

物理教室年次報告書
平成22年度

2011年3月
九州大学大学院理学研究院物理学部門

目次

はじめに	1
2 2 年度の研究テーマと成果	
素粒子理論	2
理論核物理	11
宇宙物理理論	32
粒子物理学	50
物性理論	61
統計物理学	69
凝縮系理論	78
磁性物理学	83
量子微小物性	95
低次元電子物性	103
複雑物性基礎	111
複雑流体	122
構造物性	126
客員教授	134
教職員一覧	135
物理学部門各種委員	136
物理学教室談話会	137
物性基礎論コロキウム	138
九大原子核セミナー	140
非常勤講師	142
外国人研究者等受入	143
教育課程委員会	144
物理学教室ファカルティ・デベロップメント (FD)	145
入学者数と卒業者数	146
就職・進学状況	147
体験入学	148
社会貢献活動	150

はじめに

2010 年度版物理学部門の年次報告書をお届けします。現在全学的に伊都地区へ新キャンパス移転が進行中で、理学系は 2014 年度中の移転が予定されており、その建物部屋割り等の準備作業が進行中です。この一年の人事面では森川恒安助教が 10 月 16 日心筋梗塞で倒れ、療養のため休職となりましたが、理論核物理の緒方一介助教は大阪大学核物理センター准教授としてご栄転されることになりました。また日本における ILC 高エネルギー実験の加速器設置候補地として背振山系が浮上してきたことや、かねてから九大物理学部門に高エネルギー実験分野の新設についても強い要望があったことから、2011 年度から発足することになりました。

しかしなんと言っても今年度最も大きかったのは年度末の 3 月 11 日に発生した東北太平洋岸を震源とする M9 もの大きな地震とそれによる巨大な津波のため東日本太平洋側が壊滅的打撃を受けたことです。そのため春の日本物理学会だけでなく多くの学術的会合が中止となりました。またその地震及び津波によって東日本太平洋側の多くの原子力発電所が被害を受けました。とりわけ東京電力の福島第一原子力発電所では原子炉が運転を緊急停止はしたものの、津波のため冷却能力を失った結果、水素爆発により、多くの放射性物質が吹き出され、風とともに福島県内だけでなく多くの県に飛散し、深刻な放射能汚染の状況を作り出しました。この件では 3 月下旬に福島県地方の避難住民に対するスクリーニング検査のボランティア要請があり、物理学教室の原子核実験グループの方々が奉仕しました。

本冊子は物理学教室の平成 22 年度の研究活動並びに社会貢献活動に関する報告書です。その他の教室の活動及び物理学部門の最新情報につきましては当教室のホームページ、<http://www.phys.kyushu-u.ac.jp/> をご覧ください。

2011 年 3 月

平成 22 年度物理学部門部門長 武田信一

素粒子理論研究室

研究室構成員

井上 研三 教授 駒宮 幸男 (客員) 教授

原田 恒司 准教授

奥村 健一 助教

《 博士研究員 》

澤中 英之 石原 雅文 (H22.7.31 まで)

《 大学院 博士課程 》

山津 直樹 山本 圭介 榮田 達也 田港 朝貴

《 大学院 修士課程 》

久保 幸貴 吉本 一世 上農 和人 水口 拓也

牧野 広樹 米田 達則

《 学部 卒業研究生 》

仲村 崇大 萩本 啓 下垣 無我

《 研究生 》

中野 正之

担当授業

井上 研三

量子力学 II、量子力学 III、素粒子物理学、場の量子論、ゲージ理論

原田 恒司

解析力学・同演習、一般相対性理論、素粒子物理学特論、M 1 ゼミナール

奥村 健一

解析力学・同演習、物理学基礎演習、物理学特別研究

研究・教育目標と成果

- 世代対称性 $SU(1,1)$ を持つ超対称模型を用いた素粒子の世代構造の研究 (井上 研三, 山津 直樹)

前年度に引き続き非コンパクト群の世代対称性 $SU(1, 1)$ を持つ超対称ベクターライク模型に基づく理論により素粒子の世代構造の議論を進めた。特に今年度は、前年度に行ったノンコンパクト群を用いたゲージ理論における問題である計量の問題と真空の安定性を超対称性理論の枠組みにおいて議論を進めることができた。前年度の研究はノンコンパクト群について最も単純な $SU(1, 1)$ 群に関して行った議論でなので、より一般的なノンコンパクト群 $SU(p, q)$ のゲージ理論の可能性について議論した。これまでに得られた結果としては、部分的には $SU(1, 1)$ 群の場合に行った手法をそのまま採用することで解決する部分も存在した。また、 $SU(1, 1)$ では存在しないがより大きな群では存在する寄与を考慮することによりはじめて解決することが可能な部分もあることもわかった。

- パイオンを含む核子系有効場理論の Wilson 流繰り込み群による解析 (原田 恒司、榮田 達也)

有効場理論は、原理的に無限個の演算子を含むので、どの次数まで計算を実行するのか、その次数までの計算には、どの演算子を含める必要があるのかを明かにすることが非常に重要である。核子系有効場理論ではこの「次数勘定」について長い間議論が続いている。我々は Wilson 流の繰り込み群の解析によって与えられるスケール次元によって次数勘定を決定すべきことを主張し、パイオンを含まない核子系有効場理論のに対してはその計算を以前に行なった。この解析をパイオンを含む場合にまで拡張することは長い間の懸案であったが、カイラル対称性を保持しながら繰り込み群を定式化することが困難であった。最近、核子の質量の逆冪での展開の主要項ではこの問題を回避することが出来ることがわかり、パイオンを含む核子系有効場理論の Wilson 流繰り込み群の解析を完成した。特に、One Pion Exchange を短距離の部分と長距離の部分に分離して考えることの重要性を強調し、また先行研究の不備 (パイオンが低エネルギーでも decouple しない) を克服した。その後、榮田が参加して、Next-to-next-to-leading order の計算を行なうための研究を開始した。次年度中にこの計算を完成させる予定である。

- バリオンを含むカイラル有効場理論における外見上不変でない項の出現 (原田 恒司、吉本 一世)

非線形な対称性を持つ理論の量子補正を摂動論により計算すると、外見上不変でない項 (Apparently Noninvariant Terms, ANTs) が現れることは以前から知られていた。我々は、非線形シグマ模型を例にとり、ANTs がどのよう

に現れ、対称性と矛盾しないかを示し、1-ループの近似で ANTs の具体的な形を決定した。この研究の延長として、フェルミオンが非線形シグマ模型と結合している系を考察した。この系にも ANTs は現れるが、その具体的な形は文献に与えているものが皆無である。我々は1-ループの近似で、具体的な ANTs の形を決定した。

- Horava gravity の非摂動論的繰り込み群による解析 (原田 恒司、米田 達則)

最近 Horava によって提案された重力理論は、繰り込み可能な量子重力理論として注目されている。この理論では、低エネルギーでは Einstein 重力に漸近することが期待されているが、実際にそうなるかはまだ誰も示していない。我々はこの解析に非摂動論的繰り込み群が有効であると考えたが、理論の対称性を保持するのが難しい。そこで、背景場の理論を用いた解析を行なうべく、その予備的な研究をした。

- 超対称性の破れの研究 (奥村 健一、山本 圭介、上農 和人)

一昨年に引き続きミラージュ伝達を中心に超対称性の破れの機構を考察し、LHC 等の新しい実験によってその検証を行うことを目標に研究を行った。

奥村は超弦理論の有効理論において Anomalous $U(1)$ が存在する場合の超対称性の破れについて学外の共同研究者と共に研究を行い、Fadeev-Iliopoulos (FI) 項の大きさによって、超対称粒子の質量にミラージュ伝達を含む様々な超対称性の破れのパターンが現れることを明らかにした。現象論的には特に FI 項が小さく、Anomalous $U(1)$ ゲージ場の質量が主に Stueckelberg 質量で与えられる場合、FI 項を相殺するために導入した singlet の南部-Goldstone mode が吸収されることなく残ることで、自然に axion シナリオが実現できることが分かった。来年度はこの研究に基づき、論文を発表する予定である。

山本、上農はミラージュ伝達のセットアップにおいて現在 MEG 実験において測定が進んでいるレプトンフレーバーの破れの効果を調べるため、フレーバー混合が存在する場合の任意の質量スケールにおけるミラージュ伝達の質量公式を導出した。これによりフレーバー混合が存在しない時と同様に超対称性の破れが各エネルギースケールにおいてアノマリー伝達とモジュライ伝達の線形結合で記述できることが示された。上農は数値計算を用いてこの公式が正しく成り立っていることを確認し、シーソー機構を導入した模型においてレプトンフレーバーを破る過程を計算した。これにより GUT スケールで導入されたレプトンフレーバーの破れが右巻きニュートリノスケールで敷衍補正によって近似的に打ち消されることが明らかになった。この結果は震

災によって中止になった2011年度日本物理学会総会のホームページにおいて発表された。本年度は右巻きニュートリノが超対称性の破れを媒介する場合に模型を拡張して解析を進め、論文を発表する予定である。

- ゲージ/重力対応を用いた場の理論の研究 (田港 朝貴、久保 幸貴)

昨年度の研究の目標とその成果 (及び次年度の目標): 昨年度の研究の目標はゲージ/重力対応を用いて、加速系の物理の現象を解明する事であった。成果としては、クォークの閉じ込めを実現するゲージ理論に対応する重力理論中で加速する系を考えることにより、場の理論の加速系で知られている物理現象であるウンルー温度に対応すると思われる現象があることを説明することができ、その性質は、共形場理論で同じ現象を見たときとは異なり、異方性を持った性質であることをつきとめた。次年度では、この現象のより詳細な解析を行うとともにホログラフィックな観点からレッジエ軌跡の物理を探求したい。

- ゲージ/重力対応を用いたハドロンの研究 (田港 朝貴)

QCDの低エネルギー領域において、Regge軌跡はハドロンの持つ重要な性質の一つであり、その理解にはQCDの非摂動論的效果を取り入れる必要があるとされる。近年、QCDの低エネルギー領域へのアプローチとしてゲージ/重力対応と呼ばれる超弦理論を用いた強結合ゲージ理論に対する非摂動論的手法が注目されており、ゲージ/重力対応を用いたRegge軌跡の理解は興味深い課題の一つである。そこで我々はゲージ/重力対応を用いてハドロンのRegge軌跡を調べた。具体的には回転する開弦解をメソン、回転するD5プレーン解をバリオンとし、その質量と角運動量の関係を見た。すると、従来実験で示されているハドロンの質量の2乗とスピンの関係にあるというRegge軌跡との定性的な一致を見ることができた。一方、実験で示されるRegge軌跡のJ切片に関してはこの模型では得られなかった。来年度は、J切片の問題を超弦理論の量子補正を含める事で解決できないかを調べ、Regge軌跡の定量的理解を目指す。

教育

- 井上 研三

学部教育で担当している「量子力学II」および「量子力学III」の講義ノート及び演習問題集を精査し、pdfとpsファイルを作成、受講生の勉学の一層の向上のため、「素粒子物理学」に加えてホームページに掲載した。また、同じ

くホームページに掲載している大学院の講義科目「場の量子論」(英文)の内容を更に豊富なものに改善して更新した。H23年度は、受講生からの希望もでている「ゲージ理論」の講義ノートのファイルを英文で作成し掲載できるよう努力する。

- 原田 恒司

学部教育においては、「解析力学・同演習」および「一般相対性理論」を通して理論物理学の方法の基礎を身につけさせることを目指した。大学院では「素粒子物理学特論」を担当し、単に素粒子理論の学生を対象とするばかりでなく、もっと幅広い視野から有効場理論に基づく理論の基礎を講義した。また、大学院生の修士論文の指導を行った。来年度は4年生の特別研究を担当することになるので、格子QCDの基礎を、自らシミュレーションをしながら学ぶというプログラムに挑戦したい。

- 奥村 健一

[教育の目標と成果]：学生の実情に合わせて内容を改訂することを目標に解析力学演習の教育を行った。演習問題の数をさらに厳選し、難易度によって問題を分類した。これにより学生が難易度の高い問題でつまづく前にティーチングアシスタントの指導を受けることが出来るようになった。学生が後で自習できるようにホームページ上で公開する演習の解答をさらに拡充した。

[次年度の目標]：問題のある学生を早い段階で見つけ出し、ティーチングアシスタントによる補習に誘導することで力をつけさせる。一方で出来る学生が興味を失わないように提出期限を切らないレポート問題を充実させる。

発表論文

《原著論文》

- Vacuum Structures of Supersymmetric Noncompact Gauge Theory :
Kenzo Inoue, Hirofumi Kubo and Naoki Yamatsu,
Nucl.Phys.B833(2010)p108-132
- Pions are neither perturbative nor nonperturbative: Wilsonian renormalization-group analysis of nuclear effective field theory including pions :

Koji Harada, Hirofumi Kubo, and Yuki Yamamoto,
Phys. Rev. C83, No.3 (2011) 034002-1 - 034002-14

- Accelerated quark and holography for confining gauge theory :
Kazuo Gohroku, Masafumi Ishihara, Tomoki Taminato,
Physical Review D83(2011) 024020-1~ 024020-14
- Holographic Approach to Regge Trajectory and Rotating D5 brane :
Kazuo Ghoroku, Tomoki Taminato, Fumihiko Toyoda,
JHEP 1105:006 (2011), arXiv:1103.2428 [hep-th]

《Proceedings》

- Accelerated strings and Unruh effect in holographic confining gauge theory :
田港 朝貴,
素粒子論研究 118(3), C107 (2010)

講演

《国内での講演》

- Unified Approach to Generations in Particle Physics Based on Noncompact Gauge Theory with Supersymmetry :
山津 直樹,
学位公開講演会, 九州大学, 主催:九州大学理学府物理学専攻, (2011年1月27日).
- Supersymmetric Noncompact Gauge Theory and its Vacuum Structures :
Naoki Yamatsu,
Summer Institute 2010 on “Particle Physics Phenomenology”, 人材開発センター 富士研修所 (富士 CALM), 主催:基礎物理学研究所 (2010年8月17日).
- Spontaneous Generation of Generations and Grand Unification :
Naoki Yamatsu,
名古屋大学 E,H,Q 研合同セミナー, 主催:名古屋大学 E,H,Q 研究室 (2010年6月8日).

- 素粒子の世代構造の理解に向けて :
山津 直樹 ,
九州大学粒子宇宙論大講座 D 中間発表会 , 主催 : 九州大学粒子宇宙論大講座
(2010 年 5 月 18 日) .
- Lepton flavor violation in mirage mediation :
Kiwoon Choi, Kwang-Sik Jeong, Ken-ichi Okumura, Kazuto Uenou,
Masahiro Yamaguchi,
日本物理学会 2011 年 3 月 25 日 新潟大学 (学会中止により学会ウェブ上で発表が成立)
- 1 核子系カイラル摂動論における外見上不変でない項 (ANTs) :
原田 恒司 , 久保 博史 (佐賀大 SL セ) , 山本 裕樹 (東北公益大) , 吉本 一世,
日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010.09.12.
- Wilson 流くりこみ群を用いた Pionful NEFT の解析 :
久保 博史 (佐賀大 SL セ) , 原田 恒司 , 山本 裕樹 (東北公益大),
日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010.09.12.
- Pion は摂動的か非摂動的か? – Wilson 流くりこみ群による NEFT の解析 :
久保 博史 (佐賀大 SL セ) , 原田 恒司 , 山本 裕樹 (東北公益大),
日本物理学会第 66 回年次大会, 2011.03.26.
- 1 核子系カイラル摂動論における外見上不変でない項 (ANTs) :
原田 恒司 , 久保 博史 (佐賀大 SL セ) , 山本 裕樹 (東北公益大) , 吉本 一世,
原子核三者若手 夏の学校 2010、8 月 9 日
- Pion を含む Nuclear EFT における power counting について :
久保 博史 (佐賀大 SL セ) , 原田 恒司 , 山本 裕樹 (東北公益大),
第 116 回日本物理学会九州支部例会、長崎大学 12 月 4 日
- 1 核子系カイラル摂動論における不変ではないように見える項 (ANTs) :
原田 恒司 , 久保 博史 (佐賀大 SL セ) , 山本 裕樹 (東北公益大) , 吉本 一世,
第 116 回日本物理学会九州支部例会、長崎大学 12 月 4 日
- Accelerated Quarks in Holographic Confining Gauge Theory :
郷六 一生 , 石原 雅文 , 田港 朝貴,
日本物理学会 2010 年秋季大会 2010 年 9 月 13 日

- ゲージ/重力対応を用いた加速する弦の解析 :
郷六 一生, 石原 雅文, 田港 朝貴,
2010 年度 原子核三者若手夏の学校 (研究会 1) 2010 年 8 月 6 日
- Accelerated Strings and Unruh effect in holographic confining gauge theory:
田港 朝貴,
基研研究会「場の理論と超弦理論の最先端」京都大学 7 月 24 日
- Holographic penta and hepta quark state in confining gauge theories :
郷六 一生, 中村 昭洋, 田港 朝貴, 豊田 文彦,
第 116 回日本物理学会九州支部例会長崎大学 12 月 4 日
- Exotic barions and Penta-quark and Holography :
田港 朝貴,
セミナー福岡工業大学 10 月 9 日

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

- 文部省科学研究費補助金、基盤研究 C,
「Wilson 流線り込み群による非線形な対称性を持つ場の理論の物理的描像
の検証」
研究代表者：原田 恒司
- 文部省科学研究費補助金、若手研究 (B) (2009 年度～2011 年度),
「超対称性の破れのミラージュ伝達と LHC の物理」
研究代表者：奥村 健一
- 文部省科学研究費補助金、特定領域研究 (2006 年度～2011 年度),
「フレーバー混合における標準理論を越える物理の理論」
研究分担者：奥村 健一

学部 4 年生卒業研究

仲村 崇大、萩本 啓、下垣 無我：(指導教員、奥村 健一)

テーマ：Quantum Field Theory in a Nutshell (A.Zee 著) の輪講および素粒子物理学の研究

修士論文

- 久保 幸貴 (指導教員、井上 研三): ゲージ/重力対応を用いた加速する弦と拡張された Rindler 変換の下でのゲージ理論の解析
- 吉本 一世 (指導教員、原田 恒司): 1 核子系カイラル摂動論における不変ではないように見える項 (ANTs)
- 上農 和人 (指導教員、奥村 健一): Lepton flavor violation in mirage mediation

博士論文

- 山津 直樹 (指導教員、井上 研三): Unified Approach to Generations in Particle Physics Based on Noncompact Gauge Theory with Supersymmetry

学外での学会活動

- 日本物理学会若手奨励賞素粒子論領域選考委員 (井上 研三)
- 素粒子論委員 (2010-2011年度) (奥村 健一)

その他の活動と成果

- 先端基礎科学次世代加速器研究会 (福岡県・佐賀県共催) 会員 (井上 研三)
- 先端加速器科学技術推進協議会 (産・官・学連携) 広報部会会員 (井上 研三)
- 九州大学・佐賀大学 ILC 推進会議 (代表: 宮原三郎九大副学長、林田行雄佐賀大工学系研究科長) のメンバーとして、九大理学研究院、工学研究院、佐賀大学、福岡県、佐賀県の協力のもとに、国際リニアコライダーの有力建設候補地である脊振山系の地質の調査検討の推進にたずさわった。(井上 研三)

理論核物理

研究室構成員

八尋 正信 教授
清水 良文 准教授
緒方 一介 助教

《 博士研究員 》

柏 浩司

《 大学院 博士課程 》

角 剛典 境 祐二 蓑茂 工将 甲斐 貴則

《 大学院 修士課程 》

田上 真伍 花田 真也 小田 輝 佐々木 崇宏
濱田 泰賀 斉藤 康浩 福井 徳朗 藤岡 雄大

《 学部 卒業研究生 》

嶋田 充宏 高橋 純一 長野 邦裕 渡邊 慎
力武 直実

担当授業

物理学入門 (八尋正信)、量子力学 I・同演習 (八尋正信)、特殊相対論と電気力学 (八尋正信)、物理数学 I(清水良文)、数値計算法 (清水良文)、電磁気学 (清水良文)、原子核構造論 (清水良文)、力学基礎・同演習 (緒方一介)、物理数学演習 (緒方一介)、物理学特別研究 I(八尋正信・清水良文・緒方一介)、物理学特別研究 II(八尋正信・清水良文・緒方一介)、基礎粒子系科学特別研究 I(八尋正信・清水良文) 基礎粒子系科学特別研究 II(八尋正信・清水良文) 基礎粒子系科学講究 I(八尋正信・清水良文) 基礎粒子系科学講究 II(八尋正信・清水良文)

研究・教育目標と成果

実数クォークおよび実数アイソスピン化学ポテンシャルにおける QCD 相図の解明 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、境祐二 (D2)、佐々木崇宏 (M2))

アイソスピン化学ポテンシャルは、重イオン衝突実験や中性子星内部の解析において重要なパラメータである。この領域において Polyakov-loop extended Nambu–Jona-

Lasinio(PNJL) 模型と格子 QCD を比較した。その結果、PNJL 模型は、虚数クォーク化学ポテンシャル領域で決定したパラメータを変えずにアイソスピン化学ポテンシャル領域における格子 QCD 計算を定量的に再現することが分かった。

この格子 QCD を再現する PNJL 模型を用い、温度-実数クォーク化学ポテンシャル (μ_q)-実数アイソスピン化学ポテンシャル (μ_{iso}) 空間における相構造を解析した。クォーク化学ポテンシャル ($\mu_q \neq 0, \mu_{iso} = 0$) とアイソスピン化学ポテンシャル ($\mu_q = 0, \mu_{iso} \neq 0$) の両領域に臨界点が存在し、この 2 種類の臨界点が $T-\mu_q-\mu_{iso}$ 空間上で合流する可能性があることを示した。

この研究は佐々木氏を中心に進められ、Physical Review 誌に論文が掲載された。

メソンとバリオンの自由度を考慮した QCD 相構造の研究 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、境祐二 (D2)、小田輝 (M2))

PNJL 模型が QCD の第一原理計算である格子 QCD の結果をよく再現する模型であることを示した。PNJL 模型はクォークとグルーオンの自由度を記述する模型であるが、実際の QCD ではメソンやバリオンの自由度を考慮する必要がある。従って QCD 相構造は、クォークとグルーオンだけでなく、メソンやバリオンが混在した真空によって記述される可能性がある。

本研究では、クォークとグルーオンを PNJL 模型、メソンを理想気体、バリオンを Walecka 模型で近似して、これらの自由度が混在した場合の QCD 相構造を解析した。その結果、有限温度・有限化学ポテンシャル領域における、QGP 優勢領域、メソン優勢領域、バリオン優勢領域の分布を解明した。

この研究は小田氏を中心に進められ、修士論文として纏められた。

カイラル相転移と閉じ込め相転移の相関の研究 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、境祐二 (D2)、佐々木崇宏 (M2))

格子 QCD では、カイラル相転移と閉じ込め相転移との間の相関が強く、両者はほぼ同時に起きる。従来の PNJL 模型は、2 つの相転移間の相関が弱いため、格子 QCD の結果を再現できない。閉じ込め相転移の秩序変数のポリヤコフ線は、PNJL 模型におけるクォーク間相互作用を通して、カイラル相転移の秩序変数のクォーク凝縮と結合する。この効果を取り入れた PNJL 模型を立案した。

この新しい模型は、虚数クォーク化学ポテンシャル、アイソスピン化学ポテンシャル領域の格子 QCD の結果を再現することを示した。我々の構築したこの有効模型は現存する有限化学ポテンシャルにおける全ての格子 QCD 結果を定量的に再現する唯一の模型である。

この研究は境氏を中心に進められ、Physical Review 誌に論文が掲載された。

パリティ・荷電共役対称性の破れとカイラル・閉じ込め相転移の関係性の研究 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、境祐二 (D2)、佐々木崇宏 (M2))

QCD の真空のトポロジを反映した項として θ 項がある。 $\theta = \pi$ では、低温で破れていたパリティ対称性 (P) が高温で回復する相転移が起こる。虚数化学ポテンシャル $\Theta = \mu/T = \pi$ では、低温で回復していた荷電共役対称性 (C) が高温で破れる相転移が起こる。このよく似た 2 つの現象の関係性を調べることは QCD の真空の構造を調べる上で重要である。

PNJL 模型を用いて、 $\theta = \Theta = \pi$ における P と C の相転移と $\theta = \Theta = 0$ におけるカイラル相転移と閉じ込め相転移の関係性について調べた。 $\theta = \Theta = \pi$ の世界で P と C の相転移が一致するとき、 $\theta = \Theta = 0$ においてカイラル相転移と閉じ込め相転移が一致することを示した。

この研究は河野氏を中心に進められ、Physical Review 誌に論文が掲載された。

符号問題と閉じ込め関係性の研究 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、境祐二 (D2))

格子 QCD は有限密度で計算できない。それは、有限密度で統計重みが複素数となり、モンテカルロによる計算ができなくなってしまうためである。これが符号問題である。統計重みの位相を計算することで符号問題の深刻さを調べることができる。

PNJL 模型を用いてこの位相を計算し、符号問題が深刻になる領域と閉じ込め相との関係性を調べた。閉じ込め相において符号問題が深刻であるのに対し、非閉じ込め相では符号問題がなくなることを示した。中性子星内部に対応する領域は符号問題が深刻な領域であり、格子 QCD を用いて解析することが困難であることを示した。

この研究は境氏を中心に進められ、Physical Review 誌に論文が掲載された。

天体内 3 粒子熱核融合反応の研究 (緒方一介、上村正康 [理化学研究所研究嘱託])

3 つの粒子が同時に衝突・融合する過程 (Ternary Fusion Process: TFP) は、これまで考えられてこなかった、全く新しい原子核反応過程である。我々は 2009 年、TFP の描像に基づき、3 つの α 粒子による炭素 12 の生成反応確率を計算し、太陽の中心温度付近では、炭素 12 生成率が従来値よりも 20 桁以上増大することを明らかにした。

今年度は、TFP 計算の中身を詳細に分析し、閉じたチャネルの影響や、設定する模型空間と計算結果との関係を定量的に評価した。また、3 体厳密計算として名高い Faddeev 理論による結果と本研究の結果が食い違う原因が、Faddeev 計算における Coulomb 力の過剰な近似に起因することを明らかにした。本研究は緒方助教を中心に推進された。

加速器中性子源設計に関連した重陽子入射反応核データの研究 (緒方一介、八尋正信、

渡辺幸信 [九州大学総合理工学研究院教授]、叶涛 [中国 IAPCM]

現在、核融合炉用材料照射試験のための大強度加速器中性子源の開発計画 (International Fusion Material Irradiation Facility: IFMIF 計画) が、国際協力の下で推進されている。この中性子源として注目されているのが ${}^{6,7}\text{Li}(d, nx)$ 反応である。

我々は、 (d, nx) 反応を記述するため、離散化チャネル結合法と Glauber 模型を組み合わせた計算手法を提案し、実験データの分析を進めている。今年度は、実験データが豊富に存在し、 (d, nx) 反応と密接に関係する (d, px) 反応の系統的な解析を行い、模型の信頼性を確認した。この研究は叶氏を中心に推進された。

分解反応を記述する新しい反応理論の提唱 (八尋正信、緒方一介、蓑茂工将 (D1))

不安定核反応解析にこれまで用いられてきた理論として、Glauber 模型や離散化チャネル結合法が挙げられる。Glauber 模型はアイコナル近似と断熱近似から構成される。しかし、Coulomb 相互作用を無視できない条件下では、断熱近似は断面積の発散という問題を引き起こす。離散化チャネル結合法は分解反応を精度よく記述する理論であるが、包括的断面積を計算できないという問題がある。

我々は、Coulomb 相互作用を正確に取り扱った上で、1 中性子分離反応の包括的断面積を計算するための新たな理論 Eikonal Reaction Theory (ERT) を提案した。さらに、テスト計算を以てこの新理論の精度の高さを示した。

重陽子入射反応の有効半径 (八尋正信、緒方一介、橋本慎太郎 [日本原子力研究開発機構博士研究員]、千葉敏 [日本原子力研究開発機構主任研究員])

重陽子が標的核に入射すると、重陽子の分解や吸収が起きる。また時として重陽子の一部 (陽子または中性子) だけが吸収されることもある。これらの様々な反応が、標的核のどの領域で起きているのかを明らかにすることは、それぞれの反応過程を分類・理解する上で本質的に重要である。

本研究では、離散化チャネル結合法および Eikonal Reaction Theory (ERT) を用いて重陽子入射反応の分析を行った。その結果、分解反応・吸収反応・部分吸収反応それぞれが特徴的な反応領域を持つこと、また、その領域を特徴付ける半径や幅が、標的核の質量数の簡単な関数として表現できることを明らかにした。本研究は橋本氏を中心に推進され、その成果は Physical Review C 上で出版されることが決まっている。

${}^{31}\text{Ne}$ の 1 中性子分離反応の解析 (八尋正信、清水良文、緒方一介、木村真明 [北海道大学創成研究機構]、蓑茂工将 (D1))

不安定核研究の対象は比較的軽い中重核のドリップラインにまで迫っており、その代表例が ${}^{31}\text{Ne}$ や ${}^{33}\text{Mg}$ などの中性子過剰核である。このような中性子ドリップライン

近傍の中性子数 20 周辺領域の核に対して、魔法数の消滅が理論的に予言されており、現在注目を集めている。

不安定原子核の構造を探る上で、反応断面積や核子分離反応断面積の解析は極めて有用な手段である。本研究では、 ^{12}C や ^{208}Pb を標的とする ^{31}Ne の 1 中性子分離反応に対して、Eikonal Reaction Theory (ERT) を用いた解析を行った。その結果、 ^{31}Ne の基底状態の構造として、 $^{30}\text{Ne}(0^+) \otimes 1p_{3/2}$ という成分が主成分であることを明らかにした。これは反対称化分子動力学 (AMD) による構造計算の結果と合致しており、魔法数が消滅していることをまさしく実証した。

本研究は蓑茂氏を中心に推進され、その成果は Progress of Theoretical Physics 誌への掲載が決定している。

核-核弾性散乱に対する微視的光学ポテンシャル計算コードの開発 (八尋正信、清水良文、緒方一介、角剛典 (D3)、蓑茂工将 (D1))

反応解析において、光学ポテンシャルは必須の道具である。通常、光学ポテンシャルは実験を再現するよう現象論的に決定されるが、不安定核弾性散乱に関しては、実験データの種類が限られるため、信頼性の高い光学ポテンシャルを現象論的に構築することは大変難しい。そこで、核子内相互作用に基づいて理論的に構築された光学ポテンシャル (微視的光学ポテンシャル) が必要となる。

昨年度は、核子-核弾性散乱に対する微視的光学ポテンシャルの構築に取り組んだ。その成果を基に、今年度は核-核弾性散乱への拡張を行い、核-核弾性散乱に対する微視的光学ポテンシャルを計算するコードを開発した。これにより、原理的にはあらゆる反応系の光学ポテンシャルを用意することが可能となったため、今後の反応解析の劇的な進展が期待される。本研究は角氏と蓑茂氏を中心に推進された。

不安定核入射反応における変形の効果 (八尋正信、清水良文、緒方一介、木村真明 [北海道大学創成研究機構]、角剛典 (D3)、蓑茂工将 (D1))

原子核実験技術の進歩を受け、短寿命の原子核を用いた反応実験の観測データが集積されつつある。反応断面積とは、原子核の衝突により弾性散乱以外の事象が引き起こされるイベント数に対応する。この観測量を通じて、質量に次ぐ原子核の情報、原子核の半径を知ることができる。本研究では、反応断面積の系統性と定量性に優れた解析手法を確立し、種々の不安定核の性質の解明を目指している。

反応断面積の解析手法として、二重畳み込み模型を用いる。この模型では、入射核中の核子と、標的核中の核子との間の相互作用の足し合わせにより反応を記述する。よって、最も基本的な要素である 2 核子間の相互作用の不定性の範囲内で、仮定している原子核の構造の是非を論じることができる。ただし、入射・標的核の核子は連続的に

分布しており、それは原子核の構造理論計算を用いて構築される。本研究の新しい点は、原子核の静的な変形効果、すなわち半径の拡がりを考慮した核子分布を用意する点にある。典型的な不安定原子核では、大きな変形が示唆されており、原子核の変形を考慮することは、不安定核入射反応断面積の定量的解析を行う上で重要な役割を果たすと期待される。

この手法を用いて、炭素標的に対する中性子過剰なネオン同位体を入射反応の反応断面積を解析した。その結果、反応断面積を定量的な説明する上で、核子分布の静的な変形効果が重要な役割を果たすことが示された。この知見を論文にまとめ、現在、Physical Review C 誌に投稿中である。本研究は、角氏と蓑茂氏が中心となって推進された。

微視的 3 体反応模型による ${}^6\text{Li}$ 弾性散乱の計算 (緒方一介、濱田泰賀 (M2))

重陽子と α 粒子に容易に分解する ${}^6\text{Li}$ の弾性散乱を記述するには、その分解の自由度を取り入れることが本質的に重要である。またこの計算には、重陽子と標的核ならびに α 粒子と標的核の相互作用 (光学ポテンシャル) が必要となる。

本研究では、離散化チャネル結合法を用いることで ${}^6\text{Li}$ の分解の自由度を取り入れつつ、核子間相互作用に基づいて理論的に決定された光学ポテンシャルを用いた反応計算を行い、 ${}^6\text{Li}$ 弾性散乱断面積の実験データとの比較を系統的に行った。今回採用した核子間相互作用にはパラメータが 2 つ含まれているが、分析の結果、それらは標的核にほとんど依存しないことがわかった。従って、弾性散乱のデータがただ 1 つ存在すれば、不定性のない反応模型の枠組みが構築できることになる。これは、理論による系統的な反応計算の道筋を付ける重要な成果であると考えられる。

この研究は濱田氏を中心として推進され、修士論文として纏められた。

s-process における中性子生成反応率の決定 (緒方一介、福井徳朗 (M1)、八尋正信)

元素合成過程の 1 つに、恒星内部において原子核が中性子をゆっくりと捕獲する、s-process がある。s-process の解明には中性子の生成源として考えられている ${}^{13}\text{C}(\alpha, n){}^{16}\text{O}$ の反応率の決定が本質的に重要である。

しかし、恒星内で起きる核反応は一般に非常に低エネルギーであり、 (α, n) 反応を実験によって再現することは困難である。したがって、代替反応として ${}^{13}\text{C}({}^6\text{Li}, d){}^{17}\text{O}$ を利用し、 (α, n) 反応率を間接的に決定する。

本研究では ${}^{13}\text{C}({}^6\text{Li}, d){}^{17}\text{O}$ の解析に離散化チャネル結合法を用い、 ${}^6\text{Li}$ および ${}^{17}\text{O}$ の分解の自由度を正確に取り入れた。その結果、 ${}^6\text{Li}$ の分解の効果が重要であることを示し、 (α, n) 反応率を正確に決定した。現在、天体核物理において重要な反応を、移行反応を用いて間接的に研究する試みが多くなされている。今後、それらの反応における

分解の効果を系統的に解明することは極めて重要な課題である。

本研究は福井氏を中心に推進され、その成果は Progress of Theoretical Physics 誌への掲載が決定している。

high-K アイソマー、超変形回転バンドの生成・崩壊 (清水良文、松尾正之 [新潟大学教授]、S. Leoni 他 [ミラノ大学])

この数年、ミラノ大学の実験核物理グループと原子核の回転状態の研究を行っており、準連続ガンマ線の実験データの分析によって、離散ガンマ線では分からない高励起回転バンドの性質を調べている。特に、巨大変形した超変形回転状態については、我々の開発してきた超変形回転バンドの生成・崩壊の理論的モデルに、ガンマ線遷移の統計的シミュレーションを組み合わせることで、実験データがうまく説明できることがわかり、超変形と通常変形のような内部状態が大きく異なった状態が共存する場合の興味深い現象が明らかになってきた。異なった内部状態が共存する例としては、超変形状態の他に、high-K アイソマー (高スピン同位体) が知られており、新たにアイソマーが存在する原子核に対しても、これまでの準連続ガンマ線の分析を拡張して研究を進めている。この研究は S. Leoni 氏を中心に進められている。

原子核基底状態のプロレート変形優勢の起源 (清水良文、高原哲士 [杏林大学講師]、大西直毅 [東京大学名誉教授]、田嶋直樹 [福井大学准教授])

原子核の基底状態の変形は軸対称で、オブレート型 (ミカン型) に比べてプロレート型 (レモン型) が圧倒的に多いことが知られているが、その理由を理解する研究を数年前から行っている。まずは、現実的な平均ポテンシャル (Woods-Saxon ポテンシャル) で、ドリップ線近傍までの多くの不安定核の変形を調べる必要があるが、信頼できる結果を得るためには、昨年度完成した「連続状態の効果を考慮した Strutinsky 法の開発」を待つ必要があった。今年度はこの方法を用いて、最終的な計算結果を得ることができ、簡単な Nilsson ポテンシャルによる結果をより深化させた。今のところ、ポテンシャルのパラメータを変化させることによる半現象論的理解であるが、現実の原子核においては、表面付近でポテンシャルがどれだけ急激に浅くなるかという効果と、スピン-軌道相互作用の効果が互いに干渉を起こし、両方の効果が強め合うことにより、プロレート変形がより多く実現することが非常に明確になった。これからは、更に進めてこのような干渉を起こすメカニズム、すなわち、核子の軌道運動に対してスピンのフリップする効果が殻構造に及ぼす影響を理論的に明らかにする研究を進めていく予定である。この研究は高原氏を中心に行われた。

不安定核研究のための改良された BCS 法 (清水良文、小野寿哉 (卒業生)、田嶋直樹 [福

井大学准教授]、高原哲士 [杏林大学講師])

昨年度小野氏を中心に進められ修士論文となった Kruppa 法の拡張を深化させ、連続状態の効果が重要な不安定核に適用可能な「改良された BCS 法」を開発した。安定核で有用な対相関を取り入れる枠組みである BCS 法を不安定核に単純に適用すると、連続状態の寄与により、核半径などの物理量が発散することが知られている。これに対し、自由粒子の寄与を引き去る Kruppa 処方を用いると、物理量の発散は回避できることを準古典近似によって示すことができ、これによって Kruppa-BCS 法を用いれば連続状態の困難なしに不安定核での物理量の計算ができることを示した。連続状態の効果を自己無撞着に取り入れて対相関を解き直す HFB 理論を用いれば、初めから発散のない結果が得られるが、我々の「改良された BCS 法」はそれに近い結果が得られることがわかった。特に、対相関が強い場合に半径が縮み、ハローの成長が抑制される効果 (pairing anti-halo 効果) が HFB 理論で知られているが、我々の方法でも類似の効果が現れる。半径が縮むメカニズムは異なるが、同様な条件の下に現れることを明らかにした。この我々の簡便な方法は、HFB 計算に近い結果を出す不安定核での物理量の計算法として有用であると期待される。

広い模型空間での量子数射影・配位混合の効率的計算法の開発 (清水良文、田上真伍 (M2、休学中))

3年前から、最も一般的に対称性を破った平均場 (HFB 的積型平均場波動関数) に対する、量子数射影法の計算法を開発している。特に、不安定核への応用まで視野に入れた現実的なポテンシャルの応用を考え、Woods-Saxon ポテンシャルを用いた広い模型空間で量子数射影を行うためには、効率良い空間の切断法が不可欠であるが、与えられた平均場の正準基底を用いることにより、これが可能になることを明らかにした。量子数射影計算では、2つの異なる HFB 的積型平均場波動関数の間のオーバーラップを計算する必要があるが、それができれば、2つ以上の異なる変形場、例えばオブレート状態とプロレート状態、の間の配位混合の計算 (生成座標法 (GCM)) も可能になる。現在、角運動量射影と粒子数射影とパリティ射影に加えて、同時に配位混合を行う一般的な計算プログラムを開発中であり、完成に近づきつつある。この研究は現在休学中である田上氏を中心に清水准教授が進めている。

原子核におけるエキゾチック変形の研究 (清水良文、田上真伍 (M2、休学中)、J. Dudek [Strasbourg 大学])

近年の平均場理論計算によって、エキゾチックな変形状態の存在が示唆されている。その中でも特に興味深いのは高次の点群対称性を持つ四面体型の変形であり、多数の原子核の安定な変形として実現するのではないかと予想されているが、その確かな証

拠は見つかっていない。本研究では、四面体変形をした原子核状態を同定する為に、四面体変形状態ではエネルギースペクトルや電磁遷移確率等にどのような特徴が現れるかを明らかにすることを目標に研究を行っている。理想的な四面体変形の場合、四重極変形はゼロであるが、軸対称性を破った変形を持ち、かつ、空間反転対称性をも破っている。従って、基底状態近傍の状態をうまく記述する有効ハミルトニアンを用いた、一般的量子数射影計算が必要である。また、通常四重極変形した基底状態との間の電磁遷移確率を計算する為には、四面体変形状態と四重極変形状態との配位混合計算が不可欠になる。今年度は、この計算を実現する為に先に述べた「広い模型空間での量子数射影・配位混合の効率的計算法の開発」を行うとともに、実際にどのような電磁遷移が重要になるかを検討している。この研究は現在休学中である田上氏を中心に清水准教授が進めている。

発表論文

《 原著論文 》

Quark propagators in confinement and deconfinement phases:

M. Hamada, H. Kouno, A. Nakamura, T. Saito, and M. Yahiro,
Physical Review D **81** (2010) pp. 094506-1-7

Investigation of meson mass for real and imaginary chemical potential:

T. Matsumoto, K. Kashiwa, H. Kouno, K. Oda, and M. Yahiro,
Physics Letters B **694** (2011) pp. 367-373

QCD phase diagram at imaginary and isospin chemical potentials:

Y. Sakai, H. Kouno, and M. Yahiro,
Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, Vol. 37 (2010), pp.105007-1-25

QCD phase diagram at finite baryon and isospin chemical potentials:

T. Sasaki, Y. Sakai, H. Kouno, and M. Yahiro,
Physical Review D **82** (2010) pp. 116004-1-15

Entanglement between deconfinement transition and chiral symmetry restoration:

Y. Sakai, T. Sasaki, H. Kouno, and M. Yahiro,

Physical Review D **82** (2010) pp. 076003-1–10

Average phase factor in the PNJL model:

Y. Sakai, T. Sasaki, H. Kouno, and M. Yahiro,
Physical Review D **82** (2010) pp. 096007-1–10

Violations of parity and charge conjugation in the theta vacuum with imaginary chemical potential:

H. Kouno, Y. Sakai, T. Sasaki, K. Kashiwa, and M. Yahiro,
Physical Review D **83** (2011) pp. 076009-1–13

New description of the four-body breakup reaction:

T. Matsumoto, K. Kato, and M. Yahiro,
Physical Review C **82** (2010), pp.051602(R)-1–5.

Dynamical Relativistic Effects in Breakup Processes of Halo Nuclei:

Kazuyuki Ogata and Carlos A. Bertulani,
Progress of Theoretical Physics, **123** (2010) pp. 701–718

Brieva-Rook Localization of Microscopic Nucleon-Nucleus Potential:

K. Minomo, K. Ogata, M. Kohno, Y. R. Shimizu, and M. Yahiro,
Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, Vol. 37 (2010), pp.085011-1–15

Method to circumvent the neutron gas problem in the BCS treatment for nuclei far from stability:

T. Ono, Y. R. Shimizu, N. Tajima, and S. Takahara,
Physical Review C **82** (2010), pp.034310-1–11.

Improved microscopic-macroscopic approach incorporating the effects of continuum states:

N. Tajima, Y. R. Shimizu, and S. Takahara,
Physical Review C **82** (2010), pp.034316-1–28.

⟨⟨Proceedings⟩⟩

Comparison between LQCD and PNJL model at finite chemical potentials:
Y. Sakai, T. Sasaki, H. Kouno, M. Yahiro,
Proceedings of Science (Lattice 2010), pp. 213-1-7 (2010)

Quantum three-body calculation of the nonresonant triple-alpha reaction rate at low temperatures:

Kazuyuki Ogata, Masataka Kan, Masayasu Kamimura,
AIP Conference Proceedings Vol.1269, the 10th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies (OMEG10), March 8-10, 2010, Osaka University, Japan, p.268 (2010).

Quantum three-body calculation of the nonresonant triple-alpha reaction rate at low temperatures:

Kazuyuki Ogata, Masataka Kan, Masayasu Kamimura,
Proceedings of the Tours Symposium on Nuclear Physics and Astrophysics VII, November 16-20, 2009, Kobe Orbis Hall, Japan, p.175 (2010).

Nuclear Astrophysics Studies with the method of Continuum-Discretized Coupled-Channels:

K. Ogata, S. Hashimoto, Y. Iseri, M. Kan, M. Kamimura, M. Yahiro,
AIP Conference Proceedings Vol.1235, 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium, November 9-13, 2009, University of Tsukuba, Japan, p.228 (2010).

有限バリオン、有限アイソスピン化学ポテンシャルにおける QCD 相図:
佐々木崇宏, 境祐二, 河野宏明, 八尋正信
素粒子論研究 Vol.118 No.4, D91-D93 (2011)

Average Phase Factor in the PNJL model:

境祐二, 佐々木崇宏, 河野宏明, 八尋正信
素粒子論研究, Vol.118, No.4, pp. D88-D90 (2011)

《 その他の論文 》

炭素 12 生成の新しい理解:
緒方一介

原子核研究, Vol. 55, No. 2, 2011 年 3 月, pp. 75–88

講演

《 海外での講演 》

Comparison between LQCD and PNJL model at finite chemical potentials:

Y. Sakai, T. Sasaki, H. Kouno, M. Yahiro,

The XXVIII International Symposium on Lattice Field Theory, Lattice 2010, June 15, 2010, Villasimius, Italy

Determination of phase diagram from the regions with no sign problem:

M. Yahiro, Y. Sakai, T. Sasaki and H. Kouno,

Extreme QCD 2010, June 22 , 2010, Bad Honnef, Germany

QCD phase diagram at imaginary baryon and isospin chemical potentials:

Y. Sakai, T. Sasaki, H. Kouno, M. Yahiro,

Extreme QCD 2010, June 22, 2010, Bad Honnef, Germany

Status of breakup reaction theory:

K. Ogata, T. Matsumoto, S. Hashimoto, K. Minomo, T. Egami, Y. Iseri, M. Kohno, S. Chiba, C. A. Bertulani, Y. R. Shimizu, M. Kamimura, and M. Yahiro,

The International Nuclear Physics Conference (INPC2010), July 6, 2010, University of British Columbia, Canada

Recent development in CDCC:

M. Yahiro, T. Matsumoto, T. Fukui, K. Minomo, K. Ogata, Y. Iseri, Y. Shimizu, S. Hashimoto, M. Kawai and K. Kato,

Japan-Italy EFES Workshop on Correlations in Reactions and Continuum, September 7, 2010, Torino, Italy

Reaction theory for scattering of unstable nuclei:

M. Yahiro,

The International Symposium on Nuclear Physics in Asia, October 14, 2010, Beihang university, China

《国内での講演》

実数及び純虚数化学ポテンシャル領域における PNJL 模型を用いた 2+1 フレーバー QCD 相構造の研究:

小田輝, 松本健史, 柏浩司, 河野宏明, 八尋正信,
原子核三者若手夏の学校研究会, 2010 年 8 月 9 日, パノラマランド木島平

有限クォークおよび有限アイソスピン化学ポテンシャルにおける QCD 相図:

佐々木崇宏, 境祐二, 河野宏明, 八尋正信,
原子核三者若手夏の学校研究会, 2010 年 8 月 9 日, パノラマランド木島平

虚数化学ポテンシャルからの QCD 相図の解明:

境祐二, 佐々木崇宏, 河野宏明, 八尋正信,
「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会, 2010 年 8 月 21 日, 福岡国際会議場

有限バリオン、有限アイソスピン化学ポテンシャルにおける QCD 相図:

佐々木崇宏, 境祐二, 河野宏明, 八尋正信,
基研研究会「熱場の量子論とその応用」, 2010 年 8 月 30 日, 京都大学基礎物理学研究所

Average Phase Factor in the PNJL mode:

境祐二, 佐々木崇宏, 河野宏明, 八尋正信,
基研研究会「熱場の量子論とその応用」, 2010 年 8 月 30 日, 京都大学基礎物理学研究所

Correlation between the deconfinement and chiral symmetry restoration in PNJL model:

境祐二, 佐々木崇宏, 河野宏明, 八尋正信,
日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 14 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

Average Phase Factor in the PNJL model:

境祐二, 佐々木崇宏, 河野宏明, 八尋正信,
日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 14 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

Determination of QCD phase diagram from imaginary chemical potential:

境祐二, 佐々木崇宏, 河野宏明, 八尋正信,
次世代格子ゲージシミュレーション研究会, 2010 年 9 月 24 日, 理化学研究所

有限バリオン、有限アイソスピン化学ポテンシャルにおける QCD 相図:
佐々木崇宏, 境祐二, 河野宏明, 八尋正信,
第 116 回日本物理学会九州支部例会, 2010 年 12 月 4 日, 長崎大学

Polyakov loop extended Nambu-Jona-Lasinio model(PNJL model) を用いた 2+1 フ
レーバー QCD 相構造の研究:
小田輝, 境祐二, 河野宏明, 八尋正信,
第 116 回日本物理学会九州支部例会, 2010 年 12 月 4 日, 長崎大学

Entanglement between deconfinement and chiral symmetry restoration:
境祐二, 佐々木崇宏, 河野宏明, 八尋正信,
第 116 回日本物理学会九州支部例会, 2010 年 12 月 4 日, 長崎大学

QCD phase diagram at finite baryon and isospin chemical potentials:
T. Sasaki, Y. Sakai, H. Kouno and M. Yahiro,
International conference on the structure of baryons, BARYONS'10 December 8, 2010,
Osaka university

Entanglement between deconfinement transition and chiral symmetry restoration:
Yuji Sakai, Takahiro Sasaki, Hiroaki Kouno, Masanobu Yahiro,
International conference on the structure of baryons, BARYONS'10 December 10, 2010,
Osaka university

Application of the 3-flavor entanglement PNJL model to the Roberge-Weiss endpoint:
佐々木崇宏, 境祐二, 河野宏明, 八尋正信,
日本物理学会第 66 回年次大会, 2011 年 3 月 28 日, 新潟大学

Quark-Hadron Transition and Polyakov loop effects:
境祐二, 佐々木崇宏, 河野宏明, 八尋正信,
日本物理学会第 66 回年次大会, 2011 年 3 月 28 日, 新潟大学

Microscopic approach to scattering of unstable nuclei:
K. Minomo, K. Ogata, M. Kohno, Y. R. Shimizu, and M. Yahiro,
Second EMMI-EFES Workshop on Neutron-Rich Nuclei EENEN10, June 16, 2010,
RIKEN Nishina Center

核反応論研究の現状と展望:

緒方一介, 松本琢磨, 橋本慎太郎, 蓑茂工将, 井芹康統, 河野通郎, 千葉敏, C. A. Bertulani, 清水良文, 明孝之, 古本猛憲, 上村正康, 八尋正信, 河合光路

RCNP 研究会「不安定核や高運動量移行を用いた核反応機構の研究」, 2010年8月2日, 大阪大学核物理研究センター (RCNP)

Microscopic approach to scattering of unstable nuclei:

蓑茂工将, 緒方一介, 河野通郎, 清水良文, 八尋正信,

RCNP 研究会「不安定核や高運動量移行を用いた核反応機構の研究」, 2010年8月2日, 大阪大学核物理研究センター (RCNP)

Microscopic approach to scattering of unstable nuclei:

蓑茂工将, 緒方一介, 河野通郎, 清水良文, 八尋正信,

原子核三者若手夏の学校研究会, 2010年8月6日, パノラマランド木島平

サブバリア α 移行反応の CDCC 解析に基づく $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ の反応率の決定:

福井徳朗, 緒方一介, 八尋正信,

原子核三者若手夏の学校研究会, 2010年8月6日, パノラマランド木島平

^{12}C 生成反応の新しい理解:

緒方一介, 上村正康

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会, 2010年8月20日, 福岡国際会議場

Microscopic approach to scattering of unstable nuclei:

蓑茂工将, 緒方一介, 河野通郎, 清水良文, 八尋正信,

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会, 2010年8月21日, 福岡国際会議場

Determination of the reaction rate for $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ by means of CDCC analysis of subbarrier α transfer reaction:

福井徳朗, 緒方一介, 八尋正信,

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会, 2010年8月21日, 福岡国際会議場

COSM 波動関数を用いた不安定核反応の CDCC 解析:

緒方一介, 明孝之, 古本猛憲, 蓑茂工将, 清水良文, 八尋正信

日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 12 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

離散化チャンネル結合法計算に基づく代理反応法の分析:

緒方一介, 橋本慎太郎, 千葉敏

日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 12 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

^{12}C 生成反応の新しい理解 2:

緒方一介, 上村正康

日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 12 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

離散化チャンネル結合法を用いた重陽子入射反応の反応断面積が持つ標的核依存性の分析:

橋本慎太郎, 緒方一介, 八尋正信

日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 12 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

不安定核入射反応に対する原子核変形の効果:

蓑茂工将, 木村真明, 緒方一介, 清水良文, 八尋正信,

日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 12 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

サブバリア α 移行反応の CDCC 解析に基づく $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ の反応率の決定:

福井徳朗, 緒方一介, 八尋正信,

日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 12 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

Quantum scattering of three particles in stars: new understanding of the formation of ^{12}C :

K. Ogata

GCOE Summer School on Hadrons and Nuclei under Extreme Conditions, September 16, 2010, Tokyo Institute of Technology.

Quantum scattering of three particles in stars: new understanding of the formation of ^{12}C :

K. Ogata, M. Kan, and M. Kamimura

京都大学基礎物理学研究所セミナー, 2010 年 11 月 19 日, 京都大学基礎物理学研究所

Theoretical Studies on Reaction Mechanisms of Unstable Nuclei:

K. Ogata, T. Matsumoto, S. Hashimoto, K. Minomo, Y. Iseri, M. Kohno, S. Chiba, T. Hamada, Y. R. Shimizu, T. Ye, Y. Watanabe, and M. Yahiro
2010年度核データ研究会, 2010年11月26日, 九州大学筑紫キャンパス

^{12}C 生成反応の新しい理解:

緒方一介, 菅将孝, 上村正康

大阪市立大学セミナー, 2010年12月2日, 大阪市立大学

不安定核入射反応に対する原子核変形の効果:

蓑茂工将, 木村真明, 緒方一介, 清水良文, 八尋正信,

第116回日本物理学会九州支部例会, 2010年12月4日, 長崎大学

Determination of the reaction rate for $^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ by means of CDCC analysis of subbarrier α transfer reaction:

福井徳朗, 緒方一介, 八尋正信,

第116回日本物理学会九州支部例会, 2010年12月4日, 長崎大学

Quantum three-body calculation of triple-alpha reaction rate:

K. Ogata, M. Kan, and M. Kamimura

International workshop on Impact of the new triple-alpha reaction rate on stellar evolution and nucleosynthesis, December 17, 2010, RIKEN Nishina Center

A new theory on nucleon removal reaction:

八尋正信,

研究会「核磁気モーメント・核力反応による Island of Inversion の理解に向けて」, 2010年12月20日, 理化学研究所

Application of the eikonal reaction theory to ^{31}Ne induced reaction:

蓑茂工将, 木村真明, 緒方一介, 清水良文, 八尋正信,

研究会「核磁気モーメント・核力反応による Island of Inversion の理解に向けて」, 2010年12月20日, 理化学研究所

Coulomb breakup of ^8B :

Kazuyuki Ogata, Takuma Matsumoto, Shintaro Hashimoto, Kosho Minomo, Tokuro Fukui, Yasunori Iseri, Carlos A. Bertulani, Yoshifumi R. Shimizu,

Masayasu Kamimura, and Masanobu Yahiro

Symposium on Physics Perspective at RIBF Initiated by Prof. Hiroyuki Okamura,
January 22, 2011, RIKEN Nishina Center

CDCC 法による軽い中性子過剰核分解反応の系統的解析:

T. Matsumoto, M. Kamimura, M. Yahiro, K. Ogata, K. Minomo, E. Hiyama, Y. Iseri,
S. Chiba, K. Kato, Y. Hirabayashi, D. Ichinkhorloo

「実証的原子核物理学」研究会, 2011 年 3 月 3 日, 九州大学

Eikonal Reaction Theory:

蓑茂工将, 木村真明, 緒方一介, 清水良文, 八尋正信,

「実証的原子核物理学」研究会, 2011 年 3 月 4 日, 九州大学

Recent development of CDCC:

M. Yahiro,

SAMURAI International Workshop 2011, March 10, 2011, RIKEN Nishina Center

Extraction of ANC via Coulomb breakup:

K. Ogata, K. Minomo, T. Fukui, C. A. Bertulani, M. Yahiro

SAMURAI International Workshop 2011, March 10, 2011, RIKEN Nishina Center

Extraction of ANC via One-neutron Removal:

K. Minomo, K. Ogata, and M. Yahiro,

SAMURAI International Workshop 2011, March 10, 2011, RIKEN Nishina Center

Determination of ${}^8\text{B}(p,\gamma){}^9\text{C}$ Reaction Rate from ${}^9\text{C}$ Breakup:

T. Fukui, K. Ogata, K. Minomo, and M. Yahiro,

SAMURAI International Workshop 2011, March 10, 2011, RIKEN Nishina Center

A new reaction theory on scattering of unstable nuclei:

八尋正信, 蓑茂工将, 緒方一介,

日本物理学会第 66 回年次大会, 2011 年 3 月 25 日, 新潟大学

Application of the eikonal reaction theory to ${}^{31}\text{Ne}$ induced reactions:

八尋正信, 蓑茂工将, 緒方一介,

日本物理学会第 66 回年次大会, 2011 年 3 月 25 日, 新潟大学

Study of Rapidly Rotating Nuclei:

清水良文

日本物理学会 2010 年秋季大会, 2010 年 9 月 12 日, 九州工業大学戸畑キャンパス

Improved BCS calculation without the neutron gas problem:

T. Ono, Y. R. Shimizu, T. Tajima, and S. Takahara,

Univ. of Aizu-JUSTIPEN-EFES Symposium on “Cutting-Edge Physics of Unstable Nuclei”, Aizu-Wakamatsu, Japan, November 10, 2010, University of Aizu

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

文部省化学研究費補助金、特別研究員奨励費

実数および虚数化学ポテンシャル領域における QCD 相図の統一的解明

研究代表者: 柏浩司

文部省化学研究費補助金、特別研究員奨励費

信頼性の高い有効モデルによる QCD 相構造の定量的解明

研究代表者: 境祐二

科学研究費補助金、若手研究 (B),

3 粒子融合反応に基づく宇宙元素合成の新しい理解

研究代表者: 緒方一介

科学研究費補助金、基盤研究 (C),

分解反応過程を考慮した核融合中性子及び重陽子核反応断面積計算コードシステム開発

研究代表者: 渡辺幸信

研究分担者: 緒方一介

科学研究費補助金、基盤研究 (C),

高スピン・エキゾチック変形原子核の研究

研究代表者: 清水良文

日本学術振興会特別研究員等及び共同研究の採択 (学外からの受け入れを含む)

柏浩司、日本学術特振興会別研究員 (DC2).

境祐二、日本学術特振興会別研究員 (DC1).

他大学での研究と教育

緒方一介: 集中講義「実証的核反応論入門」, 大阪市立大学 (2010年12月1-2日).

緒方一介: 理化学研究所仁科加速器研究センター, 客員研究員.

緒方一介: 日本原子力研究開発機構, 研究嘱託.

学部4年生卒業研究

【前期】嶋田充宏、高橋純一、長野邦裕、力武直実、渡邊慎 (担当: 緒方)
「宇宙核反応研究」体験版

【後期】嶋田充宏、高橋純一、長野邦裕、力武直実、渡邊慎 (担当: 八尋、清水、緒方)

場の量子論、核反応論、核構造論の輪講・研究

修士論文

小田輝: (指導教員、八尋正信): メソンとバリオンの自由度を考慮した 2+1 フレーバー QCD 相構造の研究

佐々木崇宏: (指導教員、八尋正信): 有限アイソスピンをもつ量子色力学系の相構造

濱田泰賀: (指導教員、緒方一介): 微視的 3 体反応モデルに基づく ${}^6\text{Li}$ 弾性散乱の記述

その他の活動と成果

八尋正信: 大阪大学核物理センター, 運営委員.

八尋正信: Progress of Theoretical Physics 編集委員.

八尋正信: 核理論委員会委員.

八尋正信: 若手夏の学校講師.

八尋正信: 京都大学基礎物理学研究所, 集中講義講師

八尋正信, 緒方一介: 研究会「実証的原子核物理学」の主催.

緒方一介: 京都大学基礎物理学研究所, 共同利用運営委員.

蓑茂工将: 原子核三者若手夏の学校, 原子核パート世話人.

宇宙物理理論

研究室構成員

橋本 正章 教授

山岡 均 助教 町田 真美 助教

中村 理央 技術補佐員

野田 常雄 テクニカルスタッフ

《 大学院 博士課程 》

小野 勝臣 猿渡 元彬 E. P. B. A. Thushari 松尾 康秀

《 大学院 修士課程 》

三股 祥平 辻本 英之 菊池 之宏 林 祐輔

佐藤 匡史 島ノ江 純

《 学部 卒業研究生 》

池田 幹生 末廣 修平 廣池 匠哉 武藤 拓馬

担当授業

- 橋本正章
箱崎地区: 宇宙物理学 (後期)
伊都地区: 力学基礎・同演習 (前期)、少人数ゼミ (前期)、物理学 III(前期、後期)
- 山岡均
箱崎地区: 最先端物理学 (前期)
伊都地区: 自然科学総合実験 (前期, 後期), 少人数ゼミ (後期)
- 町田真美
箱崎地区: 最先端物理学 (前期)、電磁気学 I 演習 (後期)、物理学ゼミナール (後期)

研究・教育目標と成果

非一様宇宙における宇宙初期元素合成および観測との整合性 (中村 理央, 橋本 正章)

宇宙初期元素合成は、宇宙に存在するヘリウムや重水素、リチウムの存在比を説明することができ、ビッグバン宇宙論の成功の一つである。しかし、最近の天文学的観測によるとリチウムの観測値が、理論的に予言される値より2~3倍ほど少なすぎるという「リチウム7問題」が、2003年ごろより指摘されている。

本研究室でも、近年その問題に取り組んできたが、本研究では非一様な物質分布に基づく宇宙論モデルに基づいた元素合成計算を行った。宇宙初期（宇宙年齢 $< 10^4$ 秒）において、極端な高密度領域の存在を仮定し、両方の領域における元素合成計算を行った。リチウム7は、高密度領域だけでなく低密度領域における物質密度に大きく依存する。そのため、両方の領域で生成されたリチウム7の平均をとると、通常のビッグバン合成よりも少なく生成することが可能となる。そこで、得られた元素の結果を観測値と比較することで、リチウム7問題が解決できるかを調査した。その結果、観測の不定性の範囲内で、みごとに観測を説明することが可能だと分かった。研究成果は、国内のシンポジウムで発表を行っている。

今後の研究の展望として、今回の研究では考慮していない高密度領域からの物質の拡散の効果や、より現実的な非一様性のモデルを構築するなど、より詳細な計算を行っていくことを考えている。

中性子星からクォーク星への相転移と熱的進化（野田常雄, 橋本正章）

クォークハドロン混合相を考慮したクォークハドロンハイブリッド星の冷却計算をより詳細に行った。本年度は、前年度に行っていたモデルに、カラー超伝導を考慮した状態方程式を適用し冷却計算を行った。特に、Cassiopeia Aの観測結果と矛盾のないモデル（質量、温度）を構築することを目標としてきた。結果、Cassiopeia Aの質量を満たし（ $M > 1.5M_{\odot}$ ）、質量の大きな高密度星では冷えにくく、質量が小さくなるにつれ冷えやすくなるモデルを構築することができた。カラー超伝導の出現密度のファインチューニングを必要とする点は前年度と変わらないが、3C58等の冷えた中性子星の観測結果についても矛盾なく説明できた。しかしながら、他の中性子星の観測値（特にVela）について、説明できる範囲内に入っているものの、厳しいファインチューニングを要求される状態となった。

来年度は、クォーク相の密度をパラメータとして、より現実的なモデルを用い、カラー超伝導状態のクォークをコアに持つ高密度星の冷却計算を行っていく。Cassiopeia Aのみならず、3C58とVelaについても、無理なく説明できることを目指す。また、現在簡単に扱っているカラー超伝導相のモデルについても、より現実的なものとなるよう検討を重ねていきたい。

大質量星の磁気回転爆発及び恒星進化過程における重元素合成（小野勝臣, 橋本正章）

太陽系組成において鉄より質量数の大きい重元素の起源を探るため、大質量星の重力崩壊の後に起こるジェット状の超新星爆発（コラプサーモデル）に関わる元素合成についてこれまで調べてきた。大質量星の恒星進化過程およびジェットにおける元素合成計算を行った結果、恒星進化段階において弱いs過程（weak s-process）が起こっている可能性があることが分かった。しかし、このことを確かめるためには、核反応ネットワークを拡張し、s-processに関わる物理を考慮する必要がある。今年度はこれを行い、s核について詳細に調べることが目標とする。

ベータ崩壊率の温度・電子密度依存性の考慮、最近発表された新しい核反応率 compilation による核反応率の更新などを行い、恒星進化過程における元素合成の再計算を行った。その結果、質量数が90までの元素はこれまでの結果と大きく変わらず、weak s-processが起こっていることが確かめられた。しかしながら、長寿命 isomer を持つ ^{180}Ta が太陽系組成比と比べ多く生成されることが分かった。この元素は太陽系組成の中で最も希少であることに加え、その起源が今もよく分かっていない。この元素が最終的にどの程度残るかを調べるには、ジェット状の超新星爆発の際の元素合成も再計算する必要がある。

来年度は、ジェットにおける元素合成の再計算もを行い、 ^{180}Ta の最終的な放出量を決定し、 ^{180}Ta の起源について議論を行う。また、ジェット状爆発の際に起こる可能性のある r-process, p-process

についても改めて詳細に調べる。金属欠乏星の r 核, s 核の観測との比較も行いたい。

磁気駆動型超新星爆発と r -process 元素合成 (猿渡元彬, 橋本正章)

大質量星がその進化の最終段階で引き起こす超新星爆発は元素合成や重力波等多くの分野に関わる重要な天体現象でこれまで多くの研究がなされてきたが, その詳しいメカニズムは未だ明らかになっておらず, 多くのシミュレーションで超新星爆発が再現されるという結果は得られていない。また, 超新星爆発時には r -process と呼ばれる元素合成反応が起きる。現在のところ, 元素合成研究において太陽系組成を再現することが目標となっている。そこで我々にはニュートリノの効果を考慮した超新星爆発の MHD シミュレーション, 元素合成計算をすることで太陽系組成との比較を行った。

いくつかのパラメータを用いて超新星爆発を行うことで太陽系組成の第 3 ピークが作られる可能性を示した。MHD シミュレーションの結果では微分回転の弱いものはニュートリノの冷却によって衝撃波が減衰し爆発しないという結果が得られた。また, 爆発した微分回転の強いものも, 第 3 ピークが作られるような元素合成が起こる Y_e の低い物質が内部からくみ上げられるためには, かなり強い回転が必要となることがわかった。2 つの質量公式を用いた元素合成計算では第 3 ピークは太陽系組成を再現させることができたが, 第 1, 第 2 ピークを再現するまでには至っていない。

新 3α 反応率による He 点火への影響 (猿渡元彬, 橋本正章)

近年 Ogata et al. によって新たに triple alpha 反応率が見積もられた。Triple alpha 反応は天体核反応の中でももっとも重要な反応の一つで, $\alpha + \alpha \rightarrow \text{Be}$, $\text{Be} + \alpha \rightarrow \text{C}$ といった反応である。Ogata et al. によって見積もられた反応率はこれまで考えられたものと比べて低温領域で 10^{26} 倍大きく, これまで考えられた進化過程に大きな影響があると考えられる。そこで, 我々は triple alpha 反応が大きな役割を果たす Ia 型超新星と赤色巨星内部の進化過程が ignition curve を書くことでこれまで考えられていた進化とどの程度変化するかを調べた。

その結果, OKK rate を用いた ignition curve は, これまでのものに比べて密度, 温度が 2 桁小さな領域で He に点火し, Ia 型超新星爆発がこれまで予想していた降着率では中心で carbon deflagration が起きると考えられていたが, He 層の底で点火してしまうために carbon deflagration が起きなくなるという結果が得られた。このことから X-ray burst への影響も大きなものになると予想される。

Observational constraints on Brans-Dicke theory with a variable cosmological term and the model of decaying cosmological term

(E. P. B. A. Thushari, R. Nakamura, M. Hashimoto)

We investigate Big-Bang nucleosynthesis in the Brans-Dicke model with a variable cosmological term (BDA) for the coupling constant $\omega = 10^4$. The model parameters are constrained from comparison between the resulting abundance of ^4He , D and ^7Li and the observed ones. Furthermore, we examine the magnitude redshift ($m - z$) relation for the BDA with and without another constant cosmological term in a flat universe. Observational data of Type Ia Supernovae (SNIa) are used in the redshift range $0.01 < z < 2$. It is found that the BDA model is inconsistent with the present accelerating universe but the model with a constant cosmological term with the value 0.7 can explain the SNIa data. The model parameters are insensitive to the $m - z$ relation. As the next approach, I turned to several modified gravity models and decaying cosmological term model. Among them the decaying cosmological term in the context of Friedmann model is focused and currently that model is constrained from SNIa observations. In that model cosmological term is defined as a decaying function of scale factor. I investigate how this model parameters are changed with the new SNIa observations.

高解像度計算を用いた超新星残骸 Cas A の物質混合の再現 (松尾康秀, 橋本正章, 小野勝臣)

超新星残骸とは大質量星が超新星爆発により、その外層を吹き飛ばして星雲状に広がった天体のことである。近年の超新星残骸の観測ではドップラー効果を用いて、その3次元的な元素分布が分かるようになってきている。ところが、このような観測と比較できるような超新星残骸シミュレーションはまだできていない。我々の研究は近年の観測と比較できるシミュレーションモデルを構築することが目的である。

そこで本年度では、超新星残骸 Cassiopeia A (Cas A) における物質混合を再現することを目標とした。Cas A では Fe が、Si よりも外側に分布するという非常に特徴的な元素分布を有しており、これは爆発中における流体不安定性による物質混合の効果であると推察される。これを2次元シミュレーションで再現することを試みた。結果は、シミュレーションの解像度不足のため、満身に流体不安定性が発達せず、Fe が Si よりも外側に存在することはなかった。しかし本シミュレーションでも、星周物質に WR wind が存在すれば、Fe-Si 境界面での物質混合がある程度見込めることが分かった。

従って来年度ではより解像度の高いシミュレーションを行ない、流体不安定性による物質混合の再現を試みる。また流体不安定性は2次元計算よりも3次元計算のほうが大きく成長することが期待されるため、3次元の超新星残骸シミュレーションも行う予定である。そして実際の観測で得られているような物質混合を再現できるかどうか議論する。

3 α 核反応率が X 線バーストに与える影響 (辻本英之, 橋本正章)

3 α 核反応は、天体物理学において最も基本的な原子核反応の一つであり、その反応率は、元素合成だけでなく天体の温度進化や密度進化にも影響するので、正確な反応率を知ることは関係する天体現象の物理を議論するうえで非常に重要である。近年、3 α 核反応の低温領域における反応率が、従来考えられていたものに比べかなり大きくなるといった研究がなされた (Ogata et al. 2009: OKK rate)。このことが恒星進化 (Dotter & Paxton 2009) や Type-Ia 超新星 (Saruwatari & Hashimoto 2010) に与える影響についてはすでにいくつかの研究がなされ、それらによると新しく報告された核反応率は観測事実と矛盾するという報告がなされた。3 α 核反応率が影響を与える現象として上記以外に Type-I-X 線バーストがある。そこで、新しい3 α 核反応率がこの現象に与える影響について、X 線バースト進化計算コードを用いて調査した。

中性子星への pure He 降着による X 線バースト計算を行った。その結果、OKK rate を用いた場合従来の反応率と比べ、降着層の浅い (密度の低い) ところで点火するため、一回当たりのバーストのエネルギーが小さくなることが分かった。この結果は pure He 降着による X 線バーストの観測をうまく説明できることが分かった。しかし、この結果は Peng & Ott 2010 の先行研究と矛盾する。これは中性子星のモデルや crust heating などの他の不定性の影響が大きいと考えられる。また、OKK rate は密度が 10^6 g cm^{-3} 程度を仮定しているため、実際の天体では電子遮蔽の影響などで、低温領域で反応率が数桁以上の変更を受ける可能性もある。

来年度はこれらの結果を踏まえ、中性子星の crust heating の影響や天体現象へ適用する際の OKK rate の不定性を観測を用いて検証していきたい。

大質量星の進化と *s*-process 元素合成 (菊池之宏, 小野勝臣, 橋本正章)

太陽質量の10倍以上の質量を持つ大質量星は主系列星の後、赤色巨星を経て超新星爆発を起こす。そのような星の赤色巨星の中心コアではヘリウム燃焼、炭素燃焼中に質量数が90付近の重元素を生成することが知られている。この元素は *s*-process と呼ばれる反応過程で生成される *s* 元素である。大質量星での *s*-process では主として $A < 90$ までの元素を作ることが知られており、これを weak *s*-process と呼ぶ。 *s*-process 元素合成計算する上で、核反応率と β 崩壊率について多くの不定性があることが知られている。

本年度は核反応率の不定性が恒星進化における元素合成に与える影響を調べた。

2010年に公表された JINA と呼ばれる compilation (様々な核反応率を astrophysics に適応する為に編集したもの) と従来の compilation である REACLIB を用いて s -process に焦点を置いた元素合成計算を行った。この2つの計算の結果を比較することで、中性子を供給する $^{22}\text{Ne}(\alpha, n)^{25}\text{Mg}$ 反応とそれに競合する $^{22}\text{Ne}(\alpha, \gamma)^{26}\text{Mg}$ 反応の不定性、または (n, γ) 反応率が s 元素の生成量に影響を与えることが分かった。また、最近の研究によって新しい triple- α の反応率 (OKK rate) が求められた。そこで、この反応率を用いた恒星進化計算と s -process 元素合成計算を行った。その結果、He 燃焼後にコア領域での炭素と酸素の組成の逆転が起こった。来年度は OKK rate を用いた計算を超新星爆発直前まで行い、組成に対する影響を議論する。

de Sitter 時空における事象の地平面を隔てた量子相関の判定モデルの提案 (林祐輔)

インフレーション理論は COBE や WMAP の観測により間接的にその妥当性が検証されているが、他の宇宙モデルを完全に排除するには至っていない。そこで、インフレーション理論の直接的な検証を目指した観測モデルの構築を行いたい。

インフレーション理論の要請として以下の2点が挙げられる。i) 初期宇宙にインフラトン場と呼ばれる量子場が存在し、それにより一時的に真空エネルギー優勢期 (インフレーション期) に移行する。ii) インフレーション期では宇宙が指数関数的に加速膨張する。この2点が満たされる状況では、インフラトン場間に事象の地平面を隔てた量子相関が生じることが知られている。この量子相関の観測はインフレーション理論の強い証拠となる。しかしながら、従来の古典相関と非古典 (量子) 相関の判定法では、事象の地平面を隔てた2つの領域の情報が必要となるため、それを観測から得るのは不可能であった。これを解決する方法として、Kimura et al. 2007 が提案した方法を採用すれば、事象の地平面の内側の情報だけで量子相関の発生の検証が可能である。

そこで第一ステップとして、1次元格子模型上のインフレーションモデルに対して Unruh-DeWitt detector を用いたインフラトン場間の量子相関を示すモデルを提案し、事象の地平面の内部に設置した Unruh-DeWitt detector の振る舞いだけから、事象の地平面を隔てたインフラトン場間の量子相関が生じたかどうかを判定する基準を提案する。

今年度は、既存の量子力学に基づく量子相関の判定基準を用いて Unruh-DeWitt detector の振る舞いから事象の地平面内外に量子相関が生じたことを示すことができた。しかし、我々の考える系のダイナミクスは相対論的場の量子論で記述されるため、従来の判定基準のままでは情報喪失問題や情報の因果性 (information causality) 等の問題に答えられないことが明らかになった。来年度の目標は相対論的場の量子論に基づく量子相関の判定基準を確立し、前年度のモデルを完成させる (東京工業大学 D3 鹿野 豊 氏との共同研究)。

突発天体現象のフォローアップ観測 (山岡均)

短いタイムスケールで光度変動する「突発天体」の研究を進めている。昨年度までに引き続き、本年度も、矮新星・新星・超新星・ガンマ線バーストなどについて、発見直後の分光や測光、位置精測を通じて、その性質の解明を目指す。講演や表彰を通じて、突発天体の発見やフォローアップ観測の重要性を訴え、分野を活性化していく。本年度の目標としては、近年錯綜が深まっている観測情報の取り扱いを改善することが挙げられる。

突発天体のフォローアップ・発見確認・アーカイブとの照合を多数行なった。新天体に特化した講演、日本天文学会天体発見賞・天体発見功労賞によって、突発天体について周知啓発を行なった。国際的な新天体情報の取り扱いの改善として、TOCP を構築した (<http://www.cbat.eps.harvard.edu/unconf/tocp.html>)。次年度以降も突発天体への即応を目指す。

アーカイブ天文学の構築 (山岡均, 島ノ江純, 佐藤匡史)

デジタル化技術やコンピュータネットワークの発展により、サーベイ観測などで作成された天体データベースや画像を用いた天体研究 = データベース天文学が、近年可能になり脚光を浴

びている。われわれはこれに加え、断片的な資料も用いた「アーカイブ天文学」を提案し実践する。今年度の目標は、アーカイブ天文学の実践と全天 X 線監視装置 MAXI の活用である。

発見前の画像が利用できる超新星について、超新星爆発前の姿を探求し、2 例について講演報告した。(佐藤, 山岡)。重力崩壊型超新星での衝撃波 breakup や、白色矮星表面の核爆発である新星現象において、爆発即時の X 線放射が期待されることから、X 線全天監視装置 MAXI のデータの用いて、発見された新星・超新星の即時 X 線放射を探索するとともに、検出可能性を考察した(島ノ江、山岡)。これらの結果は、学会や国際会議で発表してきた。次年度は、いずれの活動も継続するとともに、両名の修士論文となるように結果を集約する。

スペースデブリの可視光観測 (山岡均)

地球周回軌道におけるスペースデブリは増加の一途をたどっており、宇宙利用の大きな脅威となりつつある。特に、破砕イベントで発生するデブリの捕捉と追跡は、今後の宇宙環境を大いに左右する。軌道伝播を計算し、その予測を活用して未カタログのデブリをとらえることが今年度の目標である。

JAXA 入笠観測所や美星スペースガードセンターの協力で得られた画像から、未カタログのデブリを検出することに成功した。軌道逆伝播のシミュレーションから、このデブリが想定した破砕イベント由来である蓋然性が高いことを示した。この結果は国際会議で報告した。次年度以降は、重ね合わせ法によりさらに暗いデブリを検出するなど、多くの目標と課題を解決していく。

工学研究院航空宇宙工学部門の花田准教授等との共同研究である。

天文学の社会・学校教育への活用 (山岡均, 島ノ江純, 佐藤匡史)

天文学を振興し、科学教育を広めるために、各種活動を広く行っていく。今年度は、全国同時七夕講演会、各種講演会など数多くの実践を行なった。また、2007 年度から開催しているサイエンスパブを 2 回実施した。次年度は、山岡が分担者として参加する P&P が採択されたことを踏まえ、天文学の高等教育における実践を強化する。

磁気圧を考慮した降着円盤モデルの構築:1 次元遷音速解 (町田真美)

X 線連星はアウトバースト時に X 線スペクトル状態遷移が生じる事が知られている。アウトバーストの立ち上がりは光学的に薄い移流優勢円盤、遷移後は光学的に厚い標準降着円盤で説明できる事が知られていたが、高時間分解能の観測から、これまでの降着円盤理論では説明できない光学的に薄く非常に明るい状態が存在する事が分かってきた。この状態は 3 次元磁気流体数値計算によって発見された磁気圧優勢円盤で説明できると考えている。これまでに一温度遷音速解を求め、磁気圧優勢円盤は安定な解である事を示した。しかし、 10^9 K 以上の降着円盤では、イオン温度と電子温度が異なる事が知られている。そこで、1 次元二温度遷音速解を求め、円盤構造と磁気圧、質量降着率の関係を調べた。次年度は一次元遷音速解の時間進化についてを考察する。

磁気圧を考慮した降着円盤モデルの構築:3 次元計算 (町田真美)

ブラックホール降着円盤の 3 次元磁気流体数値計算から降着円盤の物理状態を求め、それを元に X 線光度曲線の時間進化を求めた。X 線光度曲線は数値計算から得られた密度、温度、磁場を元に、モンテカルロ計算を行い求めた。この結果をイタリアで行われたブラックホール連星の研究会にて口頭発表した。

銀河磁場トポロジーと初期磁場構造の関係 (町田真美)

渦状銀河の大局磁場は軸対称渦状腕 (ASS), 双対称渦状腕 (BSS) など磁場の巻き込みの方向に特徴がある事が知られている。この特徴的な磁場構造は、銀河形成時の大局磁場構造に起因

していると考え、銀河ガス円盤の磁気流体数値実験を行った。その結果、初期磁場が完全に回転軸に平行な場合に ASS 磁場が、銀河面を貫くが傾いている時に BSS 磁場が形成される事を示した。本年度は銀河は軸対称ポテンシャルを持つと仮定したが、次年度はより現実的な非軸対称な bar ポテンシャルを持つ場合を考える。

発表論文

《 原著論文 》

- Effects of a New Triple- α Reaction Rate on the Helium Ignition of Accreting White Dwarfs:
M. Saruwatari and M. Hashimoto,
Progress of Theoretical Physics, Vol. 124, No. 5, pp. 925-929, 2010
- Brans-Dicke model constrained from the Big Bang nucleosynthesis and magnitude redshift relations of supernovae:
E. P. B. A. Thushari, R. Nakamura, M. Hashimoto, K. Arai,
Astronomy & Astrophysics, **521** (2010) A52
- Properties of near-infrared-selected AGN candidates with 2MASS/ROSAT catalogues:
Shinjiro Kouzuma, and Hitoshi Yamaoka,
Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **405** (2010) pp. 2062 - 2068
- High Excitation Molecular Gas in the Galactic Center Loops; 12CO ($J = 2-1$ and $J = 3-2$) Observations:
Kudo, Natsuko; Torii, Kazufumi; Machida, Mami; Davis, Timothy A.;
Tsutsumi, Kazuki; Fujishita, Motusuji; Moribe, Nayuta; Yamamoto, Hiroaki;
Okuda, Takeshi; Kawamura, Akiko; Mizuno, Norikazu; Onishi, Toshikazu;
Maezawa, Hiroyuki; Mizuno, Akira; Tanaka, Kunihiko; Yamaguchi, Nobuyuki;
Ezawa, Hajime; Takahashi, Kunio; Nozawa, Satoshi; Matsumoto, Ryoji; Fukui,
Yasuo,
Publications of the Astronomical Society of Japan, **63** (2011) pp. 171-197
- A Detailed Observational Study of Molecular Loops 1 and 2 in the Galactic Center:
Torii, Kazufumi; Kudo, Natsuko; Fujishita, Motusuji; Kawase, Tokuichi;
Yamamoto, Hiroaki; Kawamura, Akiko; Mizuno, Norikazu; Onishi, Toshikazu;
Mizuno, Akira; Machida, Mami; Takahashi, Kunio; Nozawa, Satoshi; Matsumoto,
Ryoji; Fukui, Yasuo,
Publications of the Astronomical Society of Japan **62** (2010) pp. 1307-1332
- The Primordial Origin Model of Magnetic Fields in Spiral Galaxies:
Sofue, Yoshiaki; Machida, Mami; Kudoh, Takahiro,
Publications of the Astronomical Society of Japan **62** (2010) pp. 1191-1201
- Temperature and Density in the Foot Points of the Molecular Loops in the Galactic Center; Analysis of Multi-J Transitions of 12CO ($J = 1-0, 3-2, 4-3, 7-6$), 13CO

(J = 1–0), and C18O (J = 1–0):

Torii, Kazufumi; Kudo, Natsuko; Fujishita, Motosuji; Kawase, Tokuichi; Okuda, Takeshi; Yamamoto, Hiroaki; Kawamura, Akiko; Mizuno, Norikazu; Onishi, Toshikazu; Machida, Mami; Takahashi, Kunio; Nozawa, Satoshi; Matsumoto, Ryoji; Ott, Jurgen; Tanaka, Kunihiko; Yamaguchi, Nobuyuki; Ezawa, Hajime; Stutzki, Jurgen; Bertoldi, Frank; Koo, Bon-Chul; Bronfman, Leonardo; Burton, Michael; Benz, Arnold O.; Ogawa, Hideo; Fukui, Yasuo, Publications of the Astronomical Society of Japan, **62** (2010) pp. 675-695

《Proceedings》

- Constraints on the heavy elements production in inhomogeneous Big-Bang nucleosynthesis from light element observations:
R. Nakamura, M. Hashimoto, S. Fujimoto, N. Nobuya and K. Sato,
The 10th international symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies, AIP conference proceedings, Vol.1269, pp. 378-380, 2010
- Cooling of Compact Stars with Quark-Hadron Mixed Phase in the Colour Superconductive State:
T. Noda, M. Hashimoto, N. Yasutake, T. Maruyama, T. Tatsumi, M. Fujimoto,
The 10th International Symposium on Origin of Matter And Evolution of Galaxies: OMEG-2010, AIP Conference Proceedings, Vol. 1269, (2010) pp. 384-386
- Heavy-element Nucleosynthesis in Magnetohydrodynamical Jets from Collapsars:
M. Ono, M. Hashimoto, S. Fujimoto, K. Kotake and S. Yamada,
The 10th international symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (OMEG10), AIP Conference Proceedings, Vol. 1269 (2010) pp. 415-417
- Aspherical abundance distribution of ejecta from neutrino-driven core collapse supernova:
S. Fujimoto, K. Kotake, M. Hashimoto, M. Ono and N. Ohnishi,
The 10th international symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (OMEG10), AIP Conference Proceedings, Vol. 1269 (2010) pp. 472-474
- Explosive nucleosynthesis in a neutrino-driven core collapse supernova:
S. Fujimoto, K. Kotake, M. Hashimoto, M. Ono and N. Ohnishi,
Tours Symposium on Nuclear Physics and Astrophysics VII, AIP Conference Proceedings, Vol. 1238 (2010) pp. 169-174
- *R*-process Nucleosynthesis during the Magnetohydrodynamics Explosion of a Massive Star:
M. Saruwatari, M. Hashimoto, K. Kotake, S. Yamada,
The 10th international symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies: OMEG-2010, AIP Conference Proceedings, Volume 1269, pp. 409-411, 2010
- Impacts of a Newly Calculated 3α Reaction Rate on the Helium Accreting White Dwarfs:
M. Saruwatari and M. Hashimoto,

The 10th international symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies: OMEG-2010, AIP Conference Proceedings, Volume 1269, pp. 412-414, 2010

- Properties of Quasar and AGN Candidates Detected in the 2MASS/ROSAT Catalogs:
S. Kouzuma, and H. Yamaoka,
Co-Evolution of Central Black Holes and Galaxies, Proceedings of the International Astronomical Union (2010), IAU Symposium, Volume 267, p. 113
- Commission 6: Astronomical Telegrams:
A. C. Gilmore, N. N. Samus, K. Aksnes, D. W. E. Green, B. G. Marsden, S. Nakano, E. Roemer, J. Ticha, H. Yamaoka,
Transactions IAU, Volume 6, Issue T27 (2010), Cambridge University Press, pp. 259 – 260
- Detection of Faint GEO Objects Using Population and Motion Prediction:
M. Uetsuhara, T. Hanada, H. Yamaoka, and T. Fujiwara,
Proceedings of the Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference, held in Wailea, Maui, Hawaii, September 14-17, 2010, Ed.: S. Ryan, The Maui Economic Development Board., p.E3

《 その他の論文 》

- Big Bang Nucleosynthesis:
R. Nakamura, M. Hashimoto, K. Sato, and K. Arai,
Physics Reports of Kumamoto University, Vol.13, No.2, pp. 201-216, 2010
- Synthesis of Heavy Elements in a Helium Star of $32 M_{\odot}$ inside a Jet of Supernova Explosion:
M. Ono, M. Hashimoto, Y. Kikuchi, S. Fujimoto, and K. Arai,
Physics Reports of Kumamoto University, Vol. 13, No. 2 (2010) pp. 227-234
- Effects of neutrino transport on the r -process nucleosynthesis for the explosion of a $3.3 M_{\odot}$ helium star:
M. Saruwatari, M. Hashimoto, K. Arai,
Physics Reports of Kumamoto University, Vol.13, No.2 (2010) pp. 235-246
- Effects of a New Triple- α Reaction Rate on the Helium Ignition of Accreting White Dwarfs:
M. Saruwatari, M. Hashimoto, K. Arai,
Physics Reports of Kumamoto University, Vol.13, No.2 (2010) pp. 255-260
- Observational constraints on Brans-Dicke Theory with a Variable Cosmological Term:
E. P. B. A. Thushari, R. Nakamura, M. Hashimoto, K. Arai,
Physics Reports of Kumamoto University, Vol. 13, No. 2 (2010)
- Abundance Distribution in Supernova Remnant Cas A:
Y. Matsuo, M. Hashimoto and K. Arai,
Physics Reports of Kumamoto University **13** (2010), 247

- Possible Nova or New Cataclysmic Variable in Pegasus:
D. Yi, and H. Yamaoka,
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2273, 2010.
- Cataclysmic Variable in Pegasus:
H. Yamaoka, and K. Itagaki,
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2275, 2010.
- New Variable Star in Cygnus:
K. Itagaki, and H. Yamaoka,
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2426, 2010.
- Possible Supernova in NGC 1954:
K. Itagaki, and H. Yamaoka,
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2570, 2010.
- Supernova 2011B in NGC 2655:
H. Yamaoka, K. Itagaki, and M. Koishikawa,
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2625, 2011.
- Supernova 2011K:
K. Ayani, and H. Yamaoka,
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2636, 2011.

講演

《 海外での講演 》

- Heavy-element Nucleosynthesis in Magnetohydrodynamical Jets from Collapsars:
M. Ono, M. Hashimoto, S. Fujimoto, K. Kotake and S. Yamada,
3rd International conference on Frontiers In NUClear STructure, Astrophysics and Reactions (FINUSTAR 3), Rhodos, Greece, August, 23-27, 2010
- Nucleosynthesis in neutrino-driven, aspherical supernova explosion of massive stars:
S. Fujimoto, M. Hashimoto, M. Ono, K. Kotake and N. Ohnishi,
3rd International conference on Frontiers In NUClear STructure, Astrophysics and Reactions (FINUSTAR 3), Rhodos, Greece, August, 23-27, 2010
- R-process Nucleosynthesis in Supernova Explosion:
M. Saruwatari, M. Hashimoto, K. Kotake, S. Yamada,
Frontiers In Nuclear Structure, Astrophysics and Reactions (FINUSTAR 3), Rhodos, Greek, 23-27 August 2010.
- Detection of Faint GEO Objects Using Population and Motion Prediction:
M. Uetsuhara, T. Hanada, H. Yamaoka, and T. Fujiwara,
the Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference, held in Wailea, Maui, Hawaii, September 14-17, 2010

- Global MHD Simulation of Accretion Flows including Cooling:
Mami Machida (Kyusyu Univ.), Hiroshi Oda (Chiba Univ.), Ken Ohsuga (NAOJ),
Ryoji Matsumoto (Chiba Univ.),
Relativistic Whirlwind, 2010, 5/31-6/4, Trieste, Italy

《国内での講演》

- 軽元素観測からの非一様ビッグバン元素合成に対する制約：
中村理央, 橋本正章, 佐藤勝彦
第 23 回理論懇シンポジウム, 京都大学基礎物理学研究所, 12 月 20 日-22 日,
2010 年
- Cooling of Neutron Stars -Cas A を説明できるモデル-：
野田常雄, 橋本正章, 丸山敏毅, 巽敏隆, 安武伸俊, 藤本正行
Kyoto Meeting 2010 I, 京都大学 (京都府京都市), 6 月 5 日-6 日, 2010 年
- カラー超伝導を考慮した高密度星の熱的進化：
野田常雄, 橋本正章, 丸山敏毅, 巽敏隆, 安武伸俊, 藤本正行
日本物理学会 2010 年秋季大会, 九州工業大学戸畑キャンパス (福岡県北九州市), 9 月 11 日-14 日, 2010 年
- 大学全入時代の物理学実験の試み：
野田常雄, 巨海玄道, 野口聡仁
第 116 回日本物理学会九州支部例会, 長崎大学文教キャンパス (長崎県長崎市), 12 月 4 日, 2010 年
- Cooling of Neutron Star in Cas A Supernova Remnant:
野田常雄, 橋本正章, 丸山敏毅, 巽敏隆, 安武伸俊, 藤本正行
Kyoto Meeting 2010 I, 京都大学 (京都府京都市), 12 月 18 日-19 日, 2010 年
- コラプサーモデルに基づく大質量星の磁気回転爆発と重元素合成：
小野勝臣, 橋本正章, 藤本信一郎, 固武慶, 山田章一
日本物理学会 2010 年秋季大会, 九州工業大学, 9 月 11-14 日, 2010 年
- コラプサーモデルに基づく大質量星の磁気回転爆発と重元素合成：
小野勝臣, 橋本正章, 藤本信一郎, 固武慶, 山田章一
第 116 回日本物理学会九州支部例会, 長崎大学, 12 月 4 日, 2010 年

- 新 3α 反応率による He 点火への影響：
猿渡元彬, 橋本正章
日本物理学会 2010 年秋季大会, 九州工業大学, 9 月 11 日-14 日, 2010 年
- ニュートリノを考慮した超新星爆発における r -process 元素合成への影響：
猿渡元彬, 橋本正章, 固武慶, 山田章一
日本物理学会九州支部会, 長崎大学, 12 月 4 日, 2010 年
- 超新星残骸中の流体不安定性における物質混合：
松尾康秀
2010 年度第 40 回天文・天体物理若手 夏の学校, ホテル日航豊橋 (愛知県豊橋市), 8 月 2 日-5 日, 2010 年
- 超新星残骸における物質混合と流体不安定性：
松尾康秀, 橋本正章, 小野勝臣, 長滝重博, 固武慶, 山田章一, 山下和之
日本物理学会 2010 年秋季大会, 九州工業大学戸畑キャンパス (福岡県北九州市), 9 月 11 日-14 日, 2010 年
- 超新星残骸 Cassiopeia A における流体不安定性：
松尾康秀, 橋本正章, 小野勝臣, 長滝重博, 固武慶, 山田章一, 山下和之
第 116 回日本物理学九州支部例会, 長崎大学 (長崎県長崎市), 12 月 4 日, 2011 年
- 星周物質分布の違いを考慮した超新星残骸中の流体不安定性に伴う物質混合：
松尾康秀, 小野勝臣, 長滝重博, 固武慶, 山田章一, 山下和之
日本天文学会 2011 年春季年会, 筑波大学 (埼玉県つくば市), 3 月 16 日-19 日, 2011 年
- X 線バーストに対して 3α 反応率が与える影響：
辻本英之, 橋本正章, 野田常雄, 藤本正行
第 116 回日本物理学九州支部例会, 長崎大学 (長崎県長崎市), 12 月 4 日, 2011 年
- X 線バーストに対して 3α 反応率が与える影響：
辻本英之, 橋本正章, 野田常雄, 藤本正行
日本天文学会 2011 年春季年会, 筑波大学 (埼玉県つくば市), 3 月 16 日-19 日, 2011 年

- 大質量星の恒星進化における s -process 元素合成 :
菊池之宏
2010 年度 第 40 回 天文天体物理若手 夏の学校, ホテル日航豊橋 (愛知県豊橋市), 8 月 2 日-5 日, 2010 年
- 大質量星の恒星進化における s -process 元素合成 :
菊池之宏, 小野勝臣, 橋本正章
日本天文学会 2010 年秋季年会, 金沢大学角間キャンパス (石川県金沢市), 9 月 22 日-24 日, 2010 年
- 大質量星における s 過程元素合成の不定性 :
菊池之宏, 橋本正章, 小野勝臣
第 116 回日本物理学会九州支部例会, 長崎大学 (長崎県長崎市), 12 月 4 日, 2010 年
- 量子相関を用いたインフレーション理論の検証手法の提案 -1 次元格子模型を例にして- :
林祐輔, 鹿野豊, 橋本正章量子情報処理プロジェクト 夏期研修会 2010, ホテルサンライズ知念 (沖縄県南城市), 8 月 18 日-28 日
- On detecting the quantum correlations in the early universe:
Y. Shikano, Y. Hayashi, M. Hashimoto,
International Symposium “Nanoscience and Quantum Physics 2011”
(nanoPHYS’11), Tokyo, Japan, Jan. 26-28, 2011
- 量子相関を用いたインフレーション理論の検証手法の提案 -1 次元格子模型を例にして- :
林祐輔, 鹿野豊, 橋本正章
量子情報科学 ウィンタースクール 2011, 東北大学川渡共同セミナーセンター (宮城県大崎市), 2 月 23 日-27 日, 2011
- 量子相関を用いたインフレーション理論の検証手法の提案 -1 次元格子模型を例にして- :
林祐輔, 鹿野豊, 橋本正章
第 66 回日本物理学会年次大会, 新潟大学 (新潟県新潟市), 3 月 25 日-28 日, 2011
- 九州大学で宇宙を学ぶ :
山岡均

第3回宇宙(天文)を学べる大学合同進学説明会, 大阪市立科学館, 2010年6月12日

- 突発天体に関して、わたしたちが今できること：
山岡均
第1回大学間連携中小口径望遠鏡ワークショップ, 京都大学, 2010年6月28日
- 七夕のおはなしと実際の星：
山岡均, 山岡朋子
全国同時七夕講演会, 福岡市別府公民館, 2010年7月7日
- 惑星たちの広がりを見てみよう：
山岡均
北九州市立児童文化科学館, 2010年7月25日
- 全天X線観測装置MAXIによる超新星爆発の検出率の見積もり：
島ノ江純, 山岡均
天文・天体物理若手の会夏の学校(愛知県豊橋市), 2010年8月2-5日
- 超新星出現前後の撮像画像の重ね合わせによる親星探索：
佐藤匡史, 山岡均
天文・天体物理若手の会夏の学校(愛知県豊橋市), 2010年8月2-5日
- 宇宙にも衝突はあるの？：
山岡均
もっと楽しむ宇宙の話 at プラネタリウム, 天文祭~STAR FESTIVAL 2010,
佐賀県立宇宙科学館ゆめざんが, 2010年8月21日
- MAXIによる新星爆発時X線閃光の探索：
島ノ江純, 三原建弘, 杉崎睦, 鈴木素子, 山岡均
日本天文学会2010年秋季年会, 金沢大学, 2010年9月22-24日
- 太陽系の広がりとお惑星探査機「はやぶさ」：
山岡均
国立夜須高原青少年自然の家, 2010年10月23日
- 大学は人です：
山岡均
「天文・宇宙が学べる大学」中国四国地区合同進学説明会2010, 広島市立こども文化科学館, 2010年11月28日

- Search for the prompt X-ray emissions at the ignition of Galactic classical novae:
J. Shimano, H. Yamaoka, T. Mihara, M. Sugizaki, and M. Serino,
The 4th international MAXI Workshop, Aoyama, Tokyo, Japan, Nov. 30 – Dec. 2, 2010.
- 新星・超新星の確認観測：
山岡均
第2回大学間連携中小口径望遠鏡ワークショップ, 国立天文台 (テレビ会議参加), 2011年2月16日
- MAXIによる古典新星の検出可能性について：
島ノ江純, 山岡均
日本天文学会 2011年春季年会, 筑波大学, 2011年3月16–19日 (みなし発表)
- HST アーカイブ画像を用いた超新星 2011jl の親星探索：
佐藤匡史, 山岡均
日本天文学会 2011年春季年会, 筑波大学, 2011年3月16–19日 (みなし発表)
- 銀河ガス円盤プラズマの3次元磁気流体数値実験：
町田真美
日本流体力学会 2010、北海道大学、2010年9月9日-11日
- 磁気圧優勢円盤に関する3次元磁気流体数値実験：
町田 真美、中村 賢仁 (九産大)、大須賀健 (国立天文台)、小田 寛、松元 亮治 (千葉大学)
日本天文学会 2010年秋季年会、金沢大学、2010年9月22日-24日
- 降着円盤磁気流体シミュレータの開発 (8) : 準周期振動と状態遷移への適用：
松元亮治、小川崇之、朝比奈雄太、小田 寛 (千葉大学)、町田真美 (九州大学)
日本天文学会 2010年秋季年会、金沢大学、2010年9月22日-24日
- 銀河中心に関する数値計算について：
町田 真美
ALMA-Subaru Workshop 2010 (宇宙・銀河・星・惑星・生命の誕生)、国立天文台、2010年9月29日-10月1日

- 磁気降着流の磁場構造とリコネクション：
町田 真美
ブラックホール磁気圏勉強会、大同大学、2011年2月28日-3月2日
- WMAP 全天偏光分布と銀河磁場との関係について：
森嶋隆裕、中村翔、服部誠(東北大理)、町田真美(九大理)、松元亮治(千葉大理)、小松英一郎(テキサス大オースティン校宇宙論センター)
日本天文学会 2011年春季年会、筑波大学 (地震のため中止)
- 降着円盤ダイナモの大局的3次元磁気流体数値実験：
松元亮治、小川崇之(千葉大学)、町田真美(九州大学)
日本天文学会 2011年春季年会、筑波大学 (地震のため中止)
- WMAP 全天偏光分布と銀河磁場との関係：
森嶋隆裕、中村翔、服部誠(東北大学)、小松英一郎(テキサス大オースティン校宇宙論センター)、町田真美(九州大学)、松元亮治(千葉大学)
日本物理学会第66回年次大会、新潟大学 (地震のため中止)

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

1. 基盤研究(C)
「QCD相転移と爆発的宇宙物理現象」 (H21-H23)
研究代表者: 橋本正章
2. 基盤研究(S)
「超新星の爆発機構とガンバ線バースト源エンジンの統一的解明」(H19-H23)
研究分担者: 橋本正章

《 文部省科学研究費補助金以外の外部資金 》

科学技術総合推進費補助金：女性研究者養成システム改革加速：
研究代表者：町田真美

他大学での研究と教育

野田常雄: 久留米工業高等専門学校で「応用物理II」の講義を行った。
野田常雄: 久留米工業大学で「物理学実験」の講義を行った。

山岡均：福岡大学にて「宇宙天体物理学」の集中講義を行った。

山岡均：静岡県立大学にて「天体物理学」の特別講義を行った。

佐藤匡史：九州産業大学工学部基礎教育サポートセンターに非常勤講師として勤務し、物理・数学の個別指導を行った。

島ノ江純：九州産業大学工学部基礎教育サポートセンターに非常勤講師として勤務し、物理・数学の個別指導を行った。

町田真美：茨城大学学生の卒業研究指導に携わった。

学部4年生卒業研究

池田幹生：Ia型超新星の光度-赤方偏移関係を用いた宇宙論パラメータの考察

末廣修平：レイリー・テイラー不安定性の線形解析と数値計算

廣池匠哉：MAXIによるブラックホール降着円盤の状態遷移の確認

武藤拓馬：Ia型超新星の光度-赤方偏移関係を用いた宇宙論パラメータの考察

修士論文

三股祥平：宇宙初期元素合成：標準ビッグバン元素合成と非一様モデルによる元素合成

辻本英之： 3α 核反応がX線バーストに与える影響

菊池之宏：大質量星におけるs-processに対する核反応率の不定性の影響

林祐輔：de Sitter時空における事象の地平面を隔てた量子相関の判定モデルの提案

博士論文

小野勝臣：(指導教員, 橋本正章)：Nucleosynthesis in a Massive Star Associated with Magnetohydrodynamical Jets from Collapsars

猿渡元彬：(指導教員, 橋本正章)：Effects of Neutrino Transport on the R-process Nucleosynthesis in the Supernova Explosion for a Helium Star of $3.3 M_{\odot}$

学外での学会活動

山岡均：日本天文学会天体発見賞選考委員 (-H22.12), 日本天文学会教育委員会委員 (H23.1-), 日本天文学会ジュニアセッション実行委員会委員長 (H23.1-), IAU commission 6 officer, 同 Vice President

受託研究・民間との共同研究

山岡均：IHI とのスペースデブリ捕捉に関する受託研究 (代表者：花田俊也 (工学研究院)) に分担者として参加

その他の活動と成果

- 九大・熊大合同セミナー：九州地区九重共同研修所において、大学院生主催の研究発表会を行った。2010年9月5日-7日
- I attended to the Women's international students speech contest organized by WFWP organization, Japan (E. P. B. A. Thushari)
- I presented Sri Lankan culture to the elementary school students in Fukuoka organized by Kokusai Hiroba (E. P. B. A. Thushari)
- I worked as a volunteer in Habitat United Nations Fukuoka (E. P. B. A. Thushari).
- 福岡県八女郡星野村の財団法人「星のふるさと」と協力して、星空案内人養成講座を2010年8-9月に実施した (主任講師：山岡)。
- 福岡市こども病院において2010年10月13日に観望会を実施した (山岡, 佐藤)。
- 福岡市内にてサイエンスパブを2回 (2010年7月, 11月) 開催した (実施委員：山岡, 島ノ江, 佐藤)。
- その他新聞・雑誌等で天文学解説を行なった (山岡)。

粒子物理学講座(原子核実験グループ)

研究室構成員

野呂哲夫 教授 相良建至 教授
若狭智嗣 准教授 寺西高 准教授
森川恒安 助教 藤田訓裕 助教
前田豊和 技術職員

《 大学院 博士課程 》

堂園昌伯 (-2010.9.) 黒坂翔 谷口雅彦 岩淵利恵

《 大学院 修士課程 》

池谷康佑 大場希美 岡本緑 穴戸拓郎
矢部達也 石橋和久 衛藤 晴彦 桑田薫法
田中淳平 田村隆志 松田沙矢香 山口祐幸

《 学部 卒業研究生 》

岩崎諒 木村駿太郎 工藤智子 田中翔基
三鼓達輝 山足麻耶

担当授業

力学基礎・同演習(野呂哲夫、相良建至、寺西高)、コアセミナー(若狭智嗣)、
電磁気学(相良建至)、熱と波動論基礎(森川恒安)、自然科学概論(寺西高)、
物理学 III: 物質の世界(相良建至) 自然科学総合実験(若狭智嗣、寺西高)
物理学最前線(寺西高)、力学(若狭智嗣) 電磁気学 I・同演習(相良建至)、
基礎物理実験学・同実験(野呂哲夫、相良建至)、
物理学実験(藤田訓裕、森川恒安、寺西高)、物理実験学(寺西高)、
実験核物理学(野呂哲夫)、物理学ゼミナール(若狭智嗣、野呂哲夫)、
原子核・高エネルギー実験学(野呂哲夫)

研究・教育目標と成果

$E_p=250\text{MeV}$ での $D(p,pp)n$ 断面積データ解析および実験 - 理論の不一致原因考察
(相良建至、黒坂翔、矢部達也、H. Witala (Jagellonian 大), 鎌田裕之(九州工大))

昨年度に $E_p=250\text{MeV}$ での $D(p,pp)n$ 断面積測定を阪大 RCNP で実施したが、今年度にデータ解析を慎重に行って最終データを確定し、Witala(九大に計6ヶ月滞在)-鎌田の Faddeev 計算と比較した。 $\theta_1 = 15^\circ$ 、 $\theta_2 = 35^\circ \sim 80^\circ$ 、 $\phi_{12} = 180^\circ$ では、断面積実験値は計算値の約 1.6 倍であった。差異は広い角度範囲で一様に起こっている事が我々の実験で判明した。

この差異は、相対論効果 + $\pi\pi 3\text{NF}$ では説明できない。 $\pi\pi 3\text{NF}$ を 5.8 倍強くすると実験が再現できるが、 $\pi\pi 3\text{NF}$ はエネルギーとともに強くなるとは言え、250MeV では 2 倍にもならない。「角度によらない 1.6 倍の差異」は、未発見の 3NF の効果だろうと考えられる。Witala と鎌田が $\pi\rho 3\text{NF}$ や $\rho\rho 3\text{NF}$ を入れた計算を進めているが、まだ時間がかかる。計算結果を待っている。

低エネルギー pd 分解反応における Star 異常と QFS 異常の検証 (相良建至、黒板翔、矢部達也、石橋和久、木村駿太郎、田中翔基)

これまで九大タンデムおよび RCNP 入射サイクロトロンを用いて、Star 条件と ppQFS 条件での断面積異常の測定を $E_p = 9.5\text{MeV}$, 13MeV ($E_d=26\text{MeV}$) で行い、系統的データを蓄積してきたが、九大データによれば、Star 異常は傾き角 θ が 90° (Space Star) 付近で起こる事を確認した。しかし、 $E_d=19\text{MeV}$ ($E_p=9.5\text{MeV}$) でのケルン大・データは $\theta = 120^\circ\text{-}180^\circ$ でも異様な異常を示しており、再実験で検証する必要がある。また $E_p=19\text{MeV}$ でのケルン大実験で報告されている ppQFS 断面積異常も検証の要があった。

$E_d=19\text{MeV}$ と $E_p=19\text{MeV}$ での実験を早期に、かつ一気に行うために、全国共同利用研の RCNP サイクロではなく、筑波大タンデムで行った。タンデムでは d と p のビーム切替は 1-2 時間でできるが、サイクロでは 1-2 日かかる。

実験結果は、① Star 異常は傾き角 θ が 90° (Space Star) 付近でのみ起こる、② ppQFS 異常はない、という予想通りであった。ケルン実験は偏極ビームで行なったのでデータ解析段階で誤ったものと思われる。①は Star 異常の解明に向けての大きな一歩である。②は ppQFS がどのエネルギーでも起こらないことを示唆する重要なデータである。①②を確定するために、九大タンデムでの系統的实验計画を立てた。次年度から実施する。

スピン観測の完全測定によるテンソル相関の研究 (若狭智嗣、岡本緑、堂園昌伯)

近年、不安定核を中心にユニークな有限量子多体系である原子核の構造に対するテンソル力の影響が精力的に研究されている。しかしながら、励起状態のようなダイナミクスに対してテンソル力がどのような効果を及ぼすかについての実験的知見は乏しい。我々は、巨大共鳴のようなコヒーレントな状態に対するテンソル相関を調べる為、ス

ピン双極子共鳴に対する研究を行った。スピン双極子共鳴は、軌道角運動量 $L = 1$ (通常の空間での振動) とスピン $S = 1$ (スピン空間での振動) が結合した状態で、そのスピン・パリティは $0^-, 1^-, 2^-$ の3つの状態がある。当グループが開発した高性能の中性子偏極度計 NPOL3 を用い偏極観測量の完全セットを測定することにより、共鳴状態に対して3つの状態を分離する事に世界で初めて成功した。その結果、テンソル相関の影響と考えられる、 1^- 強度のソフトニングと 2^- 強度のハードニングが観測され、コヒーレントな状態に対してもテンソル相関が重要な役割を果たすとの知見を得た。

($p, 2p$) 反応を用いての核分光 (野呂哲夫)

近年、不安定核原子核の分野で注目を浴びているテンソル力の働きに関連して、Ca 同位体での $1d_{3/2}$ 軌道と $1d_{5/2}$ 軌道の束縛エネルギー差を求めることを行っている。今年度はこのテーマを担当する大学院生がいなかったため、新たな実験は行わず、過去の実験データの再整理や確認を行った。励起エネルギースペクトル上で分散している強度を単純平均して得た両軌道のエネルギー差が過剰中性子数の単調減少関数になっていない原因として、より高励起状態に広がっている $1d_{3/2}$ 軌道の強度がどの程度連続状態部分に散逸しているかを調べることを、当面の目的である。また、より高度な理論計算の結果を入手し、テンソル効果を取り込んだ計算が、実験値の再現に重要であることを確認した。

天体ヘリウム - 炭素核融合反応速度の測定 (相良建至、寺西高、藤田訓裕、前田豊和、谷口雅彦、大場希美、山口裕幸、松田沙矢香、Theodora Maria Rosary、劉盛進)

今年度、天体核反応 $^{12}\text{C} + ^4\text{He} \rightarrow ^{16}\text{O} + \gamma$ 全断面積の $E_{cm} = 1.5$ MeV での測定に成功した。世界初である。我々は今後 0.7 MeV まで測定し、星での 0.3 MeV まで外挿するが、世界のトップを走ることになった。

今後の最大の課題は、バックグラウンド (BG) 低減である。BG を 2 ~ 3 桁も低減しなければならぬ。真空ダクト内壁、スリット、偏向板などでの 2 回散乱、3 回散乱を減らす事では達成できない。電場による偏向器をもう 1 台追加する案を検討したが、大掛かりになり実験室のスペースが少なく、相当な資金も要る。年度末から、ガスカウンターと SSD による ΔE -E カウンターの案を検討し始めた。5 ~ 2 MeV の低エネルギーの ^{12}C と ^{16}O を分離するには、20 Torr 程度の低いガス圧にし、入射窓も $1 \mu\text{m}$ 以下の厚さにする必要がある。世界初の薄い ΔE カウンターであるが、基礎テストを始めた。

3月に1ヶ月、韓国中央大から JY Moon(文) 博士が実験に参加した。

低エネルギー不安定核ビームによる不安定核の共鳴状態の研究 (寺西高)

安定線から離れた核種の 2 次ビームを用いて未知の共鳴準位を探索し、不安定核の構

造や不安定核が関与する天体核反応についての知見を得る。昨年度実施した ${}^9\text{Li}+d$ 反応実験の解析を進めた。 ${}^9\text{Li}+d$ ハロー・アナログ状態の共鳴エネルギーの理論予想値は 0.3 MeV 程度であるが、本実験による ${}^9\text{Li}+d$ 弾性散乱の励起関数のエネルギー下限値も、ノイズおよび標的厚による限界から $E_{cm} \sim 0.3$ MeV 程度であり、共鳴ピークを完全にカバーできていない可能性がある。実際、得られたスペクトルには、はっきりとした共鳴ピークは見られなかったが、低エネルギーにむかって断面積が増大しているようではあった。今後、 ${}^9\text{Li}(d,t)$ 等他の反応チャンネルのスペクトルもあわせて解析し、問題の共鳴の有無を検証する予定である。また、九大新施設および外部施設において新たな不安定核ビーム実験計画をいくつか検討しつつあり、今後これに関して準備・学生教育を進めて行く予定である。

加速器質量分析の開発と利用 (森川恒安、野呂哲夫、池谷康佑、衛藤晴彦、田中惇平、桑田薫法、山足摩耶)

九大タンデムで加速器質量分析システムの安定化と利用の拡大を目標として、イオン源、ビーム輸送系、検出器系の改良を行っている。

ビームトランスポートは、かなりルーチン的な設定が可能になったきた。それに伴って、 ${}^{14}\text{C}$ の数%レベルで ${}^{13}\text{C}$ らしきバックグラウンドが常時混入していることが判明し、検出器直前のディグレダを薄くすることによって、混入率を許容範囲にまで低下させた。

また、ビームトランスポートパラメータのモニタリングの整備を進め、光通信によって高電圧部にあるイオン源系パラメータの読み出しを可能にした。また、DAC を用いての一部パラメータの設定機能も組み込んだ。

さらに、より重い元素の AMS 測定実現に向けて、マルチアノードイオンチェンバーの試作・テストを行っており、昨年度の試作器を用いて実際の ${}^{12}\text{C}$ と ${}^{13}\text{C}$ の測定を行った。

発表論文

《原著論文》

High-precision (p,t) reaction to determine ${}^{25}\text{Al}(p,\gamma){}^{26}\text{Si}$ reaction rates

A. Matic, A.M. van den Berg, M.N. Harakeh, H.J. Wörtche, G.P.A. Berg, M. Couder, J. Görres, P. LeBlanc, S. O'Brien, M. Wiescher, K. Fujita, K. Hatanaka, Y. Sakemi, Y. Shimizu, Y. Tameshige, A. Tamii, M. Yosoi, T. Adachi, Y. Fujita, Y. Shimbara, H. Fujita, T. Wakasa, B.A. Brown, and H. Schatz

Phys. Rev. C **82**, 025807 (2010).

β -Decay Half-Lives of Very Neutron-Rich Kr to Tc Isotopes on the Boundary of the r-Process Path: An Indication of Fast r-Matter Flow:

S. Nishimura, Z. Li, H. Watanabe, K. Yoshinaga, T. Sumikama, T. Tachibana, K. Yamaguchi, M. Kurata-Nishimura, G. Lorusso, Y. Miyashita, A. Odahara, H. Baba, J.S. Berryman, N. Blasi, A. Bracco, F. Camera, J. Chiba, P. Doornenbal, S. Go, T. Hashimoto, S. Hayakawa, C. Hinke, E. Ideguchi, T. Isobe, Y. Ito, D.G. Jenkins, Y. Kawada, N. Kobayashi, Y. Kondo, R. Krucken, S. Kubono, T. Nakano, H. Sakurai, H. Scheit, K. Steiger, D. Steppenbeck, K. Sugimoto, H.J. Ong, S. Ota, Zs. Podolyak, S. Takano, A. Takashima, K. Tajiri, T. Teranishi, Y. Wakabayashi, P.M. Walker, O. Wieland, H. Yamaguchi

Phys. Rev. Lett. **106** (2011) 052502-1–5.

Experimental Investigations of Discrepancies in Three-Nucleon Reactions

Kenshi Sagara

Few-Body Systems **48** (2010) 59-108.

Low-lying level structure of the neutron-rich nucleus ^{109}Nb : A possible oblate-shape isomer:

H. Watanabe, T. Sumikama, S. Nishimura, K. Yoshinaga, Z. Li, Y. Miyashita, K. Yamaguchi, H. Baba, J.S. Berryman, N. Blasi, A. Bracco, F. Camera, J. Chiba, P. Doornenbal, S. Go, T. Hashimoto, S. Hayakawa, C. Hinke, E. Ideguchi, T. Isobe, Y. Ito, D. G. Jenkins, Y. Kawada, N. Kobayashi, Y. Kondo, R. Krucken, S. Kubono, G. Lorusso, T. Nakano, M. Kurata-Nishimura, A. Odahara, H.J. Ong, S. Ota, Zs. Podolyak, H. Sakurai, H. Scheit, Y. Shi, K. Steiger, D. Steppenbeck, K. Sugimoto, K. Tajiri, S. Takano, A. Takashima, T. Teranishi, Y. Wakabayashi, P.M. Walker, O. Wieland, F.R. Xu, H. Yamaguchi

Physics Letters **B696** (2011) 186–190.

α resonance structure in ^{11}B studied via resonant scattering of $^7\text{Li}+\alpha$:

H. Yamaguchi, T. Hashimoto, S. Hayakawa, D.N. Binh, D. Kahl, S. Kubono, Y. Wakabayashi, T. Kawabata, and T. Teranishi

Phys. Rev. C **83** (2011) 034306-1–10.

Spectroscopic factors and strength distributions for the deeply bound orbitals in ^{40}Ca obtained from the $(\vec{p}, 2p)$ reaction at 392 MeV

Y. Yasuda, H. Sakaguchi, S. Asaji, K. Fujita, Y. Hagihara, K. Hatanaka, T. Ishida, M. Itoh, T. Kawabata, S. Kishi, T. Noro, Y. Sakemi, Y. Shimizu, H. Takeda, Y. Tameshige, S. Terashima, M. Uchida, T. Wakasa, T. Yonemura, H.P. Yoshida, M. Yosoi, and J. Zenihiro
Phys. Rev. C **81**, 044315 (2010).

《Proceedings》

Systematic measurement of pd breakup cross section at quasi-free scattering

Y. Eguchi, K. Sagara, S. Kuroita, K. Yashima, T. Shishido, T. Yabe and S. Ishikawa
Proc. of FB19 (Bonn, Sept. 2009), EPJ Web of Conferences 3, 04007 (2010).

Recent experiments on three-nucleon systems and problems to be solved

K. Sagara

Proc. of FB19 (Bonn, Sept. 2009), EPJ Web of Conferences 3, 05002 (2010)

Measurement of $2\text{H}(p,pp)n$ cross section at $E_p = 250$ MeV

S. Kuroita, K. Sagara, Y. Eguchi, K. Yashima, T. Yabe, T. Shishido, M. Dozono, Y. Yamada, T. Wakasa, T. Noro, H. Matsubara, J. Zenihiro, A. Tamii, K. Hatanaka, T. Saito, Y. Maeda, H. Kamada and Y. Tameshige
Proc. of FB19 (Bonn, Sept. 2009), EPJ Web of Conferences 3, 05022 (2010)

講演

《海外での講演》

Discrepancy of Cross Sections in pd Breakup Reactions at $E_p = 250$ MeV

S. Kuroita, K. Sagara, Y. Eguchi, K. Yashima, T. Shishido, T. Yabe, M. Dozono, Y. Yamada, T. Wakasa, T. Noro, H. Matsubara, J. Zenihiro, A. Tamii, H. Okamura, K. Hatanaka, T. Saito, Y. Maeda, H. Kamada, and Y. Tameshige
21st European Conf. on Few-Body Problems in Physics (EFB21), Salamanca, 2010.8.30 - 9.03.

Study of single-particle properties and in-medium interactions by using (p, pN) reactions:

T. Noro

ECT* Workshop on reactions and nucleon properties in rare isotopes, Apr. 2010, Trento, Italy.

Direct measurement of ${}^4\text{He}+{}^{12}\text{C}$ fusion cross section at $E_{cm} = 1.5$ MeV at KUTL

K. Sagara, K. Fujita, T. Teranishi, M. Taniguchi, N. Oba, T. Goto, R. Iwabuchi, S. Matsuda, and H. Yamaguchi

International Nuclear Physics Conference 2010 (INPC2010), Vancouver, 2010.7.04-7.09.

Systematic Measurement of Star Anomaly in pd Breakup Reaction

K. Sagara, T. Yabe, K. Yashima, Y. Eguchi, T. Sueta, H. Shimoda, S. Kuroita and Y. Maeda

International Nuclear Physics Conference 2010 (INPC2010), Vancouver, 2010.7.04-7.09.

Experimental Study of Space Star Anomaly in pd Breakup around 10MeV/A

T. Yabe, K. Sagara, S. Kuroita, K. Ishibashi, T. Tamura, Y. Eguchi, K. Yashima, T. Sueta, H. Shimoda, and Y. Maeda

21st European Conf. on Few-Body Problems in Physics (EFB21), Salamanca, 2010.8.30 - 9.03.

Direct Measurement of ${}^{12}\text{C}+{}^4\text{He}$ Fusion Cross Section near Stellar Energy K. Sagara,

K. Fujita, T. Teranishi, M. Taniguchi, N. Oba, H. Yamaguchi, and S. Matsuda 21st European Conf. on Few-Body Problems in Physics (EFB21), Salamanca, 2010.8.30 - 9.03.

Pionic and Tensor Correlations on Spin and Isospin Responses:

T. Wakasa

ECT* Workshop on Reactions and Nucleon Properties in Rare Isotopes, April 2010, Trento, Italy.

《 国内での講演 》

Spin-Dipole Resonances in ${}^{12}\text{N}$ and ${}^{16}\text{F}$:

T. Wakasa

Symposium on Physics Perspective at RIBF, February 2010, Saitama, Japan.

Isobaric analog states of neutron-rich nuclei:

T. Teranishi

The Symposium of 25th Anniversary of the Discovery of Halo Nuclei (Halo2010),
December 7, 2010, Hayama, Kanagawa.

Proton resonance elastic scattering on light unstable nuclei:

T. Teranishi

French-Japanese Symposium on Nuclear Structure Problems (LIA Symposium 2011),
January 8, 2011, RIKEN, Wako, Saitama.

軽い中性子 (陽子) ドリップライン近傍核の陽子弾性散乱,
寺西高

RIBF ミニワークショップ「逆運動学共鳴弾性散乱を用いた実験の展開」,
2010年12月17日, 理化学研究所, 埼玉県和光市.

$^{208}\text{Pb}(p, n)$ 反応の全偏極移行量測定による ^{208}Bi のスピン双極子状態の研究:

岡本緑

第116回日本物理学会九州支部例会.

pd 分解反応における Star 異常のエネルギーおよび角度依存性

矢部達也

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会、福岡国際会議場、2010.8.20.-8.21.

短距離型 3 核子力探索のための $E_p = 250$ MeV での pd 分解反応微分断面積測定

黒板翔

「少数粒子系物理の現状と今後の展望」研究会、福岡国際会議場、2010.8.20.-8.21.

タンデム加速器の加速減速強集束運転法

Maria Theodora Rosary, 相良建至, 寺西高, 藤田訓裕, 谷口雅彦, 大場希美, 松田沙矢香, 山口祐幸

第116回日本物理学界九州支部例会、長崎大学 2010年12月

天体核実験用の窓無なしガス標的とガス循環系の開発

松田沙矢香, 相良建至, 寺西高, 藤田訓裕 A, 谷口雅彦, 岩淵利恵, 大場希美, 山口祐幸

第116回日本物理学界九州支部例会、長崎大学 2010年12月

$E_{cm} = 1.5$ MeV での $^4\text{He} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{16}\text{O} + \gamma$ 天体核反応測定 ~ BG 除去 ~

山口祐幸, 相良建至, 寺西高, 藤田訓裕, 谷口雅彦, 岩淵利恵, 大場希美, 松田沙矢香
第 116 回日本物理学界九州支部例会、長崎大学 2010 年 12 月

$2\text{H}(p,pp)n$ 反応における QFS anomaly の検証
田村隆志、相良建至、黒板翔、矢部達也、石橋和久
第 116 回日本物理学界九州支部例会、長崎大学 2010 年 12 月

3 核子分解反応における Star-Anomaly の実験的検証
石橋和久, 相良建至, 黒板翔, 矢部達也, 田村隆志
第 116 回日本物理学界九州支部例会、長崎大学 2010 年 12 月

$E_{cm} = 1.5 \text{ MeV}$ での ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O})\gamma$ 反応全断面積の直接測定
山口祐幸, 相良建至, 寺西高, 藤田訓裕, 谷口雅彦, 大場希美, 松田沙矢香
日本物理学会 第 66 回年次大会 (新潟大学 2011 年 3 月)

$E_{cm} = 1.15 \text{ MeV}$ における ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O})\gamma$ 反応全断面積測定の現状
相良建至, 藤田訓裕, 寺西高, 谷口雅彦, 大場希美, 山口裕幸, 松田沙矢香, Maria T. Rosary, 劉盛進
日本物理学会 第 66 回年次大会 (新潟大学 2011 年 3 月)

3 核子分解反応における Star 異常と QFS 異常の検証実験
石橋和久, 相良建至, 黒板翔, 矢部達也, 田村隆志, 岡本緑, 前田幸重, 小松原哲郎, 田岸義宏, 小沢顕, 伊藤由太, 石橋陽子, 大石寛人, 横山和幸, 阿部康志, 福岡翔太, 中村聡佑, 奥村公威
日本物理学会 第 66 回年次大会 (新潟大学 2011 年 3 月)

外部資金

《文部省科学研究費補助金》
基盤研究(B)「天体における炭素 - ヘリウム核融合反応断面積の直接測定」
研究代表者 相良建至 H20-H22 (H22 年度 4,100 千円)

基盤研究(C)「低エネルギー不安定核反応による 2 核子相関の研究」
(寺西高 2009 ~ 2011 年度)

《 文部省科学研究費補助金以外の外部資金 》

倉田奨励金：原子核内での2核子散乱のスピンの測定によるカイラル凝縮機構の研究
研究代表者：若狭智嗣

日本学術振興会特別研究員等及び共同研究の採択 (学外からの受け入れを含む)

黒板 翔 DC2 (2009-) 「短距離型3核子力の探索と3核子系異常現象の解明」

他大学での研究と教育

野呂哲夫：特別講義 東京大学大学院理学研究科 2010.12.13-15.

「核子準弾性散乱で探る原子核」

学部4年生卒業研究

- (1) 岩崎 諒：(指導教員、相良建至)
天体核反応断面積測定のためのLTC電極板の改良とその検証
- (2) 木村駿太郎：(指導教員、相良建至)
 $E_p=13\text{MeV}$ におけるpd Star反応前方断面積の測定 I
- (3) 工藤智子：(指導教員、野呂哲夫)
単色線源用スペクトロメータの設計
- (4) 田中翔基 (指導教員、相良建至)
 $E_p=13\text{MeV}$ におけるpd Star反応前方断面積の測定 II
- (5) 三鼓達輝：(指導教員、相良建至)
天体核反応実験のための検出粒子荷電分布測定
- (6) 山足摩耶：(指導教員、森川恒安・野呂哲夫)
加速器質量分析用イオンチェンバーのテスト

修士論文

- 岡本緑：(指導教員、若狭智嗣)
 $^{208}\text{Pb}(\vec{p}, \vec{n})^{208}\text{Bi}$ のスピンドル状態におけるテンソル相関の研究
- 大場希美 (指導教員、相良建至)
KUTLにおける $E_{cm} = 1.5\text{ MeV}$ でのC+核融合反応率測定
- 矢部達也(指導教員、相良建至)
pd分解反応におけるStar異常発生条件とQFS異常の研究

博士論文

堂園昌伯：(指導教員、若狭智嗣)

Polarization transfer measurements for $^{12}\text{C}(\vec{p}, \vec{n})^{12}\text{N}(\text{g.s.}, 1^+)$ at 296 MeV and nuclear correlation effects

黒板 翔：(指導教員、相良建至)

Study of three-nucleon forces and relativistic effects in pd breakup reaction at 247 MeV

学外での学会活動

野呂哲夫：核物理委員会委員、大阪大学核物理研究センター運営委員会委員

J-PARC 放射線安全委員会委員

東大 CNS-理研 核物理研究計画助言委員会 (NP-PAC) 委員 (~ 2010.12.)

東京大学-理化学研究所 EFES プログラム運営委員会外部委員

日本物理学会プログラム委員 (~ 2010.9)、同領域副代表 (2010.10 ~)

相良建至：20th International Conference on Few-Body Problems in Physics (FB20)

組織委員会委員長

Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics (APFB) 国際助言委員

KEK 短寿命核分離加速実験装置共同利用実験 審査委員会委員

若狭智嗣：大阪大学核物理研究センター研究計画検討専門委員会委員

寺西高：理化学研究所 RI ビームファクトリー (RIBF) ユーザーグループ執行委員会 (UEC) 委員

その他の活動と成果

体験入学・実験「物質を透過する粒子線」2011年3月31日(寺西高)

体験入学・実験「身の回りの放射能体験」2011年3月31日(藤田訓裕)

物性理論研究室

研究室構成員

吉森明 准教授

松井淳 助教

《 大学院 博士課程 》

浴本亨 水口朋子 末松安由美 (休学)

《 大学院 修士課程 》

植松勇一郎 才木将史 野口慎平 中村有花

稲吉裕子 (休学)

《 学部 卒業研究生 》

原諒平 松本幸介 山田一雄

担当授業

統計力学 II(吉森明)、統計力学補習 (吉森明)、非平衡物理学 (吉森明)、力学基礎 (吉森明)、力学基礎同演習 (松井淳)、統計力学 I 同演習 (松井淳)

研究・教育目標と成果

[I] 非平衡系・複雑系を中心とした物性理論 (松井淳、吉森明)

1. 過冷却液体、ガラス転移の数値的、理論的研究

(a) 1成分ガラス形成系の結晶化メカニズム (水口朋子)

原子の実空間における構造変化を分子動力学シミュレーションを用いて解析し、高温と低温での結晶化過程の違いを明らかにした。また、結晶化およびガラス化の両方において、周囲との協調的な原子運動が顕著になっていることを示した。

(b) CRR 内の活性化自由エネルギーの分布 (浴本亨、吉森明)

自由エネルギーランドスケープ描像に基づいて、構造緩和が起こるときの協調再配置領域 (CRR) 内の活性化自由エネルギーの分布を、1 粒子あたりの活性化自由エネルギーという概念を定義して明らか

にした。剛体球ガラスに密度汎関数理論を応用し、1粒子あたりの活性化自由エネルギーを定義した。多くの密度で活性化自由エネルギーは特徴的な分布を持つ事が分かった。

(c) 3次元単成分液体のガラス転移 (才木将史、松井淳)

低圧力下で結晶化が回避されガラス化することを分子動力学シミュレーションにより見いだした。粒子が20個程度の範囲の局所的なポテンシャルエネルギーは、ガラス状態の方が結晶よりも低いいため、ガラスの局所構造が安定であることがわかった。

(d) レナード・ジョーンズ・ガウス系の平均二乗変位の研究 (松本幸介、松井淳) : 平均二乗変位のプラトーをさまざまなポテンシャルパラメーターについて、分子動力学シミュレーションにより計算した。

(e) 配置エントロピーと比熱の関係 (吉森明)

配置エントロピーの妥当な定義を平衡系の統計力学の枠内で行き、実験で測定できる比熱との関係を明らかにした。これまで広く信じられていた比熱から配置エントロピーが求められることが、必ずしも厳密でないことを示し、その差が過冷却液体の構造を反映することを明らかにした。

(f) ジャンプ待ち時間分布の対数発散 (松井淳)

液体中の分子運動のうち構造緩和に寄与するジャンプ拡散を抽出し、それらの待ち時間分布を求めた。分子動力学シミュレーション結果は、ガラス転移温度以上ではおおよそポアソン分布、転移点では -2 のべきをもつロングテイルを示した。

2. Harada-Sasa 公式のフォッカー・プランク方程式を用いた導出 (山田一雄、吉森明)

Harada-Sasa 公式はランジュバン方程式で記述できる系が非平衡定常状態に置かれている時に成り立つ恒等式として知られている。フォッカー・プランク方程式を使った簡単なやり方でこの公式を導いた。この導出には様々な系に応用できるという利点がある。次に、Under-damped から極限をとることで Over-damped での Harada-Sasa 公式を導出した。

[II] 化学物理の理論的研究 (吉森明)

1. 大きな粒子が2成分溶媒系から受ける抵抗の研究 (中村有花、吉森明)

大きな粒子が2成分溶媒中を並進運動するとき周りの溶媒から受ける抵抗の計算方法の開発を行った。溶質周りの溶媒粒子の分布関数から抵

抗を求めることが出来る。この方法を使い、溶質・溶媒粒子共に剛体球としたときの計算を行った。その結果、2成分溶媒の混合比や粒子の大きさの違いによって大きく抵抗が変わることが分かった。

2. 穴中の粒子の平衡状態とダイナミックスの研究 (原諒平、吉森明)
シリンダー状の形をした GroEL は GroEL の中に変性したタンパク質をいれ、変性したタンパク質を修復する。GroEL の中に変性したタンパク質に入るダイナミックスについて、フォッカー・プランク方程式を用いた理論の定式化を行った。
3. 熱力学摂動論と密度汎関数理論を使った固液相転移の研究 (末松安由美、吉森明)
昨年度、研究した成果を論文にまとめた。与えられた粒子間ポテンシャルに対し、固液相転移の転移温度、転移圧力、共存相の密度など定量的に求める理論を検討した。粒子間ポテンシャルの斥力部分に MWDA、引力部分は摂動的に扱う理論を、レナード・ジョーンズ・ポテンシャル系に応用し、その有効性を明らかにした。
4. イオンまわりの溶媒の配向緩和 (植松勇一郎、吉森明)
極性溶媒中のイオンの様に溶媒と強く相互作用する溶質のまわりの溶媒の配向緩和が、相互作用によりどう影響を受けるかを動的密度汎関数法で明らかにした。直接相関関数は MSA を使い、HNC 近似のレベルで計算した。その結果、緩和時間の空間分布は、溶媒の並進緩和に大きく影響を受けることが分かった。また、この方法により、アクチンのようなタンパク質のまわりで見ついているハイパーモバイル水の理論的な研究へ道筋が明らかになった。
5. 動的密度汎関数理論の分子液体への拡張 (吉森明)
相互作用点表示に対して定式化を行った。2原子分子と3原子分子に対してあらわな表式を明らかにした。

[III] 社会物理学の理論的研究 (松井淳、吉森明)

1. 自己平均性の破れと壺モデル (野口慎平、吉森明)
昨年度研究した成果を学会発表した。壺モデルについて連続近似を開発し、それが厳密に解けることを明らかにした。その解を使って、つぼモデルの線形応答を調べ、応答関数を明らかにした。

《原著論文》

”Studies of liquid-solid transitions using a thermodynamic perturbation method with modified weighted density approximation”:

Ayumi Suematsu, Akira Yoshimori, Takashi Odagaki,

Journal of the Physical Society of Japan, **Vol. 80** 025001 (2011).

”Time Dependent Density Functional Theory Formulated by the Interaction-Site model”:

Akira Yoshimori,

Journal of the Physical Society of Japan, **Vol. 80** 034801 (2011).

”Configurational Entropy and Heat Capacity in Supercooled Liquids”:

Akira Yoshimori and Takashi Odagaki,

Journal of the Physical Society of Japan, **Vol. 80** 034801 (2011).

”Self organization of social hierarchy and clusters in a challenging society with free random walks”:

R. Fujie and T. Odagaki,

Physica A **389** (2010) pp. 1471-1479

”Effects of network structure on associative memory”:

H. Oshima and T. Odagaki,

in *Modeling Perception With Artificial Neural Networks*, eds. C. R. Tosh and G. D. Ruxton (Cambridge University Press, UK,2010) pp.134-148

”Dynamics of particle flips in two-dimensional quasicrystals”:

Michael Engel, Masahiro Umezaki, Hans-Rainer Trebin, and T. Odagaki,

Phys. Rev. B **82** (2010) 134206

講演

《海外での講演》

Dynamics of crystallization, quasicrystallization and vitrification in a two dimensional monatomic system:

Tomoko Mizuguchi, Takashi Odagaki,
Statphys24, Cairns, Australia 2010.7/19-23

Vitrification of a monatomic simple liquid in two dimensions:
Takashi Odagaki, Tomoko Mizuguchi,
APS March Meeting 2011, Dallas, USA 2011.3/21-25

《 国内での講演 》

イオン周りの溶媒の速い回転緩和:

植松勇一郎、吉森明:

日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学 2010.9/23-26

壺モデルにおける自己平均性の破れと線形応答:

野口慎平, 吉森明, 小田垣孝, 松井淳:

日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学 2010.9/23-26

荷電剛体球系の固液相転移:

吉留崇, 吉森明:

日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学 2010.9/23-26

自由エネルギーランドスケープ描像に基づいた剛体球系の緩和時間:

浴本亨, 吉森明, 吉留崇, 小田垣孝:

日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学 2010.9/23-26

2次元単成分系における結晶化、準結晶化、ガラス化のダイナミクス:

水口朋子、小田垣孝:

日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学 2010.9/23-26

3次元単成分系モデルのガラス転移:

才木将史, 松井淳:

日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学 2010.9/23-26

ガラス転移近傍における原子ジャンプ拡散の待ち時間分布と平均待ち時間の対数発散:

松井淳:

日本物理学会 2010 年秋季大会、大阪府立大学 2010.9/23-26

イオン周りの溶媒の回転緩和:

植松 勇一郎、吉森 明

第 33 回溶液化学シンポジウム、京都大学 (2010.11 月 16-18 日)

2 次元単成分系におけるガラス化と結晶化の動的性質:

水口朋子、小田垣孝:

東京大学物性研究所短期研究会「ガラス物理の諸問題ー実験と理論の接点ー」東京大学物性研究所 2010.11/29-12/1

溶質の作る不均一場が溶媒の回転緩和に与える影響:

植松 勇一郎、吉森 明:

第 116 回日本物理学会九州支部例会、長崎大学 (2010 年 12 月 4 日)

3 次元単成分系のガラス転移:

才木将史、松井淳:

第 116 回日本物理学会九州支部例会、長崎大学 (2010 年 12 月 4 日)

壺モデルでの線形応答におけるサンプル依存性:

野口慎平、吉森明、小田垣孝:

第 116 回日本物理学会九州支部例会、長崎大学 (2010 年 12 月 4 日)

1 成分単純液体のガラス化:

水口朋子:

第 16 回鳩山サイエンスフォーラム、東京電機大学 2010.11/11

大きな粒子が多成分溶媒系から受ける抵抗の理論:

中村有花、吉森明、秋山良:

日本物理学会第 66 回年次大会 (2010 年中止)

ガラスでの協同運動領域の実セルサイズ依存:

村中正、松井淳、樋渡保秋:

日本物理学会第 66 回年次大会 (2010 年中止)

Rotational Relaxation of Solvent Molecules around an ion: Spatial Distribution of

Relaxation Time:

「イオンまわりの溶媒分子の配向緩和: 緩和定数の空間分布」

Yuichiro Uematsu, Akira Yoshimori: Workshop on "Hydration and ATP Energy" 仙台、2011 中止

Co-solvent effects on friction of a macromolecule immersed in a solution:

「溶液中の高分子の並進運動に対する共溶媒の効果」

Yuka Nakamura, Akira Yoshimori, Ryo Akiyama:

Workshop on "Hydration and ATP Energy" 仙台、2011 中止

Effects of competitive cost on self organization of social hierarchy:

Ryo Fujie and Takashi Odagaki,

The 1st International Symposium on Innovative Mathematical Modelling,

ISIMM 2011 best poster award, silver prize

Tokyo, Japan (February 28 - March 2, 2011)

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

1. 基盤研究 (C) “大きな疎水性物質の拡散” (研究代表者: 吉森明) (継続)
2. 新学術領域研究 (計画) 「水を主役とした ATP エネルギー変換」 “溶質分子が作り出す水の状態変化と水からの反作用” (研究代表者: 秋山良) (継続)

学部 4 年生卒業研究

原諒平: (指導教員、吉森明): シリンダー状の剛体の中の粒子のダイナミックス

松本幸介: (指導教員、松井淳): レナード・ジョーンズ・ガウス系の平均二乗変位の研究

山田一雄: (指導教員、吉森明): フォッカー・プランク方程式を使った Harada-Sasa 公式の導出

修士論文

植松勇一郎: (指導教員、吉森明): 分子液体の配向緩和に対するイオンの影響

才木将史: (指導教員、松井淳): 分子動力学法による三次元単成分単純液体のガラス転移の研究

博士論文

水口朋子: (指導教員: 吉森明): Glass Transition and Crystallization of a Simple Monatomic Liquid

浴本亨: (指導教員: 吉森明): Theoretical study of dynamics for glass forming materials on the basis of the free energy landscape picture

その他の活動と成果

1. 開学記念行事「分子をつくる」「相対論シミュレーター」出展
2. オープンキャンパス
3. 高校生体験入学「ゴムを伸ばすと、なぜあたたかくなるの?」実習

統計物理学 研究室

研究室構成員

中西 秀 教授

野村 清英 准教授

坂上 貴洋 助教

《 博士研究員 》

齋藤 拓也 中島 千尋

《 大学院 博士課程 》

近藤 洋一郎

《 大学院 修士課程 》

北岸 宏之 輿石 健二 西野遼太 森本 圭一

蓬田 光樹 雪山 裕貴

《 学部 卒業研究生 》

吉田 裕貴

担当授業

中西： コアセミナー（全学）、物理学最前線、量子力学I補修
統計物理学I、相転移の統計力学

野村： 力学基礎・同演習（全学）、コアセミナー（全学）
量子統計物理学（大学院）

坂上： 量子力学I演習、物理学基礎演習

研究・教育目標と成果

1. ずり粘化流体の振動現象（中西）：濃厚な粉体-流体混合媒質が示す急激なずり粘化を現象論的に記述する流体力学モデルの振る舞いを、解析的および数値的に調べた。その結果、単純剪断流や斜面流で一様流が不安定化しずり粘化振動をすることが分かった。（御手洗（NBI）、永弘（仙台高専）との共同研究）
2. 方言の伝播モデル（中西）：日本語の方言伝播については、柳田國男の方言圏論として、文化中心で生成された新しい言葉が次々と約1km/yearの一

定速度で周辺に伝播してゆくことが知られている。同じものを表す新しい言葉と古い言葉が競合したとき、新しい言葉が優勢になるのである。我々は、この新しい情報の持つ優位性をランダムな拡散に加えることによって、方言の一定速度の伝播をモデル化することができることを示した。更に、このモデルの結果を全国的な調査がなされている罵り言葉の分布を比較することにより、30km 程度を単位に方言が伝播するとすると、シミュレーションの結果とフィールドデータが整合することを示した。(NBI の Lizana、御手洗、Sneppen との共同研究)

3. 遺伝子発現調節機構の確率論モデル(西野、坂上、中西): 混合フィードバックループ (Mixed Feedback Loop, MFL) と呼ばれている単純な遺伝子発現スイッチの振動状態について、分子揺らぎの影響を調べた。遺伝子発現のネットワークでは、細胞内に遺伝子は一分子しかないために、分子揺らぎの影響を受けやすいが、mRNA やたんぱく質の分子数が十分多くなると分子揺らぎの影響は小さくなると信じられてきた。しかし、MFL のあるパラメタ領域では、たんぱく質の分子数をいくら多くしても振動周期の分布の幅が一定にとどまり、分子揺らぎの影響を小さくできない場合があることを示した。
4. 生物モデル及び位相モデルによる概日リズムの日照応答(森本、坂上、中西): 生物の 24 時間周期の概日リズムにおける外部刺激に対する引き込み現象の解析を行なった。複数の生物種の概日リズムモデル系および位相変数のみで記述した概日リズムモデル系を用い、明暗比および外力強度に注目して外部刺激を変化させた場合にどのように周期や位相の引き込み領域が変わるかを、計算機シミュレーションによって調べた。その結果、短日弱日照および長日強日照領域では引き込みが起こらないこと、および位相モデルでの記述が多変数モデルの記述とよく一致する場合とそうでない場合があることが分かった。(郡(お茶の水大学)との共同研究)
5. 粉体斜面流における非弾性コラプス(北岸、坂上、中西): 粉体斜面流における非弾性コラプスを調べるために、床から励起した次元系のシミュレーションを行った。反発係数を一定に保ったまま弾性定数を大きくしていったときに振る舞いを調べることにより、反発係数に 3 つの領域があることが分かった。即ち、単位時間あたりの粒子間衝突回数が (i) 有限の極限に収束する領域、(ii) 対数発散する領域、(iii) べき発散する領域が見出された。
6. ゲル中の DNA の振動電場による伸長(雪山、坂上、中西): ゲル内部に埋め込まれた DNA に振動電場をかけると、外場がなければエントロピーの制約

によって小さな領域にまとまっている DNA が、電場に平行な方向に伸長する現象が確認されている。本研究はこの現象について計算機実験を用いて調べる予定で、文献調査及びシミュレーションコードの開発を行った。

7. 固体表面に吸着された環状高分子 (蓬田、坂上、中西): 最近、固体表面上に吸着された環状 DNA の形状の観察などが実験的に行われるようになり、線形高分子に対して環状高分子がどのように異なるのか或いは同じように振る舞うのか興味を持たれている。本研究では、2次元環状高分子の統計力学を計算機シミュレーションによって調べることを目的とし予備的な数値計算を行った。その結果、慣性半径および緩和時間の重合度 N 依存性のスケール指数について、線形鎖および環状鎖ともにそれぞれ 0.75 および 2.5 と、従来の結果が得られることを確かめた。さらに、環状高分子のボンド相関関数を求めた。
8. フラストレートした $S=1$ 反強磁性鎖の磁化プラトー (野村): フラストレートした $S=1$ 反強磁性鎖の磁化過程について調べた。特に、飽和磁化の半分の磁化では磁化プラトーが現れることがある。この問題についてパラメータを変化させると磁化プラトーのない領域から Berezinskii-Kosterlitz-Thouless (BKT) 転移で磁化プラトーが生じる。これについてレベルスペクトロスコピーと、DMRG で調べた (利根川 (福井工大), 中野 (兵庫大), 坂井 (Spring-8), 岡本 (東工大), 奥西 (新潟大) との共同研究)
9. 変形 $S=1$ BLBQ 鎖における相転移 (野村、奥石): 変形 $S=1$ BLBQ 鎖では、パラメータ空間の一部で厳密解が得られているが全体像は不明確な点があった。このモデルについて、Haldane 相での整合-非整合遷移について研究した。また、量子相転移について、 $SU(3)$ 対称性との関連を考察し、triplet-quintet 励起の level-crossing が BKT 的相転移境界に当たることを見出し、セントラルチャージ c を数値的に計算して $c = 2$ となることから予想を裏付けた。
10. 異方的 $S=2$ 反強磁性量子スピン鎖の基底状態 (野村): $S=2$ 反強磁性 XXZ 鎖に 1 イオン異方性を加えたモデルについて研究したレベルスペクトロスコピーを用い BKT 転移の起きる境界を調べた。またひねり境界条件法を用い Gaussian 転移線 (2次相転移) を調べた。その結果、いわゆる Haldane 相と Large-D 相は ($S=1$ の場合と異なり) つながっており、中間に intermediate-D 相が現れることが分かった。また、Neel 相との境界について考察し、2次転

移から 1 次転移に移行することを予想した。(利根川(神戸大), 岡本(東工大), 中野(兵庫大), 坂井(Spring-8), 鍋木(神戸大)との共同研究)

11. 濃厚環状鎖溶液の統計力学(坂上): 環状鎖の濃厚溶液は、紐が互いにすり抜けられないというトポロジー的拘束が極めて顕著に現れる系である。近年、この系のトポロジー拘束効果と核内の染色体高次構造の関連が指摘され、また、技術の進展により、実用的な方面からの関心も高まりつつある。この問題に対し、トポロジーの保存に起因する制約を実効的な排除体積効果として取り扱い、濃厚環状鎖溶液の統計的性質を記述する理論的枠組みを構築した。
12. 擦れた紐状分子の巻きつき(坂上): ある種のトポロジカル拘束下で紐を擦っていくと、擦れのストレスを解消するために、超螺旋構造が形成される。このような紐が、コア粒子に巻きつく場合の非自明な挙動を、分子動力学法で調べた。特に興味深い結果として、(i) 擦れ誘起の wrapping-unwrapping の転移の存在、(ii) 擦れのストレスと巻きつきによるエネルギー的安定化との競合により、互いに逆符号を持った超螺旋がペアになった巻きつきかた (antagonistic wrapping) が実現することを明らかにし、これらを説明する理論モデルを提唱した。(樋口(京都大)との共同研究)
13. 分子機械の形態変化サイクルによる自己推進(坂上): 酵素活性を持つ生体分子機械は、リガンド分子から生成物への反応を触媒する過程で、形態変化のサイクルを行う。この形態変化の動的サイクルは、一般に、行きと帰りの経路が異なり (non-reciprocal cycle)、そのため、周りの溶媒を媒介した流体力学的効果により、分子機械は、形態変化のサイクルを通して推進力を得ることが出来る。形態変化が微小の場合には、線形応答理論から、推進効果は指数関数的に弱くなることを示し、この点と、変形が大きくなった時の非線形効果について、簡単なモデルで検証した。(Mikhailov(FHI), Kapral(Univ. Toronto)との共同研究)
14. プロタミン-DNA 複合体における塩濃度の効果(坂上): 多くの脊椎動物の精核において、長鎖 DNA はプロタミンという塩基性のタンパク質と複合体を形成し、高度に折り畳まれており、この収容様式は、精子形成の過程に重要であるとされる。静電相互作用に支配されるプロタミン-DNA 複合体形成は、溶液中の低分子イオンの塩濃度の影響を強く受ける。粗視化モデルを用いた数値シミュレーションにより、塩濃度の非単調な効果(折り畳みの促進と突然のアンフォールディング)を示し、一分子観測実験との半定量的な一致を得た。このような振る舞いは、プロタミンに特有なものではなく、強く正に

帯電した凝縮剤（例えば、ヒストンなど）の場合に普遍的に起こる現象であることを議論した。（吉川研究室（京都大）との共同研究）

15. Driven translocation の分子論（齋藤、坂上）：長いDNA、タンパク質などの鎖状高分子は、鎖の太さ程度の小さな穴を通り抜けることができ、外場駆動力下における鎖状高分子特有の、この輸送現象は driven translocation と呼ばれる。近年、活発に研究が進められ、様々な実験・数値シミュレーションにより translocation 時間のスケーリング指数が得られてきている。しかしながら、それぞれ異なった指数が報告されており、この不一致は理論的に未解明であった。鎖に沿った張力の伝播、そして張力のかかった部分の変形を伴う非平衡ダイナミクスであることを指摘し、鎖の特徴的変形は4つのレジームに分けられることを提案した。これにより状況に応じたダイナミクスを考慮することができ、種々の結果を記述できる理論的枠組みを与えた。
16. 荷電高分子のバンドル化現象（齋藤）：ゲノムDNAは負に強く帯電した高分子鎖として知られており、生体内においては、多量に塩が溶けた溶液中（有塩系）にてコンパクトに凝縮し機能している。in vitro においても、これまで、DNA高分子鎖の凝縮転移現象について活発に研究が進められ、DNA鎖が凝縮し形成されたバンドルは有限サイズで安定な状態になるという興味深い現象が実験的に観測された。バンドル内部における対イオンの分布は、静電ポテンシャルと並進エントロピーのバランスから記述する枠組みを提案した。その結果、内部の対イオン分布は不均一となり、平衡の条件下であっても、有限サイズでバンドルは安定になることを示した。
17. スピングラス模型の準安定状態の個数評価（中島）：スピングラス模型の低温におけるマクロな状態は無数の準安定状態のアンサンプルで構成されるが、これを数値的にサンプリングすることは通常の方法では難しかった。複雑な総空間構造を持つ模型に対し、補助的なハミルトニアンを構成し、それについてモンテカルロ法と熱力学積分を組み合わせて数値計算を行うことで、一般の離散変数模型の準安定状態を高精度でサンプリングする方法を考案した。そしてTAP方程式においてデモンストレーションを行った。（東京大学総合文化研究科の福島孝治氏、中島哲也氏との共同研究）
18. 1次元的に拘束された高分子結び目の局在状態（中島、坂上）：空間的な拘束のもとでの高分子の振る舞いは生物物理、工学などの文脈でも興味を持たれている。1次元的なチャンネルの中に拘束された高分子結び目、特に三葉

結び目について分子動力学シミュレーションを行い、結び目領域が局在することを見いだした。

発表論文

《原著論文》

1. Hiizu Nakanishi and Namiko Mitarai, *J. Phys. Soc. Jpn.* 80 (2011) 033801 (4 pages). “Shear Thickening Oscillation in a Dilatant Fluid”
2. Takahiro Sakaue, *Phys. Rev. E*, 81 (2010) 041808:1-6. “Sucking genes: Insight into driven translocation”
3. Takahiro Sakaue, Raymond Kapral and Alexander Mikhailov, *Eur. Phys. J. B*, 75 (2010) 381-387. “Nanoscale Swimmers: Hydrodynamic Interactions and Propulsion of Molecular Machines”
4. Makiko Negishi, Takahiro Sakaue, Kingo Takiguchi, and Kenichi Yoshikawa, *Phys. Rev. E*, 81 (2010) 051921:1-5. “Cooperation between giant DNA molecules and actin filaments in a microsphere”
5. Yuji Higuchi, Takahiro Sakaue and Kenichi Yoshikawa, *Phys. Rev. E*, 82 (2010) 031909:1-7. “Torsional effect on the wrapping transition of a semi-flexible polymer around a core as a model of nucleosome”
6. Takahiro Sakaue, Guillaume Witz, Giovanni Dietler and Hirofumi Wada, *Europhys. Lett.*, 91 (2010) 68002:1-6. “Universal bond correlation function for two-dimensional polymer rings”
7. N. Makita, Y. Yoshikawa, Y. Takenaka, T. Sakaue, M. Suzuki, C. Watanabe, T. Kanai, T. Kanbe, T. Imanaka, K. Yoshikawa, *J. Phys. Chem. B*, 115 (2011) 4453-4459. “Salt Has a Biphasic Effect on the Higher-Order Structure of a DNA-Protamine Complex”
8. Takuya Saito and Kenichi Yoshikawa, *J. Chem. Phys.* 133 (2010) 045102. “Finite-width bundle is most stable in a solution with salt”

《Proceedings》

1. Namiko Mitarai and Hiizu Nakanishi, *AIP Conf. Proc.* – May 5, 2010 – Volume 1227, pp. 214-220, IUTAM-ISIMM SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL MODELING AND PHYSICAL INSTANCES OF GRANULAR FLOWS. “Simple Interaction Model for Partially Wet Granular Materials”
2. T. Tonegawa, H. Nakano, T. Sakai, K. Okamoto, K. Okunishi and K. Nomura, *J. Phys.: Conf. Ser.* 200 (2010) 022065 (4 pages), (International Conference on Magnetism (ICM 2009)), “Half magnetization plateau of a frustrated $S = 1$ antiferromagnetic chain”

講演

《 海外での講演 》

1. Namiko Mitarai and Hiizu Nakanishi, Conference on computational physics (CCP 2010), 23-26, June, 2010, at Trondheim, Norway, “Effect of thermal fluctuation on jamming transition of granular media” (Poster)
2. Hiizu Nakanishi and Namiko Mitarai, StatPhysHK, 13-16 July, 2010 at Hong Kong Baptist University, “A continuum model for dilatant fluid” (Poster)
3. Hiizu Nakanishi, Biocomplex seminar at NBI, Sept. 15, 2010, “Fluid dynamics and jamming in a dilatant fluid”
4. Takahiro Sakaue, ABMS International Workshop “Emerging Topics in Non-linear Science”, 2010/9/13 (Goldrain, Italy). “Fluctuation and response away from equilibrium”
5. Takahiro Sakaue, Lecture Series in “Physics of Self-organization Bio/Nano Systems”, 2011/2/1 (POSTECH, Korea). “Fluctuating Ring and Knot”

《 国内での講演 》

1. 中島 千尋、待兼山コロキウム 2010/7/7, 於 大阪大学 菊池研究室、“モンテカルロ法による絶対零度 Thouless-Anderson-Palmer 方程式 (TAP 方程式) の解の個数評価”
2. 基研研究会、“Statistical Physics and Topology of Polymers with Ramifications to Structure and Function of DNA and Proteins” 2010/8/2-6 at Kyoto Univ.
 - (a) Takahiro Sakaue, Guillaume Witz, Giovanni Dietler and Hirofumi Wada, “Fluctuating Planar Ring” (Poster)
 - (b) Takuya Saito and Takahiro Sakaue, “Driven Translocation of Giant DNA” (Poster)
3. Takahiro Sakaue and Hirofumi Wada, ISSP International Workshop on Soft Matter Physics “Structural Rheology”, 2010/8/10 (Chiba). “Fluctuating Planar Ring” (Poster)
4. 日本物理学会秋の分科会、於：大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、2010年9月23日～26日
 - (a) 中西秀、御手洗菜美子、永弘進一郎、「ダイラタント流体の連続体モデル」
 - (b) 永弘進一郎、中西秀、御手洗菜美子、「ダイラタント流体の粒子法シミュレーション」
 - (c) 利根川孝、中野博生、岡本清美、坂井徹、野村清英、「オンサイト異方性をもつボンド交代 $S=2$ 反強磁性鎖の基底状態相図」
 - (d) 輿石健二、野村清英、「変形 $S=1$ BLBQ 鎖における相転移と $SU(3)$ 対称性」

- (e) 坂上貴洋, 齋藤拓也, 「Driven translocation of DNA」
 - (f) 中島千尋, 坂上貴洋, 「Unknotting dynamics of a confined polymer」
5. 基研研究会「散逸粒子研究の最前線 粉体のミクロな振舞いからマクロな振舞いまで」2010/11/24 - 2010/11/26、京都大学基礎物理学研究所
 - (a) Namiko Mitarai, and Hiizu Nakanishi “Effect of noise on jamming transition of granular media”(Oral)
 - (b) Hiizu Nakanishi, Namiko Mitarai, and Shinichiro Nagahiro “Fluid dynamics and jamming in a dilatant fluid” (Oral)
 - (c) Shin-ichiro Nagahiro, Hiizu Nakanishi, and Namiko Mitarai “Numerical simulation of a dilatant fluid”(Poster)
 6. 中西秀, 西野遼太, 坂上貴洋, 定量生物の会第3回年会, 11/27, 2010 – 11/28, 2010, 東京大学生産技術研究所, “Effect of Stochasticity on Oscillatory Behavior in Mixed Feedback Loop of Genetic Regulatory System”(Poster)
 7. 中西秀, 応用力学研究所研究集会「地形のダイナミクスとパターンとその境界領域」, 2010年11月30日-12月1日、九州大学応用力学研究所、「ダイラタント流体の流体力学モデルと振動不安定性」(依頼講演)
 8. 第116回日本物理学会九州支部例会、於：長崎大学, 2010年12月4日、
 - (a) 北岸宏之, 中西秀, 坂上貴洋, 「重力下での熱浴で駆動する粉体の非弾性コラプス」
 - (b) 西野遼太, 坂上貴洋, 中西秀, 「遺伝子制御の確率論的モデル」
 - (c) 森本圭一, 坂上貴洋, 中西秀, 郡宏, 「1変数位相モデルによる概日リズムの日照応答」
 - (d) 輿石健二, 野村清英, 「変形 S=1 BLBQ 鎖における相転移と SU(3) 対称性」
 9. 野村清英, 輿石健二, 量子スピン系研究会 (福井大学, 2010年12月10-11日), 「変形 S=1 BLBQ 鎖における相転移と SU(3) 対称性」
 10. 坂上 貴洋, ガラス関連講演会 2011/3/25 (京都), 「拘束下の高分子鎖：幾何学、力学、トポロジーの効果」
 11. 日本物理学会 第66回年次大会, 於：新潟大学, 2011年3月25日~27日(中止)
 - (a) 輿石健二, 野村清英, 「変形 S=1 BLBQ 鎖における相転移と SU(3) 対称性 II」
 - (b) 岡本清美, 利根川孝, 中野博生, 坂井徹, 野村清英, 鍋木誠, 「異方的 S=2 反強磁性量子スピン鎖の基底状態相図 - Intermediate-D 相の存在-I」
 - (c) 利根川孝, 岡本清美, 中野博生, 坂井徹, 野村清英, 鍋木誠, 「異方的 S=2 反強磁性量子スピン鎖の基底状態相図 - Intermediate-D 相の存在- II」
 - (d) 坂上貴洋, 「濃厚環状鎖溶液の平均場理論」
 - (e) 中島千尋, 坂上貴洋, 「1次元的に閉じ込められた高分子結び目のスケールング則」
 - (f) 坂上貴洋, 「拘束下の高分子鎖：幾何学、力学、トポロジーの効果」(領域12若手奨励賞受賞記念講演)
 - (g) 齋藤拓也, 坂上貴洋, 「Driven Translocation of Semi-flexible Polymer」

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

中西秀, 文部省科学研究費補助金, 基盤 C 「ダイラタント流体のレオロジー」研究代表者

《 文部省科学研究費補助金以外の外部資金 》

坂上貴洋、科学技術振興機構 さきがけ、領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」(西浦廉政)、「揺らぐ結び目構造の数理」

学部 4 年生卒業研究

吉田 裕貴、「ネットワークの崩壊」

修士論文

1. 北岸 宏之、「粉体斜面流における非弾性コラプス — 1 次元モデル —」
2. 輿石健二、「変形 $S=1$ Bilinear-Biquadratic スピン鎖の解析」
3. 西野遼太、「遺伝子発現調節機構の確率論モデル」
4. 森本圭一、「生物モデル及び位相モデルによる概日リズムの日照応答」

学外での学会活動

1. 中西秀、日本物理学会九州支部会 委員
2. 野村清英、日本物理学会 会誌編集委員

凝縮系理論

研究室構成員

河合伸 准教授 成清修 准教授

《 大学院 修士課程 》

津田隼 松藤弘教 松田航平 三牧大祐

廣田洋平

《 学部 卒業研究生 》

佐藤大介 高木俊輔

担当授業

物理学 I(河合伸)、力学基礎・同演習 (河合伸)、熱と波動論基礎 (河合伸)、
物理数学 II(河合伸)、物理学 I(成清修)、力学基礎・同演習 (成清修)、
物理学総合演習 (成清修)

研究・教育目標と成果

STM 観測下でのプローブ先端温度の決定 (河合伸、三牧大祐)

STM 装置を使った、微分電導率測定は、表面局在電子状態の局所状態密度を直接測定できるものと考えられて、広範な表面で実験が行われている。その多くは、低温表面で行われているが、プローブ先端温度については、注意が払われていない。

昨年度の成果を発展させ、量子散乱理論に基づき、Ge(001) 表面で行われた、微分電導率スペクトルプローブ先端温度の印加電圧依存性の決定に成功した。その温度は、表面温度の数十倍に達するものであり、低温表面電子構造の決定には、プローブの冷却が決定的に必要なことを明らかにした。電流のオンセット電圧付近で電圧上昇に伴い先端温度が降下する領域を発見した。これは、従来知られていなかった現象である。温度降下の量子論的な説明にも成功し、トンネルクーリング現象と名付けた。

トンネル電子による局在振動励起における繰り込み (河合伸、松田航平)

STM 装置を使った表面局在電子状態へのトンネル電子注入が表面局在振動を励起することが知られている。しかし、今までの理論研究では、電子 格子結合の最低次の

みを取り扱ってきた。Ge(001) 表面ダイマー系で観測される電流線形な構造変換を理解するためには、電子 格子結合の高次項の理解が不可欠である。

昨年度までの成果を発展させて、電子 格子結合の高次項の無限次までの繰り込んだ振動励起レートの計算方法を確立させた。その方法を Ge(001) 表面ダイマー系に適用させて、観測された表面構造変化レートの印加電圧依存性を再現することに成功した。

Ge(111) 表面 Sn 吸着系の相転移 (河合伸、廣田洋平)

Ge(111) 表面 Sn 吸着系は、 $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 構造を呈するが約 210K 付近で 3×3 構造に相転移する。この相転移を研究するために Sn の自由度をイジング的に扱ったモデルハミルトニアンを開発した。その結合定数を第一原理計算により決定した。

発生のエピジェネティックランドスケープの研究/教育 (成清修、中川元喜)

本テーマに関して今年度は、研究成果の出版を目標とし達成した。

エピジェネティックランドスケープは概念装置としては強力であるが、物理的なモデルとして実装されたことはなかった。我々はイジングモデル様の単純なモデルで細胞集団の発生過程の計算機実験を行い、ランドスケープを具体的に構築した。

遺伝暗号コードの起源と進化の研究/教育 (成清修、山下達朗)

本テーマに関して今年度は、研究成果の出版を目標とし、レフェリープロセスが終了しつつある。

遺伝暗号の進化に関して、「コドン捕獲」と「曖昧な遷移」の二大シナリオが提唱されているが互いに矛盾するものと考えられてきた。我々は物理的な状態空間でこれらを議論し、異なる道筋にそった進化であり、どちらもありうることを明らかにした。

免疫系に見られるリアルタイム進化の研究/教育 (成清修、斎藤士郎)

本テーマに関して今年度は、研究成果の出版を目標とし、レフェリープロセスが終了しつつある。

免疫系で観察されているスケールフリーな挙動を説明するような単純な物理モデルの計算機実験を行った。

情報から見た生命の起源と進化の研究/教育 (成清修、西尾朋晃)

本テーマに関して今年度は、学会発表および研究成果の出版を目標とした。下記の学会発表は達成したが、出版作業は来年度の課題とする。

プロトタンパク質とプロトRNAの相互の分子認識に立脚したオリゴマーワールド

仮説を提唱し、形状空間を舞台にした計算機実験を行った。

原始細胞の情報処理システムの研究/教育 (成清修、津田隼)

本テーマに関して今年度は、修士院生の研究・教育として軌道に乗せることを目標と
していた。修士論文としてまとめ、来年度は、学会発表および研究成果の出版を目標とする。また、後続の修士院生の研究・教育として発展させることを目標とする。

近年明らかになったミニRNAの機能に立脚し、細胞内の最も原始的な情報処理システムを計算機上に構築した。従来考えられることのなかったヘリカーゼ様タンパク質の導入により、首尾一貫した動作のループを閉じさせることができた。

オートポイエシス集団の進化能の研究/教育 (成清修、松藤弘教)

本テーマに関して今年度は、修士院生の研究・教育として軌道に乗せることを目標と
していた。修士論文としてまとめ、来年度は、学会発表および研究成果の出版を目標とする。また、後続の修士院生の研究・教育として発展させることを目標とする。

オートポイエシスと生命を同一視する考えがあるが、オートポイエシス系は進化能を持たないので生命とは言えない。我々はオートポイエシスに認知機能を実装して細胞に進化能を持たせた。具体的には脂質二重膜に機能性タンパク質を埋め込み、環境との共進化を可能にした。これらの細胞集団の進化シミュレーションを行った。

熱起電力の超伝導ゆらぎ理論の研究 (成清修)

本テーマに関して今年度は、研究を軌道に乗せることを目標としていた。学会発表を行うくらいには進展し、来年度は、研究成果の出版を目標とする。

熱起電力に対する超伝導ゆらぎの効果については、長年に渡り誤った論文が発表され続けている。我々(大阪大学グループとの共同研究)は、正しい定式化を行うことから始め、 CeCoIn_5 などの実験結果の説明を目指している。

発表論文

《原著論文》

Epigenetic landscape of interacting cells: A model simulation for developmental process:

Nakagawa M, Narikiyo O

BIOSYSTEMS, **101** (2010) 156.

講演

《国内での講演》

オリゴマーワールド仮説に基づく生命の起源と進化のシミュレーション:

西尾朋晃、成清修

第33回日本分子生物学会年会

強相関電子系におけるホール伝導の集団輸送理論:

成清修

原子力機構・兵県大合同物性コロキウム

磁場下に於ける CeCoIn_5 の熱電能係数への超伝導ゆらぎの影響:

藤本行延、成清修、三宅和正

日本物理学会 第66回年次大会

(震災復興支援研究交流会(神戸大学理学部)で2011年3月28日に発表)

学部4年生卒業研究

高木俊輔:(指導教員、河合伸): Si(111) 表面上の擬一次元 In 原子鎖系の相転移

佐藤大介:(指導教員、成清修):(前期)「進化のダイナミクス」(M.A. Nowak) の輪講、
(後期) 卒業論文「遺伝子複製の起源の理論的研究」

修士論文

松田航平:(指導教員、河合伸): トンネル電子による表面局所振動励起における格子
電子相互作用の繰込

三牧大祐:(指導教員、河合伸): Ge(001) 表面でのトンネル微分電導率とチップ先端温度

津田隼:(指導教員、成清修): 「原始細胞における遺伝情報の翻訳と多様化のメカニズ
ム」

松藤弘教:(指導教員、成清修): 「自己制作する機能性膜をもつ原始細胞集団の環境へ
の適応と共進化」

その他の活動と成果

福岡教育大学附属福岡中学校の「総合的な学習の時間」への協力（河合伸）

物性コロキウム「電子線照射による Sn/Ge(111) の構造変換」(河合伸)

九州大学大学院理学研究院物理学部門物性基礎論 (2010 年 5 月 28 日)

物性コロキウム「久保公式と散逸」(成清修)

九州大学大学院理学研究院物理学部門物性基礎論 (2010 年 7 月 16 日)

高校出張講義「21 世紀の物理学 -アインシュタインの宿題-」(成清修)

大分県立大分上野丘高等学校 (2010 年 10 月 28 日)

磁性物理学

研究室構成員

和田裕文 教授

光田暁弘 准教授

浅野貴行 助教

《 大学院 博士課程 》

杉島正樹

《 大学院 修士課程 》

グエン・ピンフォン 久保克隆 三田稔 清家諭

中村昂史 宮田真彦

《 学部 卒業研究生 》

佐藤光 高田えみか 川崎大地 片桐高大

浜野卓 堀雄輔 眞鍋栄樹

《 訪問研究者 》

平野 直樹 中部電力（株）電力技術研究所 研究主査

岩松 勝（財）鉄道総合技術研究所 浮上式鉄道技術研究部 部長

内藤 方夫 東京農工大学工学部 教授

小山 佳一 鹿児島大学大学院理工学研究科 教授

山田 将貴（株）日立製作所 基礎研究所 主任研究員

担当授業

力学基礎・同演習（和田裕文）、物理学ゼミナール（和田裕文）、物性物理学II（和田裕文）、力学基礎・同演習（光田暁弘）、自然科学総合実験（光田暁弘）、磁性体物理学（光田暁弘）、基礎物理実験学・同実験（光田暁弘）、物理学総合実験（浅野貴行）

研究・教育目標と成果

巨大磁気熱量効果を示す Mn 化合物を用いた磁気冷凍作業物質の開発（和田裕文、中村昂史、片桐高大、川崎大地）

昨年度に引き続き Fe_2P 型の結晶構造を示す Mn 化合物の巨大磁気熱量効果を調べ、磁

気冷凍材料の開発を行っている。今年度は(1) MnFePGe 系について、熱処理プロセスの改善や第 5 元素の添加による温度ヒステリシスの低減、(2) 製造プロセスへの転用を考え、従来の石英管封入方式から、ステンレス管を用いた作製法への転換、(3) MnFePSi 系の調査を行った。(1) では熱処理プロセスが温度ヒステリシスに大きな影響を与えることを見出した。(2) はステンレス管を繰り返し使える方法を開発した。この方法ではさらに内部圧力を 1 機厚い状に調整することが可能で、今後蒸気圧の高い物質の作製に大きな威力を発揮するものと期待される。(3) の MnFePSi は室温以下から室温以上まで、広い温度範囲にわたって巨大磁気熱量効果を示す材料を作製することが可能であることがわかった。これにより Mn 化合物は磁気冷凍だけでなく、磁気ヒートポンプにも応用が可能であることが証明された。

Mn 超伝導体の探索 (和田裕文、グエン・ビンフォン、堀雄輔)

Fe と Mn は超伝導にとって相性の悪い元素である。それはこれらの元素が多く化合物中で磁気モーメントを持ちやすいことによる。Fe については最近 FeAs 超伝導体が発見されて話題を呼んでいるが、Mn 化合物で超伝導になるのはこれまでのところ U_6Mn しか知られていない。しかしこの化合物は同構造の U_6Fe 、 U_6Co も超伝導を示すので、ウランが超伝導の主役を担っているものと考えられている。われわれは Mn の新しい超伝導体を探索すべく、ラーベス相化合物に着目した。Mn はいくつかのラーベス相化合物では磁気モーメントを持たないことが報告されているからである。その結果、 $NbMn_2$ が転移温度 5.8~7.6 K をもつ超伝導体であることを見出した。これらの試料は超伝導転移温度以下で電気抵抗がゼロになるだけでなく、大きな反磁性磁化率を示し、マイスナー体積分率は 90 % 以上あることも確認された。また比熱においても超伝導転移に伴うピークが観測されており、これらの結果は超伝導がバルクの性質であることを示している。電子比熱の結果はこの物質がフェルミレベルで大きな状態密度を持っており、それが Mn の 3d バンドに起因していることを示唆している。この意味では Mn の 3d 電子が超伝導に大きな役割を果たしている最初の物質である可能性が高い。現在超伝導転移の組成依存性を調べるとともに、バンド計算や NMR などの共同研究を開始している。

希土類化合物の試料作製および圧力・磁場効果測定による新奇物性の探索と解明 (光田暁弘、和田裕文、杉島正樹、浜野卓)

価数秩序を示す YbPd と EuPtP、反強磁性体 $EuRh_2Si_2$ に注目して研究を行った。前者 2 つは金属的な電気伝導を示すことからこれまで報告されてきた絶縁体的な電荷秩序とは異なる物理機構が期待される。後者では新しい圧力誘起価数転移を発見した。

YbPd については 2K 以下で磁気秩序と価数秩序が共存している。我々は磁気構造を調べることによって価数秩序の構造を明らかにすることを目的として、単結晶中性子

回折実験を行った。その結果、非整合長周期磁気秩序に対応する磁気反射を複数観測した。現在、磁気構造を解析中であり、更に0.5Kの相転移以下の磁気構造を調べるために希釈冷凍機を用いた中性子回折実験を計画している。また、東大物性研電顕室の浜根氏との共同研究によって、電子線回折実験を行ったところ、 $T=90\text{K}$ (価数秩序点と予想している温度以下)で $(1/2\ 0\ 0)(1/2\ 1/2\ 0)$ といった超格子反射スポットが観測された。おそらく価数秩序構造を反映する反射と考えられ、現在、価数秩序構造を解析中である。

一方、 EuPtP は2つの価数転移を示す物質であり、価数転移に伴い2つの価数秩序構造を示すことが昨年度の我々の研究で明らかになった。本年度は $\text{EuPtP}_{1-x}\text{As}_x$ の試料を $x=0.7$ まで作製することに成功した。強磁場磁化過程を測定した結果、 $x=0.5$, $x=0.55$ においては明瞭な磁場誘起価数転移が観測されるが、 $x=0.6$ においてはこの転移が小さくなり、 $x=0.7$ においては消失する。As置換によってEuの価数が2価へシフトし、 $x=0.7$ でほぼ2価安定な状態に落ちついていることが明らかになった。さらにこのAs置換系についてSPring-8の水牧氏との共同研究によって、 L_3 端-X線吸収実験を行い、価数の温度変化を調べた。As置換によって価数が2価方向へシフトしている様子が明らかになった。現在、価数を求めているところである。来年度は、もう少し広い物質群 EuTX ($T=\text{Pt, Pd, Ni}$, $X=\text{P, As}$)について試料作製を試み、パルス強磁場を用いた磁気抵抗効果の実験も行う。

更に新しい価数転移物質を探索した結果、反強磁性体 EuRh_2Si_2 が、1GPa程度の圧力下で反強磁性秩序を消失させ、価数転移を引き起こすことを見いだした。来年度はこの振舞の詳細について調べていく。

鉄砒素超伝導体の研究 (光田暁弘、和田裕文、清家諭、佐藤光)

最近発見された鉄砒素系超伝導体の中でも EuFe_2As_2 に注目して研究を行っている。特にこの系では、Euの磁性がFeAsの超伝導の出現を阻害していることが明らかになっていた。昨年度、Euを同じ2価のCaで50%置換することでキャリアドープすることなくEuの磁性を弱めて、超伝導の出現について調べた。その結果、Euの磁性によって超伝導が阻害される振舞は全く観測されず、ゼロ抵抗のバルク超伝導が観測された。本年度は、Ca置換量が15%, 65%の試料について調べ、超伝導が出現する圧力がCa置換量とともに低下することを明らかにした。その結果、直流磁化測定により超伝導のマイスナー効果が圧力とともに徐々に発達する様子が明らかになった。また、同様の効果について調べるために、2価のSr置換系についても調べた。Srを40%置換した試料においては1.9GPaの圧力で超伝導による電気抵抗の落ちが観測され始め、最高圧力2.3GPaにかけて最低温度の抵抗が減少する振舞が観測された。Sr40%においてEuのネール点は12.6Kであり、その影響で超伝導が抑制されていることと、Sr置換は体積が増加するため負の化学的圧力に対応し、超伝導を誘起するためにCa置換系に比べて

より高い外部圧力が必要であると考えられる。来年度はSr置換系についてより細かい組成依存性を調べること、Ba置換系について調べることを目標とする。

三量体構造を有する量子スピン反強磁性体の磁氣的性質の研究(三田稔、浅野貴行)
複数個のスピンが強磁性又は、反強磁性的に強く結合した複合スピン系(二量体、三量体など)では、複合スピン間の相互作用により興味深い多彩な磁氣的性質を示す。今年度、特に注目した $2b\cdot 3\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は、磁性イオンである $\text{Cu}^{2+}(S=1/2)$ が結晶学的に三量体を形成し、さらに二次元平面内でその三量体が直交する特異な構造を有している。そこで、 $2b\cdot 3\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の磁氣的性質の解明を目的として、試料作製、磁化率、比熱、強磁場磁化測定を実施した。

磁化率の温度依存性から、約5K以下で反強磁性相互作用により三量体構造が形成されていることが明らかとなった。さらに低温では、その三量体間の反強磁性相互作用により結合していることを示唆する結果も得られた。比熱測定(零磁場)では、1.38Kに三次元磁気秩序に起因する明確な異常を観測した。有限磁場下(最大磁場8T)では、零磁場及び低磁場領域で観測されていた磁気秩序が5T以上で消失することを明らかにした。最大磁場40Tに至る強磁場磁化測定(4.2K、1.3K)では、約5Tから12Tの磁場領域で飽和磁化の1/3に相当する有限磁化プラトー現象を観測し、約25Tで飽和磁化に到達する全磁化過程の観測に成功した。この有限磁化プラトー現象は、反強磁性三量体により誘起された有効スピン $S_{\text{eff.}}=1/2$ が印加磁場方向に整列したことを反映している。有限磁場下比熱測定での磁気秩序消失磁場とプラトー現象を示す磁場領域が対応していることから、磁化プラトー領域ではエネルギーギャップを有する非磁性状態、即ち、反強磁性三量体内の磁場誘起されていない残りのスピン成分が強く反強磁性的に結合することによる一重項非磁性状態($S_{\text{eff.}}=0$)を形成していることを強く示唆している。

今後、さらに強磁場下での比熱測定や中性子回折及び散乱実験等の微視的測定を実施することにより磁気構造等の解明を行う予定である。

クロミック化合物の磁氣的性質の研究(久保克隆、浅野貴行)

モリブデン酸銅 CuMoO_4 は、サーモクロミズムとピエゾクロミズムの性質を併せ持つ大変興味深い物質である。これまで良質な粉末試料を用いて各種磁氣的測定によりクロミズムの起源である構造相転移に起因する巨大な温度履歴現象や磁気構造に起因する非線形磁化過程、さらに磁気秩序の存在等を明らかにした。今年度は、昨年度作製に成功した単結晶試料を用いて、磁化率、強磁場磁化測定を実施した。

最大磁場50Tまでの強磁場磁化測定(4.2K)では、粉末試料で観測された飽和磁化の1/3に相当する有限磁化プラトー現象を経て約25Tで飽和する非線形磁化過程は全く観測されず、最高磁場まで飽和磁化の1/3の磁化の値を示した。即ち、単結晶では、粉末試料と異なり非常に大きな反強磁性相互作用が存在することを示唆している。また、構

造相転移に伴う巨大な体積変化 (約 13%) による単結晶の粉砕、即ち、粒径の磁氣的性質への影響が観測されている。

今後、より詳しい解析と SEM 等を用いた定量的な粒径の変化と磁氣的性質の相関を解明する予定である。

発表論文

《 原著論文 》

Magnetization, magnetic transition and magnetic entropy changes of bulk $\text{MnAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ fabricated by underwater shock compaction:

Youngkook Kim, Hirofumi Wada, Yeonwon Lee and Shigeru Itoh,
Mater. Sci. and Eng. B. vol. **167** (2010) 114-118.

Control of vortex chirality in regular polygonal nanomagnets using in-plane magnetic field:

S. Yakata, M. Miyata, S. Nonoguchi, H. Wada and T. Kimura,
Appl. Phys. Lett. **97** (2010) 222503 1-3.

Pressure and magnetic field dependence of valence and magnetic transitions in EuPtP:
A. Mitsuda, T. Okuma, K. Sato, K. Suga, Y. Narumi, K. Kindo, H. Wada,
J. Phys.: Condens. Matter **22** (2010) 226003-1-6.

Pressure-Induced Superconductivity in $\text{Eu}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{Fe}_2\text{As}_2$: Wide Zero-Resistivity Region Due to Suppression of Eu Magnetic Order and Chemical Pressure:

Akihiro Mitsuda, Tomohiro Matoba, Fumihiro Ishikawa, Yuh Yamada, and Hirofumi Wada,
J. Phys. Soc. Jpn. **79** (2010) 073704-1-4.

Effects of magnetic field and pressure on the intermediate valence state of YbPd:

M. Sugishima, K. Yamada, A. Mitsuda, H. Wada, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, K. Suga and K. Kindo,
J. Phys. Condens. Matter **22** (2010) 375601-1-6.

Molecular Beam Epitaxy Growth of Superconducting $\text{Sr}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ and

Ba_{1-x}K_xFe₂As₂:

Soichiro Takeda, Shinya Ueda, Takeshi Yamagishi, Shinya Agatsuma, Shiro Takano, Akihiro Mitsuda, Michio Naito,

Appl. Phys. Express **3** (2010) 093101-1-3.

Observation of two charge ordering transitions in the valence-fluctuating EuPtP by resonant x-ray diffraction:

T. Inami, S. Michimura, A. Mitsuda, H. Wada,

Phys. Rev. B **82** (2010) 195133-1-5.

Elastic anomalies associated with possible charge order and other transitions in mixed-valent YbPd:

Y. Nakanishi, T. Kamiyama, K. Ito, M. Nakamura, M. Sugishima, A. Mitsuda, H. Wada, M. Yoshizawa,

Chinese Journal of Physics **49** (2011) 462

Competition between Fe-based superconductivity and antiferromagnetism of Eu²⁺ in Eu_{1-x}Ca_xFe₂As₂: A. Mitsuda, S. Seike, T. Matoba, H. Wada, F. Ishikawa, Y. Yamada, J. Phys. Conf. Series **273** (2011) 012100

Low temperature phase of YbPd investigated by Raman scattering:

T. Hasegawa, N. Ogita, M. Sugishima, A. Mitsuda, H. Wada, M. Udagawa,

J. Phys. Conf. Series **273** (2011) 012030

《Proceedings》

Development of room temperature magnetic refrigeration in Japan :

N. Hirano, S. Nagaya, T. Okamura, T. Kawanami and H. Wada,

Proc. Fourth IIF-IIR International Conference on Magnetic Refrigeration at Room Temperature, Baotou, 2010, Ed. P. Egolf, Commission B2, A1 with E2, Keynote 1 (10 pages).

Magnetocaloric properties desired for magnetic refrigeration near room temperature:

H. Wada,

Mater. Res. Soc. Symp. Proc. vol. 1310 (2011) pp. mrsf10-1310-ff01-04.

《 その他の論文 》

Eu_{0.5}Ca_{0.5}Fe₂As₂ における FeAs の圧力誘起超伝導と Eu 磁性の競合:
光田暁弘、的場智広、清家諭、和田裕文、石川文洋、山田裕:
九州大学低温センターだより No.5 (2011) p.14-19.

講演

《 海外での講演 》

Magnetocaloric properties desired for magnetic refrigeration near room temperature:
H. Wada,
米国 ボストン , 2010 MRS Fall Meeting , 2010 年 11 月 29 日 (Invited)

Low temperature phase of YbPd investigated by Raman scattering :
Takumi Hasegawa, Norio Ogita, Masaki Sugishima, Akihiro Mitsuda, Hirofumi Wada,
Masayuki Udagawa,
米国 サンタフェ, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems
2010, 2010 年 06 月 29 日

Competition between Fe-based superconductivity and antiferromagnetism of Eu²⁺ in
Eu_{1-x}Ca_xFe₂As₂:
Akihiro Mitsuda, Seike Satoshi, Tomohiro Matoba, Hirofumi Wada, Fumihiko Ishikawa
and Yuh Yamada,
米国 サンタフェ, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems
2010, 2010 年 06 月 28 日

《 国内での講演 》

多角微小強磁性体におけるカイラリティの制御:
宮田真彦, 家形諭, 木村崇, 和田裕文
日本磁気学会第 34 回学術講演会 2010 年 9 月 4 日

Raman scattering investigation on YbPd :
T. Hasegawa, N. Ogita , M. Sugishima, A. Mitsuda , H. Wada and M. Udagawa

日本 八王子市, International Conference of Heavy Electrons 2010, 2010 年 09 月 18 日

Effects of Magnetic Field, Pressure and Dilution of Yb on Phase Transitions in Valence Fluctuating Compound YbPd :

Masaki Sugishima, Kenji Yamada, Akihiro Mitsuda, Hirofumi Wada, Kazuyuki Matsubayashi, Yoshiya Uwatoko , Ken-ichi Suga and Koichi Kindo

日本 八王子市, International Conference of Heavy Electrons 2010, 2010 年 09 月 18 日

Detailed investigation of elastic properties of YbPd single crystal :

Yoshiki Nakanishi, Toru Kamiyama, Kazuhisa Deto, Fumitaka Shichinomiya, Reiko Kashiwazaki, Mitsuteru Nakamura, Masahito Yoshizawa, Masaki Sugishima , Akihiro Mitsuda and Hirofumi Wada

日本 八王子市, International Conference of Heavy Electrons 2010, 2010 年 09 月 19 日

Effect of substitution of Ca^{2+} for Eu^{2+} on pressure-induced superconductivity in EuFe_2As_2 :

Akihiro Mitsuda, Tomohiro Matoba, Satoshi Seike, Fumihiro Ishikawa, Yuh Yamada, Hirofumi Wada

日本 八王子市, International Conference of Heavy Electrons 2010, 2010 年 09 月 19 日

$\text{Eu}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ における圧力誘起超伝導と反強磁性 Eu の競合:

清家諭, 的場智広, 光田暁弘, 石川文洋, 山田裕, 和田裕文

日本物理学会 2010 年秋季大会 2010 年 9 月 23 日

価数揺動物質 YbPd の静水圧力下超音波測定:

中西良樹, 上山徹, 出戸和久, 柏崎礼子, 七宮史崇, 小関玄, 小関実, 吉澤正人, 杉島正樹, 光田暁弘, 和田裕文

日本物理学会 2010 年秋季大会 2010 年 9 月 23 日

層状超伝導体 LaPt_2Si_2 における電荷密度波の可能性:

光田暁弘, 荒岡信隆, 市原正樹, 磯部正彦, 上田寛, 和田裕文

日本物理学会 2010 年秋季大会 2010 年 9 月 23 日

価数転移を示す $\text{EuPtP}_{1-x}\text{As}_x (x \leq 0.7)$ における負の磁気抵抗:

杉島正樹, 光田暁弘, 和田裕文

日本物理学会 2010 年秋季大会 2010 年 9 月 23 日

硬 X 線光電子分光による EuPtP の温度誘起価数転移の研究:

川田翔, 三村功次郎, 魚住孝幸, 佐藤仁, 内海有希, 上田茂典, 光田暁弘, 和田裕文,
島田賢也, 田口幸広, 山下良之, 古川英樹, 生天目博文, 谷口雅樹, 小林啓介

日本物理学会 2010 年秋季大会 2010 年 9 月 23 日

二次元 $S=1/2$ 反強磁性三量体 $2b \cdot 3\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の磁化過程:

三田稔、久保克隆、浅野貴行、和田裕文、松尾晶、金道浩一、稲垣祐次、河江達也

日本物理学会秋季大会

欠陥を含む DMACuCl_3 における ESR 測定:

坂元康剛、中尾貴史、諸富大樹、稲垣祐次、河江達也、浅野貴行、網代芳民

日本物理学会秋季大会

CuMoO_4 の磁氣的性質とサイズ効果 II:

浅野貴行、三田稔、松浦圭介、西村泰三、和田裕文、王俊峰、松尾晶、金道浩一、牧
瀬圭正、伊藤利充

日本物理学会秋季大会

三量体構造を有する $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{P}_4\text{O}_{14}$ の磁気構造と磁気秩序:

三田稔、松浦圭介、浅野貴行、和田裕文、南部雄亮、佐藤卓、王俊峰、松尾晶、金道
浩一

日本物理学会秋季大会

新しい Mn 基化合物の巨大磁気熱量効果:

片桐高大, 光田暁弘, 和田裕文

第 116 回日本物理学会九州支部例会 2010 年 12 月 4 日

巨大磁気熱量効果を示すマンガン基化合物の新しい作製プロセスの研究:

川崎大地, 光田暁弘, 和田裕文

第 116 回日本物理学会九州支部例会 2010 年 12 月 4 日

$\text{Eu}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ における Sr 置換および圧力効果:

佐藤光, 清家諭, 光田暁弘, 和田裕文

第 116 回日本物理学会九州支部例会 2010 年 12 月 4 日

反強磁性体 EuRh_2Si_2 における圧力効果:

浜野卓, 光田暁弘, 和田裕文

第 116 回日本物理学会九州支部例会 2010 年 12 月 4 日

二次元三量体 $2b \cdot 3\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の磁性:

三田稔、久保克隆、浅野貴行、和田裕文、稲垣祐次、河江達也、松尾晶、金道浩一
日本物理学会九州支部例会

CuMoO_4 単結晶の強磁場磁化過程:

久保克隆、三田稔、浅野貴行、和田裕文、松尾晶、金道浩一、伊藤利充
日本物理学会九州支部例会

一次元ジグザグ鎖 $[\text{Cu}(\text{bpym})(\text{tchoet})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ の構造と磁性:

眞鍋栄樹、久保克隆、三田稔、浅野貴行、和田裕文

第 116 回日本物理学会九州支部例会 2010 年 12 月 4 日

ニッケル三角クラスターの磁性:

高田えみか、三田稔、久保克隆、浅野貴行、和田裕文

第 116 回日本物理学会九州支部例会 2010 年 12 月 4 日

DMACuCl_3 における対角秩序と非対角秩序の共存 II:

坂元康剛、諸富大樹、稲垣祐次、河江達也、浅野貴行、網代芳民

第 116 回日本物理学会九州支部例会 2010 年 12 月 4 日

価数揺動系 YbPd の中性子回折と金属的電荷整列の可能性:

光田暁弘新学術領域研究「重い電子系の形成と秩序化」ワークショップ ~ Yb 系重い
電子化合物における電子状態と新しい物性 ~ 2011 年 1 月 8 日

鉄ヒ素系超伝導体の高圧下熱電能:

米須将太, 仲村愛, 新垣望, 瑞慶覧長潤, 竹田政貴, 辺土正人, 仲間隆男, 内間清晴,
的場智広, 光田暁弘, 和田裕文

日本物理学会第 66 回年次大会 2011 年 3 月 25 日

中性子回折による単結晶 YbPd の磁気構造解析:
杉島正樹, 光田暁弘, 和田裕文, 大山研司
日本物理学会第 66 回年次大会 2011 年 3 月 25 日

EuPtP_{1-x}As_x における強磁場磁化過程:
光田暁弘, 杉島正樹, 近藤晃弘, 金道浩一, 和田裕文
日本物理学会第 66 回年次大会 2011 年 3 月 25 日

多角微小強磁性体の高周波磁化特性
宮田真彦, 冢形諭, 木村崇, 和田裕文
日本物理学会第 66 回年次大会 2011 年 3 月 26 日

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》
文部省科学研究費補助金、基盤 C(一般)
モリブデン酸銅における磁気クロミズム制御
研究代表者：浅野貴行

《 文部省科学研究費補助金以外の外部資金 》
福岡県 IST 研究 FS 事業
Mn 化合物を用いた磁気冷凍材料の製造プロセスの開発
研究代表者:和田裕文

学部 4 年生卒業研究

川崎大地:(指導教員、和田裕文): 巨大磁気熱量効果を示す Mn 基化合物の作製プロセスの研究

片桐高大:(指導教員、和田裕文): 新しい Mn 基化合物の巨大磁気熱量効果

佐藤光:(指導教員、光田暁弘): Eu_{1-x}Sr_xFe₂As₂ における Sr 置換および圧力効果

高田えみか:(指導教員、浅野貴行): ニッケル三角クラスターの磁性

浜野卓:(指導教員、光田暁弘): 反強磁性体 EuRh₂Si₂ における圧力効果

堀雄輔:(指導教員、和田裕文): Laves 相 NbT₂ の電気抵抗 (T=Cr,Mn,Fe,Co)

眞鍋栄樹：(指導教員、浅野貴行)：一次元ジグザグ鎖 $[\text{Cu}(\text{bpym})(\text{tcnoet})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ の構造と磁性

修士論文

グエン・ビンフォン：(指導教員、和田裕文)：Laves 相 Mn 化合物の伝導特性

受託研究・民間との共同研究

和田裕文：中部電力株式会社との磁気冷凍技術の研究開発

和田裕文：大電株式会社との磁気冷凍材料の開発研究

その他の活動と成果

和田裕文：Elsevier 社 Physica B エディター

和田裕文：強磁場フォーラム 幹事

和田裕文：九州大学低温センター副センター長

和田裕文：九州大学理学部未来の科学者養成講座委員

量子微小物性（半導体物理）

研究室構成員

渡部行男 教授 石橋善弘 特任教授
荒井毅 准助教

担当授業

物性物理学 III（渡部）
原子分子の物理学（渡部）
半導体物理学（大学院）（渡部）
素励起物理（大学院）（渡部）
全学共通教育 現代物理（工学部）（渡部）
全学共通教育 現代物理（理・工学部）（渡部）
全学共通教育 物理学 3 前期 1/4（渡部）
全学共通教育 物理学 3 後期 1/4（渡部）
最先端物理学（学部 3 年オムニバス 1 回分）（渡部）
物理学実験（前期）（荒井）
物理学実験（後期）（荒井）

研究・教育目標と成果

(1) 強誘電体酸化物の相転移での伝導異常の解明（渡部）:

BaTiO₃ の相転移での伝導異常測定系の温度制御などの精密化と偏光同時観察を行った。

(2) 強誘電体酸化物の表面電子層の確定（渡部）:

BaTiO₃ 単結晶の表面伝導：酸化物強誘電体は、反電場の影響は、極薄化すると甚大で、応用上も重要な問題である。我々は、このような巨大な電界があると、強誘電体の最表面は単純な絶縁体と見なせないと提案し、初期検証として高真空中で BaTiO₃ の表面伝導を測定し、支持する結果を得ている。この立場から、反電界理論を見直し、従来確立したと考えられている強誘電体の 180° 分域の理論を見直した作った理論を昨年

に引き続き改良した。

来年度、(3)の結果と総合して、原子レベルで制御した強誘電体酸化物の表面電子層の物性解明する。

(3) 超高真空 AFM による表面研究 (渡部):

超高真空 AFM により超清浄な表面の分域を測定し、従来の分域理論では説明できず上記の自分たちの理論に合うことを発見した。

来年度、誘電体の 180° 分域の理論の改訂理論の提出を行う。

(4) 表面によらないバルク伝導のみによる整流現象の発見と理論 (渡部):

この整流現象の理論をつくり実験結果を詳細に再現できた。

来年度、酸化物強誘電体単結晶の相転移での伝導異常と強誘電体エピタキシャル薄膜の伝導異常のの解明に用いる予定である。

(5) 超音波実験の準備と計画策定 (荒井):

計画続行中

発表論文

《原著論文》

Y. Watanabe,

Unidirectional bulk conduction and the anomalous temperature dependence of drift current under a trap-density gradient,

Phys. Rev. B81, 195210, 2010.05.

Y. Watanabe,

Proper Permittivity for Depolarization Field and Its implication to Universal Instability of Insulating Ferroelectric:

A Note, J. Phys. Soc. Jpn., 79, 3, 034713, 2010.03.

D. Matsumoto, S. Kaku, K. Nakamura, Y. Watanabe,

Unconventional Carrier Generation Mechanism at Ferroelectric Phase Transitions,

Ferroelectrics, 400, 1, 29–34, G. Taylor 特別号, 2010.10.

S. Kaku, Y. Watanabe,
Absence of Correlation Between Atomic Lattice Steps and 180° Domain Boundaries in
 BaTiO_3 Single Crystals,
Ferroelectrics, 400, 1, 113–116, G. Taylor 特別号, 2010.10.

Y. Watanabe,
Apparent Closure Domain by Standard 180° Domain Theory and Necessity of Funda-
mental Screening in the Theory,
Ferroelectrics, 406, 1, 61–64, 2010.04.

T. Nemoto (修士 2 年), D.Matsumoto, T.Arai and Y. Watanabe,
Precision measurement of PTCR effect,
Ferroelectrics, 403, 1, 32–37, 2010.10.

Y. Watanabe,
Appropriate Value of Permittivity for Depolarization Field and Universal Instability of
Insulating Ferroelectric Phase in Single-Domain State,
Ferroelectrics, 406, 1, 35–38, 2010.04.

M. Iwata, Y. Ishibashi et al.:
Phase Transition Near the Morphotropic Phase Boundary
in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$,
Ferroelectrics 405 (2010) 39.

M. Iwata, Y. Ishibashi et al.:
Observation of Cleavage Surface in Tri-Glycine Sulfate by Atomic Force Microscopy,
Ferroelectrics 400 (2010) 195.

M. Iwata and Y. Ishibashi:
Lattice Vibrations in Finite Systems with Boundary Conditions Given with the Ex-
trapolation Length II. Discrete Model with Symmetric Boundary Conditions,
J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) 074709.

Y. Ishibashi and M. Iwata:
Structural and Elastic Aspects in Phase Transitions of Superconducting Pyrochlore

Oxide $\text{Cd}_2\text{Re}_2\text{O}_7$,

J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) 044604.

M. Iwata, N. Iijima and Y. Ishibashi:

Field-Induced Phase Transition between Tetragonal and Rhombohedral Phases in Pb
($\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}$) O_3 -8% PbTiO_3 ,

Jpn. J. Appl. Phys. 49 (2010) 09 ME01.

Y. Ishibashi, M. Iwata and R. Blinc:

The Eight-Pseudospin Model of KH_2PO_4 -Type Crystals,

J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) 024602.

M. Iwata and Y. Ishibashi:

Indicatrix Rotation in Domains Far from the 90° Domain Wall in Ferroelectrics,

Trans. Mat. Res. Soc. Jpn. 36 (2011) 31.

《 その他の論文 》

渡部,

非局在電子による強誘電体とそのナノ構造の理解,

日本学術振興会 < ナノ物質量子相の科学 > に関する研究専門委員会報告書 (総説)

講演

《 海外での講演 》

招待講演

Y. Watanabe Matsumoto, S. Kaku,

Nanoscope Domain Structure By Ultra-High Vacuum Multiple Probe Microscopy,
ISAF-ECAPD 2010 (19th International Symposium on the Applications of Ferro-
electrics, 10th European Conference on the Applications of Polar Dielectrics),
2010.08.10.

Y. Watanabe Matsumoto, S. Kaku,

Intrinsic surface carrier layer on ferroelectric surface macroscopic and nanoscopic study,
Asia Pacific Center for Theoretical Physics, The 3rd Workshop for Emergent Materials
Research, 2010.07.05.

Y. Watanabe,

Theoretical Proposal of Unidirectional Bulk Conduction under Trap Density Gradient and Description of Resistance Switching,

7th AMF-AMEC-2010 (the 7th Asian Meeting on Ferroelectricity and the 7th Asian Meeting on ElectroCeramics, 2010.06.30).

M. Iwata, Sadaharu Kato, Aoyagi Rintaro, Masaki Maeda, and Yoshihiro Ishibashi,
Field Induced Effect in $(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-}8\%\text{PbTiO}_3$,

3rd International Congress of Ceramics (Osaka International Convention Center)

Y. Watanabe,

Bulk-limited rectification: Theory of unidirectional bulk conduction under trap density gradient and its application to resistance switching,

スイス連邦工科大学 ETH 講演会, 2010.08.16.

口頭発表

Y. Watanabe,

Theory of Unidirectional Bulk Conduction Under Trap Density Gradient For Resistance Switching,

ISAF-ECAPD 2010 (19th International Symposium on the Applications of Ferroelectrics,

10th European Conference on the Applications of Polar Dielectrics), 2010.08.10.

D. Matsumoto, S. Kaku and Y. Watanabe,

Macroscopic and nanoscopic observation of 2D electron-hole layer at polar discontinuity in UHV,

the 30th International Conference on the Physics of Semiconductors, 2010.07.

(3月博士課程修了生. 日立中研から派遣され博士課程の結果を発表.)

M. Iwata, Sadaharu Kato, Aoyagi Rintaro, Masaki Maeda, and Yoshihiro Ishibashi,
Field Induced Phase Transition in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-}8\%\text{PbTiO}_3$,

AMF-AMEC-2010 (Jeju island, Korea)

M. Iwata, Sadaharu Kato, Aoyagi Rintaro, and Masaki Maeda, Yoshihiro Ishibashi,
The Critical End Point in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ,
RCBJSF-10

M Iwata, Sadaharu Kato, Aoyagi Rintaro, Masaki Maeda, and Yoshihiro Ishibashi,
Phase Diagram under the Electric Field in $(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ,
The 8-th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics

M. Iwata and Yoshihiro Ishibashi,
Field Induced Transition and Behavior of the Phase Front
in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ,
10-th International Symposium on Ferroic Domains and Micro- to Nanoscopic Structures

M. Iwata¹, Kazuki Tanaka, and Yoshihiro Ishibashi,
Dielectric Constant under Biasing Field in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -9% PbTiO_3 ,
3rd International Conference on Nanoscience and Nanotechnology (NANO-SciTech
2011)

ポスター発表

N. Yasuda, Shouta Otsuka, Hidehiro Ohwa, Kazuhiko Fujita, Makoto Iwata,
Piezoelectric Response of Relaxor Solid Solution $\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ - BaTiO_3 Single Crystal
Grown by Bridgman Method,
RCBJSF-10

N. Yasuda, Naoki Miyazono, Hidehiro Ohwa, Yoshihito Tachi, Yohachi Yamashita,
Kazuhiko Fujita, Makoto Iwata, and Yoshihiro Ishibashi,
The effect of Pressure on the Poling Condition in the Lead-based Relaxor Ferroelectric
Solid Solutions,
The 8-th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics

《 国内での講演 》

渡部,
反電界に対する正しい誘電率,

2010 年日本物理学会秋季大会（大阪府立大学）

石橋善弘,

“ MPB について ”,

MPB 研究会 (招待講演) (National Institute of Material Science, Tsukuba)

岩田 真、飯島直也、青柳倫太郎、前田雅輝、石橋善弘,

$\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{-}8\%\text{PbTiO}_3$ の電場誘起相転移,

強誘電体応用会議 (FMA)

安田直彦、大塚昌太、大和英弘、藤田一彦、山下洋八、岩田 真、寺内 暉、石橋善弘,

ブリジマン法で作製された Bi-O 格子欠陥による Random Field に基づくリラクサ固溶

体 $(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$ 単結晶の圧電特性,

強誘電体応用会議 (FMA)

石橋善弘,

反強誘電体 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (ADP) の pseudo spin model,

誘電体セミナー

前川直紀、岩田真、青柳倫太郎、前田雅輝、石橋善弘,

ポーリングした BaTiO_3 単結晶の誘電異方性,

日本物理学会秋季大会（大阪府立大学）

飯島直也、岩田 真、青柳倫太郎、前田雅輝、石橋善弘,

$\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ の電場誘起菱面体 - 正方晶相転移,

日本物理学会秋季大会（大阪府立大学）

加藤貞治、岩田 真、青柳倫太郎、前田雅輝、石橋善弘,

$\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ 混晶の電場誘起臨界点,

日本物理学会秋季大会（大阪府立大学）

岩田 真、石橋善弘,

90° ドメイン壁から離れた位置でのインディカトリックスの回転,

第 20 回日本 MRS 学術シンポジウム

石橋善弘,
KDP/ADP の pseudo spin model,
誘電体セミナー

岩田 真, 石橋善弘,
 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ の臨界点近傍の PNR,
日本物理学会 (新潟大学) 震災のため中止 (発表扱い)

学外での学会活動

Integrated Ferroelectrics 誌 編集委員 (渡部)
The 7th Korea-Japan Conference on Ferroelectricity (KJCFE-7), 組織委員
RCBJSF-9 (The 9th Russian-CIS-Baltic-Japan Symposium on Ferroelectricity), 組織委員
ISAF-ECAPD 2010 (イギリス) 座長
AMF-AMEC-2010 (Cheju) 座長
The 3rd Workshop for Emergent Materials Research (Asia Pacific Center for Theoretical Physics) 座長
日本物理学会, 代議員.
日本物理学会九州支部, 幹事.

その他の活動と成果

日本学術振興会 “ナノ物質量子相の科学” に関する研究開発専門委員会委員 (渡部)
国際高等研究所 ナノ物質量子相の科学 委員 (渡部)
日本学術振興会 業務 (渡部)
村田学術振興財団 選考委員
宮崎県宮崎南高校出前講義
高校生のための物理学科体験入学講師

低次元電子物性

研究室構成員

篠崎文重 教授

矢山英樹 准教授

山田和正 助教 小久保伸人 助教 (共同研究者、高等教育開発推進研究センター)

《 大学院 博士課程 》

小林竜馬

《 大学院 修士課程 》

高田聡 田崎茂 吉村哲也 滝川陽介

中西倫宏 金崎直史

《 学部 卒業研究生 》

日高和也 松本直樹 尾堂智隆 成清敬史

源島久志 下岡孝明

金田大輝 八山陽介

《 訪問研究者 》

Ali Gamal Rabie Hafez Elnasser

担当授業

力学基礎・同演習 (篠崎文重)、3年生ゼミナール (篠崎文重)、物理学特別研 I (篠崎文重、矢山英樹、山田和正)、物理学特別研 II (篠崎文重、矢山英樹、山田和正)、学生実験 (矢山英樹、山田和正)、電磁気学 II (矢山英樹)

研究・教育目標と成果

(1) 縮退半導体 $(\text{In}_2\text{O}_3)_{1-x}(\text{ZnO})_x$ 膜の超伝導特性 (高田、小久保、山田、篠崎)
IZO 膜における超伝導機構の解明を目指し、重量比 x 、アニール時間や温度が異なる膜を作成し、実験を行った。また、IZO 膜の超伝導が本質的であり、アニールにより析出した In によるものではないことを確認するため、X線回折 (XRD) より結晶構造及び結晶性を、高角度散乱暗視野走査透過型電子顕微鏡 (HAADF-STEM) と電子エネルギー損失分光法 (EELS) で微細構造を調べた。

HAADF-STEM 画像からは In 析出物は確認できなかった。一方 EELS で走査し、In マッピングした像から In が析出していることがわかるが、分布が拡散しており、In によりパス形成はないと考えられ、IZO 膜の超伝導が本質的であることが確認された。重量比 x 、アニール時間や温度が異なる全ての膜のキャリア数による抵抗の振る舞いから超伝導は T - n diagram で釣鐘型の枠内に限られ、超伝導性とキャリア数との相関が示唆される。また、IZO 膜の電気輸送特性はキャリア数により超伝導、絶縁体、金属の三つの相からなることがわかった。

(2) アモルファス超伝導体における磁束格子の駆動運動と格子方位 (吉村、小久保、篠崎)

超伝導体に直流電流を流すと磁束は電流に比例する駆動力を受け運動する。動摩擦と静摩擦の違いと同様に、フロー状態では、母体の超伝導体から受ける影響が有効的に減少し、特に高速では、その影響はほとんどない。このため駆動することにより、格子方位の問題を単純化して調べることが可能となる。我々は、磁束格子の運動の周期性を共鳴的に捉えるモードロック共鳴実験により格子方位を決定できることを見出してきた。本研究ではこの共鳴実験手法を用いて、傾斜磁場下を含む様々な条件の下、超伝導母体からの影響 (ピン止め中心の影響) が弱いアモルファス超伝導体において系統的に格子方位の問題を調べ、以下の結果を得た。i) 格子方位は運動方向に格子ベクトルが揃う平行と、垂直な 2 つの方位で特徴づけられる。ii) 駆動力・磁場 (または温度)・磁場傾斜により方位の回転が起こる。iii) 温度-磁場、磁場-駆動力、駆動力-傾斜角度に関する格子方位の動的な相図が確認された。「試料の形状や磁場傾斜による格子ゆがみではなく、駆動力によって定まるフロー状態特有の現象である」ことを示唆する。さらに、動的相図が面内の磁場回転に対して、三角格子の構造を反映した 6 回の回転対称性を満たすこともわかった。

(3) In/Mo 細線、及び NbN 細線の超伝導特性 (田崎、篠崎)

我々は Mo 下地膜上の In 超伝導薄膜を FIB (Focus Ion Beam) 技術により微細加工した In/Mo 細線、及び電子ビームリソグラフィにより作成した NbN 細線の超伝導特性の解明を目指し研究を行った。In/Mo、NbN 試料は、電子ビームリソグラフィにより細線化した。In/Mo 細線では、高温側の $0 < H < 4T$ における磁場中転移から、臨界磁場の温度依存性 $H_{C2}(T)$ を解析した。この結果、理論的に予想される 1 次元的な振る舞い、 $H_{C2}(T) \propto (1 - T/T_C)^{1/2}$ は見られないものの、加工による影響が確認された。また、元素分析から、FIB による影響を詳しく調べたところ、照射による加工部分を中心に Ga の分布が確認され、加工による Ga の影響を大きく受けていることが分かった。NbN 細線の測定では、膜厚、長さ、幅共に等しい二つの試料について測定を行った。その

結果、電子局在と超伝導揺らぎの競合によりほぼ 20 K 付近で抵抗がピークをとり、温度低下に伴い抵抗が徐々に減少し、 $T_C = 8.9$ K 及び、9.2 K の超伝導転移が観測された。20 K 以下の抵抗の温度依存性を、1 次元、及び 2 次元系に対する超伝導揺らぎの理論で解析した。その結果、2 次元系に対する理論に比べて、1 次元系に対する理論の方が、より実験を再現できた。しかし、 $H_{C2}(T)$ の 1 次元的振る舞いは、 $dH_{C2}(T)/dT$ からおよそ見積もったコヒーレンス長 $\xi(0)$ の短さを反映して、極 T_C 近傍に限られた。その結果、次元性については、はっきりと断定できなかった。

(4) Polyaniline の輸送特性に及ぼすドーピング効果 (滝川、山田、篠崎)

高分子の高い導電率をもたせる 2 次ドーピングのメカニズム解明を目的に実験研究を行った。一次ドーピングとしてスルホコハク酸エステル、二次ドーピングとして m-cresol を用いた。m-cresol 濃度と抵抗率の関係を詳細に測定したところ、ドーパント濃度が 1% ~ 10% の間で抵抗率が約 3 桁変化すること、また 5% 以上で室温付近以上において $d\rho/dT > 0$ の金属的な伝導を示すことを見出した。さらに、この金属-絶縁体転移 (M-I 転移) のメカニズムを理解する目的で R_h 、 S を測定した。その結果、 R_h が測定可能な 2.5% 以上の試料に対して、抵抗率の減少に従って Hall 移動度が増加していること、また ρ の変化が大きい 1% ~ 10% の間で S が顕著な変化をしていないことから、キャリア密度 n に関する物理量の変化による影響は小さいことが分かり、キャリア移動度 μ に関わる物理量が M-I 転移を引き起こしていると考えられる。

(5) In-Zn-Ga-O 膜の輸送特性に与える熱処理効果 (江崎、篠崎)

酸化物系のキャリアは主として酸素欠損に由来する電子が担っていると考えられている。As-depo. 膜の ρ は作成条件、特に酸素濃度に大きく依存するが、熱処理によっても ρ 、キャリア数 n を制御でき、金属的特性から半導体特性まで幅広く変化することが可能である。キャリア数を減少させ、半導体的な温度特性を持つ試料の輸送特性や磁気抵抗を詳細に調べ、電気伝導機構解明を目的として実験を行った。In-Zn-Ga-O 3 次元膜 ($d = 350$ nm) を大気中で熱処理し、 $\rho(300$ K) が 1 桁以上異なる膜を準備した。 $2 < T < 50$ K, $0 < H < 5$ T の範囲で $\rho(T)$ 、ホール係数 $R_h(T)$ 、および磁気伝導度 $\Delta\sigma(T, H) = [1/\rho(T, H) - 1/\rho(T, 0)]$ の測定を行った。熱処理温度 $T_a = 250$ 、大気中 2h アニールした試料は $\Delta\sigma(T, H) > 0$ である。より高い温度で熱処理した高抵抗膜では in, so の比は小さくなり、反局在領域に近づいていることを示唆している。熱処理温度を系統的に変化させたアニール膜の実験結果から $\Delta\sigma(T)$ の符号クロスオーバーを見出し、局在から反局在への変化を見出した。

(6) サブ GHz 帯域で捉えた磁束格子フローのモードロック共鳴と形状効果 (多持、小

久保、篠崎)

第二種超伝導体において電流駆動された磁束量子のフロー状態は、駆動速度に応じて磁束配列の並進・回転対称性が動的に変化し、動的固化や格子方位の回転など多彩な物理現象を伴う大変興味深い問題である。我々は、デピニング点から磁束フロー不安定点までの全磁束フロー領域に及ぶ磁束フロー状態を磁束配列の秩序性も含めて理解することを目指し、通常の輸送測定に磁束配列の周期性を捉えるモードロック共鳴法を合わせて、実験を行った。今年度は、共鳴実験の測定周波数帯域をこれまでの数 MHz からサブ GHz まで拡張し、高速域における磁束運動の周期性を捉えることに成功した。方位に関する共鳴条件と実験結果との比較から 100 MHz 付近で低速側の垂直な格子方位から高速側の平行な格子方位へ回転することが分かった。

(7) 金属表面上に這わせた超流動ヘリウム膜上の 2 次元電子系 (中西、矢山)

酸化を抑えるために金をメッキした金属上に超流動ヘリウム膜を這わせ、その上に 2 次元電子系を形成した。その電子を洗い流し法でバルクヘリウム上に移動させ、Sommer-Tanner 法で密度を測定した。その結果、電子はヘリウム膜上に存在できることがわかったが、密度はバルク上のものより低いことも明らかになった。

(8) ヘリウム膜上の 2 次元電子系の逸出率の測定

超流動ヘリウム膜上の 2 次元電子系を電場により取り去る実験の準備を行った。取り去る際の電流を測定することにより電子の移動を観測できる。そのために、低温で動作する電流増幅器の開発を行った。低温でもキャリアが凍結しない MOSFET を選び動作実験を行い、良好に動作することを確認した。

発表論文

《 原著論文 》

1) Lattice orientation of driven vortex matter in amorphous MoGe films:

N. Kokubo, T. Nishizaki, B. Shinozaki and P. H. Kes,

Physica C 470 (2010) 43–47.

2) Transport properties and microstructures of polycrystalline In_2O_3 -ZnO thin films:

K. Makise, K. Mitsuishi, N. Kokubo, T. Yamaguchi, B. Shinozaki, K. Yano, K. Inoue,

and H. Nakamura,

J.Appl.Phys.107 (2010) 113701.

3) Scanning SQUID Microscope Study of Vortex Polygons and Shells in Weak pinning Disks of an Amorphous Thin film:

N. Kokubo, S. Okayasu, A. Kanda and B. Shinozaki,
Phys. Rev. B 82 (2010) 014501-1–014501-8.

《 その他の論文 》

日本国特許、「比熱測定方法及び熱伝導率測定方法」、発明者：矢山英樹、出願者：九州大学、特願 2010 - 274047

講演

《 海外での講演 》

Hideki Yayama,
Development of cryogen-free dilution refrigerator,
Seminar at Rutherford Appleton Laboratory, Oxford, UK

《 国内での講演 》

1) 強く乱れた $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ のホール移動度、山田和正、篠崎文重、矢野公規、笈井重和、中村浩昭

日本物理学会秋季大会 平成 22 年 9 月 24 日 大阪府立大学

2) 超伝導/微小強磁性複合構造における磁束フロー、多持洋孝、吉村哲也、小久保伸人、篠崎文重

日本物理学会秋季大会 平成 22 年 9 月 24 日 大阪府立大学

3) 走査型 SQUID 顕微鏡で直接観測した微小超伝導体の磁束配列とピン止めの効果、小久保伸人、岡安悟、神田晶申、篠崎文重、日本物理学会秋季大会 平成 22 年 9 月 24 日 大阪府立大学

4) a-NbGe 超伝導膜の傾斜磁場下における磁束格子フローの格子方位回転 II、吉村哲也、小久保伸人、篠崎文重 日本物理学会秋季大会 平成 22 年 9 月 24 日 大阪府立大学

- 5) 導電性高分子ポリアニリン膜における抵抗率、キャリア数の温度依存性、滝川陽介、山田和正、小久保伸人、篠崎文重、板東徹、黒田憲寛、中村浩昭 第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日
- 6) 延伸された高分子ポリアニリン膜の電気輸送特性、源島久志、滝川陽介、山田和正、小久保伸人、篠崎文重、安田剛、板東徹、黒田憲寛、中村浩昭, 第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日
- 7) 導電性高分子膜にけるゼーベック係数のドーパント量依存性、成清敬史、滝川陽介、山田和正、小久保伸人、篠崎文重、板東徹、黒田憲寛、中村浩昭, 第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日
- 8) $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ 膜の超伝導特性、高田聡、牧瀬圭正、山田和正、小久保伸人、篠崎文重、矢野公規、中村浩昭第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日
- 9) In-Zn-Ga-O 3 次元膜の磁気抵抗、電子局在と熱処理効果、江崎翔平、牧瀬圭正、山田和正、小久保伸人、篠崎文重、筈井重和、矢野公規、中村浩昭, 第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日
- 10) 2,3 次元 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ 膜の磁気抵抗に及ぼす熱処理効果、日高和也、江崎翔平、牧瀬圭正、小久保伸人、篠崎文重、筈井重和、矢野公規、中村浩昭, 第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日
- 11) 多結晶酸化物半導体 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ の有効ホール移動度と結晶粒界、松本直樹、山田和正、小久保伸人、篠崎文重、矢野公規、中村浩昭, 第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日
- 12) サブ GHz 帯域で捉えた磁束格子フローのモードロック共鳴と形状効果、多持洋孝、小久保伸人、篠崎文重、西寄照和、小林典男、日本物理学会第 66 年次会、新潟大学平成 23 年 3 月 25 日
- 13) In-Zn-Ga-O 膜の輸送特性に与える熱処理効果江崎翔平、牧瀬圭正、浅野貴行、篠崎文重、山田和正、筈井重和、矢野公規、中村浩昭、春季応用物理学会、神奈川工業大学 2011 年 3 月 25 日

14) 可溶性導電性高分子ポリアニリン膜の輸送特性評価、滝川陽介, 成清敬史, 源嶋久志, 山田和正, 篠崎 文重, 黒田 憲寛板東徹, 中村 浩昭、春季応用物理学会、神奈川工業大学、2011年3月26日

15) Tilt angle dependence of vortex lattice orientation in the flux flow state for amorphous NbGe superconducting films detected by mode locking experiments, T. Yoshimura, N. Kokubo and B. Shinozaki, 23th International symposium on Superconductivity. October, 2010, Tsukuba, Ibaragi

16) Superconducting characteristics and microstructure of polycrystalline In_2O_3 films, B. Shinozaki, S. Takada, N. Kokubo, K. Makise, K. Mitsuishi, K. Yamada, K. Yano, H. Nakamura 23th International symposium on Superconductivity. October, 2010, Tsukuba, Ibaragi

17) Superconductivity of In/Mo narrow wire fabricated using focusing ion beam, Y. Matsubara, S. Tasaki, K. Makise, N. Kokubo, K. Yamada, K. Mitsuishi and B. Shinozaki, 23th International symposium on Superconductivity. October, 2010, Tsukuba, Ibaragi

18) 金属基板を覆うヘリウム膜上 2 次元電子系の輸送特性、中西倫宏、金崎直史、矢山英樹、第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日

19) 機械式冷凍機を用いた液体ヘリウムフリー希釈冷凍機の振動解析、金崎直史、Ali G. Hafez、矢山英樹、第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日

20) タングステン磁気抵抗熱スイッチの特性、金田大輝、八山陽介、矢山英樹、第 116 回日本物理学会九州支部例会 長崎大学、2010 年 12 月 4 日

学部 4 年生卒業研究

- 1) 源嶋久志 (指導教員: 篠崎、山田): 延伸された高分子ポリアニリン膜の電気輸送特性
- 2) 成清敬史 (指導教員: 篠崎、山田、小久保): 導電性高分子膜にけるゼーベック係数のドーパント量依存性

- 3) 日高和也 (指導教員: 篠崎、山田): 2, 3次元 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ 膜の磁気抵抗に及ぼす熱処理効果
- 4) 松本直樹 (指導教員: 篠崎、山田): 多結晶酸化物半導体 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ の有効ホール移動度と結晶粒界
- 5) 下岡孝明 (指導教員: 篠崎、山田、小久保): a-NbGe 超伝導膜における磁束格子フロアと磁気相図
- 6) 尾堂智隆 (指導教員: 篠崎、山田、小久保): アモルファス NbGe 超伝導膜における臨界電流と形状効果
- 7) 金田大輝 (指導教員: 矢山英樹): 磁気冷凍機の開発
- 8) 八山陽介 (指導教員: 矢山英樹): 磁気冷凍機用タンゲステン熱スイッチの開発

修士論文

- 吉村哲也 (指導教員: 篠崎、小久保): アモルファス超伝導体における磁束格子の駆動運動と格子方位
- 高田聡 (指導教員: 篠崎、山田、小久保): 縮退半導体 $(\text{In}_2\text{O}_3)_{1-x}(\text{ZnO})_x$ 膜の超伝導特性
- 滝川陽介 (指導教員: 篠崎、山田): Polyaniline の輸送特性に及ぼすドーピング効果
- 中西倫宏 (指導教員: 矢山英樹): 金属基板を覆う超流動ヘリウム膜上の 2 次元電子系

博士論文

- 山中修司:(指導教員、矢山英樹): Damping of novel edge-excitation in a two-dimensional electron system on liquid helium、2011 年 2 月

受託研究・民間との共同研究

篠崎: 「有機・無機導電材料の基礎物性測定及び測定結果の解析」出光興産 (株) 先進技術研究所との共同研究

矢山: 「極低温クライオスタットの開発」(株) 低温技術研究所との共同研究

複雑物性基礎

研究室構成員

木村康之 教授

町田光男 准教授 水野大介 特任准教授（九大SSP）

岩下靖孝 助教

《 大学院 修士課程 》

沖 佑馬 木下 英 黒山晃司 近藤 昇

高崎広太 豊田聖啓 中原大志 青木辰徳

國崎泰史 佐々百合子 中間 悠 石橋優作

相藤貴之 榎田修治

《 学部 卒業研究生 》

柴田就平 山田宗太郎 津田雅俊 桴海文吾

野口朋寛 藤川淳也 高橋寿明

担当授業

電磁気学 (木村康之)、熱と波動論基礎 (木村康之)、物性物理学 I(木村康之)、物理学 III(木村康之)、複雑系物理学 (木村康之)、物理学総合実験 (町田光男)、最先端物理学 (町田光男)、物理学総論 (町田光男)、熱と波動論基礎 (水野大介)、物理学総合実験 (岩下靖孝)

研究・教育目標と成果

《 今年度の目標 》

新規なレーザートラップ手法の開発や、それによる力測定・粒子操作をコロイド系や2分子膜系に適用し、その物性測定及び非線形挙動の解明を行なうことを目指した。(1 , 4 , 5 , 9)

複雑なソフトマター複合系における局所レオロジー挙動や相分離過程などを詳細に研究することを目指した。(2 , 3 , 6 , 7 , 8 , 10 , 11 , 12)

水素結合型物質のトンネル現象を実験的に調べることを目的とした。(13)

イオン液体のガラス転移を NMR で調べることを目的とした。(14)

《今年度の成果》

(1) ネマチック液晶中のコロイド粒子間相互作用の研究(近藤、桴海、岩下、木村)

ネマチック液晶中にミクロンサイズのコロイド粒子を分散させるとその界面での液晶配向状態に依存して、コロイド間に液晶の弾性を媒介とした相互作用が働くことが知られている。われわれは2本の光ピンセットを用いて2つのコロイド粒子を捕捉し、それらの距離を変化させつつ、トラップ位置の微小な変化をその顕微鏡像から観測することで粒子間相互作用の直接測定を行った。本年度はことに、その粒子間相互作用が温度、セルの厚さや配置によって変化することを実験および数値シミュレーションによる理論により明らかにした。

(2) 高分子 - 液晶混合系の相分離ダイナミクスの研究(國崎、木村)

ネマチック液晶に少量の高分子を混合した系における相分離過程のダイナミクスを顕微鏡観察から観測した。本年度は特にその急冷幅が形成される構造や構造形成の時間発展に及ぼす影響を調べ、規則的な直鎖構造が限られた領域で起こることを明らかにした。

(3) 拘束空間中での高分子のダイナミクス(高崎、木村)

高分子を壁の間にはさんで擬似2次元空間内に拘束すると、自由空間とは大きく異なった運動を示す。これを実験的に検証する為に、DNA 1分子の蛍光顕微鏡観察を行った。ことに本年度は蛍光画像から高分子の動径分布関数を計算するとともに、シミュレーションの結果と比較を行なった。さらに、DNA濃度による拘束の影響の変化を観測し、従来の理論との比較を行なった。

(4) ホログラフィック光ピンセットの開発(佐々、柴田、津田、岩下、木村)

光空間変調器を用いて、位相ホログラムを作成し、多点の光トラップを可能にした。開発されたシステムを用いて、3次元的光トラップならびに粒子に角運動量を与える光渦の作成を行い、リミットサイクル運動・クラスター形成などその非線形挙動の一端を解明した。

(5) コロイド結晶の融解過程の研究(沖、相藤、岩下、木村)

光ピンセットのレーザーを導電性薄膜に照射することで作成した、局所熱勾配を用いて粒子を集積し、コロイド結晶を作成した。さらに、レーザー照射を止めることで、この2次元コロイド結晶の融解過程に関し、顕微鏡による実時間観察を行なった。その結果、融解は結晶境界からだけでなく、内部からも進行することが明らかとなった。

(6) ヤヌス粒子の作成とその凝集構造の研究 (國崎、野口、岩下、木村)

シリカ粒子へ金蒸着し、それをチオール化することにより、親水面・疎水面を持った両親媒性コロイド粒子 (ヤヌス粒子) を作成した。さらに極性-非極性液体混合系において、実際にそれらの凝集構造を形成することに成功した。

(7) 動的光散乱による液晶配向揺らぎの観察 (中原、岩下、木村)

動的光散乱光学系を構築した。それにより液晶配向揺らぎのバンドモードの測定を行い、理論に一致する結果を得た。

(8) 生きた細胞骨格の非平衡ゆらぎ (豊田、木下、水野、木村)

アクチン、ミオシンゲルに A T P を添加した系に分散させたコロイド粒子の運動を van Hove 相関関数や非ガウスパラメータを用いて評価することで、その非平衡度の実験的な評価に成功した。

(9) 混合脂質リポソームの光ピンセットによる変形と力測定 (中間、岩下、木村)

脂質からなるミクロンサイズのベシクル構造 (リポソーム) 内に 2 つのコロイド粒子を挿入し、それぞれを 2 つのレーザーにより引っ張ると、ベシクルが球状 レモン状 球 + 棒状と変化する。多成分脂質からなるベシクルを変形させたところ、相分離と変形とに強い相関が現れた。

(1 0) 新規な水中自己保持スメクチック膜の実現 (岩下、木村)

サーモトロピック液晶は、界面活性剤の存在下では水 - 液晶界面に対し垂直配向することが知られている。この効果を利用し、リン脂質膜と同じような自己保持スメクチック薄膜を水中に形成することに成功した。

(1 1) 液晶電気対流系の 3 次元観察 (石橋、山田、岩下、木村)

負の誘電率異方性を持つ液晶に電場を印加する事により生じる電気対流に対し、液晶配向方向を反映した蛍光を発する色素を用い、3 次元的に対流構造を観察した。

(1 2) リオトロピック液晶の核形成・成長キネティクスの研究 (青木、岩下、木村)

リオトロピック液晶のスポンジ ラメラ相転移において、条件により様々な核形成・成長キネティクスが現れることを見出した。

(1 3) 水素結合型物質の研究 (町田光男、榎田修治)

KHCO₃、KH₃SeO₃ においてプロトンがトンネリングしていることが分かった。

(1 4) イオン液体の研究 (町田光男、坂口啓志、黒山晃司、吉野貴保子)
過冷却状態からの構造緩和、ガラス相の運動を明確にできた。

《 来年度の目標 》

研究 (1 - 1 1) のさらなる発展、及び教育の充実。

発表論文

《 原著論文 》

Dependence of interparticle force on temperature and cell thickness in nematic colloids:
Noboru Kondo, Yasutaka Iwashita and Yasuyuki Kimura,
Phys. Rev. E. **82** 020701(R) (2010)

Local mechanical properties of a hyperswollen lyotropic lamellar phase:
Naoki Yamamoto, Masatoshi Ichikawa and Yasuyuki Kimura,
Phys. Rev. E. **82** 021506(R) (2010)

Crossover behavior in static and dynamic properties of a single DNA molecule from
three to quasi-two dimensions:
Hitoshi Uemura, Masatoshi Ichikawa and Yasuyuki Kimura,
Phys. Rev. E **81**, 051801 (2010)

Smectic membranes in aqueous environment:
Yasutaka Iwashita, Stephan Herminghaus, Ralf Seemann and Christian Bahr
Phys. Rev. E **81**, 051709 (2010)

Neutron Structure Analysis of Paraelectric and Ferroelectric Phases of
(CH₃)₂NH₂H₂PO₄,
M. Machida, E. Magome and M. Komukae,
Ferroelectrics, in print

講演

《 海外での講演 》

Smectic membranes in aqueous environment:

Y. Iwashita, S. Herminghaus, R. Seemann, C. Bahr and Y. Kimura

International Soft Matter Conference 2010, Granada, Spain

Pattern evolution of an edge dislocation array in a lyotropic lamellar phase confined in a wedge-shaped cell:

Y. Iwashita and H. Tanaka

International Soft Matter Conference 2010, Granada, Spain

Temperature and confinement effect on interparticle force:

N. Kondo, Y. Iwashita and Y. Kimura

23rd International Liquid Crystal Conference, Krakow, Poland

Interparticle force in nematic colloids - comparison between experiment & theory

Y. Kimura

23rd International Liquid Crystal Conference, Krakow, Poland

《 国内での講演 》

Formation and melting of a finite-size two-dimensional colloidal crystal:

T. Aito, Y. Oki, Y. Iwashita and Y. Kimura

International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010

Nucleation and growth of a lamellar phase from isotropic phase in a lyotropic liquid crystal:

T. Aoki, Y. Iwashita and Y. Kimura

International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010

Interparticle force in nematic colloids:

T. Kishita, K. Takahashi, M. Ichikawa, J-I. Fukuda and *Y. Kimura

International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010

Dynamics of phase separation in soft nematic colloids:

T. Kunisaki, Y. Iwashita and Y. Kimura

International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010

Phase separation dynamics in a ternary liposome under deformation:

Y. Nakama, Y. Shitamichi Y. Iwashita and Y. Kimura

International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010

Collective dynamics of driven spheres on a one-dimensional ring:

Y. Sassa, N. Yamamoto, Y. Iwashita and Y. Kimura

International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010

Free-standing smectic films in aqueous environment:

Y. Iwashita, S. Herminghaus, R. Seemann, C. Bahr and Y. Kimura

International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010

ネマチック液晶における電気対流パターンの3次元像:

石橋優作, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 2010 年秋季大会

リオトロピック液晶の等方 ラメラ相転移における核形成・成長:

青木辰徳, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 2010 年秋季大会

液晶 - 高分子混合系の相分離ダイナミクス:

國崎泰史, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 2010 年秋季大会

円環上での光で駆動されたコロイド粒子の集団運動:

佐々百合子, 山本直樹, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 2010 年秋季大会

集光レーザー光によるコロイド粒子の構造形成:

相藤貴之, 沖佑馬, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 2010 年秋季大会

変形下での混合脂質ベシクルの相分離挙動:

中間悠, 下道陽子, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 2010 年秋季大会

液晶電気対流パターンの 3 次元観察:

石橋優作, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 2010 年秋季大会

蛍光共焦点偏光顕微鏡法を用いた液晶の 3 次元観察:

山田宗太郎, 石橋優作, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

動的散乱法を用いた液晶のゆらぎのダイナミクス:

中原大志, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

リオトロピック液晶におけるラメラ相の成長機構の解明:

青木辰徳, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

ネマチック液晶中のコロイド粒子の物性 1:

桴海文吾, 近藤昇, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

ネマチック液晶中のコロイド粒子の物性 2:

近藤昇, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

ホログラフィック光ピンセットを用いたコロイド粒子のダイナミクスの研究 (1):

津田雅俊, 柴田就平, 佐々百合子, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

ホログラフィック光ピンセットを用いたコロイド粒子のダイナミクスの研究 (2):

柴田就平, 津田雅俊, 佐々百合子, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

光で駆動されたコロイド粒子の集団運動:

佐々百合子, 柴田就平, 津田雅俊, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

集光レーザー光によるコロイド凝集体の構造形成:

相藤貴之, 沖佑馬, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

孤立した二次元コロイド凝集体の構造形成と融解:

沖佑馬, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

異方性微粒子分散系の物性 I:

野口朋寛, 國崎泰史, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

異方性微粒子分散系の物性 II:

國崎泰史, 野口朋寛, 岩下靖孝, 木村康之

第 116 回日本物理学会九州支部例会

ヤヌス粒子分散系の構造形成:

岩下靖孝, 國崎泰士, 野口朋寛, 木村康之

日本物理学会 第 66 回年次大会

流体力学的相互作用により誘起されたコロイド粒子の集団運動:

佐々百合子, 柴田就平, 津田雅俊, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 第 66 回年次大会

ヤヌス粒子の作成とその物性:

野口朋寛, 國崎泰史, 岩下靖孝, 木村康之

日本物理学会 第 66 回年次大会

蛍光共焦点偏光顕微鏡を用いた液晶電気対流系の 3 次元観察:

石橋優作，岩下靖孝，木村康之
日本物理学会 第 66 回年次大会

ネマチックコロイドの粒子間相互作用
近藤昇，岩下靖孝，木村康之
日本物理学会 第 66 回年次大会

リोटロピック液晶におけるラメラ相の核形成・成長機構の解明:
青木辰徳，岩下靖孝，木村康之
日本物理学会 第 66 回年次大会

円環上を駆動されたコロイド粒子の構造形成:
柴田就平，津田雅俊，佐々百合子，岩下靖孝，木村康之
日本物理学会 第 66 回年次大会

イオン液体 emimBF₄ の NMR:
高橋寿明、町田光男
第 17 回中国四国北部九州地区誘電体セミナー（山口大学、2010 年）

RbH₂PO₄ の NMR:
榎田修治、町田光男
第 17 回中国四国北部九州地区誘電体セミナー（山口大学、2010 年）

イオン液体 bmimBr の NMR:
藤川淳也、町田光男
第 17 回中国四国北部九州地区誘電体セミナー（山口大学、2010 年）

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》
文部省科学研究費補助金、特定領域研究
ソフトマターのメソスコピック界面ダイナミクスとその応用
研究代表者：木村康之

文部省科学研究費補助金、基盤研究(B)

3次元マイクロレオロジーを用いたソフトマターの時空間階層構造の解明

研究代表者：木村康之

文部省科学研究費補助金、基盤研究(C)

水素結合型誘電体の量子効果の検証

研究代表者：町田光男

文部省科学研究費補助金、若手研究(スタートアップ)

界面物性の連続制御を用いた液晶低次元系における相転移揺らぎの物理の解明

研究代表者：岩下靖孝

他大学での研究と教育

集中講義：京都大学理学研究科物理学教室（11月、木村）、東京大学工学系研究科

物理工学専攻（7月、木村）

客員教授：東京大学工学系研究科特定客員大講座（木村）

学部4年生卒業研究

柴田就平：(指導教員、木村康之)：異なる粒径の粒子多体系のダイナミクス

山田宗太郎：(指導教員、木村康之)：蛍光共焦点偏光顕微鏡法による液晶の3次元観察

津田雅俊：(指導教員、木村康之)：ホログラフィック光ピンセットによるパターン制御

桴海文吾：(指導教員、木村康之)：ネマチックコロイドの異方的粒子間相互作用

野口朋寛：(指導教員、木村康之)：ヤヌス粒子の作成とその凝集構造の研究

高橋寿明：(指導教員、町田光男)：イオン液体 emimBF₄ の NMR

藤川淳也：(指導教員、町田光男)：イオン液体 bmimBr の NMR

修士論文

沖 佑馬：(指導教員、木村康之)：孤立した2次元コロイド結晶の融解

近藤 昇：(指導教員、木村康之)：ネマチック液晶中のコロイド粒子間相互作用の研究

中原大志：(指導教員、木村康之)：動的散乱法を用いたソフトマターの物性測定

木下 英：(指導教員、木村康之)：ずり場印加下における Vimentin ネットワークのマ
イクロレオロジー

豊田聖啓：(指導教員、木村康之)：アクチン-ミオシン非平衡ゲルの非熱的揺らぎ

学外での学会活動

2010年日本液晶学会討論会 運営委員 (岩下、木村)

日本物理学会領域12運営委員 (岩下)

日本物理学会領域12副代表 (木村)

日本物理学会領域12若手奨励賞審査委員 (木村)

その他の活動と成果

出前講義：熊本県立熊本北高校(7月、木村)

セミナー：電気泳動光散乱法の基礎(11月、東京、木村)

高校生体験入学講師(3月、岩下)

複雑流体

研究室構成員

鴫田昌之 教授

向井貞篤 特任准教授 (九大 SSP)

《 大学院 修士課程 》

桐木平香 高木一成 藤野雄貴 前田智

横井龍一

《 学部 卒業研究生 》

岡村香奈 山下祐太郎

担当授業

力学基礎・同演習 (鴫田) 熱力学 (鴫田) 自然科学概論 (鴫田他 3 名)

研究・教育目標と成果

1. 単一泡の寿命に及ぼす界面活性剤の効果 (桐木平香・鴫田昌之)

目標

単一泡の寿命と界面活性剤濃度の関係を明らかにすること。

結果

単一泡の寿命は、界面活性剤の濃度とともに単純に増加することがわかった。さらに、臨界ミセル濃度以上の界面活性剤濃度では、単一泡は破壊することなく収縮して消滅することがわかった。すなわち、単一泡は臨界ミセル濃度以上の濃厚な界面活性剤溶液上では極めて長時間安定に存在しうる。この現象は界面活性剤の形成する液膜が黒膜化することによるものであることを仮定し、液膜を介した気体透過モデルを構築した。このモデルによる単一泡の収縮過程と実験で得られる結果とを比較した。この結果、当該モデルが単一泡の収縮する過程を良く再現することがわかった。

2. ソフトマターの高圧下における物性 (藤野雄貴・向井貞篤)

目標

種々のソフトマターに及ぼす圧力の影響を明らかにすること。

結果

ここでは、ベシクルとゲルを対象として測定を行った。ベシクルに関しては、圧力の昇降に対して膜が変形することが明らかとなった。また、この過程においては、膜の破壊も同時に起こっていることを示す結果も得られている。しかしながら、その詳細なメカニズムに関しては明らかになっていない。次に、感熱生ゲルを対象として研究を行った。感熱生ゲルは圧力の増加に伴い収縮することを見いだした。ゲルの収縮は圧力の上昇に伴って疎水相互作用が強くなることを示している。疎水環境に特異的に感応する蛍光色素を用いた測定を行うことにより上の事実を確認した。

3. 擬三次元系の相挙動（高木一成・鴫田昌之）

目的

ゼラチン水溶液の相挙動に及ぼす添加物質の影響を明らかにすること。

結果

本研究では、特に高分子物質であるポリエチレングリコールを微量添加した場合の相挙動を調べた。水溶液に極めて僅かな量の PEG を添加すると、比較的高温において液?液の 2 相分離が観測されることがわかった。PEG の分子量と添加量を変え、様々な条件下で相図を作った。得られた結果は、PEG の添加により、水が強く貧溶媒化していることを示している。

4. 高分子準濃厚溶液界面の単一泡（前田智・鴫田昌之）

目標

高分子濃厚溶液状の単一泡の寿命を明らかにする。

結果

高分子としてポリエチレングリコールを用いて研究を行った。PEG 水溶液上の泡の寿命が極めて不安定であることが明らかとなった。この原因を明らかにする目的で、溶液の動的粘弾性の測定を行った。この結果、PEG 水溶液はかなりの高濃度においても、ニュートン流体的な性質を示すことが明らかとなった。このような純液体に近い流動挙動のため寿命が不安定化しているものと考えられる。

5. 蛋白質の相挙動（横井龍一・鴫田昌之）

目的

蛋白質の相挙動を明らかにすること。

結果

この目的の達成のため、まず光散乱装置を作成し、測定システムを構築した。拡散定数の測定までは及ばなかったものの、散乱角 90 度における絶対散乱強度の測定が可能となった。

装置の信頼性を確認する目的で，典型的な界面活性剤溶液などの相図を作成している．

発表論文

《 原著論文 》

1. Control of Polymer Gel Surface Pattern Formation and Its Three Dimensional Measurement Method:

T. Mizoue, Y. Aoki, M. Tokita, H. Honjo, H.J. Barraza, and H. Katsuragi,
J. Polym. Eng., 30, 523-534 (2010).

著書

1. 初歩から学ぶ力学

巨海・篠崎・武田・鴫田 共著（倍風館）

2. Precipitation Patterns in Reaction-Diffusion System.

Editor: Istvan Lagzi (Research Signpost, 2010)

Chapter 7: Spatial Patterns Induced by Gelation of Polysaccharide Solution.

T. Narita and M.Tokita

講演

《 海外での講演 》

1. On the Pattern Formation of Gels:

M. Tokita

Informal meeting at the Department of Chemistry at the Pennsylvania State University
(Nov. , 2010)

外部資金

《 文部省科学研究費補助金以外の外部資金 》

委任経理金（株式会社ニプロパッチ）

学部4年生卒業研究

1. ゲルのリーゼ GANG 現象 (岡村香奈・鴫田昌之)

一次元拡散-ゲル化反応において観測されるリーゼ GANG 現象の研究を行う。特に，系に印加する電場の影響を明らかにすることを目的に装置の作成と予備実験を行った。

2. 界面活性剤溶液の相挙動 (山下祐太郎・鴫田昌之)

市販の界面活性剤，TRITON-X100 ならびに TRITON-X114 の相図を作成した。

これ以後，この相図をもとにゲル中における構造形成過程を研究する。

構造物性

研究室構成員

武田信一 教授

《 大学院 博士課程 》

田原周太 上野広樹 Rosantha Kumara 島倉宏典

《 大学院 修士課程 》

城納淳 山口展史 脇阪有衣子 安永晃教

《 学部 卒業研究生 》

大庭俊輔 八尋惇平

担当授業

力学基礎・同演習（武田信一）

基礎物理実験学・同実験（武田信一）

研究・教育目標と成果

《 今年度の目標 》

共晶型合金の局所構造と動的性質及び電子物性（上野広樹、山口展史、安永晃教、川北至信、武田信一）

共晶型液体合金及び相分離を内包する液体合金（液体 Bi-Sn, Bi-Zn 合金など）について調べる。液体 Bi について構造の温度変化を調べると共に、小角散乱測定を行い、ミクロ領域での揺らぎと相分離について調べる。

金属ガラスの局所構造と動的性質（山口展史、川北至信、武田信一）

金属ガラス $\text{Cu}_{0.275}\text{Zr}_{0.65}\text{Al}_{0.075}$ の安定化の機構を調べるため X 線弾性、非弾性散乱実験を行い、局所構造及び動的性質を調べる。

Li 超イオン伝導体の構造とイオン伝導経路の解明（城納淳、尾原幸治、武田信一）

Li 超イオン導電体 $[\text{La}_{4/3-y}\text{Li}_{3y}\text{Ti}_2\text{O}_6]$ について温度及び組成を変えてイオン伝導度の測定を行い、伝導機構と活性化過程について調べる。

Ag 超イオン伝導体の構造とイオン伝導経路の解明 (Rosantha、安永晃教、川北至信、武田信一)

Ag-Ge-Se 系超イオン導電性ガラスについて、XAFS 測定を行い、超イオン導電状態転移における Ag イオンの周りの局所構造の変化を求め、構造と銀の伝導経路との関連を調べる。 AgI-AgPO₃ 混合系ガラスについて構造測定を行い、構造とイオン伝導度、銀の伝導経路との関連を調べる。

超イオン導電性熔融塩の構造 (田原周太、上野広樹、川北至信、武田信一)

超イオン導電性メルト状態を形成する AgI に通常のアリカリハライド熔融塩との混合系で Ag イオン間の揺らぎや超イオン導電メルトとの関連を調べる。

分子性液体の構造とダイナミクス (島倉宏典、川北至信、武田信一)

配向相関を持つ分子性液体二酸化塩素について RMC 構造モデリングによる解析をまとめ、液体中における分子における構造と運動とをまとめる。

イオン液体の液体の構造 (脇阪有衣子、島倉宏典、川北至信、武田信一)

イオン液体 (ヘキサフルオロフォスファート イミダゾリウム塩等) について X 線構造測定及び光散乱測定を行い RMC 構造モデリングを行うと共に液体中における分子の運動を調べる。

《 今年度の成果 》

共晶型合金の局所構造と動的性質及び電子物性 (上野広樹、安永晃教、武田信一、川北至信)

共晶型液体合金及び相分離を内包する液体合金 (液体 Bi-Sn, Bi-Zn 合金など) について高エネルギー X 線回折実験及び小角散乱実験を行い、RMC 構造モデリングとからミクロ領域での揺らぎと相分離挙動について報告してきた。また貴金属-IV 属の共晶型合金の構造については中性子回折実験とから構造の詳細を得て報告してきた。

金属ガラスの局所構造と動的性質 (山口展史、川北至信、武田信一)

金属ガラス Cu_{0.275}Zr_{0.65}Al_{0.075} の SPring8BL04B2 で X 線弾性散乱測定を、BL035XU で X 線非弾性散乱測定を行い、RMC 構造モデリングにより構造の局所構造の詳細と動的音速などダイナミクスに関する詳細を得て報告してきた。

Ag 超イオン伝導体の構造とイオン伝導経路の解明 (Rosantha、安永晃教、川北至信、武田信一)

Ag-Ge-Se系超イオン導電性ガラスについて、PAL放射光施設のビームラインでGeのK吸収端でXAFS測定を行い、Geイオンの周りの局所構造を調べた。これらのRMC構造モデリングから超イオン導電状態におけるAgイオンの伝導経路の興味深い局所構造についてはLAM14国際会議で報告してきた。

AgI-AgPO₃の混合系ガラスの構造をPAL放射光施設で温度及び組成を変えて測定を行った。AgIの組成と超イオン導電状態における銀の伝導経路との関連を調べている。

Li超イオン伝導体の構造とイオン伝導経路の解明（城納淳、尾原幸治、武田信一）

逆モンテカルロ法により測定したLi超イオン伝導体のイオン伝導経路について調べている。

超イオン導電性溶融塩の構造（田原周太、上野広樹、川北至信、武田信一）

超イオン導電性メルト状態を形成するAgIとAg₂Seの擬二元混合系溶融塩について組成を変えてX線回折及び中性子回折実験を行った。AgIにAg₂Seが入って行くにつれてAgIで特徴的な1.8(1/A)のプレピークが消失して行くこと、また回折実験及びRMCモデリングの結果からはAg₂Se濃度が増すにつれてAgイオン間の揺らぎが小さくなって行くなど興味深い結果が得られた。これらの結果についてはLAM14国際会議などで発表してきた。

分子性液体の構造とダイナミクス（島倉宏典、川北至信、武田信一）

分子間相関を持つ分子性液体二酸化塩素についてSPring8 BL04B2放射光X線により静的構造を得て、配向相関を持った分子性液体の構造解析におけるRMC構造モデリングの解析を試みている。結晶固体の二量体とは異なるがそれに近い配向相関を有する液体の配位構造及び温度変化を得ている。また極性を持った分子性液体Se-ハロゲンについて中性子準弾性散乱を行い、構造とダイナミクスについての結果を発表してきた。現在液体中における分子の運動を調べており、その分子性液体の構造と運動の可視化を行っている。

イオン液体の液体の構造（脇阪有衣子、島倉宏典、川北至信、武田信一）

イオン液体（ヘキサフルオロフォスファートイミダゾリウム塩等）についてX線構造測定を行い、RMC構造モデリングからイミダゾリウム塩イオン液体の詳細な構造を解析中であるが、途中経過については研究会等で発表してきた。

《 来年度の目標 》

共晶型合金の局所構造と動的性質及び電子物性（上野広樹、川北至信、武田信一）

共晶型液体合金及び相分離を内包する液体合金（液体 Bi-Sn、Bi-Zn 合金など）についてミクロ領域での揺らぎの観点から構造や動的性質についてこれまでの結果をまとめる。

Li 超イオン伝導体の構造とイオン伝導経路の解明（城納淳、八尋惇平、尾原幸治、武田信一）

Li 超イオン伝導体 $[\text{La}_{4/3-y}\text{Li}_{3y}\text{Ti}_2\text{O}_6]$ についての構造の詳細と Li イオンの伝導経路の解明を行う。

Ag 超イオン伝導体の構造とイオン伝導経路の解明（Rosantha、川北至信、武田信一）

Ag-Ge-Se 系超イオン導電性ガラスについて、超イオン導電状態転移における Ag イオンの周りの局所構造の変化及び、構造と銀の伝導経路との関連をまとめる。

AgI-AgPO₃ 超イオン伝導体の構造（安永晃教、川北至信、武田信一）

AgI-AgPO₃ 混合系ガラスについて構造測定を行い、構造とイオン伝導度、銀の伝導経路との関連を調べる。

超イオン導電性溶融塩の構造（上野広樹、田原周太、川北至信、武田信一）

ハロゲン化銀混合系における Ag イオン間の揺らぎや超イオン導電メルトとの関連をまとめる。

分子性液体の構造とダイナミクス（島倉宏典、大庭俊輔、川北至信、武田信一）

配向相関を持つ分子性液体二酸化塩素及び Se-ハロゲン系について RMC 構造モデリングによる解析をまとめ、液体中における分子における構造と運動とをまとめる。

分子性液体の光散乱測定（大庭俊輔、島倉宏典、武田信一）

分子性液体の光散乱測定を行い、分子間相関のダイナミクスを調べる。

イオン液体の液体の構造（脇阪有衣子、島倉宏典、川北至信、武田信一）

イオン液体（ヘキサフルオスファート イミダゾリウム塩等）について構造の詳細及びダイナミクスを調べるために、RMC 構造モデリングに加えて、分子動力学シミュレーションを行う。

溶融酸化物混合系の局所構造（八尋惇平、尾原幸治、武田信一）

高融点のアルミニウム系酸化物混合系の構造をガスジェット浮遊法を用いて測定し、RMC 法モデリングを用いて調べる。

発表論文

《原著論文》

Structural disorder in lithium lanthanum titanate: the basis of superionic conduction
K. Ohara, Y. Kawakita, L. Pusztai, L. Temleitner, S. Kohara, N. Inoue, and S. Takeda
Journal of Physics: Condensed Matter, 22 (2010) 404203.

Concentration Effects of Silver Ions on Forming the Cooperative Conducting Path in
Superionic Melts

S. TAHARA, H. UENO, K. OHARA, Y. KAWAKITA, S. TAKEDA, S. KOHARA,
and S. OHNO

J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) Suppl. A, p. 133 (4 pages).

Structure of eutectic liquids in the Au-Si, Au-Ge, and Ag-Ge binary systems by neutron
diffraction

P. Chirawatkul, A. Zeidler, P.S. Salmon, S. Takeda, Y. Kawakita, T. Usuki and H.E.
Fische,

Phys. Rev. B83, 014203 (2011) (10 pages).

著書

初歩から学ぶ力学

巨海玄道、篠崎文重、武田信一、鴫田昌之 共著 (培風館)

講演

《海外での講演》

Cation exchange effects on ionic conductivities of molten silver halides:

S. Tahara, S. Ohno, T. Okada, Y. Kawakita, and S. Takeda,

XIV Liquid and Amorphous Metals Conference, 2010, July, Rome, Italy.

Local Structure of Superionic Glass $\text{Ag}_x(\text{GeSe}_3)_{1-x}$, $x = 0.565$:

L.S.R. Kumara, K. Ohara, Y. Kawakita, S. Kohara, P. Jovari, M. Hidaka, N.E. Sung,
B. Beuneu and S. Takeda,

XIV Liquid and Amorphous Metals Conference, 2010, July, Rome, Italy.

《国内での講演》

逆モンテカルロ法を利用した Li 系超イオン伝導体のイオン伝導経路の解明

尾原幸治, 川北至信, 小原真司, 武田信一, 井上直樹

応用物理学会中国四国支部 日本物理学会中国支部・四国支部 日本物理教育学会中国四国支部術講演会, 2010年7月31日, 高知

回折・散乱法による非晶質材料の構造とダイナミクス

川北至信、武田信一

第71回応用物理学会、2010年9月17日（長崎）

熔融 Rb_xAg_{1-x} ハライドのイオン伝導度

田原周太、大野智、岡田龍哉、川北至信、武田信一

日本物理学会 秋季大会 2010年9月23-26日（大阪府立大学）

二酸化塩素分子性液体の分子間配向相関

島倉宏典, 緒方規男, 川北至信, 尾原幸治, 小原真司, 武田信一

大幸薬品セミナー 2010年9月24日

二酸化塩素分子性液体の中距離における分子間配向相関

島倉宏典, 緒方規男, 川北至信, 尾原幸治, 小原真司, 武田信一

日本物理学会 2010年秋季大会 2010年9月26日、（大阪府立大）

配向相関の強い分子性液体 Se_2Br_2 の緩和現象

川北至信、島倉宏典、武田信一

J-PARC/MLF BL01+BL14 研究会、2010年10月29日（東海）

金属ガラス $Cu_{27.5}Zr_{65}Al_{7.5}$ の構造

山口展史, 武田信一, 川北至信, 尾原幸治, 小原真司

第116回日本物理学会九州支部例会, 2010年12月4日（長崎大）

室温イオン液体の構造

脇阪有衣子, 島倉宏典, 尾原幸治, 川北至信, 小原真司, 八尾誠, 永谷清信, Y.J.Park, 武田信一

第116回日本物理学会九州支部例会, 2010年12月4日（長崎大）

AgI-AgPO₃ の構造

安永晃教, 川北至信, 武田信一, 島倉宏典, 小原真司

第 116 回日本物理学会九州支部例会, 2010 年 12 月 4 日 (長崎大)

液体 Se₂Br₂ の中性子準弾性散乱

島倉宏典, 川北至信, 稲村泰弘, 菊地龍弥, 上野広樹, 中村充孝, 中島健次, 河村聖子, 柴田薫, 新井正敏, 武田信一

日本中性子科学会第 10 回年会, 2010 年 12 月 10 日 (仙台)

共晶組成における Bi-Sn 液体合金の構造

上野広樹, 安永晃教, 武田信一, 田原周太, 小原真司, Silvia Imberti, 川北至信

日本中性子科学会年会第 10 回年会, 2010 年 12 月 10 日 (仙台)

高エネルギー X 線回折による [C4mim][PF6] の液体構造に関する研究

脇阪有衣, 島倉宏典, 尾原孝治, 川北至信, 森田秀利, 八尾誠, 永谷清信, 武田信一

第一回イオン液体討論会, 2010 年 1 月 17 日、(鳥取)

中性子準弾性散乱による液体 Se₂Br₂ の動的構造解析

島倉宏典, 川北至信, 稲村泰弘, 菊地龍弥, 上野広樹, 中村充孝, 中島健次, 河村聖子, 柴田薫, 新井正敏, 武田信一

第 2 回 MLF シンポジウム 2011 年 1 月 17 日 (東海)

強い配向相関を有する分子性液体 Se₂Br₂ のダイナミクス

島倉宏典, 川北至信, 稲村泰弘, 菊地龍弥, 上野広樹, 中村充孝, 中島健次, 河村聖子, 柴田薫, 新井正敏, 武田信一

MLF 利用者懇談会 不規則系研究会 2011 年 1 月 19 日

液体 Se₂Br₂ における分子間配向相関

島倉宏典, 脇阪有衣子, 尾原幸治, 川北至信, 小原真司, 武田信一

第 24 回日本放射光学会 2011 年 1 月 10 日 (つくば)

ビスマス系液体合金の構造と温度変化

上野広樹, 田原周太, 尾原幸治, 山口展史, 安永晃教, 脇阪有衣子, 小原真司, 伊藤真義, 川北至信, 武田信一

第 24 回日本放射光学会年会, 2011 年 1 月 10 日 (つくば)

液体 Se_2Br_2 のダイナミクス

島倉宏典, 川北至信, 稲村泰弘, 菊地龍弥, 上野広樹, 中村充孝, 中島健次, 河村聖子, 柴田薫, 新井正敏, 武田信一

日本物理学会第 66 回年次大会 2011 年 3 月 26 日

Bi 系合金液体構造の温度変化

上野広樹, 尾原幸治, 田原周太, 小原真司, 伊藤真義, 川北至信, 武田信一

日本物理学会第 66 回年次大会、2011 年 3 月

学部 4 年生卒業研究

八尋惇平 : (指導教員、武田信一) : Ag 系超イオン導電体の伝導度測定

大庭俊輔 : (指導教員、武田信一) : 分子性液体の光散乱測定

修士論文

山口展史 : (指導教員、武田信一、川北至信) : 金属ガラス CuZrAl の局所構造とダイナミクス

博士論文

田原周太 : (指導教員、武田信一) : Concentration Effects of Ag Ions on Anomalous Ag Distribution of Superionic Melts

外国人留学生の受け入れ

Loku Singgappulige Rosantha Kumar、受け入れ教員 : 武田信一

受託研究・民間との共同研究

武田信一 : 「シンクロトロン光を利用するナノテクノロジー・MEMS 関連の部品・金型製造におけるメッキ技術の研究開発」(佐賀県商工連合会との受託研究)

平成22年度客員教授
基礎粒子系物理学講座 素粒子理論研究室
駒宮 幸男 教授(東京大学大学院理学系研究科)

素粒子物理学は近年、目覚ましい進展を記している。我が国では高エネルギー加速器研究機構における KEK-B 実験の輝かしい成果を背景に、さらに次のステップの実験に踏み出そうとしている。また J-PARC の稼動開始により Super-Kamiokande におけるニュートリノ実験も新たなフェイズに入っている。世界的な動向においては、欧州原子核研究機構(CERN)での LEP 実験を継承するエネルギーフロンティアとして、Large Hadron Collider (LHC)が稼動を開始し実験が順調に進んでいる。さらに、LHC 実験の動向を見据えつつ、次世代加速器(国際リニアコライダー ILC)計画が着実に推進されている。

特に、ILC 計画における建設の有力候補地として脊振山系が検討されており、その地元の大学として、九州大学理学研究院の物理学部門は適切な対応をとることが望まれる。

このような情勢の中で高エネルギー物理学の動向を正確に見通し、的確な方針を立てて取り組むために、平成 22 年度の客員教授として、我が国の高エネルギー物理学分野の指導的研究者であり、エネルギーフロンティアの分野でこれまで国際的に指導的に研究を進めてこられている、東京大学教授の駒宮氏に就任していただいた。年度をとおしての度々の来学により、高エネルギー物理学の研究の動向や将来を的確に見通し、また、ILC 計画に関する国内および国際情勢を正確に把握するためにご尽力いただいた。多くの貴重なご助言やご助力をとおして、物理学部門のさまざまな取り組みにも全面的に協力していただいた。

また、現在世界の各所で進められているさまざまな素粒子実験の最新情報についても専門家の観点から色々とお教授いただき、当素粒子理論研究室の研究のアクティビティに大きく貢献していただいた。さらに、駒宮氏のこれまでの高エネルギー物理学における研究活動の豊かなご経験にもとづき、「素粒子実験の基礎から展望まで」という題目で、高エネルギー物理学分野でこれまでに培われてきたさまざまな実験手法の現状の解説、及び将来への展望について、三日間に亘る集中講義を行っていただいた。それは、素粒子物理学の理論研究室の将来の発展にとって貴重な礎になるものと期待される。

平成22年度 教職員一覧

研究グループ	教授	准教授	助教
素粒子理論	井上 研三 駒宮 幸男 ⁺	原田 恒司	奥村 健一
理論核物理	八尋 正信	清水 良文	緒方 一介
宇宙物理理論	橋本 正章		山岡 均 町田 真美
粒子物理学	野呂 哲夫 相良 建至	若狭 智嗣 寺西 高	森川 恒安 藤田 訓裕
物性理論		吉森 明	松井 淳
統計物理学	中西 秀	野村 清英	坂上 貴洋
凝縮系理論		河合 伸 成清 修	
磁性物理学	和田 裕文	光田 暁弘	浅野 貴行
量子微小物性	渡部 行男		荒井 毅 [#]
低次元電子物性	篠崎 文重	矢山 英樹	山田 和正
複雑物性基礎	木村 康之	町田 光男	岩下 靖孝
複雑流体	鍋田 昌之		
構造物性	武田 信一		

+ 客員教授

准助教

技術職員	原子核実験室	前田 豊和
	極低温実験室	上田 雄也

学科事務職員	山路 有希	久保 早苗	土嶋 裕美
	徳永 美保	古木 多恵子	恵 裕子

平成22年度物理学部門各種委員（○は委員長）

物理部門長・学科長・専攻長：武田

物理副部門長：相良、和田、篠崎

情報理学コース：瀧本

専門分野連絡代表者：基礎粒子系理論：橋本、粒子物理学：相良、
物性基礎論：中西、量子物性：篠崎、複雑物性：木村

将来計画委員：○中西、八尋、相良、木村、和田、[武田]

教育課程委員：○野呂、井上、木村、町田（光）、矢山、若狭、光田、緒方、
岩下、FD：篠崎、[武田]

社会連携：○和田、矢山、橋本、河合、町田（真）

施設管理：○鴫田、町田（光）、

奨学金資格検討委員：○相良、篠崎、中西、原田、[武田]

経理委員：○相良、河合（補助）

学生確保：○八尋、木村、鴫田、相良、成清、浅野

入試委員会委員長（全ての入試関連委員会の統括）：木村

業績評価部会：○渡部、八尋、鴫田、橋本

就職・成績管理担当（11月交替）：○相良、和田、清水

学年担当：矢山・和田（1）若狭・矢山（2）吉森（3）光田（4）

情報コース振り分け担当：清水

図書委員：○吉森、成清

情報委員：○清水、野村、山岡、森川

広報委員（HP）：○原田、寺西、若狭、河合、松井

大学院説明会担当（パンフなど）委員：吉森、奥村

年次報告担当委員：○渡部、野村、寺西

談話会委員・会計・教員積み立て：吉森

体験入学・入学オリエンテーション実施委員：

光田（司会担当）、矢山、山田、浅野

FR育成プログラム運営委員：○原田、吉森

AS育成プログラム運営委員：○町田（光）、矢山

未来の科学者実行委員：和田、野呂、清水

学生生活相談委員：若狭、篠崎

平成22年度 物理学教室談話会

	月日	講師	講演タイトル	世話人
第1回	5月25日	松林伸幸氏(京都大学化学研究所・准教授)	エネルギー表示法によるナノ不均一溶液系の自由エネルギー解析	吉森 明
第2回	6月4日	鈴木誠氏(東北大学大学院工学研究科)	生命系のエネルギー:ATPと水のかかわり	吉森 明 秋山 良 (化学)
第3回	9月27日	福井康雄氏(名古屋大学大学院理学研究科教授)	超新星残骸とRXJ1713に見る星間分子雲と宇宙線の相互作用	橋本 正幸
第4回	10月20日	萩野浩一氏(東北大学准教授)	ボロミアン原子核における双中性子相関	清水 良文
第5回	11月9日	坂井徹(日本原子力研究開発機構・Spring8)	フラストレートした量子スピン系	野村 清英
第6回	11月11日	延興秀人(理化学研究所、仁科加速器センター長)	Experimental quest for the proton spin structure - past, present and future -	野呂 哲夫
第7回	11月30日	安仁屋勝氏(熊本大学大学院自然科学研究科教授)	液体銀カルコゲナイドの物性-超イオン導電現象との接点-	武田 信一
第8回	12月16日	今井正幸(お茶の水大学理学部教授)	Minimal Cell への多成分ベシクルからのアプローチ	木村 康之
第9回	2月3日	佐藤卓(東京大学物性研究所 附属中性子科学研究施設 准教授)	中性子散乱による鉄系超伝導体研究の最近の進展	浅野 貴行

平成 22 年度物性基礎論コロキウム開催一覧

講師：Helmut Schiessel 氏 (Universiteit Leiden)

演題：“Chromatin, a multi-scale jigsaw puzzle”

開催日：2010 年 4 月 16 日 (金)

場所：理学部二号館 第三講義室

講師：齋藤 拓也 氏 (統計物理学研究室)

演題：「流れ場における長鎖 DNA の折り畳みダイナミクス」

開催日：2010 年 4 月 23 日 (金)

場所：理学部二号館 第三講義室

講師：中西 秀 氏 (統計物理学研究室)

演題：「掃き寄せ界面のパタン形成」

開催日：2010 年 5 月 14 日 (金)

場所：理学部二号館 第三講義室

講師：河合 伸 氏 (凝縮系理論研究室)

演題：「電子線照射による Sn/Ge(111) の構造変換」

開催日：2010 年 5 月 28 日 (金)

場所：理学部二号館 第三講義室

講師：中島 千尋 氏 (統計物理学研究室)

演題：「TAP 方程式の解の個数を数える：
スピングラス転移とコンプレキシティの物理」

開催日：2010 年 6 月 18 日 (金)

場所：理学部二号館 第三講義室

講師：野村 清英 氏 (統計物理学研究室)

演題：「はやぶさの物理」

開催日：2010 年 7 月 2 日 (金)

場所：理学部二号館 第三講義室

講師：成清 修 氏 (凝縮系理論研究室)

演題：「久保公式と散逸」

開催日：2010 年 7 月 16 日 (金)

場所：理学部二号館 第三講義室

講師：久保田 陽二 氏 (化学部門 量子生物化学研究室)
演題：「量子ドット列における励起エネルギー移動と熱緩和」
開催日：2010年10月14日(木)
場所：理学部二号館 第三講義室

講師：吉森 明 氏 (物性理論研究室)
演題：「大きい粒子が液体から受ける抵抗の摂動理論」
開催日：2010年10月28日(木)
場所：理学部二号館 第三講義室

講師：野口 慎平 氏 (物性理論研究室)
演題：「連続近似を用いた壺モデルの解析」
開催日：2010年11月11日(木)
場所：理学部二号館 第三講義室

講師：浴本 亨 氏 (物性理論研究室)
演題：「自由エネルギーランドスケープ」
開催日：2010年11月25日(木)
場所：理学部二号館 第三講義室

講師：Sandeep Krishna 氏 (National Centre for Biological Sciences, NBI)
演題：“Counting genomes : the lysis-lysogeny decision in phage lambda”
開催日：2010年12月2日(木)
場所：理学部二号館 第三講義室

講師：井上 雅世 氏 (大阪大学)
演題：「適応モデル結合系における振舞と結合ネットワーク構造の関係」
開催日：2011年1月13日(木)
場所：理学部二号館 第三講義室

講師：北畑 裕之 氏 (千葉大学理学研究科)
演題：「化学反応により駆動される液滴運動」
開催日：2011年1月27日(木)
場所：理学部二号館 第三講義室

講師：近藤 洋一郎 氏 (統計物理学研究室)
演題：“Sound and Light in Air and Water”
開催日：2011年2月10日(木)
場所：理学部二号館 第三講義室

平成 22 年度九大原子核セミナー開催一覧

第 868 回 2010 年 4 月 30 日 (金)

講師：八尋 正信氏 (九州大学)

演題：Microscopic approach to reaction of unstable nuclei
(不安定核反応に対する微視的アプローチ)

第 869 回 2010 年 5 月 14 日 (金)

講師：Henryk Witala 氏 (Jagiellonian University)

演題：A novel approach to include proton-proton Coulomb force into the 3N continuum calculations

第 870 回 2010 年 6 月 4 日 (金)

講師：相良 建至氏 (九州大学)

演題：「3 核子反応における未解明の問題」
- Remaining problems in 3-nucleon reactions -

第 871 回 2010 年 6 月 18 日 (金)

講師：野呂 哲夫氏 (九州大学)

演題：「Study of single-particle properties and in-medium nuclear interactions by using (p,pN) reactions」

第 872 回 2010 年 7 月 16 日 (金)

講師：寺西 高氏 (九州大学)

演題：低エネルギー RI ビームによる不安定核の共鳴状態の測定

第 873 回 2010 年 7 月 30 日 (金)

講師：森川 恒安氏 (九州大学)

演題：A=30 ~ 40 中性子過剰領域の高スピン核分光と ^{40}Ar の超変形状態

第 874 回 2010 年 8 月 2 日 (月)

講師：柏 浩司氏 (九州大学)

演題：Nonlocal PNJL 模型を用いた QCD 相構造の研究

第 875 回 2010 年 9 月 29 日 (水)

講師：中村 真氏 (京都大学)

演題：AdS/CFT 対応と非平衡物理学：
AdS/CFT による負性微分抵抗の導出と励起子絶縁体

第 876 回 2010 年 10 月 22 日 (金)

講師：米山 博志 氏 (佐賀大学)

演題：有限温度・有限密度における QCD 臨界点近傍の特異性

第 877 回 2010 年 10 月 29 日 (金)

講師：M. K. Gaidarov 氏 (Bulgarian Academy of Sciences)

演題：Probing Nuclear Structure of Exotic Nuclei and Reactions with Helium Isotopes

第 878 回 2010 年 11 月 25 日 (木)

講師：大槻 かおり 氏 (福岡大学)

演題：r 過程元素の起源

第 879 回 2010 年 11 月 29 日 (月)

講師：森田 健司 氏 (GSI)

演題：複素化学ポテンシャルを用いた QCD 相転移の研究

第 880 回 2011 年 1 月 12 日 (水)

講師：Marco Ruggieri 氏 (京都大学基礎物理研究所)

演題：Quantum Chromodynamics in a Strong Magnetic Background

第 881 回 2011 年 2 月 8 日 (火)

講師：Henryk Witala 氏 (Jagiellonian University)

演題：Treatment of the 3N continuum reactions within the Faddeev framework

第 882 回 2011 年 2 月 24 日 (木)

講師：金子 和也 氏 (九州産業大学)

演題：中性子過剰 Ti, Cr, Fe 同位体における $g_{9/2}$ 軌道の効果

第 883 回 2011 年 3 月 16 日 (水)

講師：上村 正康 氏 (理化学研究所・九州大学)

演題：Predictive Power of Nuclear Cluster-Model Study

平成22年度非常勤講師一覧

学部担当

講師	所属	題目
松崎 昌之	福岡教育大学教育学部・教授	物理現象と人間環境
杉山 晃	佐賀大学工学部・准教授	原子核・高エネルギー実験学

大学院担当

講師	所属	題目
福井 康雄	名古屋大学・教授	星間物質から見た宇宙の進化
今井 正幸	お茶の水女子大学・教授	ソフトマターの秩序形成
坂井 徹	独)日本原子力研究開発機構 量子シミュレーショングループ グループリーダー	量子スピン系の物理
佐藤 卓	東京大学物性研究所・准教授	スピンを見る-新時代中性子磁気散乱研究の幕開け-
萩野 浩一	東北大学大学院理学研究科・准教授	変形した原子核の構造・崩壊・反応
安仁屋 勝	熊本大学 自然科学研究科・教授	超イオン導電体の輸送現象とダイナミクスの理論
松林 伸幸	京都大学化学研究所・准教授	分子液体の統計力学の新しい発展
延與 秀人	理化学研究所 仁科加速器研究センターセンター長	クォークとグルーオンの物理

平成22年度外国人研究者等受入記録

氏名(所属・職)	国籍	受入の目的	受入期間	受入者
ヤゲロニアン大学物理学研究所 教授 Henryk Witala	ポーランド	3核子力探索および3核子反応の異常現象解明のための基礎研究	5月6日 ～ 6月6日	相良 建至
ネブラスカ大学リンカーン校 准教授 Alexei Gruverman	アメリカ 合衆国	研究議論討論のため	6月25日 ～27日	渡部 行男
Sandeep Krishna National Centre for Biological Science, 准教授	インド	講演、情報交換	12月1日 ～3日	中西 秀
Alexander Hunziker Niels Bohr Institute, 博士研究 員	スイス	講演、情報交換	12月1日 ～3日	中西 秀
Silja Heilmann Niels Bohr Institute, 博士課程 学生	アイスランド	講演、情報交換	12月1日 ～3日	中西 秀
Henryk Witala Jagiellonian U. 教授(上級職)	ポーランド	共同研究 (特定有期教員・教授 職)	10月1日 ～ 2月28日	相良 建至
ヤゲロニアン大学・教授・ジャ セック ゴーラク	ポーランド	3核子系反応に関する共 同研究	2月17日 ～26日	相良 建至

教育課程委員会活動報告

2010 年度に行った日常的活動の主なものを以下に挙げる。

- アドバイザー制度

10月の2年生進級後のアドバイザーについて、2008年度はそれまで担当してきたアドバイザーがそのまま継続担当し、2009は担当を入れ替えた。まだそれらの比較検討ができていないため、2010年度は再び継続担当とした。

- 学習支援

授業の理解が不十分な学生への支援のあり方を議論し、試行している。

今年度試行されていたのは

－入学3年目で進級できない学生への、家庭教師的なTAの割り当て。

－解析力学での、TA3名を割り当てての課外指導時間の設置。

である。前者では、少なくとも当該学生の学習意欲の向上は見られ、後者では夕方遅くまで熱心に質問が出るなど、共に機能している。この様な結果を参考にして、継続的な支援のありかたを考えていく。

- 進級時のコース配属について

2006年度入学生からの新カリキュラム移行に際し、進級判定時に成績評価の対象となる科目(原則として必修科目)の変更は行われていたが、その加算方法を修正した。今後は各科目の単位数に応じた荷重平均を用いる。また、配属決定に成績が用いられる(成績下位者以外は希望優先)ことの周知が必ずしも充分ではなかったため、Webページを含め、種々の資料での記述を徹底させた。

- 半期15回授業の実施

今年度より、中教審の方針に従って、半期15回の授業実施体制(試験期間を授業期間に含めない)がとられることになった。またこれに伴って、教場試験(授業時間内の適宜のテスト等)のみによるなど、成績評価の方法が多様化することが想定されている。

- 必修科目のありかた

物理学コースと情報理学コースへの配属の前に必修科目の解析力学があること、量子力学等専攻科目の低年次での実施によって学生の理解不足を招いている可能性があること、3年生の学生実験が通年科目になっていること、必修科目の単位取得を特研の履修条件としていることなど、学生の年限での卒業にハードルとなっている点がいくつかあり、望ましいありかたを議論している。

- 大学院国際コースの設置とその対応

理学府に、日本語での学習を必須としない国際コースが設置され、物理学専攻にも10月に1名の入学者があった。当該学生の日本語レベルを勘案し、日本人学生の学習と両立させる形で授業が実施されている。

2010年度物理学部門ファカルティ・デベロップメント報告
「大学教育における成績評価のあり方と現状」

開催日時： 第1回： 2010年11月22日(月) 13:30～

第2回： 2010年12月 6日(月) 13:30～

開催場所： 物理第1講義室

大学教育における質の向上、及び社会的説明責任の観点から、23年度には法令上の明確化が予定されている。そこには「学修の成果に関わる評価、及び卒業もしくは終了に認定にあつて基準を明らかにする」という項目がある。

物理学科ではこれまでも評価・認定基準に関する問題点が指摘されてきた。今回、成績評価の現状を様々な立場、観点から報告していただき、評価のあり方を議論した。

第1回目は以下の4人の講演があつた。i) 当部門の中西教授による「成績評価の考え方とその役割」と題して、成績評価の目的、手順、時期、目的に応じた評価方法等に関して総括的な報告があつた。さらに、出席、レポート、過程の努力に対する評価方法、又試験結果後の基準の調整等に対する様々な視点からの提案があつた。ii) 篠崎教授による「平成21年度物理学科学生の成績分布について」と題して、全学教育、専攻教育ごとの成績分布、及び必須科目と選択科目分布の様子が紹介された。全学教育科目の場合、専攻教育科目に比べ、不合格、合格の境で分布に大きな飛びが見られることが示された。これに対して、50点台の学生が再調査後すべて合格した結果であるとのコメントがあつた。iii) 高等教育開発推進センターの淵田教授による「GPA制度と全学教育における成績評価、その問題点」と題して、本制度の導入の経緯、主旨、利用法の基本的説明があつた。制度に求められるものとして、授業運営、試験評価の等質性(成績評価の調整など)、シラバスの充実(授業目標、計画、成績評価法の記述など)、修学指導体制の充実が挙げられた。iv) 名誉教授で、現・久留米工業大学の巨海教授による「私立理系大学の現状と問題点」と題して、私大の受験者状況、基礎知識の調査結果などが報告された。私立大学の経営状況がもたらす結果、及び一般的な理科離れ、応用力の低下、知識の定着度の低さ等の報告があり、求められる教師像への言及がなされた。

第2回目は当部門の元助教で現・ニールスボーア研究所(NBI)の御手洗菜美子准教授による「海外教育機関における成績評価」と題して、まず、NBIの構成、学制、入試制度の紹介があつた。試験に関しては筆記、もしくは口頭試問がある。講演ではそれぞれに関する詳細な説明があつた。又成績は7段階に分かれていること、3回の再試験が認められているなどの紹介があつた。また以下の質疑応答があつた。講義で使用する言語は何か:公式にはデンマーク語である。授講生に応じて、英語の場合もある。入学は全員出来るとして、どの程度卒業できるか:各科目で合格できなければいけない。最終的には50%程度卒業している。大学院入学生の質はどうか:大学間格差はなさそう。口頭試問で一つの課題を選んだ場合、全体的評価できるか:様々か角度から質問を受けるので可能である。

平成22年度 入学者数と卒業生数

	入学者数	卒業生数
物理学科(帰国子女)	65 (1)	60
博士課程(基礎粒子系科学専攻)		博士学位取得者 3
博士課程(凝縮系科学専攻)		博士学位取得者 1
修士課程(物理学専攻)	36	38
博士課程(物理学専攻)	8	博士学位取得者 7

編入者 6名、転学科 1名

2010 年度の就職・進学状況

2008 年秋のリーマンショックの余波で、前年 2009 年度 (2010 年 3 月卒業) の就職状況は非常に厳しく、就職が決まっていなかった卒業生も急増した。厳しい就職状況は 2010 年度も同様であった。しかし、学生の意識が相当変わり、危機意識を持って就職活動をしていた。早くから会社と接触をし、大手会社だけでなく幅広く自分にあう会社を探していた。

その結果、M2 の実質進路未定は 3 名と例年になく少なかった。昨年の M2 の実質進路未定 (留年・進学、無就職卒業・退学) は 9 名もいたので、激減と言える。この 9 名のうち留年・進学した 7 名中の 4 名が今年度に就職した。九大物理学生が危機意識を持って現実的判断の下に就職活動をすれば、良い結果になることが証明された。

修士 2 年生の進路

H21 年度の修士 2 年生は、40 名 + 留年 8 名の 48 名であった。

	40 名の進路	8 名の進路
博士課程へ進学	5	
民間企業へ就職	24	4
教職	3	
公務員	3	
留年 (休学)	3 + 2*	3
退学		1
計	40	8

* 2 名の留年は研究室変更による特殊事情であり、実質留年は 3 名であった。

博士進学者数は 5 人で定員 14 人の半数にも満たなかった。物性系ではゼロであった。就職先の民間企業は下記のようなようであった。

日立、東芝、NEC、富士通、リコー、エルピーダメモリ、コニカミノルタ、古川電工、ルネサス、マイクロソフト、キューピー、岡野バルブ、カナデンブレイン、玉川電気、日鉄日立、HOYA、ゼンリン、出光興産、海底ケーブル、中央電子工業など

九大物理への求人訪問やパンフレット送付があった企業は約 150 社で昨年並みであったが、2 年以上前の 230 - 250 社から大幅に減ったままである。また物理とは一見縁遠い企業も増えた。

博士の進路・就職

D3 以上の 13 人の進路は、ポスドク 6、就職 5、留年 2 (D4 へ) であった。就職先は、日立 1、研究所 1、大学技術職 3 であった。D1、D2 の各 1 名もソフト会社に就職した。H23 年度の博士課程在籍者は、D1 が 5、D2 が 7、D3 が 6、D4 が 2、となった。相当に少ない。

学部生の進路・就職

4 年生 50 人 (留年 3 を含む) の内訳は、修士進学 43 (九大物理 39、他大学 3、総理工 1)、就職 3、進路未定卒業 2、留年 2 であった。就職先分野は、ソフト、食品、化粧品であった。

体験入学・公開講座報告

担当:光田 暁弘

平成 23 年 3 月 30 日(水)～31 日(木)の 2 日間にわたって、「第 14 回体験物理学」を実施した。例年、春休みの期間に高校 1・2 年生を対象として 3 日間実施してきたが、アンケートで 3 日間通うのは大変であるとの意見が多く寄せられたことから、2 年前から期日を 2 日間に短縮して実施している。また、セミナー部分を公開講座として一般向けに広く開放し、大学への 3 年次編入を考えている高等専門学校生への説明会も兼ねている。

例年と同様に、福岡県内の全ての高校と周辺県の有力高校に案内状を送り、参加者を募集したところ、74 名の参加申し込みがあった。また、一般向けの公開講座への申込者 4 名、高専生 2 名で、全受講者数が 80 名に達した。実際のセミナー・実験の内容、スケジュール、担当者は下記のプログラムに示す。体験入学参加者の出身県は福岡を中心に、熊本、長崎、佐賀、宮崎、広島など広範囲にわたっている。

最終日に閉校式を行い、今後の改善のためにアンケートをお願いした。その回答例として、体験入学に 2 日間参加した高校生に対して全般の感想について聞いた結果を最後のグラフに示す。興味(面白いー普通ーつまらない)と難易度(難しいー普通ー易しい)について答えてもらい、各生徒がどの組み合わせで回答したかを集計したものである。最も多い回答は「面白いが難しい」2 番目は「面白くて難易度もちょうど良い」であり、概ね好評であったと考えている。ただ、昨年度から引き続き「内容が難しい」という声がやや多いので、今後、改善の余地があると思われる。

[プログラム]

	3 月 30 日(水)		3 月 31 日(木)
10:00～11:00	開校式	10:00～10:05	実験の注意
11:10～12:00	セミナー「見えない世界を探訪する ー素粒子・原子核から宇宙まで ー」(八尋 正信 教授)	10:10～12:10	実験(A～I から 1 テーマ)
12:00～13:30	昼休み	12:10～13:10	昼休み
13:30～14:20	セミナー「宇宙を物理する」(山岡 均 助教)	13:10～13:15	集合
14:30～15:20	セミナー「ナノの物理と強誘電体入門」(渡部 行男 教授)	13:20～15:20	実験(A～I から 1 テーマ)
15:30～	体験入学：一日目終了解散 一般公開講座：閉校式 高専生向け：研究室訪問	15:30～15:45	閉校式

[実験テーマ(担当者)]

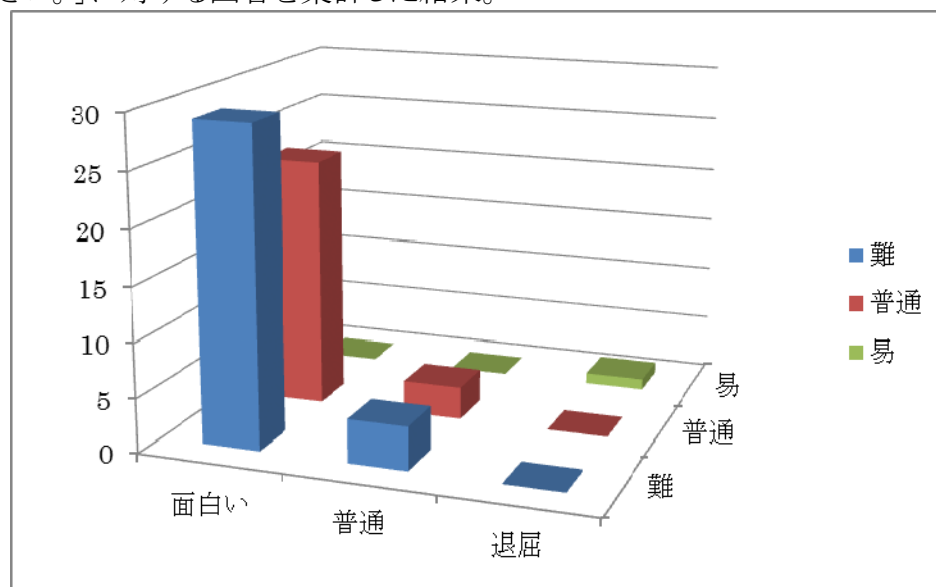
- A：物質を透過する粒子線 (寺西 高)
- B：極低温の世界 (浅野 貴行)
- C：超伝導 (山田 和正)
- D：身の回りの放射能体験 (藤田 訓裕)
- E：BZ 反応 ～化学反応が「振動」する～ (岩下 靖孝)
- F：光の回折と波の不思議ー波動の重ね合わせと高校・大学の数学 (荒井 毅)
- G：日用品を使った電磁力の実験 (坂上 貴洋)

H：ゴムを伸ばすと、なぜあたたかくなるの？（吉森 明）

I：色について調べよう（町田 光男）

[アンケート結果]

「平成 22 年度体験入学全体に対して、興味と難易度についてそれぞれ 3 段階で評価して下さい。」に対する回答を集計した結果。



平成22年度社会貢献活動報告

1) 高校訪問出前授業等の実施

以下各高校において、模擬講義もしくは理学部および物理学科の説明(入試状況, カリキュラム, 就職状況等)を行った。

- i) 実施日:平成 22 年 7 月 8 日
担当者:木村 康之 教授
実施先 熊本県立熊本北高等学校 (講義)
- ii) 実施日:平成 22 年 7 月 14 日
担当者:光田 暁弘 准教授
実施先 長崎県立長崎東高等学校 (講義)
- iii) 実施日:平成 22 年 8 月 2 日
担当者:若狭 智嗣 准教授
実施先 鹿児島県立鹿児島中央高等学校 (講義)
- iv) 実施日:平成 22 年 10 月 2 日
担当者:渡部 行男 教授
実施先 宮崎県立宮崎西高等学校 (講義)
- v) 実施日:平成 22 年 10 月 28 日
担当者:成清 修 准教授
実施先 大分県立大分上野丘高等学校 (講義)
- vi) 実施日:平成 22 年 12 月 7 日
担当者:吉森 明 准教授
実施先 福岡県立明善高等学校 (講義)

2) 理学部先端自然科学講演会(リカレント教育)研修会

福岡県高等学校理科部会と合同で中高教育に携わる方々に対して、最先端の自然科学と科学技術の現状に関する講演会を開催した。

実施日:平成 22 年 8 月 20 日

物理学部門の担当は以下のとおり。

- 講義 ①「ソフトマターと核磁気共鳴」 町田 光男 准教授
②「相対性理論と自発的対称性の破れ」 八尋 正信 教授

3) 先端科学体験事業(体験物理学)

実施日:平成 23 年 3 月 30-31 日

対象:高校生, 高専生

内容:大学での物理学を実験・実習とセミナーを通して 2 日間体験してもらう。

セミナー

- ①「見えない世界を探訪する ー素粒子・原子核から宇宙までー」八尋 正信 教授
- ②「宇宙を物理する」山岡 均 助教
- ③「ナノの物理と強誘電体入門」渡部 行男 教授

実験・実習

「物質を透過する粒子線」(寺西 高 准教授), 「極低温の世界」(浅野 貴行 助教), 「超伝導」(山田 和正 助教), 「身の回りの放射能を体験する」(藤田 訓裕 助教), 「BZ反応 ～化学反応が「振動」する～」(岩下 靖孝 助教), 「光の回折と波の不思議ー波動の重ね合わせと高校・大学の数学」(荒井 毅 准助教), 「日用品を使った電磁力の実験」(坂上 貴洋 助教), 「ゴムを伸ばすと、なぜあたたかくなるの？」(吉森 明 准教授), 「色について調べよう」(町田 光男 准教授)

高専生向けに研究室訪問を実施

4) 公開講座

実施日: 平成 22 年 3 月 30 日

内容: 3) のセミナーについては一般の方々に対する講座として公開した.

5) 教員免許状更新講習

実施期間: 平成 23 年 8 月 27 日

担当者: 井上 研三 教授, 篠崎 文重 教授

内容: 受講者に対して「現代物理学二講」の講義を行った.