T. Ohmi, and Y. Kondo, American Physical Society March Meeting 2011, Dallas, Texas, USA, March 21, 2011
2. 学会発表 “Unitary Quantum Error Correction”, M. Nakahara, and T. Tomita, The Third International Workshop on Dynamics and Manipulation of Quantum Systems (DMQS2010), Tokyo, Japan, February 15, 2011.
3. ポスター発表, “Selective Application of Two-Qubit Gate in Neutral Atom Quantum Computer”, E. H. Lapasar, K. Kasamatsu, Y. Kondo, M. Nakahara, and T. Ohmi, ERATO Macroscopic Quantum Control Conference on Ultracold Atoms and Molecules (UCAM2011), Tokyo, Japan, January 24, 2011.
4. 研究会講演 “Implementation of QECC with NMR quantum computer”, M. Nakahara, 2nd Workshop on Quantum Information Science, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, January 5, 2011.
5. 研究会講演 “Hamiltonian determination through edge spin in transverse Ising chain”, M. Nakahara, 2nd Workshop on Quantum Information Science, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, January 4, 2011.
6. 基調招待講演 “Neutral Atom Quantum Computer with On-Demand Interaction”, M. Nakahara, Keynote talk at International Iran Conference on Quantum Information, Kish Island, Iran, September 14, 2010
7. 研究会講演 “Neutral Atom Quantum Computer with On-Demand Interaction”, M. Nakahara, T. Ohmi, Y. Kondo, E. H. Lapasar, and K. Kasamatsu, 10th Asian Conference on Quantum Information Science, Tokyo, Japan, August 28, 2010.

## 国内学会・研究会講演

1. 「Selective Application of Two-Qubit Gate in Neutral Atom Quantum Computer」, E. H. Lapasar ,K. Kasamatsu ,Y. Kondo ,M. Nakahara , and T. Ohmi, 日本物理学会第 66 回年次大会、新潟大学、2011 年 3 月 27 日
2. 「ロバストな量子操作を実現する手法の提案」, 坂東将光, 市川翼, 近藤康, 中原幹夫, 日本物理学会第 66 回年次大会、新潟大学、2011 年 3 月 26 日
3. 「Hamiltonian Determination through Edge Spin in Transverse Ising Chain」, M. A. Fasihi ,S. Tanaka ,M. Nakahara , and Y. Kondo, 日本物理学会第 66 回年次大会、新潟大学、2011 年 3 月 25 日
4. 「線形写像による非古典的相関の検出と定量化に関する制限」, 齋藤暁 ,R. mqRahimi , 中原幹夫, 日本物理学会第 66 回年次大会、新潟大学、2011 年 3 月 25 日
5. 「Selective two-qubit gate operation in neutral atom quantum computer」, E. H. Lapasar ,M. Nakahara, T. Ohmi, K. Kasamatsu , and Y. Kondo , 日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学、2010 年 9 月 27 日
6. 「グローバラーの検索アルゴリズムにおける回路計算量の評価」, 市川翼 , 田中勇次, 多田 - 梅寄雅人, 太田幸宏, 中原幹夫, 日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学、2010 年 9 月 26 日
7. 「グローバラーのアルゴリズムにおけるオラクルの量子回路の構成」, 田中勇次, 市川翼 , 多田 - 梅寄雅人, 太田幸宏, 中原幹夫, 日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学、2010 年 9 月 25 日
8. 「二体系における非古典相関の決定問題のハード/イージーインスタンス」, 齋藤暁 ,R. Rahimi , 中原幹夫, 日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学、2010 年 9 月 23 日
9. 「量子生物情報科学におけるデータベース検索の量子回路の構成」, 田中勇次 , 市川翼 , 多田-梅寄 雅人 , 太田幸宏, 中原幹夫, The 22nd Quantum Information Technology Symposium (QIT22), 大阪大学, 2010 年 5 月 10 日
10. “Topological Quantum Computing with  $p$ -wave Superfluid”, M. Nakahara, and T. Ohmi, The 22nd Quantum Information Technology Symposium (QIT22), 大阪大学, 2010 年 5 月 10 日

## 競争的外部資金

1. オープン・リサーチ・センター「量子コンピュータの実現を目指した学際的基礎研究」研究代表者、40,100 千円。

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

1. 出張講義「量子と情報」、泉北高校、2010年5月29日
2. 出張講義「量子と情報」、奈良学園、2010年6月24日
3. 夢サイエンス、附属中学校理科体験実験、2010年8月24日
4. 集中講義「応用物理学特別講義（量子コンピュータ）」、大阪市立大学工学部、2009年9月1,2,3日

## 運営

### 学内委員

- 国際交流員会副委員長
- 入試出題委員 (物理学)
- 図書広報委員
- 学生委員

### 学外委員など

- 日本学術振興会科学研究費審査委員 (平成 22 年度公開可能分)

# 表面科学研究室

近藤 康 准教授

松本 英将 (M2), 森 文哉 (M2)

米司 篤史 (M1), 秦 悠介 (M1)

武本 正孝 (M1)

木野 祐介 (B4), 高下 聖 (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。

2010年度は特に幾何学的位相を用いた量子系の操作に注目して研究した。今年度内の論文発表には至らなかったが、次年度に出版されていることを付記する。

- 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。

## 学位論文・卒業論文

- 卒業論文:

「イオンクラフトの浮上」

「パルス NMR 装置の作成及び応用」

- 修士論文:

「地球磁場を利用した超低磁場 NMR 装置の開発と非線形な二体相互作用」

「100 kHz NMR 装置の開発と緩和試薬の効果」

## 国際学会・研究会講演

1. Y. Kondo : “Composite Quantum Gates with Vanishing Dynamic Phases”  
International Iran Conference on Quantum Information - 2010, Kish Island,  
[11-14 Sep. 2010]
2. M. Nakahara, T. Ohmi, Y. Kondo, E. H. Lapasar, K. Kasamatsu : “Neutral Atom Quantum Computer with On-demand Interaction”  
10'th Asian Conference on Quantum Information Science [27-31 Aug. 2010].
3. E. H. Lapasar, K. Kasamatsu, Y. Kondo, M. Nakahara, T. Ohmi, “Selective 2-Qubit Gate for Neutral Atom Quantum Computer”, UCAM2011 [24-26 Jan. 2011].

## 国内学会・研究会講演

1. 坂東 将光、近藤 康: “安定な複合量子操作と幾何学のおよび動的位相 (23a-RF3)”  
日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学、大阪府堺市、[23-26 Sep. 2010]
2. E. H. Lapasar, M. Nakahara, T. Ohmi, K. Kasamatsu, Y. Kondo: “Selective two-qubit gate operation in neutral atom quantum computer (25p-RD6)”  
日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学、大阪府堺市、[23-26 Sep. 2010]
3. M. A. Fasihi、田中 宗、近藤 康、中原 幹夫: “Hamiltonian Identification for a 3-Spin Chain”  
基研研究会 「量子科学における双対性とスケール」、京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館 Panasonic 国際交流ホール、[4-6 Nov. 2010]
4. 坂東将光、市川 翼、近藤 康、中原 幹夫: “On Robust Quantum Control ”  
基研研究会 「量子科学における双対性とスケール」、京都大学 基礎物理学研究所 湯川記念館 Panasonic 国際交流ホール、[4-6 Nov. 2010]
5. 坂東 将光、近藤 康: “複合量子操作と動的位相”  
Quantum Information and Technology 23、東京大学小柴ホール、東京都文京区本郷、[15,16 Nov. 2010]
6. M.A.Fasihi, S. Tanaka, M. Nakahara, Y. Kondo, “Hamiltonian Identification through Edge Spin in Transverse Ising Chain (27aRB-5)”  
日本物理学会 2011 年年次大会、新潟大学、新潟市、[25-28 Mar. 2011]
7. 坂東将光、市川翼、近藤康、中原幹夫、“ロバストな量子操作を実現する手法の提案 (26aRB-3)”  
日本物理学会 2011 年年次大会、新潟大学、新潟市、[25-28 Mar. 2011]
8. 秦悠介、米司篤史、千葉明朗、近藤康、“熱膨張を用いた教育用量子化コンダクタンス測定装置の開発 (26aEB-8)”  
日本物理学会 2011 年年次大会、新潟大学、新潟市、[25-28 Mar. 2011]
9. 米司篤史、秦悠介、千葉明朗、近藤康、“ピエゾモータを用いた教育用量子化コンダクタンス測定装置の開発 (26aEB-9)”  
日本物理学会 2011 年年次大会、新潟大学、新潟市、[25-28 Mar. 2011]
10. E. H. Lapasar, K. Kasamatsu, M. Nakahara, T. Ohmi, Y. Kondo, “Selective Application of Two-Qubit Gate in Neutral Atom Quantum Computer (27pLD-12)”  
日本物理学会 2011 年年次大会、新潟大学、新潟市、[25-28 Mar. 2011]

## 教育業績・学会

- 科学教育研究協議会第 57 回全国研究大会 (兵庫大会)  
“小学校理科指導力向上講座 (物理) を担当して  
平成 22 年 8 月 5, 6 日

## 学外啓蒙活動

- 日本物理教育学会主催  
物理教育を考える会 I(大学入試問題検討会)  
平成 22 年 5 月 22 日
- 泉北高校・近畿大学訪問学習  
“原子を見よう”  
平成 22 年 7 月 21 日
- 大阪市教育委員会主催  
“小学校教員理科指導力向上講座”  
平成 22 年 7 月 29, 30 日
- 近畿大学オープンキャンパス・模擬講義  
“宇宙ヨット (IKAROS) について”  
平成 22 年 8 月 21 日

## 運営

### 学内委員

- 人権委員会 委員

# 凝縮系物理学研究室

松居 哲生 教授

中野 勇氣 (D2), 高藤 裕介 (M2)

藤田 竜平 (M1), 竹内 祐樹 (M1)

中谷 和哉 (B4), 山本 貴大 (B4)

高田 基 (B4), 松田 淳志 (B4), 岡田 祐也 (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. "Magnetic Order, Bose-Einstein Condensation, and Superfluidity in a Bosonic t-J Model of CP<sup>1</sup> Spinons and Doped Higgs Holons", Koji Aoki, Kazuhiko Sakakibara, Ikuo Ichinose, Tetsuo Matsui, Physical Review B 80 (2009) 144510 (1-12).

2. "Effects of Disorder on a Lattice Ginzburg-Landau Model of d-wave Superconductors and Superfluids", Tomonori Shimizu, Shunsuke Doi, Ikuo Ichinose, Tetsuo Matsui, Physical Review B 79 (2009) 092508 (1-4).
3. "Phase Structure and Critical Behavior of Multi-Higgs U(1) Lattice Gauge Theory in Three Dimensions ", Tomoyoshi Ono, Shunsuke Doi, Yuki Hori, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui, Annals of Physics 324 (2009) 2453-2464.

## 学位論文・卒業論文

- 卒業論文:

- 「3+1次元  $CP^1 + U(1)$  量子ニューラルネットワーク ( )」 犬丸 和也
- 「3+1次元  $CP^1 + U(1)$  量子ニューラルネットワーク ( )」 藤田 竜平
- 「3+1次元  $CP^1 + U(1)$  量子ニューラルネットワーク ( )」 新谷 透
- 「格子ゲージ理論による量子重力の研究 ( )」 堀内 重幸
- 「格子ゲージ理論による量子重力の研究 ( )」 石井 慎一

## 国内学会・研究会講演

1. 「Z(2) ゲージ・スピネットワークにおけるグラス相」  
高藤裕介, 中野勇氣, 松居哲生  
日本物理学会第 65 回年次大会 岡山大学 岡山県 [23 March 2010]23aEH-12
2. 「有効磁場中の光格子ハードコアボソン系の相構造」  
中野勇氣, 笠松健一, 松居哲生  
日本物理学会第 65 回年次大会 岡山大学 岡山県 [22 March 2010]22pEH-6
3. 「全結合及び疎結合 Z(2) ゲージニューラルネットにおける学習と想起」  
高藤裕介, 中野勇氣, 松居哲生  
日本物理学会 2009 年秋季大会 甲南大学 兵庫県 [27 September 2009]27pQK-4
4. 「t-J モデルの有効モデル：ダブル  $CP^1+U(1)$  格子ゲージ理論」  
中野勇氣, 榊原和彦, 一瀬郁夫, 松居哲生  
日本物理学会 2009 年秋季大会 甲南大学 兵庫県 [27 September 2009]27pRL-7
5. 「スレーブフェルミオンゲージ理論による t-J モデルの相構造：金属・絶縁体転移と超伝導転移」  
青木幸司, 清水昭宏, 榊原和彦 A, 一瀬郁夫, 松居哲生  
日本物理学会 2009 年秋季大会 甲南大学 兵庫県 [27 September 2009]27pRL-8

## 学内委員

- 入試委員

# 宇宙論研究室

井上 開輝 准教授

辰野 陽平 (M2)、島ノ江 卓生 (B4)

鈴木 教史 (B4)、松尾 壮太 (B4)

森田 直樹 (B4)

## 研究概要

- 宇宙の超大規模構造  
近年、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の大角度揺らぎ異常の起源として、 $100\text{--}300h^{-1}\text{Mpc}$  程度のスケールにおける超大規模構造の存在が示唆されている。しかしながら通常の  $\Lambda\text{CDM}$  宇宙論の枠組からこれらの構造の起源を説明するのは難しい。本研究室では、宇宙マイクロ波背景放射や重力レンズなど、さまざまな観測手法を用いてこれらの超大規模構造の詳細を明らかにし、代替重力理論や非ガウス性などを用いた構造形成モデルの構築に取り組んでいる。
- 宇宙加速膨張の起源  
一般に Ia 型超新星や CMB の観測データから宇宙は現在加速膨張していると考えられているが、 $1\text{Gpc}$  程度の半径をもつ非線形低密度領域 (ポイド) にたまたま我々がいるという可能性も未だ完全に否定されてはいない。特に最近のデータの示す  $300h^{-1}\text{Mpc}$  を超えるスケールにおける速度場の大きな振幅 (バルクフロー) を説明するにはむしろ都合が良い可能性がある。本研究室では宇宙マイクロ波背景放射や大規模構造など様々な手法による非一様宇宙モデルの観測的制限や代替重力理論を用いた宇宙の加速膨張のモデルに関する研究に取り組んでいる。
- ダークマターの微細構造  
矮小銀河以下の質量スケールにおいて N 体シミュレーションの予言するダークマターハローの数は観測されている近傍銀河に付随する矮小銀河の数に比べると圧倒的に大きい。これを「行方不明の矮小銀河問題」と呼ぶ。系外銀河のダークマターハローの微細構造 (サブハロー) を調べるには、遠くの QSO や銀河が視線方向の銀河ハローの重力によって多重像としてみえる重力レンズ系を用いればよい。本研究室では、天文学者と協力しながら中間赤外、サブミリ波、電波の各波長帯における観測結果を用いてダークマターハローの微細構造を決定し、ダークマターの性質に制限をつける問題に取り組んでいる。
- 宇宙のトポロジー  
一般相対性理論は時空の局所的な性質と物質やエネルギー密度を関係付けるが、時空の大域的な性質 (境界条件) については何も予言することができな

い。例えば、空間が平坦であったとしても時空がある周期境界条件を満たすような解が存在する。二次元でいうとドーナツの表面がその1例であり、連続変形で1点につぶすことのできない輪が存在する。宇宙が十分小さければ、このような輪に沿って光がぐるぐる回ることにより、遠方に同一の天体の異なる時刻におけるスナップショットが観測されたり、時空の揺らぎのアンサンブル平均が非一様・非等方になったりする。宇宙マイクロ波背景放射や大規模構造等のデータを用いて地平線スケールにおける宇宙の周期性や大域的非一様性もしくは非等方性に関する制限を与える問題に取り組んでいる。

## 学術論文 ( 査読付 )

1. "Evidence of Quasi-linear Super-Structures in the Cosmic Microwave Background and Galaxy Distribution"  
Kaiki Taro Inoue, Nobuyuki Sakai, Kenji Tomita  
Astrophysical Journal, 724, 12-25 (2010)(10月号)  
arXiv:1005.4250 [astro-ph.CO]

## 学術論文 ( 査読なし )

## 著書

## 国際学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue: Poster presentation: "Evidence of Super-structures in the Cosmic Microwave Background and Galaxy Distribution"  
Horiba international conference COSMO/CosPA 2010, University of Tokyo, Tokyo [27-28 Sep. 2010]
2. Kaiki Taro Inoue: "Harmonic functions and 3-dimensional topology" (招待講演) Topology and Computer 2010 東京工業大学 東京都 目黒区 [9 Sep. 2010]

## 国内学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue: "Evidence of Super-structures in the Cosmic Microwave Background and Galaxy Distribution"  
YITP workshop "Cosmological Perturbation and CMB"、基礎物理学研究所、京都大学、京都市 [21 Mar. 2011]
2. Kaiki Taro Inoue: "Anomalously Underdense Region as the Origin of the Cold Spot"  
日本天文学会 2011 年春季年会 新潟大学 新潟市 (震災のため予稿集に発表)  
[19 Mar. 2011]
3. Kaiki Taro Inoue: Poster presentation: "Evidence of Super-structures in the Cosmic Microwave Background and Galaxy Distribution"  
Horiba international conference COSMO/CosPA 2010, University of Tokyo, Tokyo [27-28 Sep. 2010]

4. Inoue, Kaiki Taro: "On the Origin of the Cold Spot"  
日本天文学会 2010 年秋季年会 金沢大学 金沢市 [24 Sep. 2010]
5. Inoue, Kaiki Taro: "Evidence of Super-structures in the Cosmic Microwave Background and Galaxy Distribution"  
地球環境学科セミナー 弘前大学 弘前市 [5 Aug 2010]

## 競争的外部資金

- 2010 年度科研費 若手研究 (B) 研究代表者:  
宇宙の非一様性による重力理論の検証 (課題番号 20740146, 配分額 1,040,000 円)
- 2010 年度科研費 基盤研究 (B) 研究分担者:  
超高解像度電波観測に基づく宇宙暗黒物質の解明  
(課題番号 20340039, 研究代表者 千葉柁司、配分額 1,000,000 円)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 「宇宙 (天文) を学べる大学」合同進学説明会 講演  
平成 22 年 6 月 12 日
- 近畿大学オープンキャンパス 研究室公開  
平成 22 年 8 月 22 日

## 運営

### 学内委員

- 物理学コース教務委員 (前期)
- 理工学部物理教育小委員会委員 (前期)
- 理工学部英語テキスト作成委員
- 物理学コース WEB サイト管理

# 宇宙物理学実験研究室

大田 泉 助教

中谷 倫哉 (B4), 安原 直人 (B4)

広瀬 貴之 (B4), 河北 英治 (B4)

## 研究概要

**時間領域分光法を用いたサブミリ波帯光学素子評価システムの開発** 500GHz 以下の帯域での光学素子評価システムを確立と光学フィルタの開発を行うことを目指している。宇宙マイクロ波背景放射観測に使用する光学素子に対して観測に使用する広帯域内で測定評価の出来るシステムが必要である。そこで本研究ではテラヘルツ帯で用いられる時間領域分光法 (Terahertz time-domain spectroscopy, 以 THz-TDS) を使って光学素子の二次元面内での透過特性評価システムの開発を行う。

**近畿大学本部キャンパスにおける電波観測の実現** 中性水素 21cm 線の分光観測による銀河系内の天体運動を観測するために直径 1 m 電波望遠鏡放物物面アンテナを自作し観測する準備を進めている。システムがある程度機能していることを確かめて実際の天体からのシグナル検出を狙っている。

**天体干渉計における観測技術の基礎開発** Multi-Fourier Transform interferometer (MuFT) の基礎開発及び直接検出を用いた南極遠赤外干渉計の基礎開発を進めている。多素子検出器を用いて開口合成型干渉計を実現するための光学系配置と実現性の評価を進めている。

## 研究業績

### 学位論文・卒業論文

- 卒業論文: 「口径 1m 電波望遠鏡による銀河観測」、「流星の電波観測」、「口径 1m 電波望遠鏡の変形とその効果」

### 国際学会・研究会講演

1. Hiroshi Matsuo, Sheng-Cai Shi, Qi-Jun Yao, Yuan Luo, Taro Matsuo, and I.S. Ohta "A design study on terahertz interferometry in Antarctica", SPIE Infrared, Millimeter Wave and Terahertz Technologies, Beijing [Oct. 18-21, 2010]

2. Y. Luo, M. Hattori, N. Ebizuka, T. Matsumura, and I. S. Ohta "Realization of refractive polarizing Fourier Transform Spectrometer for Cosmic Microwave Background polarization observation", IRMMW-2010, Roma [Sep. 5-10, 2010]

## 国内学会・研究会講演

1. 松尾 宏, 松尾太郎, 大田 泉" 光子計数型遠赤外線干渉計についての検討"  
日本天文学会 2011 年春季年会, W33a, 筑波大学 [2011.3.16-19 開催予定は震災のため中止]
2. 松尾 宏, Shengcai Shi, Qijun Yao, Yuan Luo, 大田 泉" 南極遠赤外線干渉計の提案"  
日本天文学会 2010 年秋季年会, V41a, 金沢大 [2009.9.22-24]

## 競争的外部資金

- 2010 年度科研費 新学術領域研究 (研究領域:2110 宇宙創成の物理 (公募研究)) :  
宇宙マイクロ波背景放射広視野広帯域偏光観測の光学系開発 (課題番号 22111508,  
配分額 2,600,000 円)

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

- 近畿大学オープンキャンパス (研究室公開), 2010 年 7 月 25 日
- 大阪府中学生のためのサマーセミナー, 2010 年 8 月 30 日
- 「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 (物理実験"真空実験と天気の関係"), 2010 年 9 月 13 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 (2011 年 3 月)

## 運営

### 学内委員

- 学生委員 (2010 年 9 月まで)、図書広報委員 (2010 年 10 月より)

- 33号館物理實驗室 世話人
- 学年担任 (2010年度2年)

# 環境物理学研究室

青山 政利 准教授

辻本 和輝 (B4)、橋本 豊 (B4)

播川 貴規 (B4)、吉村 太一 (B4)

## 研究概要

- 環境問題への物理学的アプローチ

地球環境の形成の歴史を物理学に基礎をおいて考えたり、現在の環境問題を物理学の手法を用いて分析しています。また温暖化の防止のためとか、エネルギー源の確保をめざして提案されているエネルギー関連の新技术の評価をしたりしています。また、環境問題と絡めて小・中・高校での理科教育のあり方の検討と、環境教育のプラン作りにも取り組んでいます。

## 卒業論文

「理科教育の変化」

「理科教育の未来」

「環境問題とその影響」

「地球温暖化の要因」

## 教育業績

### 学外啓蒙活動

「米作りの歴史」 泉大津市弥生学習館 講演 2010年11月6日

「世界と日本の平和を考える泉大津教室」(市民対象学習会)講演  
泉大津市立勤労青少年ホーム

「水産資源と水産業」4月7日

「沖縄戦と基地」7月7日

「沖縄戦と基地」8月7日

「米作りの歴史と現代の食糧」1月5日

「生物種の減少」2月2日

「人類の進むべき方向」2月20日

## その他

「教員採用試験春期対策講座」を担当

## 運営

### 学内委員

就職対策委員