

平成26年度(2014年度)

年 次 報 告 書

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻
Department of Physics, Graduate School of Science
Osaka University

はじめに

この年次報告書は、大阪大学大学院理学研究科・物理学専攻の2014年度(2014年4月～2015年3月)の教育・研究・社会貢献などの活動とその成果をまとめたものです。その目的は、学内外への情報発信と私たち自身の自己評価に資することです。

物理学専攻の基幹講座には、大きく分けて、素粒子・原子核理論、素粒子・原子核実験、物性理論、物性実験、それに学際物理学の合計5つの研究グループ(大講座)があります。これらの基幹講座の各研究グループは、豊中キャンパスに活動の拠点を置き、教員と博士研究員、大学院生などにより研究・教育を推進しています。

研究面については、物理学専攻の基幹講座のメンバーは、物理学専攻の協力講座や専攻外の学内の研究室、さらに日本国内の大学や研究機関と協力しています。さらに、米国、欧州、アジアなどの海外の大学や研究機関とも広く共同研究を行い、世界をリードする多くの優れた研究成果をあげています。

教育においては、数多くの優秀な学生や若手研究者を育成し、社会に送り出しています。リーディング大学院「物質科学カデットプログラム」や理学研究科の高度博士人材養成プログラムに参画し、これまでの博士教育とは異なる大学院教育を模索しております。さらに、海外から大学院留学生を受け入れて英語による講義を行う International Physics Course (IPC) を設置し、国際化を推進しています。

また、高校での出前講義や、最先端の物理を高校生に伝える Saturday Afternoon Physics の開催などの多くの社会貢献も進めております。

現在、政府主導の大学改革が予想外のスピードで進められており、私共物理学専攻も無関係ではられません。この年次報告書のデータを、専攻の進むべき道を探るための一助とし、物理学分野の発展さらに社会の発展に寄与するよう努めてまいりたいと思っております。

2015年度物理学専攻長 田島 節子

この年次報告の中で人名の肩に付けた記号の説明

s = スタッフ・メンバー

p = 科研費・運営費などによる特任研究員

t = その他の経費による特任研究員

PD = 日本学術振興会特別研究員 (PD)

DC = 日本学術振興会特別研究員 (DC)

d = 博士後期課程学生

m = 博士前期課程（修士課程）学生

b = 学部学生

*=国際会議講演，学会講演等において実際に登壇した人

目次

| | | |
|--------------|---------------------------|------------|
| 第 1 章 | 各研究グループの研究活動報告 | 1 |
| 1.1 | 岸本グループ | 1 |
| 1.2 | 久野グループ | 10 |
| 1.3 | 下田グループ | 18 |
| 1.4 | 核物質学研究グループ | 27 |
| 1.5 | 山中（卓）グループ | 40 |
| 1.6 | 小林グループ | 48 |
| 1.7 | 田島グループ | 60 |
| 1.8 | 豊田グループ | 69 |
| 1.9 | 野末グループ | 73 |
| 1.10 | 花咲グループ | 79 |
| 1.11 | 素粒子理論グループ | 85 |
| 1.12 | 原子核理論グループ | 108 |
| 1.13 | 黒木グループ | 118 |
| 1.14 | 小川グループ | 125 |
| 1.15 | 阿久津グループ | 130 |
| 第 2 章 | 受賞と知的財産 | 131 |
| 第 3 章 | 学位論文 | 135 |
| 3.1 | 修士論文 | 135 |
| 3.2 | 博士論文 | 139 |
| 第 4 章 | 教育活動 | 143 |
| 4.1 | 大学院授業担当一覧 | 143 |
| 4.2 | 学部授業担当一覧 | 157 |
| 4.3 | 共通教育授業担当一覧 | 160 |
| 4.4 | 物理学セミナー | 164 |
| 第 5 章 | 物理談話会，南部コロキウム，講演会等 | 165 |
| 5.1 | 物理談話会 | 165 |
| 5.2 | 南部コロキウム | 166 |
| 5.3 | 講演会等 | 168 |

| | | |
|---------------|--|------------|
| 第 6 章 | 学生の進路状況など | 169 |
| 6.1 | 学部卒業生の進路 | 169 |
| 6.2 | 博士前期課程修了者の進路 | 170 |
| 6.3 | International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路 | 171 |
| 6.4 | 博士後期課程修了者の進路 | 172 |
| 6.5 | International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路 | 173 |
| 6.6 | 学生のインターンシップ参加 | 174 |
| 第 7 章 | リーディング大学院「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」 | 175 |
| 7.1 | プログラムの目的 | 175 |
| 7.2 | プログラムの概要・特徴 | 175 |
| 7.3 | 平成 26 年度の活動 | 176 |
| 第 8 章 | 理数オナープログラム | 179 |
| 8.1 | 平成 26 年度活動概観 | 179 |
| 8.2 | オナーセミナー | 180 |
| 8.3 | 自主研究と発表会 | 181 |
| 8.4 | 大学院科目等履修生, リーディング大学院生との関係 | 182 |
| 8.5 | オナープログラム参加者の活動記録 | 183 |
| 第 9 章 | 国際化推進事業 | 185 |
| 9.1 | International Physics Course (IPC) | 185 |
| 9.2 | Chemistry-Biology Combined Major Program (CBCMP) | 187 |
| 第 10 章 | 大学院等高度副プログラム | 189 |
| 10.1 | プログラムの目的 | 189 |
| 10.2 | 基礎理学計測学 | 189 |
| 10.3 | 放射線科学 | 190 |
| 第 11 章 | 国際交流活動 | 193 |
| 11.1 | 目的 | 193 |
| 11.2 | 活動の内容 | 193 |
| 11.3 | 海外研究機関訪問、海外からの来訪者など | 193 |
| 11.4 | 部局間学術交流協定 | 195 |
| 11.5 | 海外研究機関での集中講義および阪大における海外拠点との国際会議・シンポジウム | 195 |
| 11.6 | その他 | 196 |
| 第 12 章 | 湯川記念室 | 197 |
| 12.1 | 平成 26 年度活動概観 | 197 |
| 12.2 | 第 30 回湯川記念講演会 | 197 |
| 12.3 | 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2014 | 197 |

| | |
|--|------------|
| 12.4 湯川秀樹の黒板 披露式典 | 200 |
| 12.5 その他 | 200 |
| 第 13 章 社会活動 | 201 |
| 13.1 物理学科出張講義の記録 | 201 |
| 13.2 連携講座 | 201 |
| 13.3 高校生のための物理学科一日体験入学 | 203 |
| 13.4 「いちょう祭」「まちかね祭」などにおける施設の一般公開 | 204 |
| 13.5 理科教育セミナー | 205 |
| 第 14 章 大阪大学オープンキャンパス (理学部) | 207 |
| 第 15 章 平成 26 年度の年間活動カレンダー | 209 |
| 第 16 章 物理学専攻における役割分担 | 211 |
| 第 17 章 グループ構成 (平成 26 年度) | 215 |

第1章 各研究グループの研究活動報告

1.1 岸本グループ

平成26年度の研究活動概要

^{48}Ca の2重ベータ崩壊の研究 –宇宙の物質起源の解明–

我々の宇宙は、「物質」だけで構成されており「反物質」が存在する証拠はない。この「宇宙における物質と反物質の非対称性問題」の有力な解として、レプトジェネシスシナリオが期待されている。このシナリオが成立するためには、レプトン数を破る「ニュートリノを放出しない2重ベータ崩壊 ($0\nu\text{DBD}$)」の実験的観測が不可欠である。この $0\nu\text{DBD}$ は、非常に稀な (半減期 $> 10^{26-27}$ 年) 事象であるため、実験的観測では、如何にバックグラウンドを減らした高感度の検出器を作れるかが鍵となる。

我々は、この $0\nu\text{DBD}$ 研究を目的として、 ^{48}Ca を標的原子核とした CANDLES 計画を推進している。 ^{48}Ca は全ての DBD 原子核のなかで最も Q 値が高いので、本質的に放射性バックグラウンドに強い。さらに CANDLES 検出器では、この ^{48}Ca を含む CaF_2 シンチレータを液体シンチレータ中に設置する。測定では、それぞれのシンチレータの信号特性の違いを利用して、 ^{48}Ca の $0\nu\text{DBD}$ 信号とバックグラウンド事象の弁別を行う。このことにより、バックグラウンドの少ない高感度測定を実現する。

今年度は、地磁気補償コイルを導入したほか、冷却システムの性能評価を進めた。この地磁気補償コイルは、地磁気が光電子増倍管の光電子収集効率を下げないようにする効果があ

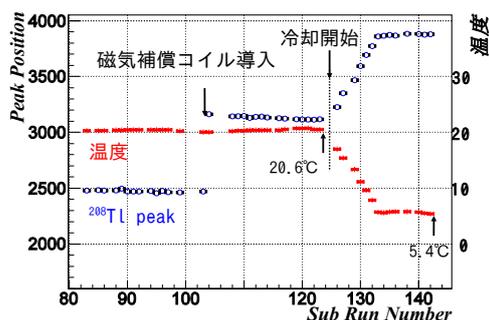


図 1.1: 地磁気補償コイル導入、冷却システム導入による、 ^{208}Tl γ 線のピーク位置の変動。地磁気補償コイル導入時から、また、冷却システム運転開始時から、 ^{208}Tl γ 線のピーク位置が高くなっているのが確認できる。



図 1.2: CANDLES III システムに導入している γ 線遮蔽システム。中性子捕獲からの γ 線遮蔽を遮蔽するために設置する。鉛の厚みは 10~12cm。

る。また、冷却システムは、CaF₂ シンチレータを冷却することにより発光量を増加させる効果がある。両者の効果を図 1.1 に示す。地磁気補償コイルおよび冷却システムによって、光電子数が 1.5 倍に増加したことを確認した。さらに、現在、バックグラウンド低減のために、 γ 線遮蔽システムの導入を進めている (図 1.2 参照)。遮蔽システム他、性能改善のための開発を加えた後、来年度半ばに高感度の 2 重ベータ崩壊測定を再開する予定である。

ストレンジネス核物理

ストレンジネス (s クォーク) の自由度を持つ系について主に研究を行っている。原子核を構成する核子はアップ (u) とダウン (d) クォークで構成されている。それとは異なる s クォークを原子核中に導入することにより、原子核の性質の変化、および、新たに現れる相互作用と現象に関する研究が可能になる。これに関して以下のような研究を進めている。

中性子星中の状態方程式に関連する \bar{K} 中間子原子核の研究を進めている。大質量の恒星が超新星爆発の後に、ブラックホールに成らず中性子星として残る質量限界は、中性子星中の高密度核物質の状態方程式で決まり、 \bar{K} 中間子凝縮をはじめとする中性子星中のストレンジネスの存在と関係がある。 \bar{K} 中間子凝縮が起こるには、 \bar{K} 中間子と核の間に強い引力が働くことが条件である。これまでに実施した (K^-, p) および (K^-, n) 反応の研究で (KEK-PS E548 実験)、 \bar{K} 中間子とホウ素から酸素程度の質量の原子核の間に、ポテンシャルの深さで約 200MeV の強い引力が働くという結果が得られている。この手法をより軽い原子核に適用した研究 (J-PARC E15 実験) を進めている。

ストレンジネスを持つハイペロン Λ を原子核に埋め込んだ Λ ハイパー核の研究を、J-PARC 原子核素粒子実験施設で行っている。高強度の π^- ビームを利用した 2 重荷電交換 (π^-, K^+) 反応による中性子過剰 Λ ハイパー核生成 (J-PARC E10) のデータおよび理論解析を進めている。 Λ ハイペロンは中性子過剰原子核をより安定にする効果が期待され、 $\Lambda N - \Sigma N$ 混合と呼ばれる現象に起因する、 Λ ハイパー核に特徴的な相互作用が現れることが期待されている。上の 2 重荷電交換反応によるハイパー核生成手法と相補的なものとして、高エネルギー重イオン反応を用いる方法があり、他の手法では困難な多種のハイパー核生成が可能と考えられる。核子あたり 2GeV の ${}^6\text{Li}$ および ${}^{20}\text{Ne}$ の重イオンビームを用いて、この手法の実証研究をドイツ GSI 研究所のグループと協力し進めている。

ストレンジネスを持つもう一つのハイペロンに Σ ハイペロンがある。この Σ ハイペロンを原子核に埋め込んだものは、 Σ ハイパー核と呼ばれるが、これまでに発見された Σ ハイパー核は 1 種 (${}^4_2\text{He}$) のみで、その基底状態の存在だけが実験的に分かっている。 Σ ハイペロンと核の相互作用のより詳しい情報を得るため、(K^-, π^-) 反応を用いて Σ ハイパー核の励起状態を探索する実験 (J-PARC E13 実験) の準備を進めている。

学術雑誌に出版された論文

Calcium isotope enrichment by means of multi-channel counter-current electrophoresis for the study of particle and nuclear physics

T. Kishimoto^s, K. Matsuoka, T. Fukumoto and S. Umehara^p

Prog. Theor. Exp. Phys. **2015** (No. 3, Mar.) (2015) 033D03 1-10

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptv020>).

Observation of the “ K^-pp ”-like structure in the $d(\pi^+, K^+)$ reaction at 1.69 GeV/ c

Yudai Ichikawa, Shuhei Hayakawa^d, Ryotaro Honda^p, Ryosuke Ota^m, Atsushi Sakaguchi^s, Toshiyuki Tanaka^{m et al.}, J-PARC E27 Collaboration
Prog. Theor. Exp. Phys. **2015** (No. 2, Feb.) (2015) 021D01 1-8
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptv002>).

A compact ultra-clean system for deploying radioactive sources inside the KamLAND detector

T.I. Banks, S.J. Freedman, J. Wallig, N. Ybarrolaza, A. Gando, Y. Gando, H. Ikeda, K. Inoue, Y. Kishimoto, M. Koga, T. Mitsui, K. Nakamura, I. Shimizu, J. Shirai, A. Suzuki, Y. Takemoto, K. Tamae, K. Ueshima, H. Watanabe, B.D. Xu, H. Yoshida, S. Yoshida^s, A. Kozlov, C. Grant, G. Keefer, A. Piepke, T. Bloxham, B.K. Fujikawa, K. Han, K. Ichimura, H. Murayama, T. O'Donnell, H.M. Steiner, L.A. Winslow, D.A. Dwyer, R.D. McKeown, C. Zhang, B.E. Berger, C.E. Lane, J. Maricic, T. Miletic, M. Batygov, J.G. Learned, S. Matsuno, M. Sakai, G.A. Horton-Smith, K.E. Downum, G. Gratta, Y. Efremenko, O. Perevozchikov, H.J. Karwowski, D.M. Markoff, W. Tornow, K.M. Heeger, J.A. Detwiler, S. Enomoto and M.P. Decowski
Nucl. Instrum. Meth. A **769** (Jan.) (2015) 88-96
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2014.09.068>).

Search for Dinucleon Decay into Kaons in Super-Kamiokande

M. Litos, T. Iida^{p et al.}, The Super-Kamiokande Collaboration
Phys. Rev. Lett. **112** (No. 13, Apr.) (2014) 131803 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.112.131803>).

Search for Nucleon Decay via $n \rightarrow \bar{\nu}\pi^0$ and $p \rightarrow \bar{\nu}\pi^+$ in Super-Kamiokande

K. Abe, T. Iida^{p et al.}, The Super-Kamiokande Collaboration
Phys. Rev. Lett. **113** (No. 12, Sep.) (2014) 121802 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.113.121802>).

Background-independent measurement of θ^{13} in Double Chooz

Double Chooz Collaboration, Y. Abe, K. Nakajima^{p et al.}
Phys. Lett. B **735** (Jul.) (2014) 51-56
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2014.04.045>).

Laboratory studies on the removal of radon-born lead from KamLAND's organic liquid scintillator

G. Keefer, C. Grant, A. Piepke, T. Ebihara, H. Ikeda, Y. Kishimoto, Y. Kibe, Y. Koseki, M. Ogawa, J. Shirai, S. Takeuchi, C. Mauger, C. Zhang, G. Schweitzer, B.E. Berger, S. Dazeley, M.P. Decowski, J.A. Detwiler, Z. Djurcic, D.A. Dwyer, Y. Efremenko, S. Enomoto, S.J. Freedman, B.K. Fujikawa, K. Furuno, A. Gando, Y. Gando, G. Gratta, S. Hatakeyama, K.M. Heeger, L. Hsu, K. Ichimura, K. Inoue, T. Iwamoto, Y. Kamyshev, H.J. Karwowski, M. Koga, A. Kozlov, C.E. Lane, J.G. Learned, J. Maricic, D.M. Markoff, S. Matsuno, D. McKee, R.D. McKeown, T. Miletic, T. Mitsui, M. Motoki, Kyo Nakajima, Kyohei Nakajima^p, K. Nakamura, T. O'Donnell, H. Ogawa, F. Piquemal, J.-S. Ricol, I. Shimizu, F. Suekane, A. Suzuki, R. Svoboda, O. Tajima, Y. Takemoto, K. Tamae, K. Tolich, W. Tornow, Hideki Watanabe, Hiroko Watanabe, L.A. Winslow and S. Yoshida^s
Nucl. Instrum. Meth. A **769** (Jan.) (2015) 79-87
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2014.09.050>).

Inclusive spectrum of the $d(\pi^+, K^+)$ reaction at 1.69 GeV/c

Yudai Ichikawa, Shuhei Hayakawa^d, Ryotaro Honda^p, Ryosuke Ota^m, Atsushi Sakaguchi^s, Toshiyuki Tanaka^m *et al.*, J-PARC E27 Collaboration
Prog. Theor. Exp. Phys. **2014** (No. 10, Oct.) (2014) 101D03 1-8
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptu128>).

Development of a silicon micro-strip detector for tracking high intensity secondary beams

R. Kiuchi, H. Asano, S. Hasegawa, R. Honda^p, Y. Ichikawa, K. Imai, C.W. Joo, K. Nakazawa, H. Sako, S. Sato, K. Shirotori, H. Sugimura, K. Tanida and T. Watabe
Nucl. Instrum. Meth. A **763** (Nov.) (2014) 399-403
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2014.06.060>).

Development of a GEM-TPC for H-dibaryon search experiment at J-PARC

H. Sako, J.K. Ahn, K.H. Baek, B. Bassalleck, H. Fujioka, L. Guo, S. Hasegawa, K. Hicks, R. Honda^p, S.H. Hwang, Y. Ichikawa, M. Ieiri, K. Imai, S.H. Kim, R. Kiuchi, H.S. Lee, K. Nakazawa, M. Naruki, A. Ni, M. Niiyama, K. Ozawa, J.Y. Park, S.Y. Ryu, S. Sato, K. Shirotori, H. Sugimura, M. Sumihara, K. Tanida, H. Takahashi and T. Takahashi
J. Inst. **9** (Apr.) (2014) C04009 1-10
(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1748-0221/9/04/C04009>).

Search for the K^-pp bound state via the in-flight ${}^3\text{He}(K^-, n)$ reaction

J-PARC E15 Collaboration, Y. Sada, A. Sakaguchi^s *et al.*
Euro. Phys. J. Web Conf. **81** (Nov.) (2014) 02016 1-4
(<http://dx.doi.org/doi:10.1051/epjconf/20148102016>).

Search for the K^-pp bound state via the ${}^3\text{He}(K^-, n)$ reaction at 1 GeV/c

J-PARC E15 Collaboration, T. Hashimoto, A. Sakaguchi^s *et al.*
J. Phys. Conf. Ser. **569** (Dec.) (2014) 012080 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1742-6596/569/1/012080>).

High-resolution search for the Θ^+ pentaquark via a pion-induced reaction at J-PARC

M. Moritsu, N. Ishibashi^m, T. Tanaka^m, K. Yoshida^d *et al.*, J-PARC E13 Collaboration
Phys. Rev. C **90** (No. 3, Sep.) (2014) 035205 1-11
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.90.035205>).

国際会議における講演等

Background measurement for neutrino less double beta decay with CANDLES (poster)

Kyohei Nakajima^{p*}

XXVI International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (NEUTRINO2014)
(at Boston, USA, June 2-7, 2014, 参加者約 350 名), USA

Status of the CANDLES project (poster)

Takashi Iida^{p*}

XXVI International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics (NEUTRINO2014)
(at Boston, USA, June 2-7, 2014, 参加者約 350 名), USA

The CANDLES experiment for the study of ^{48}Ca double beta decay (poster)

Takashi Iida^{p*}

37th International Conference on High Energy Physics (ICHEP2014) (at Valencia, Spain,
July 2-9, 2014, 参加者約 1000 名), Spain

CANDLES – Search for Neutrino-less Double Beta Decay of ^{48}Ca –

Saori Umehara^{p*}

20th Particles and Nuclei International Conference (PANIC2014) (a Hamburg, Germany,
August 25-29, 2014, 参加者約 400 名), Germany

Calcium isotope enrichment by means of multi-channel counter current electrophoresis (MCCCE) for the study of ^{48}Ca double beta decay

T. Kishimoto^{s*}

International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” (DBD14) (at
Hilton Waikoloa Village, Hawaii, USA, October 5-7, 2014, 参加者約 60 名), USA

CANDLES project for the study of neutrino-less double beta decay of ^{48}Ca S. Yoshida^{s*}

International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” (DBD14) (at Hilton Waikoloa Village, Hawaii, USA, October 5-7, 2014, 参加者約 60 名), USA

Alpha Event Analysis of ^{214}Po and ^{215}Po of CANDLES (poster)Wei Min Chan^{d*}

International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” (DBD14) (at Hilton Waikoloa Village, Hawaii, USA, October 5-7, 2014, 参加者約 60 名), USA

Measurement of high energy background and prospects of background shielding in CANDLES (poster)Kyohei Nakajima^{p*}

International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” (DBD14) (at Hilton Waikoloa Village, Hawaii, USA, October 5-7, 2014, 参加者約 60 名), USA

Background study using pulse shape analysis in CANDLES (poster)Ohata Takaki^{m*}

International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” (DBD14) (at Hilton Waikoloa Village, Hawaii, USA, October 5-7, 2014, 参加者約 60 名), USA

The Energy Resolution of the CaF_2 Detector (poster)Konosuke Tetsuno^{m*}

International Workshop on “Double Beta Decay and Underground Science” (DBD14) (at Hilton Waikoloa Village, Hawaii, USA, October 5-7, 2014, 参加者約 60 名), USA

Low background techniques in CANDLESK. Nakajima^{p*} for the CANDLES collaboration

Low Radioactive Techniques 2015 (at Seattle, USA, March 18-20, 2015, 参加者約 120 名), USA

日本物理学会, 応用物理学会等における講演**CANDLES における二重 β 崩壊の計測**吉田 斉^{s*}

2014 年放射線夏の学校 (於 国民宿舎「桂浜荘」、高知県高知市、2014 年 8 月 5 日 - 8 月 7 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (94) CANDLES 実験の現状吉田 斉^{s*}, 岸本 忠史^s, 鈴木 耕拓, 角 畑 秀一^d, Wang Wei^d, Van Trang^d, Chan Wei Min^d, 鉄

野高之介^m, 太畑貴綺^m, 上原拓真^m, 李曉龍^m, Temuge Batpurev^m, 能町正治, 味村周平, 梅原さおり^p, 飯田崇史^p, 中島恭平^p, 松岡健次, 田中大樹, 前田剛, 小川泉, 玉川洋一, 坂本康介, 吉澤真敦, 犬飼祐司, 野代翔平, 増田旭, 森下剣, 鷲野将臣, 伏見賢一, 裕隆太, 中谷伸雄, 大隅秀晃

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (95) バックグラウンド除去の現状

太畑貴綺^{m*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

J-PARC E13 実験におけるシグマハイパー核の励起状態の探索

中川真菜美^{d*}

「ストレンジネスを含む原子核の最近の展開」研究会 (於 熱川ハイツ、静岡、2014 年 9 月 25 日 - 9 月 27 日)

Double hypernuclear experiment with hybrid emulsion method

早川修平^{d*}

「ストレンジネスを含む原子核の最近の展開」研究会 (於 熱川ハイツ、静岡、2014 年 9 月 25 日 - 9 月 27 日)

DRS4 を用いたアナログバッファ ADC の状況と困難

本多良太郎^{p*}

Open-It 若手研究会 (於 宮崎県青島、2014 年 10 月 2 日 - 10 月 4 日)

Study of $^{180}\text{Ta}^m$ Lifetime by using HPGe Detector at Kamioka Underground Observatory

W.M. Chan^{d*}, T. Kishimoto^s, K. Suzuki, K. Matsuoka, S. Umehara^p, S. Yoshida^s, M. Nomachi, T. Iida^p, K. Nakajima^p, N. Nakatani, H. Kakubata^d, W. Wang^d, V.T.T. Trang^d, T. Ohata^m, K. Tetsuno^m, D. Tanaka and T. Maeda

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Performance evaluation of the Scattered particle Fiber Tracker for J-PARC E10 experiment

Yoshiyuki Nakada^{m*}, Atsushi Sakaguchi^s, Shuhei H. Hayakawa^d, Manami Nakagawa^d, Kenichiro Oue^m, Tomonari Hayakawa^m, Koji Miwa, Ryotaro Honda^p, Yuya Akazawa, Hitoshi Sugimura and Shoichi Hasegawa

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Neutron-rich Lambda HypernucleiAtsushi Sakaguchi^{s*}

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Development of a highly segmented scintillator hodoscope to construct intelligent trigger system for J-PARC E07Kenichiro Oue^{m*}, Hiroyuki Ekawa, Sanghoon Hwang, Kenji Hosomi, Shuhei Hayakawa^d and Atsushi Sakaguchi^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Background Studies of CANDLES for Double Beta Decays of ⁴⁸CaHidekazu Kakubata^{d*}

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

高ビーム強度用のファイバー検出器読み出し回路開発と将来計画本多良太郎^{p*}

計測システム研究会 (於 KEK 東海キャンパス、2014 年 11 月 20 日 - 11 月 21 日)

Development of new measurement technique of ⁴⁸Ca β decay background for the study of ⁴⁸Ca $0\nu\beta\beta$ decayS. Yoshida^{s*}

新学術領域研究「ニュートリノフロンティア」研究会 2014 (於 富士 Calm、山梨県富士吉田市、2014 年 12 月 21 日 - 12 月 23 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (96) 実験の現状報告飯田崇史^{p*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (97) CANDLES 検出器の性能評価上原拓真^{m*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (98) 検出器改造による波形弁別能の評価太畑貴綺^{m*} for the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (99) 測定状況

梅原さおり ^{p*}, 他 CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

CANDLES による二重ベータ崩壊の研究 (100) (n, γ) 事象低減のための遮蔽システムの導入

吉田斉 ^{s*}, 中島恭平 ^pfor the CANDLES Collaboration

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

DRS4 チップを用いたアナログバッファ搭載型汎用 ADC の開発

本多良太郎 ^{p*}, 五十嵐洋一, 高橋智則, 新山雅之, 富田夏希, 水谷圭吾, 中井恒, 谷田聖, 池野正弘, 内田智久

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

J-PARC K1.8 ビームラインにおける液体 ^4He 標的を用いた (K^-, π^-) 反応分光

中川真菜美 ^{d*} for the E13 collaboration

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

1.2 久野グループ

平成 26 年度の研究活動概要

久野グループでは、荷電レプトン・フレーバー非保存過程の研究を目的とした実験の開発、 $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ 崩壊分岐比の測定、大強度ミュオン源の開発などを行っている。

COMET $\mu^- + N \rightarrow e^- + N$ 転換過程は、荷電レプトン・フレーバーを破るため、標準理論では禁止されている。ところが、荷電レプトン・フレーバーを破る超対称性大統一理論や超対称性シーソー理論、余剰次元など標準理論を拡張する理論では、現在の上限値を少し改善出来れば発見できると言われている。現在実験で得られている分岐比の上限値は 7×10^{-13} (SINDRUM-II) である。COMET は、J-PARC MR からのパルス陽子ビームを用いて、Phase-I(2016 年実験開始予定) で 3×10^{-15} 、Phase-II(2020 年実験開始予定) で 3×10^{-17} の実験感度で探索する計画である。Phase-I では、ミュオン輸送ソレノイド 90 度の後にミュオン停止標的を配置し、周囲に配置した円柱型ドリフトチェンバーにより 105 MeV の転換電子を測定する。平成 26 年度は、ドリフトチェンバー試作機を新たに製作し、東北大学電子光理学研究センターに於いて、460 MeV/c の電子ビームを用いてセンスワイヤー径、チェンバーガスの選択を行った。また、実機用エンドプレートと外筒の製作が完了し、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 富士実験棟内のクリーンルームに設置した。

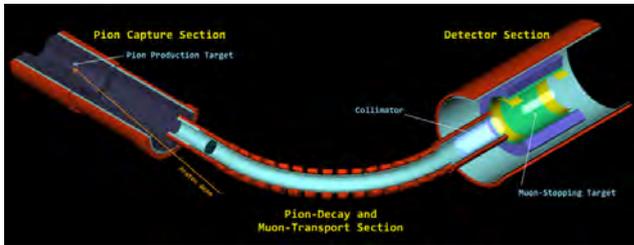


図 1.1: COMET PhaseI の概略図。パイオン捕獲ソレノイド、輸送ソレノイド、飛跡検出器から構成される。



図 1.2: 実機用 CDC の外筒

DeeMe J-PARC RCS からの高品質・大強度パルス陽子ビームの特徴を活かしたミュオン電子転換過程実験 (DeeMe) を計画している。2015 年秋と言われているビームラインの建設に合わせて実験を開始できるよう準備を進めている。DeeMe 実験ではビーム中心での瞬間計測率 $70\text{GHz}/\text{mm}^2$ 、時間幅 200ns のバーストパルスの通過後、 $1\mu\text{s}$ 遅れてやってくる電子を測定する。平成 26 年度にはワイヤーサポートなしで動作するよう改造した Micro-cell 型 MWPC プロトタイプ検出器とバーストパルスによる信号に耐える増幅回路を開発し、バーストパルス相当のビーム通過後の電子の検出を問題無く行えることを確認し、本番実験用検

出器4台の内2台と、読み出し回路の全数を製造した。またスペクトロメーターに用いる電磁石を TRIUMF から借り受け、J-PARC へ移送した。



図 1.3: MWPC プロトタイプ検出器



図 1.4: スペクトロメーター用電磁石

PIENU $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ 崩壊は、ヘリシティ抑制効果により強く抑制されている。ヘリシティ抑制が効かない新しいタイプの相互作用が存在すると、標準理論が予想する値から大きくずれる可能性がある。PIENU 実験では、 $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ 崩壊と $\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$ 崩壊の分岐比を 0.1% よりも高い精度で測定する事を目指した実験で、およそ 1000 TeV のエネルギースケールに関する情報を得ることができる。平成 26 年度は、一部のデータセットを用いてテール補正以外の解析がほぼ完了した。現在までの系統誤差を図 1.6 に示す。

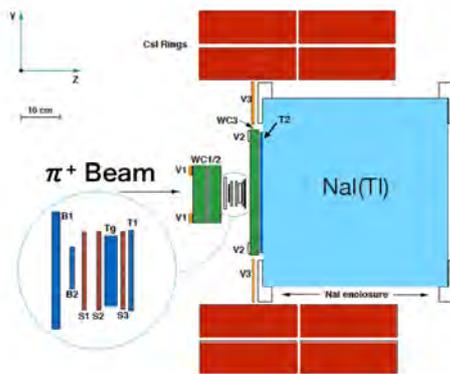


図 1.5: PIENU 実験のセットアップ

| 誤差 | 過去の実験 | PIENU (Preliminary) | PIENUの目標 |
|---------------|-------|---------------------|----------|
| 統計 | 0.28% | -0.2% | 0.05% |
| 時間 スペクトラム | 0.19% | 0.03% | 0.03% |
| テール補正 | 0.25% | -0.1% | 0.03% |
| アクセプタンス 補正 | 0.11% | 0.06% | 0.03% |
| その他 | 0.11% | 0.06% | 0.03% |
| 合計 | 0.47% | 0.27% | <0.1% |

図 1.6: PIENU 実験における誤差

MuSIC RCNP に建設していた MuSIC beam line が完成した。ビームラインは超電導ソレノイド 3 台と通常の 4 極電磁石 9 台そして 2 台の偏向電磁石から成る。ミュオン発生場所からビーム出口までの距離は約 22 m ある。最大陽子強度 $1\mu\text{A}$ に対し、ターゲット近辺

の放射線シールドが弱く屋外において中性子強度が基準を超えるという計算評価が出た。そのため RCNP のビーム停止中の夏期、鉄ブロックやコンクリートさらにパラフィンを用いたターゲット回りと陽子ビームダンプおよび天井方向のシールドを強化した。2度のビームタイムを取得し、陽子ビーム強度 $1\mu\text{A}$ に対し、結果は屋外において基準値の $1/10$ まで中性子強度を下げる事ができた。他方、本来利用するミューオンに関し、TOF(Time Of Flight) 方法を用い電子または陽電子とミューオンを識別し正負ミューオンの運動量毎の強度分布を得る事が出来た。正ミューオンの最大強度は運動量約 $60\text{MeV}/c$ において $10^5/\mu\text{A}\cdot\text{sec}$ 以上の強度を得た。負ミューオン強度は諸外国の同様のビームラインと比較し正ミューオンの約 $1/8$ の強度となり3倍も高い値を示した。これら全て大立体角を持つ超電導ソレノイドにより大量の正負ミューオンが捕獲された結果として、有る陽子ビーム強度に対し、より多くの正負ミューオン強度を得る事ができた。

学術雑誌に出版された論文

Spectroscopy of family gauge bosons

Y. Koide^s

Phys. Lett. B **736** (7, Sep.) (2014) 499-505

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2014.07.061>).

国際会議報告等

Hint of family gauge bosons with an inverted mass hierarchy from the observed tau decays

Y. Koide^{s*}

Nucl. Phys. B - Proc. Suppl. **253-255** (No.1, Aug.) (2014) 218-219.

The 12th International Workshop on Tau Lepton Physics (Sep. 2012, 参加者数約 80 名).

国際会議における講演等

Low energy muon apparatus for true muonium formation (poster)

T. Itahashi^{s*}

2nd International Symposium on Science at J-PARC (at Tsukuba, Japan, July 12-16, 2014, 参加者約 480 名)

Search for Muon-Electron Conversion in Nuclear Field by using High-Purity High-Power Pulsed Proton Beam from J-PARC RCS

M. Aoki^{s*}

2nd International Symposium on Science at J-PARC (at Tsukuba, Japan, July 12-16, 2014,

参加者約 480 名)

The Muon-to-Electron Conversion Search Experiment (COMET) at the J-PARC

H. Sakamoto^{t*}

2nd International Symposium on Science at J-PARC (at Tsukuba, Japan, July 12-16, 2014, 参加者約 480 名)

The Comet Experiment at J-PARC

Y. Kuno^{s*}

The 5th International Symposium on Lepton Moments (at Massachusetts, USA, July 21-24, 2014, 参加者数約 30 名), USA

The Comet Experiment at J-PARC

Y. Kuno^{s*}

Flavour Physics Workshop (at Quy Nhon, Vietnam, July 27 - Aug. 2, 2014, 参加者数約 80 名), Vietnam

Backgrounds studies for the COMET Phase-I and Phase-II

A. Sato^{s**}

16th International Workshop on Neutrino Factories and Future Neutrino Facilities (NU-FACT2014) (at Glasgow, UK, Aug. 25-30, 2014, 参加者約 100 名), UK

Status of MuSIC facility

Y. Matsumoto^{d*}

16th International Workshop on Neutrino Factories and Future Neutrino Facilities (NU-FACT2014) (at Glasgow, UK, Aug. 25-30, 2014, 参加者約 100 名), UK

Search for Charged Lepton Flavor Violation at J-PARC

Y. Kuno^{s*}

2nd International Workshop on Particle Physics and Cosmology after Higgs and Planck (at Hsinchu, Taiwan, Oct. 8-11, 2014, 参加者約 30 名), Taiwan

Spectroscopy of Family Gauge Bosons

Y. Koide^{s**}

2nd International Workshop on Particle Physics and Cosmology after Higgs and Planck (at Hsinchu, Taiwan, Oct. 8-11, 2014, 参加者約 30 名), Taiwan

New precision measurement of the $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ branching ratio

S. Ito^{d*}

Fourth Symposium on Prospects in the Physics of Discrete Symmetries (DISCRETE 2014) (at London, UK, Dec. 2-6, 2014, 参加者数約 200 名), UK

Overview of charged Lepton Flavor Violation

Y. Kuno^{s*}

3rd Workshop on Muon g-2, EDM and Flavour Violation in the LHC Era (at Paris, France, Dec. 9-12, 2014, 参加者約 20 名), France

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

観測可能なファミリー・ゲージボゾンとクォーク・ファミリーの配列

小出 義夫^{t*}

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

ミュオン電子転換過程探索実験-DeeMe-: 準備状況 (2)

青木 正治^{s*}, Douglas Bryman 池上雅紀, 入江吉郎, 伊藤 慎太郎^d, 河村成肇, 金正倫計, 小林仁, 牧村俊助, 松本浩, 明午伸一郎, 三部勉, 三原智, 三宅康博, 長尾 大樹^m, 中津川洋平, 名取寛顕, 西口創, 沼尾登志男, 大森千広, Stefan Ritt, Saha Pranab, 齊藤直人, 清矢良浩, 清水宏祐, 下村浩一郎, Patrick Strasser, 竹崎優斗, 手島菜月, Nguyen Duy Thong^d, Nguyen Mihn Truong^d, 山本風海, 山本和弘, 吉井正人, 吉村浩司

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

Measurement of proton emission after muon capture for the COMET experiment

Tran Nam Hoai^{d*}, Y. Kuno^s, A. Sato^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

$\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ 崩壊分岐比の精密測定 -PIENU-

伊藤 慎太郎^{d*}, 青木 正治^s, 五十嵐洋一, その他 PIENU Collaborator

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

阪大 RCP-MuSIC 新ミュオンビームラインの性能試験結果 (1)

松本 侑樹^{m*}, 佐藤 朗^s, 家入正治, 植田浩史, 川島 祥孝^t, 久野 良孝^s, 坂本 英之^s, 高久圭二, 畑中吉治, 福田光宏, 皆川道文, 森信俊平, 河野 靖典^m, 中沢 遊^m

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

阪大 RCP-MuSIC 新ミュオンビームラインの性能試験結果 (2)

河野 靖典^{m*}, 佐藤 朗^s, 家入正治, 植田浩史, 川島 祥孝^t, 久野 良孝^s, 坂本 英之^s, 高久圭二, 畑中吉治, 福田光宏, 皆川道文, 森信俊平, 中沢 遊^m, 松本 侑樹^m

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

阪大 RCP-MuSIC 新ミュオンビームラインの性能試験結果 (3)

中沢 遊^{m*}, 佐藤 朗^s, 家入正治, 植田浩史, 川島 祥孝^t, 久野 良孝^s, 坂本 英之^s, 高久圭二, 畑中吉治, 福田光宏, 皆川道文, 森信俊平, 河野 靖典^m, 松本 侑樹^m

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

COMET Phase-I の概要と飛跡検出器の開発について

坂本 英之^{s*}, 鷹尾 賢三^m, 片山 博喜^m, 吉田 学立^s, 林 央樹^m, 中沢 遊^m, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 他 COMET コラボレーション

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

COMET Phase-I 試作機の性能評価

鷹尾 賢三^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 坂本 英之^s, 吉田 学立^s, 片山 博喜^m, 林 央樹^m, 中沢 遊^m, 他 COMET コラボレーション

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

J-PARC ミュオン・電子転換過程探索実験 (COMET 実験) 用 CDC における Track-finding アルゴリズムの開発

林 央樹^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 坂本 英之^s, 吉田 学立^s, 他 COMET コラボレーション

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

COMET Phase-I CDC のための Wire Aging 試験

吉田 学立^{s*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 坂本 英之^s, 鷹尾 賢三^m, 片山 博喜^m, 林 央樹^m, 中沢 遊^m, 他 COMET コラボレーション

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

COMET Phase-I CDC 読み出しシステムの開発状況

片山 博喜^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 坂本 英之^s, 吉田 学立^s, 鷹尾 賢三^m, 他 COMET コラボレーション

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

COMET 実験用ストロー飛跡検出器に用いる読み出し回路の開発状況

岡本 慧太^{m*}, 池野正弘, 上野一樹, 内田智久, 久野 良孝^s, 田中真伸, 東城順治, 西口創, 三原智, 山口博史, 他 COMET コラボレーション

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

Applying a data compression algorithm in FPGA to increase trigger performance of 10-bit 100-MHz FADC board

Nguyen Mihn Truong^{d*}, M. Aoki^s, M. Saito, Y. Igarashi, H. Natori, Nguyen Duy Thong^d

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

Origin of Leptonic CP Violation in the Yukawaon Model I

小出 義夫^{t*}, 西浦宏幸

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

低速陽子ビームのフリクショナル・クーリング法の開発

板橋 隆久^{t*}, 坂本 英之^s, 佐藤 朗^s, 高久圭二, Trinh Hoa Lang

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

A study of proton emission following nuclear muon capture on aluminum for the COMET experiment

Tran Nam Hoai^{d*}, Y. Kuno^s, A. Sato^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

$\pi^+ \rightarrow e^+ \nu_e$ 崩壊分岐比の精密測定 -PIENU-

伊藤 慎太郎^{d*}, 青木 正治^s, 五十嵐洋一

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

Result from realistic Monte Carlo of DeeMe experiment in Graphite target

Nguyen Duy Thong^{d*}, M. Aoki^s, Nguyen Mihn Truong^d, D. Nagao^m, S. Ito^d, S. Mi-hara, H. Nishiguchi, H. Natori, Y. Nakatsugawa, N. Kawamura, Y. Seiya, K. Yamamoto, K. Shimizu, Y. Takezaki, N. Teshima, T. Numao, D. Bryman and DeeMe Collaboration

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

FADC readout board for MWPC in DeeMe experiment

Nguyen Mihn Truong^{d*}, M. Aoki^s, M. Saito, Y. Igarashi, H. Natori, Nguyen Duy Thong^d

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

COMET Phase-I の概要と飛跡検出器 CDC の開発・建設について

吉田 学立^{s*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 坂本 英之^s, 片山 博喜^m, 林 央樹^m, 中沢 遊^m, Ting Sam Wong^m, 他 COMET コラボレーション

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

COMET Phase-I CDC Prototype ビーム試験 : 1

中沢 遊^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 坂本 英之^s, 吉田 学立^s, 片山 博喜^m, Ting Sam Wong^m, 他 COMET コラボレーション

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

COMET Phase-I CDC Prototype ビーム試験 : 2

Ting Sam Wong^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 坂本 英之^s, 吉田 学立^s, 片山 博喜^m, 中沢 遊^m, 他 COMET コラボレーション
日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

COMET Phase-I CDC 読み出しシステムの開発状況

片山 博喜^{m*}, 久野 良孝^s, 佐藤 朗^s, 坂本 英之^s, 吉田 学立^s, 千代浩司, 内田智久
日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

阪大 RCP-MuSIC 新ミュオンビームラインの性能試験結果 (4)

松本 侑樹^{m*}, 佐藤 朗^s, 家入正治, 植田浩史, 川島 祥孝^t, 久野 良孝^s, 坂本 英之^s, 高久圭二, 畑中吉治, 福田光宏, 皆川道文, 森信俊平, 河野 靖典^m, 中沢 遊^m
日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

阪大 RCP-MuSIC 新ミュオンビームラインの性能試験結果 (5)

河野 靖典^{m*}, 佐藤 朗^s, 家入正治, 植田浩史, 川島 祥孝^t, 久野 良孝^s, 坂本 英之^s, 高久圭二, 畑中吉治, 福田光宏, 皆川道文, 森信俊平, 中沢 遊^m, 松本 侑樹^m
日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

DeeMe 実験におけるバックグラウンドとなるアフタープロトン検出器について

長尾 大樹^{m*}, 青木 正治^s, 金正倫計, 清矢良浩, 清水宏祐, 中津川洋平, 山本風海, 山本和弘, Saha Pranab, 他 DeeMe コラボレーション
日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

1.3 下田グループ

平成 26 年度の研究活動概要

1. スピン偏極した不安定核ビームによる安定領域から遠く離れた高アイソスピン原子核の構造研究

スピン偏極した不安定原子核のベータ崩壊の際に放出されるベータ線の非対称度から娘核の構造を探るといふ、我々独自の実験手法を用いて、懸案となっている中性子数 20 付近の中性子過剰核の構造の研究を行っている。この研究は、安定核近傍では魔法数である中性子数 20 が、安定核から遠く離れた「逆転の島」と呼ばれる質量領域で、魔法数ではなくなる現象の実験的な確証を目的としている。中性子数 20 近くの中性子過剰な原子核の励起状態のエネルギー、スピン・パリティ、ベータ崩壊確率などを実験的に明らかにし、これら中性子過剰核内での核子の単一粒子軌道の変化と集団運動の発現機構を解明する。カナダの TRIUMF でこのような国際共同研究（大阪大学下田グループ、高エネルギー加速器研究機構、TRIUMF）を行っている（図 1）。

スピン偏極したナトリウム 28 核、ナトリウム 29 核、ナトリウム 30 核のベータ崩壊後に放出されるベータ線の非対称度とガンマ線を測定し、娘核であるマグネシウム 28 核、マグネシウム 29 核、マグネシウム 30 核の構造を明らかにした。理論計算との比較により、マグネシウム 28 核には魔法数消失等の現象は現れていないと解釈できることが分かった。しかし、マグネシウム 29 核では、ほとんどの励起状態は同様に説明できるが、低い励起エネルギーで核子の単一粒子軌道が変化した特徴をもつ状態が観測され、中性子数 20 の魔法数の消失メカニズムの解明に直接つながる結果が得られた。マグネシウム 30 核は、魔法数 20 の消滅が生じる「逆転の島」の境界領域の原子核であり、我々の実験で、球形、プロレート変形（レモン型）、ガンマ振動（3 軸非対称振動）状態という異なる変形状態や運動状態が励起状態で共存するという興味深い変形共存現象が確認された。

2014 年度は、ついに「逆転の島」内の原子核であるマグネシウム 31 核の実験を行った。中性子数がさらに過剰なナトリウム 31 核はベータ崩壊後に中性子を放出する確率が大きくなるので、今回はその中性子測定を大型のプラスチックシンチレーターを用いて行った（図 2）。つまり、束縛状態のみならず、中性子放出に対して非束縛状態のマグネシウム 31 核の

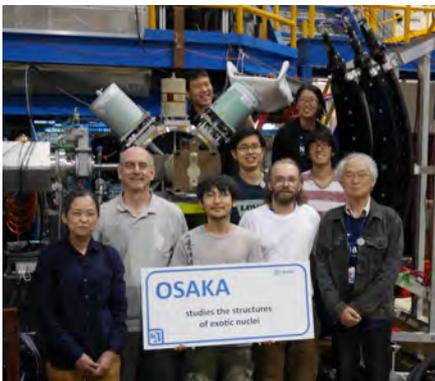


図 1.1: 下田グループのメンバーと TRIUMF 研究所の共同研究者。



図 1.2: TRIUMF 研究所に設置されている検出器アレイ。

核構造の調査も可能となった。偏極したナトリウム 31 核ビームは当初の予定以上の大きなビーム強度が得られたので、期待以上の統計データを手に入れることができた。現在、データは解析中である。10月にハワイで開催された日米合同の原子核物理分野の学会で速報を行い、また、3月の日本物理学会では理論的な考察も含めたマグネシウム 31 核の核構造について発表した。

2. 飛行核分裂反応による安定領域から遠く離れた重い中性子過剰核の構造研究

理化学研究所の RI ビームファクトリでは、光速の約 70% のウラン 283 核ビームを軽い標的核に照射し、超伝導 RI ビーム生成分離装置「BigRIPS」を用いて、ウランの核分裂反応により生成される大量の不安定核の中から特定の中性子過剰核を 2 次ビームとして供給可能である。不安定核ビームを停止させ、アイソマーや β 崩壊の研究を通して中性子過剰核の構造を明らかにするために、EURICA (EUroball-RIKEN Cluster Array ; ユリカ) プロジェクトが進行中である。EURICA は、日本とヨーロッパの国々と共同で理化学研究所に構築された大型 γ 線検出器アレイであり、アイソマー (長い寿命をもつ励起状態) の崩壊や β 崩壊後の γ 線を検出する。

我々は、陽子数が魔法数 50 より大きな中性子過剰核の系統的な研究から、中性子数に対する原子核の形が球形から変形へと進化する過程や、この質量領域で出現が期待される様々な集団運動モード (例えば、特有な西洋なし型振動モード等) の競合を実験的に明らかにし、最終的に核力に支配された有限量子多体系である原子核をより良く再現する統一的なモデル構築による原子核の構造の理解を目指している。また、これらの中性子過剰核は、星の超新星爆発の際に生成される核であり、実験的な原子核の情報が手に入ることで、宇宙の元素合成過程の研究が一段と進むことが期待できる。

2013 年度に我々大阪大学下田グループは、日本の共同研究者 (理化学研究所、東京大学原子核科学研究センター、東北大学理学研究科など)、韓国の Hoseo 大学、フランスの IPHC、その他の海外の大学や研究所の研究者との国際共同研究として、2 重閉殻であるスズ 132 核よりも陽子数と中性子数が大きい原子核のベータ崩壊とアイソマー探索実験を行った。検出器の数が多いため解析に時間がかかっているが、結果は徐々にではじめている。中性子数が極端に多い 4 つのセシウム原子核において、新しいアイソマー状態を発見した。このアイソマーの詳細な解析から、変形状態での単一粒子状態や様々な変形状態での陽子-中性子間の有効相互作用を引き出せる可能性を秘めている。また、中性子過剰なヨウ素やゼノンの原子核のベータ崩壊から、娘核のゼノンやセシウムの構造が明らかになりつつある。さらに、時間分解能の良いランタン・ブロマイド検出器を用いてガンマ線を測定することで、陽子数と中性子数がともに偶数である原子核の 2^+ 状態の数百ピコ秒の寿命を求めることができ、直接的に原子核の変形の大きさを決定することが可能となった。これらの結果を 6 月の国際会議や 10 月のハワイで開催された日米の原子核物理学分野の学会で報告し、理論研究者と議論を開始した。現在、実験と理論計算の比較から原子核構造をより深く明らかにしようとしている。

3. 不安定核ビームを用いた原子核の高スピン状態の構造研究

大阪大学核物理研究センター (RCNP) の不安定核ビームライン (EN コース) を用いて、低エネルギー (1 核子当たり数 MeV から 10 数 MeV) の重イオン不安定核ビームを使用し、

安定核ビームと安定核ターゲットの核融合反応の組み合わせでは生成できない原子核の高スピン状態の研究を進めている。この手法により、これまで手が届かなかった広い質量領域の原子核の高スピン状態で予測される新しいエキゾチックな原子核の集団運動の研究が進むことが期待できる。

2010年度に行った実験では、安定核近傍のランタン 136 核で高スピン状態に新しいアイソマーを発見した。このアイソマーはガンマ変形（3 軸非対称変形）や振動の影響のために形成されたと考えられる。この結果を今年度に論文としてまとめ、現在、査読中である。

2014年冬から、RCNP とアルゴンヌ国立研究所（アメリカ）が中心となり、国際共同研究として大型ガンマ線検出器アレイである CAGRA (Clover Array Gamma-ray spectrometer at RCNP/RIBF for Advanced research ; カグラ) プロジェクトが進行中である。2014年度から 2015年度にかけて EN コースに CAGRA を設置し、1 次ビームや 2 次ビームを用いた一連の実験をキャンペーン実験として実施中である。我々下田グループはこの CAGRA プロジェクトの中心メンバーとして、準備の段階から活動し、不安定核ビームと高検出効率 CAGRA という非常に優れた組み合わせで、原子核の高スピン状態とアイソマー探査実験を 2015年3月に行った。この実験では、スピンの変化による原子核の形の変化に注目し、低いスピンでは球形であるが、あるスピンで突然、オブレート（みかん型）に大きく変形し、寿命を持ったアイソマーとなる状態をプラセオジウム 142 核で探査した。この原子核の高スピン状態を安定核ビームと安定核ターゲットの組み合わせで生成することは非常に難しい。そこで、窒素 17 不安定核ビームを生成し、この核融合反応を用いた実験を行った。不安定核ビームのビーム強度は小さいにもかかわらず、ビームと同期したイベントのみを選び出すことで、非常に S/N の良い、ガンマ線スペクトルを得ることができた。現在、データは解析中であり、今後、プラセオジウム 142 核の構造を明らかにする。



図 1.3: RCNP に設置されているガンマ線検出器アレイ CAGRA。

学術雑誌に出版された論文

$1p_{3/2}$ Proton-Hole State in ^{132}Sn and the Shell Structure Along $N=82$

J. Taprogge, A. Jungclaus, H. Grawe, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, G.S. Simpson, P.-A. Soderstrom, T. Sumikama, Z.Y. Xu, H. Baba, F. Browne, N. Fukuda, R.

Gernhauser, G. Gey, N. Inabe, T. Isobe, H.S. Jung, D. Kameda, G.D. Kim, Y.-K. Kim, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, Z. Li, H. Sakurai, H. Schaffner, K. Steiger, H. Suzuki, H. Takeda, Zs. Vajta, H. Watanabe, J. Wu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga, G. Benzoni, S. Bonig, K.Y. Chae, L. Coraggio, A. Covello, J.-M. Daugas, F. Drouet, A. Gadea, A. Gargano, S. Ilieva, F.G. Kondev, T. Kroll, G.J. Lane, A. Montaner-Piza, K. Moschner, D. Mucher, F. Naqvi, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, R. Orlandi, Z. Patel, Zs. Podolyak, A. Wendt

Phys. Rev. Lett. **112** (Apr.) (2014) 132501 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.112.132501>).

β -Decay Half-Lives of $^{76,77}\text{Co}$, $^{79,80}\text{Ni}$ and ^{81}Cu Experimental Indication of a Doubly Magic ^{78}Ni

Z.Y. Xu, S. Nishimura, G. Lorusso, F. Browne, P. Doornenbal, G. Gey, H.-S. Jung, Z. Li, M. Niikura, P.-A. Soderstrom, T. Sumikama, J. Taprogge, Zs. Vajta, H. Watanabe, J. Wu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga, H. Baba, S. Franchoo, T. Isobe, P.R. John, I. Kojouharov, S. Kubono, N. Kurz, I. Matea, K. Matsui, D. Mengoni, P. Morfouace, D.R. Napoli, F. Naqvi, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, E. Sahin, H. Sakurai, H. Schaffner, I.G. Stefan, D. Suzuki, R. Taniuchi, V. Werner

Phys. Rev. Lett. **113** (July) (2014) 032505 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.113.032505>).

Monopole-Driven Shell Evolution below the Doubly Magic Nucleus ^{132}Sn Explored with the Long-Lived Isomer in ^{126}Pd

H. Watanabe, G. Lorusso, S. Nishimura, T. Otsuka, K. Ogawa, Z.Y. Xu, T. Sumikama, P.-A. Soderstrom, P. Doornenbal, Z. Li, F. Browne, G. Gey, H.S. Jung, J. Taprogge, Zs. Vajta, J. Wu, A. Yagi^d, H. Baba, G. Benzoni, K.Y. Chae, F.C.L. Crespi, N. Fukuda, R. Gernhauser, N. Inabe, T. Isobe, A. Jungclaus, D. Kameda, G.D. Kim, Y.K. Kim, I. Kojouharov, F.G. Kondev, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, G.J. Lane, C.-B. Moon, A. Montaner-Piza, K. Moschner, F. Naqvi, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, D. Nishimura, A. Odahara^s, R. Orlandi, Z. Patel, Zs. Podolyak, H. Sakurai, H. Schaffner, G.S. Simpson, K. Steiger, H. Suzuki, H. Takeda, A. Wendt, K. Yoshinaga

Phys. Rev. Lett. **113** (July) (2014) 042502 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.113.042502>).

Yrast 6^+ Seniority Isomers of $^{136,138}\text{Sn}$

G.S. Simpson, G. Gey, A. Jungclaus, J. Taprogge, S. Nishimura, K. Sieja, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Soderstrom, T. Sumikama, Z.Y. Xu, H. Baba, F. Browne, N. Fukuda, N. Inabe, T. Isobe, H.S. Jung, D. Kameda, G.D. Kim, Y.-K. Kim, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, Z. Li, H. Sakurai, H. Schaffner, Y. Shimizu, H. Suzuki, H. Takeda, Z. Vajta, H. Watanabe, J. Wu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga, S. Bonig, J.-M. Daugas, F. Drouet,

R. Gernhauser, S. Ilieva, T. Kroll, A. Montaner-Piza, K. Moschner, D. Mucher, H. Naidja, H. Nishibata^{DC}, F. Nowacki, A. Odahara^s, R. Orlandi, K. Steiger, A. Wendt
 Phys. Rev. Lett. **113** (Sept.) (2014) 132502 1-6
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.113.132502>).

Nuclear structure explored by β -delayed decay spectroscopy of spin-polarized radioactive nuclei at TRIUMF ISAC-1

T. Shimoda^s, K. Tajiri^{DC}, K. Kura^m, A. Odahara^s, M. Suga^m, Y. Hirayama, N. Imai, H. Miyatake, M. Pearson, C.D. P. Levy, K.P. Jackson, R. Legillon, C. Petrache, T. Fukuchi, N. Hamatani^b, T. Hori^m, M. Kazato^m, Y. Kenmoku^m, T. Masue^m, H. Nishibata^{DC}, T. Suzuki, A. Takashima^m, R. Yokoyama^b
 Hyperfine Interactions **225** (Oct.) (2014) 183 - 191
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-013-0895-5>).

Identification of a millisecond isomeric state in $^{129}\text{Cd}_{81}$ via the detection of internal conversion and Compton electrons

J. Taprogge, A. Jungclaus, H. Grawe, S. Nishimura, Z.Y. Xu, P. Doornenbal, G. Lorusso, E. Nacher, G.S. Simpson, P.-A. Soderstrom, T. Sumikama, H. Baba, F. Browne, N. Fukuda, R. Gernhauser, G. Gey, N. Inabe, T. Isobe, H.S. Jung, D. Kameda, G.D. Kim, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, Y.K. Kwon, Z. Li, H. Sakurai, H. Schaffner, K. Steiger, H. Suzuki, H. Takeda, Zs. Vajta, H. Watanabe, J. Wu, A. Yagi^d, K. Yoshinaga, G. Benzoni, S. Bonig, K.Y. Chae, L. Coraggio, A. Covello, J.-M. Daugas, F. Drouet, A. Gadea, A. Gargano, S. Ilieva, F.G. Kondev, G.J. Lane, A. Montaner-Piza, K. Moschner, D. Mucher, F. Naqvi, M. Niikura, H. Nishibata^{DC}, A. Odahara^s, R. Orlandi, Z. Patel, Zs. Podolyak, A. Wendt
 Phys. Lett. B **738** (Nov.) (2014) 223-227
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2014.09.047>).

Laser-radio-frequency double-resonance spectroscopy of $^{84-87}\text{Rb}$ isotopes trapped in superfluid heliums

X. Yang, T. Furukawa, T. Wakui, T. Fujita^d, K. Imamura, Y. Mitsuya, M. Hayasaka, Y. Ichikawa, Y. Ishibashi, H. Shirai, T. Suzuki, Y. Ebara, A. Hatakeyama, M. Wada, T. Sonoda, Y. Ito, T. Kobayashi, S. Nishimura, M. Kurata-Nishimura, Y. Kondo, K.-I. Yoneda, S. Kubono, Y. Ohshiro, H. Ueno, T. Shinozuka, T. Shimoda^s, K. Asahi, Y. Matsuo
 Phys. Rev. A **90** (Nov.) (2014) 052516 1-8
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevA.90.052516>).

Isomer Decay Spectroscopy of ^{164}Sm and ^{166}Gd : Midshell Collectivity Around $N=100$

Z. Patel, P.-A. Soderstrom, Zs. Podolyak, P.H. Regan, P.M. Walker, H. Watanabe, E.

Ideguchi, G.S. Simpson, H.L. Liu, S. Nishimura, Q. Wu, F.R. Xu, F. Browne, P. Doornenbal, G. Lorusso, S. Rice, L. Sinclair, T. Sumikama, J. Wu, Z.Y. Xu, N. Aoi, H. Baba, F.L. Bello Garrote, G. Benzoni, R. Daido^m, Y. Fang^m, N. Fukuda, G. Gey, S. Go, A. Gottardo, N. Inabe, T. Isobe, D. Kameda, K. Kobayashi, M. Kobayashi, T. Komatsubara, I. Kojouharov, T. Kubo, N. Kurz, I. Kuti, Z. Li, M. Matsushita, S. Michimasa, C.-B. Moon, H. Nishibata^{DC}, I. Nishizuka, A. Odahara^s, E. Sahin, H. Sakurai, H. Schaffner, H. Suzuki, H. Takeda, M. Tanaka, J. Taprogge, Zs. Vajta, A. Yagi^d, R. Yokoyama
Phys. Rev. Lett. **113** (Dec.) (2014) 262502 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.113.262502>).

Performance test of a lead-glass counter for the J-PARC E36 experiment

Y. Miyazaki, S. Shimizu^s, S. Bianchin, C. Djalali, D. Gill, J. Jiang, M. Hasinoff, K. Horie, Y. Igarashi, J. Imazato, A. Ivashkin, M. Kohl, R. Narikawa, R. Pywell, S. Strauch, M. Tabata, A. Toyoda, H. Yamazaki, T. Yoshioka
Nucl. Instrum. Methods A **779** (Jan.) (2015) 13-17
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2015.01.044>).

Unexpected spin-parity assignments of the excited states in ⁹Be

Y. Hirayama, T. Shimoda^s, H. Miyatake, H. Izumi, A. Hatakeyama, K.P. Jackson, C.D.P. Levy, M. Pearson, M. Yagi, H. Yano
Phys. Rev. C **91** (Feb.) (2015) 024328 1-14
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.91.024328>).

国際会議における講演等

Status of the ¹⁴⁰Te experiment

A. Odahara^{s*}

3rd EURICA workshop (at Saitama, Japan, Apr. 10-11, 2014, 参加者数約 40 名)

New Isomers in Neutron-rich Cs Isotopes (poster)

A. Yagi^{d*}, A. Odahara^s, R. Daido^m, Y. Fang^m, H. Nishibata^{DC}, R. Lozeva, C.-B. Moon, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Söderström, T. Sumikama, H. Watanabe, T. Isobe, H. Baba, H. Sakurai, F. Browne, Z. Patel, S. Rice, L. Sinclair, J. Wu, Z.Y. Xu, R. Yokoyama, T. Kubo, N. Inabe, H. Suzuki, N. Fukuda, D. Kameda, H. Takeda, D.S. Ahn, D. Murai, F.L. Bello Garrote, J.M. Daugas, F. Didierjean, E. Ideguchi, T. Ishigaki^m, H.S. Jung, T. Komatsubara, Y.K. Kwon, C.S. Lee, P.S. Lee, S. Morimoto^m, M. Niikura, I. Nishizuka, T. Shimoda^s, K. Tshoo
Advances in Radioactive Isotope Science (ARIS2014), (at Tokyo, Japan, June 1-6, 2014, 参加者数約 400 名)

Measurement of hyperfine structure of Au atom in superfluid helium (poster)

T. Fujita^{d*}, T. Furukawa, K. Imamura, X. Yang, Y. Mitsuya, M. Hayasaka, T. Sagayama, S. Kishi, T. Kobayashi, H. Ueno, T. Shimoda^s, Y. Matsuo

Advances in Radioactive Isotope Science (ARIS2014), (at Tokyo, Japan, June 1-6, 2014, 参加者数約 400 名)

Isomer Studies with RI-beam Induced Fusion Reactions and In-Flight Fission Reactions

A. Odahara^{s*} (invited)

Advances in Radioactive Isotope Science (ARIS2014), (at Tokyo, Japan, June 1-6, 2014, 参加者数約 400 名)

Precise $\Gamma(\mathbf{K}^+ \rightarrow \mathbf{e}^+ \nu) / \Gamma(\mathbf{K}^+ \rightarrow \mu^+ \nu)$ Measurement Using Stopped Positive Kaons at J-PARC

S. Shimizu^{s*}, Y. Igarashi, H. Kawai, K. Horie, M. Tabata, and TREK collaboration

2nd int. Symp. on Science at J-PARC (J-PARC 2014), (at Ibaraki, Japan, July 12-15, 2014, 参加者数約 480 名)

Particle Identification Performance for $\Gamma(\mathbf{K}^+ \rightarrow \mathbf{e}^+ \nu) / \Gamma(\mathbf{K}^+ \rightarrow \mu^+ \nu)$ Measurement at J-PARC

S. Shimizu^{s*}, Y. Igarashi, H. Kawai, K. Horie, M. Tabata, and TREK collaboration

2nd int. Symp. on Science at J-PARC (J-PARC 2014), (at Ibaraki, Japan, July 12-15, 2014, 参加者数約 480 名)

Study of structure change in neutron-rich Mg isotopes by spin-polarized radioactive Na beam

A. Odahara^{s*}

Workshop on Progress in nuclear shell-model calculations in CNS-RIKEN collaboration (at Saitama, Japan, Nov. 26-28, 2014, 参加者数約 50 名)

Laser spectroscopy of atoms in superfluid helium for the measurement of nuclear spins and electromagnetic moments of radioisotope atoms

T. Fujita^{d*}, T. Furukawa, K. Imamura, X. Yang, T. Wakui, Y. Mitsuya, M. Hayasaka, Y. Ichikawa, Y. Ishibashi, H. Shirai, T. Suzuki, T. Sato, S. Kishi, S. Sagayama, A. Hatakeyama, T. Kobayashi, H. Ueno, T. Shimoda^s, Y. Matsuo

6th International Conference on Trapped Charged Particle and Fundamental (TCP2014) (at Kagawa, Japan, Nov. 28.- Dec. 5, 2014, 参加者数約 100 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

Study of structure change in neutron-rich Mg isotopes by spin-polarized radioactive beam

H. Nishibata^{DC*}, T. Shimoda^s, A. Odahara^s, and S1391 Collaboration

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Study of shape evolution in very neutron-rich Cs isotopes

A. Yagi^{d*}, A. Odahara^s, R. Daido^m, Y. Fang^m, H. Nishibata^{DC}, R. Lozeva, C.-B. Moon, S. Nishimura, P. Doornenbal, G. Lorusso, P.-A. Söderström, T. Sumikama, H. Watanabe, T. Isobe, H. Baba, H. Sakurai, F. Browne, Z. Patel, S. Rice, L. Sinclair, J. Wu, Z.Y. Xu, R. Yokoyama, T. Kubo, N. Inabe, H. Suzuki, N. Fukuda, D. Kameda, H. Takeda, D.S. Ahn, D. Murai, F.L. Bello Garrote, J.M. Daugas, F. Didierjean, E. Ideguchi, T. Ishigaki^m, H.S. Jung, T. Komatsubara, Y.K. Kwon, C.S. Lee, P.S. Lee, S. Morimoto^m, M. Niikura, I. Nishizuka, T. Shimoda^s, K. Tshoo

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Sublevel laser spectroscopy of ¹⁹⁷Au atom in superfluid helium

T. Fujita^{d*}, T. Furukawa, K. Imamura, X. Yang, Y. Mitsuya, M. Hayasaka, T. Sagayama, S. Kishi, T. Kobayashi, H. Ueno, T. Shimoda^s, Y. Matsuo

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Shape evolution in neutron-rich $A \sim 140$ nuclei beyond the doubly-magic nucleus ¹³²Sn

A. Odahara^{s*}

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

偏極不安定核 ³¹Na ビームを用いた中性子過剰な ³¹Mg の構造の研究

西畑洗希^{DC*}, 下田正^s, 小田原厚子^s, 森本翔太^m, 吉田晋之介^m, 八木彩祐未^d, 金岡裕志^m, 河村嵩之^b, 中橋晶^b, 藤原智貴^b, 吉住孝之^b, M. Pearson, C. D. P. Levy

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

中性子の非常に多い Cs 同位体の系統的核構造の解明

八木彩祐未^{d*}

物理学院生春の学校、和歌山、2015 年 3 月 9-11 日

書籍等の出版, 日本語の解説記事**無知の傲慢 —暴走する核エネルギー利用—**下田正^s

平和研究入門書、木戸衛一編、大阪大学出版会、(2014年04月発行, 155-170頁)

1.4 核物質学研究グループ

平成 26 年度の研究活動概要

核物質学研究グループは 5 MV のバンデグラフ型加速器を維持し、幅広い研究を展開するとともに、ホームマシンの利点を生かした教育にも力を入れている。また、核物理研究センターのリングサイクロトロン、理化学研究所の RI ビームファクトリー、放射線医学総合研究所の HIMAC や J-PARC 等の国内加速器施設や、海外の施設も使用し、短寿命 β 放射性核やミュオン、超冷中性子 (UCN) を使った基礎物理、ならびに素粒子・原子核や物性物理との境界領域の実験研究を行っている。

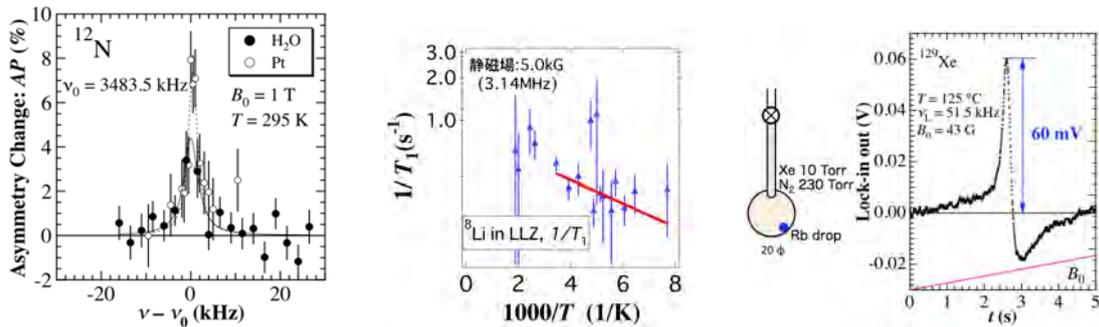


図 1.1: H_2O 中 ^{12}N の NMR 図 1.2: LLZ 中の ^8Li の拡散 図 1.3: ^{129}Xe の NMR

我々は、 β -NMR(β 線検出核磁気共鳴)技術を駆使して、短寿命 β 放射性核の電磁気モーメントの測定や、これらの不安定核をプローブとして、物質科学の研究を行っている。平成 26 年度、放医研 HIMAC で、図 1.1 に示すように、液体の H_2O 中にインプラントした ^{12}N の NMR に成功した。 H_2O のような通常液体中の β -NMR 検出としては世界初である。この結果から、 H_2O 中 ^{12}N の周波数シフトが、基準物質 BN に対し +450 ppm (paramagnetic の方向) に上ることが分かった。Li 電池に使用する Li イオン伝導物質として注目されている LLZ ($\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$) 中の Li の拡散機構を解明するため、この材料にバンデグラフで生成した偏極 ^8Li をインプラントし、スピン緩和時間を観測した。図 1.2 に示す緩和時間の温度依存性から、活性化エネルギーとして 17 meV が得られた。

超冷中性子 (UCN) を使った、中性子電気双極子モーメント (nEDM) 研究では、磁場の超精密測定に用いる偏極 ^{129}Xe の開発を行っている。Rb の光ポンピングとスピン交換で Xe のスピン偏極を生成し、図 1.3 の信号が得られた。最適条件で 42% の核スピン偏極が生成できた。RCNP での次世代 UCN 源の開発は、図 1.4 右のように完成し、95% スピン偏極した UCN 生成に成功した。50 倍のビームパワーが得られる TRIUMF への移設の準備を始めている。図 1.4 左に環境磁場相殺用の 4m コイルと nEDM 装置の一部を示した。

不安定原子核の核構造を究明するため、陽子標的の反応断面積を利用して、不安定核中の陽子・中性子密度分布の独立決定を試みている。中性子過剰核 ^8He および ^{14}B の反応断面積実験値から、それぞれの陽子・核子密度分布の最新結果が図 1.5 の様に導出された。 ^{14}B の結果には、単一中性子ハローと呼べるテールが中性子密度に存在することが明らかになった。また、 ^8He の場合は、 ^{14}B に比べて中性子テールは発達しておらず、中性子スキンのな

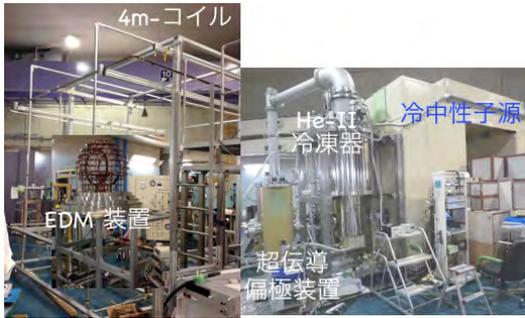


図 1.4: (KEK-RCNP)UCN 源と EDM 装置

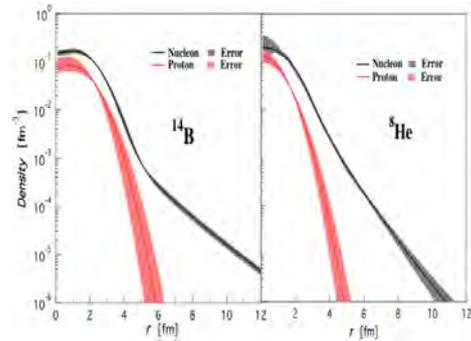


図 1.5: ^{14}B と ^8He の陽子・核子密度分布

構造になっていることがわかった。図 1.6 に ^{16}O ビームによる陽子ピックアップ反応断面積の運動量分布の測定結果を示す。図のとおり、断面積はビームエネルギーの増加とともに急激に減少する。この反応は、標的核とビーム核の中で運動する核子の運動量マッチングで解釈できる。それぞれの運動量分布の重なりで断面積を記述するとき、観測されたエネルギー依存性を説明する核子の運動量分布は、図 1.7 に示す通り、ピックアップ反応の高エネルギーにおける大きな断面積を反映して長いテールを持つ。空間分布上は、原子核の周辺核子の運動量分布であることに注意は要するが、核内核子の高運動量成分の可視化に成功した例として画期的である。

バンデグラフ加速器の平成 26 年度の運転は D ビームと ^3He ビームが主である。外部ユーザーのバンデグラフでの実験も活発に行われ、平成 26 年度は、金沢大、京都大、阪大 RCNP グループによる実験が計 20 晩ほど行われた。RCNP グループの実験では、インプラント・ターゲットの開発実験を行い、図 1.8 に示すように、有意な量の d-d 反応が観測され、ビームの分布とターゲットの拡散が制御可能なことが証明できた。

バンデグラフを用いたオナーセミナー研究(学部学生による自主研究)として、「初期宇宙における $\text{D}(p, \gamma)^3\text{He}$ 反応断面積の測定」(国松翔太, 3年) 「 β 線放射性核 ^8Li の半減期の精密測定」(榊原光, 1年生) 「核スピン偏極ゆらぎを利用した「ゆらぎの定理」の検証」(岩切秀一, 3年) を行った。岩切君はこの結果を、文部科学省主催の「サイエンス・インカレ」(2/28・3/1, 神戸) で口頭発表し、科学技術振興機構理事長賞を受賞した。

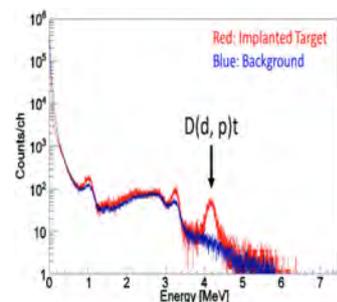
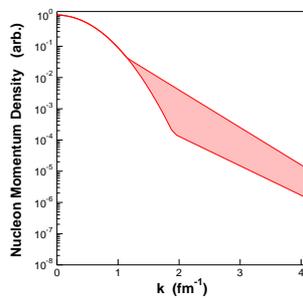
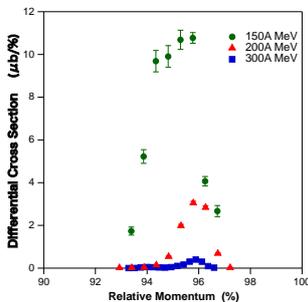


図 1.6: $^9\text{Be}(^{16}\text{O}, ^{17}\text{F})\text{X}$ 断面積

図 1.7: 核内核子の運動量分布

図 1.8: インプラントターゲットを用いた $\text{D}(d,p)\text{T}$ 反応

学術雑誌に出版された論文

Evidence of halo structure in ^{37}Mg observed via reaction cross sections and intruder orbitals beyond the island of inversion

M. Takechi, S. Suzuki, D. Nishimura, M. Fukuda^s, T. Ohtsubo, M. Nagashima, T. Suzuki, T. Yamaguchi, A. Ozawa, T. Moriguchi, H. Ohishi, T. Sumikama, H. Geissel, N. Aoi, R.-J. Chen, D.-Q. Fang, N. Fukuda, S. Fukuoka, H. Furuki, N. Inabe, Y. Ishibashi, T. Itoh, T. Izumikawa, D. Kameda, T. Kubo, M. Lantz, C.S. Lee, Y.-G. Ma, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, S. Momota, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, T. Ohnishi, K. Okumura, M. Ohtake, T. Ogura, H. Sakurai, K. Sato, Y. Shimbara, H. Suzuki, H. Takeda, S. Takeuchi, K. Tanaka, M. Tanaka^m, H. Uenishi^m, M. Winkler, Y. Yanagisawa, S. Watanabe, K. Minomo, S. Tagami, M. Shimada, M. Kimura, T. Matsumoto, Y.R. Shimizu, and M. Yahiro
Phys. Rev. C **90** (2014) 061305 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.90.061305>).

Structure of ^8Li from a reaction cross-section measurement

G.W. Fan, M. Fukuda^s, D. Nishimura, X.L. Cai, S. Fukuda, I. Hachiuma, C. Ichikawa, T. Izumikawa, M. Kanazawa, A. Kitagawa, T. Kuboki, M. Lantz, M. Mihara^s, M. Nagashima, K. Namihira, Y. Ohkuma, T. Ohtsubo, Z. Ren, S. Sato, Z.Q. Shen, M. Sugiyama, S. Suzuki, T. Suzuki, M. Takechi, T. Yamaguchi, B.J. Xu, and W. Xu
Phys. Rev. C **90** (2014) 044321 1-6

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.90.044321>).

Charge-changing cross sections of ^{30}Ne , $^{32,33}\text{Na}$ with a proton target

A. Ozawa, T. Moriguchi, T. Ohtsubo, N. Aoi, D.Q. Fang, N. Fukuda, M. Fukuda^s, H. Geissel, I. Hachiuma, N. Inabe, Y. Ishibashi, S. Ishimoto, Y. Ito, T. Izumikawa, D. Kameda, T. Kubo, T. Kuboki, K. Kusaka, M. Lantz, Y.G. Ma, M. Mihara^s, Y. Miyashita, S. Momota, D. Nagae, K. Namihira, D. Nishimura, H. Ooishi, Y. Ohkuma, T. Ohnishi, M. Ohtake, K. Ogawa, Y. Shimbara, T. Suda, T. Sumikama, H. Suzuki, S. Suzuki, T. Suzuki, M. Takechi, H. Takeda, K. Tanaka, R. Watanabe, M. Winkler, T. Yamaguchi, Y. Yanagisawa, Y. Yasuda, K. Yoshinaga, A. Yoshida, and K. Yoshida
Phys. Rev. C **89** (2014) 044602 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.89.044602>).

Ground-state properties of neutron-rich Mg isotopes

S. Watanabe, K. Minomo, M. Shimada, S. Tagami, M. Kimura, M. Takechi, M. Fukuda^s, D. Nishimura, T. Suzuki, T. Matsumoto, Y.R. Shimizu, and M. Yahiro
Phys. Rev. C **89** (2014) 044610 1-13

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.89.044610>).

Density distribution of ^8Li and ^8B and capture reaction at low energy

G.W. Fan, M. Fukuda^s, D. Nishimura, X.L. Cai, S. Fukuda, I. Hachiuma, C. Ichikawa, T. Izumikawa, M. Kanazawa, A. Kitagawa, T. Kuboki, M. Lantz, M. Mihara^s, M. Nagashima, K. Namihira, Y. Ohkuma, T. Ohtsubo, Z. Ren, S. Sato, Z.Q. Sheng, M. Sugiyama, S. Suzuki, T. Suzuki, M. Takechi, T. Yamaguchi, and W. Xu
Phys. Rev. C **91** (2015) 014614 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.91.014614>).

Effect of nuclear deformation on direct capture reactions

G.W. Fan, X.L. Cai, M. Fukuda^s, T.F. Han, X.C. Li, Z.Z. Ren, and W. Xu
Chinese Phys. C **38** (2014) 044101 1-3
(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/1674-1137/38/4/044101>).

β -NMR study of boron in diamond

T. Izumikawa, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, M. Fukuda^s, T. Ohtsubo, S. Ohya, T. Minamisono^t
Hyperfine Interactions **231** (2015) 11-14
(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10751-014-1090-z>).

Local structure of $^{57}\text{Mn}/^{57}\text{Fe}$ implanted into lithium hydride

J. Miyazaki, T. Nagatomo, Y. Kobayashi, M.K. Kubo, Y. Yamada, M. Mihara^s, W. Sato, S. Sato, A. Kitagawa
J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry **303** (Feb.) (2015) 1155-1158
(<http://dx.doi.org/doi:10.1007/s10967-014-3456-8>).

In-beam Mössbauer spectroscopy of $^{57}\text{Fe}/^{57}\text{Mn}$ in MgO and NaF at Heavy-Ion Medical Accelerator in Chiba

M.K. Kubo, Y. Kobayashi, Y. Yamada, M. Mihara^s, T. Nagatomo, W. Sato, J. Miyazaki, S. Sato, A. Kitagawa
Rev. Sci. Instrum. **85** (Feb.) (2014) 02C310 1-3
(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4833916>).

Spallation UCN Production for nEDM

Y. Masuda, K. Hatanaka, S.C. Jeong, S. Kawasaki, R. Matsumiya, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, Y. Watanabe
Physics Procedia **51** (2014) 89-92
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.phpro.2013.12.020>).

国際会議報告等**Neutron halo in ^{14}B studied via reaction cross sections**

M. Fukuda^{s*}, D. Nishimura, S. Suzuki, M. Tanaka^m, M. Takechi, K. Iwamoto^m, S. Wakabayashi, M. Yaguchi, J. Ohno^m, Y. Morita^m, Y. Kamisho^m, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, M. Nagashima, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, T. Ogura, K. Abe, N. Kikukawa, T. Sakai, D. Sera, T. Suzuki, T. Yamaguchi, K. Sato, H. Furuki, S. Miyazawa, N. Ichihashi, J. Kohno, S. Yamaki, A. Kitagawa, S. Sato, and S. Fukuda

EPJ Web of Conferences **66** (March, refereed) (2014) 02037 - 4 pages.

Internatinal Nuclear Physics Conference 2013 (INPC2013), (at Firenze, Italy, 2-7 June, 2013, 700 attendants) (Italy).

First observation of an isomeric state in proton drip-line nucleus ^{26}P

D. Nishimura^{*}, M. Fukuda^s, T. Sakai, M. Tanaka^m, K. Abe, J. Chiba, S. Fukuda, H. Furuki, A. Homma, H. Hotaka, N. Ichihashi, N. Inaba, K. Iwamoto^m, T. Izumikawa, Y. Kamisho^m, K. Kanbe^b, N. Kikukawa, A. Kitagawa, J. Kouno, M. Nagashima, Y. Nakamura, I. Nishizuka, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, S. Miyazawa, Y. Morita^m, J. Ohno^m, T. Ohtsubo, K. Sato, S. Sato, D. Sera, S. Suzuki, S. Suzuki, T. Suzuki, M. Takechi, K. Tashiro, M. Wakabayashi^m, D. Watanabe, M. Yaguchi^b, T. Yamaguchi, S. Yamaki, S. Yasumoto, K. Yoshinaga, and Y. Zhu

EPJ Web of Conferences **66** (March, refereed) (2014) 02072 - 4 pages.

Internatinal Nuclear Physics Conference 2013 (INPC2013), (at Firenze, Italy, 2-7 June, 2013, 700 attendants) (Italy).

Measurements of interaction cross sections for $^{22-35}\text{Na}$ isotopes

S. Suzuki^{*}, M. Takechi, T. Ohtsubo, D. Nishimura, M. Fukuda^s, T. Kuboki, M. Nagashima, T. Suzuki, T. Yamaguchi, A. Ozawa, H. Ohishi, T. Moriguchi, T. Sumikama, H. Geissel, N. Aoi, R.J. Chen, D.Q. Fang, N. Fukuda, S. Fukuoka, H. Furuki, N. Inabe, Y. Ishibashi, T. Ito, T. Izumikawa, D. Kameda, T. Kubo, M. Lantz, C.S. Lee, Y.G. Ma, M. Mihara^s, S. Momota, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, T. Ohnishi, K. Okumura, T. Ogura, H. Sakurai, K. Sato, Y. Shimbara, H. Suzuki, H. Takeda, S. Takeuchi, K. Tanaka, H. Uenishi^m, M. Winkler, and Y. Yanagisawa

EPJ Web of Conferences **66** (March, refereed) (2014) 03084 - 4 pages.

Internatinal Nuclear Physics Conference 2013 (INPC2013), (at Firenze, Italy, 2-7 June, 2013, 700 attendants) (Italy).

Search for halo nucleus in Mg isotopes through the measurements of reaction cross sections towards the vicinity of neutron drip line

M. Takechi^{*}, S. Suzuki, D. Nishimura, M. Fukuda^s, T. Ohtsubo, M. Nagashima, T. Suzuki, T. Yamaguchi, A. Ozawa, T. Moriguchi, H. Ohishi, T. Sumikama, H. Geissel, M. Ishihara, N. Aoi, R.J. Chen, D.Q. Fang, N. Fukuda, S. Fukuoka, H. Furuki, N. Inabe, Y. Ishibashi,

T. Itoh, T. Izumikawa, D. Kameda, T. Kubo, C.S. Lee, M. Lantz, Y.G. Ma, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, S. Momota, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, T. Ohnishi, K. Okumura, T. Ogura, H. Sakurai, K. Sato, Y. Shimbara, H. Suzuki, H. Takeda, S. Takeuchi, K. Tanaka, H. Uenishi^m, M. Winkler, Y. Yanagisawa, S. Watanabe, K. Minomo, S. Tagami, M. Shimada, M. Kimura, T. Matsumoto, Y.R. Shimizu, and M. Yahiro
 EPJ Web of Conferences **66** (March, refereed) (2014) 02101 - 4 pages.
 Internatinal Nuclear Physics Conference 2013 (INPC2013), (at Firenze, Italy, 2-7 June, 2013, 700 attendants) (Italy).

Inelastic process observed in charge-exchange reactions of ^{56}Fe at 500 MeV/u
 S. Momota*, T. Yamaguchi, T. Suzuki, F. Suzuki, K. Sato, S. Yamaki, J. Kouno, A. Ozawa, R. Nishikiori, D. Nishimura, M. Fukuda^s, S. Suzuki, M. Nagashima, A. Kitagawa, and S. Sato

EPJ Web of Conferences **66** (March, refereed) (2014) 03062 - 4 pages.
 Internatinal Nuclear Physics Conference 2013 (INPC2013), (at Firenze, Italy, 2-7 June, 2013, 700 attendants) (Italy).

New candidate for deformed halo nucleus in Mg isotopes through analysis of reaction cross sections

S. Watanabe*, K. Minomo, S. Tagami, M. Shimada, M. Kimura, M. Takechi, M. Fukuda^s, D. Nishimura, T. Suzuki, T. Matsumoto, Y.R. Shimizu, and M. Yahiro
 EPJ Web of Conferences **66** (March, refereed) (2014) 03095 - 4 pages.
 Internatinal Nuclear Physics Conference 2013 (INPC2013), (at Firenze, Italy, 2-7 June, 2013, 700 attendants) (Italy).

Charge-changing interactions probing point-proton radii of nuclei

S. Yamaki*, J. Kouno, D. Nishimura, M. Nagashima, M. Takechi, K. Sato, K. Abe, Y. Abe, M. Fukuda^s, H. Furuki, I. Hachiuma, A. Homma, N. Ichihashi, C. Ichikawa, N. Inaba, T. Ito, K. Iwamoto^m, T. Izumikawa, Y. Kamisho^m, N. Kikuchi, S. Kinno, A. Kitagawa, T. Kojima, T. Kuboki, M. Mihara^s, S. Miyazawa, S. Momota, Y. Morita^m, D. Nagae, Y. Nakamura, K. Namihira, R. Nishikiori, I. Nishizuka, T. Niwa, M. Ogura, Y. Ohkuma, T. Ohtsubo, S. Okada, J. Ohno^m, A. Ozawa, Y. Saito, T. Sakai, S. Sato, D. Sera, F. Suzaki, S. Suzuki, S. Suzuki, T. Suzuki, M. Taguchi, H. Uenishi^m, M. Wakabayashi^m, D. Watanabe, M. Yaguchi, S. Yasumoto, and T. Yamaguchi
 EPJ Web of Conferences **66** (March, refereed) (2014) 03099 - 4 pages.
 Internatinal Nuclear Physics Conference 2013 (INPC2013), (at Firenze, Italy, 2-7 June, 2013, 700 attendants) (Italy).

Evidence of tensor interactions in ^{16}O observed via (p,d) reaction

H.J. Ong*, I. Tanihata, A. Tamii, T. Myo, K. Ogata, M. Fukuda^s, K. Hirota, K. Ikeda,

D. Ishikawa, T. Kawabata, H. Matsubara, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, T. Naito, D. Nishimura, Y. Ogawa, H. Okamura, A. Ozawa, D.Y. Pang, H. Sakaguchi, K. Sekiguchi, T. Suzuki, M. Taniguchi, M. Takashina, H. Toki, Y. Yasuda, M. Yosoi, and J. Zenihiro
 EPJ Web of Conferences **66** (March, refereed) (2014) 02076 - 4 pages.
 Internatinal Nuclear Physics Conference 2013 (INPC2013), (at Firenze, Italy, 2-7 June, 2013, 700 attendants) (Italy).

Effect of tensor interactions in ^{16}O studied via (p,d) reaction

H.J. Ong*, I. Tanihata, A. Tamii, T. Myo, K. Ogata, M. Fukuda^s, K. Hirota, K. Ikeda, D. Ishikawa, T. Kawabata, H. Matsubara, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, T. Naito, D. Nishimura, Y. Ogawa, H. Okamura, A. Ozawa, D.Y. Pang, H. Sakaguchi, K. Sekiguchi, T. Suzuki, M. Taniguchi, M. Takashina, H. Toki, Y. Yasuda, M. Yosoi, and J. Zenihiro
 J. Phys.: Conf. Series **569** (Dec.) (2014) 012066 - 6 pages.
 3rd International Workshop on State of the Art in Nuclear Cluster Physics (at Yokomaha, Japan, 26-30 May, 2014, 122 attendants).

国際会議における講演等

Reaction Cross Sections of ^{14}B and ^8He on Proton Targets for the Separation of Proton and Neutron Density Distributions

M. Tanaka^{m*}, M. Fukuda^s, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, Y. Morita^m, Y. Kamisho^m, J. Ohno^m, K. Kanbe^b, S. Yamaoka^m, K. Watanabe^b, M. Takechi, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, A. Honma, D. Murooka, D. Nisimura, S. Kinno, Y. Taguchi, T. Suzuki, T. Yamaguchi, J. Kouno, S. Yamaki, S. Matsunaga, S. Suzuki, A. Kitagawa, S. Fukuda, and S. Sato
 2nd Conf. on Advances in Radioactive Isotope Science (at Tokyo, Japan, Jun. 1-6, 2014, 参加者数約 200 名)

Ground-State Properties of Mg Isotopes in and beyond the Island of Inversion through Reaction Cross Sections

S. Watanabe*, K. Minomo, M. Shimada, S. Tagami, M. Kimura, M. Takechi, M. Fukuda^s, D. Nishimura, T. Matsumoto, Y. R. Shimizu, and M. Yahiro
 2nd Conf. on Advances in Radioactive Isotope Science (at Tokyo, Japan, Jun. 1-6, 2014, 参加者数約 200 名)

Development of ^{129}Xe comagnetometer for precise measurement of neutron electric dipole moment

M. Mihara^{s*}, Y. Masuda, K. Matsuta^s, S.C. Jeong, S. Kawasaki, Y. Watanabe, K. Hatanaka, R. Matsumiya
 The 5th Joint International Conference on Hyperfine Interactions and Symposium on Nu-

clear Quadrupole Interactions (HFI/NQI 2014) (at Canberra, Australia, 21-26, Sep., 2014, 参加者数約 100 名), Australia

Dynamical property of Li in Li-ion conduction studied by ^8Li β -NMR

S. Yamaoka^{m*}, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, M. Fukuda^s, T. Minamisono^t, M. Yaguchi, J. Ohno^m, Y. Kamisho, R. Kanbe, S. Shinozaki, M. Tanaka^m, K. Mukai, J. Sugiyama
The 5th Joint International Conference on Hyperfine Interactions and Symposium on Nuclear Quadrupole Interactions (HFI/NQI 2014) (at Canberra, Australia, 21-26, Sep., 2014, 参加者数約 100 名), Australia

Spin-spin relaxation of short-lived β -emitter ^{12}B in Si

M. Mihara^{s*}, Y. Kamisho, J. Ohno^m, M. Tanaka^m, S. Shinozaki, S. Yamaoka^m, Y. Morita, R. Kambe, K. Watanabe, T. Minamisono^t, M. Fukuda^s, K. Matsuta^s
The 5th Joint International Conference on Hyperfine Interactions and Symposium on Nuclear Quadrupole Interactions (HFI/NQI 2014) (at Canberra, Australia, 21-26, Sep., 2014, 参加者数約 100 名), Australia

Nucleon density distribution of the proton drip-line nucleus ^{12}N studied via reaction cross sections (poster)

M. Fukuda^{s*}, Y. Morita^m, M. Tanaka^m, D. Nishimura, M. Takechi, K. Iwamoto^m, M. Wakabayashi^m, Y. Kamisho^m, J. Ohno^m, K. Kanbe^b, S. Yamaoka^m, K. Watanabe^b, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, T. Izumikawa, B. Liu, K. Yoshinaga, I. Zhu, T. Suzuki, T. Yamaguchi, J. Kohno, S. Yamaki, S. Suzuki, T. Ohtsubo, M. Nagashima, K. Abe, K. Tashiro, A. Honma, A. Kitagawa, S. Sato, and S. Fukuda
2nd Conf. on Advances in Radioactive Isotope Science (at Tokyo, Japan, Jun. 1-6, 2014, 参加者数約 200 名)

Deformed halo nuclei observed through the reaction cross section measurements for Ne and Mg isotopes to the vicinity of neutron drip line (poster)

M. Takechi^{*}, S. Suzuki, D. Nishimura, M. Fukuda^s, T. Ohtsubo, M. Nagashima, T. Suzuki, T. Yamaguchi, A. Ozawa, T. Moriguchi, H. Ohishi, T. Sumikama, H. Geissel, M. Ishihara, N. Aoi, Rui-Jiu Chen, De-Qing Fang, N. Fukuda, S. Fukuoka, H. Furuki, N. Inabe, Y. Ishibashi, T. Itoh, T. Izumikawa, D. Kameda, T. Kubo, C. S. Lee, M. Lantz, Yu-Gang Ma, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, S. Momota, D. Nagae, R. Nishikiori, T. Niwa, T. Ohnishi, K. Okumura, T. Ogura, H. Sakurai, K. Sato, Y. Shimbara, H. Suzuki, H. Takeda, S. Takeuchi, M. Tanaka^m, K. Tanaka, H. Uenishi, M. Winkler, Y. Yanagisawa, S. Watanabe, K. Minomo, S. Tagami, M. Shimada, M. Kimura, T. Matsumoto, Y. R. Shimizu, and M. Yahiro
2nd Conf. on Advances in Radioactive Isotope Science (at Tokyo, Japan, Jun. 1-6, 2014, 参加者数約 200 名)

Nuclear magnetic resonance of short-lived β -emitter ^{12}N in H_2O (poster)

M. Mihara^{s*}, S. Iwakiri, M. Fukuda^s, T. Minamisono^t, J. Ohno^m, M. Tanaka^m, R. Kanbe, S. Yamaoka^m, K. Watanabe, R. Yanagihara, Y. Ishibashi, K. Matsuta^s, A. Ozawa, D. Nagae, T. Ohtsubo, T. Izumikawa, S. Momota, T. Nagatomo, D. Nishimura, A. Kitagawa, M. Torikoshi, S. Sato

The 5th Joint International Conference on Hyperfine Interactions and Symposium on Nuclear Quadrupole Interactions (HFI/NQI 2014) (at Canberra, Australia, 21-26, Sep., 2014, 参加者数約 100 名), Australia

Production of polarized Li isotope beam through heavy Ion reactions (poster)

J. Ohno^{m*}, M. Mihara^s, Y. Kamisho, M. Fukuda^s, K. Matsuta^s, T. Minamisono^t, Y. Morita, M. Yaguchi, K. Iwamoto, M. Wakabayashi, R. Kanbe, M. Tanaka^m, S. Shinozaki, S. Yamaoka^m, K. Watanabe, S. Iwakiri, R. Yanagihara, D. Nishimura, T. Izumikawa, T. Ohtsubo, S. Suzuki, M. Nagashima, T. Sakai, K. Abe, Y. Nakamura, D. Murooka, A. Ozawa, D. Nagae, Y. Ishibashi, Y. Abe, T. Niwa, T. Nagatomo, A. Kitagawa, S. Sato, M. Torikoshi, S. Momota, M.K. Kubo, J. Sugiyama, H. Shirai, N.Yoshida

The 5th Joint International Conference on Hyperfine Interactions and Symposium on Nuclear Quadrupole Interactions (HFI/NQI 2014) (at Canberra, Australia, 21-26, Sep., 2014, 参加者数約 100 名), Australia

日本物理学会, 応用物理学会等における講演**RICH counter for heavy-ion particle identification using multi-anode photomultipliers**

S. Yamaoka^{m*}, M. Fukuda^s, Y. Morita^m, K. Kanbe^b, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, J. Ohno^m, Y. Kamisho^m, M. Tanaka^m, Daiki Nishimura, Kenta Yoshinaga, Takashi Ohtsubo, Maya Takechi, Masayuki Nagashima, Takuji Izumikawa, Atsushi Kitagawa, Shigekazu Fukuda, Shinji Sato, Shinji Suzuki, Takeshi Suzuki, Takayuki Yamaguchi

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Directional Correlation of Nuclear-Collision Probability for Aligned Beams of Deformed Nuclei

M. Fukuda^{s*}, M. Tanaka^m, S. Yamaoka^m, J. Ohno^m, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, Daiki Nishimura, Kenta Yoshinaga, Maya Takechi, Takashi Ohtsubo, Takuji Izumikawa, Masayuki Nagashima, Takeshi Suzuki, Takayuki Yamaguchi, Atsushi Kitagawa, Shinji Sato, Shinji Suzuki, Shigekazu Fukuda

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10

月11日)

Reaction cross sections of ^{14}B and ^8He on proton targets for the separation of proton and neutron density distributions

M. Tanaka^{m*}, Mitunori Fukuda, Daiki Nishimura, Shinji Suzuki, Maya Takechi, M. Mihara^s, K. Matsuta^s, Junnichi Oono, S. Yamaoka^m, Takashi Ohtsubo, Takuji Izumikawa, Masayuki Nagashima, Takeshi Suzuki, Takayuki Yamaguchi, Atsushi Kitagawa, Shigekazu Fukuda, Shinji Sato

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Performance evaluation of multi sampling ionization chamber for heavy ion beams by comparison with GEANT4 simulation

Yuki Kanke^{*}, J. Chiba, D. Nishimura, M. Fukuda^s, T. Yamaguchi, A. Honma, T. Izumikawa, Y. Kamisho^m, K. Kanbe^b, S. Kinno, A. Kitagawa, T. Matsunaga, M. Mihara^s, Y. Morita^m, D. Murooka, M. Nagashima, J. Nagumo, J. Ohno^m, T. Ohtsubo, S. Ohmika, S. Sato, S. Suzuki, T. Suzuki, Y. Taguchi, M. Takechi, Y. Takeuchi, M. Tanaka^m, K. Tashiro, S. Fukuda, K. Watanabe^b, S. Yamaoka^m, K. Yoshinaga, and I. Xu

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Effect of tensor interactions in ^{16}O studied via (p,d) reaction

H.J. Ong^{*}, I. Tanihata, A. Tamii, T. Myo, K. Ogata, M. Fukuda^s, K. Hirota, K. Ikeda, D. Ishikawa, T. Kawabata, H. Matsubara, K. Matsuta^s, M. Mihara^s, T. Naito, D. Nishimura, Y. Ogawa, H. Okamura, A. Ozawa, D.Y. Pang, H. Sakaguchi, K. Sekiguchi, T. Suzuki, M. Taniguchi, M. Takashina, H. Toki, Y. Yasuda, M. Yosoi, and J. Zenihiro

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Production of spin polarized Li isotope beam through heavy ion reactions

J. Ohno^{m*}, M. Mihara^s, M. Fukuda^s, K. Matsuta^s, T. Minamisono^t, M. Yaguchi, R. Kanbe, M. Tanaka^m, S. Yamaoka^m, K. Watanabe, S. Iwakiri, R. Yanagihara, D. Nishimura, T. Izumikawa, T. Ohtsubo, A. Ozawa, D. Nagae, A. Kitagawa, S. Sato, M. Torikoshi, S. Suzuki, K. Kubo, H. Shirai, N. Yoshida

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

短寿命核 ^{12}B のスピン-スピン緩和時間による Si 中 B 不純物拡散の研究

三原 基嗣^{s*}, 上庄康斗, 大野 淳一^m, 森田祐介, 田中 聖臣^m, 篠崎真一, 神戸峻輔, 南園 忠則^t, 福田 光順^s, 松多 健策^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

^8Li の β -NMR による Li イオン伝導物質中における Li の動的性質の研究

山岡 慎太郎 m^* , 三原 基嗣 s , 松多 健策 s , 大野 淳一 m , 上庄康斗, 神戸峻輔, 篠崎真一, 田中聖臣 m

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

核子ピックアップ反応による核内核子運動量分布の研究

福田 光順 s^* , 只野奈津生, 山岡 慎太郎 m , 田中 聖臣 m , 大野 淳一 m , 神戸 峻輔 b , 三原 基嗣 s , 松多 健策 s , 島谷 二郎 b , 田中 悠太郎 b , 杜 航 b , 鈴木健, 山口貴之, 竹内勇貴, 三浦宙, 西村太樹, 南雲淳也, 菅家悠生, 笈川浩之, 神原直也, 大坪隆, 武智麻耶, 室岡大樹, 泉川卓司, 鈴木伸司, 佐藤眞二, 福田茂一, 北川敦志

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

超許容ベータ崩壊核 ^{34}Ar の精密分岐比測定 II

西村太樹 $*$, 金野峻平, 田口義眞, 千葉順成, 福田 光順 s , 藤田佳孝, 阿部康介, 馬場秀忠, 福田茂一, 本間彰, 保高寿也, 市川雄一, 泉川卓司, 神戸 峻輔 b , 菊川直樹, 北川敦志, 小島拓実, 小島和佳, 古浦新司, 劉斌, 松多 健策 s , 三原 基嗣 s , 水上淳, 森田 祐介 m , 室岡大樹, 長島正幸, 大野 淳一 m , 大坪隆, 鈴木伸司, 佐藤眞二, 田中 聖臣 m , 田代圭佑, 若林 優 m , 渡邊大介, 吉永健太, 朱易帆

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

中性子過剰核 ^8He の 2 中性子剥離断面積と核構造

田中 聖臣 m^* , 福田 光順 s , 西村太樹, 武智麻耶, 鈴木伸司, 三原 基嗣 s , 松多 健策 s , 大野 淳一 m , 森田 祐介 m , 上庄 康斗 m , 神戸 峻輔 b , 山岡 慎太郎 m , 渡邊 浩太 b , 大坪隆, 泉川卓司, 長島正幸, 本間彰, 室岡大樹, 鈴木健, 山口貴之, 河野準平, 山木さやか, 松永達, 金野峻平, 田口義眞, 北川敦志, 福田茂一, 佐藤眞二

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

シンチレーション光子の空間分布を利用した重イオンビームの位置検出

大甕舜一朗 $*$, 山口貴之, 北川敦志, 長江大輔, 西村拓真, 小沢顕, 佐藤眞二, 沢畑克樹, 鈴木健, 竹内勇貴, 福田 光順 s , 西村太樹

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

GEANT4 シミュレーションとの比較によるイオンチェンバーの性能評価 2

菅家悠生 $*$, 千葉順成, 西村太樹, 福田 光順 s , 山口貴之, 本間彰, 泉川卓司, 上庄 康斗 m , 神戸 峻輔 b , 金野峻平, 北川淳志, 松永達, 三原 基嗣 s , 森田 祐介 m , 室岡大樹, 長島正幸, 南雲淳也, 大野 淳一 m , 大坪隆, 大甕舜一朗, 佐藤眞二, 鈴木伸司, 鈴木健, 田口義眞, 武智麻耶, 竹内勇貴, 田中 聖臣 m , 田代圭佑, 福田茂一, 渡邊 浩太 b , 山岡 慎太郎 m , 吉永健太, 吉延俊輝, 朱易帆

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

重イオンビーム粒子識別用 RICH(Ring Imaging CHerenkov counter) の開発

山岡 慎太郎 ^{m*}, 福田 光順 ^s, 三原 基嗣 ^s, 松多 健策 ^s, 大野 淳一 ^m, 田中 聖臣 ^m, 神戸 峻輔 ^b, 島谷 二郎 ^b, 田中 悠太郎 ^b, 杜 航 ^b, 鈴木健, 山口貴之, 竹内勇貴, 只野奈津生, 三浦宙, 西村太樹, 南雲淳也, 菅家悠生, 笈川浩之, 神原直也, 安部敬治郎, 大坪隆, 武智麻耶, 室岡大樹, 泉川卓司, 鈴木伸司, 佐藤眞二, 北川敦志, 福田茂一

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

短寿命放射性核 ^{12}N を用いた H_2O 中における β -NMR 測定

島谷 二郎 ^{b*}, 三原 基嗣 ^s, 福田 光順 ^s, 南園 忠則 ^t, 大野 淳一 ^m, 田中 聖臣 ^m, 山岡 慎太郎 ^m, 田中 悠太郎 ^b, 杜 航 ^b, 神部峻輔, 渡邊浩太, 柳原陸斗, 岩切秀一, 石橋陽子, 松多 健策 ^s, 小沢頭, 長江大輔, 大坪隆, 泉川卓司, 百田佐多生, 長友傑, 西村太樹, 北川敦志, 取越正己, 佐藤眞二

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

中性子 EDM 測定のための ^{129}Xe 核スピン磁力計の開発 V

三原 基嗣 ^{s*}, 増田康博, 松多 健策 ^s, 畑中吉治, 松宮亮平, 川崎真介, 鄭淳讚, 渡邊裕

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

中性子 EDM 測定のための ^{129}Xe 磁力計開発

三原 基嗣 ^{s*}, 増田康博, 松多 健策 ^s, 鄭淳讚, 川崎真介, 渡邊裕, 畑中吉治, 松宮亮平

RCNP 研究会「CP violation in elementary particles and composite systems」(於阪大 RCNP, 2014年11月10-11月11日)

KEK-RCNP UCN 源を用いた nEDM 測定に向けた一様強電場開発

松多 健策 ^{s*}, 松宮亮平, エドガード=ピエール, 増田康博, 三原 基嗣 ^s, 川崎真介, 鄭淳讚, 渡邊裕, 畑中吉治

RCNP 研究会「CP violation in elementary particles and composite systems」(於阪大 RCNP, 2014年11月10-11月11日)

水に打ち込まれた短寿命核 ^{12}N の NMR

南園 忠則 ^{t*}, 三原 基嗣 ^s, 島谷 二郎 ^b, 松多 健策 ^s, 福田 光順 ^s, 矢口雅貴, 岩元昂大, 若林優, 大野 淳一 ^m, 上庄康斗, 森田祐介, 神戸峻輔, 田中 聖臣 ^m, 篠崎真一, 山岡 慎太郎 ^m, 渡邊浩太, 岩切秀一, 柳原陸斗, 田中 悠太郎 ^b, 杜 航 ^b, 西村太樹, 泉川卓司, 大坪隆, 鈴木伸司, 長島正幸, 酒井拓, 阿部康介, 中村佳裕, 室岡大樹, 小沢頭, 長江大輔, 石橋陽子, 阿部康志, 丹羽崇博, 長友傑, 北川敦志, 佐藤眞二, 取越正己, 百田佐多生

平成 25 年度 KUR 専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究」(於京大原子炉, 2014年12月17-12月18日)

シリコン中 ^{12}B のスピン-スピン緩和時間測定

三原 基嗣^{s*}, 上庄康斗, 大野 淳一^m, 森田祐介, 田中 聖臣^m, 篠崎真一, 神戸峻輔, 南園 忠則^t, 福田 光順^s, 松多 健策^s

平成 25 年度 KUR 専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究」(於京大原子炉, 2014 年 12 月 17-12 月 18 日)

^8Li の β -NMR による Li イオン伝導物質中 Li の動的性質の研究

山岡 慎太郎^{m*}, 三原 基嗣^s, 松多 健策^s, 福田 光順^s, 南園 忠則^t, 矢口雅貴, 大野 淳一^m, 上庄康斗, 神戸峻輔, 篠崎真一, 田中 聖臣^m

平成 25 年度 KUR 専門研究会「短寿命 RI を用いた核分光と核物性研究」(於京大原子炉, 2014 年 12 月 17-12 月 18 日)

1.5 山中（卓）グループ

平成 26 年度の研究活動概要

山中卓研究室は、J-PARC KOTO 実験と、欧州原子核研究機構で推進されている陽子・陽子衝突型加速器実験の一つである ATLAS 実験に参画しており、新たなシリコン検出器の開発にも取り組んでいる。

J-PARC KOTO 実験

J-PARC KOTO 実験の目的は、中性の K 中間子の $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ 崩壊を用いて、CP 対称性を破る、標準理論を超える新たな物理を探ることである。

2013 年 5 月に物理解析用のデータを初めて収集し始めたが、4 日後に J-PARC ハドロンホールで放射線事故があり、それ以降データ収集は止まっている。しかし、収集したデータの解析を塩見が中心となって進め、9 月にウィーンで開かれた CKM2014 国際会議で初めてその結果を発表した。わずか 4 日間のデータだが、前身である KEK PS E391a 実験が 6 ヶ月かけて収集したデータとほぼ同じ感度を得た。中性子起源と考えられるバックグラウンドが明らかになったので、現在その対策を進めている。

また、K 中間子起源のバックグラウンドを減らすために、現存の測定器の内側に挿入する、直径 2m、長さ 3m の円筒形のガンマ線検出器の製作と設計を進めた。鉛とシンチレータを積層した長さ 3m のモジュール 32 個を、できるだけ少ない物質質量で、約 1mm の精度で円筒形に組み上げる方法を村山、山中、外川とシカゴ大で検討した。その結果、航空機などに使われる特殊なアルミ合金のリング 8 個を鍛造と精密機械加工で作成（図 1.1）、その内側にモジュールを取り付ける事に決定した（図 1.2）。また、外川と宮崎はシンチレータに用いた接着剤の問題に対処し、モジュールの組み立ての準備をした。



図 1.1: 鍛造で作られた、精密加工前の特殊アルミ合金のリング

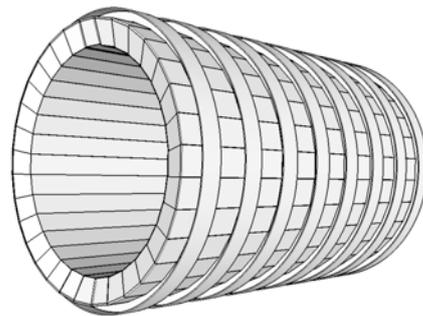


図 1.2: 円筒形のガンマ線検出器

さらに他のバックグラウンドを減らすために、下流のビームパイプをシンチレータで囲う測定器を宮崎が新たに追加した。また実験再開に向けて、杉山がミシガン大学と共同でデータ収集システムの性能向上を行った。Lee と佐藤は過去に取ったデータで CsI 電磁カロ

リメータの性能評価を行い、電子を使わずにエネルギーを較正する法を確立し、博士論文にまとめあげた。磯江は、感度が KOTO 実験よりも二桁高い次世代の実験を検討した。

ATLAS 実験

重心系エネルギー 7TeV および 8TeV の陽子陽子衝突全データを使い、 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 崩壊を用いてヒッグスボソン質量測定の結果を出した (図 1.3)。本研究室の山口は、光子のエネルギー較正の改善を試み、その結果 $m_H = 125.98 \pm 0.42(\text{stat}) \pm 0.28(\text{stat}) \text{ GeV}$ となり、これまでの測定結果 $m_H = 126.8 \pm 0.2(\text{stat}) \pm 0.7(\text{stat}) \text{ GeV}$ に比べて、系統誤差を大きく改善した。

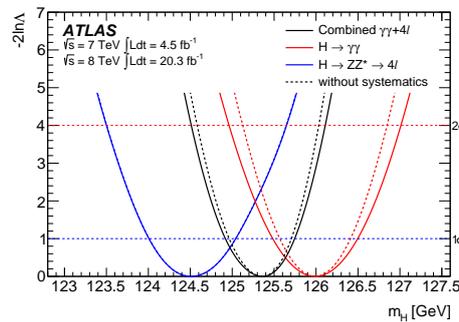


図 1.3: ヒッグス質量測定における最尤値のヒッグス質量依存性。赤線が $H \rightarrow \gamma\gamma$ における測定結果で、点線は系統誤差なしの場合。

また、遠藤, Teoh, 石島は、ヒッグスがボトムクォーク対に崩壊する事象を用いて、暗黒物質の探索などを行っている。

ATLAS 実験のシリコン半導体検出器は 2023 年をメドに全て交換する予定である。ルミノシティ増加によるヒット占有率と放射線ダメージの増大に耐え得る検出器の開発が最大のテーマで、本研究室でも、荒井がプロトタイプピクセル検出器の電荷収集効率の測定を通して放射線耐性の研究を行い (図 1.4), そして、矢島, 山内両名がプロトタイプ試験用検出器 (テレスコープ) の開発を行っている (図 1.5)。

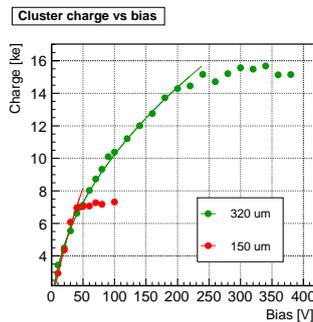


図 1.4: プロトタイプピクセルセンサーの電荷収集量のバイアス電圧依存性。 ^{90}Sr からの β 線に対する反応。

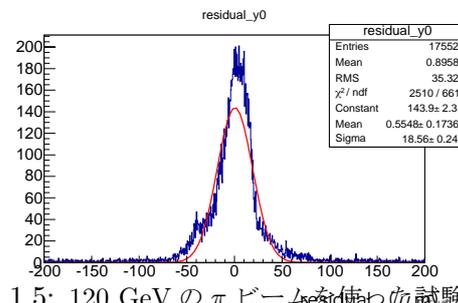


図 1.5: 120 GeV の π ビームを使った試験におけるテレスコープの残差分布の一例。

また、渡邊はテレスコープ同様、プロトタイプシリコン検出器試験時に使用する、荷電粒子の飛跡測定のためのファイバートラッカーを開発、製作、そして、試験した。

SOI 技術を用いた素粒子実験用シリコン検出器の開発

SOI (Silicon On Insulator) 技術は、高抵抗シリコン基板上に絶縁層 (SiO₂) を挟んで産業レベルの CMOS 回路を形成する技術である。この技術により、従来別々であったセンサー部と信号処理部を一体化でき、小型化、高精度化する事が可能となる。高エネルギー加速器研究機構の測定器開発室を中心に、様々な分野での SOI シリコン検出器の開発が進められている。

我々の研究室では素粒子実験用途として、ILC 実験の飛跡検出器としての使用を目的とした SOI シリコン検出器の開発を行っている。要求される位置分解能から、20 μ m 角のピクセル検出器と決定し、SOI 構造により各ピクセルにプリアンプ、アナログバッファを実装する。信号は同じくシリコン基板上に半導体プロセスで製作する ADC を通して、デジタル情報として読み出す事を考えている。本年度は、主な仕様決定と、試作機として 50 \times 50 ピクセルの検出器の設計を、10 月より特任研究員に着任した小野が主導して行ってきた。来年度早々に試作機を製作し、性能評価を行う予定である。

学術雑誌に出版された論文

A vacuum tolerant high voltage system with a low noise and low power Cockcroft-Walton photomultiplier base

T. Masuda, E. Iwai^p, N. Kawasaki, E.J. Kim, T.K. Komatsubara, J.W. Lee^d, G.Y. Lim, Y. Maeda, D. Naito, H. Nanjo, T. Nomura, Y. D. Ri^p, N. Sasao, K. Sato, S. Seki, K. Shiomi^p, Y. Sugiyama^d, M. Togawa^s, H. Watanabe, T. Yamanaka^s
Nucl. Inst. Meth. A **746** (May) (2014) 11-19
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2014.02.007>).

Measurement of the Higgs boson mass from the $H \rightarrow \gamma\gamma$ and $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ channels with the ATLAS detector at the LHC

G. Aad, K. Hanagaki^s, Y. Yamaguchi^p *et al.* [ATLAS Collaboration]
Phys. Rev. D **90** (No.5, Sept.) (2014) 052004 1-35
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.052004>).

Measurements of fiducial and differential cross sections for Higgs boson production in the diphoton decay channel at $\sqrt{s} = 8$ TeV with ATLAS

G. Aad, K. Hanagaki^s, Y. Yamaguchi^p *et al.* [ATLAS Collaboration]
JHEP **1409** (Sept.) (2014) 112 1-60
([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09\(2014\)112](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09(2014)112)).

Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using LHC Run 1 data

G. Aad, K. Hanagaki^s, Y. Yamaguchi^p *et al.* [ATLAS Collaboration]
Eur. Phys. J. C **74** (Oct.) (2014) 3071 1-48

(<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-014-3071-4>).

Double-sided super-module R&D for the ATLAS tracker at HL-LHC - A summary

A. Clark, M. Endo^d, K. Hanagaki^s *et al.*

Nucl. Instrum. Meth. A **765** (Nov.) (2014) 91-98

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nima.2014.05.010>).

Measurement of Higgs boson production in the diphoton decay channel in pp collisions at center-of-mass energies of 7 and 8 TeV with the ATLAS detector

G. Aad, K. Hanagaki^s, Y. Yamaguchi^p *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Rev. D **90** (No.11, Dec.) (2014) 112015 1-44

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.112015>).

Search for $H \rightarrow \gamma\gamma$ produced in association with top quarks and constraints on the Yukawa coupling between the top quark and the Higgs boson using data taken at 7 TeV and 8 TeV with the ATLAS detector

G. Aad, K. Hanagaki^s, Y. Yamaguchi^p *et al.* [ATLAS Collaboration]

Phys. Lett. B **740** (Jan.) (2015) 222-242

(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physletb.2014.11.049>).

Search for the $b\bar{b}$ decay of the Standard Model Higgs boson in associated (W/Z)H production with ATLAS detector

G. Aad, K. Hanagaki^s, Y. Yamaguchi^p *et al.* [ATLAS Collaboration]

JHEP **1501** (Jan.) (2015) 069 1-87

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01\(2015\)069](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP01(2015)069)).

国際会議報告等

Current and Future Kaon Experiments

T. Yamanaka^{s*}

Proceedings of CKM2014 **arXiv:1412.5919** (Dec.) (2014) 1-8.

CKM2014 - 8th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle (at Vienna, Austria, Sep 08 - 12, 2014, 参加者数約 180) (Austria).

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ at KOTO

K. Shiomi^{p*}

Proceedings of CKM2014 **arXiv:1411.4250** (Dec.) (2014) 1-5.

CKM2014 - 8th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle (at Vienna, Aus-

tria, Sep 08 - 12, 2014, 参加者数約 180) (Austria).

CP Violation in Kaon Decays (II)

T. Yamanaka^{s*}

Proceedings of 50 Years of CP Violation [arXiv:1412.5906](https://arxiv.org/abs/1412.5906) (Dec.) (2014) 1–18.

50 Years of CP Violation (at London, UK, Jul 10 - 11, 2014, 参加者数約 78) (UK).

国際会議における講演等

Current and Future Kaon Experiments

T. Yamanaka^{s*} (invited)

Flavors of New Physics (at Tokai, Japan, Mar. 09 - 10, 2015, 参加者数約 60)

Operation of CsI calorimeter in vacuum for the KOTO experiment

M. Togawa^{s*}

ELPH Workshop C010 - Calorimeters at Particle and Nuclear Physics Experiments (at Sendai, Japan, Mar. 09 - 10, 2015, 参加者数約 60)

KOTO CsI Calorimeter

K. Sato^{p*}

ELPH Workshop C010 - Calorimeters at Particle and Nuclear Physics Experiments (at Sendai, Japan, Mar. 09 - 10, 2015, 参加者数約 40)

Current and Future Kaon Experiments

T. Yamanaka^{s*} (invited)

CKM2014 - 8th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle (at Vienna, Austria, Sept. 08 - 12, 2014, 参加者数約 180), Austria

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ at KOTO

K. Shiomi^{p*}

CKM2014 - 8th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle (at Vienna, Austria, Sept. 08 - 12, 2014, 参加者数約 180), Austria

Recent Results from KOTO

M. Togawa^{s*}

BEACH 2014 - XI International Conference on Hyperons, Charm, and Beauty Hadrons (at Birmingham, UK, July 21 - 26, 2014, 参加者数約 100), UK

Pulse Identification method for overlapped pulses

Y. Sugiyama^{d*}

The 2nd International Symposium on Science at J-PARC (at Tsukuba, Ibaraki, Japan, July 12 - 15, 2014, 参加者数約 480)

The Performance of the KOTO CsI Calorimeter

K. Sato^{p*}

The 2nd International Symposium on Science at J-PARC (at Tsukuba, Ibaraki, Japan, July 12 - 15, 2014, 参加者数約 480)

CP Violation in Kaon Decays (II)

T. Yamanaka^{s*} (invited)

50 Years of CP Violation (at London, UK, July 10 - 11, 2014, 参加者数約 78), UK

Data Acquisition System for the KOTO Experiment (poster)

Y. Sugiyama^{d*}

RT2014 - 19th Real-Time Conference (at Nara, Japan, May 26 - 30, 2014, 参加者数約 400)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

波形解析による電磁カロリメーターでのシャワー深さ測定手法の開発

杉山 泰之^{d*}, 岩井瑛人, 佐藤 和史^p, 塩見公志^p, 外川学^s, 山中 卓^s, 他 KOTO Collaboration
日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

Observation of Higgs Boson with Di-photon Events in Proton-Proton Collisions

山口洋平^{p*}

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

ATLAS アップグレード用シリコン検出器開発のためのビーム試験用テレスコープの性能評価

山内洋子^{m*}, 花垣和則^s, 荒井泰貴^m, 石島直樹^d, 遠藤理樹^d, 矢島和希^m, 渡邊誠^m, 池上陽一, 海野義信, 中村浩二, 安芳次, 高嶋隆一, 山本賢, 陣内修, 留目和輝, 廣瀬穰, 本間雄翔, 他アトラス日本シリコングループ

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

ATLAS 実験アップグレード用ピクセル検出器の性能評価

荒井泰貴^{m*}, 花垣和則^s, J. Teoh^d, 池上陽一, 海野義信, 田窪洋介, 中村浩二, 廣瀬穰, 陣内修, 原和彦, 他アトラス日本シリコングループ

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

ATLAS 実験アップグレード用シリコン検出器試験のためのテレスコープ検出器 DAQ システムの開発

矢島和希^{m*}, 花垣和則^s, 荒井泰貴^m, 石島直樹^d, 遠藤理樹^d, 山内洋子^m, 渡邊誠^m, 池上陽一, 海野義信, 中村浩二, 安芳次, 陣内修, 留目和輝, 廣瀬穰, 本間雄翔, 高嶋隆一, 山本賢, 他アトラス日本シリコングループ

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

LHC-ATLAS 実験における $WH \rightarrow l\nu b\bar{b}$ 崩壊過程での背景事象の見積もり

石島直樹^{d*}, 花垣和則^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

KOTO 実験における下流側ビームパイプを覆う荷電粒子検出器の製作と性能評価

宮崎康一^{m*}, 塩見公志^p, 外川学^s, 野村正, 前田陽祐, 山中卓^s, Lim GeiYoub, 渡辺丈晃, 他 KOTO Collaborators

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

J-PARC KOTO 実験における横方向光子検出器の性能向上 ~構造体の決定~

村山理恵^{d*}, Lim GeiYoub, 小松原健, 塩見公志^p, 田島靖久, 外川学^s, 南條創, 野村正, Elizabeth Pod, Yau W. Wah, 山中卓^s, 他 KOTO Collaboration

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

Boosted $t\bar{t}$ inclusive cross section measurement in full hadronic channel at LHC-ATLAS.

J. Teoh^{d*}, Kazunori Hanagaki

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

ATLAS 実験アップグレード用ピクセル検出器の性能評価

荒井泰貴^{m*}, 花垣和則^s, 池上陽一, 海野義信, 田窪洋介, J. Teoh^d, 廣瀬穰, 陣内修, 中村浩二, 原和彦, 他アトラス日本シリコングループ

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

シリコン検出器のビームテスト時に使用するファイバートラッカーの開発

渡邊誠^{m*}, 花垣和則^s, 山中卓^s

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

HL-LHC 実験の展望 (Invited talk)

花垣和則^{s*}

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

測定器開発優秀修士論文賞受賞講演「KOTO 実験に用いる円筒型ガンマ線検出器「Inner Barrel」の開発」(Invited Talk)

豊田高士 ^{m*}

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

KOTO 実験 2013 年物理ランでの、波形解析を用いた背景事象の低減

杉山 泰之 ^{d*}, 前田陽祐, Jia Xu, 塩見公志 ^p, 外川学 ^s, 野村正, 佐藤 和史 ^p, 山中 卓 ^s, 他
KOTO Collaboration

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

KOTO 実験 2013 年物理ランデータを用いた $K_L \rightarrow \pi^0 \ell \bar{\nu}$ 崩壊探索

塩見公志 ^{p*}, 前田陽祐, Jia Xu, 杉山 泰之 ^d, 外川学 ^s, 野村正, 佐藤 和史 ^p, 山中 卓 ^s, 他
KOTO Collaboration

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

JPARC KOTO 実験の次世代実験におけるシグナル収量の最適化

礒江麻衣 ^{m*}, 佐藤 和史 ^p, 外川学 ^s, 野村正, 山中 卓 ^s, KOTO Collaboration

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

1.6 小林グループ

平成26年度の研究活動概要

半導体や金属を微細加工して作製される微小な電子回路をメゾスコピック系と呼ぶ。その最大の特長は、量子力学的効果が本質的であるようなスケールにおいて、制御性の高い実験ができる点にある。実際に、微小な電子波干渉計や、量子ドット（人工原子）等で発現する電子の電荷・スピン・コヒーレンス・多体効果に基づく多彩な量子現象とその制御は、1980年代以降、物性物理学の発展に大きな貢献を果たしてきた。

小林グループでは、このようなメゾスコピック系における様々な現象、中でも、量子多体効果や非平衡現象に注目して研究を行っている。特に、高精度な電流ゆらぎ測定などを用いることによって、定量的に量子輸送の素過程を観測・制御することによって、これまでに不可能であったような実験に挑むと同時に新しい現象の発見を目指して研究を進めている。

平成26年度、我々は主として以下のテーマに取り組んだ。

- a) 非平衡スピン蓄積によって引き起こされるスピン流のショット雑音
- b) 量子ホール効果ブレイクダウン現象における電流ゆらぎ
- c) トンネル磁気抵抗素子におけるショット雑音とリーク電流の存在の実証
- d) スピン波の伝導におけるスネルの法則の実証
- e) カーボンナノチューブ量子ドットにおける強相関量子液体形成の定量的検証
- f) グラフェン pn 接合における特異なショット雑音と $1/f$ ゆらぎの観測
- g) 超高移動度量子細線における電流ゆらぎの精密測定
- h) スピングラス薄膜におけるゆらぎ
- i) 磁気渦ダイナミクス検出手法の開発

以下では、「a) 非平衡スピン蓄積によって引き起こされるスピン流のショット雑音」、「b) 量子ホール効果ブレイクダウン現象における電流ゆらぎ」について詳しく紹介する。

非平衡スピン蓄積によって引き起こされるスピン流のショット雑音

1918年、ショットキーは真空管を流れる電流に注目し、その電流ゆらぎ（雑音）が素電荷と電流の平均値に比例するという普遍的な性質を持つと指摘した。このゆらぎは真空管の陰極からランダムに放出される電子の分配過程と電荷の離散性に起因した現象で、ショット雑音と呼ばれている。ここで、「ショット」とは「粒」のことであり、電荷の離散性を端的に表している。

ところで、電子は電荷だけでなくスピンという自由度も持つ。したがって、スピンの離散性も電流のゆらぎに何らかの影響を与えるのではないかと考えるのは自然な発想である。しかし、スピンに起因したショット雑音については、様々な理論的な提案があったものの、実験的な検証は行われてこなかった。我々はトンネル接合にスピン流を印加し、それに伴うショット雑音の検出に成功した。

スピン流は電流に替わる新たな物理量として注目されており、近年、その生成・検出手法が盛んに研究されている。本研究では、強磁性半導体 (Ga,Mn)As と非磁性半導体 GaAs からなる

トンネル接合にスピン偏極電流を印加し、電流ゆらぎ測定を行った。具体的には、図 1.1 に示すように、(Ga,Mn)As からなる強磁性電極 E2 から、非磁性体である n -GaAs に電流を注入する。電流は、接地された電極 E1 に向かって (図の左の方向へ) 流れるが、電流の方向とは逆側 (図の右側) に、スピン方向に依存した非平衡なスピン蓄積状態が形成される。結果として、電極 E3 (あるいは、E4、E5) と n -GaAs の間にはトンネル接合を通じて、スピン偏極電流が流れる。我々は、この電流に対して、高精度な電流ゆらぎ (ショット雑音) 測定を行うことによって、スピン蓄積状態を詳細に調べた。特に、ランダウア描像に基づいてスピン偏極電流を取り扱うことによって、ショット雑音に含まれる電流とスピン流の寄与を分離して評価する方法を開発した。その結果、スピン流の絶対値を求めると同時に、ショット雑音とスピン流の比例関係を実証した。この結果はトンネル過程において電荷とスピンの一体となってトンネルしていることの直接的な帰結でもある。

さらに、本研究では極めて高精度な電流ゆらぎ測定技術を駆使して、スピン流の生成に伴う電子系の温度上昇を実測した。このようなスピン流の非平衡度合いに関する研究はこれまで進んでいなかった。今後、本検出手法がスピン流の非平衡状態の研究を進展させていくと期待される。

本研究成果は、*Physical Review Letters* 誌の “Editors’ Suggestion” に選定された [Arakawa *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 016601 (2015)]。

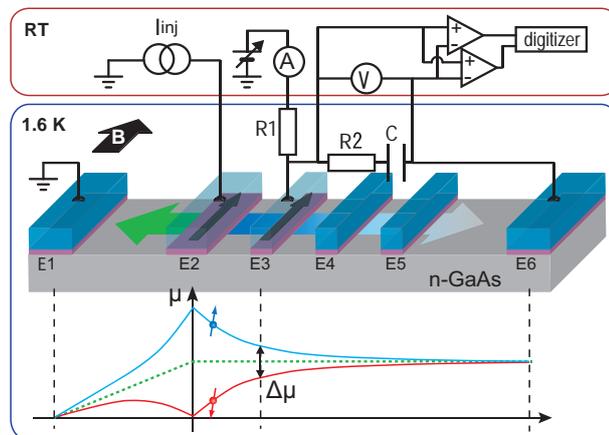


図 1.1: 強磁性半導体 (Ga,Mn)As と非磁性半導体 n -GaAs からなるトンネル接合と電流ゆらぎ測定の概略図。下方にスピン蓄積状態のエネルギーダイアグラムを概念的に示す。

量子ホール効果ブレイクダウン現象における電流ゆらぎ

半導体二次元電子系において、垂直方向に強磁場を印加すると、ホール抵抗が量子化するという「量子ホール効果」が発現する。この現象は、物理学における基本定数 h/e^2 を規定する点において極めて重要であり、抵抗標準として利用されている。その精度向上にあたっては、より大きな電流を印加することによって、量子化されたホール電圧の測定値を大きくする必要がある。しかし、ある閾値を超える電流を印加すると、量子ホール状態ではゼロ抵抗であった縦抵抗が有限となり、ホール抵抗が量子化値からずれていくことが知られている。この非平衡現象は量子ホール効果ブレイクダウン (Quantum Hall Effect Breakdown; QHEBD) と呼ばれる。QHEBD は熱的安定性を考慮したモデルにより、ある種の相転移と解釈されている。しかしながら、その発現機構については多くの理論的提案があり、未だ統一的な理解には至っていない。

そこで我々は QHEBD において電流雑音測定を行い、有効電子温度の上昇や雪崩的電子散乱をより直接的に観測することを目指して研究を行ってきた。我々は、すでにホールバー型の素子でこのような雪崩的電子散乱に伴う雑音の増大を報告している [Chida *et al.*, *Phys. Rev. B* **87**, 155313 (2013)]。本年度は、コルビノ円板型試料ではどのような現象が起こるかを実験的に調べた。コルビノ円板においては、ホールバーとは違い、量子ホール状態発現にともなう端状態が形成されない。そのため、量子ホール状態においては2端子抵抗が無量大、QHEBD 状態においては2端子抵抗が有限になるという極めて明瞭な変化が生じる。このため、コルビノ円板を用いることにより、QHEBD をより定量的に研究することが可能となった。

我々は、コルビノ型円板において量子ホール効果ブレイクダウンに伴う電流雑音の増大を観測した。観測された電流雑音からショット雑音の特徴付けるファノ因子を見積もると1000を超える大きな値が得られた。本研究はブレイクダウン領域において確かに雪崩的電子散乱が起こっていることを実証したものである。このような研究は、「ゆらぎ」を測定することによって、量子ホール状態が壊れた非自明な非平衡状態について、新しい視点から研究が可能であることを示す。

学術雑誌に出版された論文

Real-time observation of Snell's law for spin waves in a thin ferromagnetic film

K. Tanabe^p, R. Matsumoto, J. Ohe, S. Murakami, T. Moriyama, D. Chiba, K. Kobayashi^s, and T. Ono

APEX **7** (No. 5, May) (2014) 053001 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7567/APEX.7.053001>).

Switching of the Magnetic Vortex Core in Elliptical Disks by Nano-second Field Pulses

K. Yamada, T. Sato, Y. Nakatani, S. Kasai, D. Chiba, K. Kobayashi^s, A. Thiaville, and T. Ono

APEX **7** (No. 6, June) (2014) 063008 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7567/APEX.7.063008>).

Avalanche electron bunching in Corbino disk in quantum Hall effect breakdown regime

K. Chida, T. Hata^m, T. Arakawa^s, S. Matsuo^p, Y. Nishihara, T. Tanaka^{DC}, T. Ono, and K. Kobayashi^s

Phys. Rev. B **89** (No. 23, June) (2014) 235318 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.89.235318>).

Leak current estimated from the shot noise in magnetic tunneling junctions

T. Tanaka^{DC}, T. Arakawa^s, M. Maeda^m, K. Kobayashi^s, Y. Nishihara, T. Ono, T. Nozaki,

A. Fukushima, and S. Yuasa

Appl. Phys. Lett. **105** (No. 4, July) (2014) 042405 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4891556>).

Shot Noise Induced by Nonequilibrium Spin Accumulation

T. Arakawa^s, J. Shiogai, M. Ciorga, M. Utz, D. Schuh, M. Kohda, J. Nitta, D. Bougeard, D. Weiss, T. Ono, and K. Kobayashi^s

Phys. Rev. Lett. **114** (No. 1, Jan.) (2015) 016601 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevLett.114.016601>).

国際会議における講演等

Demonstration of Snell's Law of Spin Wave in Ferromagnetic Film

K. Tanabe^{p*}, R. Matsumoto, J. Ohe, S. Murakami, T. Moriyama, D. Chiba, K. Kobayashi^s, and T. Ono

International Magnetism Conference (INTERMAG 2014) (Dresden, Germany, May 4-8, 2014, 参加者数約 1400 名), Germany

Leak Current Contribution in Epitaxial Fe/MgO/Fe Magnetic Tunneling Junctions Determined by Shot Noise Measurement (poster)

T. Tanaka^{DC*}, T. Arakawa^s, M. Maeda^m, K. Kobayashi^s, Y. Nishihara, T. Ono, K. Kobayashi^s, T. Nozaki, A. Fukushima, and S. Yuasa

International Magnetism Conference (INTERMAG 2014) (Dresden, Germany, May 4-8, 2014, 参加者数約 1400 名), Germany

Nonequilibrium Current Fluctuation in Quantum Device

K. Kobayashi^{s*} (invited)

Kavli Futures Symposium: Nanomaterials Science in Asian Perspective (Seoul National University, Seoul, Korea, June 19-20, 2014, 参加者数約 40 名), Korea

Observation of Spin Shot Noise

T. Arakawa^{s*}, J. Shiogai, M. Ciorga, M. Utz, D. Schuh, M. Kohda, J. Nitta, D. Bougeard, D. Weiss, T. Ono, K. Kobayashi^s

The 32nd International Conference on Physics of Semiconductors (ICPS2014) (Austin, Texas, USA, August 10-15, 2014, 参加者数約 1000 名), USA

Precise Shot Noise Measurement in a Clean Quantum Point Contact

Y. Nishihara^{*}, T. Ono, T. Arakawa^s, T. Tanaka^{DC}, S. Norimoto^m, K. Kobayashi^s, T. Ihn, C. Rössler, K. Ensslin

The 32nd International Conference on Physics of Semiconductors (ICPS2014) (Austin, Texas, USA, August 10-15, 2014, 参加者数約 1000 名), USA

Crossover Between SU(2) & SU(4) Kondo Effects in a Carbon Nanotube Probed by Shot-Noise

M. Ferrier^{PD*}, T. Arakawa^s, Rio Fujiwara, T. Hata^m, K. Kobayashi^s, R. Deblock, R. Delagrangé, H. Bouchiat, R. Sakano, A. Oguri

The 32nd International Conference on Physics of Semiconductors (ICPS2014) (Austin, Texas, USA, August 10-15, 2014, 参加者数約 1000 名), USA

Snell's law of the magnetostatic surface wave in ferromagnetic films

K. Tanabe^{p*}, R. Matsumoto, J. Ohe, S. Murakami, T. Moriyama, D. Chiba, K. Kobayashi^s, and T. Ono

Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2014) (Tsukuba, Japan, September 9-11, 2014, 参加者数約 1000 名)

Shot noise in graphene pn junction in quantum Hall regime (poster)

S. Takeshita^{m*}, S. Matsuo^p, T. Tanaka^{DC}, S. Nakaharai, K. Tsukagoshi, T. Moriyama, T. Ono, K. Kobayashi^s

4th Summer School on Semiconductor/Superconducting Quantum Coherence Effects and Quantum Information (Tochigi, Japan, September 11-13, 2014, 参加者数約 50 名)

Development of noise measurement system to investigate nonequilibrium electron transport (poster)

T. Muro^{m*}, Y. Nishihara, T. Arakawa^s, S. Norimoto^m, K. Tanabe^p, K. Kobayashi^s

4th Summer School on Semiconductor/Superconducting Quantum Coherence Effects and Quantum Information (Tochigi, Japan, September 11-13, 2014, 参加者数約 50 名)

Shot noise induced by nonequilibrium spin accumulation

T. Arakawa^{s*}, J. Shiogai, M. Ciorga, M. Utz, D. Schuh, M. Kohda, J. Nitta, D. Bougeard, D. Weiss, T. Ono, K. Kobayashi^s (invited)

The 1st International Symposium Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Japan, November 16-19, 2014, 参加者数約 500 名)

Avalanche electron bunching in a Corbino disk in Quantum Hall Effect Breakdown (poster)

T. Hata^{m*}, T. Tanaka^{DC}, T. Arakawa^s, K. Tanabe^p, K. Kobayashi^s

The 1st International Symposium Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Japan, November 16-19, 2014, 参加者数約 500 名)

Transport measurement on a single Aharonov-Bohm ring in the presence of an inhomogeneous magnetic field (poster)

S. Norimoto^{m*}, K. Tanabe^p, M. Ferrier^{PD}, T. Arakawa^s, K. Kobayashi^s, A. Hirohata, M. Mizuguchi, K. Takanashi

The 1st International Symposium Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Japan, November 16-19, 2014, 参加者数約 500 名)

Leak Current Contribution in Epitaxial Fe/MgO/Fe Magnetic Tunneling Junctions Determined by Shot Noise Measurement (poster)

T. Tanaka^{DC*}, T. Arakawa^s, M. Maeda^m, K. Kobayashi^s, Y. Nishihara, T. Ono, K. Kobayashi^s, T. Nozaki, A. Fukushima, and S. Yuasa

The 1st International Symposium Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Japan, November 16-19, 2014, 参加者数約 500 名)

Nonequilibrium Kondo Effect in a Quantum Dot

K. Kobayashi^{s*} (invited)

Yukawa International Seminar 2014 (YKIS2014): “Nonequilibrium Phenomena in Novel Quantum States” (Kyoto University, December 3-5, 2014, 参加者数約 50 名)

Nonequilibrium Fermi Liquid in a Kondo-correlated Quantum Dot

K. Kobayashi^{s*} (invited)

APCTP 2014 Workshop on Frontiers of Physics (Muju, Korea, December 20-23, 2014, 参加者数約 70 名), Korea

SU(2) and SU(4) Kondo Effect Probed by Nonequilibrium Current Fluctuations

M. Ferrier^{PD*}, T. Arakawa^s, T. Hata^m, R. Fujiwara^m, R. Delagrangé, R. Deblock, R. Sakano, A. Oguri, and K. Kobayashi^s (invited)

Workshop on Recent Developments in the Kondo Problem (Institute for Solid State Physics, University of Tokyo, Kashiwa, Japan, January 9-10, 2015, 参加者数約 100 名)

Shot noise of a superconductor/nanotube junction in the Kondo regime (poster)

T. Hata^{m*}, R. Delagrangé, T. Arakawa^s, R. Fujiwara^m, R. Deblock, H. Bouchiat, M. Ferrier^{PD}, and K. Kobayashi^s

Workshop on Recent Developments in the Kondo Problem (Institute for Solid State Physics, University of Tokyo, Kashiwa, Japan, January 9-10, 2015, 参加者数約 100 名)

Analytical study on interaction effect in quantum dot embedded in Aharonov-Bohm ring (poster)

R. Yoshii^{p*}, Y. Komijani, and I. Affleck

Workshop on Recent Developments in the Kondo Problem (Institute for Solid State Physics, University of Tokyo, Kashiwa, Japan, January 9-10, 2015, 参加者数約 100 名)

Fluctuations in Mesoscopic Systems

K. Kobayashi^{s*} (invited)

IGER International Symposium on Science of Molecular Assembly and Biomolecular Systems 2015: Spins in Action (March 26-27, 2015, Nagoya, Japan, 参加者数約 80 名)

日本物理学会、応用物理学会等における講演

ゆらぎは語る

小林 研介^{s*}

南部コロキウム、招待講演 (大阪大学、2014 年 4 月 24 日)

スピン波のスネルの法則とホール効果

田辺 賢士^{p*}、松本 遼、大江 純一郎、村上 修一、森山 貴広、千葉 大地、小林 研介^s、小野 輝男

第 1 回フォト・マグノニクス技術調査専門委員会 (日本大学、2014 年 5 月 19 日)

非一様磁場中におけるアハラノフ・ボームリングの電気抵抗測定

則元 将太^{m*}、田辺 賢士^p、M. Ferrier^{PD}、荒川 智紀^s、小林 研介^s、廣畑 貴文、水口 将輝、高梨 弘毅

第 59 回物性若手夏の学校 (静岡県浜松市 浜名湖ロイヤルホテル、2014 年 7 月 29 日 - 8 月 2 日)

固体素子を用いた精密科学：メゾスコピック系入門

小林 研介^{s*}

インタラクティブ合宿セミナー、招待講演 (あうる京北京都府立ゼミナールハウス、京都市、2014 年 8 月 25 日)

メゾスコピック系における次元制御

秦 徳郎^{m*}

インタラクティブ合宿セミナー (あうる京北京都府立ゼミナールハウス、京都市、2014 年 8 月 25 日)

非一様磁場中におけるアハラノフ・ボームリングの電気抵抗測定

則元 将太^{m*}

インタラクティブ合宿セミナー (あうる京北京都府立ゼミナールハウス、京都市、2014 年 8 月 25 日)

近藤効果における非平衡電流ゆらぎ (ポスター)小林 研介^{s*}

新学術領域「ゆらぎと構造」第二回領域研究会 (北海道大学工学部、2014年8月29日 - 8月31日)

スピングラス薄膜における電気測定 (ポスター)前田 正博^{m*}、田中 浩奈、竹下 俊平^m、田辺 賢士^p、荒川 智紀^s、谷口 年史、小林 研介^s
日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)**SQUID を用いた磁気渦の極性反転検出の試み (ポスター)**田中 崇大^{DC*}、荒川 智紀^s、田辺 賢士^p、小林 研介^s、小野 輝男

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

カーボンナノチューブ量子ドット系におけるSU(2) およびSU(4) 近藤効果の観測秦 徳郎^{m*}、荒川 智紀^s、藤原 亮^m、小林 研介^s、M. Ferrier^{PD}、R. Delagrangé、R. Deblock、
H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

SU(2) およびSU(4) 近藤効果のスケーリングに関する実験的研究M. Ferrier^{PD*}、荒川 智紀^s、秦 徳郎^m、藤原 亮^m、小林 研介^s、R. Delagrangé、R. Deblock、
H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

SU(2) およびSU(4) 近藤状態における非平衡電流ゆらぎ荒川 智紀^{s*}、秦 徳郎^m、藤原 亮^m、小林 研介^s、M. Ferrier^{PD}、R. Delagrangé、R. Deblock、
H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

非一様磁場中におけるアハラノフ・ボームリングの電気抵抗測定 (ポスター)則元 将太^{m*}、田辺 賢士^p、M. Ferrier^{PD}、荒川 智紀^s、小林 研介^s、廣畑 貴文、水口 将輝、
高梨 弘毅

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

非平衡電子輸送を観測するための量子キャビティの作製 (ポスター)室 達也^{m*}、西原 禎孝、荒川 智紀^s、則元 将太^m、田辺 賢士^p、小林 研介^s

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

カーボンナノチューブ量子ドット系における近藤効果のショットノイズ測定 (ポスター)藤原 亮^{m*}、荒川 智紀^s、秦 徳郎^m、小林 研介^s、M. Ferrier^{PD}、R. Delagrangé、R. Deblock、

H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 2014 年秋季大会（於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日）

グラフェン pn 接合における伝導度測定とショット雑音の試み (ポスター)

竹下 俊平^{m*}、松尾 貞茂^p、田中 崇大^{DC}、中払 周、塚越 一仁、森山 貴広、小野 輝男、小林 研介^s

日本物理学会 2014 年秋季大会（於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日）

近藤効果における電流ゆらぎ

小林 研介^{s*}

理研 - 東大 - 阪大ジョイントセミナー「創発物質科学未来開拓」、招待講演（大阪大学中之島センター、2014 年 10 月 16 日 - 10 月 17 日）

ショット雑音測定を用いた量子ドットにおける近藤状態の研究 (ポスター)

秦 徳郎^{m*}

理研 - 東大 - 阪大ジョイントセミナー「創発物質科学未来開拓」（大阪大学中之島センター、2014 年 10 月 16 日 - 10 月 17 日）

非平衡電流ゆらぎで探るスピン依存伝導

小林 研介^{s*}

未来研究イニシアティブ・第三回キックオフ・ミーティング（大阪大学基礎工学研究科、2014 年 10 月 25 日）

ゆらぎから探る近藤効果

小林 研介^{s*}

平成 26 年度東北大学プロジェクト研究会「非平衡スピン・ゆらぎの精緻な制御と観測による新規ナノデバイスの開拓研究」、招待講演（宮城県黒川郡大和町、2014 年 11 月 13 日 - 11 月 14 日）

量子ドットを仲介にしたクーパー対の伝導の観測

秦 徳郎^{m*}

物理院生春の学校（和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日）

超伝導リングにおける Time Crystal 相

吉井 涼輔^{p*}

物理院生春の学校（和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日）

スピングラスの $1/f$ ゆらぎの測定

前田 正博^{m*}

物理院生春の学校（和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日）

量子ホール状態グラフェン p-n 接合におけるショット雑音測定 (ポスター)竹下 俊平 *m**

物理院生春の学校 (和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日)

量子ホール系における新規単電子デバイス作製の試み (ポスター)則元 将太 *m**

物理院生春の学校 (和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日)

カーボンナノチューブにおける電流ゆらぎ測定 (ポスター)藤原 亮 *m**

物理院生春の学校 (和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日)

高移動度量子細線におけるショット雑音の精密測定 (ポスター)室 達也 *m**

物理院生春の学校 (和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日)

磁気渦におけるコアの熱ゆらぎ (ポスター)河村 智哉 *b**

物理院生春の学校 (和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日)

表面弾性波を用いた量子状態の制御 (ポスター)横井 雅彦 *b**

物理院生春の学校 (和歌山県 休暇村 南紀勝浦、2015 年 3 月 9 日 - 3 月 11 日)

ナノテクノロジーがもたらす熱力学の新展開小林 研介 *s**

第二回理学部・理学研究科研究交流セミナー、招待講演 (大阪大学、2015 年 3 月 18 日)

近藤効果・超伝導競合系におけるショット雑音 : SU(2) および SU(4) 状態秦 徳郎 *m**、藤原 亮 *m*、荒川 智紀 *s*、小林 研介 *s*、M. Ferrier *PD*、R. Delagrance、R. Deblock、H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

近藤効果・超伝導競合系におけるショット雑音 : スペクトロスコピーおよび $0-\pi$ トランジション領域M. Ferrier *PD**、秦 徳郎 *m*、藤原 亮 *m*、荒川 智紀 *s*、小林 研介 *s*、R. Delagrance、R. Deblock、H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

グラフェン p-n 接合における $1/f$ 雑音の測定

竹下 俊平^{m*}、松尾 貞茂^p、田中 崇大^{DC}、中払 周、塚越 一仁、森山 貴広、小野 輝男、小林 研介^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

マグノンホール効果による温度勾配の観測

田辺 賢士^{p*}、松本 遼、大江 純一郎、村上 修一、森山 貴広、千葉 大地、小林 研介^s、小野 輝男

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

高移動度 QPC におけるファノ因子の精密測定

室 達也^{m*}、西原 禎孝、荒川 智紀^s、田辺 賢士^p、小林 研介^s、T. Ihn、C. Rössler、K. Ensslin
日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

カーボンナノチューブ量子ドットにおけるショットノイズ測定

藤原 亮^{m*}、秦 徳郎^m、吉井 涼輔^p、荒川 智紀^s、小林 研介^s、M. Ferrier^{PD}、R. Delagrance、R. Deblock、H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

ショット雑音を用いたカーボンナノチューブ量子ドットにおける近藤効果の研究

荒川 智紀^{s*}、秦 徳郎^m、藤原 亮^m、小林 研介^s、M. Ferrier^{PD}、R. Delagrance、R. Deblock、H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

バリスティック検出器を用いた磁気渦コアの極性検出の可能性

田中 崇大^{DC*}、河村 智哉^b、荒川 智紀^s、田辺 賢士^p、小林 研介^s、山田 啓介、仲谷 栄伸、小野 輝男

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

スピングラフ薄膜における $1/f$ 雑音の測定

前田 正博^{m*}、田中 浩奈、竹下 俊平^m、田辺 賢士^p、荒川 智紀^s、谷口 年史、小林 研介^s
日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

量子ホール系における新規単電子デバイス作製の試み (ポスター)

則元 将太^{m*}、荒川 智紀^s、田辺 賢士^p、小林 研介^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

カーボンナノチューブ量子ドットにおけるショットノイズの理論解析 (ポスター)

吉井 涼輔^{p*}、藤原 亮^m、荒川 智紀^s、秦 徳郎^m、小林 研介^s、M. Ferrier^{PD}、R. Delagrance、R. Deblock、H. Bouchiat、阪野 壘、小栗 章

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

書籍等の出版、日本語の解説記事

熱力学第 2 法則と『ゆらぎの定理』の検証実験

小林 研介^s

パリティ Vol. 29, No.5, 44-49 (6 page) (2014)

雑音から分かること

小林 研介^s

大阪大学低温センターだより Vol. 163, 1-8 (2015)

1.7 田島グループ

平成26年度の研究活動概要

1) 角度分解光電子分光による鉄系超伝導体 $\text{NdFeP}_{1-x}\text{As}_x(\text{O},\text{F})$ 単結晶の電子状態の解明
鉄系超伝導体は Fe の複数の 3d 電子が電気伝導や超伝導に関与しているマルチバンド系 (多軌道系) であり、これらの 3d 電子が複数のフェルミ面を構成している。そして、物質ごとに、あるいはニクトゲンサイトに As あるいは P のように異なる元素が入ることにより、このフェルミ面の形状が異なっていることが示唆されている。近年、我々は 1111 系と呼ばれる鉄系超伝導体を対象に、ニクトゲンサイトを As と P で固溶させた $\text{RFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ ($R = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}$) 多結晶の輸送現象の研究を行ってきた。その結果、本系では As 濃度 $x = 0.6-0.8$ を境に、超伝導転移温度 T_c と輸送現象の間に異なる相関関係があることを見出した。これは、As 濃度 $x = 0.6-0.8$ 付近で本系のフェルミ面の形状が変化し、異なるフェルミ面間のネスティング (スピンゆらぎ) が変化し、それと関係のある超伝導対形成機構にも影響が出たことを示唆している。

今回、我々はこのフェルミ面の状態変化をより直接的に観測するために、単結晶試料を用いての角度分解光電子分光の研究を行った。測定には高压合成炉中で自己フラックス法により育成した数 mm サイズの $\text{NdFeP}_{1-x}\text{As}_x(\text{O},\text{F})$ 単結晶を用いた。角度分解光電子分光の結果、As 濃度が低い $x = 0.4$ では、ブリルアンゾーンセンターに 3 つのホール的フェルミ面が、ゾーンコーナーに 2 つの電子的フェルミ面が存在することが判明した。As 濃度を増やしていくと、 $x = 0.8$ において 1 つのホール面が消失することが判明した。入射光の偏光依存性の測定により、この消失したフェルミ面を構成していたホールは d_{xz} の軌道特性を持っていることが判明した。今回の角度分解光電子分光法によるフェルミ面の直接観測により、輸送現象の研究などで示唆されていた、 $\text{RFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ 系の $x = 0.6-0.8$ 付近でのフェルミ面の状態変化が実際に生じていることが明らかとなった。今後、このフェルミ面の状態変化が、超伝導対形成機構に対しどのような影響を与えているか、継続して研究を行う。

2) 鉄系超伝導体 122 系における結晶構造と超伝導の関係

鉄系超伝導体においては、超伝導転移温度と鉄砒素四面体内の局所構造との間に相関があることが実験的に明らかとなっている。また、異なるフェルミ面間に働くスピン揺らぎを媒介として超伝導が発現することを提唱しているスピン揺らぎ理論でも、超伝導転移温度と鉄砒素四面体の局所構造との間に相関があることが主張されている。スピン揺らぎ理論では、ネスティング条件を決めるフェルミ面形状が超伝導に対する重要な因子となると考えられている。一方、鉄砒素四面体の局所構造だけでなく、伝導層間距離などもフェルミ面の形状を大きく変える要因となっていることが、角度分解光電子分光の研究から報告されている。しかし、 AFe_2As_2 で表される 122 系において、伝導層間距離と超伝導との間に相関は見られていない。今回、我々は a 軸長に対する c 軸長の比 (c/a) 及び鉄砒素四面体の局所構造を系統的に制御した単結晶を育成し、結晶構造パラメータと超伝導転移温度との関係を明らかにすることを目的として研究を実施した。フェルミ面形状を系統的に変化させ、結晶構造と T_c の関係を調べるためには、等価数の元素置換を用い、結晶構造パラメータを系統的に制御し

た系を用いることが有効である。122系はAサイト置換による伝導層間距離の制御、AsサイトへのP置換による鉄砒素(リン)四面体の局所構造の制御を同時に行える系であり、結晶構造パラメータと T_c の関係を議論する上で適した系である。

実験としては $\text{EuFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ 、 $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Fe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ 、 $\text{Sr}_{0.92}\text{Ca}_{0.08}\text{Fe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ 、 $\text{Sr}_{0.84}\text{Ca}_{0.16}\text{Fe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ の単結晶を育成し、その電気抵抗率測定、最適ドーブにおける精密構造解析を行い、これらの電子相図及び、詳細な結晶構造を明らかにした。P置換に対する c/a の減少率が大きい系ほど、P置換により母物質の反強磁性秩序が強く抑制されることがわかり、反強磁性秩序の安定性と c/a に相関があることが明らかになった。一方、Aサイトに入る元素にかかわらず最適組成の T_c はほぼ一定であり、また $A=\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}$ 、 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x$ における鉄砒素四面体の局所構造はほぼ変化しないことが判明した。この結果から、 T_c は c/a と相関がなく、鉄砒素四面体の局所構造が T_c を決定する重要なパラメータとなっていることが確認された。この結果は、 c/a の制御により変化する電子軌道が、超伝導に直接寄与しないフェルミ面を構成していることを示唆している。一方、 $A=\text{Eu}$ の最適組成における鉄砒素四面体の局所構造は、他の系とは異なっていることが判明した。 $\text{EuFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ の局所構造が他の系と異なる原因としては、超伝導ギャップの対称性が他の系と異なることにあると考えられる。

3) 鉄系超伝導体 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$ (TM=Cr, Mn, Co) の異方的面内電気抵抗率

鉄系超伝導体の常磁性・反強磁性相では、スピン、軌道、格子の異方性から予想できない面内電気抵抗率の異方性が観測されている。この起源として、「異方的不純物散乱」と「電子・ホールドーブによるフェルミ面の形状変化」という2つの説が、実験・理論の両面から提案されてきた。しかし、これまでの研究では元素置換サイトが異なる物質系を比較していたため、不純物散乱と電子・ホールドーブの効果の寄与を区別できていなかった。

そこで、本研究では、 BaFe_2As_2 のFeサイトにCr, Mn(ホールドーブ)及びCo(電子ドーブ)置換を行い、面内電気抵抗率の異方性を調べた。その結果、Mnを置換した系では、Co置換系と同じく反強磁性斜方晶相の b 軸方向の抵抗率が、 a 軸方向の抵抗率よりも大きいことが判明した。一方で、Cr置換系では、置換量の増加とともに異方性が逆転することが明らかになった。また、常磁性相に見られる抵抗率の異方性も、Mn, Co系とCr系で対称的になっていることがわかった。CrとMn置換系の違いを明らかにするためホール係数の測定を行ったところ、Cr系ではホール係数の符号が、置換量の増加とともに負から正に変化する一方で、Mn系では負のままであった。これらは、Cr系では置換によりホールキャリアが増加するが、Mn系は実効的にはホールドーブになっていないことを示している。これらの結果から、鉄系超伝導体の常磁性・反強磁性相にみられる電気抵抗率の異方性は「電子・ホールドーブによるフェルミ面の形状変化」を反映したものであることが明らかになった。

学術雑誌に出版された論文

Strongly three-dimensional electronic structure and Fermi surfaces of $\text{SrFe}_2(\text{As}_{0.65}\text{P}_{0.35})_2$: Comparison with $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$

H. Suzuki, T. Kobayashi^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **89** (No.18, May) (2014) 184513 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.89.184513>).

Electronic structure of BaNi₂P₂ observed by angle-resolved photoemission spectroscopy

S. Ideta, M. Nakajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **89** (No.19, May) (2014) 195138 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.89.195138>).

Emergence of novel antiferromagnetic order intervening between two superconducting phases in LaFe(As_{1-x}P_x)O: ³¹P-NMR studies

H. Mukuda, K.T. Lai^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Journal of the Physical Society of Japan **83** (No.8, July) (2014) 083702 1-4
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.83.083702>).

Comparative study of the effects of electron irradiation and natural disorder in single crystals of SrFe₂(As_{1-x}P_x)₂ superconductor ($x=0.35$)

C. P. Strehlow, T. Kobayashi^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **90** (No.2, July) (2014) 020508(R) 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.90.020508>).

Normal-state charge dynamics in doped BaFe₂As₂: Roles of doping and necessary ingredients for superconductivity

M. Nakajima^s *et al.*

Scientific Reports **4** (July) (2014) 5873 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/srep05873>).

Evolution of the phase diagram of LaFeP_{1-x}As_xO_{1-y}F_y ($y=0-0.1$)

K.T. Lai^d, A. Takemori^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **90** (No.6, Aug.) (2014) 064504 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.90.064504>).

Vortex lattice structure in BaFe₂(As_{0.67}P_{0.33})₂ via small-angle neutron scattering

R. Morisaki-Ishii, M. Nakajima^s *et al.*

Phys. Rev. B **90** (No.12, Sept.) (2014) 125116 1-9
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.90.125116>).

Electronic phase diagram of SrFe₂(As_{1-x}P_x)₂ : Effect of structural dimensionality

T. Kobayashi^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s, N. Chikumoto
Journal of the Physical Society of Japan **83** (No.10, Sept.) (2014) 104702 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.83.104702>).

Strong Electronic Correlations in Iron Pnictides: Comparison of Optical Spectra for BaFe₂As₂-Related Compounds

M. Nakajima^s *et al.*
Journal of the Physical Society of Japan **83** (No.10, Sept.) (2014) 104703 1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.83.104703>).

Anisotropy of the superconducting gap in the iron-based superconductor BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂

T. Yoshida, M. Nakajima^s *et al.*
Scientific Reports **4** (Dec.) (2014) 7292 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1038/srep07292>).

Evidence of a universal relation between electron-mode coupling and T_c in Ba_{1-x}K_xFe₂As₂ superconductor from laser angle-resolved photoemission spectroscopy

W. Malaeb, M. Nakajima^s *et al.*
Phys. Rev. B **90** (No.19, Nov.) (2014) 195124 1-6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.90.195124>).

Antiferromagnetic spin fluctuations enhancing superconducting transition temperature in LaFeAsO-based high- T_c superconductors

H. Mukuda, K.T. Lai^d, A. Takemori^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*
JPS Conf. Proc. **3** (June) (2014) 015038 1-4
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.3.015038>).

Penetration depth and flux-flow resistivity measurements of BaFe₂(As_{0.55}P_{0.45})₂ single crystals

T. Okada, M. Nakajima^s *et al.*
Physica C **504** (Sept.) (2014) 24-27
(<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.physc.2014.03.025>).

国際会議における講演等

Two-types of quantum critical behaviors by 2- and 3-dimensional spin fluctuation near Mott transition in perovskite vanadates

S. Miyasaka^{s*} (invited)

Collaborative Conference on Materials Research (CCMR) 2014 (Incheon, Korea, June 23-27, 2014, 参加者数約 200 名), Korea

Optical observation of precursory superconductivity in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$

S. Tajima^{s*} (invited)

Low Energy Electrodynamics in Solids (LEES) 2014 (Loire Valley, France, June 29-July 4, 2014, 参加者数約 200 名), France

Relation of the precursor of superconductivity, the pseudogap and the charge density wave in the cuprate superconductors: Study of optical conductivity and oxygen isotope exchange effect in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$

S. Tajima^{s*}, E. Uykur^d, K. Kamiya^m, S. Miyasaka^s *et al.*

International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES'14) (Grenoble, France, July 7-11, 2014, 参加者数約 500 名), France

What controls the bosonic fluctuation and T_c in iron-based superconductors?

S. Tajima^{s*}, S. Miyasaka^s, A. Takemori^d, K.T. Lai^d, T. Kobayashi^d, Y. Nakamatsu^m, T. Adachi^m *et al.* (invited)

The Beijing International Workshop (II) on Iron-Based Superconductors (BIIS2014) (Beijing, China, Aug. 4-7, 2014, 参加者数約 200 名), China

Overview of Tajima group's activities

S. Tajima^{s*}

Final IRON-SEA meeting (Dresden, Germany, Sept. 12-13, 2014, 参加者数約 50 名), Germany

Optical study of $\text{SmFeAs}(\text{O},\text{F})$ thin film

M. Nakajima^{s*}

Final IRON-SEA meeting (Dresden, Germany, Sept. 12-13, 2014, 参加者数約 50 名), Germany

Comparative study of the superconducting gap in Raman scattering and ARPES of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_z$

S. Tajima^{s*}, H.T. Nguyen^d, K. Tanaka, T. Masui, S. Miyasaka^s (invited)

Institute for Materials Research (IMR) Workshop "Research frontiers of transition-metal compounds opened by advanced spectroscopies" (Sendai, Japan, Sept. 30- Oct. 2, 2014, 参加者数約 200 名)

Substitution effect of Ba/Sr, Sr/Ca in $A\text{Fe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) (poster)

T. Adachi^{m*}, T. Kobayashi^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

The 1st International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Japan, Nov. 16- 19, 2014, 参加者数約 300 名)

Band Structure Change with P/As Substitution in NdFe(P,As)(O,F) (poster)

A. Takemori^{d*}, T. Kobayashi^d, M. Uekubo^m, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

The 1st International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Japan, Nov. 16- 19, 2014, 参加者数約 300 名)

Magneto-elastic Coupling in Detwinned SrFe₂As₂ by Inelastic X-ray Scattering

N. Murai^{d*}, T. Kobayashi^d, M. Nakajima^s, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

The 27th International Superconductivity Symposium (ISS2014) (Tokyo, Japan, Nov. 25-27, 2014, 参加者数約 500 名)

Substitution Effect of Ba/Sr, Sr/Ca in AFe₂(As_{1-y}P_y)₂ (A =Ba, Sr, Ca)

T. Adachi^{m*}, T. Kobayashi^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

The 27th International Superconductivity Symposium (ISS2014) (Tokyo, Japan, Nov. 25-27, 2014, 参加者数約 500 名)

Reversal Anisotropy of In-plane Resistivity in Hole Doped Ba(Fe_{1-x}TM_x)₂As₂ (TM =Mn, Cr) (poster)

T. Kobayashi^{d*}, K. Tanaka, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s

The 27th International Superconductivity Symposium (ISS2014) (Tokyo, Japan, Nov. 25-27, 2014, 参加者数約 500 名)

Relation between structure anisotropy and T_c and phase diagram of AFe₂(As_{1-y}P_y)₂ (A =Ba, Sr, Ca)

T. Adachi^{m*}, T. Kobayashi^d, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

APS March Meeting 2015 (San Antonio, USA, 2-6 March 2015, 参加者数約 1000 名), USA

Magneto-elastic coupling in detwinned SrFe₂As₂ by inelastic X-ray scattering

N. Murai^{d*}, T. Kobayashi^d, M. Nakajima^s, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s *et al.*

APS March Meeting 2015 (San Antonio, USA, 2-6 March 2015, 参加者数約 1000 名), USA

Pressure-induced superconductivity in BaFe₂As₂ : optical study (poster)

E. Uykur^{d*}, T. Kobayashi^d, W. Hirata^m, S. Miyasaka^s, S. Tajima^s, C. Kuntscher

The conference Berlin 2015 (Berlin, Germany, March 15-20, 2015, 参加者数約 200 名), Germany

日本物理学会，応用物理学会等における講演

大学の孤立化と共同利用のあり方

田島 節子^{s*} (招待講演)

第2回物構研特別シンポジウム、「物質点生命科学における大学共同利用～物構研のあり方を問う～」(於 高エネ研、2014年5月28日)

122 相超伝導体に関する最新の話題と理解

中島 正道^{s*} (招待講演)

超伝導科学技術研究会、第84回ワークショップ、「新しい超伝導体のホットな話題、最新の理解」(於 東京、2014年7月22日)

Effect of P/As substitution on electronic properties of $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}$

K.T. Lai^{d*}、A. Takemori^d、S. Miyasaka^s、S. Tajima^s *et al.*

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

CaV_2O_4 における磁気・軌道秩序への Cr 置換効果

徳久 太一^{m*}、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s 他

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

非弾性 X 線散乱による鉄系超伝導体 SrFe_2As_2 のフォノン分散における磁気秩序の影響

村井 直樹^{d*}、小林 達也^d、中島 正道^s、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s 他

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

$\text{SmFeAs}(\text{O},\text{F})$ 薄膜の赤外分光測定

中島 正道^{s*}、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s 他

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

鉄ニクタイト超伝導体 $\text{NdFe}(\text{P},\text{As})(\text{O},\text{F})$ の単結晶育成および物性評価

竹森 章^{d*}、K.T. Lai^d、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s 他

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

BaMn_2As_2 における化学的圧力効果と電子ドーピング効果 (ポスター)

上久保 将大^{m*}、小林 達也^d、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 中部大学、2014年9月7日 - 9月9日)

$\text{AFe}_2(\text{As}_{1-y}\text{P}_y)_2$ ($A = \text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}$) における Ba/Sr, Sr/Ca 置換効果—電子構造に対する結晶構造の異方性効果— (ポスター)

足立 徹^{m*}、小林 達也^d、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s 他

京都大学、基研研究会「多自由度電子状態と電子相関が生み出す新奇超伝導の物理」(於 京都大学基研、2014年10月21-22日)

ホールドープした $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{TM}_x)_2\text{As}_2$ ($\text{TM} = \text{Cr}, \text{Mn}$) における面内電気抵抗率異方性の逆転 (ポスター)

小林 達也^{d*}、田中清尚、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s

京都大学、基研研究会「多自由度電子状態と電子相関が生み出す新奇超伝導の物理」(於 京都大学基研、2014年10月21-22日)

幾何学的フラストレーション系 CaV_2O_4 の Cr 置換による軌道秩序および構造相転移の抑制 (ポスター)

徳久 太一^{m*}、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s

物構研サイエンスフェスタ 2014 (第6回 MLF シンポジウム、第32回 PF シンポジウム)
(於 つくば国際会議場、2015年3月17-18日)

$\text{NdFeP}_{1-x}\text{As}_x(\text{O},\text{F})$ の角度分解光電子分光の組成依存性

竹森 章^{d*}、上久保 将大^m、小林 達也^d、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s 他

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

$\text{PrFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ ($y = 0, 0.05, 0.10$) の F 置換に伴う電子相図の変化

道下 修平^{m*}、竹森 章^d、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

F 及び Sr 置換による $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}$ の電子相図のキャリアドーピング効果

上久保 将大^{m*}、竹森 章^d、K.T. Lai^d、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

$\text{AFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ ($A = \text{Ba}_{1-y}\text{Sr}_y, \text{Sr}_{1-y}\text{Ca}_y$) の電子相図および結晶構造と T_c の関係

足立 徹^{m*}、小林 達也^d、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s 他

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

反射型テラヘルツ時間領域分光で観測した $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の超伝導ゆらぎ

隈部 壽照^{m*}、田中清尚、宮坂 茂樹^s、田島 節子^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

“光で探索する超伝導の世界”

田島 節子^s

「光科学の世界」p.198-213 (大阪大学光科学センター編、朝倉書店、2014年7月)

“北澤先生の思い出”

田島 節子^s

超電導コミュニケーションズ vol.23, No.6, 2014年

1.8 豊田グループ

平成 26 年度の研究活動概要

はじめに

当研究グループでは、独創的／最先端な質量分析装置の開発と、それらを用いた応用研究を行っている。特に最近では、我々のグループで開発した小型・高分解能のマルチターン飛行時間型質量分析計を核として、それを利用した新しい分析装置の開発や、応用研究を行っている。また、外部の研究機関・企業との共同研究も積極的に進めている。さらにイオン軌道のシミュレーション手法の開発も行っている。

マルチターン飛行時間型質量分析計を中心としたプロジェクト

飛行時間型の質量分析装置は、質量分解能が飛行距離に比例するため、高分解能を得るには装置の大型化が避けられない。我々のグループでは、同一飛行空間を多重周回させることで飛行距離を長くするという原理で、小型でありながら高分解能が得られるマルチターン飛行時間型質量分析計を開発した。この装置は扇形電場を4個用いたイオン光学系を採用しており、空間・時間の両方について完全収束条件を満足するよう設計されている。今年度は、このマルチターン飛行時間型質量分析計をベースとして次のようなプロジェクトを進めた。

1. マルチターン飛行時間型質量分析計を核とした分野横断型融合研究

当グループで開発した小型でありながら高分解能が得られるマルチターン飛行時間型質量分析計は、医学や歯学、環境科学などの様々な分野で広く用いることが可能である。理学研究科附属基礎理学プロジェクト研究センター学際理学部門を拠点として、大阪大学 e-square とも協力し、分野横断型の研究を学内外の様々な研究者と推進している。北海道大学農学研究院の波多野教授との共同研究で土壌から発生するガスの連続モニタリングシステムの開発では、1分間隔で大気レベル（300ppb）の亜酸化窒素などの複数ガスを数時間～数日にかけて連続測定できるようになった。また大阪大学歯学研究科の村上教授と、歯肉溝滲出液中の代謝物の網羅解析による歯周病診断に関する研究を行ない、歯周病を表す代謝物マーカーを特定した。大阪大学医学研究科眼科教室とは、COI Stream のプロジェクトで涙中の代謝物の網羅解析による目の疾患のオンサイト診断に関する研究を開始した。また、PM_{2.5} の原因物質と考えられている揮発性有機化合物（VOC）のオンサイト計測のためのプロトン移動反応を用いたイオン化法とマルチターン飛行時間型質量分析計を組み合わせたオンサイトモニタリングシステムの開発を開始した。

2. 超高分解能高速イメージング質量分析技術（質量顕微鏡）の構築

マルチターン飛行時間型質量分析計の完全収束性を活かし、広い範囲を一度にイオン化し、マルチターン飛行時間型質量分析計で像を保持したまま高分解能質量分離後、検出器に像を結像させる、像投影方式のイメージング質量分析計の開発と、この装置

の特長を活かした研究を行った。空間分解能 1 μ m 以下、質量分解能 1 万以上を達成している。本年度は、工学研究科粟津研究室との共同研究で薬物動態研究を行ったり、宇宙地球科学専攻の寺田研究室との共同研究で隕石中のアミノ酸などの有機化合物の分析などを行った。

3. 超高感度極微量質量分析システムの開発

集束イオンビーム、フェムト秒レーザーとマルチターン飛行時間型質量分析計を組み合わせた TOF-SIMS 装置を用いた月の石や隕石の局所 U-Pb 年代測定法の開発を宇宙地球科学専攻の寺田研と行った。ADC と TDC の両方の特徴を持ち合わせた検出システムを開発し、Pb の同位体比を本システムで検出できることを確認した。

共同研究

以下の共同研究を外部研究機関・企業と行っている。

1. アルカリ金属ターゲットを用いた多価イオンの電子移動解離 (大阪府立大学理学研究科)
2. 小型マルチターン飛行時間型質量分析計の開発 (MSI.TOKYO(株))
3. 土壌から発生する温室効果ガスの連続モニタリング手法の確立 (北海道大学農学研究院)
4. 歯周病のオンサイト診断法の確立 (歯学研究科, 工学研究科)
5. 目の疾患のオンサイト診断法の確立 (医学研究科)
6. 投影型イメージング質量分析計を用いた薬物動態研究 (工学研究科, 医学研究科, 東京工業大学)
7. 新しいイオン検出器の開発 (浜松ホトニクス(株), KEK, 工学研究科)
8. 残留ガス分析計の開発 ((株)堀場エステック)
9. PM_{2.5} の原因物質のオンサイトモニタリング装置の開発 (紀本電子工業(株))

学術雑誌に出版された論文

Real time monitoring of gases emitted from soils using the Multi-turn Time-of-Flight Mass Spectrometer "MULTUM-S II"

T. Anan^m, S. Shimma, Y. Toma, Y. Hashidoko, R. Hatano, M. Toyoda

Environ. Sci.: Processes Impacts **16** (No.12, Dec.) (2014) 2752-2757

(<http://dx.doi.org/doi:10.1039/C4EM00339J>).

国際会議における講演等**Development of high mass resolution tandem time-of-flight (TOF) mass spectrometer applicable to High Energy Electron Transfer Dissociation (HE-ETD)**

S. Hayakawa^{*}, R. Fujimoto, M. Sogi, H. Nagao, N. Imaoka^m, M. Toyoda, Y. Shigeri
20th International Mass Spectrometry Conference (Centre International de Congress Geneve, Geneve, Switzerland, Aug. 24-29, 2014, 参加者数約 1600 名), Switzerland

Metabolomic Analysis of Gingival Crevicular Fluid Using GC/MS (poster)

M. Ozeki^{m*}, J. Aoki, T. Bamba, S. Shimma, T. Nozaki, S. Murakami, M. Toyoda
20th International Mass Spectrometry Conference (Centre International de Congress Geneve, Geneve, Switzerland, Aug. 24-29, 2014, 参加者数約 1600 名), Switzerland

日本物理学会, 応用物理学会等における講演**飛行時間型質量分析計用の低抵抗 MCP 検出器の開発 (ポスター)**

今岡成章^{m*}, 小林浩之, 須山本比呂, 青木順, 豊田岐聡
第 62 回質量分析総合討論会 (於 ホテル阪急エキスポパーク, 2014 年 5 月 14 日 - 16 日)

飛行時間型質量分析計用の信号取得システムの開発 (ポスター)

日野裕太^{m*}, 松岡久典, 中林誠, 寺田健太郎, 青木順, 豊田岐聡, 石原 盛男^s
第 62 回質量分析総合討論会 (於 ホテル阪急エキスポパーク, 2014 年 5 月 14 日 - 16 日)

小型マルチターン飛行時間型質量分析計による歯肉溝浸出液の分析 (ポスター)

尾関美穂^{m*}, 馬場健史, 新聞秀一, 野崎剛徳, 村上伸也, 豊田岐聡
第 62 回質量分析総合討論会 (於 ホテル阪急エキスポパーク, 2014 年 5 月 14 日 - 16 日)

レーザー脱離イオン化を用いた表面処理剤のイメージング質量分析 (ポスター)

池田真一郎^m, 青木順^{*}, 勝川健一, 足達健二, 豊田岐聡
第 62 回質量分析総合討論会 (於 ホテル阪急エキスポパーク, 2014 年 5 月 14 日 - 16 日)

レーザーイオン化 SNMS による局所 U-Pb 年代分析法の開発 (ポスター)

寺田健太郎^{*}, 中林誠, 上岡萌, 豊田岐聡, 石原 盛男^s, 青木順, 中村亮介, 日野裕太^m
第 62 回質量分析総合討論会 (於 ホテル阪急エキスポパーク, 2014 年 5 月 14 日 - 16 日)

飛行時間型質量分析計用の低抵抗 MCP 検出器の飽和特性の評価 (ポスター)

今岡成章^{m*}
第 11 回原子・分子・光科学 (AMO) 討論会 (於 大阪大学シグマホール, 2014 年 6 月 6 日 - 7 日)

フェムト秒レーザーによるポストイオン化 SNMS の開発 (ポスター)

寺田健太郎^{*}, 中林誠, 上岡萌, 豊田岐聡, 石原 盛男^s, 青木順, 中村亮介, 日野裕太^m
第11回原子・分子・光科学 (AMO) 討論会 (於 大阪大学シグマホール, 2014年6月6日 - 7日)

1.9 野末グループ

平成 26 年度の研究活動概要

多孔質結晶のゼオライトでは、アルミノケイ酸塩の安定な骨格 $Al_mSi_nO_2(n+m)$ によってナノメートルサイズの細孔が形成され、それが規則正しく配列している。そのため、骨格構造をほとんど変えずに様々なゲスト物質を大量に吸蔵したり放出したりできる。また、骨格は Al の数だけ負に帯電しており、骨格のすき間には交換可能な陽イオンが多数分布する。陽イオンとしてアルカリ陽イオン（以後、陽イオン）を含むゼオライトを完全に脱水して、そこにアルカリ金属を外部から吸蔵させると、その s 電子はゼオライト中の陽イオンと共に複数の陽イオンに広がって共有される。即ち、細孔内の電子について、ナノクラスターとしての局在波動関数が与えられ、複数の量子準位が形成されて、それが配列する。アルカリ金属の吸蔵量を増加させると s 電子数が増加し、これらの量子準位を順に占有する。このように、基本構造を保ったまま電子数を大幅に変化させられる物質系は、他にあまり例が無い。

さらに、細孔内の s 電子は、細孔の窓を通じて隣接する細孔に遷移することができる。しかも、同一の細孔内の電子間にはクーロン斥力が働き、s 電子系でありながら強相関電子系となる。一方、物性研究では強束縛近似にオンサイト電子間斥力ポテンシャルを組み込んだ極めて単純な Hubbard モデルがよく用いられる。ゼオライト中の s 電子の系では、この単純な Hubbard モデルに近い状況を、電子数を大きく変化させても実現することが出来る。さらに、細孔内に分布する陽イオンの変位と s 電子が相互作用することによる電子格子相互作用も働くことから、s 電子が自己束縛したスモールポーラロン状態が形成される。その結果、電子相関と電子格子相互作用が相まって「強相関ポーラロン系」が形成される。ゼオライト中の s 電子系で観測される強磁性や反強磁性や、吸蔵量の増加によって絶縁体から金属に転移する現象などは、「強相関ポーラロン系」の枠組みで理解される。これらの様々な性質はバルクのアルカリ金属にはなかったものであり、ゼオライト骨格構造とアルカリ金属の種類とその吸蔵量に依存した新たな性質が観測される。

ゼオライト骨格構造の種類は非常に多く、細孔が単純立方構造 (LTA 骨格構造) やダイヤモンド構造 (FAU 骨格構造) や体心立方構造 (SOD 骨格構造) で配列した系では、これまで細孔中に種々のアルカリ金属を吸蔵させて多くの研究がなされてきた。一方、近年、細孔が二次元的に配列したゼオライト P (GIS 骨格構造) においても、詳しい研究が行われてきた。ここでは、ゼオライト P 中のカリウムクラスターについて、最近まとめられた成果を紹介する。

ゼオライト P では、図 1.1 に示したように、4つの 8 員環 (8R) が開いた GIS ケージが 8 員環を共有して a 軸方向と b 軸方向にジグザグチャンネルを形成し、それが互いに交わった擬二次元的な空間を形成している。また、4 員環がつながったベルト状の壁 (4Rs) が a 軸方向と b 軸方向に伸びており、GIS ケージの天井と床を形成している。陽イオンとしてカリウムを GIS ケージ当たり 2 個含むゼオライト K_2 -P (GIS ケージ当たりの化学式では $K_2Al_2Si_2O_8$) に、金属カリウムを GIS ケージ当たり n 個吸蔵させた K_n/K_2 -P の室温における光吸収スペクトルを図 1.2 に示す。カリウム吸蔵量 n の増加によって、1.2 eV 付近の吸収バンドが成長し、その高エネルギー側には、 n と共にシフトしながら成長する吸収バンドが観測される。1.2 eV の吸収バンドは、ジグザグチャンネルに平行な偏光によって s 電子が励起される光

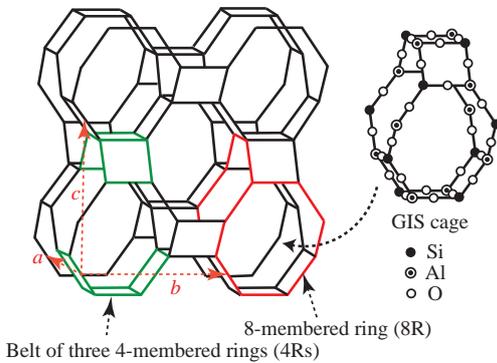


図 1.1: ゼオライト P の GIS 骨格構造と, GIS ケージの模式図。

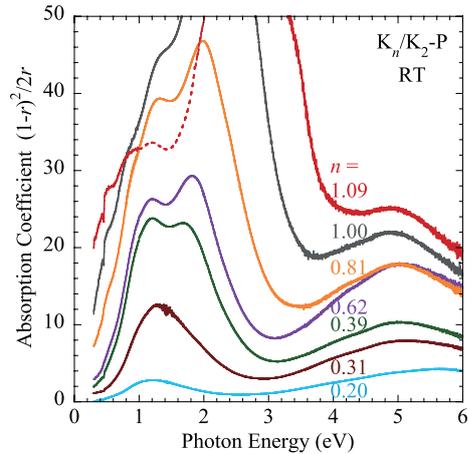


図 1.2: ゼオライト P に金属カリウムを GIS ケージ当たり平均 n 個吸蔵させた K_n/K_2-P の室温における光吸収スペクトル。

吸収と解釈され, n と共にシフトしながら成長する吸収バンドは, c 軸に平行な偏光によって s 電子の集団運動が励起される表面プラズモンと解釈されている。低エネルギー側では, n の増加と共に顕著な光吸収の成長が見られ, 系が金属に転移したことが予想される。

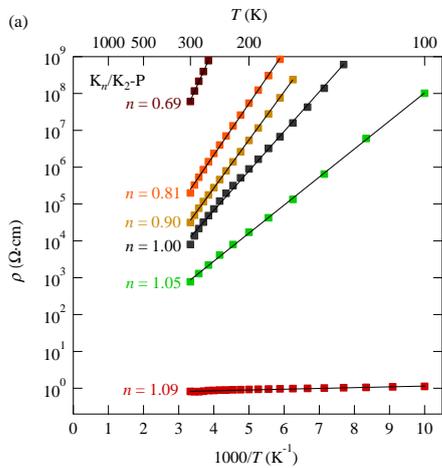


図 1.3: K_n/K_2-P における電気抵抗率の温度依存性。

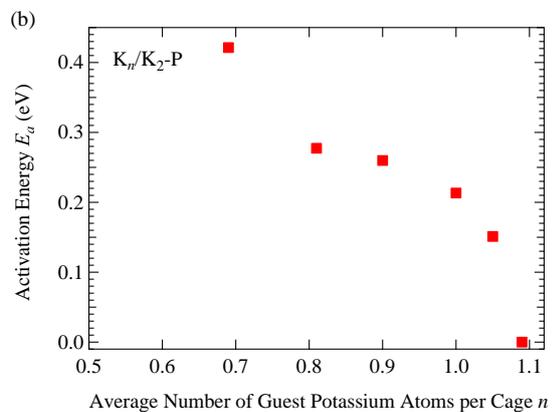


図 1.4: K_n/K_2-P における電気抵抗率の活性化エネルギーの n 依存性。

そこで, 電気抵抗率の温度依存性を測定した。図 1.3 に Arrhenius プロットを示すように, $n = 1.05$ 以下では, 有限なエネルギーギャップを示し, 絶縁体状態にある。しかし, $n = 1.09$ では, 突然ギャップが消失して, 金属に転移することがわかった。図 1.4 に, その活性化エネルギーを示す。活性化エネルギーは, $n = 0.8$ 付近から金属転移を起こす $n = 1.09$ の直前まで, 比較的一定の値を示し, $n = 1.09$ で突然ゼロになる。また, 磁気測定の結果, 全ての

吸蔵濃度 n において、ほぼ非磁性であった。

これらの結果を理解するためには、電子相関だけを取り込んだモデルでは説明できず、「強相関ポーラロン系」の概念の導入が必要である。通常のバンドモデルでは、特別な条件を除くと、配列したナノ空間に導入された s 電子系は金属にならなくてはならない。しかし、 n を増加させて $n = 1$ 近くまでの広い範囲で、非磁性の絶縁体状態にある。そこで、 s 電子が動けない状態を説明するために、電子格子相互作用によってスモールポーロン状態が形成されることを考えなくてはならない。スモールポーロン状態では、電子格子相互作用によって自己束縛した局在電子状態を形成し、ほとんど動くことが出来ない。しかし、スモールポーロン状態は磁気モーメントを持つことになるので、非磁性状態を説明することが出来ない。そこで、ふたつのスモールポーロンが結合したスモールバイポーロン状態を考える必要がある。ただし、その2個の電子をひとつの GIS ケージに閉じ込めると、その間のクーロン斥力が大きすぎる。そこで、隣接する GIS ケージにまたがった2中心型のスモールバイポーロンを考えることで、非磁性の絶縁体状態を説明することが出来る。その結果、 $n = 1$ において、全ての GIS ケージにスモールバイポーロンが形成されることが考えられる。また、活性化エネルギーが $n = 0.8$ 以上ではほぼ一定となるのは、熱的に励起された s 電子が、スモールバイポーロン上をラージポーロンとして遍歴するモデルで説明できる。それと同時に、 $n = 1$ を超えると、このモデルでは、スモールバイポーロン上に新たな s 電子を供給することになり、それはラージポーロンとして遍歴し、金属への転移が説明できる。このように、光学測定と電気伝導度と磁気測定の結果は、「強相関ポーロン系」としての性質として解釈できることが明らかになった。

学術雑誌に出版された論文

Crystal structures of heavily Na-loaded low-silica X (LSX) zeolites in insulating and metallic states

T. Ikeda, T. Nakano^s, Y. Nozue^s

J. Phys. Chem. C **118** (2014) 23202-23211

(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/jp507894u>).

Tuning of the ground state in electron doped anthracene

Q. T. Phan, S. Heguri, Y. Tanabe, H. Shimotani, T. Nakano^s, Y. Nozue^s, and K. Tanigaki
Dalton Transactions **43** (2014) 10040-10045

(<http://dx.doi.org/doi:10.1039/C4DT00071D>).

Insulator-to-metal transition in potassium-loaded zeolite P

G. P. Hettiarachchi^d, T. Nakano^s, and Y. Nozue^s

J. Phys. Soc. Jpn. **84** (2015) 014702-1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.84.014702>).

Neutron diffraction study of antiferromagnetic Na and K nanoclusters incor-

porated into sodalite

T. Nakano^s, M. Matsuura, A. Hanazawa^m, K. Watanabe, and Y. Nozue^s

JPS Conference Proceedings, 2nd International Symposium on Science at J-PARC.

国際会議における講演等**Insulator-to-Metal Transition and Magnetism of Strongly Correlated Polarons in Alkali-Metal Loaded Zeolites**

T. Nakano^s and Y. Nozue^{s*} (invited)

2nd International Conference on Functional Materials Science 2014 (ICFMS2014) (at Lombok, Indonesia, November 11-12, 2014, 参加者数 約 150 名), Indonesia

Electrons in Periodic Nanospace; Superatom Crystals

Y. Nozue^{s*} (invited)

HeKKSaGOn2014 Summer School, Nanotechnology: Potential & Challenges, Karlsruhe, Germany, September 1-10, 参加者数 約 100 名, Germany

Neutron diffraction study of antiferromagnetic Na and K nanoclusters incorporated into sodalite

T. Nakano^{s*}, M. Matsuura, A. Hanazawa^m, K. Watanabe and Y. Nozue^s

The 2nd International Symposium on Science at J-PARC, July 14, 2014, 参加者 約 200 名

日本物理学会, 応用物理学会等における講演**ゼオライト LSX 中の Na-K 合金クラスターが示すフェリ磁性の He による圧力効果 II**

中野岳仁^{s*}, G. P. Hettiarachchi^d, 岸本亮三^m, 石井康之, 渡邊功雄, 野末泰夫^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

Na を吸蔵したゼオライト LSX 中の絶縁体金属転移とスピン磁化率

中野岳仁^{s*}, 林俊平^m, 角野宏和^b, 野末泰夫^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

Ferromagnetic and Optical Properties of Na-K Alloy Clusters in Zeolite LSX II

L. M. Kien^{d*}, T. Goto^d, D. T. Hanh^p, T. Nakano^s, Y. Nozue^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

Effect of P/As substitution on electronic properties of $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}$

K. T. Lai*, A. Takemori, S. Miyasaka, S. Tajima, T. Nakano^s, Y. Nozue^s, F. Engetsu, and H. Mukuda

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

ナトリウムを吸蔵したゼオライト P の電子物性

G. P. Hettiarachchi^{d*}, 森朝文也^m, 西田憲史^m, M. N. M. Muhid, H. Hamdan, 中野岳仁^s, 野末泰夫^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

金属相の Na/Na-LSX における核磁気緩和の Na 濃度依存性

五十嵐睦夫*, 中野岳仁^s, 林俊平^m, 野末泰夫^s, P. イェグリッチ, A. クランツ, L. ジトゥコ, D. アルチョン

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

ゼオライト LSX 中の Rb クラスターの磁性と電気伝導

後藤輝生^{d*}, ル・マン・キエン^d, ズオン・ティ・ハン^p, 中野岳仁^s, 野末泰夫^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

Electrical Resistivity and Magnetic Properties of Na-K Alloy Clusters in Zeolite LSX

L. M. Kien^{d*}, T. Goto^d, D. T. Hanh^p, T. Nakano^s, Y. Nozue^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

ソーダライト中の K-Rb 合金および Rb クラスターの μSR

中野岳仁^{s*}, 谷辺健志^m, L. M. Kien^d, S. Yoon, M. Abdel-Jawad, F. L. Pratt, 渡邊功雄, 野末泰夫^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

 $S = 1/2$ ランダム三角格子反強磁性体 $\text{In}_2\text{Ga}_2\text{CuO}_7$ の強磁場磁性

奥谷顕*, 久我健太郎, 中野岳仁^s, 野末泰夫^s, 木村健太, M. Halim, 中辻知, 髭本亘, 伊藤孝, C. Broholm, 萩原政幸

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

金属及び絶縁体状態にある Na クラスターを内包したゼオライト LSX の結晶構造解析

池田卓史*, 中野岳仁^s, 野末泰夫^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

Two different ground states in a K-intercalated polyacene system

Q. T. N. Phan*, S. Heguri, H. Tamura, T. Nakano^s, Y. Nozue^s, K. Tanigaki

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

1.10 花咲グループ

平成 26 年度の研究活動概要

花咲研究室では、分子性物質および無機化合物における強相関電子系の交差相関物性および巨大応答を研究している。以下に、平成 26 年度の研究活動概要を記す。

巨大磁気抵抗を示す分子性伝導体の分子内相互作用の解明

フタロシアニン分子を構成要素とした分子性伝導体では、磁場印加により電気抵抗が 2 桁以上減少する巨大磁気抵抗が観測される。フタロシアニン分子には、電気伝導を担う π 電子と局在スピンとして振る舞う d 電子の 2 種類の電子が存在する。これまでの研究によって、 π 電子が電荷秩序を形成し、 d 電子は反強磁性的な秩序を形成する事が分かっている。 d 電子の反強磁性秩序は、 π 電子の電荷秩序を安定化させていると考えられるが、その両者を結ぶ分子内相互作用はこれまでよく分かっておらず、基底状態を解明する上でボトルネックになっていた。そこで、フタロシアニン分子が独立した状態で、 π 電子と d 電子のスピン由来の磁化を測定する事で、分子内のスピン間相互作用を明らかにした。具体的には、フタロシアニン分子を有機溶媒に完全に溶かし、ハロゲンを加えてフタロシアニン分子を酸化しながら、磁化を測定した。なお、有機溶媒に溶かしたフタロシアニン分子が安定に存在している事は、光学吸収スペクトルの測定から確認している。フタロシアニン分子溶液の磁化の温度依存性から見積もった Curie 定数を右図に示す。図に示すとおり、ハロゲン量に比例して磁化が単調に増加し、最終的に飽和していく。ハロゲンを加えていくと、 d 電子スピン由来の磁化に加えて、 π 電子スピン由来の寄与が加わっていくが、単調な増加傾向より π 電子と d 電子の相互作用が強磁性的である事が分かる。さらに、磁化の温度依存性を精査する事で、相互作用は 100K 以上の大きさを持つ事も示唆された。以上の結果から、フタロシアニン分子における巨大磁気抵抗は、フント結合が巨大磁気抵抗に寄与しているマンガン酸化物に類似した機構である事を示唆している。また、フタロシアニン分子では 強力な強磁性分子内相互作用を期待できる事から、分子のスピントロニクス研究を進める上で有益な分子である。

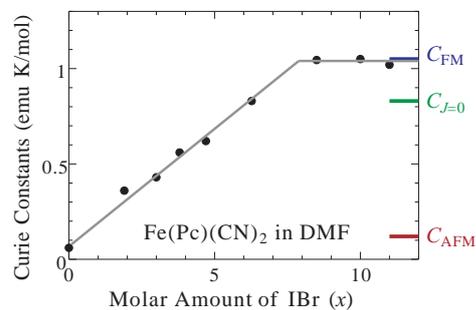
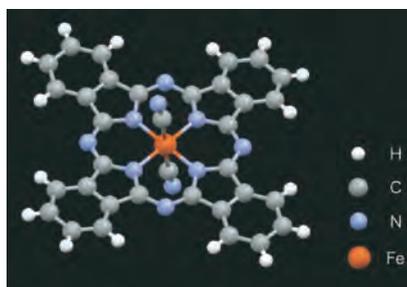


図 1.1: (左) フタロシアニン系分子の構造 (右) ハロゲンを加えたフタロシアニン溶液の Curie 定数

パイロクロア型ニオブ酸化物における all-in 型の原子変位

パイロクロア格子系では、スピンアイス状態などフラストレーション効果に起因した興味深い現象が期待される。パイロクロア型ニオブ酸化物に着目して格子や電荷等の自由度に由来する物性を探索している。これまでの研究で Nb 原子が変位する事は分かっていたが、原子変位をより正確に把握するため、これまでの EXAFS (extended x-ray absorption fine structure) に加えて、原子の 2 体相関を長距離まで調べられる中性子 PDF (atomic pair distribution function) 解析を行った。その結果、Nb-O 原子間、Nb-Nb 原子間、その他の原子間の相関に対応する多くのピークを観測した (左図)。中性子 PDF のシミュレーションも行ったが、実験との比較から Nb 原子は Nb 四面体の中心方向に変位しており、all-in 型の変位である事が分かった (右図)。この解析で得られた構造データを用いて、過去の EXAFS パターンも再現できる事から、信頼性の高いものである。ただし、原子変位に伴う超格子の半値幅から、その原子変位の相関長は高々数単位胞程度であり、極めて短いものであった。理論的研究から Nb 原子が all-in 型で変位する状態 (charge singlet 状態) が指摘されており、この状態に類似した状態であると考えられる。また、本物質には 4d 電子の局在スピンが存在するにも関わらず、磁化測定から非磁性状態である事が分かっている。この非磁性状態の原因として、all-in 型の変位に伴う singlet 的状態の形成が考えられる。

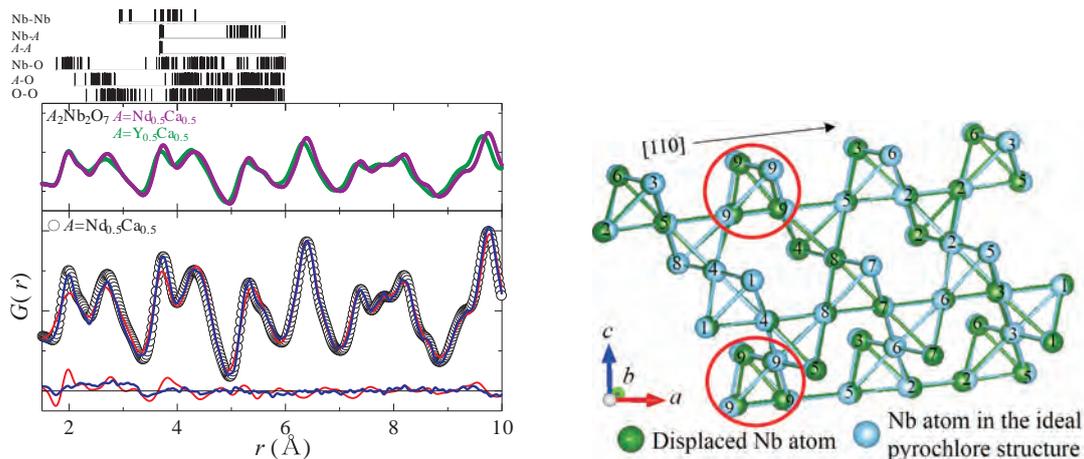


図 1.2: (左) パイロクロア型ニオブ酸化物における中性子 PDF パターン (右) 得られた Nb 原子の構造 (赤字部分が all-in 型の原子変位)

学術雑誌に出版された論文

One-dimensional phthalocyanine-based conductor with $S = 3/2$ isotopic magnetic centers

Y. Takita, H. Hasegawa, Y. Takahashi, J. Harada, A. Kanda^m, N. Hanasaki^s, and T.

Inabe

Journal of Porphyrins and Phthalocyanines **18** (2014) 814-823
(<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S108842461450062X>).

Metal-Insulator Transition and Thermoelectric Properties in Hexagonal Barium Titanates

S. Tsuchihashi^m, A. Kanda^m, H. Murakawa^s, and N. Hanasaki^s
JPS Conference Proceedings **3** (2014) 017033/1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSCP.3.017033>).

Bistable Multifunctionality and Switchable Strong Ferromagnetic-to-Antiferromagnetic Coupling in a One-Dimensional Rhodium(I)-Semiquinonato Complex

M.Mitsumi, T.Nishitani, S.Yamasaki, N.Shimada, Y.Komatsu, K.Toriumi, Y.Kitagawa, M.Okumura, Y.Miyazaki, N.Gorska, A.Inaba, A. Kanda^m, and N. Hanasaki^s
Journal of American Chemical Society **136** (2014) 7026-7037
(<http://dx.doi.org/doi:10.1021/ja5017014>).

Pressure variation of Rashba spin splitting toward topological transition in the polar semiconductor BiTeI

T. Ideue, J. G. Checkelsky, M. S. Bahramy, H. Murakawa^s, Y. Kaneko, N. Nagaosa, and Y. Tokura
Phys. Rev. B **90** (2014) 161107(R)/1-5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.90.161107>).

Multi-Walled Carbon Nanotube Growth in Multi-Walled Carbon Nanotubes by Chemical Vapor Deposition

T. Hasegawa^m, Daniel J. Arenas, and Hideo Kohno
J. Nanosci. Nanotechnol. **15** (2015) 1801-1804
(<http://dx.doi.org/doi:10.1166/jnn.2015.9030>).

Optimizing Growth Conditions for Coaxial Multi-Walled Carbon Nanotubes

T. Hasegawa^m, Daniel J. Arenas, and Hideo Kohno
Fuller. Nanotub. Car. N. **23** (2015) 687-690
(<http://dx.doi.org/doi:10.1080/1536383X.2014.967847>).

Flattened Multiwalled Carbon Nanotube with Multi-Layered Structure

Hideo Kohno, T. Hasegawa^m, and Satoshi Ichikawa
J. Nanosci. Nanotechnol. **15** (2015) 6094-6097
(<http://dx.doi.org/doi:10.1166/jnn.2015.10288>).

Splitting and Joining in Carbon Nanotube/Nanoribbon/Nanotetrahedron GrowthT. Hasegawa^m and Hideo KohnoPhys. Chem. Chem. Phys. **17** (2015) 3009-3013<http://dx.doi.org/doi:10.1039/c4cp05139d>.**Chains of Carbon Nanotetrahedra/Nanoribbons**Hideo Kohno and T. Hasegawa^mScientific Reports **5** (2015) 8430/1-4<http://dx.doi.org/doi:10.1038/srep08430>.**In situ Transmission Electron Microscopy of Individual Carbon Nanotetrahedron/nanoribbon Structures in Joule Heating**Y. Masuda^m, H. Yoshida, S. Takeda, and H. KohnoAppl. Phys. Lett. **105** (2014) 083107/1-5<http://dx.doi.org/doi:10.1063/1.4894003>.**国際会議における講演等****Magnetic-Field-Induced Suppression of Charge Order in Phthalocyanine- Molecular Conductor**N. Hanasaki^{s*}, A. Kanda^m, M. Ikeda^m, H. Murakawa^s, M. Matsuda, Y. Nogami, H. Tajima, and T. Inabe

5th International Meeting on Spin in Organic Semiconductors (Himeji, Oct. 13-17, 2014, 参加者数約 150 人)

Ferromagnetic Intramolecular π - d Interaction in a Phthalocyanine Molecular Conductor (poster)M. Ikeda^{m*}, A. Kanda^m, H. Murakawa^s, T. Inabe, H. Tajima, and N. Hanasaki^s

5th International Meeting on Spin in Organic Semiconductors (Himeji, Oct. 13-17, 2014, 参加者数約 150 人)

Nb Tetrahedral Displacement in Pyrochlore Niobates (poster)S. Torigoe^{d*}, H. Murakawa^s, Y. Nogami, H. Nakao, K. Kodama, D. Matsumura, K. Yoshii, and N. Hanasaki^s

The 1st International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Nov. 16-19, 2014, 参加者数約 200 人)

Magnetic and Electric Properties in a Phthalocyanine Molecular Mixed Crystal Exhibiting Giant Magnetoresistance (poster)

M. Ikeda^{m*}, A. Kanda^m, H. Murakawa^s, M. Matsuda, T. Inabe, H. Tajima, and N. Hanasaki^s
 The 1st International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Nov.16-19, 2014, 参加者数約 200 人)

Crystal Growth and Thermoelectric Properties in SnSe (poster)

S. Tsuchihashi^{m*}, Y. Aoishi^m, K. Katayama^b, H. Murakawa^s, and N. Hanasaki^s
 The 1st International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Program (Osaka, Nov.16-19, 2014, 参加者数約 200 人)

The Growth of Multi-Walled Carbon Nanotubes with Core-Sheath Structure by Chemical Vapor Deposition (poster)

T. Hasegawa^{m*}, Daniel J. Arenas and Hideo Kohno
 The 7th International Symposium on Surface Science (Matsue, Nov. 3, 2014)

In-situ transmission electron microscopy observations of bending of individual carbon nanotetrahedron/ribbon structures (poster)

Y. Masuda^{m*} and Hideo Kohno
 The 7th International Symposium on Surface Science (Matsue, Nov. 3, 2014)

日本物理学会，応用物理学会等における講演

非対称な軸性フタロシアニン分子の誘電特性

村川寛^{s*}, 花咲徳亮^s
 日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 10 日)

巨大磁気抵抗効果を示すフタロシアニン分子混晶 TPP[Co_{1-x}Fe_x(Pc)(CN)₂]₂ における磁気特性

池田光雄^{m*}, 神田成慶^m, 村川寛^s, 松田真生, 稲辺保, 田島裕之, 花咲徳亮^s
 日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 10 日)

巨大磁気抵抗を示す分子性伝導体の電子相関効果

花咲徳亮^{s*}, 村川寛^s, 池田光雄^m, 神田成慶^m, 松田真生, 野上由夫, 田島裕之, 稲辺保
 第 8 回物性科学領域横断研究会 (領域合同研究会), 大阪大学, 2014 年 11 月 21 日 - 11 月 22 日

局在スピン密度の巨大磁気抵抗効果への影響

池田光雄^{m*}, 神田成慶^m, 村川寛^s, 松田真生, 稲辺保, 田島裕之, 花咲徳亮^s
 日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学、2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

パイロクロア型ニオブ酸化物における Nb 四面体の電荷クラスター状態の探索

鳥越秀平^{d*}, 青石優平^m, 村川寛^s, 松村大樹, 吉井賢資, 米田安宏, 樹神克明, 池田一貴, 大友季哉, 中尾裕則, 野上由夫, 花咲徳亮^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

高効率熱電材料 SnSe のキャリアドーピング効果

土橋誠悟^{m*}, 青石優平^m, 片山敬介^b, 村川寛^s, 花咲徳亮^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

SnSe の熱電特性の研究と 1000K 級高温輸送特性測定装置の作製 (ポスター)

青石優平^{m*}, 土橋誠悟^m, 片山敬介^b, 村川寛^s, 花咲徳亮^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

軸性フタロシアニンヨウ化物の伝導特性

村川寛^{s*}, 駒田盛是^b, 花咲徳亮^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

カーボンナノチューブ/ナノリボン/ナノ四面体の成長中における分岐合流

長谷川駿行^{m*}, 河野日出夫

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

カーボンナノ四面体/リボンのジュール加熱に対する安定性の透過型電子顕微鏡その場観察

増田悠介^{m*}, 河野日出夫

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学、2015年3月21日 - 3月24日)

1.11 素粒子理論グループ

ゲージ・ヒッグス統合理論における LHC シグナルと暗黒物質

ゲージ・ヒッグス統合理論では、我々の時空に5次元目があり、ヒッグスボソンはゲージ場の一部で、相互作用の結果、ゲージ対称性そのものが破れる（細谷機構）。細谷、折笠 (KIAS)、幡中 (KIAS)、下谷、船津は、この細谷機構を電弱統合理論に適用し、 $SO(5) \times U(1)$ ゲージ・ヒッグス統合理論を構成し、その帰結を調べた。2015年夏より始まる 14 TeV の LHC 実験では、5次元目への励起モードとして Z' 粒子 ($Z'_R^{(1)}, Z^{(1)}, \gamma^{(1)}$) が 4 TeV–8 TeV 領域で観測されること、また、理論の中の dark fermion と呼ばれる粒子が宇宙の暗黒物質となること、そして、それが 2 TeV–3 TeV 領域で検出されるべきであることを示した。図 1.3 参照。

格子上の細谷機構

細谷は野秋 (KEK)、Cossu (KEK)、幡中 (KIAS) と共に、ゲージ対称性の自発的、力学的破れの機構としての細谷機構を格子ゲージ理論における数値シミュレーションで示した。 $SU(3)$ モデルで、adjoint fermion がある場合、Polyakov loop の固有値分布や感受率を詳細に調べ、 $SU(3) \rightarrow SU(2) \times U(1)$, or $U(1) \times U(1)$ の自発的対称性の破れがおこることを示唆する結果を得た。

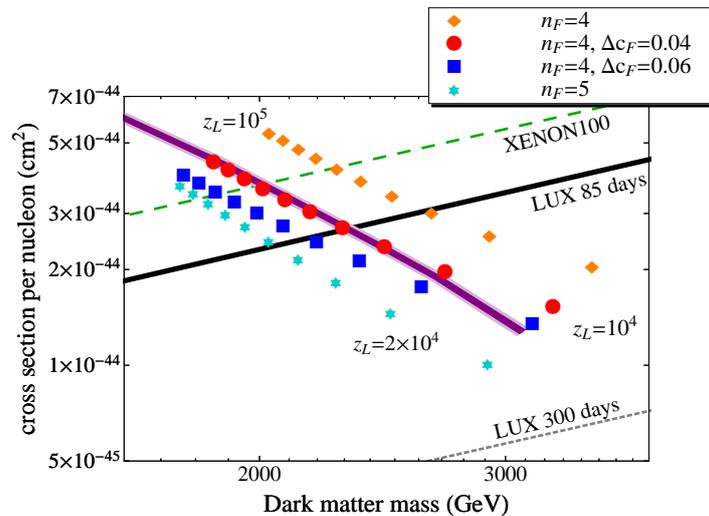


図 1.3: 暗黒物質となる dark fermion の質量と 1 核子との spin-independent cross section

点状相互作用を持つ 5 次元ゲージ理論と標準模型の階層性問題

δ -関数型ポテンシャルに代表されるような幅 0 の相互作用は点状相互作用と呼ばれる。藤本はハリス・チャンドラ研の西脇、神戸大の坂本、島根大の高橋らと共に、この点状相互作用を導入した 5 次元ゲージ理論において、1 世代のフェルミオンから出発して、レプトンの質量階層性とフレーバーの混合角が世代と共に実現されうるかを調べ、実際に実験値を再現

するパラメータ領域が存在することを指摘した。

背景磁場を持つ余剰次元オービフォールド模型

藤本は京都大の阿部、北海道大の小林、ハリス・チャンドラ研の西脇、神戸大の三浦・坂本らと共に一様な背景磁場をオービフォールド余剰次元に導入した理論を初めて構築し、その性質を調べた。従来までと違い、背景磁場とオービフォールドを同時に導入した理論では、多彩なフレーバー構造が存在した。さらに、これらを厳密に解析する手段として“双対”な量子力学系を解析し、一様な背景磁場をオービフォールド余剰次元の理論に対して、厳密に解析する手段を構築した。

R-parity を破る超対称性模型と今後の電気双極子能率測定実験

CP 対称性の破れに関する小林・益川理論は、初期宇宙でのバリオン数生成を説明するには不十分であり、CP 非保存の新しい起源を探ることは重要な研究テーマである。電気双極子能率は新しい CP 非保存の起源を探る上で格好の物理量であり、世界各地で実験研究が進められている。窪田は、佐藤透氏（原子核理論研究室）ならびに山中長閑氏（理化学研究所）と共に R-parity を破る超対称性模型を用いて、今後の電気双極子能率測定実験に向けての知見を得ることに努めた。即ち、現在までに知られている中性子、 ^{129}Xe , ^{205}Tl , ^{199}Hg , YbF , ThO の電気双極子能率の上限値から、CP を破るパラメータの許容される領域を同定し、この領域の範囲内で、今後測定が計画されている陽子、deuteron, ^3He , ^{211}Rn , ^{225}Ra , ^{210}Fr の電気双極子能率の最大可能な値を評価した。手法としては線形計画法を用いた。中性子のベータ崩壊における R 相関についても同様の解析を行った。

右巻き $b \rightarrow u$ カレント

田中(実)と榎本は最新の実験結果を考慮して $b \rightarrow u$ 遷移における CP 位相を持つ右巻きカレントについて研究を行なった。B ファクトリー実験における $B \rightarrow \pi\pi$, $\rho\rho$, DK の CP 破れのデータを詳細に分析し、この右巻きカレントに対する制限を求めた。その結果を用いて、現在建設中のスーパー B ファクトリー実験で標準模型を越える新たな CP の破れの現象が発見される可能性について明らかにした。

レプトンフレーバーの破れ

田中(実)は、後藤(KEK)、岡田(KEK)、進藤(工学院大)、渡邊(IBS, Korea)と共同で、Higgs 粒子の発見を受け、超対称シーソー模型でのレプトンフレーバーの破れについて新たな評価を行なった。LHC 等の最新の実験からの制限を考慮した上で、スーパー B ファクトリー実験での $\tau \rightarrow \mu\gamma$ や MEG II 実験での $\mu \rightarrow e\gamma$ といったシグナルが発見できる可能性があることを示した。

$\bar{B} \rightarrow D^{(*)}\tau\bar{\nu}$ による新物理の識別

田中(実)、Tayduganov は、渡邊(IBS, Korea)、坂本(KEK)と共同で $\bar{B} \rightarrow D^{(*)}\tau\bar{\nu}$ の分岐比および q^2 分布 ($q^2 \equiv (p_B - p_{D^{(*)}})^2$) を用いた新物理の識別について研究した。我々は q^2 に依存する新しい観測量 $R_{D^{(*)}}(q^2)$ を導入した。 $R_{D^{(*)}}(q^2)$ の有用性を示すために、 $R(D)$

と $R(D^*)$ の現在の実験値を説明できる新物理の可能なシナリオを仮定した上で、 $R_{D^{(*)}}(q^2)$ の「実験データ」をシミュレーションで生成し、 χ^2 を計算することで他の様々なモデルと比較した。その結果、 $R_{D^{(*)}}(q^2)$ がベクトル、スカラーおよびテンソル演算子に現れる新物理を識別するのに特に有用であることを見出した。我々はまた SuperKEKB/Belle II 実験においてこの量を観測する際の感度を調べ、様々なシミュレーションで生成した「データ」や様々なモデルに対して、 $R_D(q^2)$ と $R_{D^*}(q^2)$ を用いて 99.9% C.L でモデルを識別するために必要なルミノシティを見積もった。

原子ニュートリノ分光・対超放射

田中(実)は、笹尾(岡山大)、吉村(岡山大)らと共同で、原子・分子からの光子を伴うニュートリノ対生成 (radiative emission of neutrino pair, RENP) の研究、この過程の観測に必要なマクロコヒーレント増幅機構の解明のための対超放射 (paired superradiance, PSR) についての研究を進めた。ラマン過程により実現されるコヒーレントな媒質中での PSR についての実験を岡山大で行なった結果、 $O(10^{15})$ の増幅を観測し、マクロコヒーレント増幅機構の実証に成功した。また、RENP に対する宇宙背景ニュートリノ (cosmic neutrino background, CNB) の影響を調べた。その結果、RENP のスペクトルに対する Pauli blocking が原理的に観測可能であることを示し、CNB の検出、その性質の解明の可能性について指摘した。

ヒッグスインフレーションと平らなポテンシャルからのヒッグス・ポータル暗黒物質の質量の予言

尾田は、ヒッグス粒子と結合する暗黒物質について、ヒッグス場がインフラトンであるという仮定から、インフレーションスケールでヒッグス・ポテンシャルが平らになるための条件を求め、その質量が 1 TeV より小さくしなければならないことを示した。とくに、インフレーションスケールが弦理論のスケール 10^{17} GeV 場合には、質量は 400 GeV から 470 GeV の間にあることを示した。

標準模型の臨界性からのヒッグスインフレーション

尾田は、以前に提唱した、標準模型の示唆する平らなポテンシャルを用いたヒッグスインフレーションについて、Planck および BICEP2 の最新の観測結果を取り入れた詳細な解析を行った。

トポロジカルヒッグスインフレーション

尾田は、フロガットとニールセンの提唱した多点臨界原理をもちいて、ヒッグスポテンシャルの壁がトポロジカルインフレーションを引き起こす可能性を指摘した。

永遠のインフレーションと宇宙項問題

尾田は、超弦理論における超対称性を持たない真空が、われわれの世界を記述している、という仮説に基づき、ヒッグス場の値が弦スケールより大きな極限におけるヒッグスポテンシャルの一般的なふるまいを調べた。余次元が開き、宇宙項がゼロになる真空と我々の真空が縮退している可能性を発見した。

グラディエントフロー

グラディエントフローは発散のある場の理論の裸の場から仮想的な時間を導入し、場を拡散方程式による時間発展させるものである。非可換ゲージ理論の場合には発展させた場で作られるの任意の物理量が有限であるという非自明な事実が Luscher と Weisz によって発見された。この性質をもちいて、格子ゲージ理論における演算子の繰り込みについての新しい手法の開発などさまざまな応用が進んでいる。

大野木は菊地とともにグラディエントフロー $N=1$ の超対称ゲージ理論に対して超対称性と整合性のある拡張を求めた。特に、ゲージ理論において自然に導入されるフロー方程式の補生項をうまく選ぶ事で実際の計算で有用性の高いと思われる Wess-Zumino ゲージの中で閉じた方程式が得られることも示した。

グラフェン上の隠れた対称性

グラフェンは価電子の低エネルギー励起として質量ゼロのディラック粒子に対応するモードの存在によって特異な物性を生じる興味深い系である。この系がブリリュアンゾーン内でギャップが閉じるディラック点と呼ばれる運動量が存在することは系の離散的対称性によって保証されている。

一方、素粒子論の観点からはグラフェンは蜂の巣格子上のフェルミオンによって質量ゼロのディラック粒子を生じることから、この系に類似の高次元模型を考えることで QCD におけるクォークを記述する新しい定式化のヒントにつながる点で興味深い。

大野木と弘津および新谷は格子理論の観点から質量ゼロにともなうディラック粒子に有限格子間隔でも厳密に保たれる隠れたカイラルフレーバー対称性があることを発見した。これはギャップレスモードの存在の別解釈を与えると同時に、格子ゲージ理論においてグラフェンタイプの新しいカイラルフェルミオンの構成の可能性を示唆する。

有限温度 QCD における $U(1)_A$ 量子異常の消失の可能性

QCD はアップクォークとダウンクォークの質量ゼロ極限で、 $SU(2)$ と $U(1)$ の軸性カイラル変換に対する対称性を持つが、前者は自発的対称性の破れ、後者は量子異常、という別のメカニズムで対称性が破れている。長年、この両者は独立で、特に有限温度の相転移においても、回復するのは $SU(2)$ 対称性のみで、 $U(1)$ 量子異常は維持されると考えられてきた。数年前、深谷は JLQCD 共同研究で、 $U(1)_A$ の破れが消失するというシミュレーション結果を得た。この数値計算は、従来とは異なり、オーバーラップフェルミオンという $SU(2)$ 対称性を厳密に保つ作用を用いた初めての計算である。ただし、その数値計算コストの高さから、体積はごく小さいもの、ゲージ場の配位はトポロジーが自明なものに限られていた。共同研究に富谷が加わり、より大きな体積、非自明なトポロジーの足し上げを行うため、作用を改良型ドメインウォールフェルミオンに変更、大規模数値計算を進めた。その結果、ドメインウォールフェルミオンの低エネルギーモードのカイラル対称性の破れが予想に反して大きいこと、オーバーラップフェルミオンへ reweighting すると、固有値にギャップが開くことを確認した。これは改めて $U(1)_A$ の破れが消失する状況証拠を与える。この研究はカイラル相転移の次数に影響する等、ハドロン物理へ重要なインパクトを持つと考えている。

パイ中間子形状因子における有限体積効果の解析

格子 QCD の数値シミュレーションは有限体積でおこなわざるをえないため、その効果を

定量的に理解することは重要である。深谷と鈴木はパイ中間子の有効理論を用いて、2-4fm程度の格子 QCD におけるパイ中間子形状因子の有限体積でのふるまいを解析、特に、その有限体積効果の主要部分であるゼロモードの寄与を自動的に落とす物理量の組み合わせを見いだした。解析は有効理論の 1-loop のオーダーまで行い、その補正が定量的に小さいことを確認した。前年からの解析の細部も完成、論文が Physical Review D に掲載された。鈴木は引き続き、D 中間子の形状因子の数値計算を進めている。

QCD のトポロジカルサスセプティビリティの計算

深谷は QCD のトポロジカルサスセプティビリティを格子の部分空間で計算するという格子 QCD 数値計算の新しい手法を提案し、計算を行った。その結果はダイナミカルなクォークの影響を如実に反映し、カイラル摂動論の予言とよい一致を示した。

η' 中間子スペクトルの計算

η' 中間子の質量は格子 QCD で扱うことの難しい物理量であることが知られている。その原因は、数値計算コストがかかりかつパイ中間子のゆらぎによるノイズが大きい非連結なフェルミオンの contraction からの寄与の計算が難しいからである。深谷は η' 中間子の生成消滅演算子として従来のクォークモデルの描象を捨て、グルーオン場のみの演算子を使い、かつ Wilson flow でリンク変数をクーリングすることでノイズを減らし、 η' 中間子の質量を正確に抽出することに成功した。この手法は従来の手法の 1/10000 の数値計算コストで成し遂げられる。

補助場を加えたゲージ理論の解析

長澤と深谷はゲージ理論の分配関数を不変に保ち、かつ元々の作用も不変に保つ形で補助場を導入するという Kaplan の新しい理論 (extended QCD) の低エネルギーの振る舞いを 2 次元の簡単なモデルで解析した。その結果、理論が本来もつ場の自由度とは異なる場の自由度を含めるという、くりこみスキームの拡張ができることを見いだした。この結果はある場の理論の低エネルギー有効理論には、無数の記述法があることを示唆する。

強電磁場下の QCD シュインガー効果

橋本と園田は、東大の岡氏と共同で、強い電場と磁場の下での強結合 Large N_c $\mathcal{N} = 2$ 超対称 QCD におけるシュインガー効果を、AdS/CFT 対応を用いて計算した。結果、電場だけを考慮した場合と比較して、磁場が電場に平行に入るか否かで系の不安定性が増大したり減少したりする現象を発見した。

時間依存する電場の下での強相関金属相転移

橋本は、東大の岡氏、大阪市立大の木下氏、慶応大の村田氏と共同で、時間依存する電場をかけた場合に強相関の Large N_c $\mathcal{N} = 2$ 超対称 QCD における相転移を AdS/CFT 対応を用いて計算した。興味深いことに、臨界静電場に達しない非常に小さな電場でも、すばやく時間変化させることで、系が金属転移を起こすことが判明した。動的な相図を書くことに成功し、高強度レーザーによる強相関系金属転移の可能性を拓いた。

QCD の熱転移におけるエントロピー増大とブラックホール

橋本は、Stony Brook 大の Kharzeev 氏と共同で、QCD の熱的相転移の瞬間にクォーク対のエントロピーが劇的に増大する現象を、AdS/CFT 対応を用いて調べ、ブラックホールに弦が接触し弦の張力が赤方偏移により非常に小さくなることで説明が出来ることを発見した。(図 1.4 を参照.) 閉じ込めを起こす AdS/CFT 模型を用いた計算は定量的にも、格子ゲージ理論で計算されるエントロピーと一致することが示された。

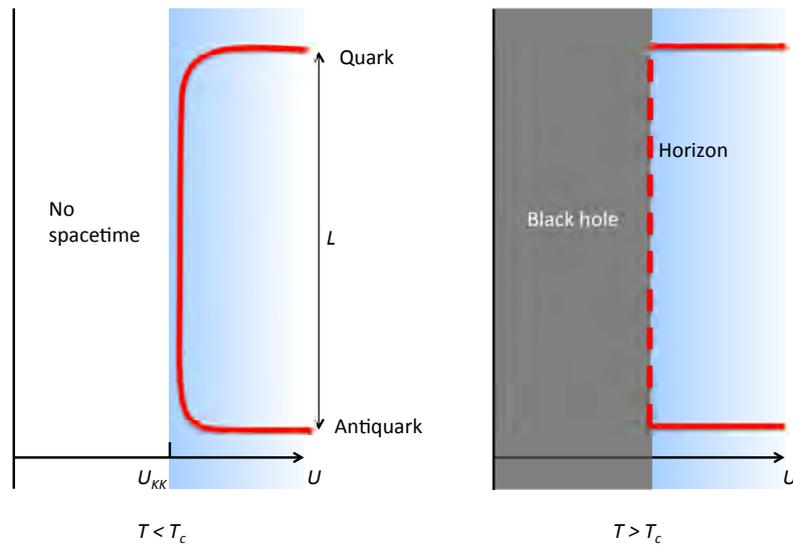


図 1.4: 左：閉じ込め時空中における弦の配位．閉じ込めポテンシャルを再現する．右：非閉じ込め時空中では、弦はブラックホールに端を持ち、点線部分の張力がゼロになるため、たくさんの配位をエネルギーコスト無しで実現でき、エントロピーが発散する。

BPS 状態の数え上げの壁越え現象

超弦理論を Calabi-Yau 多様体でコンパクト化して得られる 4 次元で $N=2$ の超対称性をもつ理論の BPS 状態のスペクトルは興味深い問題である。山口は Rutgers 大の西中、KEK の吉田とともに、トーリック Calabi-Yau 多様体中の D4-D2-D0 の BPS 状態の数え上げは一般に 2 次元の結晶融解模型から導出されること示した。

境界を持つ Riemann 面でのゲージ理論のコンパクト化

山口は Kavli IPMU の長崎とともに、4 次元の $N = 4$ 超対称ゲージ理論を境界を持つリーマン面でコンパクト化して得られる 2 次元の共形場理論について調べた。超対称性を一部保つためには、Riemann 面上でツイストと呼ばれる操作を行う必要がある。さらに、境界を導入した場合に超対称性を一部保つためには、適切な境界条件を課さなければならない。我々は、この境界条件について調べ、特に $N = (2, 2)$ の超対称性を保つ場合には、中心電荷を求めた。

M2 ブレーンの量子力学

岡崎は M2 ブレーンの理解をさらに深めるためにコンパクト Riemann 面に巻き付いた M2 ブレーンを考え、Riemann 面の大きさで特定されるエネルギーよりも理論のエネルギースケールが低い極限を取ることで得られる低エネルギー有効理論としての超共形量子力学理論の性質を研究した。

3次元超対称ゲージ理論の厳密計算

田中（章詞）は富谷、下谷らと共に $S^2 \times S^1$ 上に定義された超対称ゲージ理論における厳密計算を量子論的効果による対称性の破れの機構に応用した。また、森、森田（数学専攻）と共に $RP^2 \times S^1$ 上超対称ゲージ理論の厳密計算を行い、3次元ミラー対称性に応用し、非自明な数学等式を得、これを証明した。

行列模型での時間発展

超弦理論を非摂動的に定義する一つの候補として BFSS 行列模型がある。飯塚は京都大学基礎物理学研究所の青木氏、花田氏とともに、この模型の時間発展を詳しく調べる事により、10次元時空でブラックホールがどのように生成されるかを調べた。

超流動の重力双対

飯塚は、芝浦工科大学の前田健吾氏、および近畿大学の石橋氏とともに、ゲージ重力対応を詳しく調べる事によって超流動に対応する重力解を求めた。その解は、周りの時空は回転しているが、そのなかにあるブラックホール自体は回転していない時空に相当する。この解の特性を詳しく調べる事によってランダウの超流動の方程式をアインシュタインの重力理論から“導出”した。

学術雑誌に出版された論文

Polyakov loops and the Hosotani mechanism on the lattice

G. Cossu, H. Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, J. Noaki

Phys. Rev. D **89** (No.9, May) (2014) 094509, 1–22

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.89.094509>).

LHC signals of the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

Shuichiro Funatsu^d, H. Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, Y. Orikasa, and Takuya Shimotani^{DC}

Phys. Rev. D **89** (No.9, May) (2014) 095019, 1–18

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.89.095019>).

Dark matter in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

Shuichiro Funatsu^d, H. Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, Y. Orikasa, and Takuya Shimotani^{DC}

Prog. Theor. Exp. Phys. **2014** (No.11, November) (2014) 113B01, 1–40

(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptu146>).

Generalized Gradient Flow Equation and Its Application to Super Yang-Mills Theory

Kikuchi, Kengo and Onogi, Tetsuya

J. High Energy Phys. **1411** (November) (2014) 094, 1–26[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11\(2014\)094](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP11(2014)094)).**Review of lattice results concerning low-energy particle physics**

Aoki, Sinya and Aoki, Yasumichi and Bernard, Claude and Blum, Tom and Colangelo, Gilberto and Fukaya, Hidenori and Onogi, Tetsuya and others

Eur. Phys. J. C **74** (No.9, September) (2014) 2890, 1–179<http://dx.doi.org/doi:10.1140/epjc/s10052-014-2890-7>).**Position space formulation for Dirac fermions on honeycomb lattice**

Hirotsu, Masaki and Onogi, Tetsuya and Shintani, Eigo

Nucl. Phys. B **885** (August) (2014) 61–75<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysb.2014.05.014>).**Magnetic instability in AdS/CFT: Schwinger effect and Euler-Heisenberg Lagrangian of supersymmetric QCD**Hashimoto Koji^s, Takashi Oka and Akihiko Sonoda^dJ. High Energy Phys. **1406** (June) (2014) 085 1-19[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP06\(2014\)085](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP06(2014)085)).**Electric Field Quench in AdS/CFT**Hashimoto Koji^s, Keiju Murata, Shinichiro Kinoshita and Takashi OkaJ. High Energy Phys. **1409** (Sept.) (2014) 126 1-41[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09\(2014\)126](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09(2014)126)).**Entropic destruction of heavy quarkonium in non-Abelian plasma from holography**Hashimoto Koji^s and Dmitri KharzeevPhys. Rev. D **90** (Nov.) (2014) 125012 1-10<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.125012>).**Linear programming analysis of the R-parity violation within EDM-constraints**Nodoka Yamanaka, Toru Sato and Takahiro Kubota^sJ. High Energy Phys. **12** (December) (2014) 110, 1-54[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12\(2014\)110](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12(2014)110)).**M5-branes and Wilson surfaces in the AdS_7/CFT_6 correspondence**

Hironori Mori^{DC}, Satoshi Yamaguchi^s

Phys. Rev. D **90** (No.2, April) (2014) 206005,1–11

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.026005>).

Two-dimensional crystal melting and D4-D2-D0 on toric Calabi-Yau singularities

Takahiro Nishinaka, Satoshi Yamaguchi^s, Yutaka Yoshida

J. High Energy Phys. **1405** (May) (2014) 139, 1–57

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP05\(2014\)139](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP05(2014)139)).

Affine SU(N) algebra from wall-crossings

Takahiro Nishinaka, Satoshi Yamaguchi^s

J. High Energy Phys. **1407** (July) (2014) 030, 1–34

([http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07\(2014\)030](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP07(2014)030)).

Two-dimensional superconformal field theories from Riemann surfaces with a boundary

Koichi Nagasaki, Satoshi Yamaguchi^s

Phys. Rev. D **91** (No.6, March) (2015) 065025, 1–9

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.91.065025>).

Polarisation of physics on global courses

Allan Alinea^d, Wade Naylor^s

Phys. Educ. **50** (2015) 210

(<http://dx.doi.org/doi:10.1088/0031-9120/50/2/210>).

Higgs inflation still alive

Y. Hamada, H. Kawai, Kin-ya Oda^s, and S. C. Park

Phys. Rev. Lett. **112** (2014) 241301.

Predictions on mass of Higgs portal scalar dark matter from Higgs inflation and flat potential

Y. Hamada, H. Kawai, and Kin-ya Oda^s

J. High Energy Phys. **1407** (2014) 026.

Higgs inflation from Standard Model criticality

Y. Hamada, H. Kawai, Kin-ya Oda^s, and S. C. Park

Phys. Rev. D **91** (2015) 053008 1-17.

Topological Higgs inflation: Origin of Standard Model criticality

Y. Hamada, Kin-ya Oda^s, F. Takahashi
Phys. Rev. D **90** (2014) 097301.

Observation of coherent two-photon emission from the first vibrationally excited state of hydrogen molecules

Y. Miyamoto, Minoru Tanaka^s *et al.*
Prog. Theor. Exp. Phys. **2014** (November) (2014) 113C01, 1–12
(<http://dx.doi.org/doi:10.1093/ptep/ptu152>).

Right-handed current with CP violation in the $b \rightarrow u$ transition

Tetsuya Enomoto^d, Minoru Tanaka^s
Phys. Rev. D **91** (No.1, January) (2015) 014033, 1–12
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.91.014033>).

Lepton flavor violation in the supersymmetric seesaw model after the LHC 8 TeV run

T. Goto, Y. Okada, T. Shindou, Minoru Tanaka^s, R. Watanabe
Phys. Rev. D **91** (No.3, February) (2015) 033007, 1–14
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.91.033007>).

Experimental method of detecting relic neutrino by atomic de-excitation

M. Yoshimura, N. Sasao, Minoru Tanaka^s
Phys. Rev. D **91** (No.6, March) (2015) 063516, 1–6
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.91.063516>).

Can a stationary Bianchi black brane have momentum along the direction with no translational symmetry?

Norihiro Iizuka^s, Akihiro Ishibashi, Kengo Maeda
J. High Energy Phys. **1406** (2014) 064.

Persistent Superconductor Currents in Holographic Lattices

Norihiro Iizuka^s, Akihiro Ishibashi, Kengo Maeda
Phys. Rev. Lett. **113** (2014) 011601.

Computation of the electromagnetic pion form factor from lattice QCD in the ε regime

Hidenori Fukaya^s, S. Aoki, S. Hashimoto, T. Kaneko, H. Matsufuru and J. Noaki
Phys. Rev. D **90** (No. 3, August) (2014) 034506, 1–5
(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.034506>).

Extracting the electromagnetic pion form factor from QCD in a finite volumeHidenori Fukaya^s and Takashi Suzuki^dPhys. Rev. D **90** (No. 11, December) (2014) 114508, 1–8<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.114508>).**Realization of lepton masses and mixing angles from point interactions in an extra dimension**Yukihiro Fujimoto^{PD} *et al.*J. High Energy Phys. **1410** (2014) 191[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10\(2014\)191](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10(2014)191)).**Operator analysis of physical states on magnetized T^2/Z_N orbifolds**Yukihiro Fujimoto^{PD} *et al.*Nucl. Phys. B **890** (2014) 442–480<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysb.2014.11.022>).**Membrane quantum mechanics**Tadashi Okazaki^{DC}Nucl. Phys. B **890** (2014) 400–441<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.nuclphysb.2014.11.024>).**Symmetry breaking caused by large \mathcal{R} -charge**Akinori Tanaka^{DC}, Akio Tomiya^d, Takuya Shimotani^{DC}J. High Energy Phys. **1410** (2014) 136[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10\(2014\)136](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP10(2014)136)).**Phase Diagram of a Holographic Superconductor Model with s-wave and d-wave**Mitsuhiro Nishida^dJ. High Energy Phys. **1409** (Sep.) (2014) 154 1-14[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09\(2014\)154](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP09(2014)154)).**国際会議報告等****Lorentz violation and vacuum structure in string theories**Hashimoto Koji^sInt.J.Mod.Phys.Conf.Ser. **30** (May) (2014) 1460274 1-6.

2nd International Workshop on Antimatter and Gravity (WAG 2013), (Nov, 2013, 参加者約 50 名) (Switzerland).

Topology density correlator on dynamical domain-wall ensembles with nearly frozen topological charge

Hidenori Fukaya^s, S. Aoki, G. Cossu, S. Hashimoto, T. Kaneko, J. Noaki

Proceedings, 32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) : Columbia University, New York, June 23-28, 2014 **PoS LATTICE 2014** (2014) 323.

32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) (June 2014, 参加者数約 500 名) (USA).

Axial U(1) symmetry at finite temperature with M?bius domain-wall fermions

Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Takashi Kaneko, Jun-ichi Noaki, Akio Tomiya^d

Proceedings, 32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) : Columbia University, New York, June 23-28, 2014 **PoS LATTICE 2014** (2014) 210.

32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) (June 2014, 参加者数約 500 名) (USA).

Effects of near-zero Dirac eigenmodes on axial U(1) symmetry at finite temperature

Akio Tomiya^d, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Junichi Noaki

Proceedings, 32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) : Columbia University, New York, June 23-28, 2014 **PoS LATTICE 2014** (2014) 211.

32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) (June 2014, 参加者数約 500 名) (USA).

Supersymmetric Boundary Conditions in Three Dimensional N=2 Theories

Tadashi Okazaki^{DC} and Satoshi Yamaguchi^s

Proc. Symp. Pure Math. **88** (June) (2014) 343-350.

String-Math 2013 (USA).

国際会議における講演等

Hosotani mechanism and gauge symmetry breaking on the lattice

Yutaka Hosotani^{s*} (invited)

Summer Institute 2014, Fuji-Yoshida, 21-28 August 2014, 参加者約 100 名

LHC signals and dark matter in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

Yutaka Hosotani^{s*} (invited)

SUSY 2014, Manchester, 21-26 July 2014, 参加者約 300 名, England

Hidden exact symmetry in grapheneTetsuya Onogi^{s*} (invited)

32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) (June 2014, 参加者数約 500 名), USA

Electric quench in holographyHashimoto Koji^{s*} (invited)

APCTP focus week (at Pohang, Korea, July 14-20, 2014, 参加者数約 30 名), Korea

Turbulent meson condensation at quark deconfinementHashimoto Koji^{s*} (invited)

Workshop on strong dynamics beyond QCD from the lattice and string theory (at Shinchu, Taiwan, Dec. 8-10, 2014, 参加者数約 20 名, Taiwan)

Turbulent meson condensation at quark deconfinementHashimoto Koji^{s*} (invited)

KEK 理論研究会 (at Tsukuba, Japan, Jan. 28-31, 2015, 参加者数約 100 名)

Third Order Power Spectrum Using Uniform Approximation (poster)Allan Alinea^{d*}

The 24th Workshop on General Relativity and Gravitation ,(at Kavli IPMU, the University of Tokyo, Japan, November 10-14, 2014 , 参加者数約 180 名)

Higgs inflation and cosmological constant problemKin-ya Oda^{s*} (invited)

Joint Winter Conference on Particle Physics, String and Cosmology, High1 resort, 25-31, January, 2015. 100 名, Korea

Effect of the cosmic neutrino background on radiative emission of neutrino pairMinoru Tanaka^{s*}

KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology (KEK-PH2014), Tsukuba, Oct. 21-24 2014, 約 80 名

What does condensed matter physics tell us about general relativity?Norihiro Iizuka^{s*} (invited)The 2nd Workshop on Developments in M-Theory
(High1 Resort, Gangwondo, Korea, Jan 12-16, 2015), Korea

Holography and black holes in condensed matterNorihiro Iizuka^{s*} (invited)Workshop on Strong Dynamics beyond QCD from the Lattice and String Theory
(National Chiao-Tung University, Hsinchu, Taiwan, Dec 8-10, 2014), Taiwan**What does condensed matter physics tell us about general relativity?**Norihiro Iizuka^{s*} (invited)Holographic vistas on Gravity and Strings
(Yukawa Inst., Kyoto, May 26-28, 2014)**Topology density correlator on dynamical domain-wall ensembles with nearly frozen topological charge**Hidenori Fukaya^{s*}, S. Aoki, G. Cossu, S. Hashimoto, T. Kaneko, J. Noaki

32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) (June 2014, 参加者数約 500 名), USA

Axial U(1) symmetry at finite temperature with M?bius domain-wall fermionsGuido Cossu^{*}, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Takashi Kaneko, Jun-ichi Noaki, Akio Tomiya^d

32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) (June 2014, 参加者数約 500 名), USA

Effects of near-zero Dirac eigenmodes on axial U(1) symmetry at finite temperatureAkio Tomiya^{d*}, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Takashi Kaneko, Jun-ichi Noaki, Akio Tomiya^d

32nd International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2014) (June 2014, 参加者数約 500 名), USA

Extracting the eta-prime meson mass from the gluonic correlators in lattice QCDHidenori Fukaya^{s*} for JLQCD collaborationHadrons and Hadron Interactions in QCD – Effective theories and Lattice – (HHIQCD2015)
(YITP, Kyoto Univ, Mar 18 約 100 名)**Doublet-Triplet Mass Splitting and Proton Decay in SU(5) SUSY GUT with Horizontal Symmetry SU(1,1)**Naoki Yamatsu^{p*}

Summer Institute 2014 –Phenomenology of Elementary Particles and Cosmology–, (Fuji-Yoshida, August 23, 2014, 110)

Doublet-Triplet Mass Splitting and Proton Decay in SU(5) SUSY GUT with Horizontal Symmetry SU(1,1)Naoki Yamatsu^{PD*}

SUSY 2014 Conference, (Manchester University, July 21, 2014, 296), UK

Search for New Physics in semileptonic B decaysAndrey Tayduganov^{PD*}

International Workshop on the CKM Unitarity Triangle CKM2014 (at Vienna, Austria, September 8-12, 2014), Austria

 $\bar{B} \rightarrow D^{(*)} \tau \bar{\nu}$ in various new physics modelsAndrey Tayduganov^{PD*}

Rencontres du Vietnam: Physics at LHC and beyond (at Quy Nhon, Vietnam, August 10-17, 2014), Vietnam

Lepton Masses and Mixing Angles from Point InteractionsYukihiro Fujimoto^{PD*}

FLASY2014, (Sussex Univ., Jun. 2014, 参加者 80 名), England

Operator Analysis of Magnetized T^2/Z_N OrbifoldsYukihiro Fujimoto^{PD*}

Strings and Fields, (YITP, Jul. 2014, 参加者 約 100 名)

Realization of the Lepton Flavor Structure from Point InteractionsYukihiro Fujimoto^{PD*}

3rd International Conference on New Frontiers in Physics, (Orthodox Academy of Crete, Aug. 2014, 参加者 263 名), Greece

Some insights into cosmological four point correlation function (poster)Nobuhiko Misumi^{d*}, Takahiro Kubota^s

The 24th Workshop on General Relativity and Gravitation, (at Kavli IPMU, the University of Tokyo, Japan, November 10-14, 2014, 参加者数約 180 名)

Right-handed $b \rightarrow u$ currents in B decays (poster)Tetsuya Enomoto^{d*}, Minoru Tanaka^s

Summer Institute 2014 (Fuji-Yoshida, Aug. 21(Thu.) - 28(Thu.), 2014, 109 人)

 $b \rightarrow u$ right-handed charged current in B decaysTetsuya Enomoto^{d*}, Minoru Tanaka^s

KEK Flavor Factory Workshop (KEK-FF2014FALL) / Belle II Theory Interface Platform (B2TiP) Meeting, (KEK(Tsukuma), 28-31 October 2014, 110 人)

$b \rightarrow u$ right-handed charged current in B decays

Tetsuya Enomoto^{d*}, Minoru Tanaka^s

International Workshop on "Theoretical Particle Physics 2014", (Awaji Island, Hyogo, 3-5 November 2014, 40 人)

LHC signals of the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

Takuya Shimotani^{DC*}, Shuichiro Funatsu^d, Hisaki Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, Yuta Oriyasa (invited)

3rd International Conference on New Frontiers in Physics (at Crete, Jul. 28 - Aug. 6, 2014, 参加者数約 108 名), Greece

LHC signals of the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification (poster)

Takuya Shimotani^{DC*}, Shuichiro Funatsu^d, Hisaki Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, Yuta Oriyasa

Summer Insititute 2014 (at Fuji-yoshida, Aug. 21-28, 2014, 参加者数約 108 名)

LHC signals of the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification (poster)

Takuya Shimotani^{DC*}, Shuichiro Funatsu^d, Hisaki Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, Yuta Oriyasa

KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology (at KEK, Oct. 21-24, 2014, 参加者数約 84 名)

Superconformal index on $RP^2 \times S^1$ and mirror symmetry

Akinori Tanaka^{DC*}

Strings and Fields (YITP, July 22-26)

Superconformal index on $RP^2 \times S^1$

Akinori Tanaka^{DC*}

RIKEN-Osaka-OIST-Taiwan mathphys workshop(OIST, March 2-4)

Effects of near-zero Dirac eigenmodes on axial U(1) symmetry at finite temperature

Akio Tomiya^{d*}, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Junichi Noaki

ATHIC2014 (Osaka, August 5-8, 2015)

U(1) axial anomaly with chiral fermion at finite temperature

Akio Tomiya^{d*}, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Junichi Noaki

HHIQCD2015 (Kyoto, February 15 - March 21, 2015)

U(1) axial anomaly with chiral fermion at finite temperature (poster)

Akio Tomiya^{d*}, Guido Cossu, Hidenori Fukaya^s, Shoji Hashimoto, Junichi Noaki
HHIQCD2015 (Kyoto, February 15 - March 21, 2015)

Extracting the electro-magnetic pion form factor from QCD in a finite volume

Takashi Suzuki^{d*}

Hadrons and Hadron Interactions in QCD 2015 (at Kyoto, Japan, Feb. 15 - Mar. 21, 2015, 参加者数約 100 名)

Extracting the electro-magnetic pion form factor from QCD in a finite volume (poster)

Takashi Suzuki^{d*}

Hadrons and Hadron Interactions in QCD 2015 (at Kyoto, Japan, Feb. 15 - Mar. 21, 2015, 参加者数約 100 名)

QCD instability induced by a strong electromagnetic field in AdS/CFT

Akihiko Sonoda^{d*}, Hashimoto Koji^s, Takashi Oka

The 5th Asian Triangle Heavy Ion Conference 2014,(at Osaka, Japan, 5th-8th August 2014, 参加者約 100 名)

QCD instability induced by a strong electromagnetic field in AdS/CFT (poster)

Akihiko Sonoda^{d*}, Hashimoto Koji^s, Takashi Oka

20th European Workshop on String Theory,(at Mainz, Germany, 22th-26th September 2014, 参加者約 100 名), Germany

Electromagnetic instability in holographic QCD (poster)

Akihiko Sonoda^{d*}, Hashimoto Koji^s, Hashimoto, Takashi Oka

KEK Theory Workshop 2015,(at Ibaraki, Japan, 28th-31th January 2015, 参加者約 100 名)

Dark matter in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

Shuichiro Funatsu^{d*}, Hisaki Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, Yuta Orikasa, Takuya Shimotani^{DC}

KEK Theory Meeting on Particle Physics Phenomenology (KEK-PH 2014), (Tsukuba, 21-24 October)

Dark matter in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification (poster)

Shuichiro Funatsu^{d*}, Hisaki Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, Yuta Orikasa, Takuya Shimotani^{DC}

Summer Institute 2014 -Phenomenology of Elementary Particles and Cosmology-, (Fuji-

Yoshida, 21-28 August)

Phase Diagram of a Holographic Superconductor Model with s-wave and d-wave (poster)

Mitsuhiro Nishida^{d*}

Holographic vistas on Gravity and Strings, (at YITP, May 26-28 2014, 参加者数約 50 名)

Phase Diagram of a Holographic Superconductor Model with s-wave and d-wave (poster)

Mitsuhiro Nishida^{d*}

Strings and Fields, (at YITP, Jul 22-26 2014, 参加者数約 100 名)

Frustration in Holography (poster)

Mitsuhiro Nishida^{d*}

KEK Theory Workshop 2015, (at KEK Theory Center, Jan 28-31 2015, 参加者数約 100 名)

M5-branes and Wilson Surfaces in AdS₇/CFT₆ Correspondence

Hironori Mori^{DC*}, Satoshi Yamaguchi^s

Holographic vistas on Gravity and Strings (at Kyoto, Japan, May. 26-28, 2014, 参加者約 50 名)

M5-branes and Wilson Surfaces in AdS₇/CFT₆ Correspondence

Hironori Mori^{DC*}, Satoshi Yamaguchi^s

String-Math 2014 (at Edmonton, Canada, Jun. 9-13, 2014, 参加者約 130 名), Canada

M5-branes and Wilson Surfaces in AdS₇/CFT₆ Correspondence (poster)

Hironori Mori^{DC*}, Satoshi Yamaguchi^s

Strings 2014 (at Princeton, USA, Jun. 23-27, 2014, 参加者約 600 名), USA

M5-branes and Wilson Surfaces in AdS₇/CFT₆ Correspondence (poster)

Hironori Mori^{DC*}, Satoshi Yamaguchi^s

Strings and Fields (at Kyoto, Japan, Jul. 22-26, 2014, 参加者約 100 名)

Superconformal index on $\mathbf{RP}^2 \times \mathbf{S}^1$ and mirror symmetry

Akinori Tanaka^{DC}, Hironori Mori^{DC*}, Takeshi Morita

7th Taiwan String Workshop (at Taipei, Taiwan, Nov. 24-28, 2014, 参加者約 80 名), Taiwan

The gravity dual of supersymmetric Rényi entropy in two dimensions (poster)

Akinori Tanaka^{DC}, Hironori Mori^{DC*}, Mitsuhiro Nishida^d

KEK Theory Workshop 2015 (at Tsukuba, Japan, Jan. 28-31, 2015, 参加者約 90 名)

Surface operators in 4d supersymmetric theories

Hironori Mori^{DC*}

RIKEN-Osaka-OIST-Taiwan mathphys workshop 2015 (at Okinawa, Japan, Mar. 2-4, 2015, 参加者約 20 名)

Analyzing non-abelian gauge theory with auxiliary fields

Hidenori Fukaya^s, Ryou Nagasawa^{m*}

HHIQCD2015 -Hadrons and Hadron Interactions in QCD 2015, (at Kyoto, Japan, February 16-March 20, 2015, 参加者約 100 名)

Adiabatic regularization of power spectrum for non-minimal k-inflation (poster)

Yukari Nakanishi^{m*}

The 24th Workshop on General Relativity and Gravitation ,(at Kavli IPMU, the University of Tokyo, Japan, November 10-14, 2014 , 参加者数約 180 名)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

Higgs decay in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

船津 周一郎^{d*}、細谷 裕^s、下谷 卓也^{DC}、幡中久樹、折笠雄太

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

Universality and dark feemions in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification

船津 周一郎^d、細谷 裕^s、下谷 卓也^{DC*}、幡中久樹、折笠雄太

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 佐賀大学、2014 年 9 月 18 日 - 9 月 21 日)

高次元模型の物理

Yutaka Hosotani^{s*}

テラスケール 2014 -先端加速器 LHC が切り拓くテラスケールの素粒子物理学, 大阪大学, 27-29 November 2014, 100

$SO(11)$ Gauge-Higgs GUT

古井 敦志^m, 細谷 裕^s, 山津 直樹^{p*}

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

EW Symmetry Breaking in $SO(11)$ Gauge-Higgs GUT

古井 敦志^m, 細谷 裕^{s*}, 山津 直樹^p

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

Higgs to Z gamma in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification船津 周一郎^{d*}、細谷 裕^s、下谷 卓也^{DC}、幡中久樹、折笠雄太

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

インフレーション宇宙論におけるフレーム非依存性とホログラフィック・アプローチ窪田 高弘^s, 美澄 暢彦^{d*}

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

相対論的なFPSゲーム (理論)中山大樹, Kin-ya Oda^{s*}

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

原子過程を用いた宇宙背景ニュートリノの測定法田中 実^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

Extracting the η' meson mass from gluonic correlators from a short Wilson flowHidenori Fukaya^{s*}

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

Spontaneous Generation of Generations as a Mechanism for Suppressing Proton Decay via SUSY GUT Colored Higgses山津 直樹^{p*}

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

Fermion Flavor Structure from point interactions on an warped extra dimensionYukihiro Fujimoto^{PD*}

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

Dynamical Generation of Fermion Mass Hierarchy in an Extra DimensionYukihiro Fujimoto^{PD*}

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

右巻き $b \rightarrow u$ カレントの charmless 崩壊からの制限榎本 哲也^{d*}, 田中 実^s

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

B 中間子のハドロン崩壊における右巻き $b \rightarrow u$ カレント榎本 哲也^{d*}, 田中 実^s

CPV2014, (大阪大学・核物理研究センター, 2014年11月10日-11日, 62人)

Constraints on 2HDM from flavor observables榎本 哲也^{d*}, 渡邊遼太郎

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

Dark fermions in the $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unificationTakuya Shimotani^{DC*}, Shuichiro Funatsu^d, Hisaki Hatanaka, Yutaka Hosotani^s, Yuta Oriksa

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

SU(3) ゲージ理論における細谷機構の局所化の方法を用いた非摂動的な解析田中 章詞^{DC*}

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

一般化ドメインウォールフェルミオンによる高温 QCD における U(1) アノマリーの解析富谷 昭夫^{d*}, Guido Cossu, 深谷 英則^s, 橋本 省二, 野秋 淳一

基研研究会 素粒子物理学の進展 2014 (於 京都大学基礎物理学研究所, 2014年7月28日 - 8月1日)

一般化ドメインウォールフェルミオンによる高温 QCD における U(1) アノマリーの解析富谷 昭夫^{d*}, Guido Cossu, 深谷 英則^s, 橋本 省二, 野秋 淳一

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

高温 QCD における U(1)A アノマリー (ポスター)富谷 昭夫^{d*}, Guido Cossu, 深谷 英則^s, 橋本 省二, 野秋 淳一

第60回三者原子核若手夏の学校 (於 パノラマランド木島平, 2014年8月4日-8月9日)

カイラルフェルミオンを用いた有限温度 QCD における U(1) アノマリーの解析富谷 昭夫^{d*}, Guido Cossu, 深谷 英則^s, 橋本 省二, 野秋 淳一

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

閉じ込めを起こすゲージ理論での電磁場中の真空の不安定性と AdS/CFT 対応園田 昭彦^{d*}, 橋本 幸士^s, 岡隆史

日本物理学会 2014年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

様々なホログラフィック理論における乱流的メソン凝縮園田 昭彦^{d*}, 橋本 幸士^s, 西田 充宏^d

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

フラストレーションとホログラフィー

西田 充宏 ^{d*}

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

$\mathbb{RP}^2 \times \mathbb{S}^1$ 上の超共形指数とミラー対称性

田中 章詞 ^{DC}, 森 裕紀 ^{DC*}, 森田 健

日本物理学会 2014年年秋季大会 (於 佐賀大学, 2014年9月18日 - 9月21日)

可能な B-parity 条件下での $\mathbb{RP}^2 \times \mathbb{S}^1$ 上のミラー対称性

田中 章詞 ^{DC}, 森 裕紀 ^{DC*}

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

補助場のある非可換ゲージ理論の解析

深谷 英則 ^s, 長澤 亮 ^{m*}

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

Non-minimal inflation モデルにおけるパワースペクトルの断熱正則化

Allan Alinea ^d, 窪田 高弘 ^s, 中西 由香理 ^{m*}, Wade Naylor ^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

量子重力理論

橋本 幸士 ^s

数理科学 2015年2月号特集「物理学諸分野の拡がりとながり」サイエンス社 (2015年2月発行, 100頁)

超ひも理論をパパに習ってみた: 天才浪速阪教授の70分講義

橋本 幸士 ^s

講談社サイエンティフィック (2015年2月発行, 160頁)

吉川圭二先生の思い出

糸山浩司, 窪田 高弘 ^s

日本物理学会誌 Vol.69 No.5, May 2014, 328

アインシュタインの一般相対論

窪田 高弘 ^s

数理科学 No. 618, December 2014, 29-35

高温 QCD における U(1) カイラルアノマリー
青木慎也、Guido Cossu, 深谷 英則^s, 谷口裕介
日本物理学会 2014 年 5 月号 314 ページ

1.12 原子核理論グループ

平成26年度の研究活動概要

本年度、原子核理論研究室は以下のような研究を行った。

北澤・浅川は高エネルギー物理学研究機構の伊藤、京都大学基礎物理学研究所の入谷、九州大学の鈴木、理化学研究所の初田と共同で、格子上で定義された量子色力学に対して勾配フローの方法を適用することにより、5次元目の座標であるフロー時間を用いて格子上の広い結合定数領域に対してスケールを決定することに成功した。

池田・北澤・浅川は、格子上で得られたユークリッド相関関数からスペクトル関数を導出する際に用いられる最大エントロピー法を改良して、より多くの情報をユークリッド相関関数から得る試みを行った。また、クエンチ近似のもとで有限温度、ゼロバリオン化学ポテンシャルにおいて、相転移温度以上ではベクトル中間子の縦波成分と横波成分の間に顕著な差が現れることを見出した。

金・北澤・浅川は、格子上で北澤らによってクエンチ近似の範囲内で得られたクォーク伝搬関数を用い、さらにゲージ対称性を適切に取り入れることにより、クォーク・グルーオン・プラズマからの単位体積・単位時間当たりのレプトン対・光子生成量を計算した。

坂井田・北澤・浅川は、高エネルギー原子核衝突において生成されたハドロン相を念頭に、ハドロンの運動が非マルコフ的であることを考慮した場合の拡散を記述する方程式が Cattaneo 方程式となることを示し、さらに非マルコフの場合の拡散とマルコフの場合の拡散の比較を行った。

大西・北澤・浅川は、高エネルギー原子核衝突で生成されたハドロン物質の揺らぎを観測する際に、ハドロン物質中のハドロンが熱運動をしているという効果が、通常 Bjorken 的描像で仮定される時空ラピディティと運動量空間のラピディティとが等しいとした場合に得られる値をどの程度変更するかを調べた。その結果、通常仮定される程度の熱的凍結温度およびハドロン物質の流速に対しては、この効果は決して無視できないものであることが判明した。

北澤は、京都大学の国広、聖マリアーナ医科大学の根本と共同で、有限温度、有限密度媒質中におけるクォークスペクトル関数に関する研究を行った。カイラル有効模型を用いて、QCD 臨界点近傍で相転移に付随したソフトモードがクォークの準粒子描像に及ぼす影響を調べた結果、この効果によって QCD 臨界点付近の準粒子描像が平均場近似的な描像から強く変更されることが示された。

村田・佐藤は北海道大学堀内渉、新潟大学鈴木宜之と共同研究で、ニュートリノ ${}^4\text{He}$ の荷電、中性電流反応を調べた。この反応は超新星爆発における軽元素によるニュートリノ加熱の一つの重要な過程であるが、4核子系の終状態における相関を取り入れた理論解析が必要となっている。堀内らが開発した相関ガウス法および複素スケールリング方を用いて得られた応答関数を用いて解析した結果、従来の理論計算による温度平均断面積は過大評価されている可能性が明らかになった。

上坂・佐藤は久野良孝、埼玉大佐藤丈、名古屋大山中真人らとの共同研究でミュー原子の荷電レプトン数非保存 (CLFV) 崩壊 $\mu^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$ 過程の研究を行った。原子核電荷分布の広がりを考慮したクーロン相互作用による電子歪曲波を用いて CLFV 崩壊確率を調

べた。クーロン相互作用により、例えば ^{208}Pb における反応では、簡単な従来の評価に比べて約9倍近く遷移確率が増大し、CLFV 検出の感度が向上することが分かった。

那須・中村・佐藤は物質中における重陽子及びニュートリノ反応の研究を進めた。超新星爆発では、通常の原子核物質密度程度から非常に密度の小さい領域までの、幅広い環境においてニュートリノが生成、吸収され、物質中のニュートリノ反応の解析が求められている。温度グリーン関数の方法を用い、T 行列近似による定式化を行った。解析の結果、原子核物質密度の1割程度の領域では、2核子は束縛せず、ニュートリノ放出率が減少すること、さらに、これらの領域では重陽子が短寿命の共鳴状態となることを示した。

中村・佐藤は核物理研究センター鎌野寛之と $\bar{K}N$ 反応の解析の共同研究を行った。中間子交換チャンネル結合モデルに基づき、現在入手可能なすべての $\bar{K}N$ 反応のデータを統一的に記述する反応モデルを構築した。その結果 Y^* 質量、幅、結合定数がえられ、またハイパー核生成反応などに用いる素過程の振幅が提供できるようになった。

佐藤はアルゴンヌ研究所の Jiajun Wu, T. -S. H. Lee らとの共同研究で重陽子におけるニュートリノによるパイ中間子生成反応の研究を行った。核子、パイ中間子の終状態再散乱の効果を取り入れた解析を行い、これまでのインパルス近似の妥当性を調べた。その結果 $\nu_\mu + d \rightarrow \mu^- + \pi^+ + p + n$ など終状態2核子が pn ペアとなる反応では核子間終状態相互作用を取り入れることが非常に重要であることが分かった。この反応はニュートリノによるパイ中間子生成過程に関する唯一の素過程に関するデータであり、ANL, BNL の泡箱データの再解析を行う必要性が示された。

核子中のスピン、特にグルオンの全軌道角運動量をゲージ不変性に矛盾することなく固有スピンと軌道角運動量の寄与に分解することができるか否かは長い間明解な解答が与えられない難しい問題であった。ここ5年ほどにわたる精力的な研究によって、以下の2つの疑問に明解に答えることが核子スピン分解問題の残された重要な課題であることがはっきりしてきた。第1の課題は、グルオンの全角運動量をスピンと軌道角運動量の寄与にゲージ不変に分解できるという主張は、光子の全角運動量を光子のスピンと軌道角運動量の寄与にゲージ不変に分解することは不可能であると主張する標準的な電磁気学の記述と矛盾しないのかという疑問に明瞭な形で答えることである。若松は、この問題と、最近多くの研究者が指摘した核子スピンのゲージ不変な分解は無限にあるのではないかという疑問には不可分の関係があることに気づいた。したがって、これらは同時に解決されるべき類の問題である。第2の実用上より重要な問題は、現存する2種類の核子スピン分解、すなわち、カノニカル・タイプの分解と、メカニカル・タイプの分解では、どちらが観測可能な分解なのかという疑問に答えることである。若松はこれらの両方の問題に対して、明解な解答を与えることができた。

学術雑誌に出版された論文

A Thermodynamics of SU(3) gauge theory from gradient flow on the lattice

M. Asakawa^s, E. Itou, T. Hatsuda, M. Kitazawa^s, H. Suzuki

Phys. Rev. D **90** (No. 1, July) (2014) 011501 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.011501>).

Emergence of soft quark excitations by the coupling with a soft mode of the QCD critical pointM. Kitazawa^s, T. Kunihiro, Y. NemotoPhys. Rev. D **90** (No. 11, Nov.) (2014) 116008 1-9<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.116008>).**Effects of global charge conservation on time evolution of cumulants of conserved charges in relativistic heavy ion collisions**M. Sakaida^d, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^sPhys. Rev. D **90** (No. 6, Dec.) (2014) 064911 1-9<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.064901>).**Flavor structure of the unpolarized and longitudinally polarized sea-quark distributions in the nucleon**M. Wakamatsu^sPhys. Rev. D **90** (No.9, Aug.) (2014) 034005 1-26<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevD.90.034005>).**Is a gauge-invariant complete decomposition of the nucleon spin possible ?**M. Wakamatsu^sInt. J. Mod. Phys. A **29** (No.9, Apr.) (2014) 1430012 1-51<http://dx.doi.org/doi:10.1142/S0217751X14300129>).**Dynamical coupled-channels model of K^-p reactions: Determination of partial-wave amplitudes**H. Kamano, S. Nakamura^p, T.-S.H. Lee, T. Sato^sPhys. Rev. C **90** (No.6, Dec.) (2014) 065204 1-40<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.90.065204>).**Linear programming analysis of the R-parity violation within EDM-constraints**N. Yamanaka, T. Sato^s, T. Kubota^sJHEP **12** (No.12, Dec.) (2015) 110 1-54[http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12\(2014\)110](http://dx.doi.org/doi:10.1007/JHEP12(2014)110)).**Incoherent pion production in neutrino-deuteron interactions**Jia-Jun Wu, T. Sato^s, T.-S.H. LeePhys. Rev. C **91** (No.12, Mar.) (2015) 035302 1-11<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevC.91.035203>).**Neutrino Emissivities from Deuteron-Breakup and Formation in Supernovae**

S. Nasu^d, S. Nakamura^p, T. Sato^s, K. Sumiyoshi, F. Myhrer, K. Kubodera
 Astrophys. J. **801** (Mar.) (2015) 78 1-12
 (<http://dx.doi.org/doi:10.1088/0004-637X/801/2/78>).

国際会議報告等

Center domains and their phenomenological consequences in ultrarelativistic heavy ion collisions

M. Asakawa^{s*}

Nucl. Phys. A **931** (Nov.) (2014) 1120-1124.

XXIV International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (May 2014, 参加者数約 800 名) (Germany).

Fluctuations and QCD phase structure

M. Kitazawa^{s*}

Nucl. Phys. A **931** (Nov.) (2014) 92-102.

XXIV International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (May 2014, 参加者数約 800 名) (Germany).

Are there infinitely many decompositions of the nucleon spin ?

M. Wakamatsu^{s*}

Int. J. Mod. Phys. : Conference Series **25** (Jan.) (2014) 1460031/1-10.

QCD Evolution Workshop (May 2013, 参加者数約 80 名) (USA).

Neutrino Emissivities from Deuteron-Breakup and Formation in Supernovae

S. Nakamura^{p*}

J. Phys. Conf. Ser. **569** (Dec.) (2014) 012057 1-5.

3rd International Workshop on "State of the Art in Nuclear Cluster Physics" (May 2014, 参加者数約 100 名).

国際会議における講演等

Center domains and their phenomenological consequences in ultrarelativistic heavy ion collisions

M. Asakawa^{s*}

XXIV International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (at Darmstadt, Germany, May 19-24, 2014, 参加者数約 800 名), USA

Conserved Charge Fluctuations: Myth and FactsM. Asakawa^{s*} (invited)

Workshop on QCD at high density (at Mumbai, India, Jan. 27-30, 2015, 参加者数約 50 名), India

Fluctuations and QCD phase structureM. Kitazawa^{s*} (invited)

XXIV International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (at Darmstadt, Germany, May 19-24, 2014, 参加者数約 800 名), Germany

Thermodynamics of gauge theory from gradient flowM. Kitazawa^{s*}

eXtreme QCD (XQCD) (at Stony Brook, USA, June 19-21, 2014, 参加者数約 100 名), USA

Measurement of thermodynamics from gradient flowM. Kitazawa^{s*} (invited)

The 32nd International Symposium on Lattice Field Theory (at New York, USA, June 23-28, 2014, 参加者数約 500 名), USA

Energy-momentum tensor and thermodynamics of lattice gauge theory from gradient flowM. Kitazawa^{s*} (invited)

The 5th Asian Triangle Heavy Ion Conference 2014 (at Osaka, Japan, Aug. 5-8, 2014, 参加者数約 120 名)

Understanding fluctuations using rapidity window and collision energy dependencesM. Kitazawa^{s*} (invited)

Workshop on Beam Energy Scan II (at Berkeley, USA, Sep. 27-29, 2014, 参加者数約 60 名), USA

Non-Gaussian fluctuations in relativistic heavy ion collisionsM. Kitazawa^{s*} (invited)

Kavli IPMU-RIKEN iTHES-Osaka TSRP Symposium "Frontiers of Theoretical Science - MATTER, LIFE and COSMOS -" (at Kashiwa, Japan, Nov. 6, 2014 参加者数約 100 名)

Charmonium spectra and dispersion relation with improved Bayesian analysis in lattice QCDA. Ikeda^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

The 32nd International Symposium on Lattice Field Theory (at New York, USA, June 23-28, 2014, 参加者数約 500 名), USA

Charmonium spectra and dispersion relation with improved Bayesian analysis in lattice QCD

A. Ikeda^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

The 5th Asian Triangle Heavy Ion Conference 2014 (at Osaka, Japan, Aug. 5-8, 2014, 参加者数約 120 名)

Determination of charm quark diffusion parameter with improved Bayesian analysis in lattice QCD (poster)

A. Ikeda^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

XXIV International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (at Darmstadt, Germany, May 19-24, 2014, 参加者数約 800 名), Germany

First principle calculation of dilepton production rate in strongly interacting QGP (poster)

T. Kim^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

XXIV International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (at Darmstadt, Germany, May 19-24, 2014, 参加者数約 800 名), Germany

Dilepton production spectra above T_c analyzed with a lattice quark propagator

T. Kim^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

9th International Workshop on Critical Point and Onset of Deconfinement (at Bielefeld, Germany, Nov. 17-21, 2014, 参加者数約 150 名), Germany

Non-perturbative dilepton production rate in strongly interacting QGP

T. Kim^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

The 5th Asian Triangle Heavy Ion Conference 2014 (at Osaka, Japan, Aug. 5-8, 2014, 参加者数約 120 名)

Effects of the global charge conservation on the time evolution of fluctuations of conserved charges in relativistic heavy ion collisions (poster)

M. Sakaida^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

XXIV International Conference on Ultrarelativistic Nucleus-Nucleus Collisions (at Darmstadt, Germany, May 19-24, 2014, 参加者数約 800 名), Germany

Diffusion phenomenon of electric charge and fluctuation observed at ALICE

M. Sakaida^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

The 5th Asian Triangle Heavy Ion Conference 2014 (at Osaka, Japan, Aug. 5-8, 2014, 参

加者数約 120 名)

Higher order fluctuations of conserved charges in heavy ion collisions

M. Sakaida^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

Hot Quarks 2014 (at Las Negras, Spain, Sep. 21-28, 2014, 参加者数約 80 名), Spain

The current status of the nucleon spin decomposition problem

M. Wakamatsu^{s*} (invited)

ECT* Workshop on Spin and Orbital Angular Momentum of Quarks and Gluons in the Nucleon (at ECT*, Trento, Italy, Aug. 25 - 29, 2014, 参加者数約 40 名), Italy

Nucleon resonances from coupled channel reaction model

T. Sato^{s*} (invited)

Exciting Baryons: Design and Analysis of Complete Experiments for Meson Photoproduction (at Trento, Italy, June 30- July 4, 2014, 参加者数約 30 名), Italy

Electroweak meson production reaction in the nucleon resonance region

T. Sato^{s*} (invited)

Workshop on Neutrino Interactions(Center for Theoretical Underground Physics and Related Areas (CETUP*)) (at Lead, USA, July 22-31, 2014, 参加者数約 50 名), USA

Nucleon resonances and the analysis of meson production reaction

T. Sato^{s*} (invited)

Connecting Nuclear Physics and Elementary Particle Interactions (at Huelva, Spain, Aug. 30- Sept. 4, 2014, 参加者数約 30 名), Spain

Pion Production

T. Sato^{s*} (invited)

the NuSTEC Training in Neutrino Nucleus Scattering Physics (at Batavia, USA, Oct. 21-29, 2014, 参加者数約 100 名), USA

Neutrino Emissivities from Deuteron-Breakup and Formation in Supernovae

S. Nakamura^{p*}

3rd International Workshop on "State of the Art in Nuclear Cluster Physics" (at Yokohama, Japan, May 26-30, 2014, 参加者数約 100 名)

Neutrino Emissivities from Deuteron-Breakup and Formation in Supernovae

S. Nakamura^{p*}

Neutrino nuclear responses for neutrino studies in nuclei (at Ibaraki, Japan, Nov. 5-6, 2014, 参加者数約 50 名)

Multi-pion resonances and the continuumS. Nakamura^{p*} (invited)

9th International Workshop on Neutrino-Nucleus Interactions in the Few-GeV region (at London, UK, May 19-24, 2014, 参加者数約 100 名), United Kingdom

Neutrino-induced meson productionS. Nakamura^{p*} (invited)

Physics at J-PARC: Charm, Neutrino, Strangeness, and Spin (at Pohang, South Korea, Oct 30-31, 2014, 参加者数約 30 名), South Korea

Extraction of Neutrino Flux from the Inclusive Muon Cross SectionT. Murata^{d*}, T. Sato^s

16th International Workshop on Neutrino Factories and Future Neutrino Beam Facilities (NUFACT2014) (at Glasgow, Aug. 25 -30, 2014, 参加者約 150 名), United Kingdom

Neutrino interaction in the resonance regionS. Nakamura^{p*} (invited)

Progress on J-PARC hadron physics in 2014 (at Tokai, Japan, Nov. 30-Dec. 2, 2014, 参加者数約 60 名)

Extraction of Neutrino Flux from the Inclusive Muon Cross Section (poster)T. Murata^{d*}, T. Sato^s

9th International Workshop on Neutrino-Nucleus Interactions in the Few-GeV region (at London, UK, May 19-24, 2014, 参加者数約 100 名), United Kingdom

日本物理学会, 応用物理学会等における講演**Dilepton and photon production spectra above T_c calculated with a lattice quark propagator**T. Kim^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Gradient flow and energy-momentum tensor in lattice gauge theoryM. Kitazawa^{s*}

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Charmonium spectra and dispersion relations with maximum entropy method in extended vector space

A. Ikeda^{d*}, M. Asakawa^s, M. Kitazawa^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Nucleon spin decomposition and orbital angular momentum in the nucleon

M. Wakamatsu^{s*}

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Baryon resonance physics and its application to neutrino interactions

S. Nakamura^{p*}

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

Neutrino Emissivities from Deuteron-Breakup and Formation in Supernovae

S. Nakamura^{p*}, S. Nasu^d, T. Sato^s, K. Sumiyoshi, F. Myhrer, K. Kubodera

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

The Extraction of Neutrino Flux from Inclusive Neutrino-Nucleus Reaction

T. Murata^{d*}, T. Sato^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 ハワイ Hilton Waikoloa Village、2014 年 10 月 7 日 - 10 月 11 日)

重イオン衝突実験における荷電ゆらぎのラピディティ方向へのにじみ効果

浅川 正之^{s*}, 大西 悠太郎^m, 坂井田 美樹^d, 北沢 正清^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

Gradient flow による SU(3) Wilson ゲージ作用の格子間隔の測定

北沢正清^{*}, 浅川 正之^s, 初田哲男, 入谷匠, 伊藤悦子, 鈴木博

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

格子 QCD によるチャーモニウム有限温度スペクトル関数のチャンネル依存性の解析

池田 惇郎^{d*}, 浅川 正之^s, 北沢 正清^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

相対論的重イオン衝突実験における保存電荷高次ゆらぎに対する遅延効果

坂井田 美樹^{d*}, 浅川 正之^s, 北沢 正清^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

光子生成率の格子クォーク伝搬関数を用いた非摂動的解析

金 泰広^{d*}, 浅川 正之^s, 北沢 正清^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

共鳴領域におけるニュートリノ反応

中村 聡^{p*}, 鎌野寛之, 佐藤 透^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

ミューオン原子における $\mu^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$ 崩壊とレプトンフレーバーの破れ

上坂 優一^{m*}, 佐藤丈, 小池正史, 山中真人, 久野 良孝^s, 佐藤 透^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

低エネルギー領域におけるニュートリノ ${}^4\text{He}$ 反応

村田 知也^{d*}, 堀内渉, 鈴木宜之, 佐藤 透^s

日本物理学会 第70回年次大会 (於 早稲田大学, 2015年3月21日 - 3月24日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

J-PARC での重イオン衝突による QCD 相構造研究への道筋

佐甲 博之, 北沢 正清^s

原子核研究 (Vol 59 No.2 2015年3月発行, 37頁)

1.13 黒木グループ

平成26年度の研究活動概要

電子相関に起因する非従来型超伝導

我々は鉄ニクタイト系や銅酸化物などの非従来型超伝導体におけるペアリング・メカニズムに関する研究を行っている。これらの超伝導体における類似点と相違点を見出すことで、高温超伝導発現における普遍性を見出して、新超伝導体探索につなげることを目指している。鉄ニクタイト系超伝導体では、電子的フェルミ面とホール的フェルミ面があることが特徴の一つであり、発見当初より、我々のグループも含め、これらのフェルミ面のネスティング（ずらして重なること）がよいことが、スピンの揺らぎを増強し、高温超伝導につながると考えられてきた。しかし、近年、ネスティングがよい物質でも高い超伝導転移温度が出現し、高温超伝導のための条件の見直しが必要となっていた。昨年度から、我々はこの問題に取り組み、実空間の電子のホッピング（飛び移り）積分の大小関係が重要であることを見出した。通常、電子は最も近い距離にある最隣接サイトに飛びやすいが、鉄ニクタイト系超伝導体では、鉄原子周りのニクトゲン原子の四面体配位により、第二隣接サイトへの電子のホッピングが優先的に大きくなる。電子が多量にドーピングされてフェルミ面のネスティングが悪くなったときや、圧力印加時において上記のメカニズムによりスピン揺らぎが発達し、高温超伝導が出現しうることを示した。ホッピング積分の大小関係（実空間）とフェルミ面（波数空間）のマッチングがよいことは、鉄系超伝導と銅酸化物の共通の性質と捉えることができ、新しい高温超伝導体探索への指針となると考えている。

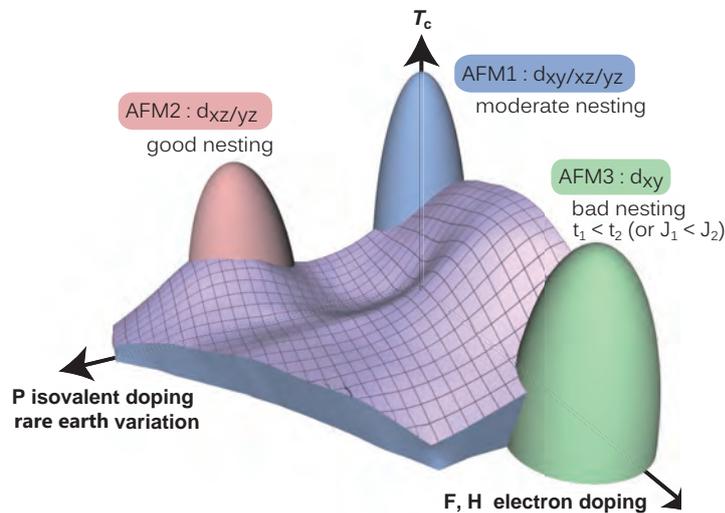


図 1.1: 鉄系超伝導体における超伝導転移温度変化と反強磁性の関係

一方で、非常によいフェルミ面・ネスティングが低エネルギーのスピン揺らぎを増強し、超伝導転移温度を上げる場合もある。それは例えば $\text{LaFe}(\text{As},\text{P})(\text{O},\text{F})$ において、As を P に部分置換していくと、途中の As:P の混合比においてフェルミ面のネスティングが非常によくなり、超伝導転移温度の増強につながることがわかった。この計算結果は、最近の実験結

果をよく説明する。フェルミ面のネスティングが悪い場合、よい場合の双方においてスピン揺らぎが発達し、超伝導が增強される様子を図1のようにまとめた。

熱電効果

金属的な電気伝導性と大きなゼーベック効果が両立して大きな電力因子を持つ物質に焦点をあてて研究を行っている。今年度、 τ 型と呼ばれる有機導体を対象として第一原理バンド計算に基づいた低エネルギー有効モデルを構築し、ゼーベック係数を計算した。その結果、実験結果をほぼ定量的に再現し、特異なバンド形状の効果によって大きなゼーベック効果が得られていることを見出した。さらに、有機分子の形状や大きさによってバンド構造が変化し、それが熱電効果に与える効果についても議論した。

Quantum Transport and Anderson Localisation

At very low temperatures, disordered materials exhibit numerous quantum transport phenomena including weak-localisation, universal conductance fluctuations, Anderson localisation and the Anderson metal-insulator transition.

The main achievements this year were:

- Publication in Physical Review B of the results and analysis of a numerical simulation of the metal-insulator transition in an uncompensated doped semiconductor. In the simulation, the semiconductor is treated as an effective medium in which donors are distributed at random. The Coulomb interaction between the resulting carriers is treated in the local density approximation of density functional theory. A multi-fractal finite size scaling analysis of the highest occupied Kohn-Sham orbital suggested that the meta-insulator transition is in a different universality class to that in Anderson's model of localisation. During this year we also began the extension of this work to compensated semiconductors.
- Publication in Journal of the Physical Society of Japan of a new Borel-Pade analysis of the existing epsilon expansion results for the critical exponent of the Anderson transition in systems with orthogonal symmetry together with more precise numerical estimates of the critical exponent in 4 and 5 dimensions. By incorporating the asymptotic behaviour at the upper critical dimension much better agreement with numerical estimates of the critical exponent was obtained. The extension of this work to systems with symplectic symmetry is in progress.

第一原理電子状態計算による固体物性の研究と手法開発

計算物理学的な手法である量子シミュレーションを用いて電子の状態を調べることによって、様々な物質の個別性の起源や、物質の機能性の機構を明らかにする研究を行っている。

また、量子シミュレーションを行っていく上で必要な手法の開発も進めている。平成26年度は以下の手法開発・量子シミュレーションを行った。

1. KKR法による動的平均場近似の開発
2. 遮蔽KKR法による非平衡グリーン関数法の開発
3. 希土類磁石材料の電子状態
4. Fe合金の構造相転移
5. ホイスラー合金の磁性

表面吸着系

吸着原子の秩序と外部駆動力が競合する系について、種々の条件下での振る舞いを微視的視点より明らかにすることを目指して活動している。

学術雑誌に出版された論文

Proximity to Fermi-surface topological change in superconducting $\text{LaO}_{0.54}\text{F}_{0.46}\text{BiS}_2$

K. Terashima, J. Sonoyama, T. Wakita, M. Sunagawa, K. Ono, H. Kumigashira, T. Muro, M. Nagao, S. Watauchi, I. Tanaka, H. Okazaki, Y. Takano, O. Miura, Y. Mizuguchi, H. Usui^s, K. Suzuki^{PD}, K. Kuroki^s, Y. Muraoka, T. Yokoya
Phys. Rev. B **90** (Iss. 22, December) (2014) 220512(R) 1-5.

Molecular Dependence of the Large Seebeck Effect in τ -type Organic Conductors

H. Aizawa, K. Kuroki^s, H. Yoshino, G. A. Mousdis, G. C. Papavassiliou, K. Murata
J. Phys. Soc. Jpn. **83** (No.10, Oct.) (2014) 104705 1-5.

Orbital mixture effect on the Fermi surface- T_c correlation in the cuprate superconductors — bilayer vs single layer

H. Sakakibara, K. Suzuki^{PD}, H. Usui^s, S. Miyao, I. Maruyama, K. Kusakabe, R. Arita, H. Aoki, K. Kuroki^s
Phys. Rev. B **89** (Iss.22, June) (2014) 224505 1-6.

Model of the Electronic Structure of Electron-Doped Iron-Based Superconductors: Evidence for Enhanced Spin Fluctuations by Diagonal Electron Hopping

K. Suzuki^{PD}, H. Usui^s, S. Iimura, Y. Sato, S. Matsuishi, H. Hosono, K. Kuroki^s
Phys. Rev. Lett. **113** (Iss.2, July) (2014) 027002 1-5.

Critical exponent of metal-insulator transition in doped semiconductors: The relevance of the Coulomb interaction

Y. Harashima, K. Slevin^s

Phys. Rev. B **89** (Iss.20, May) (2014) 205108 1-5.

Dimensional Dependence of Critical Exponent of the Anderson Transition in the Orthogonal Universality Class

Y. Ueoka^d, K. Slevin^s

J. Phys. Soc. Jpn. **83** (No.8, July) (2014) 084711 1-6.

First-principles calculation of the instability leading to giant inverse magnetocaloric effects

D. Comtesse, M. E. Gruner, M. Ogura^s, V. V. Sokolovskiy, V. D. Buchelnikov, A. Grünebohm, R. Arróyave, N. Singh, T. Gottschall, O. Gutfleisch, V. A. Chernenko, F. Albertini, S. Fähler, and P. Entel

Phys. Rev. B **89** (No.18, May) (2014) 184403 1-6.

国際会議報告等

Theoretical Study of the Chemical Pressure Effect on Tc in the Cuprate Superconductors

H. Sakakibara, K. Suzuki^{PD}, H. Usui^s, K. Kuroki^s, R. Arita, H. Aoki

Physics Procedia **58** (refereed) (2014) 34-37.

26th International Symposium on Superconductivity.

Theoretical Analysis on the Band Structure Variance of the Electron Doped 1111 Iron-based Superconductors

K. Suzuki^{PD}, H. Usui^s, S. Iimura, Y. Sato, S. Matsuishi, H. Hosono, K. Kuroki^s

Physics Procedia **58** (refereed) (2014) 38-41.

26th International Symposium on Superconductivity.

国際会議における講演等

Study on the correlation between s_{\pm} pairing and intra-orbital spin-fluctuations in 1111 iron based superconductors with isovalent doping

H. Usui^{s*}, K. Suzuki^{PD}, K. Kuroki^s

APS March meeting (at San Antonio, USA, March 2-6, 2015), USA

Optimization of Spin Fluctuation Mediated Pairing: What We Can Learn from Existing High T_c Materials

K. Kuroki** (invited)

MRS Spring Meeting & Exhibit (at San Francisco, April 21-25, 2014), USA

What existing high T_c materials tells us to optimize spin fluctuation mediated pairing

K. Kuroki** (invited)

International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy (at Osaka, June 1-3, 2014, 参加者 50 名)

Are the hole Fermi surfaces missing in some of the iron-based superconductors ?

K. Kuroki** (invited)

Magnetism, Bad Metals and Superconductivity: Iron Pnictides and Beyond (at Santa Barbara, Sep. 12, 2014, 参加者 50 名), USA

Realistic band structure approaches to unconventional superconductors

K. Kuroki** (invited)

Research frontier of transition-metal compounds opened by advanced spectroscopies (at Sendai, Sep.30-Oct.2, 2014, 参加者 50 名)

Realistic band structure approaches to unconventional superconductors

K. Kuroki** (invited)

The Second International Conference of Young Researches on Advanced Materials (at Haikou, Oct.24-29, 2014), China

Understanding the T_c trends in high temperature superconductors

K. Kuroki** (invited)

Novel Quantum States in Condensed Matter 2014 (at Kyoto, Nov.24-28, 2014, 参加者 50 名)

Enhanced s_{\pm} pairing due to prioritized diagonal motion of electrons in the iron-based superconductors

K. Kuroki** (invited)

APS March meeting (at San Antonio, March 2-6, 2015), USA

Electronic structure and pairing mechanism of BiS_2 superconductors

K. Kuroki** (invited)

Study on Matters at Extreme Conditions (at Florida, March 8-15, 2015, 参加者 50 名),

USA

Electronic structure and magnetic anisotropy of $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_x$

M. Ogura^{s*} and H. Akai

DPG Spring Meeting (at Dresden, Germany, Mar. 30-Apr. 4, 2014, 参加者数約 6000 名), Germany

Development of parameter-free dynamical mean-field theory

M. Ogura^{s*}, J. Minár, H. Ebert and H. Akai (invited)

584. WEH-Seminar Green's Functions in *ab initio* Electronic Structure Calculations of Solids: From Implementations to Applications (Bad Honnef, Germany, Feb. 8-11, 2015, 参加者数約 50 名), Germany

Possible importance of charge fluctuation in BiS_2 superconductors (poster)

K. Suzuki^{PD*}, H. Usui^s, K. Kuroki^s

APS March meeting (at San Antonio, March 2-6, 2015), USA

Enhanced superconductivity due to prioritized diagonal motions in iron-based superconductors (poster)

K. Suzuki^{PD*}, H. Usui^s, K. Kuroki^s

International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Program (at Osaka, Nov. 16-19, 2014)

Two-Particle Self-Consistent method for superconductivity in the two-dimensional Hubbard model (poster)

D. Ogura^{m*}, H. Usui^s, K. Kuroki^s

International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Program (at Osaka, Nov. 16-19, 2014)

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

鉄系超伝導体における実空間ホッピングの特異な大小関係の重要性

鈴木雄大^{PD*}, 臼井秀知^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

ヒ素リン混晶 1111 鉄系超伝導体における軌道別スピン揺らぎと s 土ペアリングの相関

臼井秀知^{s*}, 鈴木雄大^{PD}, 黒木和彦^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学、2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

Symplectic 対称性クラスのアンダーソン転移の下部臨界次元および相関長の臨界指数のスペクトル次元依存性上岡良季^{d*}, K. Slevin^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

実空間ホッピングの特異な大小関係から見た鉄系超伝導体の理解鈴木雄大^{PD*}, 臼井秀知^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

領域 8 シンポジウム「銅酸化物におけるノン・ドープ超伝導の可能性に迫る」～はじめに～黒木和彦^{s*}

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

Symplectic 対称性クラスのアンダーソン転移の下部臨界次元および相関長の臨界指数のスペクトル次元依存性 II上岡良季^{d*}, K. Slevin^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

不純物半導体における金属絶縁体転移の研究篠原弘介^{m*}, 原嶋庸介, K. Slevin^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

 $LnOBi(S,Se)_2$ の結晶構造とバンド構造の相関関係 (ポスター)臼井秀知^{s*}, 有田亮太郎, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

2 体自己無撞着法による銅酸化物の第一原理的模型における超伝導の解析 (ポスター)小倉大典^{m*}, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

層状窒化物超伝導体の第一原理的有効模型におけるスピン・電荷ゆらぎの研究 (ポスター)田中寛之^{d*}, 鈴木雄大^{PD}, 臼井秀知^s, 黒木和彦^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

1.14 小川グループ

平成 26 年度の研究活動概要

(1) 結合共振器 QED アレイの非平衡定常状態

結合共振器 QED アレイ系は、複数個の共振器 QED 系が格子上に並び、共振器間の光子の移動によって互いに結合した、量子多体系である。この系の平衡状態では共振器間の光子ホッピングが大きい領域で量子凝縮相が現れること知られている。しかし、この系は共振器損失などにより現実には非平衡状態になるはずだが、非平衡状況下での凝縮相の性質はほとんど分かっていない。そこで我々は、共振器損失と外部からの励起の二つの効果を取り入れた量子マスター方程式による解析を行うことで、非平衡量子凝縮状態について調べた。まずは平均場近似のレベルで解析を行った。非平衡定常状態での相図を求め、非平衡状況下で凝縮相が現れることを確認した。次いで、凝縮相において非平衡効果誘起によるプラトー現象を発見した。この現象は、外部からの励起における化学ポテンシャルを変化させたときに系の定常状態が変化しなくなる領域が現れるというものであり、例えば光子場の振動数の化学ポテンシャル依存性を見ると平坦な領域(プラトー)が現れる。さらにこのプラトー現象の機構に、共振器損失による光子の流出と外部からの励起流との釣り合い、および系の固有エネルギー差と化学ポテンシャルの大小関係によって決まるポンプチャンネルの数に関わっていることが分かった。

(2) 超強結合系のレーザー発振現象

光と物質の相互作用の強さ(真空 Rabi 分裂幅)が物質系の励起エネルギーと同程度もしくははより強い場合を、超強結合と呼ぶ。この系を記述する際には、光と物質の相互作用の Hamiltonian に対して、いわゆる回転波近似を適用することができない。本研究ではその意味を以下のように解釈した：回転波近似の破綻は、「光」や「励起」に基づいた単純化された描像の破綻を意味し、「電場と磁場」および「分極と電流密度」としての本来の電磁気学の描像に立ち戻って議論しなければならない。この本来の電磁気学描像への回帰が顕著に表れる現象として、超強結合下でのレーザー発振の解析を行った。レーザー発振は、光の誘導放出として認識されていたが、超強結合下における「光」描像の破綻によって、レーザー発振の従来の描像も破綻してしまう。まず、レーザー発振のマクロな振る舞いについて解析を行った。本来の電磁気学描像に立ち戻ることによって、マクロな方程式においても、変数の数が増えてしまう。その結果、一般に高調波を伴って発振することを明確に示すことができた。また、レーザー発振に関する双安定性も現れることが分かった。これらの結果は、超強結合下において、レーザー発振が多彩な振る舞いをすることを示しており、非古典光の直接的なレーザー発振など、より興味深い特性などが期待できる。

(3) 超放射転移に関する研究

光と物質の超強結合を議論する上では、どのような Hamiltonian を想定するかが非常に重要な問題として認識されている。特に、いわゆる A2 項(ベクトルポテンシャルの二乗項)や P2 項(分極の二乗項)の有無によって、超放射転移と呼ばれる相転移現象が起きるかどうかが決定的である。光の共振器中のあるモードと多数の原子が相互作用する系を考える。もし、

A2項やP2項が存在しない場合、外場によって駆動しない熱平衡状態において、光と物質の相互作用の強さが超強結合の領域にまで到ると、電場や分極が自発的に振幅を持つことが知られている。これが超放射転移である。ただし、荷電粒子と電磁場からなる系では、超放射転移が起きないことが既に知られている (A2項やP2項が存在する)。しかし近年になって、原子間の双極子双極子相互作用を、分極の縦場と横場に注目しながら書き換えることによって、一見すると超放射転移が起きるように見える結果が示された。本研究では、このHamiltonianの書き換えの妥当性について検討し、最終的に横場のみに注目して議論する上では、そのような書き換えを行うことができず、やはり荷電粒子と電磁場からなる系では、超放射転移は起きないと結論づけた。

(4) カゴメ格子ハバード模型におけるフラストレーションの効果

カゴメ格子ハバード模型のスピン磁性に現れるフラストレーション効果を考察した。数値計算の方法として、変分クラスター近似を使い、クラスター内の短距離相関効果を正確に考慮しつつ磁性秩序を取り扱うことに成功した。奇数サイト (3サイトおよび9サイト) のクラスターを用いた場合には、強結合領域で120度ネール状態が現れ、3サイトと9サイトクラスターの結果を比べると、9サイトでは3サイトのときよりもスピン磁化が抑制される。一方、偶数サイト (6サイトおよび12サイト) のクラスターを用いた場合には、強結合領域では磁性秩序を持たないMott絶縁相が現れることが分かった。この系ではスピン一重項対の形成が本質的であるため、その効果を適切に取り扱える偶数サイトクラスターを用いるべきであることが明らかとなった。

(5) カーボンナノチューブ上の荷電励起子

カーボンナノチューブ上の荷電励起子の微細構造について調べた。その結果最もエネルギーが低い荷電励起子が、暗励起子と正孔 (または電子) の束縛状態とに近いことがわかった。にもかかわらず、この励起子は光学許容であり、発光スペクトルで観測可能である。さらに、励起状態も含めて、状態を対称性によって分類する理論を作り、それらの束縛エネルギーを計算した。この結果を実験グループとの共著の論文にまとめた。

(6) 二次元電子正孔系のグローバル相図

光で強励起した量子井戸で実現される二次元電子正孔系を、自己無撞着T行列近似を使い、グローバル相図を作成し、その結果を論文にまとめた。この理論では、電子正孔間、電子間、正孔間の二体相関 (特に電子正孔間の励起子相関) をT行列を通じて取り入れ、その情報を電子や正孔の自己エネルギーに自己無撞着に反映させる。このとき、励起子のイオン化率と相互作用の遮蔽パラメータを自己無撞着に決定する。電子正孔密度と温度の平面上で得られた相図は、励起子気体と電子正孔液体の間の移り変わりが、概ね古典量子クロスオーバーとして理解できることを示している。また、低温ではイオン化率がほとんど不連続に変化する相転移的な振る舞いが見られることもわかった。

学術雑誌に出版された論文

Nonlinear photoluminescence properties of trions in hole-doped single-walled carbon nanotubes

N. Akizuki, M. Iwamura, S. Mouri, Y. Miyauchi, T. Kawasaki, H. Watanabe, T. Suemoto, K. Watanabe, Kenichi Asano^s and K. Matsuda

Physical Review B **89** (No. 19, May) (2014) 195432 1-5

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.89.195432>).

Exciton-Mott Physics in Two-Dimensional Electron-Hole Systems: Phase Diagram and Single-Particle Spectra

Kenichi Asano^s and T. Yoshioka

Journal of the Physical Society of Japan **83** (No. 8, August) (2014) 084702 1-10

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.83.084702>).

Cavity-loss induced plateau in coupled cavity QED array

Tatsuro Yuge^{PD}, Kenji Kamide, Makoto Yamaguchi^p and Tetsuo Ogawa^s

Journal of the Physical Society of Japan **83** (No. 12, November) (2014) 123001 1-4

(<http://dx.doi.org/doi:10.7566/JPSJ.83.123001>).

Stability of polarizable materials against superradiant phase transition

Motoaki Bamba^{PD} and Tetsuo Ogawa^s

Physical Review A **90** (No. 6, December) (2014) 063825 1-8

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevA.90.063825>).

Generating functional approach for spontaneous coherence in semiconductor electron-hole-photon systems

Makoto Yamaguchi^p, Rryota Nii^d, Kenji Kamide, Tetsuo Ogawa^s and Yoshihisa Yamamoto

Physical Review B **91** (No. 11, March) (2015) 115129 1-40

(<http://dx.doi.org/doi:10.1103/PhysRevB.91.115129>).

国際会議における講演等

BEC-BCS-Laser crossover theory in interacting electron-hole-photon systems

Makoto Yamaguchi^{p*}, Kenji Kamide, Rryota Nii^d, Tetsuo Ogawa^s and Yoshihisa Yamamoto

The 7th International Conference on Spontaneous Coherence in Excitonic Systems (ICSCE-7) (at Hakone, Japan, 21-25 April, 2014, 参加者約 200 名)

Estimation of the A^2 term from the analysis of lasing in ultrastrong coupling regime (poster)

Motoaki Bamba^{PD*} and Tetsuo Ogawa^s

The 7th International Conference on Spontaneous Coherence in Excitonic Systems (ICSCE-7) (at Hakone, Japan, 21-25 April, 2014, 参加者約 200 名)

Excitons biexcitons in symmetric electron-hole bilayers (poster)

Ryo Maezono*, Pablo L. Rios, Tetsuo Ogawa^s and Richard J. Needs

The 7th International Conference on Spontaneous Coherence in Excitonic Systems (ICSCE-7) (at Hakone, Japan, 21-25 April, 2014, 参加者約 200 名)

Exciton-polariton condensation in high excitation density regime (poster)

Tomoyuki Horikiri*, Makoto Yamaguchi^p, Kenji Kamide, Yasuhiro Matsuo, Andreas Loeffler, Sven Hoeffling, Yutaka Shikano, Tetsuo Ogawa^s, Alfred Forchel and Yoshihisa Yamamoto

The 7th International Conference on Spontaneous Coherence in Excitonic Systems (ICSCE-7) (at Hakone, Japan, 21-25 April, 2014, 参加者約 200 名)

State freezing in nonequilibrium coupled cavity QED array (poster)

Tatsuro Yuge^{PD*}, Kenji Kamide, Makoto Yamaguchi^p and Tetsuo Ogawa^s

The 7th International Conference on Spontaneous Coherence in Excitonic Systems (ICSCE-7) (at Hakone, Japan, 21-25 April, 2014, 参加者約 200 名)

Theory of BEC-BCS-LASER crossover in cavity-polariton systems

Tetsuo Ogawa^{s*} (invited)

International Workshop on Quantum Phenomena in Photo-controlled Systems (at The University of Tokyo, Japan, 26 April, 2014, 参加者約 100 名)

Equilibrium and nonequilibrium "condensations" in polariton many-body systems

Tetsuo Ogawa^{s*} and Makoto Yamaguchi^p

5th International Conference on Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT5) (at Bled, Slovenia, 8-13 June, 2014, 参加者約 300 名), Slovenia

Triions and Biexcitons in Semiconducting Single-Wall Carbon Nanotubes

Kenichi Asano^{s*}

XXVI IUPAP Conference on Computational Physics, CCP2014 (at Boston, USA, 11-14 August, 2014, 参加者数約 300 名), USA

Lasing in ultrastrong light-matter coupling regime

Motoaki Bamba^{PD*} and Tetsuo Ogawa^s

International Workshop on Nonlinear Optics and Excitation Kinetics in Semiconductors

(NOEKS 12) (at Bremen, Germany, 22-25 September, 2014, 参加者 100 約 名), Germany

Mechanism of high-order harmonic generation in semiconductors under strong electric field

Tetsuo Ogawa^{s*}, Tomohiro Tamaya and Koichiro Tanaka (invited)

The 5th International Symposium on Terahertz Nanoscience (TeraNano V) (at Martinique, France, 1-5 December, 2014, 参加者約 100 名), France

日本物理学会, 応用物理学会等における講演

結合共振器 QED 列における非平衡定常状態の安定性解析

弓削 達郎^{PD*}, 上出 健仁, 小川 哲生^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

光と物質の超強結合による散逸の抑制と増進

馬場 基彰^{PD*}, 小川 哲生^s

日本物理学会 2014 年秋季大会 (於 中部大学, 2014 年 9 月 7 日 - 9 月 9 日)

Fermi 端超蛍光と電子正孔 BCS 状態の関係性

山口 真^{p*}, 上出 健仁, 新居 良太^d, 小川 哲生^s, 山本喜久

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

カゴメ格子ハバード模型における磁気秩序 II

比嘉 亮太^{d*}, 大橋 琢磨^s, 浅野 建一^s

日本物理学会 第 70 回年次大会 (於 早稲田大学, 2015 年 3 月 21 日 - 3 月 24 日)

書籍等の出版, 日本語の解説記事

励起子ポラリトン系の BEC-BCS-LASER クロスオーバー理論

山口 真^p, 小川 哲生^s

日本物理学会 (2014 年 6 月発行, 6 頁, 日本物理学会誌 69(6), 386-391)

1.15 阿久津グループ

第2章 受賞と知的財産

平成 26 年度における物理学専攻での受賞と当該年度に申請された特許権等の知的財産権の一覧は以下の通りである。

受賞

1. 受賞者：杉山 泰之 (D3)
賞の名称：IEEE Nuclear and Plasma Science Society “2014 NPSS Student Paper Award First Prize”
業績：J-PARC 大強度陽子加速器施設で、中性 K 中間子を用いる KOTO 実験のデータ収集システムを構築し、そのシステムについて解説したポスター発表が優秀と認められ、受賞に至った。
日にち：平成 26 年 5 月 29 日
2. 受賞者：小林 研介 (教授)
賞の名称：第 3 回大阪大学総長顕彰・研究部門
業績：総長顕彰は、大阪大学に勤務する教員のうち、教育、研究、社会・国際貢献又は管理運営上の業績が特に顕著であると認められた者を顕彰し、大学の一層の発展を期することを目的とする。
日にち：平成 26 年 7 月 8 日
3. 受賞者：浅野 建一 (准教授)
賞の名称：第 3 回大阪大学総長奨励賞・研究部門
業績：総長奨励賞は、若手教員のうち、教育又は研究の業績があると認められるなど、同分野で将来活躍することが期待される者を顕彰し、奨励することを目的とする。
日にち：平成 26 年 7 月 8 日
4. 受賞者：豊田 高士 (M2)
賞の名称：2013 年度測定器開発・優秀修士論文賞
業績：修士論文「KOTO 実験に用いる Inner Barrel 検出器の製作と宇宙線ミュオンを用いた性能評価」が、その内容と記述を評価され、測定器開発に関する優秀修士論文賞を得た。

日にち：平成26年9月20日

5. 受賞者：山口 洋平（特任研究員）

賞の名称：第9回日本物理学会若手奨励賞

業績：博士論文「Observation of Higgs Boson with Di-photon Events in Proton-Proton Collisions」が、その内容と記述を評価され、日本物理学会の奨励賞を得た。

日にち：平成27年3月21日

6. 受賞者：山口 洋平（特任研究員）

賞の名称：2014年度高エネルギー物理学研究者会議奨励賞

業績：博士論文「Observation of Higgs Boson with Di-photon Events in Proton-Proton Collisions」が、その内容と記述を評価され、高エネルギー研究者会議の奨励賞を得た。

日にち：平成27年3月22日

7. 受賞者：佐藤 透（准教授）

賞の名称：日本物理学会第20回論文賞

業績：“Energy Dependence of $\bar{K}N$ Interactions and Resonance Pole of Strange Dibaryons” Yoichi Ikeda, Hiroyuki Kamano and Toru Sato, Prog. Theor. Phys. (2010) 124 (3): 533-539.

授賞理由：

原子核や核物質中の反K中間子 (\bar{K}) の性質を解明することは、ハドロン物理学における大きな課題の一つとなっている。特に、深く束縛した \bar{K} 原子核の可能性が赤石・山崎により2002年に指摘されて以来、ハドロン間相互作用の理解や高密度物質の状態方程式へのインパクトから、 \bar{K} 原子核に関する実験的および理論的研究が活発に行われている。これまで複数の実験施設において深い束縛を示唆する結果が報告されているが、 \bar{K} 原子核との確証は得られていない。理論的には、散乱実験で情報が得られない閾値以下のエネルギーにおける $\bar{K}N$ 相互作用が明らかでない事、 $\bar{K}N$ と $\pi\Sigma$ のチャネル結合を含む厳密な多体計算が困難であったこと等から、最も単純な \bar{K} 原子核である $\bar{K}NN$ においても大きな不定性が存在していた。

本論文では、 $\bar{K}N$ と $\pi\Sigma$ のチャネル結合を取り入れた3体系の Faddeev 方程式を解き、 $\bar{K}NN - \pi\Sigma N$ 系の複素エネルギー空間における共鳴極の位置が初めて精密に計算された。その結果、 $\bar{K}N$ 相互作用のエネルギー依存性の取り扱いの違いによって、束縛状態の深さが大きく変わることが見出された。この結果は、これまでの理論計算における束縛エネルギーの予言値に10~100 MeV程度の大きな不定性があった原因を明らかにしその後の研究に重要な指針を与えるものとして、国際的にも高い評価を受けている。 \bar{K} 原子核の研究は、 $\bar{K}N$ 閾値のすぐ下にあるバリオン共鳴 $\Lambda(1405)$ とも関連し分子構造型の新しいハドロン共鳴状態の性質を解明する鍵ともなる。また、 \bar{K} 原子核の生成探索実験はJ-PARCのハドロンホールにおける主要実験の1つになって

おり、今後の進展に関心が集まっている。以上のように、本論文はハドロン物理学の重要な課題である反 K 中間子原子核の理論的研究に重要な寄与をした論文であり、日本物理学会論文賞にふさわしい業績であると認められる。

日にち：平成 27 年 3 月 23 日

8. 受賞者：中島 正道（助教）

賞の名称：日本物理学会第 20 回論文賞

業績：“Structural Quantum Criticality and Superconductivity in Iron-Based Superconductor $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ ” Masahito Yoshizawa, Daichi Kimura, Taiji Chiba, Shalamujiang Simayi, Yoshiki Nakanishi, Kunihiko Kihou, Chul-Ho Lee, Akira Iyo, Hiroshi Eisaki, Masamichi Nakajima, and Shin-ichi Uchida, J. Phys. Soc. Jpn. 81, 024604 (2012).

授賞理由：

鉄系高温超伝導体の発見は、近年の物性物理学における最も大きなブレイクスルーの一つである。この超伝導の発現機構に関しては、従来型の電子格子相互作用ではないというコンセンサスはあるものの、未だに解明されていない大きな謎が残っている。最も大きな問題の一つは、スピンの自由度と軌道の自由度の超伝導に果たす役割である。実際、この系ではスピンと軌道自由度の強い結合により、軌道の物理と磁性が強く絡み合う。この系に共通する特徴の一つは、磁気相転移点の直上で軌道秩序を伴う正方晶から斜方晶への構造相転移が起こることである。そして超伝導転移温度は、これらの相転移の消失した点（量子臨界点）の近傍でしばしば最も高くなり、このことは量子臨界点にともなう量子ゆらぎと高温超伝導が密接に関わっていることを示している。したがって磁気的な量子臨界点と軌道秩序の量子臨界点のどちらが高温超伝導の引きがねとなっているのかは、超伝導発現機構の解明における鍵となる問題であり、現在最も大きな論点の一つとなっている。

本論文で吉澤らは、 BaFe_2As_2 に電子をドーピングした $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ に対して広い組成範囲で系統的に超音波の実験を行い、正方形から斜方晶への結晶変形に対応する弾性定数 C_{66} の詳細な測定を行った。その結果、超伝導転移温度が最大となる組成において、 C_{66} の逆数で構造揺らぎの指標である弾性コンプライアンス S_{66} ($=1/C_{66}$) が最も大きくなる、つまり最も大きな格子のソフト化が起こることを発見した。この結果は、超伝導と結晶構造あるいは軌道のゆらぎの強い関係を示唆する。さらに S_{66} が磁気量子臨界点近傍の磁化率の特徴と極めてよく似た振る舞いを示すことから、軌道に関する量子臨界点と磁気量子臨界点が密接な関係を持つことを示した。本結果により、鉄系超伝導体において軌道ゆらぎと磁気ゆらぎのどちらが本質的でどちらが副次的なものであるか、解明されたわけではない。しかしながら軌道自由度の与える効果が広い温度領域と広いドーピング域にわたって重要であることを示した本論文は、日本物理学会論文賞にふさわしいと考える。

日にち：平成 27 年 3 月 23 日

知的財産

1. 特許名称：電気泳動装置、電気泳動法および電気泳動法を用いた濃縮・分離・分析方法
発明者：岸本忠史
出願人：国立大学法人大阪大学
出願番号：特願 2014-205196
出願日：2014年10月3日

第3章 学位論文

3.1 修士論文

平成 26 年度に修士の学位を取得された方々の氏名，論文題目は以下の通りであった。

| 学生氏名 | 指導教員 | 論文題名 |
|--------|-------|--|
| 田中 大樹 | 能町 正治 | CANDLES 実験における Th 系列起源の BackGround 事象の評価 |
| 小森 尚平 | 白井 光雲 | 第一原理計算による三元化合物 (BN) ₄ C の構造決定 |
| 小野田 昂司 | 細谷 裕 | インフレーション宇宙論における重力場の量子論的揺らぎ |
| 狩野 恒一 | 小川 哲生 | トリオンにおけるフレンケル領域からワニエ領域へのクロスオーバー |
| 佐藤 大祐 | 小川 哲生 | 強相関電子系の不均一動的平均場理論による研究 |
| 杉原 秀理 | 菊池 誠 | 詳細釣り合い条件を満たさない遷移行列の解析 |
| 中井 雄士 | 菊池 誠 | 格子タンパク質の二量体の安定性と混み合い分子の効果 |
| 矢口 雅貴 | 磯山 悟朗 | 干渉計と高速 THz 検出器を用いた FEL の特性測定 |
| 渡邊 誠 | 山中 卓 | 荷電粒子位置測定用検出器の開発 |
| 足立 徹 | 田島 節子 | 122 系鉄系超伝導体における電子相図と結晶構造の関係 |
| 荒井 泰貴 | 山中 卓 | ATLAS 実験アップグレード用ピクセル検出器の性能評価 |
| 砂金 学 | 青井 考 | 波形解析によるゲルマニウム検出器の相互作用位置導出法の開発 |
| 石垣 知樹 | 下田 正 | 原子核の超変形状態探索のための高感度システムの構築 |
| 礒江 麻衣 | 山中 卓 | J-PARC KOTO 実験の次世代実験における検出器形状の最適化 |
| 今岡 成章 | 豊田 岐聡 | 飛行時間型質量分析計の検出器評価法の確立 |
| 上坂 優一 | 浅川 正之 | ミューオン原子の崩壊と荷電レプトンフレーバーの破れ |
| 宇津木 卓 | 疇地 宏 | 光核反応を用いたレーザー駆動高輝度中性子源開発 |
| 大植 健一郎 | 岸本 忠史 | J-PARC E07 実験用 momentum trigger に用いるホドスコープ検出器の性能評価 |
| 大西 悠太郎 | 浅川 正之 | 重イオン衝突実験における荷電ゆらぎのラピディティ方向へのにじみ効果 |
| 太畑 貴綺 | 岸本 忠史 | CANDLES 実験における検出器と解析手法の改善によるバックグラウンド除去能の評価 |
| 岡本 慧太 | 久野 良孝 | COMET 実験用ストロー飛跡検出器の読み出し回路の開発 |
| 尾関 美穂 | 豊田 岐聡 | オンサイト歯周病診断に向けた代謝物マーカーの探索 |

| | | |
|-------------------------|---------------------------------|--|
| 鍵村 亜矢 片山 博喜 | 細谷 裕 久野 良孝 | グラフェンで見る原子崩壊 COMET 実験 Phase-I CDC 用読み出しボードのファームウェア開発 |
| 加藤 弘樹 | 疇地 宏 | 物質の圧縮率に着眼したレーザー核融合ターゲットのインプリント抑制に関する研究 |
| 隈部 壽照 | 田島 節子 | 反射型テラヘルツ時間領域分光で観測した $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ の超伝導ゆらぎ |
| 篠崎 真一 | 萩原 政幸 | S=2 ハイゼンベルク反強磁性鎖 $\text{MnCl}_3(\text{bpy})$ 単結晶の強磁場磁性 |
| 篠原 弘介 杉本 裕司 鈴木 博才 | Keith Slevin 橋本 幸士 井手口 栄治 | 不純物半導体における金属絶縁体転移の研究 位相的ヴァーテックスを用いた超弦理論の解析 大口径 MCP を用いた低エネルギー二次ビーム位置検出器の開発 |
| 大道 理恵 | 下田 正 | 励起状態の寿命測定から探る測定限界近傍の中性子過剰核の構造 |
| 田中 聖臣 田中 まな | 松多 健策 井手口 栄治 | 中性子過剰核 ^8He 、 ^{14}B の反応断面積と核構造 遅延ガンマ線核分光による中性子過剰 ^{60}Nd 同位体の変形構造の解明 |
| 谷辺 健志 土橋 誠悟 堤 亮太 | 野末 泰夫 花咲 徳亮 磯山 悟朗 | ソーダライト中の K-Rb 合金及び Rb クラスターの μSR 熱電材料 SnSe におけるキャリアドーピング効果 フォトカソード RF 電子銃用 27MHz ファイバーレーザー発振器の開発と特性評価 |
| 鉄野 高之介 | 岸本 忠史 | CANDLES 検出器におけるエネルギー分解能と光子伝播機構の関係 |
| 久 太一 | 田島 節子 | 幾何学的フラストレーション系 CaV_2O_4 における磁気・軌道秩序に対する Cr 置換効果 |
| 長澤 亮 | 細谷 裕 | Analyzing non-abelian gauge theory with auxiliary fields (補助場のある非可換ゲージ理論の解析) |
| 中田 祥之 | 岸本 忠史 | シグマ陽子散乱実験のための散乱陽子飛跡検出システムの性能評価 |
| 中西 由香理 | 細谷 裕 | Regularization and conformal transformations of the power spectrum in general single field inflation (一般的な単スカラー場インフレーションモデルにおけるパワースペクトルの正則化及び共形変換) |
| 長谷川 駿行 | 花咲 徳亮 | カーボンナノチューブ成長に伴う四面体チェーン及びスリット形成 |
| 秦 徳郎 林 央樹 | 小林 研介 久野 良孝 | 電流雑音測定を用いた非平衡多体現象の解明 COMET 実験 CDC における飛跡再構成アルゴリズムの開発 |
| 日野 裕太 | 豊田 岐聡 | 積分回路を用いた質量分析計用信号取得システムの開発 |

| | | |
|-------|-------|--|
| 船越 壮亮 | 磯山 悟朗 | 高速 THz 検出器を用いた産研 THz-FEL の特性評価 |
| 古井 敦志 | 細谷 裕 | ワープ空間上での SO(11) ゲージヒッグス大統一モデル |
| 前田 剛 | 能町 正治 | μ TCA 規格の 500MHz-FADC システムの開発 |
| 前田 正博 | 小林 研介 | スピングラス素子における電気抵抗雑音測定 |
| 三浦 正季 | 民井 淳 | インプラント標的を用いた軽イオン散乱手法の開発 |
| 道下 修平 | 田島 節子 | $\text{PrFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ 超伝導体の As/P 固溶系における F 濃度依存性 |
| 宮島 遼平 | 野末 泰夫 | カリウムを吸蔵したゼオライト X 及び Y の光学的・磁氣的性質 |
| 盛田 義弥 | 畑中 吉治 | 高温超伝導磁石を使った炭素線ガントリーの設計 |
| 山根 浩義 | 福田 光宏 | ペッパーポット型リアルタイムエミッタンス測定装置の開発 |
| 吉田 数貴 | 保坂 淳 | 1 核子除去反応を用いた不安定核のハロー構造および殻進化の研究 |
| 李 昇浩 | 疇地 宏 | 高速 X 線計測手法を用いた高温・高密度プラズマ形成過程の計測 |

International Physics Course (IPC) の修了者

| 学生氏名 | 指導教員 | 論文題名 |
|-----------|-------|--|
| Weiwu Li | 田島 節子 | Superconducting pair formation above T_c in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+y}$ investigated by optical spectroscopy |
| Xiao Zhou | 疇地 宏 | Experimental investigation of Adiabatic reduction in slow implosion process for fast ignition scheme |

3.2 博士論文

平成 26 年度に博士の学位を取得された方々の氏名，論文題目は以下の通りであった。

| 学生氏名 | 主査 | 論文題名 |
|-------------------------------|--------|--|
| 菊地 健吾 | 大野木 哲也 | New Directions in Exact Renormalization Group: Lifshitz-Type Theory, Gradient Flow Equation and Its Supersymmetric Extension (厳密繰り込み群の新しい方向性: リフシッツ型理論、グラディエントフロー方程式とその超対称性的拡張) |
| 那須 翔太 | 浅川 正之 | Neutrino reactions of two-nucleon system in core-collapse supernova (超新星爆発における 2 核子系ニュートリノ生成反応の研究) |
| Lee Jong-Won | 山中 卓 | Energy Calibration Method for the KOTO CsI Calorimeter (KOTO 実験 CsI カロリメーターのエネルギー校正方法) |
| Izyan Hazwani Binti Hashim | 久野 良孝 | A Study Of Weak Nuclear Capture Response By Nuclear Muon Capture (ミュオン原子核捕獲を用いた原子核の弱い相互作用応答の研究) |
| 岡崎 匡志 | 細谷 裕 | Superconformal Quantum Mechanics from M2-branes (M2 ブレーンから現れる超共形量子力学) |
| 下谷 卓也 | 細谷 裕 | LHC signals and dark matter searches in $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification ($SO(5) \times U(1)$ ゲージ-ヒッグス統一モデルにおける大型ハドロン衝突型加速器でのシグナル、及び、暗黒物質探索) |
| 竹森 章 | 田島 節子 | Experimental Studies on Electronic States of Iron Pnictide Superconductors $RFe(P, As)(O, F)$ ($R=La, Pr, Nd$) (鉄ニクタイト超伝導体 $RFe(P, As)(O, F)$ ($R=La, Pr, Nd$) の電子状態に関する実験的研究) |
| 田中 章詞 | 細谷 裕 | Superconformal index on $RP^2 \times S^1$ and 3d mirror symmetry ($RP^2 \times S^1$ 上の超共形指数と 3 次元ミラー対称性) |
| 富谷 昭夫 | 細谷 裕 | Non-perturbative analysis of phase structure in $SU(3)$ gauge theory (非摂動的手法を用いた $SU(3)$ ゲージ理論の相構造の解析) |
| 弘津 晶輝 | 細谷 裕 | Position space formulation for Dirac fermion on honeycomb lattice (蜂の巣格子上でのディラックフェルミオンの実空間定式化) |
| 福井 徳朗 | 保坂 淳 | Three-Body Dynamics Induced by Loosely Bound Nuclei (弱束縛原子核を含む 3 体系の動力学) |
| Gayan Prasad Hettiarachchi | 野末 泰夫 | Electronic properties of alkali-metal-loaded zeolite P (アルカリ金属を吸蔵したゼオライト P の電子物性) |

| | | |
|-------|-------|--|
| 白井 伸宙 | 菊池 誠 | Theoretical Study for Binding Processes of Intrinsically Disordered Proteins (天然変性蛋白質の結合過程に関する理論的研究) |
| 柳 善永 | 中野 貴志 | Study of interference between ϕ and $\Lambda(1520)$ near the photoproduction threshold (ファイ中間子と $\Lambda(1520)$ の光生成における干渉効果の研究) |
| 佐藤 和史 | 山中 卓 | Measurement of the CsI calorimeter performance and K_L momentum spectrum for the J-PARC KOTO experiment (KOTO 実験のための、CsI カロリメータの性能及び K_L 中間子の運動量分布の測定) |

International Physics Course (IPC) の学位取得者

| 学生氏名 | 主査 | 論文題名 |
|-------------------|-------|---|
| Nguyen Trung Hieu | 田島 節子 | Study of Electronic Raman Scattering and Angle-resolved Photoemission Spectra of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ Superconductors ($\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 超伝導体のラマン散乱分光および角度分解光電子分光の研究) |
| Kwing To Lai | 田島 節子 | Evolution of the Electronic Phase Diagram for Iron-based Superconductor $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ ($y=0-0.1$) (鉄系超伝導体 $\text{LaFeP}_{1-x}\text{As}_x\text{O}_{1-y}\text{F}_y$ ($y=0-0.1$) における電子相図の発展) |
| Tran Nam Hoai | 久野 良孝 | A study of proton emission following nuclear muon capture for the COMET experiment (COMET 実験のためのミューオン捕獲による陽子放出過程の研究) |

第4章 教育活動

平成26年度も、大学院教育、学部教育、共通教育のそれぞれにおいて、物理学専攻の教員は以下に掲げる授業科目を担当し、大阪大学の教育活動の一翼を担った。

4.1 大学院授業担当一覧

Aコース（理論系：基礎物理学・量子物理学コース）

(前期課程)

[基礎科目]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|------------|-----|-------|----------|
| 場の理論序説 | 2 | 窪田高弘 | 学部との共通科目 |
| 原子核理論序説 | 2 | 保坂 淳 | |
| 散乱理論（開講せず） | 2 | 未定 | |
| 一般相対性理論 | 2 | 大野木哲也 | 学部との共通科目 |

[専門科目]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------------|-----|-----------------|---|
| 素粒子物理学 II（開講せず） | 2 | 窪田高弘 | ナノ教育プログラム ナノ教育プログラム、英語科目 ナノ教育プログラム ナノ教育プログラム ナノ教育プログラム、英語科目 |
| 場の理論 I | 2 | 大野木哲也 | |
| 場の理論 II | 2 | 橋本幸士 | |
| 原子核理論 | 2 | 浅川正之 | |
| 物性理論 I（開講せず） | 2 | 浅野建一 | |
| 物性理論 II（開講せず） | 2 | Keith M. Slevin | |
| 固体電子論 I（開講せず） | 2 | 黒木和彦 | |
| 固体電子論 II | 2 | 小口多美夫 | |
| 量子多体系の物理 | 2 | 小川哲生 | |

[トピックス]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|------------------|-----|-------|------|
| 素粒子物理学特論 I | 2 | 細谷 裕 | 英語科目 |
| 素粒子物理学特論 II | 2 | 山口 哲 | |
| 原子核理論特論 I | 2 | 佐藤 透 | |
| 原子核理論特論 II | 2 | 若松正志 | |
| 物性理論特論 I (開講せず) | 2 | 阿久津泰弘 | |
| 物性理論特論 II (開講せず) | 2 | 菊池 誠 | |

[セミナー]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|----------------|-----|-----------------------------------|----|
| 素粒子論半期セミナー I | 4.5 | 大野木哲也・田中 実・深谷英則 | ※ |
| 素粒子論半期セミナー II | 4.5 | 窪田高弘 | ※ |
| 場の理論半期セミナー I | 4.5 | 橋本幸士・山口哲・飯塚則裕 | ※ |
| 場の理論半期セミナー II | 4.5 | 細谷 裕・尾田欣也・南部陽一郎 Wade Naylor | ※ |
| 原子核理論半期セミナー I | 4.5 | 浅川正之・佐藤 透・若松正志・北澤正清 | ※ |
| 原子核理論半期セミナー II | 4.5 | 保坂 淳・緒方一介 | ※ |
| 多体問題半期セミナー I | 4.5 | 阿久津泰弘 | ※ |
| 多体問題半期セミナー II | 4.5 | 菊池 誠・吉野 元 | ※ |
| 物性理論半期セミナー I | 4.5 | 黒木和彦・Keith M. Slevin・坂本好史 小倉昌子 | ※ |
| 物性理論半期セミナー II | 4.5 | 小口多美夫・白井光雲・山内邦彦 粂田浩義 | ※ |
| 数理物理学半期セミナー | 4.5 | 小川哲生・浅野建一・大橋琢磨 | ※ |

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[トピック]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|---|-----|----------------------------|---|
| 特別講義 A I 「高密度物質と中性子星の物理」 | 1 | 大西 明 (京都大・基礎物理学 研究所) | 集中 MC・DC 共通 7月30日-8月1日 |
| 特別講義 A II 「観測的宇宙論入門」 | 1 | 杉山 直 (名古屋大・院・理) | 集中 MC・DC 共通 9月24日-26日 |
| 特別講義 A III 「いろいろな次元の超対称ゲージ理論、 基礎から応用まで」 | 1 | 立川裕二 (東京大・院・理) | 集中 MC・DC 共通 10月20日-22日 |
| 特別講義 A IV 「グラフェンとディラック電子系 の物理」 | 1 | 越野幹人 (東北大・院・理) | 集中 MC・DC 共通 ナノ教育プログラム 11月18日-20日 |
| 特別講義 A V 「多体電子論」 | 1 | 楠瀬博明 (愛媛大・院・理工) | 集中 MC・DC 共通 ナノ教育プログラム 12月9日-11日 |

[セミナー]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|----------------|-----|--------------------------------|----|
| 場の理論特別セミナー | 9 | 細谷 裕・尾田欣也・南部陽一郎・Wade Naylor | ※ |
| 場の数理論特別セミナー | 9 | 橋本幸士・山口 哲・飯塚則裕 | ※ |
| 素粒子論特別セミナー | 9 | 大野木哲也・田中 実・深谷英則 | ※ |
| 素粒子論的宇宙論特別セミナー | 9 | 窪田高弘 | ※ |
| 原子核理論特別セミナー | 9 | 浅川正之・佐藤 透・若松正志・北澤正清 | ※ |
| 多体問題特別セミナー | 9 | 保坂 淳・緒方一介 | ※ |
| 物性理論特別セミナー I | 9 | 黒木和彦・Keith M. Slevin・坂本好史・小倉昌子 | ※ |
| 物性理論特別セミナー II | 9 | 小口多美夫・白井光雲・山内邦彦・靱田浩義 | ※ |
| 統計物理学特別セミナー | 9 | 阿久津泰弘・菊池 誠・吉野 元 | ※ |
| 数理論物理学特別セミナー | 9 | 小川哲生・浅野建一・大橋琢磨 | ※ |

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

Bコース (実験系：素粒子・核物理学コース)

(前期課程)

[基礎科目]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------|-----|------|----------|
| 素粒子物理学序論A | 2 | 久野良孝 | 学部との共通科目 |
| 素粒子物理学序論B | 2 | 青木正治 | 学部との共通科目 |
| 原子核物理学序論 | 2 | 松多健策 | 学部との共通科目 |

[専門科目]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-------------|-----|------------|----|
| 高エネルギー物理学I | 2 | 花垣和則 | |
| 高エネルギー物理学II | 2 | 青木正治 | |
| 原子核構造学 | 2 | 小田原厚子・民井 淳 | |
| 加速器物理学 | 2 | 畑中吉治 | |
| 放射線計測学 | 2 | 下田 正 | |

[トピック]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|----------------------|-----|-------|----|
| 高エネルギー物理学特論I | 2 | 久野良孝 | |
| 高エネルギー物理学特論II (開講せず) | 2 | 山中 卓 | |
| 素粒子・核分光学特論 | 2 | 吉田 斉 | |
| 原子核物理学特論I | 2 | 野海博之 | |
| 原子核物理学特論II | 2 | 青井 考 | |
| ハドロン多体系物理学特論 | 2 | 與曾井 優 | |

[セ ミ ナ ー]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|--------------------|-----|-----------------------------------|----|
| 高エネルギー物理学半期セミナー I | 4.5 | 山中 卓・花垣和則・外川 学 | ※ |
| 高エネルギー物理学半期セミナー II | 4.5 | 久野良孝・青木正治・佐藤 朗 | ※ |
| クォーク核物理学半期セミナー | 4.5 | 中野貴志・野海博之・與曾井 優 堀田智明・味村周平 | ※ |
| 原子核構造半期セミナー I | 4.5 | 下田 正・小田原厚子・清水 俊 | ※ |
| 原子核構造半期セミナー II | 4.5 | 松多健策・福田光順・三原基嗣 | ※ |
| 原子核反応半期セミナー | 4.5 | 青井 考・民井 淳・嶋 達志 鈴木智和・高久圭二・井手口栄治 | ※ |
| 核反応計測学半期セミナー | 4.5 | 能町正治・藤田佳孝・菅谷頼仁 | ※ |
| 加速器科学半期セミナー | 4.5 | 畑中吉治・福田光宏・依田哲彦 | ※ |
| レプトン核科学半期セミナー | 4.5 | 岸本忠史・阪口篤志・吉田 斉 | ※ |
| 高エネルギー密度物理半期セミナー | 4.5 | 疇地 宏・重森啓介 | ※ |
| 放射光半期セミナー | 4.5 | 磯山悟郎・井上恒一・加藤龍好 入澤明典・川瀬啓悟 | ※ |

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[トピック]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|---|-----|-------------------|------------------------------|
| 特別講義 B I 「113番元素発見物語— 超重元素領域の核融合メカニズムと探索技術」 | 1 | 森田浩介 (九州大・院・理) | 集中 MC・DC 共通 7月23日-25日 |
| 特別講義 B II 「電子線を用いたストレンジネス核物理」 | 1 | 中村 哲 (東北大・院・理) | 集中 MC・DC 共通 7月30日-8月1日 |
| 特別講義 B III 「電子陽電子コライダーの物理」 | 1 | 川越清以 (九州大・院・理) | 集中 MC・DC 共通 1月14日-16日 |

[セミナー]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|--------------------|-----|-----------------------------------|----|
| 高エネルギー物理学特別セミナー I | 9 | 山中 卓・花垣和則・外川 学 | ※ |
| 高エネルギー物理学特別セミナー II | 9 | 久野良孝・青木正治・佐藤 朗 | ※ |
| 原子核構造特別セミナー I | 9 | 下田 正・小田原厚子・清水 俊 | ※ |
| 原子核構造特別セミナー II | 9 | 松多健策・福田光順・三原基嗣 | ※ |
| バリオン核分光学特別セミナー | 9 | 岸本忠史・阪口篤志・吉田 斉 | ※ |
| 核反応計測学特別セミナー | 9 | 能町正治・藤田佳孝・菅谷頼仁 | ※ |
| クォーク核物理学特別セミナー | 9 | 中野貴志・野海博之・與曾井 優 堀田智明・味村周平 | ※ |
| 原子核反応特別セミナー | 9 | 青井 考・民井 淳・嶋 達志 鈴木智和・高久圭二・井手口栄治 | ※ |
| 加速器科学特別セミナー | 9 | 畑中吉治・福田光宏・依田哲彦 | ※ |
| 高エネルギー密度物理特別セミナー | 9 | 疇地 宏・重森啓介 | ※ |
| 放射光特別セミナー | 9 | 磯山悟郎・井上恒一・加藤龍好 入澤明典・川瀬啓悟 | ※ |

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

Cコース (実験系：物性物理学コース)

(前期課程)

[基礎科目]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------|-----|------|-----------|
| 固体物理学概論 1 | 2 | 小林研介 | 学部との共通科目 |
| 固体物理学概論 2 | 2 | 黒木和彦 | 学部との共通科目 |
| 固体物理学概論 3 | 2 | 田島節子 | 学部との共通科目 |
| 放射光物理学 | 2 | 磯山悟朗 | ナノ教育プログラム |
| 極限光物理学 | 2 | 疇地 宏 | 学部との共通科目 |

[専門科目]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------------|-----|------------|-----------|
| 光物性物理学 | 2 | 田島節子・宮坂茂樹 | 英語科目 |
| 半導体物理学 | 2 | 鷹岡貞夫・長谷川繁彦 | |
| 超伝導物理学 (開講せず) | 2 | 田島節子・宮坂茂樹 | |
| 量子分光 (開講せず) | 2 | 未定 | ナノ教育プログラム |
| シンクロトロン分光 | 2 | 木村真一 | |
| 荷電粒子光学概論 (開講せず) | 2 | 石原盛男 | ナノ教育プログラム |
| 孤立系イオン物理学 | 2 | 豊田岐聡 | ナノ教育プログラム |
| 量子多体制御物理学 | 2 | 小林研介 | |

[トピック]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|----------------|-----|----------------|-----------|
| 強磁場物理学 | 2 | 萩原政幸・杉山清寛・木田孝則 | |
| ナノ構造物性物理学 | 2 | 野末泰夫・中野岳仁 | ナノ教育プログラム |
| 強相関係物理学 | 2 | 花咲徳亮・村川 寛 | |
| 重い電子系の物理 | 2 | 杉山清寛 | |
| 極限物質創成学 (開講せず) | 2 | 未定 | ナノ教育プログラム |

[セ ミ ナ ー]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------------|-----|-------------------------|----|
| メゾスコピック物理半期セミナー | 4.5 | 小林研介・荒川智紀 | ※ |
| 質量分析物理半期セミナー | 4.5 | 豊田岐聡・石原盛男・青木 順 | ※ |
| 超伝導半期セミナー | 4.5 | 田島節子・宮坂茂樹・中島正道 | ※ |
| ナノ構造物性半期セミナー | 4.5 | 野末泰夫・鷹岡貞夫・中野岳仁・ 高見 剛 | ※ |
| 半導体半期セミナー | 4.5 | 長谷川繁彦・江村修一・周 逸凱 | ※ |
| 量子物性半期セミナー | 4.5 | 花咲徳亮・村川 寛 | ※ |
| 光物性半期セミナー | 4.5 | 木村真一・渡辺純二・吉岡伸也・ 大坪嘉之 | ※ |
| 強磁場物理半期セミナー | 4.5 | 萩原政幸・杉山清寛・木田孝則 | ※ |

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

(後期課程)

[トピック]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|---------------------------------------|-----|-------------------------------|------------------------------|
| 特別講義 C I 「高分解光電子分光による フェルミオロジー」 | 1 | 島田賢也 (広島大・放射光科学 研究センター) | 集中 MC・DC 共通 7月30日-8月1日 |
| 特別講義 C II 「ナノ極限環境の新奇量子流体」 | 1 | 和田信雄 (名古屋大・院・理) | 集中 MC・DC 共通 12月1日-3日 |
| 特別講義 C III 「電子材料としての電荷移動錯体 の化学」 | 1 | 松田真生 (熊本大・院・自然科学) | 集中 MC・DC 共通 11月10日-12日 |

[セミナー]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------------|-----|-------------------------|----|
| メゾスコピック物理特別セミナー | 9 | 小林研介・荒川智紀 | ※ |
| 強磁場物理特別セミナー | 9 | 萩原政幸・杉山清寛・木田孝則 | ※ |
| ナノ構造物性特別セミナー | 9 | 野末泰夫・鷹岡貞夫・中野岳仁・ 高見 剛 | ※ |
| 半導体特別セミナー | 9 | 長谷川繁彦・江村修一・周 逸凱 | ※ |
| 超伝導特別セミナー | 9 | 田島節子・宮坂茂樹・中島正道 | ※ |
| 質量分析物理特別セミナー | 9 | 豊田岐聡・石原盛男・青木 順 | ※ |
| 量子物性特別セミナー | 9 | 花咲徳亮・村川 寛 | ※ |
| 光物性特別セミナー | 9 | 木村真一・渡辺純二・吉岡伸也・大坪嘉之 | ※ |

注) ※は各教員がそれぞれのセミナーを開講する。

共通授業科目（A, B, C コース共通）

（前期課程）

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------------|-----|-------|----|
| 加速器科学 | 2 | 磯山悟朗 | |
| 自由電子レーザー学（開講せず） | 2 | 磯山悟朗 | |
| レーザー物性学 | 2 | 重森啓介 | |
| ナノ教育プログラム複雑系物理学 | 2 | 渡辺純二 | |
| 相転移論（開講せず） | 2 | 阿久津泰弘 | |
| ニュートリノ物理学（開講せず） | 2 | 久野良孝 | |
| 非線形物理学（開講せず） | 2 | 未定 | |
| 原子核反応論 | 2 | 緒方一介 | |
| 素粒子物理学 I | 2 | 尾田欣也 | |
| 数物アドバンスコア 1 | 2 | 後藤竜司 | |
| 数物アドバンスコア 2 | 2 | 下田 正 | |

（前・後期課程）

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|---------------------------------|-----|--------------------------------|-------------------------------|
| 科学技術論 B | 2 | 高杉英一、長島順清 村田道雄 他 | 共通科目 |
| 実践科学英語 | 2 | 派遣講師 | 修了要件外 |
| 科学英語基礎 | 1 | E.M. ヘイル | 学部との共通科目, 修了要件外 |
| リスク管理とコンプライアンスー社会に出た ときのためにー | 2 | 山本 仁・石田英之 橘 善輝・梅田幸治 | 学部との共通科目 |
| 先端機器制御学 | 2 | 豊田岐聡・兼松泰男 市田秀樹・中村亮介 濱田格雄 | 大学院副プログラム (基礎理学計測学), 集中 |

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------------------------|-----|----------------------------------|--|
| 分光計測学 | 2 | 豊田岐聡・兼松泰男 濱田格雄・中村亮介 市田秀樹 | 大学院副プログラム (基礎理学計測学) 集中 |
| 先端的研究法：質量分析 | 2 | 豊田岐聡・青木 順・ 倉光成紀・寺田健太郎 高尾敏文 | ナノ教育プログラム, 大学院副プログラム (基礎理学計測学), 集中 |
| 先端的研究法：X線結晶解析 | 2 | 今田勝巳・栗栖源嗣 中川敦史 他 | 大学院副プログラム (基礎理学計測学), 集中 |
| 先端的研究法：NMR | 2 | 上垣浩一・林 文晶 村田道雄・梅川雄一 | 大学院副プログラム (基礎理学計測学), 集中 |
| 放射線計測基礎 1 | 1 | 能町正治 | 大学院副プログラム (基礎理学計測学, 放射線科学), 集中 |
| 放射線計測基礎 2 | 1 | 能町正治 | 大学院副プログラム (基礎理学計測学, 放射線科学), 集中 |
| 放射線計測応用 | 2 | 能町正治 他 | 大学院副プログラム (放射線科学), 集中 |
| 原子核物理基礎 1 | 1 | 能町正治 | 大学院副プログラム (放射線科学), 集中 |
| 原子核物理基礎 2 | 1 | 能町正治 | 大学院副プログラム (放射線科学), 集中 集中, 英語科目 |
| 放射線取扱基礎 | 1 | 能町正治 他 | 大学院副プログラム (放射線科学, 基礎理学計測学) |
| 放射線計測学概論 1 | 1 | 能町正治 他 | 大学院副プログラム (放射線科学) 集中 |
| 放射線計測学概論 2 | 1 | 能町正治 他 | 大学院副プログラム (放射線科学) 集中, 英語科目 |
| ナノマテリアル・ ナノデバイス デザイン学 | 1 | 吉田 博 他 | ナノ教育プログラム 実習, 集中 |
| ナノプロセス・物性・ デバイス学 | 1 | 藤原康文 他 | ナノ教育プログラム 実習, 集中 |
| 超分子ナノバイオ プロセス学 | 1 | 荒木 勉 他 | ナノ教育プログラム 実習, 集中 |
| ナノ構造・機能 計測解析学 | 1 | 竹田精治 他 | ナノ教育プログラム 実習, 集中 |
| ナノフォトンクス学 | 1 | 宮坂 博 他 | ナノ教育プログラム 実習, 集中 |

(後期課程)

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-------------------|-----|--------|--------------------|
| 産学リエゾン PAL 教育研究訓練 | 5 | 伊藤 正 他 | ナノ教育プログラム, 集中修了要件外 |
| 高度学際萌芽研究訓練 | 5 | 伊藤 正 他 | ナノ教育プログラム, 集中修了要件外 |

I P Cコース (国際物理特別コース)

(前期課程)

[専 門 科 目]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|---------------------------------|-----|-----------------|-------------|
| Field Theory | 2 | 保坂 淳 | IPC Minimum |
| Nuclear Physics in the Universe | 2 | 藤田佳孝 | IPC Minimum |
| General Relativity | 2 | Luca Baiotti | IPC Minimum |
| Mathematics for Physics | 2 | Luca Baiotti | IPC Minimum |
| Electrodynamics | 2 | Luca Baiotti | IPC Minimum |
| Fluid and Plasma Physics | 2 | 高部英明 | IPC Minimum |
| Quantum Mechanics | 2 | Luca Baiotti | IPC Minimum |
| Condensed Matter Theory II | 2 | Keith M. Slevin | IPC Minimum |
| Optical Properties of Matter | 2 | 田島節子・宮坂茂樹 | Biennially |

[セ ミ ナ ー]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|-----------------------|-----|------|----|
| Semestral Seminar I | 4.5 | 岸本忠史 | |
| Semestral Seminar II | 4.5 | 岸本忠史 | |
| Semestral Seminar II | 4.5 | 高部英明 | |
| Semestral Seminar II | 4.5 | 田島節子 | |
| Semestral Seminar II | 4.5 | 橋本幸士 | |
| Semestral Seminar III | 4.5 | 高部英明 | |
| Semestral Seminar III | 4.5 | 細谷 裕 | |
| Semestral Seminar III | 4.5 | 田島節子 | |
| Semestral Seminar III | 4.5 | 橋本幸士 | |
| Semestral Seminar IV | 4.5 | 細谷 裕 | |
| Semestral Seminar IV | 4.5 | 疇地 宏 | |
| Semestral Seminar IV | 4.5 | 下田 正 | |
| Semestral Seminar IV | 4.5 | 田島節子 | |

(後期課程)

[トピック]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|--|-----|--|--|
| Topical Seminar I “X-rays and Atomic Dynamics” | 1 | Alfred Baron (RIKEN SPring-8) | 集中 MC・DC 共通 10月15, 22, 29日, 11月12, 19, 26日, 12月10日 |
| Topical Seminar I “Introduction to Particle Physics beyond the Standard Model” | 1 | Adam Paweł Fallowski (Laboratoire de Physique) | 集中 MC・DC 共通 5月15-23日 |

[セミナー]

| 授業科目 | 単位数 | 担当教員 | 備考 |
|---------------------------------|-----|-------|----|
| Seminar for Advanced Researches | 9 | 久野良孝 | |
| Seminar for Advanced Researches | 9 | 岸本忠史 | |
| Seminar for Advanced Researches | 9 | 田島節子 | |
| Seminar for Advanced Researches | 9 | 高部英明 | |
| Seminar for Advanced Researches | 9 | 疇地 宏 | |
| Seminar for Advanced Researches | 9 | 中野貴志 | |
| Seminar for Advanced Researches | 9 | 青井 孝 | |
| Seminar for Advanced Researches | 9 | 小口多美夫 | |

4.2 学部授業担当一覧

| 授業科目名 | 毎週授業時間数 | 単位数 | 担当教員 |
|-----------------|---------|-----|--|
| 【必修科目】 | | | |
| 安全実験法 | 集中 15 | 1 | 中澤康浩・野末泰夫・花垣和則・ 深瀬浩一・外川 学・山本 仁・ 古屋秀隆・廣野哲朗 |
| 力学1 | 2 | 2 | キース スレヴィン |
| 力学1 演義 | 2 | 2 | キース スレヴィン・飯塚則裕 |
| 力学2 | 2 | 2 | 浅野建一 |
| 力学2 演義 | 2 | 2 | 浅野建一・吉野 元 |
| 数理物理1 | 2 | 2 | 佐藤 透 |
| 数理物理1 演義 | 2 | 2 | 佐藤 透・吉野 元 |
| 電磁気学1 | 2 | 2 | 藤田 裕 |
| 電磁気学1 演義 | 2 | 2 | 藤田 裕・深谷英則 |
| 熱物理学 | 2 | 2 | 花咲徳亮 |
| 電磁気学2 演義 | 2 | 2 | 大橋琢磨 |
| 数理物理2 | 2 | 2 | 橋本幸士 |
| 数理物理2 演義 | 2 | 2 | 橋本幸士・田越秀行 |
| 量子力学1 | 2 | 2 | 若松正志 |
| 量子力学1 演義 | 2 | 2 | 若松正志・北澤正清 |
| 物理学実験基礎 | 6 | 2 | 田島節子・鷹岡貞夫・山中千博 杉山清寛 |
| 量子力学2 | 2 | 2 | 細谷 裕 |
| 量子力学2 演義 | 2 | 2 | 細谷 裕・坂本好史 |
| 統計力学1 | 2 | 2 | 湯川 諭 |
| 統計力学1 演義 | 2 | 2 | 湯川 諭・大橋琢磨 |
| 統計力学2 | 2 | 2 | 川村 光 |
| 物理学実験1 | 12 | 4 | 福田光順・山中千博・中野岳仁・ 阪口篤志・菅谷頼仁・清水 俊・ 三原基嗣・橋爪 光・桂 誠・ 久富 修・谷 篤史・竹内徹也・ 宮坂茂樹・佐藤 朗・青木正治・ 境家達弘・深川美里・中嶋 大・ 田島節子・高見 剛・吉田 斉・ 外川 学・小田原厚子 |
| 物理学実験2 | 12 | 4 | (同上) |
| 【選択必修科目】 | | | |
| 物理学特別研究 | 12+12 | 8 | 物理学科各教員 |
| 宇宙地球科学特別研究 | 12+12 | 8 | 物理学科各教員 |

| 授業科目名 | 毎週授業時間数 | 単位数 | 担当教員 |
|---------------------|---------|-----|---|
| 【選択科目】 | | | |
| 物理学セミナー | 2 | 2 | 物理学科各教員 |
| 量子物理学概論 | 2 | 2 | 阪口篤志 |
| 電磁気学 2 | 2 | 2 | 小川哲生 |
| 熱物理学演義 | 2 | 2 | 花咲徳亮・飯塚則裕 |
| 地球科学概論 | 2 | 2 | 近藤 忠 |
| 数理物理 3 | 2 | 2 | 菊池 誠 |
| 惑星科学概論 | 2 | 2 | 寺田健太郎 |
| 物性物理学 1 | 2 | 2 | 小林研介 |
| 質量分析学 | 2 | 2 | 豊田岐聡 |
| 連続体力学 | 2 | 2 | 長峯健太郎 |
| 量子力学 3 | 2 | 2 | 浅川正之 |
| 物理実験学 | 2 | 2 | 能町正治 |
| プラズマ物理学 | 2 | 2 | 高部英明坂和洋一 |
| 光物理学 | 2 | 2 | 野末泰夫 |
| 地球惑星進化学 | 2 | 2 | 中嶋 悟 |
| 生物物理学概論 | 2 | 2 | 久富 修 |
| 原子核物理学 1 | 2 | 2 | 岸本忠史 |
| 物性物理学 2 | 2 | 2 | 黒木和彦 |
| 物理学・宇宙地球科学輪講 | 2 + 2 | 4 | 物理学科各教員 |
| 宇宙地球フィールドワーク 1～4 | 集中 45 | 各 1 | 佐伯和人・廣野哲朗・ 寺崎英紀・中嶋 悟・ 横山 正・藪田ひかる・ 境家達弘 |
| 相対論 | 2 | 2 | 大野木哲也 |
| 素粒子物理学 1 | 2 | 2 | 久野良孝 |
| 原子核物理学 2 | 2 | 2 | 松多健策 |
| 物性物理学 3 | 2 | 2 | 田島節子 |
| 宇宙物理学 | 2 | 2 | 芝井 広 |
| 地球惑星物質学 | 2 | 2 | 佐々木 晶・佐伯和人 |
| 極限光物理学 | 2 | 2 | 疇地 宏 |
| 数値計算法 | 2 | 2 | 田越秀行 |
| 相対論的量子力学 | 2 | 2 | 窪田高弘 |
| 素粒子物理学 2 | 2 | 2 | 青木正治 |

| 授業科目名 | 毎週授業時間数 | 単位数 | 担当教員 |
|--------------|---------|-----|------------------------|
| 物理オナーセミナー 1～ | 2 | 各 1 | 細谷 裕 |
| 科学技術論 A | 2 | 2 | 北山辰樹 |
| 理学への招待 | 2 | 1 | 小林 治・近藤 忠・ 古屋秀隆奥村光隆 |
| 科学英語基礎 | 2 | 1 | Hail, Eric Mathew |
| 数値計算法基礎 | 2 | 2 | 小田中紳二 |

4.3 共通教育授業担当一覽

専門基礎教育科目（理系）担当教員

| 授業科目名 | 担当教員 | 配当学部 | 学期 | 曜日時限 |
|---------------|---------------------------|--|-----|------------|
| 物理学概論 I | 山中 卓 小口多美夫 田中慎一郎 | 医 (医) 医 (放)・歯 医 (検)・薬 | I | 月 3 |
| 物理学 1 A | 浅川正之 小田原厚子 | 理 理 | I | 月 3 |
| 物理学 1 B | 福田光順 | 理 | I | 月 3 |
| 物理学入門 I | 杉山清寛 | 医 (放・検)・ 歯・薬 | I | 月 3 |
| 物理学序論 1 | 廣岡正彦 | 理 | I | 月 3 |
| 現代物理学入門 | 藤田佳孝 | 理 | II | 火 1 |
| 物理学概論 II | 寺田健太郎 渡辺純二 高杉英一 | 医 (医) 医 (放・検)・歯 1 薬・歯 2 | II | 火 2 水 2 |
| 物理学 2 A | 岸本忠史 久野良孝 | 理 理 | II | 金 4 |
| 物理学 2 B | 田島節子 | 理 | II | 金 4 |
| 物理学序論 2 | 山口 哲 | 理 | II | 金 4 |
| 物理学入門 II | 小林研介 | 医 (放・検)・歯・薬 | II | 水 2 |
| 熱学・ 統計力学要論 | 深谷英則 井手口栄治 田中 実 | 基 (電 1～15・ シ 1～90・情 1～25) 基 (電 16～・シ 91～・ 情 26～50) 基 (化・情 51～) | III | 月 2 |
| 熱学・ 統計力学要論 | 猿倉信彦 磯山悟朗・加藤龍好 白井光雲 | 工 (電気・通信・建築) 工 (電子・情報・環境) 工 (エネルギー・ 船舶・土木) | III | 火 1 |
| 力学 I | 大野木哲也 渡辺純二 住 貴宏 | 工 (然 1～85) 工 (然 86～170) 工 (然 171～) | I | 月 4 |

| 授業科目名 | 担当教員 | 配当学部 | 学期 | 曜日時限 |
|--------|---|---|-----|------|
| 力学I | 河原崎修三 常深 博 西浦宏幸 谷口年史 坂本好史 寺崎英紀 | 基 (化) 基 (情) 基 (シ1～90) 基 (シ91～) 基 (電1) 基 (電2) | I | 金4 |
| 力学I | 黒木和彦 林田 清 吉田 斉 | 工 (電子情報) 1-80 工 (電子情報) 81- 工 (環境・エネ) | I | 金4 |
| 力学I | 山口 哲 櫻木弘之 宮坂茂樹 小無啓司 | 工 (地球総合) 工 (理1～95) 工 (理96～190) 工 (理191～) | I | 火1 |
| 力学II | 青山和司 西浦宏幸 田中 実 吉田 博 田中歌子 | 基 (化・情) 基 (シ1～90) 基 (シ91～) 基 (電1) 基 (電2) | II | 金4 |
| 力学II | 川村 光 櫻木弘之 鷹岡貞夫 植田千秋 | 工 (地球総合) 工 (理1～95) 工 (理96～190) 工 (理191～) | II | 火1 |
| 力学II | 北澤正清 山中千博 木村真一 | 工 (電子情報) 1-80 工 (電子情報) 81- 工 (環境・エネ) | II | 金1 |
| 電磁気学I | 長峯健太郎 阿久津泰弘 萩原政幸 | 基 (化) 基 (シ1～130) 基 (シ131～・情) | II | 月1 |
| 電磁気学I | 芝井 広 楊 金峰・誉田義英 尾田欣也 | 工 (然1～85) 工 (然86～170) 工 (然171～) | II | 火3 |
| 電磁気学I | 能町正治 谷口年史 石原盛男 | 工 (理1～95) 工 (理96～190) 工 (理191～) | II | 月2 |
| 電磁気学II | 中嶋 大 高杉英一 | 基 (シ・情) 基 (化) | III | 月3 |
| 電磁気学II | 浜口智志・吉村 智 民井 淳 嶋 達志 | 工 (理1～95) 工 (理96～190) 工 (理191～) | III | 火1 |

| 授業科目名 | 担当教員 | 配当学部 | 学期 | 曜日時限 |
|--------------------|---|------------------------------|----|------------|
| 電気物理学 A 電気物理学 B | 平 雅文 藪内俊毅・加藤裕史 ・加藤裕史 | 工（電子情報）クラス A 工（電子情報）クラス B | I | 月 4 |
| 電気物理学 A 電気物理学 B | 平 雅文 佐藤文信・尾崎典雅 ・大塚裕介 | 工（電子情報）クラス B 工（電子情報）クラス A | II | 金 3 |
| 情報活用基礎 | 外川浩章 | 理 | I | 月 4 |
| 基礎教養 2 | 下田正 阿久津泰弘 土'山明 中嶋悟 | | I | 水 2 |
| 基礎教養 3 基礎教養 3 | 窪田高弘 豊田岐聡 尾田欣也 | | I | 月 1 月 4 |
| 物理学実験 | 高見 剛 田畑博史 清水 大 小泉 淳 堀崎遼一 三原基嗣 | 工（電子情報、環境・エネ） | I | 火 3～5 |
| 物理学実験 | 浅野豪文 佐藤 朗 杉山清寛 吉田 斉 小林 康 廣田悠介 | 工（然） | I | 木 3～5 |
| 物理学実験 | 小田原厚子 梶井博武 稲葉匡司 水野有智 稲垣耕司 楠木祥文 | 工（理） | II | 火 3～5 |
| 物理学実験 | 村川 寛 児島貴徳 松多健策 青木正治 半沢弘昌 外川 学 | 基（電・化・情） | II | 木 3～5 |

| 授業科目名 | 担当教員 | 配当学部 | 学期 | 曜日時限 |
|----------|--|---------------|-------------------------------|-------|
| 物理学実験 | 松本邦彦 高見 剛 橋本智昭 青木 順 大坪嘉之 藤田佳孝 | 工 (地球総合) | II | 金 3～5 |
| 物理学実験 | 高嶋康人 菅谷頼仁 木田孝則 清水 俊 石原盛男 中野岳仁 | 医 (放・検)・基 (シ) | III | 金 3～5 |
| 自然科学実験 1 | 阪口篤志 鷹岡貞夫 藤田佳孝 松多健策 石原盛男 荒川智紀 | 理 | I I I II II II | 水 3－5 |
| 自然科学実験 2 | 木田孝則 | 理 | III | 水 3－5 |

4.4 物理学セミナー

物理学セミナーは物理学科1年生に教員の顔が見えるようにするとともに、研究の現場を覗くチャンスを早いうちから与えて、物理を勉強する意欲を高めてもらう目的で、1学期の木曜日3限に専門教育科目の選択科目として開講している。

担当した研究グループは以下の通り。

物理学専攻（基幹講座）

山中グループ
下田グループ
小川グループ
大野木グループ
花咲グループ
小林グループ

物理学専攻（協力講座）

萩原グループ

宇宙地球科学専攻（基幹講座）

寺田グループ
中嶋グループ
長峯グループ

第5章 物理談話会，南部コロキウム，講演会等

5.1 物理談話会

平成26年度に行なわれた教室談話会（先端物理学・宇宙地球科学輪講）の日程，講師，講演題目を以下に列举する．

| | | |
|------------|--------|--------------------------------|
| 2014.10.10 | 寺崎 英紀 | 地球型惑星の内部を探る |
| 2014.10.17 | 小田原 厚子 | 小さな原子核と大きな宇宙の関係ー原子核物理学の最前線ー |
| 2014.10.24 | 小林 研介 | 人工量子系入門 |
| 2014.11.7 | 細谷 裕 | 素粒子の謎、宇宙の謎、時空の謎 |
| | 深谷 英則 | コンピュータで探る素粒子理論 |
| 2014.11.14 | 高部 英明 | 大型レーザーが開く、新しい宇宙物理研究「レーザー宇宙物理学」 |
| | 坂和 洋一 | |
| 2014.11.21 | 越野 幹人 | 厚さ100万分の1mmの物質：グラフェンの物理学 |
| 2014.11.28 | 川村 光 | フラストレーションを通して新しい世界へ！ |
| 2014.12.5 | 阪口 篤志 | ストレンジネス核物理ーストレンジネスを持つ原子核ー |
| 2014.12.12 | 住 貴宏 | 系外惑星 |
| 2014.12.19 | 田島 節子 | 量子多電子系の物理：超伝導研究の最前線 |
| 2015.1.9 | 山口 哲 | 時空の結晶 |
| 2015.1.23 | 青木 順 | 質量分析で見るサイエンス |
| 2015.1.30 | 廣野 哲朗 | 物理と化学を駆使して活断層の動きを探る |

5.2 南部コロキウム

大阪大学理学部では、H25年度より、物理学専攻を中心として、南部陽一郎特別荣誉教授の名を冠したコロキウムシリーズを開始した。

<http://www.phys.sci.osaka-u.ac.jp/nambu/>

本コロキウムは、南部先生の研究に代表されるような、物理を中心とする科学分野を横断的にとらえる研究を進めていく刺激となるよう企画された。著名な研究者の講演から、分野の壁を越えてディスカッションが出来る雰囲気を作ることを目指している。教員だけではなく、学部生、大学院生の参加を歓迎することで、教育効果を高めることも目標としている。南部コロキウムを通じて、学术交流を促進し、大阪大学の理論科学・物理学の発展を加速させる。

大阪大学の基礎理学プロジェクト研究センターの「理論科学連携拠点」がコロキウムを主催オーガナイズする。理論科学研究拠点は教員十数名からなり、代表は物理学専攻の橋本幸士が務めている。

平成26年度は、昨年度に引き続き、下記の南部コロキウムを開催し、各々、教員と学生が合計100名程度が参加する等、成功を収めた。場所はH701教室、時刻は16:20-17:50である。開催の30分前から軽食を提供し、学术交流を円滑にするよう心がけている。

- 第12回 南部コロキウム

『普遍生物学：物理学者が挑む「生きていることの状態論」』

開催日：2015年1月8日（木）

講師：金子 邦彦 先生 [東京大学複雑系生命システム研究センター長]

- 第11回 南部コロキウム

『物理学と幾何学的表現論』

開催日：2014年12月4日（木）

講師：中島 啓 先生 [京都大学数理解析研究所 教授]

- 第10回 南部コロキウム

『素粒子「ニュートリノ」で見る世界』

開催日：2014年10月30日（木）

講師：中家 剛 先生 [京都大学大学院理学研究科 教授]

- 第9回 南部コロキウム

『宇宙交響楽 ～宇宙マイクロ波背景放射で拓く精密宇宙論～』

開催日：2014年7月24日（木）

講師：杉山 直 先生 [名古屋大学 理学研究科 教授]

- 第8回 南部コロキウム

『少数多体系物理が切り拓く世界』

開催日：2014年6月26日（木）

講師：肥山 詠美子 先生 [理化学研究所 准主任研究員]

- 第7回 南部コロキウム

『磁石からヒッグス粒子まで』

開催日：2014年5月22日（木）

講師：村山 斉 先生 [東京大学 Kavli 数物連携宇宙研究機構長]

- 第6回 南部コロキウム

『ゆらぎは語る』

開催日：2014年4月24日（木）

講師：小林 研介 先生 [大阪大学 理学研究科 教授]

本コロキウムは理学研究科・研究科長裁量経費の補助、そして未来研究イニシアティブ予算の補助を得て開催されている。また、事務作業は物理学専攻事務の協力を得ている。

5.3 講演会等

「物理院生春の学校」

日時：2015年3月9日（月）－3月11日（水）

場所：和歌山県那智勝浦

内容：

物理学専攻は研究合宿「物理院生春の学校」を開催した。本研究合宿の目的は、物理学専攻に所属するスタッフ・学生たちが、素粒子物理学・原子核物理学・物性物理学・統計物理学などの分野の違いや理論・実験の垣根を越えて、学術的な交流を深め幅広い視点を養うと同時に、その経験を今後の研究活動や就職活動に役立てていくことにある。本研究合宿は、2014年3月に物理学専攻主催で開催された「卓越スクール」の後継企画として企画された。参加者は、スタッフ・院生・学部4年生あわせて53名であった（うち、博士課程学生17名、修士課程学生24名、学部4年生3名）。33件の口頭発表と17件のポスター発表が行われた。期間中、参加者の間で非常に活発な交流が行われ、大きな成功となった。なお、本企画は、物理学専攻の大学院生6名（小林達也・鳥越秀平・上岡良季・坂井田美樹・秦徳郎・鍵村亜矢 [敬称略]）が実行委員をつとめ、それをスタッフ6名（小林研介・村川寛・臼井秀知・中島正道・田辺賢士・由良利子 [敬称略]）がサポートする態勢で開催された。

主催：大阪大学理学研究科物理学専攻

共催：博士課程教育リーディングプログラム「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」

第6章 学生の進路状況など

平成26年度の学部卒業生，博士前期課程修了者，博士後期課程修了者のその後の進路は以下の通りであった。

6.1 学部卒業生の進路

| | | |
|--------------|-------------------|-----|
| 大阪大学博士前期課程進学 | (理学研究科) | 57名 |
| 大阪大学博士前期課程進学 | (他研究科) | 2名 |
| 他大学博士前期課程進学 | | 6名 |
| 留学 | (オーストラリア・大学院) | 1名 |
| 科目等履修生 | | 1名 |
| 大学院進学準備 | | 1名 |
| 国家公務員 | (原子力規制委員会・原子力規制庁) | 1名 |
| 民間企業就職 | | 9名 |
| 合 計 | | 78名 |

学部卒業生の進路の内訳：

| | |
|-----------------|----|
| アライドアーキテクト (株) | 1名 |
| (株) いい生活 | 1名 |
| 岩井証券 (株) | 1名 |
| ダイキン工業 (株) | 1名 |
| (株) バンダイナムコゲームズ | 1名 |
| 丸紅 (株) | 1名 |
| (株) 三井住友銀行 | 1名 |
| 楽天 (株) | 1名 |
| (株) ローソン | 1名 |

6.2 博士前期課程修了者の進路

| | |
|----------------------|-----|
| 大阪大学博士後期課程進学 (理学研究科) | 19名 |
| 他大学博士後期課程進学 | 1名 |
| 他大学修士課程進学 | 1名 |
| 民間企業就職 | 29名 |
| 中学校教員 (公立) | 1名 |
| 国家公務員 | 1名 |
| 自営業 | 1名 |
| 医学部受験準備 | 1名 |
| その他 | 2名 |
| 合 計 | 56名 |

博士前期課程修了者の進路の内訳：

| | |
|-----------------------|----|
| (株) アイソルート | 1名 |
| (株) いい生活 | 1名 |
| 大阪ガス (株) | 1名 |
| 岡本 (株) | 1名 |
| 紀陽情報システム (株) | 1名 |
| (株) 金融エンジニアリング・グループ | 1名 |
| (株) コーワメックス | 1名 |
| (株) コベルコ科研 | 1名 |
| J F E スチール (株) | 1名 |
| 新日鐵住金エンジニアリング (株) | 1名 |
| 大日本印刷 (株) | 1名 |
| (株) ディー・エヌ・エー | 1名 |
| 東和精機 (株) | 1名 |
| ナルックス (株) | 1名 |
| 西日本旅客鉄道 (株) (J R 西日本) | 1名 |
| (株) 日本ウィルテックソリューション | 1名 |
| 日本電気 (株) (N E C) | 2名 |
| 東日本旅客鉄道 (株) (J R 東日本) | 1名 |
| (株) 日立製作所 | 1名 |
| (株) 日立ソリューションズ | 1名 |
| (株) ヒューブレイン | 1名 |
| 富士通 (株) | 2名 |
| 富士通エフ・アイ・ビー (株) | 1名 |
| 三菱電機 (株) | 3名 |

6.3. International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路

171

| | |
|------------------|----|
| (株) リクルートスタッフィング | 1名 |
| 国家公務員 (海上自衛隊) | 1名 |
| 市立中学校教員 (石川県) | 1名 |

6.3 International Physics Course (IPC) 前期課程修了者の進路

| | |
|----------------------------------|----|
| 大阪大学博士後期課程国際物理特別コース進学 | 1名 |
| University of Stuttgart 博士後期課程進学 | 1名 |
| 合 計 | 2名 |

6.4 博士後期課程修了者の進路

| | |
|---------------|-----|
| 民間企業就職 | 3名 |
| 大阪大学・常勤教員 | 1名 |
| 大阪大学・非常勤研究員 | 1名 |
| 国立大学法人・非常勤研究員 | 2名 |
| 独立行政法人・非常勤研究員 | 2名 |
| 日本学術振興会・特別研究員 | 1名 |
| 海外研究機関・研究員等 | 3名 |
| 私立中学校・高等学校・教員 | 1名 |
| その他 | 1名 |
| 合 計 | 15名 |

博士後期課程修了者の進路の内訳：

| | |
|---|----|
| サンディスク（株） | 1名 |
| 神鋼溶接サービス（株） | 1名 |
| T I Sソリューションリンク（株） | 1名 |
| 大阪大学・ナノサイエンスデザイン教育研究センター・特任助教 | 1名 |
| 大阪大学・核物理研究センター・教務補佐員 | 1名 |
| 京都大学・大学院理学研究科・生物物理学専攻・研究員 | 1名 |
| 東京大学・宇宙線研究所・特任研究員 | 1名 |
| 日本学術振興会・特別研究員（京都大学基礎物理学研究所） | 1名 |
| 国立研究開発法人・日本原子力研究開発機構・研究員 | 1名 |
| （独）理化学研究所・基礎科学特別研究員 | 1名 |
| 学校法人四天王寺学園・理科教員 | 1名 |
| 国立台湾大学・研究員 | 1名 |
| Central China Normal University・研究員 | 1名 |
| Pensyarah Universiti Teknologi Malaysia・研究員 | 1名 |
| 母国で兵役任務 | 1名 |

6.5 International Physics Course (IPC) 後期課程修了者の進路

| | |
|---|----|
| 大阪大学・大学院理学研究科・物理学専攻・特任研究員 | 1名 |
| Institute of Material Science, Vietnam Academy of Science and Technology 教員 | 1名 |
| Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids 研究員 | 1名 |
| 合 計 | 3名 |

6.6 学生のインターンシップ参加

平成26年度における、学生が参加したインターンシップは以下の通りである。

| 参加日数 | インターンシップ受け入れ先 |
|------|---|
| 5日以上 | 中部電力、voyage group、パナソニック、日立製作所 |
| 5日未満 | サイバーエージェント（夏）、サイバーエージェント（招待制）、マクロミル、Speee、フロムスクラッチ、レバレジーズ |

【注】 特記しない場合は開催場所は国内

第7章 リーディング大学院「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」

7.1 プログラムの目的

本プログラムは、人類の持続的発展に貢献する物質科学研究を担う次世代人材育成を目的とし、既存の大学院と並存する副専攻プログラムとして実施する。履修生を物質科学研究・事業における幹部候補生（Material Science Cadet）と位置づけ、化学・物性物理学・材料工学など、物質科学のさまざまな領域・手法を専門とするプログラム担当者が協働し、産・官・学の広いセクターにおいて物質科学研究・事業の中心的役割を担う人材を輩出することを目指す。

育成を目指す博士人材に期待される能力は、以下のとおりである。

- (1) 物質科学の一領域における確固たる「高度な専門性」
- (2) 主専門とは異なる分野にも目を向ける「複眼的思考」や「俯瞰的視点」
- (3) 他の専門領域の人たちと議論ができる「コミュニケーション力」
- (4) 自ら課題を見出し、その解決に向かう「企画力」、「自立力」
- (5) 既存の考え方に捉われない「セレンディピティ」的な視点・思考力
- (6) 時代と共に変わりゆく社会の動向に対応できる「柔軟性」
- (7) 世界を相手に自らの考えを認めさせることができる「国際突破力」

このリーディング大学院プログラムは、大学院制度の改革を狙ったいわゆる“システム改革”のためのプログラムである。従って、7年間の事業期間は新しいシステムの試行期間と考えるべきであり、本プログラムが成功した場合には、事業終了後これを継続するだけでなく、学内の他分野にも広げていくことが期待されている。

7.2 プログラムの概要・特徴

本プログラムは、大阪大学未来戦略機構第3部門が実施するという形態をとるが、担当教員は、基礎工学研究科（物質創成専攻、システム創成専攻）、理学研究科（物理学専攻、化学専攻、高分子科学専攻）、工学研究科（マテリアル工学専攻、精密科学・応用物理学専攻、応用化学専攻、生命先端工学専攻）の各専攻に所属する教授37名と、理化学研究所・播磨研究所の研究員2名、情報通信研究機構の研究員1名から成る。

履修生は、所属する専攻の大学院課程の科目を修得するのに加えて、本プログラム独自の科目や他専攻・他研究科の科目を所定の単位数履修することが要求される。中でも特徴的な必修科目として、物理系学生が化学を学ぶ「物質化学入門」（その逆の科目もある）、他研究室に3ヶ月滞在して研究を行う「研究室ローテーション」、国内の企業や公的研究所に3ヶ

月滞在する「物質科学国内研修」、海外の研究機関等に3ヶ月滞在する「物質科学海外研修」がある。海外研修を完のあるものにするための「物質科学英語1、2」も必修科目である。

また、1年次の最後に専門科目の筆記試験を行う1st Qualifying Examination (Q.E.)、2年次の最後に「博士論文研究企画」を発表する2nd Q.E.、4年次に英語で行う博士論文中間発表(3rd Q.E.)などを経て、所属研究科の博士論文審査後に実施する本プログラムのFinal Q.E.に合格すると、博士号の学位に加え、本プログラムの修了証が授与される。ちなみに、5年一貫の博士コースであるため、いわゆる「修士論文」は課せられないが、「博士論文研究企画」の発表が義務づけられている。これに関連した研究成果を修士論文としてまとめ、所属専攻の修士論文発表会において発表して、修士号を得ることが、本プログラムの3年次への進級要件となっている。

大阪大学では、他に4つのリーディング大学院プログラムが実施されており、共通して、履修生に修士1年次から月20万円の奨励金を支給し、経済的な憂いなく勉学に専念できる環境を整えている。

7.3 平成26年度の活動

7.3.1 新規科目の始動・準備

第1期の履修生の上級学年が博士後期課程に進学し、「物質科学国内研修」(必修)、「科学史」(選択)、「物質科学キャリアアップ特論」(選択)の3つのコア科目が新たに動きはじめた。国内研修は、主に企業の研究所で実施されたが、履修生に大変評判がよく、普段経験することのない開発研究を体験でき、視野が広がったという声が多い。実施後のアンケート調査結果を見ても、非常に有益であったことがわかる。

科学英語3の非常勤講師の人選も行い、平成27年度開講に備えた。British Councilの講師と学内他学部の非常勤講師の両方に模擬講義を行ってもらい、後者に決定した。

7.3.2 国際会議の実施

11月17～19日にThe 1st International Symposium on Interactive Materials Science Cadet Programを実施した。国内外から関連分野で活躍されている研究者を招いたほか、大阪大学の大学院生も口頭発表を行った。会議運営は、プログラム履修生が多くを担当した。

7.3.3 理研－東大－阪大ジョイントセミナーの実施

10月16～17日に、東大のリーディング大学院プログラムとのジョイントセミナーを実施し、両プログラムに関わる教員(研究者)の講演と双方の学生の交流が行われた。

7.3.4 欧州研究機関への見学の実施

11月30日～12月5日 KU、Leuven、imec3 拠点（ルーベン、ホルストセンター、セント）を訪問し、PhD 研究者とディスカッションすることや研究現場を見ることで、各研究機関の実情及び目指す方向性を学ぶことを目的として実施した。参加者は、履修生25名、教員3名。

7.3.5 Qualifying Examination

専門分野の筆記試験（1st Q.E.）については、ほぼ全員合格したが、不合格となり再試験を受けた学生が1名いた。再試験によって合格はしたものの、工学系の学生と理学系の学生の教育バックグラウンドの違いが原因と思われる。前年度、物性物理100問集を見直し、半導体などの問題を増やし、分野バランス、難易度バランスを是正したが、それでもまだ溝は埋められていないようである。これとは別に、履修生自身が積極的に問題集の改編を提案してきたため、一部の問題の差し替えや間違いの修正などを行い、2回目の改訂版を作成した。来年度は、大阪大学出版会からの出版を目指す。

博士課程進級を判定する2nd Q.E. は、20名が審査に臨み、全員合格した。昨年度と比較して、非専門家に向けて自己の研究をアピールするという形の発表に若干は近づいた。このQ.E. は、研究奨励金（研究費）の審査も兼ねており、学術振興会特別研究員制度に採択された5名を除いて、全員に評価点に応じて奨励金が支給されることが決まった。

3月には、平成27年度の入学者選抜を実施し、20名を合格させた。物理学専攻からは、4名の学生が応募し、3名合格した。

（文責：田島 節子）

第8章 理数オーナープログラム

8.1 平成26年度活動概観

理数オーナープログラムは、学問の違いを考慮して学科毎に提供しているが、参加する学生は学科の壁を越えて履修することができる。理数オーナープログラムに参加する学生は、各学科がオーナーカリキュラムとして指定する科目を履修するとともに、オーナーセミナーを少なくとも2科目2単位履修しなければならない。従って、本プログラムに参加する学生数は、オーナーセミナーを受講する学生数で計ることができる。オーナーセミナーに参加した学生数の年度毎の変化を図1に示している。H21-22はほぼ100～120名程度で定常的になってきたように見えたが、H24年度は90名、H25年度は66名、H26年度は56名に減少した。理数オーナープログラムが対象とする2,3年生の学生総数は約500名なので、対象となる延べ学生総数は前後期合わせて1,000名程度で、H26年度の参加者数は、ほぼその6%にあたる。

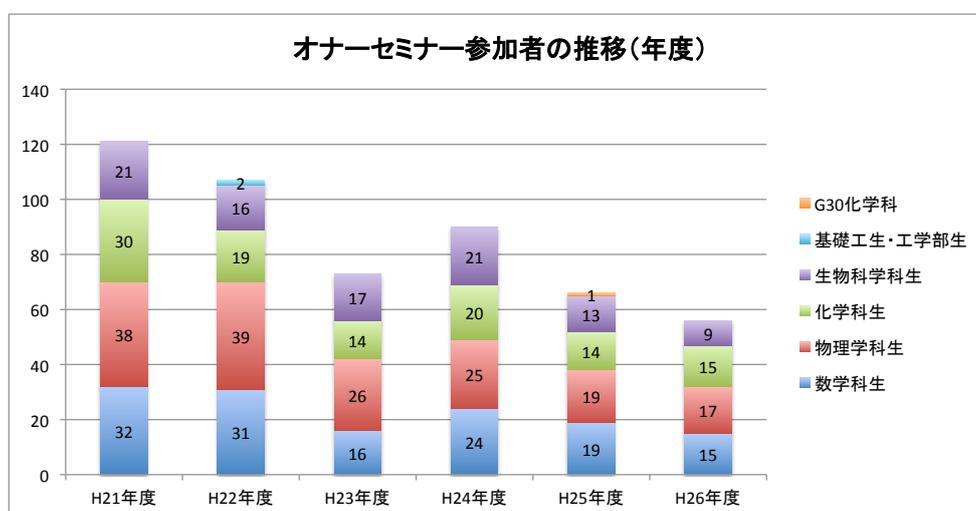


図1 オーナー参加者数の推移

理数オーナープログラムのコアであるオーナーセミナーは、主に学部2,3年生を対象としている。H24-26では、2年生が最も多く、3年生の参加者が少なくなっている。

オーナープログラム修了者の推移を図2に示す。H25は、修了者の数がH24に比べて半減したが、H26は19名に回復した。H26物理学科修了者は4名で少なかった。H26理学部優秀賞（楠本賞、理学部賞）12名のうち、8名がオーナープログラム修了者であった。H21からH26の理学部優秀賞受賞者のうち、毎年、ほぼ2/3がオーナープログラム修了者であった。

また、将来、社会に出てからリーダーとなる素質を持つ学生を学部段階から育成する理数オーナープログラムでは、リーダーに欠かせない高度な専門性に裏付けられた広い視野と社会性を涵養することを目的として、理数オーナープログラム修了者の中から、優れた学業成績を修め、かつ、在学中に特筆すべき社会活動、体験活動、教育活動等（オーナー体験）に積極的に取り組んだ学生を「優秀修了」として認定する。H25年度理数オーナープログラム修了者から適用し、H26年度には9名の優秀修了者がでた。

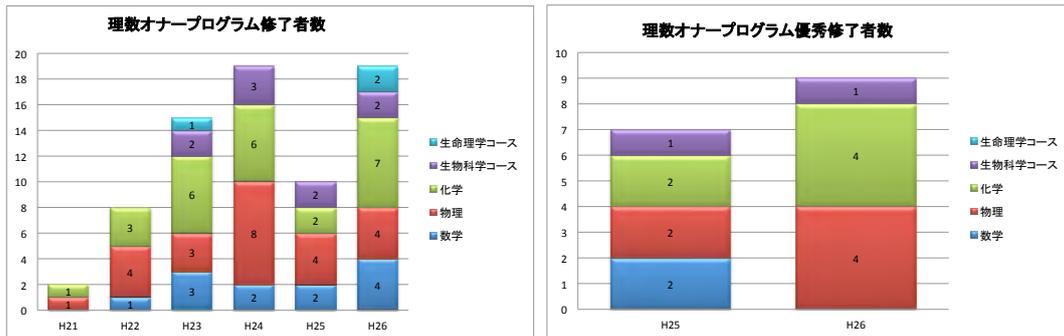


図2 オナープログラム修了者数と優秀修了者数

8.2 オナーセミナー

学部の低学年から意欲ある学生をさらに引き上げる方法として、少人数制の理数オーナーセミナーを開講している。高度な内容の授業を行うとともに、主体的な学習態度を身につけさせ、セミナー終了後は教員および学生の評価をもとにセミナーをさらに改良することを目標とする。少人数制のため、個々の能力を教員が的確に把握できるので、彼らの実力を加味しつつ、学生の好奇心を引き出し、通常授業の枠にとらわれない内容を展開する。H23年度は28のオーナーセミナーを開講したが、H26年度は前後期合わせて29のオーナーセミナーを開講し、のべ56名が履修した。物理学科では、前期は3セミナーを開講、後期は3セミナーを開講した。

《前期》3セミナー開講 受講者数6名

A 南部コロキウムを中心にした自主テーマと研究（橋本幸士、飯塚則裕） 物理学科3年2名

B 宇宙線トモグラフィ（岸本、能町、吉田、阪口、菅谷、梅原） 物理学科2年2名

C 自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性（植田千秋、桂誠） 物理学科2年1名

この他、数学オーナーセミナー（前期のみ）に、物理学科2年2名が参加した。

《後期》8セミナー開講 受講者数9名

D 物理の基本原則と対称性（細谷裕） 物理学科3年1名、化学科2年1名

E 加速器を使って分析しよう—身の回りの謎に挑戦—（福田光順、藤田佳孝） 物理学科1年1名、2年1名、3年2名、数学科2年1名

F 自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性 (植田千秋、桂誠) 物理学科 2 年 2 名

8.3 自主研究と発表会

自分で研究課題を見いだした学生には、オナーセミナーの中で何度か発表をさせて実行可能な課題となるように指導した。なかなか自分で課題を見いだせない学生に対しては、担当教員が用意した大きなテーマの中から学生に選ばせ、討論を通して具体的な研究課題を見いだすように指導した。最終的に参加学生が選択した研究課題は資料にまとめた。自主研究の課題探しは、オナーセミナー開始後 2 ヶ月目から始める。

オナーセミナーの授業と並行して、自ら課題を見つけ自主研究に取り組んだ成果を発表するために研究成果発表会を前期、後期それぞれ 1 回ずつ合計 2 回開催した。発表時間は一人 10 分、質疑応答は 5 分とした。全学科ともオナーセミナーの通常授業の平常点と発表会の出来を合算し、成績評価を行った。

発表のパフォーマンス力が高かった学生を聴衆の投票結果により表彰し、学生のやる気を高めるようにした。また、研究データの考察方法や、文章による説明能力を養うため、この研究結果を自主研究報告書にまとめさせて提出させた。

H26 前期 オナーセミナー 自主研究発表会

平成 26 年 9 月 29 日 (月) 10 : 30-16 : 30 at H701

物理オナーセミナーからの発表 3 セミナー 参加学生 5 名 5 演題

〈橋本、飯塚 G〉南部コロキウムを中心にした自主テーマと研究

- 1 力学-光学アナロジーにおける対応関係について
- 2 多電子配列による原子核電子半径への影響

〈岸本、能町、吉田、阪口、菅谷、梅原 G〉宇宙線トモグラフィ

- 3 ニューラルネットワークを用いた位置再構成方法の改良
- 4 宇宙線の到来方向の角度分布の測定

〈植田、桂 G〉自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性

- 5 花粉の磁気測定

H26 後期 オナーセミナー 自主研究発表会

平成 27 年 3 月 30 日 (月) 9:50-16:15 at H701

物理オナーセミナーからの発表 7 セミナー 参加学生 11 名 9 演題

〈細谷 G〉物理の基本原則と対称性

- 1 量子力学と確率論
- 2 四元数とパウリ行列

〈福田、藤田 G〉加速器を使って分析しよう—身の回りの謎への挑戦—

- 3 β 線放射性核 ^8Li の半減期の精密測定
- 4 スピン偏極した不安定核を用いた「ゆらぎの定理」の検証

〈植田、桂 G〉自然界の物質が宇宙条件で得る磁気活性

- 5 ガラス表面の磁気異方性
- 6 黒曜石の磁気異方性

8.4 大学院科目等履修生，リーディング大学院生との関係

理学部では、早めに自立して研究ができる学力を習得させるため、一定以上の成績をとった学生を対象に、3、4年次の段階で大学院生に混ざって授業が受けられる制度を用意している。全学科学部生を対象としており、選抜方法等、各学科長に一任されている。元々は理数オーナープログラム受講生に対し、学年を超えた勉強の機会を提供しようとして導入された制度であるので、各学科ごとの基準とはいえ、おのずと理数オーナープログラム参加者の認定が多い。H26年度に大学院科目等履修生の資格を与えられた者の数を表1にまとめる。35人中、17人がオーナー参加者である。

| 学科 | 学年 | 候補者数, オナー参加者数 | | |
|-------|-----|---------------|-------|--------|
| | | H24 | H25 | H26 |
| 物理学科 | 4年生 | 7, 6 | 6, 3 | 20, 6 |
| 化学科 | 4年生 | 6, 6 | 2, 2 | 8, 8 |
| 生物科学科 | 4年生 | 5, 2 | 3, 2 | 7, 3 |
| 合計 | | 18, 14 | 11, 7 | 35, 17 |

表1 大学院科目等履修生（候補者）の数

大阪大学では、既存の研究分野の枠にとらわれず、より広く深い知識を身につけ、それを社会で実践し、グローバルに活躍できる人材を育てる「博士課程教育リーディングプログラム」を文科省の支援を受け、平成23年度から全学で取り入れている。国の将来を担う人材の候補生として、大学も力を入れてバックアップしているプログラムである。理学研究科、生命機能研究科の博士課程に進学した理学部卒業生のうち、本大学院プログラムに選抜された奨学生とその中でのオーナー生の人数を表2に記す。H25 オナー修了者の多くが他大学の大学院に進学したが、H26ではオナー優秀修了者の多くが大阪大学大学院に進学した。

| プログラム名 | 理学部卒採択者数, オナー参加者数 | | | | |
|----------------------|-------------------|-------|------|------|------|
| | H23 | H24 | H25 | H26 | H27 |
| 超域イノベーション | 2, 1 | 2, 0 | 2, 0 | 1, 0 | 3, 1 |
| 生体統御ネットワーク 医学教育 | 4, 3 | 2, 2 | 2, 2 | 0, 0 | 2, 1 |
| インタラクティブ 物質科学カデット | — | 11, 8 | 9, 7 | 8, 1 | 7, 4 |

表2 博士課程教育リーディングプログラムへのオナー参加者数

8.5 オナープログラム参加者の活動記録

オナープログラムも今年度で8年目を迎えた。オナーセミナーを受講している学部生は、何事にも好奇心旺盛である点などで仲良くなるスピードも早く、研究発表や交流会を通して、学科、学年を超えた集団ができていく。こういう元気な学生が在籍する理数オナープログラムの卒業生が今後どの方面で活躍していくか楽しみであり、先端的な取り組みを始めた大阪大学理学部の誇りであると言ってよい。

オナーセミナー、発表会以外にも学生が中心となり、企画運営した H26 年度の活動内容を下記に記す。

- 1) いちょう祭 H26.5/3 理学部 H 棟 2F コミュニケーションスペース
- 2) 数学オナーランチミーティング H26.6/27 理学部 B 棟 3F B342 室
- 3) 豊中市小中学生自由研究アドバイザー 豊中豊中市教育センター（蛍ヶ池）
アドバイザー活動 3 日間、H26.7/19 事前相談会、8/2 中間相談会、8/23 まとめ相談会
- 4) 大阪府立豊中高校 SSH ティーチングアシスタント 大阪府立豊中高校（豊中）
SSH1 年生クラス TA 活動 4 日間、 H26.8/21、23、25、30
- 5) オープンキャンパス H26.8/12 理学部 H 棟 1F コミュニケーションスペース
- 6) スイス連邦工科大学 EPFL 来訪 H26.9/3 物理学・宇宙地球科学専攻内
研究発表、ディスカッション、施設見学、異文化交流
- 7) H26 前期自主研究発表会 H26.9/3, 理学部 H 棟 H701
- 8) H26 前期オナー交流会 H26.9/30 理学部 H 棟 2 階 コミュニケーションスペース
- 9) 大阪府立豊中高校 SSH ティーチングアシスタント 大阪府立豊中高校（豊中）
SSH1 年生クラス TA 活動 6 日間 H26.12/20、H26.1/10、17、24
- 10) 第 4 回サイエンス・インカレ(文部科学省主催)H27.2/28、3/1 神戸国際会議場
出場者 5 名 口頭発表者 4 演題 4 名 (物理 B4 1 名, B3 1 名, B2 1 名)
ポスター発表者 1 演題 1 名 (化学 B4 1 名)
入賞者
独立行政法人科学技術振興機構理事長賞 物理 B3 (口頭)
The Noise Knows ～核スピン偏極ゆらぎを利用した「ゆらぎの定理」の検証～
企業賞 化学 B4 (ポスター)
化学実験を用いたキラルな物質間の相互作用の探求
出場者
物理 B4 (口頭)「変分モンテカルロ法による超伝導の研究」
物理 B2 (口頭)「液晶におけるトポロジカル欠陥の生成・消滅過程」
物理 B2 (口頭)「反磁性、常磁性、強磁性鉱物の分離」
- 11) オナープログラム修了式 H26.3/25 理学部 D 棟 D501
理数オナープログラム修了者 19 名 優秀修了者 9 名
- 12) H26 後期自主研究発表会 H27.3/30 理学部 H 棟 H701
- 13) H26 後期オナー交流会 H27.3/30 理学部 H2 棟階 コミュニケーションスペース

第9章 国際化推進事業

9.1 International Physics Course (IPC)

国際化推進事業は、「国際化拠点整備事業（グローバル30）」をもとに、大学の機能に応じた質の高い教育の提供と、海外の学生が我が国に留学しやすい環境を提供する取組のうち、英語による授業等の実施体制の構築や、留学生受け入れに関する体制の整備、戦略的な国際連携の推進等、我が国を代表する国際化拠点の形成の取組を支援することにより、留学生と切磋琢磨する環境の中で国際的に活躍できる高度な人材を養成することを目的としています。

文部科学省 HP

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/07/1280880.htm

平成20年に策定された「留学生30万人計画」の具体的な実現への方策の一部として、英語のみで受講・卒業できるコースの創設、国際公募による外国人教員の採用、受け入れ体制の整備等、特に大学のグローバル化に重点が置かれているところが特徴です。

大阪大学は、学位取得が可能な英語コースとして、「化学・生物学複合メジャーコース」（理学部・工学部・基礎工学部共同）、「人間科学コース」（人間科学部）の学部コース及び「統合理学特別コース」、「国際物理特別コース」（理学研究科）の大学院コースを平成22年度に新設しました。これらのコースは、既存の英語コース（フロンティアバイオテクノロジー英語特別プログラム、船舶海洋工学英語特別コース、“Engineering Science 21st Century”プログラム、量子エンジニアリングデザイン研究特別プログラム）に加えて、本学の教育プログラムの幅を一段と広げるものとして期待されるものです。留学生数については、G30の定める目標年である平成32年までに、約2倍の3,000名とすることを目標値として掲げています。構想では、現在約200名弱の受け入れがある1年未満の短期留学生数を今後拡大し、平成32年にはおよそ1,000名規模まで拡大することを目指します。

大阪大学大学院理学研究科物理学専攻では、平成22年10月に国際物理特別コース（IPC）を新しく開設しました。このコースは授業・研究指導とも英語で行われ、国際共同研究や実験など、国際舞台で活躍できる人材を育成します。大阪大学は高強度レーザーと高エネルギー加速器の両方の大型装置を所有している唯一の大学です。凝縮系物理学や他の分野に興味がある学生の方や、海外からの留学生も歓迎しています。奨学金制度もあります。定員は、MSコースが1学年5名、PhDコースが1学年5名です。

平成22年度は、平成22年10月1日に、第一期生を迎え入れました。入学者は、MSコースが5名、PhDコースが3名で、国籍は、中国3名、ベトナム3名、エストニア1名、パングラディッシュ1名です。さらに、平成23年10月1日に、第二期生を迎え入れました。入学者は、MSコースが5名、PhDコースが1名で、国籍は、中国2名、香港1名、ベトナム1名、インドネシア1名、マレーシア1名です。平成24年度10月1日に、第三期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが2名、PhDコースが3名（学内進学）で、国籍は、中国4名、ベトナム1名です。平成25年度10月1日に、第四期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが5名、PhDコースが5名（学内進学2名）で、国籍は、フランス1名、ドイツ1名、シンガポール1名、中国1名、モンゴル1名、ベトナム3名、マレーシア2名です。平成26年10月1日に、第五期生を迎え入れ、入学者は、MSコースが4名、PhDコースが1名（学内進学）で、国籍は、香港2名、ベトナム2名、中国1名です。

平成27年度から、PhDコースの4月入学制度を取り入れることになりました。平成26年12月～平成27年2月にかけて、平成27年入学のための入学試験を行い、4月入学のPhDコースが1名、10月入学のMSコースが2名、PhDコースが4名の合格者を発表しています。彼らの国籍は、インドネシア、マレーシア、ベトナム、モンゴル、イラン、イタリア、イギリスで、各1名ずつです。

（文責：岸本 忠史）

9.2 Chemistry-Biology Combined Major Program (CBCMP)

2010年10月に開設された。2010年度入学生は13人であった。2011年度入学生は12人であった。2012年度入学生は19人であった。2013年度入学生は19人であった。2014年度入学生は19人であった。又、2015年秋には、さらに20人が入学予定である。物理学科が担当している授業は

Freshman Year:

- Introductory Physics 1 (Classical Mechanics);
- Introductory Physics 2 (Electromagnetism);
- Information Literacy (1 unit ~4 weeks);
- Basic Seminar Coordinator (15 weeks);
- Basic Physics Experiments (lab design consultant);

Sophomore Year:

- Advanced Physics 1 (Biological Physics);
- Advanced Physics 2 (Modern Physics);

である。物理担当の専任特任准教授として Wade Naylor 氏が従事している。

URL: <http://cbcmp.icou.osaka-u.ac.jp/>

第10章 大学院等高度副プログラム

10.1 プログラムの目的

「大学院等高度副プログラム」は、大学院レベルの学生が幅広い領域の素養や複眼的視野を得るとともに、新しい分野について高度な専門性を獲得する学際融合的な教育プログラムである。同プログラムは、各実施部局及び学際融合教育研究センターが協力して推進している。

同プログラムは、幅広い分野の知識と柔軟な思考能力を持つ人材など、社会において求められる人材の多様な要請に対応する取組として、教育目標に沿って、一定のまとまりを有する授業科目により構成され、体系的に履修することができるプログラムである。このプログラムは、平成20年度より開設され、平成23年度からは、一部のプログラムについて、6年生課程の学部（医学部・歯学部・薬学部）5、6年次生も対象とされている。プログラム毎に定める修了の要件を満たすことで、プログラムの修了認定証が交付される。

理学研究科では、物理学専攻が中心になり、平成24年度から「基礎理学計測学」と「放射線科学」の2つのプログラムを新規提案し、実施している。

「高度副プログラム」の詳細は、以下のURLを参照。

- ・ <http://www.prc.sci.osaka-u.ac.jp/fukuprog/>
- ・ <http://www.osaka-u.ac.jp/ja/research/fukusenkou/index.html>
- ・ <http://www.osaka-u.ac.jp/jp/facilities/gakusai/index.html>

10.2 基礎理学計測学

10.2.1 プログラム概要

様々な計測機器や分析機器は、物理、化学、生物科学、ライフサイエンス、環境科学など幅広い分野の研究において、必要不可欠なものとして用いられている。しかしながら、近年、装置がブラックボックス化し、その原理をよく理解せずに機器を利用し、得られた結果についての考察や評価を十分に行えないケースが増えてきている。また、他の誰も見たことがないようなモノを見ようとする時には既存の計測機器では不可能な場合がほとんどで、新たに機器を開発することが必要となる場合もある。このような場合にも、測定原理などをしっかりと理解していることが必須である。

本プログラムでは、「質量分析」、「NMR」、「X線結晶解析」、「放射線計測」、「機器制御」、「分光計測」などの分析・計測法に関して、その機器や測定の基本原理を系統的に講義形式

で学ぶとともに、その技術を体得するための実習も同時に行うことを特徴とする。さらにこのような最先端計測技術の基礎となっている原理についても講義形式で学ぶことができる。このプログラムで学んだ計測技術を実際の研究に役立てられることを目指す。

10.2.2 修了要件

8単位以上。ただし、実習形式の講義（先端的研究法、先端機器制御学、分光計測学）の中から4単位以上必ず取得すること。

10.2.3 授業科目

選択必修科目

先端的研究法：質量分析、先端的研究法：X線結晶解析、先端的研究法：NMR、先端機器制御学、分光計測学

選択科目

放射線計測基礎1、放射線計測基礎2、放射線取扱基礎、放射線計測学、放射光物理学、加速器科学、加速器物理学、孤立系イオン物理学、有機分光化学(I)、生体分子化学(I)、核化学1(I)、核磁気共鳴分光学(I)、無機分光化学概論、先端物性工学、表面分析工学、時空間フォトニクス、レーザー分光学、基礎物理学I、基礎物理学実習

10.2.4 プログラム登録者数

平成26年度のプログラム登録者数は17名であった。その内訳は、理学研究科物理学専攻3名（M1：2名、M2：1名）、理学研究科化学専攻2名（M1：1名、D3：1名）、高分子科学専攻2名（M1：1名、D3：1名）、生物科学専攻1名（M2：1名）、医学系研究科保健学専攻1名（M2：1名）、医学系研究科博士課程医学専攻1名（1年：1名）、歯学研究科博士課程口腔科学専攻1名（1年：1名）、生命機能研究科博士課程生命機能専攻4名（1年：1名、2年：2名、5年：1名）、薬学研究科博士課程医療薬学専攻1名（2年：1名）、基礎工学研究科物質創成専攻1名（M2：1名）である。

なお、平成26年度の本プログラム修了者は1名であった。

10.3 放射線科学

10.3.1 プログラム概要

放射線計測は素粒子原子核実験を行う上で基礎的な技術であり、いまもなお先進的な研究開発が行われている。しかし、それにとどまらず、様々な分野に応用され、研究・実用において不可欠なものとなっている。本プログラムでは、基礎的な計測技術の習得から、加速器を用いた最先端の放射線科学を、実験実習を中心として習得する。

すでに、医学物理士コースのために核物理研究センターと理学研究科物理学専攻ならびに附属基礎理学プロジェクト研究センターは講義・実験を協力して行っている。本プログラムはこれをさらに進めるとともに、最先端の医療現場での放射線計測についてもその基礎を学ぶ。

このような要求は日本だけでなく大きな加速器施設を持たない ASEAN 諸国でも非常に高い。理学研究科では核物理研究センターと共同で「物理実験基礎コース」を ASEAN・中国の学生を招聘して、英語での講義・実験を行ってきた。本プログラムではそれらの英語による講義・実験を用いる事により、日本国内だけでなく世界に開かれたプログラムとする。

10.3.2 修了要件

8 単位以上。

10.3.3 授業科目

必修科目

放射線計測基礎 1、放射線計測基礎 2、放射線計測応用

選択科目

加速器科学、放射線計測学、核化学 1(I)、放射線取扱基礎、放射線計測学概論 1、放射線計測学概論 2、Nuclear Physics in the Universe、放射線診断物理学、高精度放射線治療、粒子線治療

10.3.4 プログラム登録者数

平成 26 年度のプログラム登録者数は 9 名であった。その内訳は、理学研究科物理学専攻 5 名 (M1 : 1 名、M2 : 1 名、D2: 3 名)、医学系研究科保健学専攻 1 名 (M2 : 1 名)、薬学研究科博士課程医療薬学専攻 1 名 (2 年 : 1 名)、工学研究科応用化学専攻 1 名 (M2 : 1 名)、生命機能研究科博士課程生命機能専攻 1 名 (2 年 : 1 名) である。

なお、平成 26 年度の本プログラム修了者は 2 名であった。

(文責：豊田 岐聡)

第11章 国際交流活動

11.1 目的

大阪大学大学院理学研究科（物理学専攻）での国際交流活動の主たる目的は

1. 物理学専攻の教育研究の成果を海外に向けて積極的に情報発信すること
2. 海外の大学や研究機関から本研究科博士前・後期課程への学生の入学を推進することである。

このような活動には、教員個々人のチャンネル形成と信頼関係の形成が必要である。それに加え、研究科としてオーソライズされた組織的なプロモーション活動も必要であり、物理学専攻としてはこれらについて努力している。平成26年度の活動は、以下の通りである。

11.2 活動の内容

- 本研究科・専攻・教育研究・International Programs の紹介。
- 本研究科・専攻の大学院生への経済的支援の説明。
- 本研究科・専攻の短期、長期の研究活動の可能性、希望や意見などの聴取。
- 在学中から Home Institute と連絡を取り合い、一人の学生を育てていく。Double Degree Program (以下 DD) や、留学生の経済支援について Home Institute との co-funding の検討・議論。
- (mini-)Workshops の実施。
- 教育研究関連公的機関への訪問・情報収集。

11.3 海外研究機関訪問、海外からの来訪者など

1. インド、2014年6月2日-10日 Gujarat National Law University・Institute for Plasma Research・Indian Institute of Technology, Bombay・Tata Institute for Fundamental Research・Indian Institute of Science; 高部
2. ロシア、2014年0701-0714 Far East Federal University・ノボシビルスク国立大学; 高部
3. 留学フェアなど、理学部宣伝活動を行う

- (a) インドネシア、2014 年 10 月 10 日-19 日 IPB Bogor, UI Jakarta, UGM Jog Jakarta; Baiotti
- (b) フィリピン、2014 年 10 月 20 日-21 日 UP Diliman; Baiotti
- (c) カザフスタン、2014 年 10 月 27 日-11 月 3 日 Al-Farabi Kazakh National University, Nazarbayev; Baiotti
- (d) キルギスタン、2014 年 11 月 3 日-5 日 Kyrgyz State University; Baiotti
- (e) ウズベキスタン、2014 年 11 月 5 日-13 日 Institute of Nuclear Physics, Uzbek National University; Baiotti
- (f) オーストラリア、2015 年 1 月 15 日-23 日 The university of Sydney, Macquarie University; Baiotti
- (g) インドネシア、2015 年 1 月 29 日-31 日 ULDP; Baiotti
- (h) ネパール、2015 年 2 月 3 日-15 日 Tribhuvan University, Kathmandu University; Baiotti・高部

4. 阪大訪問

- (a) Dr. Adam Pawel Falkowski (Laboratoire de Physique) 2014 年 5 月 15 日-23 日 IPC 集中講義
- (b) Prof. Hen-Yu Chen (国立台湾大)、Prof. Bum-Hoon Lee (西江大) 2014 年 9 月 8 日 Workshop
- (c) Dr. Alfred Baron (RIKEN SPring-8) 2014 年 10 月 15 日-12 月 10 日 IPC 集中講義
- (d) Prof. Kai Zuber, (ドレスデン工科大) 2014 年 11 月 7 日 学術交流協定締結・物理学セミナー
- (e) Prof. Thomas C. Killian (ライス大) 2014 年 12 月 5 日 DD 打ち合わせ・物理学セミナー
- (f) Prof. Mark W. Meisel (フロリダ大) 2014 年 12 月 9 日 先端強磁場科学研究センターセミナー
- (g) ホーチミン大学 学長・副学長 2015 年 1 月 21 日 DD 打ち合わせ
- (h) Prof. K. Takami (Goethe University) 2015 年 1 月 21 日 TAP セミナー
- (i) アルファラビ・カザフ国立大学 物理工学部 (カザフスタン) 物理工学部長 2015 年 2 月 17 日-18 日 学生交流覚書締結
- (j) バンドン工科大学 数学・自然科学科 数学・自然科学科長 2015 年 2 月 19 日 DD 協定調印
- (k) Prof. Sergei Zvyagin (ドレスデン強磁場研究所) 2015 年 3 月 10 日 先端強磁場科学研究センターセミナー

11.4 部局間学術交流協定

平成 26 年度に、物理学専攻の教員がコンタクトパーソンとなって新たに締結した海外研究機関との部局間学術交流協定は、以下の通りである。

1. ドレスデン工科大学・理学部（ドイツ連邦共和国）2014.11.7-2019.11.6; CP:久野良孝教授
2. バンドン工科大学 数学・自然科学科（ベトナム）2015.2.19-2016.2.18; CP:久野良孝教授・岸本忠史教授・Baiotti Luca 准教授

11.5 海外研究機関での集中講義および阪大における海外拠点との国際会議・シンポジウム

1. 学術交流セミナー 上海交通大 2014 年 11 月 2 日-4 日; 久野良孝教授・岸本忠史教授・小川哲生教授
2. ダブルディグリー協定準備として・セミナー実施
 - (a) タイ、2014 年 10 月 26 日-29 日 マヒドン大・スラナリー工科大; 久野・岸本・Baiotti
 - (b) シンガポール、2014 年 11 月 14 日 Nanyang Terchnological University; 久野・Baiotti
 - (c) マレーシア、2014 年 11 月 17 日-18 日 マラヤ大; 久野・岸本・Baiotti
 - (d) インドネシア、2014 年 11 月 19 日-20 日 バンドン工科大; 久野・岸本・Baiotti
 - (e) フィリピン、2015 年 3 月 3 日-6 日 De La Salle University, UP Dikian; 久野・Baiotti
 - (f) ベトナム、2015 年 3 月 11 日-14 日 ホーチミン大; 久野・岸本・能町・Baiotti

11.6 その他

物理学専攻（博士課程）の在籍留学生人数は、平成26年5月現在で合計22名。（国費留学生：4名、私費留学生：15名、政府派遣留学生：3名）

| 国名 | 前期課程 | 後期課程 | 非正規生 |
|--------|------|------|------|
| ドイツ | 1 | 0 | 0 |
| シンガポール | 1 | 0 | 0 |
| モンゴル | 1 | 0 | 0 |
| 中国 | 2 | 2 | 0 |
| シンガポール | 1 | 0 | 0 |
| マレーシア | 1 | 3 | 0 |
| 大韓民国 | 1 | 0 | 0 |
| ベトナム | 0 | 8 | 0 |
| スリランカ | 0 | 1 | 0 |
| 計 | 8 | 14 | 0 |

（文責：岸本 忠史）

第12章 湯川記念室

12.1 平成26年度活動概観

大阪大学湯川記念室は、湯川博士の中間子論が大阪大学(旧大阪帝国大学)理学部にて生まれ、日本で最初のノーベル賞として実を結んだことを記念して、1953年、本部に直属する組織として発足し、1976年に改めて附属図書館内に設置された。2008年10月より、大阪大学総合学術博物館に属する。理学研究科、特に、物理学専攻のメンバーが中心的に運営をにない、物理や自然科学の基礎の社会的、学内的な啓蒙活動に積極的に取り組んでいる。

湯川記念室のホームページは <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/> である。湯川記念室委員会は全学的な組織で、委員長は細谷裕である。

12.2 第30回湯川記念講演会

2014年10月12日(日)、13時-17時、大阪大学中之島センター、佐治敬三メモリアルホールで開催した。湯川記念室が主催、日本物理学会大阪支部が共催した。240人あまりの参加者があった。佐治敬三メモリアルホールだけでなく、別の部屋にビデオ中継した。

(1) 今井 正幸 (東北大学大学院理学研究科教授)

“物質から生命への道”

(2) 橋本 幸士 (大阪大学大学院理学研究科教授)

“異次元宇宙と素粒子、そして超ひも理論”

<http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/sympo/sympo30.html>

今井氏は単純な分子から複雑分子が合成され、それらが自己集合化して身体を形成する過程、いかに物質から生命が生まれたか解説、引き続き、橋本は、宇宙が異次元空間を持っている可能性、究極理論としての超ひも理論をわかり易く解説した。

12.3 最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2014

日時：2014年10月18日、25日、11月1日、8日、15日、22日(土) 15時 - 18時

<http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

主催：総合学術博物館湯川記念室

共催：理学研究科、工学研究科、基礎工学研究科、全学教育推進機構、

レーザーエネルギー学研究センター、核物理研究センター



図 12.1: 「最先端の物理を高校生に SAP2014」の風景

主に高校生を対象に、一線の研究者が最先端の物理を分かりやすく講義するとともに、演示やゲームも取り入れ、物理や科学に対する興味を引き出そうとするプロジェクト、「最先端の物理を高校生に Saturday Afternoon Physics 2014」が10月18日から11月22日まで、毎土曜日午後3時から6時まで6週にわたり、豊中キャンパス理学部 D501 大講義室などで開催された。毎回、高校生、一般を含め、平均141人が出席した。140人は4回以上出席した。出席者173人のうち58人が女性であった。特に、今回はSAP10周年特別企画として11月1日、「高分子有機発光ダイオードを創ってみよう」の実験プログラムを3時間続けて実施した。ノーベル化学賞受賞の白川英樹先生を講師として迎え、たぐい稀な内容で、参加した高校生を圧倒した。

毎回3時間の授業は、(1) 基幹講義：自然界の様々な世界を訪ねる、(2) コーヒーブレイク：実験デモ、実演、展示、交流、(3) 実践講義：物理、技術の現実世界での応用、の3部で構成され、自然の謎を解き明かす最先端の物理の探索とともに、我々の社会にこうした知識と技術がいかにかに生かされ実現されているかなど、未来への展望も含めてわかりやすく解説された。11月1日には、工学研究科、核物理研究センター、レーザーエネルギー学研究センターの最新設備の見学を実施した。「知りたい、学びたい」と思って自主的に参加した高校生の熱気と質問に終始つまれ、最終日には、東島清理事・副学長より祝辞が述べられ、修了証書が授与された。6週間にわたって大学が高校生に提供するこの野心的なプログラムは今年も盛況のうちに終了した。



図 12.2: 「最先端の物理を高校生に SAP2014」修了式後の集合写真

プログラムの詳細はホームページを参照されたい。理学研究科からは、細谷裕、藤田佳孝、松多健策、佐藤透、石原盛男、宮坂茂樹、阪口篤志、豊田岐聡、福田光順、北澤正清、市原敏雄、古木良一、櫻井太郎、重永尚子らが中心的に運営に携わった。

表 12.1: 「最先端の物理を高校生に SAP」の10年間の実績

| 開催年 | 2005 | 06-09 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|--------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 実行委員長 | 細谷 裕 | 略 | 阪口篤志 | 藤田佳孝 | 藤田佳孝 | 藤田佳孝 | 藤田佳孝 |
| 副委員長 | 藤田佳孝 | 略 | 佐藤 透 | 阪口篤志 | 松多健策 | 松多健策 | 松多健策 |
| 参加者数 | 171 | 略 | 179 | 192 | 190 | 175 | 173 |
| 男性, 女性 | 125, 45 | 略 | 124, 55 | 128, 64 | 119, 71 | 113, 62 | 115, 58 |
| 高1, 高2 | 106, 54 | 略 | 103, 54 | 100, 59 | 90, 65 | 106, 42 | 76, 75 |
| 平均参加者 | 141 | 略 | 142 | 154 | 146 | 139 | 141 |
| ≥4回出席者 | 146 | 略 | 149 | 155 | 150 | 140 | 140 |
| 6回出席者 | 83 | 略 | 66 | 92 | 72 | 74 | 83 |
| リピーター | — | 略 | 9 | 7 | 11 | 12 | 1 |
| 参加高校数 | 38 | 略 | 69 | 93 | 79 | 60 | 60 |

この10年間の実績を表 12.1 にまとめる。SAP2014では、4回以上出席した人は140人であり、参加者は非常に熱意があることを物語る。60校からの参加があった。参加高校数の多さは、SAPプロジェクトが浸透してきたことを意味する。

このSAPプロジェクトは大阪大学の主要な outreach 活動の一つとして大きく認識されるようになった。



図 12.3: 湯川秀樹の黒板披露式典での除幕式 (2014年5月13日)

12.4 湯川秀樹の黒板 披露式典

5月13日、「湯川秀樹先生愛用の黒板披露式典」が、理学研究科H棟7階H701セミナー室およびコミュニケーションスペースにおいて、南部陽一郎特別荣誉教授、湯川先生のご子息の湯川春洋氏、平野俊夫総長等が出席し、執り行われた。この黒板（石盤）は、湯川秀樹がコロンビア大学客員教授であったとき研究室で愛用していたものである。コロンビア大学、理化学研究所の好意のもと、橋本幸士氏の尽力により、この湯川黒板が海を渡り、湯川中間子論誕生の地、大阪大学に移設されたことは、限りない喜びである。黒板は、学生が自由に使えるH棟7階コミュニケーションスペースに設置され、毎日議論の場となり息を吹き返している。

12.5 その他

いちよう祭（2014年5月2日、3日）で理学研究科H棟7階コミュニケーションスペースにおいて、湯川秀樹愛用の黒板公開、湯川秀樹博士関連の写真パネルを展示し、湯川秀樹博士、朝永振一郎博士、仁科芳雄博士のビデオ上映を行った。

学内誌「阪大NOW」（2014.7/No. 141, page 4 - page 11）に「濃いつ！ 阪大－湯川秀樹編－阪大が育てた湯川秀樹の中間子論」の特集が組まれた。

第13章 社会活動

13.1 物理学科出張講義の記録

主に高校生を対象とした平成26年度の物理学科出張講義は、宇宙地球科学専攻と物理学専攻の教員の協力で、以下の10校を対象に実施された。

| 学校名 | 所在地 | 日時 | 講師 | 対象 |
|--------------|------|-----------|------|------------------------------|
| 須磨学園高等学校 | 神戸市 | 7月24日(木) | 松多健策 | 2年生 40名程度 |
| 三重県立津西高等学校 | 鈴鹿市 | 8月17日(日) | 吉田 齊 | 国際科学科(特進クラス) 1・2年生(理系選択者) |
| 兵庫県立姫路東高等学校 | 姫路市 | 8月22日(金) | 萩原政幸 | 2年次理系生徒 約50名 |
| 西宮市立西宮東高校 | 西宮市 | 10月1日(水) | 芝井 広 | 1, 2年生の希望者 20~30名 |
| 和歌山県立田辺高等学校 | 田辺市 | 10月22日(水) | 松多健策 | 2年生 20~30名 |
| 京都府立南陽高校 | 木津川市 | 11月6日(木) | 豊田岐聡 | 2年生 各30名~40名程度 |
| 西宮市立西宮高等学校 | 西宮市 | 11月7日(金) | 野末泰夫 | グローバルサイエンス科2年生約40名 |
| 三重県立四日市高校 | 四日市市 | 11月12日(水) | 田島節子 | 1学年生徒約40名 |
| 和歌山県立向陽高等学校 | 和歌山市 | 11月12日(水) | 芝井 広 | 第2学年30~60名の グループ2つ(理系) |
| 大阪私立高槻中学高等学校 | 高槻市 | 1月31日(土) | 芝井 広 | 中学3年生30名程度 |

(文責：野末 泰夫)

13.2 連携講座

滋賀県立虎姫高等学校の2年生と3年生の生徒13名が教諭2名(高田武治教諭, 坂口さか江教諭)と共に、平成26年8月7日(木)と8月8日(金)の1泊2日の日程で、スーパーサイエンスハイスクール(SSH)のサマーセミナーとして大阪大学大学院理学研究科の連携講座に参加した。武友建史校長も開講式に駆けつけて下さった。高等学校の物理教育では演示実験に偏りがちである。また、実験実習を体験するためには設備が十分でなく、指導が必ずしも十分に行えない状況にある。そこで、杉山清寛准教授が中心となって、物理科学の基礎とその発展となる実験実習を実際に体験し、その中で物理学的なものの考え方とその理解を深めるプログラムを準備した。また、理解した内容をまとめ、それをみんなの前で発表することによって、自ら考えること、および、それを互いに伝え理解しあうことにより、考察がより深まることを目指した。さらに、その延長上にある物理科学の最前線の生き生きとした研究内容の一端を理解することにより、物理科学全般への関心を高めることを目指した。

昨年度、大変評判が高かった光に焦点をあてて、高校では扱えない機材を実際に用いて、生徒自らが操作し、その様子を観察・記録し、その結果を解析した。具体的には、原子から

出てくる輝線スペクトルを用いて、様々な波長におけるガラスの屈折率を測定した。光が屈折するのはよく知られていることであるが、その際、なぜ虹色になるのかについては理解されているとは言えない。屈折率の分散という現象を実際に観察して、光と物質との相互作用を理解する助けとする。さらに生徒が自ら考案した発展課題に挑んだ。行った実験の結果を整理してまとめ、創意工夫した点や理解した内容やうまくゆかなかった点などを準備し、翌朝の発表会にて発表した。その際、成果をレポートにまとめるだけでなく、みんなの前で発表し議論することを体験した。しかも、内容は、高校で扱う範囲を少し越えており、その経験は、将来、より進んだ内容へと興味を展開させるための良い経験になると期待される。また、産業科学研究所の長谷川繁彦准教授の協力を得て、ナノテクノロジーに係る最先端の研究に触れる機会を得た。この連携講座は今回で12回目となる。

8月7日(木)

10:00-16:40

原子スペクトルを光源として、ガラスプリズムの屈折率の波長依存性を測定した。さらに、午後を中心に、発展課題の実験を行い、その解析を行った。

8月8日(金)

9:00-10:45

前日に行った実験の成果の発表と討議をおこなった。生徒が自らまとめた内容は、大学生のレベルに達しており、充実した発表と議論が行われた。また、適切なアドバイスを行いながら生徒同士で質問し、議論を深めた。単に正しい答を求めるのではなく、なぜそうなるのかを自分の力で考えながら理解することを目指した。

11:00-12:00

野末による講義「光のふしぎ」を行い、様々な波長の光があることや、波長によって色が違って見えることについて網膜の視細胞での視物質の役割や、光の回折や、光が媒質と相互作用しながら媒質中を遠くまで伝搬する事などについて、実演も交えて学習した。

14:00-15:30

吹田キャンパスに移動し、長谷川准教授の指導のもとで、ナノテクノロジーについて産業科学研究所のいくつかの研究室を見学し、大学における最先端の研究の一端を理解した。

(文責：野末 泰夫)

13.3 高校生のための物理学科一日体験入学

高校生を対象とした研究室紹介として「研究室をのぞいてみよう」を実施した。これは「最先端の物理を高校生に (Saturday Afternoon Physics)」の一企画として、これまでの「高校生のための物理学科一日体験入学」を発展させ2009年度より行っている。

本年度の実施内容は以下の通りであった。

開催日時：2014年11月15日（土） 16:00－18:00
 開催場所：大阪大学理学研究科・基礎工学研究科・低温センター
 内容： 高校生による研究室訪問
 参加者数：140名（オブザーバーを含む）

参加グループ：15グループ

理学研究科物理学専攻

| 協力研究室 | 担当者 | 企画名称 |
|-----------|----------------|-------------------------------|
| 岸本グループ | 阪口篤志 | PETの原理を知ろう |
| 下田グループ | 小田原厚子 | 放射線を測って原子核から宇宙まで感じてみよう |
| 核物質学グループ | 三原基嗣 | 加速器で見る原子核の世界 |
| 山中卓グループ | 山中卓、花垣和則 | 初めての素粒子実験 |
| 久野グループ | 坂本英之、吉田学立、久野良孝 | 宇宙からの宇宙線を視る |
| 原子核理論グループ | 北沢正清 | クォーク・グルオン・プラズマ～ビッグバン直後の宇宙の世界～ |
| 素粒子理論グループ | 山口哲 | 重力～ニュートン、アインシュタインから超弦理論まで～ |
| 小林グループ | 小林研介 | エレクトロニクス：真空管からナノテクノロジーまで |
| 田島グループ | 宮坂茂樹 | 極低温で見る高温超伝導の性質 |
| 萩原グループ | 木田孝則、萩原政幸 | 強磁場発生と強磁場を用いた物性研究 |

基礎工学研究科物質創成専攻

| 協力研究室 | 担当者 | 企画名称 |
|--------|------|--|
| 吉田博研究室 | 吉田博 | 創エネルギー材料（太陽電池、燃料電池、熱電材料）の計算機ナノマテリアルデザインと実証 |
| 木村研究室 | 若林裕助 | 原子の見かた |

| | | |
|-------|------|-------------------------------|
| 芦田研究室 | 芦田昌明 | 最先端レーザー — 100兆分の1秒 のストロボ光— |
| 鈴木研究室 | 鈴木義茂 | 小さな磁石の不思議な世界 |

低温センター

| | | |
|-------|------|------------------------------------|
| 協力研究室 | 担当者 | 企画名称 |
| 豊中分室 | 竹内徹也 | 液体窒素と液体ヘリウムに触れてみ よう—極低温の不思議な世界— |

参考: <http://www-yukawa.phys.sci.osaka-u.ac.jp/SAP/>

(文責: 宮坂 茂樹)

13.4 「いちよう祭」「まちかね祭」などにおける施設の一般公開

「いちよう祭」「まちかね祭」における施設の一般公開の状況は以下の通りであった。

| 公開行事名 | 担当(責任)者 | 公開日 | 参加人数 |
|--|---------|---------|------|
| マイクロ・ナノ構造の観察と実験体験 | 中野 | 5月3日 | 198 |
| 素粒子で探る未知の世界 | 青木 | 5月3日 | 59 |
| ヒッグスや超対称粒子を探せ! | 山中 | 5月3日 | 91 |
| 放射線検出器で探る素粒子・原子核 ・そして宇宙 | 阪口 | 5月3日 | 160 |
| 超伝導を体験しよう | 宮坂 | 5月3日 | 144 |
| 体験! 磁気抵抗、熱電変換、分子伝導 | 村川 | 5月3日 | 30 |
| 理数オーナープログラム | 安藝(細谷) | 5月3日 | 99 |
| 質量分析って何だろう | 宮田(豊田) | 5月3日 | 28 |
| ビデオ上映「元素誕生の謎にせまる」 および「原子番号113の元素創生」 | 三原 | 5月2、3日 | 50 |
| 加速器で見る原子核の世界 | 三原 | 5月2、3日 | 270 |
| ビデオ上映「元素誕生の謎にせまる」他 | 三原 | 11月1、2日 | 12 |
| 加速器で見る原子核の世界 | 三原 | 11月1、2日 | 45 |

参加者総数: 1,186名 (高校生: 356名 一般: 830名)

「いちよう祭」以外での施設の一般公開の状況は以下の通りであった。

| 公開日 | 公開内容 | 対象者 | 参加人数 |
|--------|--|------------------------|---------------|
| 6月9日 | 模擬授業（藤田） | 岡山一宮高校 | 35名 |
| 7月15日 | 模擬授業（松多）、バンデグラフ公開 | 咲くやこの花高校 | 22名 |
| 8月12日 | オープンキャンパス （下田研、核物質学グループ、岸本研、山中研、久野研、田島研、花咲研、小林研、野末研、豊田研、素粒子論グループ、原子核理論グループ、黒木研、小川研） | 高校生、一般 | 2400名 (全体) |
| 8月31日 | バンデグラフ施設公開 | 科学教育研究協議会 (中学、高校教員) | 40名 |
| 9月18日 | 模擬授業（田島）、萩原研、バンデグラフ公開 | 香川県三本松高校 | 36名 |
| 10月10日 | バンデグラフ施設公開 | 天王寺高校 | 20名 |
| 11月6日 | 模擬授業（藤田）、バンデグラフ公開 | 池田高校 | 24名 |
| 11月7日 | 模擬授業（藤田）、バンデグラフ公開 | 京都網野高校 | 24名 |
| 11月17日 | 模擬授業（松多）、バンデグラフ公開 | 報徳学園高校 | 26名 |
| 12月12日 | バンデグラフ、強磁場施設公開 | 兵庫西宮高校 | 53名 |
| 12月15日 | バンデグラフ公開 | 宝塚北高校 | 42名 |

(文責：松多 健策)

13.5 理科教育セミナー

基礎工学研究科と理学研究科の教員が協力して開催している「理科教育セミナー」は、大阪大学基礎工学研究科と理学研究科が、高校や大学の教育に活かす目的を持って、高校の先生方と大学の教員が、物理教育について議論し、最先端の物理を研鑽する場として、毎年開催されている。物理学専攻は、担当教員を決めて主催者側として積極的に関与してきている。

今年度は、平成25年8月5日（火）、6日（水）の2日間にわたってH棟7階H701号室でおこなわれた。日程は以下の通りであった。

8月5日（火曜日）

1. (講義) 電子をあやつる：エレクトロニクスの過去・現在・未来 10:00-12:00
大阪大学大学院理学研究科教授 小林 研介

2. (高大連携企画) セミナー「物理と言語活動」 13:30-17:30
- (a) (13:30-14:00)
言語活動というテーマについて 大阪大学基礎工学研究科 教授 関山 明
- (b) (14:00-14:30)
大学で身につけて欲しいこと 大阪大学理事 副学長 東島 清
- (c) (14:30-15:00)
全学出動体制を目指したアカデミック・ライティング指導と教材作成 大阪大学全学
教育推進機構 准教授 堀 一成
- (d) (15:00-15:20) 休憩
- (e) (15:20-15:50)
物理学実験の現場から 大阪大学大学院理学研究科 助教 中野岳仁
- (f) (15:50-16:20)
高校物理の学習課題に関する意識調査 大阪府立池田高校 教諭 筒井和幸
- (g) (16:20-16:50)
物理語と日本語 四天王寺高等学校・中学校教諭 川内 正
- (h) (16:50-17:30) 討論
参加者全員

8月13日(火曜日)

1. 基礎工学研究科研究室訪問 10:00-12:00
9つの研究室の中から2つの研究室を見学していただきます。
大阪大学大学院基礎工学研究科 9つの研究室
2. (講義)素粒子物理についての模擬授業 13:30-15:30
大阪大学大学院理学研究科 教授 橋本 幸士

セミナーの参加者は、
高校、中学、高専の教員 25名、退職などのその他教育関係者 6名、他大学の先生方
4名
大阪大学側として、理事 1名、理学研究科 11名、基礎工学研究科 3名、全学教育
推進機構 1名
の総計 51名でした。

(文責：杉山 清寛)

第14章 大阪大学オープンキャンパス(理学部)

平成26年8月12日(火曜日)に平成26年度大阪大学オープンキャンパス(理学部)が開催された。この説明会の趣旨は、「大学進学を希望している受験生及び進路指導担当教諭等の方々に、大阪大学並びに理学部の教育・研究、入学試験などについて紹介し、適切な進路選択をするために必要な情報及び資料を提供し、本学部が期待する入学者を確保する」というものであり、例年、2000～3000名もの参加者を集めている。

大阪大学では数千名にも上る参加者に対応するために、一昨年度からWebによる事前登録方式を採用し、理学部でも、学部長挨拶、模擬講義や学科説明会にこの事前登録による定員制を導入している。本年度も昨年度を踏襲して、同様なシステムで事前登録を行った。物理学科の模擬講義と学科説明会は事前登録では満杯となる盛況となった。学科説明会はD501からのリレーで、階下の大きな2つの講義室にリレー中継も行われた。物理学科では、模擬講義の行われた前半(午前)の時間帯を避けて、午後(後半)に研究室公開を行った。物理学専攻から14グループ、宇宙地球科学専攻から8グループもの公開があった。これに加えてこの時間帯に、今年度からビデオ上映(元素誕生の謎にせまる・原子番号113の元素創生の2本立て)も行った。物理学科の2つの模擬講義は基礎工学部シグマホールで行われ、計400名もの参加があった。理学部全体の参加人数は、申込数は2,615人、最終的にも2400人の参加者となった。物理学科の2回の学科説明会は、全体の参加人数が減少したにもかかわらず、前年度の620名を大きく上回る700名が参加している。今年度は学生アルバイトを11名採用し、昨年同様、学科の受付・案内などの他に全体の会場受付なども担当してもらった。

日程は以下の通り。

| | | |
|----------|---------------------------------|--|
| 1. 学科説明会 | 11:00-11:45 | D501, D403, D303 山中 卓 物理学科長 |
| 2. 学科説明会 | 15:00-15:45 | D501, D403, D303 常深 博 宇宙地球科学専攻専攻長 |
| 3. 研究室公開 | 13:00-16:00 | 各研究室 見学希望研究室を自由に見学してまわった。 今年も化学、数学の学科説明会の時間も物理学科として研究室を公開した。 |
| 4. 模擬講義 | 「現代物理学への招待：量子の発見」 10:00-10:45 | Σホール 小林 研介 教授 |
| 5. 模擬講義 | 「極限環境実験から解く地球中心部の謎」 12:00-12:45 | Σホール 近藤 忠 教授(宇宙・地球科学専攻) |

(文責：福田 光順)

第15章 平成26年度の年間活動カレンダー

| | |
|------------|---------------------------|
| 4月2日 | 入学式 |
| 4月4日 | 新入生オリエンテーション |
| 4月10日 | 第1学期授業開始 |
| 4月12日 -13日 | 新入生研修旅行 |
| 4月17日 | 物理学専攻教室会議(第279回) |
| 5月1日 | 大阪大学記念日 |
| 5月2日 -3日 | いちょう祭 |
| 5月23日 | 物理学専攻教室会議(第280回) |
| 6月7日 | 大学院入試説明会(東京) |
| 6月19日 | 物理学専攻教室会議(第281回) |
| 6月21日 | 大学院入試説明会(大阪) |
| 7月14日 | 物理学専攻教室会議(第282回) |
| 8月11日 | 第1学期授業終了(夏季休業8月12日-9月30日) |
| 8月12日 | オープンキャンパス, 合同ビアパーティ |
| 8月13日 -15日 | 夏季一斉休業 |
| 8月27日 | 大学院合同入試ならびに東京入試筆記試験 |
| 8月28日 | 大学院合同入試面接試験 |
| 8月29日 | 大学院合同入試ならびに東京入試面接試験 |
| 9月4日 | 物理学専攻教室会議(第283回) |
| 10月1日 | 第2学期授業開始 |
| 10月16日 | 物理学専攻教室会議(第284回) |
| 11月1日 -3日 | 大学祭 |
| 11月20日 | 物理学専攻教室会議(第285回) |
| 11月27日 | 物理学専攻教室会議(第286回) |
| 12月18日 | 理学懇話会 |
| 12月19日 | 物理学科忘年会 |
| 12月23日 | 冬季休業(12月23日-1月4日) |
| 12月25日 | 物理学専攻教室会議(第287回) |
| 1月15日 | 物理学専攻教室会議(第288回) |
| 1月17日 -18日 | 大学入試センター試験 |
| 1月22日 | 物理学専攻教室会議(第289回) |
| 2月4日 -6日 | 博士論文公聴会 |
| 2月12日 -13日 | 修士論文発表会 |
| 2月13日 | 物理学専攻教室会議(第290回) |
| 2月16日 | 第2学期授業終了 |
| 2月20日 | 物理学専攻教室会議(第291回) |
| 2月25日 | 入学試験(前期日程) |
| 2月26日 | 入学試験(前期日程 挑戦枠) |
| 3月12日 | 物理学専攻教室会議(第292回) |
| 3月25日 | 卒業式 |

第16章 物理学専攻における役割分担

<物理学専攻>

| | 平成26年度 担当者 |
|-----------------|--|
| 専攻長 (物理) | 山中 |
| 副専攻長 | 花咲, 浅川 |
| 議長団 | 尾田, 花垣, 福田 |
| 物理学科長 | 山中 |
| 専攻長 (宇宙地球) | [常深] |
| 大学院カリキュラム委員会 | 浅川 |
| 大学院入試実施委員会 | 橋本*, [寺田] |
| 大学院入試実施委員会 (東京) | 岸本, 山中, 青木 |
| 大学院入試説明会 | 岸本, 山中, 青木 |
| 入学案内資料作成 | [藤田] |
| 年次報告書作成 | 阪口, 山中 |
| ODINS | 浅野, 佐藤透 |
| 専攻WEB管理作成 | 花垣 |
| 学術交流 | 小林 |
| 教職員過半数代表委員 | 浅野, 村川 |
| 薬品管理、高圧ガス支援システム | 村川 |
| 高度副プログラム実施WG | 豊田*, 能町, 岸本, 下田, 山中, 浅川, [青井, 倉光, 村田, 兼松] |
| CBCMP (学部) | Naylor, 細谷, 下田, 浅川, 杉山, Slevin |
| IPC (大学院) コース長 | 岸本 |
| IPC 運営委員会 | 岸本*, 小川, 細谷, 下田, 久野, 山中, 浅川, 田島, Slevin, 能町, 橋本, 黒木, 小林, [保坂, Baiotti, 高部, 中野, 小口, 青井, 疇地] |
| 図書委員 | 黒木, 尾田 |

< 物理学科 >

| | 平成 26 年度 担当者 |
|---------------------|--|
| 学年担任 (1年) | 橋本, [久富] |
| (2年) | 小林, [川村] |
| (3年) | 花咲, [寺田] |
| 物理学科教務委員会 | 大野木, 吉田, 阿久津, Slevin, 花咲, 福田, 杉山, 鷹岡, [近藤*, 長峯, 湯川, 藤田, 山中(千), 廣野] |
| 物理・宇宙地球科学輪講 (物理談話会) | 山口, [湯川] |
| 学部生特別ケア | 花咲, 佐藤透 |
| 3年生物理学実験 | 田島*, 福田, 宮坂, [山中(千)] |
| 生命理学コース運営・教務委員会 | 豊田, [中嶋] |
| 研修旅行 | 吉田*, [寺崎] |
| 能動性懇談会 | 下田, 花垣 |
| 縦断合宿 | 小林* |
| 大学説明会 | 福田 |
| 理科と情報数理の教育セミナー | 杉山 |
| 物理学科出張講義担当 | [谷口] |
| 就職担当 | 萩原, [寺田] |
| T A 担当 | 大野木(理)、松多(共通教育) |
| 一日体験入学 (in SAP) | 石原, 阪口, 宮坂 |
| 物理系同窓会 | 能町, 松多, 岸本, 萩原, 山中, [常深, 植田] |

< 理学研究科・理学部 >

| | 平成 26 年度 担当者 |
|---------------|---|
| 研究科長・学部長 | [篠原] |
| 副研究科長 | 小川 |
| 企画調整会議 | 小川 |
| 安全衛生管理委員会 | 花咲*, 野末(広報), 石原(電気・機械), [豊田, 杉山(高圧ガス・広報)] |
| 防災委員会 | 山中, 田島, 松多, [小川, 萩原] |
| 情報倫理委員会 | 小川 |
| いちょう祭実行 WG | 松多, [青木順] |
| ネットワークシステム委員会 | 佐藤透, [豊田, 木田] |
| Web 情報委員会 | 花垣 |
| 広報委員会 | 宮坂, 福田, [豊田] |
| 技術部運営委員会 | 小川*, 野末, [岸本, 能町] |

| | |
|---|---|
| 技術部各室連絡会議委員 情報ネットワーク室 研究支援室 教育支援室 分析測定室 | 野末, [能町*] [岸本*] 野末*, [豊田] 石原, [豊田] |
| ハラスメント相談員 | 田島, 小川* |
| ハラスメント対策委員会 | 小田原, 小川* |
| 国際交流委員会 | 久野*, 岸本 |
| 学部入試委員会 | 山中, 小川 |
| 学部 AO 入試実施委員会 | 浅川 |
| 理学部共通教育連絡委員会 | 杉山 |
| 学部教育教務委員会 | 大野木, 吉田 |
| 理学部プロジェクト教育実施委員会 | 細谷* |
| 学務評価委員会 | 細谷, 浅野 |
| 学生生活委員会 | 花咲, 佐藤透 |
| 大学院入試委員会 | 山中, 小川, 浅川 |
| 大学院教育教務委員会 | 浅川* |
| 大学院入試実施委員会 | 橋本, 浅川* |
| 施設マネジメント委員会 | 野末, [豊田, 萩原] |
| エックス線・放射線専門委員会 | 吉田, 松多 |
| 放射線安全委員会 | 松多 |
| 放射線障害防止委員会 | 三原, [青木順] |
| 情報資料室運営委員会 | 小川*, 黒木 |
| 研究公正委員会 | 小川 |
| 基礎理学プロジェクト研究センター運営委員会 | [小川*, 豊田, 能町] |
| 構造熱科学研究センター運営委員会 | 野末 |
| 個人評価委員会 | [篠原*] |
| 社会学連携委員会 | 岸本*, 小林 |
| 理学懇話会運営委員会 | 小川*, 岸本, 山中 |
| 高大連携連絡委員会 | [谷口] |
| 先端強磁場科学研究センター運営委員会 | 山中, 田島, 野末, [萩原*, 杉山, 小川] |
| 教職員活性化 WG | 小田原 |
| 留学生担当教員 | 岸本 |
| なんでも相談室運営 WG | 阿久津* |

1. 専攻長は入試委員, 防災委員, 産学官連携問題委員, 研究推進委員, 評価委員を兼任する
2. *は委員長 (リーダー, 責任者)、[] 内は協力講座、他専攻、他部局

第17章 グループ構成(平成26年度)

| | |
|----------------|---|
| グループ | 研究テーマ |
| | 正メンバー |
| | 準メンバー |
| | 大学院学生 学部4年生 |
| 素粒子理論 (細谷) | テーマ: 素粒子論, 場の理論, 統一理論, 宇宙論 |
| | 正: 細谷裕, 尾田欣也 準: 〈南部陽一郎〉, 〈高杉英一〉, 窪田高弘, Wade Naylor, Andrey Taydugnov, 山津直樹, 藤本教寛 |
| | D3: 榎本哲也, 岡崎匡志, 下谷卓也, 田中章詞, 富谷昭夫, 弘津晶輝 D2: 鈴木貴志, 船津周一郎, 山本健吾 D1: Allan Lambit Alinea M2: Zheng Liang He, 小野田昂司, 鍵村亜矢, 長澤亮, 中西由香理, 古井敦志 M1: 尾崎翔美, 手嶋裕紀 |
| | |
| 素粒子理論 (橋本) | テーマ: 超弦理論, 場の理論, 超対称性, 数理論 |
| | 正: 橋本幸士, 山口哲, 飯塚則裕 |
| | D2: 園田昭彦 D1: 森裕紀 M2: 川嶋元貴, 杉本裕司, Wu Xi, Antoine Yann Wegrowski M1: 玉岡幸太郎, 横矢毅 |
| | |
| 素粒子理論 (大野木) | テーマ: 素粒子物理学, 格子ゲージ理論, 場の量子論 |
| | 正: 大野木哲也, 田中実, 深谷英則 |
| | D3: 菊地健吾, 美澄暢彦 D1: 西田充宏 M1: Carsten Fritzner Frostrup(委託大学院生) |
| | |
| 原子核理論 | テーマ: ハドロン物理学 |
| | 正: 浅川正之, 佐藤透, 若松正志, 北澤正清 準: 中村聡, 一瀬昌嗣, 河野泰宏, 那須翔太 |
| | D1: 池田惇郎, 金泰広, 坂井田美樹, 村田知也 M2: 上坂優一, 大西悠太郎 M1: 松村千春 |
| | |
| 山 中 | テーマ: 高エネルギー物理学(素粒子実験物理学) |
| | 正: 山中卓, 花垣和則, 外川学 準: 塩見公志, 佐藤和史, 山口洋平, 小野峻 |
| | D3: 村山理恵, 杉山泰之, 遠藤理樹 D2: Jia Jian Teoh D1: 石島直樹 M2: 辻嶺二, 渡邊誠, 荒井泰貴, 磯江麻衣 M1: 新谷知也, 宮崎康一, 矢島和希, 山内洋子 B4: 今坂俊博, 原口弘, 森哲平 |
| | |

| | |
|--------------|--|
| 久野 | テーマ: 素粒子実験物理学 |
| | 正: 久野良孝, 青木正治, 佐藤朗, (石田勝彦) 準: 板橋隆久, 小出義夫, 坂本英之, 吉田学立, 荻津透, 森津学, 中井浩二, 吉田誠 |
| | D3: Nam Hoai Tran, Izyan Hazwani Binti Hashim, Thong Duy Nguyen D2: Truong Minh Nguyen, 伊藤慎太郎 D1: 松本侑樹 M2: 岩見大樹, 岡本慧太, 片山博喜, 鷹尾賢三, 林央樹 M1: 河野靖典, 長尾大樹, 中沢遊, Ting Sam Wong B4: 植田泰智, 常森大貴, 横山希 |
| 岸本 | テーマ: 素粒子・核分光学 |
| | 正: 岸本忠史, 阪口篤志, 吉田齊, (大西宏明) 準: 梅原さおり, 飯田崇史, 中島恭平, 本多良太郎 |
| | D3: 吉田幸太郎, 角畑秀一 D2: Wang Wei, 早川修平, Van Thi Thu Trang, Chan Wei Min D1: 中川真菜美 M2: 大植健一郎, 太畑貴綺, 鉄野高之介, 中田祥之, Temuge Batpurev M1: 上原拓真, 早川朋成, 李曉龍 B4: 芥川一樹, 岡田麻奈, 久米世大, 小林和矢 |
| 核物質学 (岸本) | テーマ: 実験核物理学, 核物性 |
| | 正: 松多健策, 福田光順, 三原基嗣 準: 南園忠則 |
| | M2: 大野淳一, 田中聖臣 M1: 山岡慎太郎 B4: 島谷二郎, 田中悠太郎, 杜航 |
| 下田 | テーマ: 不安定な原子核の構造, 原子核の高スピン状態 |
| | 正: 下田正, 小田原厚子, 清水俊 |
| | D2: 西畑洸希 D1: 藤田朋美, 八木彩祐未 M2: Yifan Fang, 石垣知樹, 大道理恵, 森本翔太 M1: 金岡裕志, 吉田晋之介 B4: 辰己耕介, 中島諒, 河村嵩之, 藤原智貴, 吉住孝之, 中橋晶(生命理学) |
| 黒木 | テーマ: 物性理論 |
| | 正: 黒木和彦, Keith Martin Slevin, 坂本好彦, 小倉昌子 準: 赤井久純, 下司雅章, 臼井秀知 |
| | D3: 岩崎将, 斎藤涼介, 鈴木雄大(委託大学院生), 榊原寛史(委託大学院生) D2: 上岡良季, 田中寛之(委託大学院生) D1: 杉本岳志 M2: 森光太(委託大学院生), 松嶋恭平(委託大学院生), 篠原弘介 M1: 小倉大典, 中田昌宏, 水野竜太 B4: 井上智裕, 加藤大智, 喜屋武尚, Julian M. Grinblat |
| 阿久津 | テーマ: |
| | 正: 阿久津泰弘 |
| | B4: 正村陸, 藤川勇志 |

| | |
|-----|---|
| 小 川 | テーマ: 物性理論 (多体電子論・非平衡統計力学・量子光学) |
| | 正: 小川哲生, 浅野建一, 大橋琢磨 準: 越野和樹, 石川陽, 馬場基彰, 弓削達郎 |
| | D3: 西山祐輔, 新居良太, 比嘉亮太 M2: 狩野恒一, 佐藤大祐 M1: 八木梢恵 B4: 光元亨汰 |
| 小 林 | テーマ: 固体素子を用いた精密物性科学と機能開拓 |
| | 正: 小林研介, 荒川智紀 準: 田辺賢士, 松尾貞茂, Meydi Ferrier |
| | D3: 西原禎孝 (委託大学院生) D2: 田中崇大 M2: 秦徳郎, 前田正博 M1: 竹下俊平, 則元将太, 藤原亮, 室達也 B4: 河村智哉, 日野航佑, 横井雅彦 |
| 田 島 | テーマ: エキゾチック超伝導体のメカニズムやその他新奇現象の研究 |
| | 正: 田島節子, 宮坂茂樹, 中島正道, (Alfred Q. R. Baron) 準: 田中清尚 |
| | D3: Nguyen Trung Hieu, Kwing To Lai, 竹森章 D2: 小林達也, 村井直樹 M2: 李偉武, 足立徹, 隈部壽照, 徳久太一, 道下修平, Lennart Tilman Sobirey M1: 安藤慧, 上久保将大, 太田圭亮, Juang Hao Kegan Lee B4: 永渕真彦, 山本高寛, 横田裕章 |
| 花 咲 | テーマ: 強相関電子系の量子輸送現象 |
| | 正: 花咲徳亮, 村川寛 |
| | D1: 鳥越秀平 M2: 土橋誠悟, 長谷川駿行 M1: 青石優平, 池田光雄, 増田悠介, Felix Kuester B4: 片山敬介, 駒田盛是 |
| 野 末 | テーマ: ナノ構造物質における量子物性 |
| | 正: 野末泰夫, 鷹岡貞夫, 中野岳仁, 高見剛 準: (渡邊功雄), (阪本康弘) |
| | D3: Pham Tan Thi, Gayan Prasad Hettiarachchi, Luu Manh Kien D2: 後藤輝生 D1: Dita Puspita Sari, Retno Asih M2: 谷辺健志, 宮島遼平 M1: 岸本亮三, 左近亮輔 B4: 藤田悠斗, 梅本尚嗣, 加藤健三, 藤本大河, 向井健太郎 |
| 豊 田 | テーマ: 最先端質量分析装置の開発とそれを用いた新しいサイエンスの開拓 |
| | 正: 石原盛男 準: 豊田岐聡, 青木順, 市原敏雄, 長尾博文, 本堂敏信, 松岡久典, 古谷浩志 |
| | M2: 今岡成章, 尾関美穂, 日野裕太 M1: 宮田祐貴 B4: 石垣綾香, 野口勇介, 前田幸輝 |

| | |
|---------|---|
| 協力講座の学生 | <p>D3: 伊藤健, 井上謙太郎, 上村直樹, 大浦健志, 笠松勇斗, 川崎新吾, 柴田卓也, 田中純貴, 福井徳朗, 藤村卓功, 藤本將輝, 劉斌</p> <p>D2: 鎌倉恵太, 濱野博友, 山本哲也, Jianfuh Ong, Kim Sangho, Lin An, Nam Hai Tran</p> <p>D1: 奥谷顕, 小島完興, 坂田匠平, 山我拓巳, 吉澤大智, Mui Viet Luong, Tran Dinh Trong, Xiao Zhou</p> <p>M2: 砂金学, 井上梓, 宇津木卓, 加藤弘樹, 小森尚平, 篠崎真一, 杉原秀理, 鈴木博才, 田中大樹, 田中まな, 堤亮太, 中井雄士, 船越壮亮, 前田剛, 三浦正季, 盛田義弥, 矢口雅貴, 山根浩義, 吉田数貴, 李昇浩, Wei Ren Teo</p> <p>M1: 青木勇磨, 幾野弘之, 江添貴之, 片岡揮能, 後藤弘也, 菅田好人, 杉浦拓也, 高尾一, 田中慎太郎, 出原健太郎, 中山大樹, 名田將人, 平野裕理, 宮崎数磨, 森岡俊晶, 山本拓未, Chan Phaikyng, Ha Thi Hoang, Khai Tuan Bui, King Fai Law</p> <p>B4: 浅岡俊介, 阿部智彦, 金川和貴, 金賢竣, 亀井俊, 岸潤一郎, 庫本和人, 佐藤和樹, 高田篤, 竹野祐輔, 多田吉克, 田原大夢, 都築将仁, 萩原健太</p> |
|---------|---|

【注1】 〈 〉 招へい教員

【注2】 協力講座は大学院生と学部4年生のみ記載