

近畿大学理学科物理学コース
2013年度 年次報告

平成 27 年 3 月 10 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	13
凝縮系物理学研究室	17
物性理論研究室	20
ソフトマター物理学研究室	25
理論物理学研究室	29
表面科学研究室	33
固体電子物理研究室	36
生物物理学研究室	38
一般相対論・宇宙論研究室	41
宇宙論研究室	45

素粒子論・重力理論研究室

太田 信義 教授

宗行 賢二 (D2)

大畑 玲裕 (B4)、栗山 雅矢 (B4)、本道 千聖 (B4)

岩倉 愛 (B4)、橋本 賢人 (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。また、ダークエネルギーの理解と、重力理論が一般相対論から修正される可能性、高階微分を含む理論や質量を持つ重力子の理論についても研究している。

学術論文 (査読付)

1. “Covariant Approach to the No-ghost Theorem in Massive Gravity,”
T. Kugo and N. Ohta,
PTEP **2014**, no. 4, 043B04 [arXiv:1401.3873 [hep-th]].
2. “Higher Derivative Gravity and Asymptotic Safety in Diverse Dimensions,”
N. Ohta and R. Percacci,
Class. Quant. Grav. **31**, 015024 (2014) [arXiv:1308.3398 [hep-th]].
3. “Asymptotically AdS Charged Black Holes in String Theory with Gauss-Bonnet Correction in Various Dimensions,”
Nobuyoshi Ohta and Takashi Torii,
Phys. Rev. D **88**, 064002 (2013) [arXiv:1307.3077 [hep-th]].
4. “Renormalization of Higher Derivative Quantum Gravity Coupled to a Scalar with Shift Symmetry,”
K. Muneyuki and N. Ohta,
Phys. Lett. B **725**, 495 (2013) [arXiv:1306.6701 [hep-th]].

卒業論文

- 学士論文:
 - 「ブラックホールについて」大畑 玲裕
 - 「アインシュタインリングとは何か？」栗山 雅矢
 - 「宇宙定数問題と人間原理」本道 千聖
 - 「フリードマン宇宙とインフレーション」岩倉 愛
 - 「重力による時間の遅れ」橋本 賢人

国際学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta: (招待講演) “Asymptotic Safety in Higher-derivative Gravity”,
Workshop on “Topics in Holography, Supersymmetry and Higher Derivatives”,
College Station, Texas A& M Univ., USA [24–26 April, 2013].
<http://hd.tamu.edu/>
2. Nobuyoshi Ohta: (招待講演) “Asymptotic Safety in 3D and 4D Higher-derivative Gravity”,
2nd Mediterranean Conference on Classical and Quantum Gravity, Veli Losinj,

Croatia [9–15 June, 2013].
<http://umbriel.phy.hr/mccqg2/>

3. Nobuyoshi Ohta: (招待講演) “Higher derivative gravity and Asymptotic safety in diverse dimensions”,
International Workshop on “Theoretical Particle Physics 2013”, Amanohashidate, Kyoto, Japan [4–6 November, 2013].
4. Nobuyoshi Ohta: (招待講演) “Asymptotic safety in higher derivative gravity in diverse dimensions”,
3rd Bangkok workshop on high-energy theory, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand [18–22 January, 2014].
<http://www.thaihep.phys.sc.chula.ac.th/BKK2014/>
5. Nobuyoshi Ohta: (招待講演) “Covariant Approach to the No-ghost Theorem in Massive Gravity”,
CST-MISC Joint International Symposium on Particle Physics – from space-time dynamics to phenomenology –, Nihon University, Tokyo, Japan [15–16 March, 2014].
<http://aries.phys.cst.nihon-u.ac.jp/symposium/symposium2014>

国内学会・研究会講演

1. Nobuyoshi Ohta (presenter) and Taichiro Kugo:
“Covariant Approach to the No-ghost Theorem in Massive Gravity”
日本物理学会、東海大学、平塚市 [27 March 2014]
2. Nobuyoshi Ohta (presenter) and Roberto Percacci:
“Asymptotic safety in higher derivative gravity in arbitrary dimensions”
日本物理学会、高知大学、高知市 [23 September 2013]

競争的外部資金

- 2013 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)

- 2013年度科研費 基盤研究(A) 連携研究者(研究代表者:小玉英雄)
アクショ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: 2,990,000 円)

教育業績

学外啓蒙活動

- 出張講義:兵庫県立 西宮南高校 理学科紹介
2013年12月16日(月)2コマ
- 近畿大学オープンキャンパス ミニ講義 「素粒子論の今」
2013年7月21日(日)

その他

教員試験対策春期集中講座: 2014年3月

運営

学内委員

- 施設・設備委員(前期)
- 大学院将来計画委員(前期)
- 教職支援地域理数学習支援委員(前期)
- 理学科長(後期より)
- 物理学コース主任(後期より)

学外委員など

- H25 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)

素粒子実験研究室

加藤 幸弘 准教授
清水 俊希 (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。2013 年度は、2012 年度に行った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のデータ解析を主に行った。解析の結果得られた位置分解能は、ドリフト距離が長くなるにつれて悪くなるが、2010 年に行ったテストビームや他グループの結果と同じ傾向を示していることがわかった。この結果を理論式を用いて実際の TPC の位置分解能を評価した結果、予測される分解能は ILD-TPC の要求性能を満足することがわかった。
- GEM を用いた荷電粒子検出器開発のための基礎研究
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。2013 年度の研究は、2012 年度に引き続き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 を用いて測定した。得られた結果は、電荷量はドリフト距離に反比例していることがわかり、理論式による予測値と一致することがわかった。この結果を、第 10 回マイクロパターンガス研究会で発表した。
- 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。ニュートリノの寿命は非常に長いですが、宇宙に多数存在しているニュートリノが崩壊すれば、崩壊によって微弱なエネルギーをもつ光子 (35 meV 程度) が生成される。このような微弱なエネルギーをもつ光子を検出することによって、ニュートリノ崩壊を

観測できる。微弱なエネルギーの光子を検出するためには、エネルギーギャップの小さい超伝導光検出器が必要であり、そのために超伝導光検出器の開発を行っている。

学術論文（査読付）

1. "First Search for Exotic Z Boson Decays into Photons and Neutral Pions in Hadron Collisions"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review Letters 112(11), 111803(8p)(2013) (3月号)
2. "Observation of $D^0 - \bar{D}^0$ Mixing Using the CDF II Detector"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review Letters 111(23), 231802(8p)(2013) (12月号)
3. "Direct Measurement of the Total Decay Width of the Top Quark"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review Letters 111(20), 202001(8p)(2013) (11月号)
4. "Production of K_S^0 , $K^{*\pm}(892)$ and $\phi^0(1020)$ in minimum bias events and K_S^0 and Λ^0 in jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96\text{TeV}$ "
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(9) 092005(16p)(2013) (11月号)
5. "Search for a dijet resonance in events with jets and missing transverse energy in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96\text{TeV}$ "
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(9) 092004(9p)(2013) (11月号)
6. "Search for the production of ZW and ZZ boson pairs decaying into charged leptons and jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96\text{TeV}$ "
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(9) 092002(17p)(2013) (11月号)
7. "Measurement of the top-quark pair production cross-section in events with two leptons and bottom-quark jets using the full CDF data set"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(9) 091103(R)(8p)(2013) (11月号)
8. "Evidence for a bottom baryon resonance Λ_b^{*0} in CDF data"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(7) 071101(R)(8p)(2013) (10月号)

9. "Measurement of the leptonic asymmetry in $t\bar{t}$ events produced in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96\text{TeV}$ "
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(7) 072003(12p)(2013) (10 月号)
10. "Indirect measurement of $\sin^2 \theta_W(M_W)$ using e^+e^- pairs in the Z -boson region with $p\bar{p}$ collisions at a center-of-momentum energy of 1.96 TeV,"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(7) 072002(19p)(2013) (10 月号)
11. "Differential cross section $d\sigma/d(\cos \theta_t)$ for top-quark-pair-production in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review Letters 111(10), 182002(8p)(2013) (10 月号)
12. "Combination of CDF and D0 W -Boson Mass Measurements"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF and D0 collaboration)
Physical Review D88(5) 052018(11p)(2013) (9 月号)
13. "Searches for the Higgs boson decaying to $W^+W^- \rightarrow \ell^+\nu\ell^-\bar{\nu}$ with the CDF II detector"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(5) 052012(47p)(2013) (9 月号)
14. "Higgs Boson Studies at the Tevatron"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF and D0 collaboration)
Physical Review D88(5) 052014(27p)(2013) (9 月号)
15. "Combination of searches for the Higgs boson using the full CDF data set "
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(5) 052013(26p)(2013) (9 月号)
16. "A signature-based search for delayed photons in exclusive photon plus missing transverse energy events from $p\bar{p}$ collisions with $\sqrt{s} = 1.96$ TeV"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(3) 031103(R)(9p)(2013) (8 月号)
17. "Exclusion of exotic top-like quarks with $-4/3$ electric charge using jet-charge tagging in single-lepton $t\bar{t}$ events at CDF"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(3) 032003(13p)(2013) (8 月号)
18. "Top-quark mass measurement in events with jets and missing transverse energy using the full CDF data set"

- T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D88(1) 011101(R)(9p)(2013) (7月号)
19. "Measurement of the cross section for direct-photon production in association with a heavy quark in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review Letters 111(4), 042003(8p)(2013) (7月号)
20. "Search for pair-production of strongly-interacting particles decaying to pairs of jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review Letters 111(3), 031802(8p)(2013) (7月号)
21. "Measurement of $R = B(t \rightarrow Wb)/B(t \rightarrow Wq)$ in top-quark-pair decays using lepton+jets events and the full CDF Run II data set"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D87(11) 111101(R)(8p)(2013) (6月号)
22. "Search for Supersymmetry with Like-Sign Lepton-Tau Events at CDF"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review Letters 110(20), 201802(8p)(2013) (5月号)
23. "Measurement of the top quark forward-backward production asymmetry and its dependence on event kinematic properties"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D87(9) 092002(23p)(2013) (5月号)
24. "Search for $B_s \rightarrow \mu^+\mu^-$ and $B_d \rightarrow \mu^+\mu^-$ decays with the full CDF Run II data set"
T.Aaltonen, Y.Kato, et al (CDF collaboration)
Physical Review D87(7) 072003(32p)(2013) (4月号)

学術論文 (査読なし)

著書

学位論文

- 学士論文:
「GEM-TPC を用いた電子の増幅率のドリフト距離依存性」清水 俊希

国際学会・研究会講演

加藤 幸弘: "Activity report of ILD-TPC Asia group"
LCWS13 The University of Tokyo [14 Nov. 2013]

国内学会・研究会講演

1. 加藤 幸弘: "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"
第 10 回 Micro-Pattern Gas Detector 研究会 京都大学 [14 Dec. 2013]
2. 加藤 幸弘: "LC-TPC 大型プロトタイプによる 2012 年ビームテストの結果"
日本物理学会 2013 年秋季大会 高知大学 [20 Sep. 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 オープンラボ
平成 25 年 8 月 25 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 湊 (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ずれを補正する 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 の 20 乗 eV 以上ある、超高エネルギー宇宙線の存在を確認しようと試みている。また、宇宙的な起源の探究を行ってきた。

(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。

学術論文

“Introducing the CTA concept”

B.S.Acharya, M.Chikawa, M.Hayashida, T.Yamamoto, T.Yoshida, et al.
Astroparticle Physics, **43**, 3-18 (2013)

外部資金

- 2013 年度科研費 基盤研究 (B) 研究代表者:千川道幸
研究課題: CTA 大口径望遠鏡アクティブ・ミラー制御 (AMC) システムの開発
(課題番号 25287063、総配分額 15,050,000 円 (2013-2015 年度))

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

武田 憲磨 (B4)、牛尾 公一 (B4)、河合 知宏 (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。

- 一酸化炭素および二酸化炭素分子との衝突における低速の二価および三価の炭素イオンの電荷移行断面積

近年の大型核融合実験装置には、炭素材料が使用されてきた。従って、炭素イオンと炭素含有分子との電荷移行衝突断面積データが、プラズマ中の炭素原子やイオンの挙動を理解するために不可欠である。しかしながら、特に 10 keV 以下の低エネルギー領域では未だ散発的である。本研究では、低速イオンの電荷移行断面積を成長率法に基づいて測定した。2価と3価の炭素イオンは、リング状永久磁石を用いた小型の電子ビーム入射型多価イオン源 (micro-EBIS) から引き出された。3価の炭素イオンは、酸素の4価イオンと識別するために、同位体の質量数13の炭素で標識された高純度の一酸化炭素またはメタンガスが用いられた。炭素2価イオンに対しては $0.70 \sim 6.0 \text{ keV}$ の衝突エネルギー領域で1電子及び2電子移行断面積が、炭素3価イオンに対しては $1.05 \sim 9.0 \text{ keV}$ の衝突エネルギー領域で1、2および3電子移行断面積が、それぞれ測定された。全ての断面積が、入射イオンの衝突エネルギーに対する依存性が弱かった。二酸化炭素分子に対しては、 10 keV 以上のエネルギー領域で伊藤らの測定データがあるが、今回の測定値との整合性は概ね良好である。さらに、全電荷移行断面積 (1電子移行と多電子移行の合計の断面積値) も評価し、簡便なオーバーバリアーモデルや日下部らの他の衝突系に対する経験則との比較が議論された。

- 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 イオンと同一の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, Hiroyuki Tawara, and Hiroyuki A. Sakaue: "Isotope Effect on Charge Transfer Cross Sections of Slow ${}^7\text{Li}^+$ Ions in Collisions with H_2 , HD, and D_2 Molecules"
Plasma and Fusion Research, Vol. 8, 2401100 (2013).
2. Toshio Kusakabe, Hiroyuki Tawara, and Hiroyuki A. Sakaue: "Charge-Transfer Cross Sections of Slow Doubly and Triply Charged Carbon Ions from CO and CO_2 Molecules"
Plasma and Fusion Research, Vol. 8, 2401145 (2013).

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 24 年度, 核融合科学研究所, 397 (2013) (6 月)
2. Masashi Kitajima, Toshio Kusakabe, K Moribayashi, Akinori Igarashi, Makoto Imai, H. Tsuchida, Lukas Pichl, Masamitsu Hoshino, M. Hiyama, Kazuhiko Okuno, K. Soejima, S. Shimakura, Kenji Motohashi, T. Morishita, Kunikazu Ishii, R. Suzuki, Hiroya Suno, Daichi Kato, Hiroyuki A. Sakaue, Izumi Murakami, Motoshi Goto, Sigeru Morita, K. Sato, H. Funaba, T. Ido, and B. J. Peterson: "Atomic and Molecular Database of Hydrogen-isotopes and Hydrocarbons"
Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2012 - March 2013, 359 (2013) (11 月)
3. Toshio Kusakabe, Lukas Pichl, Daiji Kato, and Hiroyuki A. Sakaue: "Measurement of Charge Transfer Cross Sections of Slow Tungsten Ions in Collisions with Hydrocarbon Molecules"
Annual Report of National Institute for Fusion Science, April 2012 - March 2013, 467 (2013) (11 月)

卒業論文

- 「永久磁石を使用した小型多価イオン源の開発 - μ -Excel によるシミュレーション - 」武田 憲磨
- 「リチウム多価イオンの電荷移行過程に関する研究」牛尾 公一
- 「Si PIN フォトダイオードのガンマ線に対する検出効率について」河合 知宏

国際学会・研究会講演

1. Toshio Kusakabe, and Toshizo Shirai: "Charge Transfer Cross Sections of Slow Multiply Charged Neon Ions in Collisions with Noble Gas Atoms"
23rd International Toki Conference (ITC-23), Ceratopia Toki, 土岐市 [20 Nov. 2013].

国内学会・研究会講演

競争的外部資金

- 平成 25 年度 自然科学研究機構・核融合科学研究所・一般共同研究 研究代表者:
"イオン衝突実験のための多価リチウムイオン源の開発" (課題番号 NIFS13KBAF013,
共同研究費総額 190,000 円)
- 平成 25 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)

学外啓蒙活動

- 「近畿大学理工学部 中学校理科体験実験」 近畿大学における理科体験実験
平成 25 年 8 月 28 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
平成 25 年 9 月 10 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 26 年 3 月 5 日～3 月 17 日
- 「教員免許状更新講座」 理科担当
平成 25 年 8 月 8 日

学内委員

- 理工学部理学科 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 理工学部委員
- 理工学部施設設備委員

凝縮系物理学研究室

松居 哲生 教授

坂本 真梨奈 (B4)、西口 拓矢 (B4)、
青木 豊成 (B4)、原 達也 (B4)、
小池 章高 (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. "Atomic Quantum Simulation of Lattice Gauge-Higgs Model: Higgs Couplings and Emergence of Exact Local Gauge Symmetry"
Kenichi Kasamatsu, Ikuo Ichinose, Tetsuo Matsui
Physical Review Letters, **111**, 115303 (2013),
arXiv:1212.4952
DOI:<http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.115303>

卒業論文

- 「 $Z(2)$ ゲージニューラルネットワークにおける長期学習想起過程の研究」
坂本 真梨奈
- 「一般化したスモールワールド $Z(2)$ ゲージニューラルネットの相転移回数について」西口 拓矢
- 「スモールワールド性を持つ右脳左脳の $Z(2)$ ゲージモデル」青木 豊成
- 「スモールワールド $Z(2)$ ゲージニューラルネットワークにおける非対称シナプス結合の効果」原 達也
- 「非対称結合定数をもつ 4 次元 $U(1)$ ゲージ・ヒッグスモデルの相構造」
小池 章高

国内学会・研究会講演

1. 野口剛裕（登壇者）、一瀬郁夫、松居哲生
"モンテカルロ法を用いた超伝導現象と磁束の数値シミュレーション"
25pDC-4、日本物理学会、徳島大学 [25 Sep. 2013]

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
「サイコロと手計算（整数の足し算）で漢字や模様などのパターンを思い出す様子を、実際シミュレーションしてみましよう。」
近畿大学東大阪本部キャンパス 38号館
平成 25 年 7 月 21 日

運営

学内委員

- 理工学部入学試験委員会委員（前、後期）
- 総合理工学研究科自己点検委員会委員（前、後期）
- 物理学コースネットワーク管理（前、後期）

物性理論研究室

笠松 健一 准教授

森本 達也 (B4)、金澤 直輝 (B4)

植松 優樹 (B4)、神戸 浩平 (B4)

東川 和貴 (B4)、岸本 亮三 (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。

- 冷却原子を用いた格子ゲージ理論の量子シミュレーションの提案
近年、光格子のリンク上に原子を配置した冷却原子系が力学的 U(1) ゲージ場からなる U(1) 格子ゲージ理論のシミュレーターとして機能する可能性が指摘されている。先行研究では、ゲージ対称性が正確に成立している “pure” なゲージ理論のシミュレーションのみが論じられているが、それには冷却原子系のパラメータの正確な微調整が必要になる。我々はパラメータが的値からずれた場合の冷却原子系も拡張ヒッグス・ゲージ理論の量子シミュレーターとして使えることを指摘した。このモデルでは荷電ヒッグス場がある場合に一般化されたガウス則が成り立っており、3次元系の典型的な相図は、confinement, Coulomb, Higgs の3つの相を持つことが示される。
- 相分離した2成分ボース・アインシュタイン凝縮体における南部・ゴールドストーンモード
3次元一様な2成分ボース・アインシュタイン凝縮体では、異成分斥力相互作用が強い場合は平らなドメイン壁が安定に存在することができ、二つの複素秩序変数に起因した2つの U(1) 対称性の破れに加えて、ドメイン壁に対して垂直な方向に関して空間的な並進対称性が自発的に破れている。我々は、絶対零度における低エネルギーモードを、Bogoliubov-de Gennes 方程式の解析により詳細に調べ、上記3つの対称性の破れに対して南部・ゴールドストーン (NG) モードが2つ存在することを明らかにした。一方の NG モードは、2成分秩序変数の位相和の揺らぎに関連した音波であり、線形分散をもつ。もう一方のモードは分数分散をもつ表面張力波であり、2成分の相対位相の回転とドメイン壁の並進移動に関する揺らぎの線形結合として解釈できる。

学術論文 (査読付)

1. “Nambu-Goldstone modes in segregated Bose-Einstein condensates”
Hiromitsu Takeuchi and Kenichi Kasamatsu
Physical Review A **88**, 043612 (5 pages) (2014) (10月号)
arXiv:1309.3224 [cond-mat.quant-gas]
DOI:10.1103/PhysRevA.88.043612
2. “D-brane solitons and boojums in field theory and Bose-Einstein condensates”
Kenichi Kasamatsu, Hiromitsu Takeuchi, and Muneto Nitta
Journal of Physics: Condensed Matter **25**, 404213 (14 pages) (2013) (10月号);
special issue on “Condensed matter analogues of cosmology”
arXiv:1303.4469 [cond-mat.quant-gas]
DOI:10.1088/0953-8984/25/40/404213
3. “Atomic Quantum Simulation of Lattice Gauge-Higgs Model: Higgs Couplings
and Emergence of Exact Local Gauge Symmetry”
Kenichi Kasamatsu, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui
Physical Review Letters **111**, 115303 (5 pages) (2013) (9月号)
arXiv:1212.4952 [quant-ph]
DOI:10.1103/PhysRevLett.111.115303
4. “Wall-vortex composite solitons in two-component Bose-Einstein condensates”
Kenichi Kasamatsu, Hiromitsu Takeuchi, Makoto Tsubota, and Muneto Nitta
Physical Review A **88**, 013620 (14 pages) (2013) (7月号)
arXiv:1303.7052 [cond-mat.quant-gas]
DOI:10.1103/PhysRevA.88.013620
5. “Tachyon Condensation and Brane Annihilation in Bose-Einstein Condensates:
Spontaneous Symmetry Breaking in Restricted Lower-Dimensional Subspace”
Hiromitsu Takeuchi, Kenichi Kasamatsu, Makoto Tsubota, and Muneto Nitta
Journal of Low Temperature Physics **171**, 443-454 (2013) (5月号)
arXiv:1211.3952 [cond-mat.other]
DOI:10.1007/s10909-012-0816-z

著書

1. “Quantized vortices and quantum turbulence”
Makoto Tsubota and Kenichi Kasamatsu
pp. 283-300 (Chap.13) in “Physics of Quantum fluids: New Trends and Hot
Topics in Atomic and Polariton Condensates” (Alberto Bramati and Michele

Modugno eds., Springer) (2013 年 7 月)
arXiv:1202.1863 [cond-mat.quant-gas]

2. “Quantized vortices in superfluid helium and atomic Bose-Einstein condensates”
Makoto Tsubota, Kenichi Kasamatsu, and Michikazu Kobayashi
pp. 156-252 (Chap.2) in “Novel Superfluids Volume 1” (International Series of Monographs on Physics) (K. Bennemann and J B. Ketterson eds., Oxford Univ. Press) (2013 年 4 月)
arXiv:1004.5458 [cond-mat.quant-gas]

卒業論文

- 「2次元ボース凝縮体中のダークソリトンにおける「snake instability」」
- 「ハートリー・フォック法によるベンゼンの電子状態計算」
- 「1次元ボースアインシュタイン凝縮体におけるダークソリトンの衝突」
- 「2次元ボース・アインシュタイン凝縮におけるスピン軌道相互作用について (2)」
- 「2次元 Bose-Einstein 凝縮におけるスピン軌道相互作用について (1)」
- 「擬ポテンシャル法を用いた電子状態の第一原理計算」

国際学会・研究会講演

1. Hiromitsu Takeuchi, and Kenichi Kasamatsu:
“Nambu-Goldstone modes in segregated Bose-Einstein condensates”
APS March Meeting 2014, Denver, Colorado, USA [3 March 2014]
2. Hiromitsu Takeuchi, Kenichi Kasamatsu, Makoto Tsubota, and Muneto Nitta:
“Diffusion of Vortices to ‘Extra-Dimension’ in Tachyon Condensation via Domain Wall Annihilation in Segregated Bose-Einstein Condensates”
International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2013 (QFS2013), Matsue, Japan [3 Aug. 2013]
3. Kenichi Kasamatsu, Ikuo Ichinose, and Tetsuo Matsui:
“Implementation of Lattice Gauge-Higgs Model in Quantum Simulators of Cold Atoms”
International Symposium on Quantum Fluids and Solids 2013 (QFS2013), Matsue, Japan [3 Aug. 2013]

国内学会・研究会講演

1. 竹内宏光、笠松 健一:
“相分離した2成分BECにおける南部・ゴールドストーンモード”
日本物理学会 第69回年次大会、東海大学、三鷹市 [27 Mar. 2014]
2. 笠松 健一:
“冷却原子気体を用いた格子ゲージ理論の量子シミュレーション”
基研研究会「量子情報の新展開」、京都大学 基礎物理学研究所 [24 Mar. 2014]
3. Kenichi Kasamatsu:
“Cold atom quantum simulators with synthetic gauge fields and dynamical gauge fields”
Seminar for the group of Prof. Thomas Busch (Quantum system unit) at OIST, Okinawa [10 Mar. 2014]
4. 笠松 健一:
“原子気体のボース凝縮系における最近の進展：人工ゲージ場の効果を中心として”
基研研究会「熱場の量子論とその応用」、京都大学 基礎物理学研究所 [27 Aug. 2013]
5. Kenichi Kasamatsu:
“Atomic quantum simulations of lattice gauge theory: effect of gauge symmetry breaking”
Summer Workshop on “Physics, Mathematics, And All That Quantum Jazz”, Kinki Univ. Osaka [8 Aug. 2013]

教育業績

学外啓蒙活動

- 近畿大学キャンパス見学（私立上宮高等学校） 模擬講義
「極低温の世界：物質が示す真の姿」
近畿大学東大阪本部キャンパス 17号館
平成25年9月5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

運営

学内委員

- 学部教務委員 (前、後期)
- 大学院教務委員 (後期)
- 物理学習支援室 世話人
- 学年担任 (4年)

学外委員など

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

ソフトマター物理学研究室

堂寺 知成 教授

上田 良也、新家 正己、多知 裕平、別宮 進一、吉井 雄太郎 (B4)

研究概要

ソフト準結晶 学問分野の創成

「準結晶」の発見は 20 世紀後半の物質科学上の大発見で 2011 年にノーベル賞が与えられた。本研究室では「高分子準結晶」を理論的に予測、さらに実験的に発見した。2011 年ノーベル化学賞発表の際にも高分子準結晶は言及され、学問の発展に貢献している。ソフトマター準結晶の普遍性と物性の理論的研究をさらに推進し、21 世紀の準結晶物理学の新たな潮流を創造することが本研究室の重要な目標である。モザイク準結晶についてスロベニアの Zihlerl 博士と国際共同研究し、凝縮系物理学の基礎的概念の新たな構築を目指している。

ラビリンス 世にも奇妙なソフトマターの自己組織化現象

ソフトマター物理学は、20 世紀末に成立した新しい物理学の 1 分野である。ソフトマターとよばれる物質群には、高分子、コロイド、液晶、界面活性剤、生体物質などがあるが、本研究室ではソフトマターの自己組織化現象に注目している。これまでアルキメデス相、高分子準結晶、モザイク準結晶、メソスコピックダイヤモンド相、双曲タイル構造など常識を打ち破る構造を次々に発見し、その統計物理学的計算研究を推進している。特に Schoen 博士の発見した Gyroid 曲面を例としたソフトマター 3 重周期極小曲面、周期的ラビリンス（迷路）構造に興味を持っている。

分野を越えた横断的研究

ソフトマター物理学だけでなく、固体物理学、光学、ナノテクノロジー、結晶学、数学、化学との境界領域を横断的に研究することも本研究室の特徴である。特に 20 世紀のエレクトロニクスを支えた半導体はすべてダイヤモンド構造であり、電子エネルギーにバンドギャップを持つ。21 世紀はオプトエレクトロニクスの時代となりつつあるが、光の半導体が求められている。本研究室ではフォトニック結晶の計算研究も行っている。

学術論文 (査読付)

1. “Mosaic two-lengthscale quasicrystals”
T. Dotera, T. Oshiro, P. Ziherl:
nature, **506**, 208-211 (2014).
2. “ソフトマター準結晶”
堂寺知成:
固体物理 48 第 7 号 pp. 331-340 (2013).

著書

第 5 編、計算機科学の進展、第 6 章、モンテカルロ法 (分担執筆)
「高分子ナノテクノロジーハンドブック-最新ポリマ-ABC 技術を中心として-」西敏
夫代表編集、(2014.2)、1031 ページ、NTS 出版 pp. 788-794. ISBN 978-4-86043-410-6.

卒業論文

- 「非ニュートン流体の粘性について」上田 良也
- 「ダイヤモンド曲面上における剛体球の相転移」新家 正己
- 「紋様の対称性」吉井 雄太郎
- 「コア-シェル粒子が作る二次元準結晶構造-頂点統計-」別宮 進一
- 「Frenkel-Ladd 法による結晶固体の自由エネルギー比較」多知 裕平

国際学会・研究会講演

1. Tomonari Dotera, T. Oshiro and P. Ziherl: “Random quasicrystals formed by hard-core/square-shoulder particles”
“International Conference: Geometry and Physics of Spatial Random Systems” Freudenstadt (Black Forest), Germany [10 Sept. 2013](Poster).
2. Tomonari Dotera, T. Oshiro and P. Ziherl: “Simulation study of two-lengthscale quasicrystals”
“12th International Conference on Quasicrystals (ICQ12)” Kraków, Poland [2 Sept. 2013].

国内学会・研究会講演

1. 別宮進一（発表）, 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 - 頂点統計”
日本物理学会年会（領域12）, 東海大学（ポスター）[30 March 2014].
2. 堂寺知成:（領域6, 7シンポジウム）“「複雑秩序-準結晶と多様な物質分野の学融合-」まとめ”
日本物理学会年会東海大学、（招待講演）[29 March 2014].
3. 別宮進一（口頭発表）, 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 - 頂点統計
準結晶研究会、東京理科大 [17 Dec. 2013].

競争的外部資金

- 2013年度科研費 基盤研究(C) 研究代表者：堂寺知成
ソフトマター3重周期極小曲面の構造と物性の理論的研究（課題番号25400431,
配分総額5070,000円、25年度配分額2990,000円）
- 2013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25年度配分額1170,000円）

その他

- 月刊化学「化学掲示板」にニュース掲載 [March 2014].
- スロベニアのデロ新聞に解説記事が掲載 [6 March 2014].
- Nature Physics, News & Views に Nature 論文の解説記事 [1 March 2014].
- ネイチャー掲載に関して、日刊工業新聞2/3、読売新聞2/17、朝日新聞2/27、朝日新聞デジタル、マイナビニュース、Yahoo ニュースなど。 [Feb. 2014].
- 本学プレスリリース「ネイチャーに掲載！理工学部理学科物理学コース教授 堂寺知成らによる研究成果 - 結晶でも非晶質でもない第3の状態、「準結晶」ができる仕組みを発見」 [3 Feb. 2014].
- 米国物理学会のメール配信ニュースレターのヘッダーに高分子準結晶の図が採用 [May 2013].

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「エコエンジン：水飲み鳥とお湯で動くエンジン」
9月29日。

学内委員

- 専任教員資格選考委員(前期)
- 学部就職対策委員(前期)
- 学部図書・広報委員長(後期)
- リポジトリ運営会議委員(後期)
- 大学院広報委員長(通期)
- 大学院委員(通期)
- 運営会議委員(通期)
- 中期計画検討委員(通期)

学外委員など

- Chair, International Union of Crystallography (IUCr 2014) MS-57 (2014).
- 科学技術振興機構 さきがけ「超空間制御と革新的機能創成」領域アドバイザー (2013.6-).
- Program Committee, International Conference on Quasicrystals (ICQ12) (2013).

理論物理学研究室

中原 幹夫 教授
大見哲巨、坂東将光 (研究員)
Chiara Bagnasco, Utkan Güngördü (D3)
小林 大祐、水野 竜太、
管田 好人 (B4)

研究概要

- 量子計算、量子情報、量子制御、量子アルゴリズム

(科研基盤研究 (C)「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」、「オープン・ループ制御による高忠実度量子ゲートの設計と実装」および科研基盤研究 (B)「計算の哲学 様々な展開に向けて」)

信頼できる量子情報処理を行うには、外界からのノイズの下でも量子情報をプロテクトしなければならない。そのような方法として量子誤り訂正がある。本研究では、プロテクトしたい量子情報は純粋状態でも、冗長生を持たせるためのアンシラ量子ビットは、任意の初期状態でよいスキームを研究した。また NMR 量子コンピュータを用いて、その実証を行った。

外部からの擾乱を避けるには、できるだけ短い時間で量子ゲートの実相を行うことが望ましい。我々は Lewis-Risenfeld 不変量を用いて、任意の 1 量子ビット・ゲートと、CNOT ゲートと同じエンタングリング・パワーをもつ 2 量子ビットゲートを実装する方法を求めた。また、力学的な位相がゼロである、いわゆる「ホロノミック」ゲートを与える制御パラメタを求めた。

新しい量子アルゴリズムの開拓を行った。本年度は、突然変異やクロスオーバーを含む遺伝的量子アルゴリズムの開発を行った。計算の複雑さとしては、対応する古典的遺伝アルゴリズムに比べ多項式倍の加速が示された。

- 半整数量子渦

(科研新学術領域「スピン三重項超流動体の新奇界面現象」) 研究分担者を務める新学術領域科研費「スピン三重項超流動体の新奇界面現象」の研究として平行平板間に閉じ込められた回転超流動 ^3He において、回転数が大きくなった時に実現する半整数量子渦のパターンの研究を行った。磁場-回転数領域で安定に存在する半整数量子渦の相図を数値的に求めた。

学術論文 (査読付)

1. “A quantum genetic algorithm with quantum crossover and mutation operations”
Akira SaiToh, Robabah Rahimi and Mikio Nakahara
Quantum Information Processing, **13**, 737755 (2014), (3月号)
arXiv:1202.2026 [cs.NE, quant-ph]
DOI: 10.1007/s11128-013-0686-6
2. “Non-Adiabatic Universal Holonomic Quantum Gates Based on Abelian Holonomies”
Utkan Güngördü, Yidun Wan and Mikio Nakahara
Journal of the Physical Society of Japan, **83**, 034001 (2014), (3月号)
arXiv:1307.8001 [quant-ph]
DOI: <http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.83.034001>
3. “Multiple half-quantum vortices in rotating superfluid ^3He ”
Mikio Nakahara and Tetsuo Ohmi
Physical Review B **89**, 104515 1–5 (2014), (3月号)
arXiv:1308.0957 [cond-mat.supr-con]
DOI: 10.1103/PhysRevB.89.104515
4. “Implementation of a simple operator-quantum-error-correction scheme”
Yasushi Kondo, Chiara Bagnasco and Mikio Nakahara
Physical Review A **88**, 022314 1–5 (2013), (8月号)
arXiv:1209.0557 [quant-ph]
DOI: 10.1103/PhysRevA.88.022314

卒業論文

- 「転送行列法を用いた電子の透過率の解析とその応用」小林 大祐
- 「超流動 ^3He の研究」水野 竜太
- 「第一原理計算による希薄磁性半導体の評価方法について」菅田 好人

国際学会・研究会講演

1. U. Güngördü, M. Nakahara, C.-K. Li, Y.-T. Poon and N.-S. Sze: “RECURSIVE CONSTRUCTION OF NOISELESS SUBSYSTEM FOR QUDITS”
48th Annual Meeting of the Finnish Physical Society, Tampere, Finland [12 March 2014]

2. Mikio Nakahara: “Quantum Error Correction with Mixed State Ancilla Qubits” (invited talk)
5th Workshop on Quantum Information Science, Hong Kong, China [3 January 2014]
3. Mikio Nakahara: “Quantum Error Correction with Mixed State Ancilla Qubits” (invited talk)
2013 Shanghai International Conference on Matrix Analysis and Applications, Shanghai, China [28 December 2013]
4. Mikio Nakahara: “Concatenated Composite Pulses” (invited talk)
“NMR in Rio”, Rio de Janeiro, Brazil [27 November 2013]
5. Mikio Nakahara: “Tutorial: Nonadiabatic Quantum Control” (invited talk)
A workshop of the Center of Excellence in Low Temperature Quantum Phenomena and Devices, Helsinki, Finland [7 November 2013]

国内学会・研究会講演

1. Mikio Nakahara(presenter):
“Concatenated Composite Pulses: Toward High-Precision Quantum Gate Implementation”
C3QS: Coherent Control of Complex Quantum Systems 2013, 沖縄科学技術大学院大学、恩納村 [11 April 2013]
2. Mikio Nakahara(presenter):
“Quantum control of four-level systems beyond adiabatic regimes ”
C3QS: Coherent Control of Complex Quantum Systems 2013, 沖縄科学技術大学院大学、恩納村 [10 April 2013]
3. Mikio Nakahara(presenter):
“Multiple Half-Quantum Vortices in Rotating Superfluid ^3He ”
対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象第4回領域研究会、名古屋大、名古屋市 [19 December 2013]

競争的外部資金

- 2013年度科研費 基盤研究(C) 研究代表者:中原幹夫
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(課題番号 23540470,

総配分額 4,940,000 円 (2011-2013 年度) 1,300,000 円 (2013 年度))

- 2013 年度科研費 新学術領域「トポロジカル量子現象」研究分担者
スピン三重項超流動体の新奇界面現象 (課題番号 22103003, 配分額 300,000 円
(2013 年度))
- 2013 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 (課題番号 24320008, 配分額 270,000 円
(2013 年度))
- 2013 年度科研費 基盤研究 (C) 研究分担者
オープン・ループ制御による高忠実度量子ゲートの設計と実装 (課題番号 25400422,
配分額 200,000 円 (2013 年度))

教育業績

学外啓蒙活動

- 近畿大学オープンキャンパス ミニ講義 「量子と情報」
近畿大学東大阪本部キャンパス 38 号館
平成 25 年 8 月 24 日

運営

学内委員

- 総合理工学研究科理学専攻長 (前期)
- 総合理工学研究科理学副専攻長 (後期)

表面科学研究室

近藤 康 教授
檜尾翼、鹿山翔司、松島恵
風早優太、畑野佑香 (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 kHz) の下で NMR を行える装置の開発を継続しており、安定に FID 信号を得ることができるようになった。通常の NMR 装置は強い磁場 (通常 10 T 、プロトンの共鳴周波数で約 400 MHz) の下で NMR を行っていることに注意しておく。

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

- 量子コンピュータ、特に NMR 量子コンピュータ

古典コンピュータが 0 と 1 を用いた 2 進数を使って論理演算を行うのに対し、量子コンピュータは量子力学に基づき、 $|0\rangle$ と $|1\rangle$ と見なすことができる二つの状態を論理演算の基礎に置く。量子コンピュータの研究と言っても、その本質は量子力学の研究である。

今、量子コンピュータの分野は非常に面白い。まるで、アメリカの西部開拓時代のようにちょっと危ない雰囲気がある (詐欺師まがいの研究者がいたり、早撃ちの決闘のようにできるだけ早く論文を出さないと競争に負ける、などのことがある)。しかしながら、とても「元気」のある領域である。

化学分析に用いる NMR 装置を用いて、実験的にアルゴリズムの研究を行ってきた。簡単な Deutsch-Jozsa のアルゴリズムからスタートして、「量子テレポーテーション」の実験にも成功している。2008 年度から装置の開発も始めた。

- 学生実験装置の開発
コンパクトで簡単だけれど、教育的な価値のある実験が行える装置を「開発」し、その指導法を「研究」している。

これまでに、等電位線、光の干渉、コンデンサーの充放電、相互誘導、高温超伝導、共振回路などの実験を行う装置を作ってきた。「開発」した装置による実験手引き書は私のホームページにて閲覧可能である。また、「物理学実験教育の新しい試み（近畿大学理工学部通信、第31号）」も参照のこと。

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. *Two-Qubit Gate Operation on Selected Nearest-Neighbor Neutral Atom Qubits*
Elham Hosseini Lapasar, Kenichi Kasamatsu, Sile Nic Chormaic, Takeji Takui, Yasushi Kondo, Mikio Nakahara, and Tetsuo Ohmi
J. of the Phys. Soc. of Japan **83** (2014) 044005-1~7.
2. *Implementation of a simple operator-quantum-error-correction scheme*
Yasushi Kondo, Chiara Bagnasco, and Mikio Nakahara
Phys. Rev. A **88** (2013) 022314.
3. “頑強な量子ゲート：複合量子ゲート（最近の研究から）”
坂東将光、市川翼、近藤康、中原幹夫
日本物理学会誌 **68** No. 7 (2013) 459-463.

学術論文（査読なし）

1. “複合パルスのNMR測定への応用”
松島 恵、近藤 康、坂東 将光、市川 翼、中原 幹夫
理工学総合研究所研究報告 26, 33-39, 2014-02.
2. *A Treaties on Electricity & Magnetism*
著 James Clerk Maxwell、訳 木口 勝義、近藤 康
理工学総合研究所研究報告 26 Supple. No. 1 & 2, 2014-02.

学位論文・卒業論文

- 卒業論文:
 - 「模型飛行機で学ぶ飛行の原理」
 - 「永久磁石を用いた NMR 装置の開発と複合量子ゲートの有用性の実験的検証及び QZE による位相緩和の抑制」
 - 「単一光子検出を目指して」
 - 「ダイヤモンド中の NV センターの観察を目指して」
 - 「単一光子検出器の作製を目指して」

競争的外部資金

- 2013 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者:近藤康
オープンループ制御による高忠実度量子ゲートの設計と実装 (課題番号 25400422,
総配分額 4,550,000 円 (2013-2015 年度) 1,820,000 円 (2013 年度))

国内学会・研究会講演

1. 27aAY-1 複合量子ゲートの有用性の実験的検証
松島 恵、坂東 将光、近藤 康
日本物理学会講演概要集 69(1-3), 472, 2014-03-05.

学外啓蒙活動

- 東大阪市・金岡中学校 出張実験
“低温実験：-200 °C における物質の奇妙な振る舞い”
平成 26 年 2 月 12 日

運営

学内委員

- 学生委員
- 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

固体電子物理研究室

増井 孝彦 准教授

研究概要

- 銅酸化物超伝導体の作製環境の整備

銅酸化物高温超伝導体の研究を開始するにあたって、試料を作製するための薬品管理、電気炉や焼成時のガス雰囲気制御系の整備をすすめた。

学術論文（査読付）

1. "Persistence of superconducting condensate far above the critical temperature in $\text{YBa}_2(\text{Cu,Zn})_3\text{O}_y$ revealed by *c*-axis optical conductivity measurements for several Zn-concentrations and carrier-doping levels"
E. Uykur, K. Tanaka, T. Masui, S. Miyasaka, S. Tajima
Physical Review Letters, **112**, 127003 (2014),
DOI:10.1103/PhysRevLett.112.127003
2. "Absence of the 1/8-anomaly in oxygen isotope effect on $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ "
K. Kamiya, T. Masui, S. Tajima, H. Bando, Y. Aiura
Physical Review B, **89**, 060505(R) (2013),
DOI:10.1103/PhysRevB.89.060505

国際学会・研究会講演

国内学会・研究会講演

競争的外部資金

教育業績

学外啓蒙活動

- 近畿大学附属中学校 理科体験実験 「低温の不思議」
近畿大学東大阪本部キャンパス 33号館 物理実験室
平成25年8月28日
- 近畿大学オープンキャンパス ミニ講義 「超伝導体に触れてみよう」
近畿大学東大阪本部キャンパス 38号館
平成25年8月25日
- 兵庫県立鳴尾高校2年生対象 模擬授業 「超伝導について」
近畿大学東大阪本部キャンパス Blossom cafe
平成25年7月9日

運営

学内委員

- 人権教育委員（後期）

生物物理学研究室

矢野 陽子 准教授
山口 智将 (B4)、吉永 卓弥 (B4)
片山 泰明 (B4)、山田 貴士 (B4)
田中 理恵 (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. "Real-time investigation of protein unfolding at an air-water interface at the 1 s time scale"
Yohko F. Yano, Etsuo Arakawa, Wolfgang Voegeli, Tadashi Matsushita,
Journal of synchrotron radiation 20 (6), 980-983 (2013) (11月号)
2. "Effect of salt ions on protein layers at the air-water interface under a crystallization condition"
Yohko F. Yano and Tomoya Uruga,
Chemical Physics 419, 153-155 (2013) (6月号)

著書

1. 「放射光が拓く化学の現在と未来: 物質科学にイノベーションをもたらす光」
日本化学会編、矢野陽子（分筆担当）、化学同人（2014/2）

卒業論文

- 「2次元の回折格子を用いた光の回折現象の観測」片山 泰明
- 「X線反射率測定によるDVDの記録メカニズムの検証」山田 貴士
- 「赤外吸収分光法によるたんぱく質の二次構造の解析」山口 智将
- 「タンパク質の電荷と表面張力の関係」吉永 卓弥
- 「タンパク質水溶液の表面張力と結晶化の関係についての研究」田中 理恵

国際学会・研究会講演

1. Y. F. Yano, Etsuo Arakawa, Wolfgang Voegeli, and Tadashi Matsushita:
"X-ray reflectivity from liquid surfaces using a simultaneous multiple angle-wavelength dispersive x-ray reflectometer"
2013 JSAP-MRS Joint Symposia, Kyoto, Japan [16-20 September, 2013]
2. Y. F. Yano, K. Nitta, and T. Uruga:
"Protein Salting out Observed at an Air-water Interface"
33rd International Conference on Solution Chemistry, Kyoto, Japan [7-12 July, 2013]
3. Y. F. Yano, Etsuo Arakawa, Wolfgang Voegeli, and Tadashi Matsushita:
"Protein unfolding at an air-water interface investigated by a simultaneous multiple angle-wavelength dispersive x-ray reflectometer"
4th International Symposium on Diffraction Structural Biology, Nagoya, Japan [26-29 May 2013]

国内学会・研究会講演

1. 矢野陽子: "X線反射率法によるタンパク質の界面アンフォールディング現象の研究(招待講演)"
理工学部講演会、関西学院大学 [15 Nov. 2013]
2. 矢野陽子, 新田 清文, 宇留賀朋哉:
"液体表面で見られるタンパク質の塩析現象(4)(口頭発表)"
溶液化学シンポジウム、北海道大学 [9 Oct. 2013]

競争的外部資金

- 2013 年度科研費 基盤研究 (C) 研究代表者: 矢野陽子
「界面に吸着したタンパク質のリアルタイム構造可視化システムの開発」(課題番号 24540444, 配分額 1,300,000 円)
- 2013 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】
研究代表者: 松下正
「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 500,000 円)

教育業績

学外啓蒙活動

- 矢野陽子: 「あきらめなくてもダイジョウブ！」
関西学院大学理工学部 男女共同参画推進委員会 ロールモデル懇談会 [15 Nov. 2013]

運営

学内委員

- 安全管理衛生委員
- ハラスメント防止相談員
- 物理学コース 2 年担任
- 33 号館物理学実験室世話人

学外委員など

- SPring-8 ユーザー協同体「ソフト界面科学研究会」副代表
- 第 7 回分子科学討論会優秀ポスター賞選考委員

一般相対論・宇宙論研究室

石橋 明浩 准教授

西垣戸 博企 (B4), 坂本 淳哉 (B4)

宮原 光司 (B4), 大野 輝 (B4)

樽松 隼也 (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、この様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。

近年、AdS/CFT 対応と呼ばれる漸近的 AdS 時空の重力理論とその時空境界上のゲージ場の量子論の対応を、物性理論との対応へと応用する研究—AdS/CMP 対応—が進展しています。特にこの対応をより現実的な物性系へ応用するためには格子構造を取り入れる必要がありますが、その様な場合は解析のむずかしさからこれまで主に数値的手法による研究が行われていました。本年度は、ローレンツブーストを加えた荷電 AdS ブラックホールに摂動論を用いて格子効果を取り入れた AdS/CMP 対応を解析的に調べられるモデルを構築し、対応する境界理論でのやエントロピー生成などについて調べました。

学術論文 (査読付)

1. “Thermalization of boosted charged AdS black holes by an ionic Lattice”
Akihiro Ishibashi, and Kengo Maeda
Physical Review D **88** (2013)6, 066009 (Published 25 Sep. 2013)

学術論文 (査読なし)

1. “Black hole predictability, Classical and Quantum”
Akihiro Ishibashi

Kinki University Series on Quantum Computing -vol.9, Physics, Mathematics,
and All that Quantum Jazz

Shu Tanaka, Masamitsu Bando, Utkan Gungordu, 187–191 (Oct. 2013)

著書

学位論文

- 学士論文:
 - 「ペンローズによる様々な宇宙の大域構造」宮原 光司 (B4)、
 - 「時空の大域構造：～ワームホールと時空の“くびれ”～」坂本 淳哉 (B4)、
 - 「重力崩壊によるシュヴァルツシルト・ブラックホール形成のダイナミクス」樽松 隼也 (B4)、
 - 「インフレーション宇宙の機構：— New inflation から Hybrid inflation —」大野 輝 (B4)、
 - 「インフレーションと構造の起源」西垣戸 博企 (B4)

国際学会・研究会講演

1. Akihiro Ishibashi:
“Symmetry and Momentum of Bianchi black branes”
国際研究会「New Frontiers in Dynamical Gravity」ケンブリッジ大学、英国
[2014年3月24日]（招待講演）
2. Akihiro Ishibashi:
“Black hole predictability, Classical and Quantum”
国際研究会「Physics, Mathematics, and All that Quantum Jazz」近畿大学、
[2013年8月8日]（招待講演）
3. Akihiro Ishibashi:
“General Relativity in AdS”
国際研究会「KIAS-YITP-Joint workshop 2013」京都大学、[2013年7月3日]
（招待講演）
4. Akihiro Ishibashi:
“AdS Singularities”
国際研究会「2nd Mediterranean Conference on Classical and Quantum Grav-
ity」ロシニ、クロアチア共和国 [2013年6月9日]（招待講演）

国内学会・研究会講演

1. 石橋 明浩:
“高次元ブラックホール”
理化学研究所セミナー、東京都目黒区 [2014年1月8日] (招待講演)
2. 石橋 明浩:
“Black holes in AdS”
東京大学駒場セミナー、東京都目黒区 [2013年11月20日] (招待講演)
3. 石橋 明浩:
“AdS black holes and DC conductivity”
立教大学理学部セミナー、東京都豊島区 [2013年11月12日] (招待講演)

競争的外部資金

- 2013年度科研費 基盤研究(C) 研究代表者: 石橋明浩
超弦理論における高次元ブラックホールの時空構造 (課題番号 22540299, 配分額 780,000 円)

その他

論文 “Black hole uniqueness theorems in higher dimensional spacetimes” がイギリスの学術誌 “Classical and Quantum Gravity” 「古典および量子重力」誌のブラックホール分野ハイライト論文 (2012-13年) に選出されました。

教育業績

学外啓蒙活動

- 出張授業: 集中講義「ブラックホールと特異点」大阪市立大学大学院理学研究科・理学部、大阪市、平成26年2月13日、14日
- 出張授業: 集中講義「重力とブラックホール」京都大学大学院理学研究科、京都市、平成25年9月24日、26日、27日

その他

教員採用試験春季集中講座担当 H26年3月

運営

学内委員

- 就職対策委員 (後期)
- 大学院予算委員 (前期)
- 人権教育委員 (前期)
- 基礎物理学世話人 (前期・後期)

学外委員など

- 学位外部審査員 英国カーディフ大学大学院数学教室 2013年5月13日
- 学術誌「General Relativity and Gravitation」(Springer) 編集委員

宇宙論研究室

井上 開輝 准教授

高橋 誠 (B4)、中川 知哉 (B4)、仲本 貴登 (B4)
樽谷 寛士 (B4)、藤原 広宣 (B4)、松永 高明 (B4)

研究概要

- 四重像重力レンズにおけるフラックス比アノマリーの起源
遠方の QSO が手前のレンズ銀河ハローによって四重像に分裂してみえる四重像 QSO レンズの間接赤外観測の結果から、少なくとも 2 つの四重像 QSO レンズ系においてフラックス比アノマリーが存在し、これらのシステムにおいて、銀河スケールより著しく小さい質量をもつダークハローの存在が示唆されている (Chiba2002, Chiba et al.2005)。我々は N 体シミュレーションの結果を用いて 6 個の四重像 QSO レンズ系を解析した結果、ダークハローがレンズ銀河ハロー以外の領域にあるミニハローである可能性が高いことを発見した (Inoue and Takahashi 2012)。また、視線方向のハローだけでなくボイドなどの局所的に密度が小さい構造もフラックス比に影響を与えている可能性が高いことも判明した。現在、超高解像度シミュレーションと ALMA による高解像度サブミリ波観測を用いて、フラックス比アノマリーの正体に迫るプロジェクトが進行中である。(科研基盤研究 (B)「重力レンズ現象で探る始原ミニハローの起源」)
- 重力レンズを用いた中間質量ブラックホールの探査
近年、銀河中心付近に多数の太陽質量の 1000 倍から 100 万倍程度の質量をもつ中間質量ブラックホール (IMBH) が存在する可能性が指摘されている。しかし、IMBH は常に明るく輝くわけではないため、従来直接観測は困難とされてきた。そこで我々は、四重像重力レンズ系において、光源が広がっていれば、レンズ銀河付近の IMBH による強い重力のため、文字通り「黒い穴」が出来ることを指摘した。(Inoue et al. 2013) 数値シミュレーションによる結果、解像度が充分よければ、近い将来 IMBH の作り出す「黒い穴」を電波干渉計や大型光赤外望遠鏡によって観測できるだろう。

学術論文（査読付）

1. "Direct gravitational imaging of intermediate mass black holes in extragalactic haloes"
Kaiki Taro Inoue, Valery, Rashkov, Joseph Silk, and Piero Madau
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **435**, 2092-2098 (2013),
(11月号)
arXiv:1301.5067 [astro-ph.CO]
DOI:10.1093/mnras/stt1425

卒業論文

- 「宇宙膨張の高階微分 ~jerk、snap、crackle~」中川 知哉
- 「温かいダークマターによる宇宙の構造形成」松永 高明
- 「ホライズンを超えた揺らぎから探る宇宙のトポロジー」仲本 貴登
- 「宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎを用いた宇宙のトポロジーの制限」樽谷 寛士
- 「クエーサー B0128+437 の重力レンズモデル」藤原 広宜
- 「4重像クエーサー RXJ1131-1231 のモデリング」高橋 誠

国際学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue: "Probing dark matter with mini-gravitational lensing"
Special Seminar, Academia Scinica, Taipei, Taiwan [15 July 2013]

国内学会・研究会講演

1. Kaiki Taro Inoue(presenter):
"Probing the origin of flux-ratio anomalies in quadruple lenses with ALMA"
日本天文学会、国際基督教大学、三鷹市 [22 Mar. 2014]
2. Kaiki Taro Inoue(presenter):
"系外銀河ハロー内にある中間質量ブラックホールの重力的直接撮像"
日本天文学会、東北大学、仙台市 [11 Sep. 2013]

3. Kaiki Taro Inoue(presenter): ”ミニ重力レンズで探るダークマターの起源”
「東大天文センター談話会」 東大天文教育センター、三鷹市 [27 June 2013]

競争的外部資金

- 2013 年度科研費 基盤研究 (B) 研究代表者:井上開輝
重力レンズ現象で探る始原ミニハローの起源 (課題番号 25287062、総配分額
16,640,000 円 (2013-2015 年度) 6,240,000 円 (2013 年度))

教育業績

学外啓蒙活動

- ひらめき ときめきサイエンス (KAKENHI) 中学生向け講義
近畿大学東大阪本部キャンパス 33 号館 物理実験室
平成 25 年 8 月 25 日
- 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」
近畿大学東大阪本部キャンパス 38 号館
平成 25 年 8 月 24 日
- SSH(スーパーサイエンスハイスクール) 高大連携出張講義 「宇宙論の常識・
非常識」
大阪府立泉北高校
平成 25 年 6 月 15 日
- 「第 6 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 25 年 6 月 9 日

運営

学内委員

- 図書・広報委員 (前、後期)
- 理工学部研究報告第 49 号編集委員会委員長 (前、後期)
- 大学院教務委員 (前期)

- オープンキャンパス世話人(前、後期)
- 物理学コース WEB サイト管理(前、後期)