

物理教室年次報告書
平成21年度

2010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 1年度の研究テーマと成果	
素粒子理論	2
理論核物理	13
宇宙物理理論	34
粒子物理学	51
物性理論	69
統計物理学	77
凝縮系理論	85
磁性物理学	90
極限電子物性	101
量子微小物性	105
低次元電子物性	114
複雑物性基礎	122
複雑流体	132
構造物性	136
客員教授	147
教職員一覧	148
物理学部門各種委員	149
物理学教室談話会	150
物性理論セミナー	151
九大原子核セミナー	152
非常勤講師	154
外国人研究者等受入	155
教育課程委員会	156
物理学教室ファカルティ・デベロップメント (FD)	157
入学者数と卒業者数	158
就職・進学状況	159
体験入学	160
社会貢献活動	162

はじめに

2009 年度版物理学部門の年次報告書をお届けします。現在、全学的に新キャンパス伊都地区への移転が進行中です。その一環として昨年度末で、一部教員の研究・教育の場でありました六本松キャンパスは閉じました。4月から物理部門教員は全員箱崎地区にそろい、教育・研究に新たな活動を開始した年でありました。このような中、06 年度に採択されました「次世代スーパースタープログラム」に物理部門から2名の SSP 研究員も准教授として高等研究院に所属しておられますが、テニュアトラックも後半に入り、着々と研究成果を挙げてこられました。また、理学部では科学技術振興機構の委託を受け、09 年度より高校生を対象に「エクセレント・スチューデントイン・サイエンス」の実施を始めました。これは将来有為な科学者育成を目的にしたもので、部門名誉教授による大学レベルの物理を中心に行なわれ、年度末には参加生徒の研究発表会を行いました。

この1年の人事面では幾人かの先生方の移動がございました。教育・研究、さらに低温センターの設立や教室運営に多大な貢献を頂きました巨海教授が、定年半年前に私立大学にお移りになられました。さらに8月には長年、学生実験を支えてこられました、塩野正明助教は福岡歯科大学准教授にご栄転、又、巨海教授と一緒に学生および院生指導に当たられた中野智仁助教は新潟大学、川北助教は日本原子力研究開発機構の研究員として、転出されました。09 年度は以下の助教の先生方が着任なさいました。奥村健一氏(4.1 付け、素粒子理論)、坂上貴洋氏(5.16 付け、物性基礎論)、藤田訓裕氏(8.1 付け、粒子物理学)および町田真美(10.1.1 付け、宇宙物理理論)の4名です。町田氏は平成 21 年度から始まった文部科学省科学技術振興調整費『女性研究者支援システム改革』プログラムに基づいた人事です。部門の推薦後、大学執行部のヒアリングを経ての採用です。氏は希薄なガス(プラズマ)の流体方程式を解くことで、3次元磁気流体シミュレーションの研究を行なっています。今後、物理学科の女子学生の良い励みになり、部門の活性化につながることを期待されます。

本冊子は、部門の教育・研究活動、社会連携活動等をまとめたものです。現状をご覧頂き、ご意見・ご指導をいただければ幸いです。その他、最新情報はホームページ <http://www.phys.kyushu-u.ac.jp/> をご覧ください。

2010 年 3 月

平成 21 年度物理学部門部門長 篠崎文重

素粒子理論研究室

研究室構成員

井上 研三 教授

原田 恒司 准教授

奥村 健一 助教

《 博士研究員 》

澤中 英之 (九州大学学術研究員) 渡邊 篤史 (九州大学学術研究員, H21.5 より)

《 大学院 博士課程 》

一色 弘 石原 雅文 山津 直樹 山本 圭介

《 大学院 修士課程 》

榮田 達也 田港 朝貴 上農 和人 久保 幸貴

吉本 一世 水口 拓也 (H22.1 より)

《 学部 卒業研究生 》

高山 健一 中野 正之 牧野 広樹 米田 達則

《 研究生 》

久保 博史 (H21.8 まで)

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、物理学特別研究

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

奥村 健一

解析力学・同演習、物理学基礎演習、M 1 ゼミナール

研究・教育目標と成果

世代対称性 $SU(1, 1)$ を持つ超対称大統一模型の研究 (井上 研三, 山津 直樹)

ノンコンパクト模型に基づく自然現象の統一的な理解を進めることを目標として、大統一理論の枠組みを取り込んだ模型についての研究を行った。この研究から次のこと

が明らかになった．大統一ゲージ群の随伴タイプの表現を持つ構造場により，自発的に物質場クォークやレプトンの世代が生成される場合には，大統一ゲージ理論が複素表現を持つ必要がある．また，この模型において，これまで知られていた $SU(5)$ 大統一理論のヒッグスの二重項-三重項の分離問題を他の大統一ゲージ群に対しても適用可能である．大統一理論の枠組みにした場合に対しても，三世代のクォークやレプトンの質量構造が自然に階層性を持つ．来年度は，ノンコンパクト群での大統一理論の可能性について検討を行う．

ノンコンパクトな超対称ゲージ理論の真空構造の研究 (井上 研三，久保 博史，山津直樹)

ノンコンパクト模型における素粒子クォークやレプトンの世代を生成する自発的世代の生成機構を用いて，素粒子の世代構造のさらなる理解を目指して，その機構の中心的な役割をになう構造場の真空構造の研究を行った．この研究から， $N = 1$ 超対称 $SU(1, 1)$ ゲージ理論において， $SU(1, 1)$ の基本表現と随伴表現に関する模型についての真空構造を調べた結果， $SU(1, 1)$ が自発的に破れた真空において，通常問題視されるノンコンパクトゲージ理論におけるゴーストが存在しない真空が存在する模型の存在を明かにした．来年度は，今年度行った $SU(1, 1)$ の基本表現と随伴表現以外の表現に対してもゴーストの存在しない模型を構築することを目指す．また，上記の模型での量子効果についても議論を行う．

外見上不変でない項の出現 (原田 恒司，久保 博史)

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．しかし，それがどのように元々の理論の対称性と矛盾しないのかを「Ward-高橋恒等式」に基づいて議論したものはなかった．我々は $U(N) \times U(N)$ 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．今後，任意の次数での ANTs の形の決定の問題、および、繰り込み群の解析における ANTs の果たす役割について研究を行う予定である。

Soft-collinear 有効場理論の因子化 (原田 恒司，榮田 達也)

B メソンのような重いメソンの崩壊 (例えば $B \rightarrow D\pi$) に対する強い相互作用の輻射補正は，ソフトなグルオンだけでなく，軽い自由度の方向にほぼ光円錐にそって射出される共線形 (collinear) なグルオンによっても引き起こされ取扱いが難しい．この寄与を有効場理論を用いて再総和する方法が soft-collinear 有効場理論 (SCET) である．榮田はこの理論に基づく因子化についてレビューをし，修士論文にまとめた．今後はヒッグス粒子の崩壊などにこの理論を応用することを目指して研究を行う予定である。

バリオンを含むカイラル有効場理論 (原田 恒司，久保 博史，吉本 一世)

原田と久保はパイオンを含まない核子系有効場理論の次数勘定が，繰り込み群によっ

て計算される演算子のスケール次元によって決定することができるという研究を以前行った。この研究をパイオンを含む系に拡張することを考えているが、そのための準備としてまず、バリオンを1つ含む系の繰り込み群の解析を行いたいと考えている。また、バリオンを含むカイラル有効場理論では、ユニタリ性から特定の演算子を再総和する近似が行われるが、この正当化も繰り込み群の枠内で行えるだろうと考えている。今年度はその準備としてバリオンを含むカイラル摂動論の次数勘定の問題点を調べた。今後、この系の ANTs を求め、繰り込み群にどのように影響するかを研究する予定である。

超対称性の破れの研究 (奥村 健一, 山本 圭介)

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開始した。これまでミラージュ伝達は IIB 型超弦理論の有効理論において生じることが知られていたが、奥村は F 理論に基づく大統一模型における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、ある種の極限においてミラージュ伝達と同様の質量スペクトラムが実現する事を明らかにした。来年度はこの研究を発展させ、模型に特徴的な LHC でのシグナルを探るなどの現象論的な研究を行う予定である。山本は超対称性の破れの起源の研究に必要な超重力理論の勉強を行う一方、現象論的な解析を行うことを目標に繰り込み群を数値的に解いて超対称粒子の質量スペクトラムを計算するプログラムの作成に着手した。

ニュートリノ物理の研究 (渡邊 篤史)

今年度は、高エネルギー宇宙ニュートリノを用いた素粒子物理の可能性をさぐることを目標として、特に活動銀河からのニュートリノの研究を行った。その結果、将来の大型検出器によって、例えばニュートリノ崩壊等の標準理論を超える物理の兆候が、シャワーイベントとミュオントラックイベントの比が極端に小さくなるなどの現象として現れることを明らかにした。また、ニュートリノと余剰次元の関連についても研究を行い、曲がった 5 次元上でのシーソー機構の一般式を導いた。

クォーク・レプトンの質量行列の研究 (澤中 英之)

レプトンセクターの tri-bimaximal 世代混合を導くことができるカスケード型の構造をもつクォーク・レプトンの質量行列について解析を行い、実験データを再現する模型の構築を試みた。来年度は、統一理論に基づくカスケード模型の拡張とその現象論的な特徴・予言について詳しく調べたい。

ゲージ重力対応を用いた有限電場でのメソンの研究 (石原 雅文, 田港 朝貴)

平坦な四次元時空中のゲージ理論の強結合領域の物理が、曲がった 10 次元時空内の弦理論の弱結合領域に対応していることが予想されている。この対応をゲージ・ストリング対応と呼ぶ。よって、この対応を用いて、摂動論では調べるのが難しい強結合領域のゲージ理論を、ストリング理論を用いて調べることができる。我々は、この

対応関係を用いて、メソンの外部電場の影響を、超弦理論を用いて調べた。ここでメソンはD7ブレーンを埋め込むことで導入され、電場はD7上のゲージ場として導入される。また、D7ブレーンの曲がり具合から、カイラル対称性の破れを判断することができる。研究の結果、電場がある臨界値を越えるとキャリアーがクォークと反クォークの電流が流れ、また、その臨界電場でカイラル対称性が回復することが分かった。来年度は、磁場や温度の影響も考慮にいった研究を目指す。

ゲージ重力対応を用いたエキゾチックハドロン模型の研究 (田港 朝貴)

ペンタクォークやエキサクォークといった4個以上のクォークと反クォークからなるエキゾチックハドロンは理論的にも実験的にも十分な議論や検証がなされておらず、未だその多くの性質はよくわかっていないのが現状である。そこで我々は、従来のゲージ重力対応を用いたハドロン模型を拡張することでエキゾチックハドロン模型の構築を行い、その模型の制限や質量比などを議論した。すると、ペンタクォークに対応する1個の反クォークを含むバリオンのみが我々の模型では構成不可能であることが示された。また、各種エキゾチックハドロンの質量比は従来のクォーク模型の結果を満足する事がわかった。来年度は、この模型の詳細を調べ、スピン依存性や量子化などさらなる模型の拡張を目指す。その際、ゲージ重力対応の枠組みで議論されている別のバリオン模型(酒井杉本模型)との整合性なども考慮に入れつつ議論を行う。

教育

井上 研三

学部4年生の卒業研究として、高山健一、中野正之、牧野広樹、米田達則の四君を対象に、J.J.Sakurai 著の Advanced Quantum Mechanics の輪講、および、素粒子の標準模型の基礎の研究を行わせた。特に、21世紀プログラム学生の高山君については、卒業論文の作成の指導も行った。

原田 恒司

学部教育に於いて、「解析力学・同演習」および「一般相対性理論」を担当し、理論物理学の方法の基礎を講義した。大学院では「素粒子物理学特論」を担当し、有効場理論に基づく素粒子物理学、理論核物理学の記述の基礎を講義した。また、大学院生の修士論文の指導を行った。

奥村 健一

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。演習問題の数を減らす一方、日常なじみが深い現象を題材に取り上げたり、単なる計算練習ではない理論的な側面の強い問題を精選して演習に加えるように心がけた。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大幅に拡充した。また、研究室のM1ゼミナールとして、研究室の院生、上農和人、久保幸貴、吉本一世の三

君、および原子核理論研究室の佐々木崇宏、小田輝の二君を対象に Peskin Schroeder 著の An Introduction to Quantum Field Theory を通年で行った。

発表論文

《原著論文》

- Probing neutrino masses and tri-bimaximality with lepton flavor violation searches
Kentaro Kojima and Hideyuki Sawanaka
Phys. Lett. B 678, No.4 (2009) 373 - 379.
- The Role and Detectability of the Charm Contribution to Ultra High Energy Neutrino Fluxes
Raj Gandhi, Abhijit Samanta, Atsushi Watanabe
JCAP 0909,(2009) 015, arXiv:0905.2483.
- Apparently noninvariant terms of $U(N)\times U(N)$ nonlinear sigma model in the one-loop approximation
Koji Harada, Hirofumi Kubo, and Yuki Yamamoto,
Prog. Theor. Phys. 123, No.3 (2010) 475 - 498.
- Geometry-free seesaw neutrino masses in curved spacetime
Atsushi Watanabe, Koichi Yoshioka,
Phys.Lett.B683, (2010) 289-293, arXiv:0910.0677.
- Diffuse ultra-high energy neutrino fluxes and physics beyond the Standard Model
Atri Bhattacharya, Sandhya Choubey, Raj Gandhi, Atsushi Watanabe,
Phys.Lett.B690, (2010) 42-47, arXiv:0910.4396.
- Holographic confining gauge theory and response to the electric field Kazuo Ghoroku, Masafumi Ishihara and Tomoki Taminato
arXiv:0909.5522[hep-th] Physical Review D81, 026001, 15 pages (2010)
- Vacuum Structures of Supersymmetric Noncompact Gauge Theory
Kenzo Inoue, Hirofumi Kubo and Naoki Yamatsu,
arXiv:0909.4670[hep-th]. Nucl.Phys.B833(2010)pp.108-132.

- Holographic Penta and Hepta Quark State in Confining Gauge Theories
Kazuo Ghoroku, Akihiro Nakamura, Tomoki Taminato, Fumihiko Toyoda,
arXiv:1003.3698[hep-th]

《その他の論文》

- Possible Solution to Strong CP Problem in Supersymmetric Vectorlike Model
Kenzo Inoue and Naoki Yamatsu,
素粒子論研究, 117, C24-C26 (2009).

講演

《国内での講演》

- 核子有効場理論の Power Counting – Wilson 流くりこみ群による決定法 –
久保 博史
『バリオン間相互作用に基づく核物質の構造』研究会、ホテル紫苑 (盛岡)
(2009年6月25日~6月27日)
- Baryonium in Confining Gauge Theories
石原 雅文, 郷六 一生, 田港 朝貴
基研研究会 「場の理論と弦理論」 京都大学 (2009年7月9日)
- The Role and Detectability of the Charm Contribution to Ultra High Energy
Neutrino Fluxes
Raj Gandhi, Abhijit Samanta, Atsushi Watanabe
佐賀大学素粒子論研究室セミナー、佐賀大学 (2009年7月22日)
- 素粒子の世代構造とノンコンパクトなホリゾンタル対称性
山津 直樹
大阪大学素粒子論研究室セミナー (2009年7月28日)
- Probing neutrino masses and tri-bimaximality with LFV searches
Hideyuki Sawanaka, Kentaro Kojima
Summer Institute 2009 on "Particle Physics Phenomenology" (Web session),
人材開発センター 富士研修所 (富士 CALM, 山梨県富士吉田市) (2009年8月
14日)

- The Role and Detectability of the Charm Contribution to Ultra High Energy Neutrino Fluxes
Raj Gandhi, Abhijit Samanta, Atsushi Watanabe
Summer Institute 2009、富士吉田 (2009年8月18日)
- Grand Unified Models and Spontaneous Generation of Generations
山津 直樹
Summer Institute 2009 on "Particle Physics Phenomenology", 人材開発センター 富士研修所 (2009年8月18日)
- Cascade hierarchical texture in grand unified theory
Hideyuki Sawanaka, Kentaro Kojima, Ryo Takahashi
Summer Institute 2009 on "Particle Physics Phenomenology", 人材開発センター 富士研修所 (富士 CALM, 山梨県富士吉田市) (2009年8月19日)
- 電場のある D3/D7 ホログラフィックゲージ理論
田港 朝貴
原子核三者若手夏の学校, 長野県 パノラマランド木島平 (2009年8月27日)
- Quarks in External Electric Field in a Holographic Confining Gauge Theory
石原 雅文, 郷六 一生, 田港 朝貴
日本物理学会 2009 年度秋季大会, 甲南大学 (2009年9月11日)
- 宇宙ニュートリノフラックスへのチャームドメソンの効果
Raj Gandhi, Abhijit Samanta, Atsushi Watanabe
日本物理学会 2009 年秋季大会、甲南大学岡本キャンパス (2009年9月13日)
- 素粒子の世代構造と超対称ベクターライク大統一模型
井上 研三, 山津 直樹
日本物理学会 2009 年秋季大会, 甲南大学岡本キャンパス (2009年9月10日-13日)
- Cascade Hierarchy in Grand Unified Theory
小島 健太郎, 澤中 英之, 高橋 亮
日本物理学会 2009 年秋季大会, 甲南大学岡本キャンパス (2009年9月10日-13日)
- Apparently non-invariant terms of nonlinear sigma models in lattice perturbation theory (ANTs I)

原田 恒司

日本物理学会 2009 年秋季大会、甲南大学岡本キャンパス (2009 年 9 月 10 日
~ 13 日)

- The Role and Detectability of the Charm Contribution to Ultra High Energy Neutrino Fluxes
Raj Gandhi, Abhijit Samanta, Atsushi Watanabe
新潟大学素粒子論研究室セミナー (2009 年 9 月 30 日)
- 超対称ノンコンパクトゲージ理論の真空構造について
井上 研三, 久保 博史, 山津 直樹
第 115 回日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学 (2009 年 12 月 5 日)
- カスケード階層性とクォーク・レプトンの統一理論
澤中英之, 小島健太郎, 高橋亮
FR シンポジウム、九州大学 (2009 年 12 月 18 日)
- Diffuse ultra-high energy neutrino fluxes and physics beyond the Standard Model
Atri Bhattacharya, Sandhya Choubey, Raj Gandhi, Atsushi Watanabe
新潟冬の研究会 2010、越後湯沢 (2010 年 1 月 7 日)
- Cascade hierarchy in supersymmetric SU(5) grand unified theory
澤中英之, 小島健太郎, 高橋亮
理論セミナー、佐賀大学 (2010 年 1 月 27 日)
- 高エネルギーニュートリノでさぐる新物理
渡邊 篤史
第 23 回宇宙ニュートリノ研究会、東京大学宇宙線研究所 (2010 年 2 月 9 日)
- Taming ANTs
原田 恒司
愛媛大学セミナー (2010 年 2 月 18 日)
- SUSY GUT with Noncompact Horizontal Symmetry
山津 直樹
KEK 理論研究会「素粒子物理の現状と展望」(KEK-PH2010) (2010 年 2 月 18-20 日)

- Power counting と矛盾しない 1 核子系カイラル摂動論の相対論的取扱い
吉本 一世
九州大学フロンティアリサーチャー育成プログラム全体研究報告会 (2010 年 3 月 8 日)
- ノンコンパクト群に基づく超対称ゲージ理論の真空構造
井上 研三, 久保 博史, 山津 直樹
日本物理学会 第 65 回年次大会, 岡山大学津島キャンパス (2010 年 3 月 22 日)
- 宇宙ニュートリノスペクトラムと標準模型をこえる物理の効果
Atri Bhattacharya, Sandhya Choubey, Raj Gandhi, Atsushi Watanabe
日本物理学会 2010 年春季大会, 岡山大学津島キャンパス (2010 年 3 月 23 日)
- Holographic Penta and Hepta Quarks in Confining Gauge Theories
郷六 一生, 中村 昭洋, 豊田 文彦, 田港 朝貴
日本物理学会 第 65 回年次大会, 岡山大学 (2010 年 3 月 23 日)

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

- 特定領域研究 (B)
「ヒッグス粒子と超対称性の発見が切り拓く 21 世紀の素粒子物理学」 (領域代表者: 東京大学大学院理学系研究科 駒宮 幸男) 計画研究 C03 「時空構造と統一理論」
研究代表者 : 井上 研三
- 若手研究 (B)
「超対称性の破れのミラージュ伝達と LHC の物理」 (2009 年度 ~ 2011 年度)
研究代表者 : 奥村 健一
- 特定領域研究 (B)
「フレーバー混合における標準理論を超える物理の理論」 (2006 年度 ~ 2011 年度)
研究分担者 : 奥村 健一
- 特別研究員奨励費
「膨張している宇宙の中のクォーク、グルーオンの性質の超弦理論を用いた

解析」

研究代表者：石原 雅文

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)

石原 雅文 (DC 1)

他大学での研究と教育

- 原田 恒司
愛媛大学集中講義「物理学特別講義」平成 22 年 2 月 17 日から平成 22 年 2 月 20 日
- 原田 恒司
信州冬の学校 (京都大学基礎物理学研究所・地域スクール) 講師「有効場理論と繰り込み群のハドロン系への応用」平成 22 年 3 月 11 日から平成 22 年 3 月 14 日

学部 4 年生卒業研究

中野 正之、高山 健一、牧野 広樹、米田 達則 (指導教員、井上 研三) : 上級量子力学 (J.J. Sakurai 著) の輪講および素粒子の標準理論の研究

修士論文

- 榮田 達也 (指導教員、原田 恒司) : soft-collinear 有効理論と $B \rightarrow D\pi$ の行列要素の因子化
- 田港 朝貴 (指導教員、井上 研三) : ゲージ/重力対応を用いた有限電場中の強結合ゲージ理論の解析

博士論文

- 石原 雅文 (指導教員、井上 研三) : The analysis of hadrons with gauge/string correspondence

学外での学会活動

- 日本物理学会代議員 (井上 研三)
- 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)

その他の活動と成果

- 先端基礎科学加速器研究会 (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)
- 平成 21 年度 教員免許状更新講習「現代物理学二講」
九州大学、平成 21 年 8 月 11 日 (井上 研三)
- 出前授業「究極の粒子・究極の力」
宮崎県立宮崎北高校平成 21 年 9 月 12 日 (原田 恒司)
- 福岡県「高校生理数能力向上事業」理数オリンピックセミナー講師「現代物理学の成果と課題 – 自然界の姿と秩序 –」
平成 21 年 12 月 6 日、13 日 (原田 恒司)
- 2009 年度九州大学理学部物理学科体験入学「素粒子の世界」
講師 (奥村 健一)

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 》

江上 智晃

《 大学院 博士課程 》

柏 浩司 角 剛典 境 祐二

《 大学院 修士課程 》

田上 真伍 花田 真也 小野 寿哉 甲斐 貴則

松本 健史 蓑茂 工将 小田 輝 佐々木 崇宏

濱田 泰賀

《 学部 卒業研究生 》

斎藤 康浩 佐々 百合子 藤岡 雄大 雪山 裕貴

蓬田 光樹

担当授業

物理学入門 (八尋正信) 量子力学補講 (八尋正信) 量子力学I・同演習 (八尋正信・緒方一介)、特殊相対論と電気力学 (八尋正信)、物理数学 I(清水良文)、原子核物理学 (清水良文)、数値計算法 (清水良文)、電磁気学 (清水良文)、物理学特別講義 I (物理学最前線) (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

虚数および純虚数化学ポテンシャルにおける中間子質量の研究 (八尋正信、松崎昌之 [福岡教育大学]、河野宏明 [佐賀大学]、柏浩司 (D3)、境祐二 (D1))

実数化学ポテンシャル領域を定量的に調べることを目的として我々が提案した「虚数化学ポテンシャル一致法」の信頼性をより高めるため、繰りこみの問題のない中間子質量の解析を、実数および虚数化学ポテンシャルにおいて行った。その結果、中間子質量も Roberge-Weiss(RW) 周期性および RW 転移を示すことが明らかになった。また、擬スカラーである π 中間子質量はクォークカレント質量に敏感であり、格子 QCD 計算の様なカレント質量が大きい場合には定性的にも異なる結果を与える可能性があることも明らかになった。来年度は、本研究で考慮しなかったベクター中間子などより重い中間子質量の解析を行う。

虚数化学ポテンシャルの情報を用いた QCD 相構造の解明 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、柏浩司 (D3)、境祐二 (D1))

QCD 相構造の解明を困難にしている原因は、第一原理である格子 QCD が実数化学ポテンシャルにおいて符号問題をもち、計算できないためである。純虚数化学ポテンシャル領域ではこの問題はない。昨年度、我々は虚数化学ポテンシャル領域において Polyakov-loop extended Nambu–Jona-Lasinio (PNJL) 模型が QCD の持つ Roberge-Weiss 周期性を再現すること、定性的には格子 QCD の結果を再現することを示した。本年度は、この領域において PNJL 模型と格子 QCD を直接比較し、現時点での最良のパラメータを見つけた。さらに、そのパラメータでの PNJL 模型計算から実化学ポテンシャルにおける相構造を決定した。

アイソベクター型虚数化学ポテンシャルにおける QCD 相構造の解析 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、境祐二 (D1))

格子 QCD が計算可能な他の領域として、アイソベクター型化学ポテンシャル領域がある。特に、この領域においては、化学ポテンシャルが実数でも虚数でも格子 QCD が計算可能なため、我々の戦略「模型を用いた虚数化学ポテンシャル領域から実数化学ポテンシャルへの解析接続」の妥当性を調べるのが可能である。近年、虚数アイソベクター型化学ポテンシャル領域における格子 QCD の結果が得られたこともあり、まずは、この領域における相構造を PNJL 模型を用いて調べた。この領域では、パイオン凝縮が起こらず、QCD は高い対称性を持っていることを示した。PNJL 模型も同様の対称性を持っており、この領域における格子 QCD の結果を定性的に再現することを示した。来年度は、この領域において PNJL 模型と格子 QCD との定量的比較を行う。

双対クォーク凝縮の研究 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、柏浩司 (D3))

近年、新しい非閉じ込め相転移の指標として提案された双対クォーク凝縮の解析を PNJL 模型を用いて解析した。その結果、PNJL 模型の中でも Polyakov-loop ポテンシヤ

ルに対数型のものを採用した模型が、格子 QCD 計算のデータを定量的に再現することを発見した。また、通常は零化学ポテンシャル領域では効果が現れないベクター型相互作用が双対クォーク凝縮に対しては、高温領域において非常に大きな寄与を与えることが明らかになった。本研究では零化学ポテンシャルのみの解析を行ったため、来年度は、有限化学ポテンシャルでの双対クォーク凝縮の解析を行う。

3 フレーバー系での中間子質量の解析 (八尋正信、河野宏明 [佐賀大学]、松本健史 (M2)、柏浩司 (D3)、小田輝 (M1))

我々の研究グループでこれまで行ってきた 2 フレーバー系より、現実的な 3 フレーバー系での中間子質量の解析を行った。特に虚数化学ポテンシャルでの解析を行い、軸性ベクトル異常回復の効果を調べた。この軸性ベクトル異常は小林-益川-'t Hooft 相互作用によって記述され、その化学ポテンシャル依存性が問題である。その結果、有限の虚数化学ポテンシャルでは、零化学ポテンシャルでカイラル対称性が回復していたとしても、その対称性が破れている現象が確認され、この現象を利用することによって、近年問題となっている小林-益川-'t Hooft 相互作用の化学ポテンシャル依存性が決定できることを明らかにした。今年度は定性的な解析のみを行ったため、来年度は格子 QCD データを利用して定量的な解析を行う予定である。

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]、甲斐貴則 (M2)、境祐二 (D1))

虚数化学ポテンシャル領域における PNJL 模型と格子 QCD との定量的比較を通して、2 つの相違は、主に PNJL 模型においてカイラル相転移と閉じ込め相転移の相関が小さいためであることがわかった。そこで、2 つの相転移の相関を表す項を PNJL 模型に加え、この項の効果について調べた。その結果、この項を加えることで PNJL 模型と格子 QCD との相違を小さくすることができることを示した。来年度は、このカイラル相転移と閉じ込め相転移の相関を現す項の起源について調べる予定である。

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)、佐々木崇宏 (M1)、境祐二 (D1))

実数アイソベクター型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必要不可欠なパラメータである。この領域において、純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で PNJL 模型計算を行い、格子 QCD と比較した。その結果、PNJL 模型はこの領域における格子 QCD 計算を定量的に再現することが分かった。この結果は、我々の戦略の妥当性を裏付ける 1 つの証拠である。来年度は、この格子 QCD を再現する PNJL 模型を用い、温度-実クォーク化学ポテンシャル-

実アイソベクター型化学ポテンシャル空間における相構造について調べる予定である。

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])

宇宙における元素合成で最初の障害となるのが、質量数 8 の壁である。この壁を越え、生命にとって本質的に重要な ^{12}C を形成する反応として、3 つの α 粒子 (^4He 原子核) から ^{12}C が出来る、いわゆる 3 重 α 反応が広く知られている。この反応は、絶妙に“調整”された共鳴状態を経由して起きると考えられてきたが、低温 (約 1 億度以下) では、非共鳴過程、すなわち、3 つの α 粒子が同時に衝突・融合する過程が重要となる。

本研究では、共鳴・非共鳴状態を統一的に取り扱うことにより、広い温度領域にわたってこの 3 重 α 反応の反応率を正確に決定する。離散化チャネル結合法を用いた量子力学的反応計算の結果、1 億度よりも低温の環境では、 ^{12}C の生成率が従来の結果よりも劇的に増大する (例: 1,000 万度で 10^{26} 倍になる) ことを明らかにした。この研究成果は Progress of Theoretical Physics 上で出版され、また、米国での招待セミナーや、国際会議の招待講演として選定された。

来年度は、計算の中身をより深く分析し、反応率の精度の向上を目指すと共に、天体核物理における 3 粒子入射反応の役割を系統的に模索する。この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、渡辺幸信 [九州大学総合理工学研究院准教授]、叶涛 [九州大学総合理工学研究院博士後期課程 3 年])

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。実際の中性子生成実験では、厚いリシウム標的に 40MeV 程度の重陽子を入射する。このとき、重陽子は標的との相互作用により次第にエネルギーを失っていき、その過程で中性子の生成反応が起こる。従って中性子源の開発には、幅広い入射エネルギーにわたる $^{6,7}\text{Li}(d, nx)$ 反応の核データが必要となるため、全てのデータを実験的に整備することは難しい。

本研究では、 $^7\text{Li}(d, nx)$ 反応のうち、標的核が励起しない分解過程を離散化チャネル結合法で、標的核の励起を伴う過程を Glauber 模型を用いて記述することにより、応用上重要となる 40MeV 入射の実験データを再現することに成功した。この成果は Physical Review C 上で出版された。本研究で達成された、 $^7\text{Li}(d, nx)$ 反応による中性子スペクトルの高い再現性は、IFMIF 計画を推進する大きな一歩となるものと考えられる。この研究は叶氏を中心に推進された。

動的相対論的補正を考慮した不安定核分解反応の記述 (緒方一介、C. A. Bertulani [Texas

A&M 准教授])

クーロン相互作用を相対論的に記述し、不安定核 ${}^8\text{B}$ および ${}^{11}\text{Be}$ の ${}^{208}\text{Pb}$ による分解反応断面積を求めた。本年度は、昨年度の研究内容を深化させ、2重微分分解断面積に対する動的相対論効果を分析し、また、量子力学的補正を正確に遂行することにより、相対論的離散化チャンネル結合法という新しい反応モデルを確立した。本研究は緒方助教を中心に推進され、その成果は Progress of Theoretical Physics への掲載が決定している。

重陽子分解融合反応の純量子力学的記述 (緒方一介、八尋正信、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])

原子核が衝突する際に起きる融合反応は、核反応の中でも最も重要な反応過程のひとつである。しかし、融合過程を純量子力学的に記述する方法は確立しておらず、特に入射原子核の一部のみが標的核と融合する、いわゆる不完全融合反応を計算する手法は、多くの仮定を含んだものとなっている。

本研究では、入射粒子を構成する粒子が標的核に捕獲されるかどうかを、吸収半径という量に基づいて峻別し、純量子力学的に不完全融合反応の断面積を計算する方法を提案する。本年度は、この方法をリシウムを標的とした重陽子入射反応に適用し、手法が有効に機能すること、また、従来提案されていた不完全融合反応の算定法が全く信頼性に欠け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 Progress of Theoretical Physics 上で出版された。

歪曲波に対する局所半古典近似を用いた $(p, 2p)$ 反応の DWIA 解析 (緒方一介、角剛典 [D2])

原子核の1粒子情報を引き出す手段のひとつとして、中間エネルギーにおける $(p, 2p)$ 反応がある。特に、偏極分解能 (A_y) の符号は、核内核子の1粒子スピン (j) を決定する上で本質的に重要である。しかし実際は、この A_y と j との対応関係の有無は反応条件に強く依存し、しばしば、期待した対応関係が得られないことが知られている。

本研究は、 A_y の符号と j との対応関係をあらためて分析し、その理解を深めることを目的とする。特に、入射・放出核子のスピン軌道光学ポテンシャルが果たす役割に着目する。核子の運動学を丁寧に分析した結果、 A_y と j の対応関係の発現と消失のメカニズムを、直観的に説明することに成功した。この研究は角氏を中心として推進された。

核子-核弾性散乱に対する局所化された微視的光学ポテンシャルの構築 (八尋正信、清水良文、緒方一介、河野通郎 [九州歯科大学教授]、蓑茂工将 (M2))

核子-核弾性散乱は、入射核子と標的核間の光学ポテンシャルを用いて良く記述される。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。光学ポテンシャルは弾性散乱以外の反応過程を記述する際にも必要とされ、不安定核反応に対して容易に光学ポテンシャルを決定できないことは大きな問題とされてきた。そこで必要となるのが光学ポテンシャルの理論的構築(微視的光学ポテンシャル)である。しかし、微視的光学ポテンシャルは本質的に非局所性を含むものであり、局所ポテンシャルとして求められる現象論的光学ポテンシャルよりも遥かに複雑である。この問題を解決するためには、非局所ポテンシャルと等価な局所ポテンシャルを理論的に構築する必要がある。その方法として最も有名なものが、Brieva と Rook によって提案された近似法(BR法)である。しかしこれまで、BR法の妥当性を定量的に評価した研究は存在していない。

本研究では、非局所性を考慮した厳密計算とBR法を用いた計算を直接比較することにより、BR法の妥当性を検証した。その結果、極めて広いエネルギー領域においてBR法が有効に機能することが確かめられた。この成果は Journal of Physics G:Nuclear and Particle Physics 誌での掲載が決定した。

今後は核-核弾性散乱の記述に取り組む。同時に、この微視的光学ポテンシャルを計算の入力として、離散化連続チャンネル結合法を用いた反応解析を実行する予定である。本研究は蓑茂氏を中心に推進された。

次世代核融合炉関連核データの理論的構築(緒方一介、渡辺幸信[九州大学総合理工学研究院准教授]、濱田泰賀(M1))

次世代核融合炉では、中性子のエネルギーを利用して、天然には存在しない3重水素を生成する必要がある。現在、融合炉にリシウム7を配置し、中性子によってこれを分解することにより、3重水素を生成する計画が立案されている。従ってリシウム7の分解反応率は、次世代核融合炉の設計にとって、最も本質的な物理量のひとつとなっている。

本研究では、中性子とリシウム7の反応に類似し、かつ、実験的に測定が容易な陽子-リシウム7反応を離散化チャンネル結合法によって分析することにより、リシウム7が分解するメカニズムを定量的に解明する。本研究の重要な特徴として、反応に関わる相互作用を全て2核子間力に基づいて理論的に構築するという点がある。この特徴により、陽子-リシウム7反応の分析結果を基にして、中性子-リシウム7反応の分解確率を理論的に決定することができると期待される。

本年度は、この研究を遂行するべく、計算に必要なポテンシャルの構築を行った。この研究は濱田氏を中心として推進された。

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])

ミラノ大学の原子核実験グループによる超変形回転バンドからの準連続 γ 線の実験データの分析については、昨年度ようやく満足の行く結果が得られた。その過程においてこれまでの超変形回転バンドの生成・崩壊の理論的模型に、回転バンドのガンマ線遷移の統計的シミュレーションを組み合わすことが重要であることが明らかになった。このガンマ線遷移シミュレーション効果の重要性をさらに調べるために、これまですでに分析し、シミュレーションなしである程度うまくいっている ^{143}Er や ^{152}Dy の超変形回転バンドにおいても、その効果を調べる研究を引き続き行っている。結果については間もなく明らかになる予定である。この研究は S. Leoni 氏を中心に進められている。

Woods-Saxon ポテンシャルを用いた集団運動の記述 (清水良文、([小路拓也 (卒業生)]))

昨年度、小路拓也の博士論文として、Woods-Saxon ポテンシャルを用いた β - γ -低励起振動運動、ウォブリング・プリセッション回転運動の系統的な分析が行われたが、特に、プリセッション回転運動の計算結果は、Nilsson ポテンシャルを用いた場合にうまく行かない状態を含めて、エネルギースペクトルおよび電磁遷移確率ともに非常に良く実験データを再現することが示された。この研究では、プリセッションやウォブリングのような回転的励起モードを、乱雑位相近似法という振動励起を取り扱う枠組みで計算しているところが特徴的であるが、プリセッションや β - γ -振動などと比べて、大きな遷移確率を持つことがどうして出てくるのか、引き続き調べた。乱雑位相近似の波動関数のエネルギー分布を調べると、プリセッションの場合は γ -振動の場合に比べ、低エネルギー部分も高エネルギー部分 (芯偏極に対応する) とともに、振幅が大きくなっており、確かに、振動的集団性よりずっと大きな集団性がもたらされることが分かった。同じ乱雑位相近似の枠組みでどうしてこのような違いが出るのかについて、引き続き研究中である。この研究は小路氏の博士論文を基に清水准教授を中心に進められている。

連続状態の効果を考慮した Strutinsky 法の開発 (清水良文、田嶋直樹 [福井大学准教授]、高原哲士 [杏林大学講師])

数年前より、すべての物理量の計算で自由粒子の効果を引き去る Kruppa の方法を拡張することにより、連続状態の効果を正しく取り扱う枠組みを開発してきた。これにより、原子核の束縛エネルギーを計算する半現象論方法である、従来 of 殻補正法、(または、微視的-巨視的模型 (microscopic-macroscopic method) と呼ばれる) を大幅に改

善し、不安定核の質量計算等に適用可能になる。本年度は、新しい信頼できる方法としてその方法論を確立し、論文としてまとめた。ポイントは 1) Strutinsky 殻補正法でのエネルギーのスムーズ化が殻効果を記述する半古典軌道の長時間成分を切り取るローパスフィルターになっていること、2) それによって殻補正エネルギーがスムーズ化のパラメータに依らないというプラトー条件がどのような場合に成立するのかについて新しい見方を与えたこと、3) Kruppa 法によって連続状態の効果がうまく取り扱える理由を、半古典近似 (oscillator-basis-Thomas-Fermi 近似) の範囲内で明らかにしたこと、4) Kruppa の方法を拡張することにより、従来、不安定核に適用する場合、BCS 理論が使えずより計算の難しい HFB 理論を使わなければならなかった困難が解決され、不定性無く BCS 理論が適用できること、5) 殻補正法では巨視的液滴模型と微視的殻補正を組み合わせるので、巨視的模型のフェルミエネルギーと微視的模型のフェルミエネルギーがずれることによりドリップラインの記述が困難になるが、巨視的模型に適合するように微視的ポテンシャルの深さを自動補正することによって、両者の矛盾を解消したことである。この研究は田嶋氏を中心に行われた。

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) が圧倒的に多い理由を調べる研究を数年前から行っている。できるだけ多くの原子核を調べるには、ドリップ線近くの不安定核の計算をする必要があり、前項の「連続状態の効果を考慮した Strutinsky 法の開発」によって、信頼性の高い計算が可能になってきた。通常、プロレート変形優勢の理由として、原子核の平均場が調和振動的ではなく、表面付近でより深くなっていることが指摘されているが、本年度の研究では、特にスピン軌道ポテンシャルの果たす役割に注目して研究を行ってきた。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必要な影響を及ぼしていることが分かってきた。この研究は高原氏を中心に行われた。

不安定核のためのアイソスピン依存対相関相互作用 (清水良文、山上雅之 [会津大学准教授]、中務孝 [理研准主任])

これまでの研究から回転運動の慣性能率に対して、不安定核では特に対相関の効果がより顕著に現れることがわかっており、どのような対相関相互作用が現実的かを調べるのが極めて重要である。本年度は、密度依存ゼロレンジ対相関力 (対密度汎関数) について、どのような形を取るべきかを、広い範囲に渡る原子核について HFB 理論で得られるペアリングギャップと偶奇質量差を比較することにより調べた。特に、アイソスカラー型の密度だけでなく、アイソベクトル型密度に 2 次までの範囲内で依存する

形を仮定することによって、 $(N - Z)/A$ の広い範囲で偶奇質量差を合わせられることがわかった。その時に得られた、最良の対相関力のアイソベクトル型密度依存項の強さが、使ったゼロレンジスキルム力 (Skyrme force) のアイソベクトル有効質量と明確な比例関係を持つことが分かった。これにより、中性子数と陽子数の非常に異なった不安定核の対相関の計算をする場合には、それぞれに用いるゼロレンジスキルム力に適合した対相関力を用いることが必要であり、平均場と対相関を決める密度汎関数の成分が独立ではなく、お互いに密接に関係し合っていることが明確に示された。この研究は山上氏を中心に進められた。

広い模型空間での量子数射影の効率的計算法の開発 (清水良文、田上真伍 (M2))

昨年度から今年度にかけて、対相関があり、かつ、回転している平均場から得られる平均場状態に対して、量子数射影 (角運動量射影と粒子数射影が同時に) 可能な計算法を開発してきた。特に、不安定核も視野に入れて、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必要であり、これが平均場の正準基底を用いることにより可能になることを明らかにした。本年度は、さらに、空間反転対称性 (パリティ) を破った、最も一般的な平均場に対して、量子数射影計算が可能になるような拡張を加えた。これによって、全く一般的にエキゾチックな変形を持ち、かつ、回転した原子核の回転スペクトルの分析が可能になる。この研究は田上氏を中心に進められた。

Kruppa 法を用いた不安定核の研究 (清水良文、小野寿哉 (M2)、田嶋直樹 [福井大学准教授]、高原哲士 [杏林大学講師])

「連続状態の効果を考慮した Strutinsky 法の開発」のところで述べた、Kruppa の処方方をさらに拡張し色々な物理量に対して、自由粒子の寄与を引き去ることによって、不安定核の半径、四重極変形度、慣性能率などを計算し、その性質を調べた。特に、原子核の半径は基本的な物理量の一つであるが、単純な BCS 理論では、連続状態の効果が発散して正確に求められない。この「中性子自由ガス」の問題が Kruppa 法によって解決し、比較的簡単な殻補正法によって、半径の計算ができることを確かめた。また、ドリップ線近傍の不安定核では、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) の存在が HFB 理論によって知られているが、我々の Kruppa-BCS 法でも類似の効果が現れることを明らかにした。また、このように半径のような、空間的に広がった連続状態の効果が非常に効く物理量に対して、慣性能率のような運動量を含む物理量に対しては、Kruppa 法の効果は小さく、通常の BCS 理論で十分よい精度で計算できることを示した。この研究は小野氏を中心に進められ、本年度の修士論文としてまとめられた。

発表論文

《原著論文》

Meson mass at real and imaginary chemical potentials:

Kouji Kashiwa, Masayuki Matsuzaki, Hiroaki Kouno, Y. Sakai, and Masanobu Yahiro,
Physical Review D, **79** (2009) pp. 076008-1-9

Correlations among discontinuities in QCD phase diagram:

Kouji Kashiwa, Masanobu Yahiro, Hiroaki Kouno, Masayuki Matsuzaki, and Yuji Sakai,

Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, **36** (2009) 105001-1-13

Roberge-Weiss phase transition and its endpoint:

H. Kouno, Y. Sakai, K. Kashiwa, and M. Yahiro,
J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **36** (2009) 115010.

Determination of QCD phase diagram from the imaginary chemical potential region:

Yuji Sakai, Kouji Kashiwa, Hiroaki Kouno, and Masanobu Yahiro
Physical Review D **79** (2009) , 096001-1-9

Dual quark condensate in the Polyakov-loop extended NJL model: Kouji Kashiwa,
Hiroaki Kouno, and Masanobu Yahiro,

Physical Review D, **80** (2009) 117901-1-4.

Description of Four-Body Breakup Reaction with the Method of
Continuum-Discretized Coupled-Channels:

Tomoaki Egami, Takuma Matsumoto, Kazuyuki Ogata, Masanobu Yahiro,
Progress of Theoretical Physics **121** (2009) pp. 789–807

A Smoothing Method of Discrete Breakup S-matrix Elements in the Theory of
Continuum-Discretized Coupled Channels:

Takuma Matsumoto, Tomoaki Egami, Kazuyuki Ogata, Masanobu Yahiro,

Progress of Theoretical Physics **121** (2009) pp. 885–894

Dissociation of relativistic projectiles with the continuum-discretized coupled- channels method:

K. Ogata and C.A. Bertulani,

Progress of Theoretical Physics **121** (2009) pp. 1399–1406

Properties of nuclear and Coulomb breakup of ^8B :

K. Ogata, T. Matsumoto, Y. Iseri, M. Yahiro,

Journal of the Physical Society of Japan **78** (2009) pp. 084201-1–084201-4

Analysis of deuteron breakup reactions on ^7Li for energies up to 100 MeV:

Tao Ye, Yukinobu Watanabe, Kazuyuki Ogata,

Physical Review C **80** (2009) pp. 014604-1–014604-8

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

Kazuyuki Ogata, Masataka Kan, Masayasu Kamimura,

Progress of Theoretical Physics **122** (2009) pp. 1055–1064

New Approach to Evaluation of Incomplete and Complete Fusion Cross Sections with the Continuum-Discretized Coupled- Channels Method:

Shintaro Hashimoto, Kazuyuki Ogata, Satoshi Chiba, and Masanobu Yahiro,

Progress of Theoretical Physics **122** (2009) pp. 1291–1300

Observation of a Large Reaction Cross-Section in the Drip-Line Nucleus ^{22}C :

K. Tanaka *et al.* (著者 37 名: うち 8 番目に緒方),

Physical Review Letters **104** (2009) pp. 062701-1–062701-4

Rotation and shape changes in ^{151}Tb and ^{196}Pb : probes of nuclear structure and tunneling process in warm nuclei. Part I. Experimental Analysis:

S. Leoni, G. Benzoni, N. Blasi, A. Bracco, F. Camera, A. Corsi, F. C. L. Crespi, P. Mason, B. Million, D. Montanari, M. Pignanelli, E. Vigezzi, O. Wieland, M. Matsuo, Y. R. Shimizu, D. Curien, G. Duchêne, J. Robin, P. Bednarczyk, M. Castoldi, B. Herskind, M. Kmiecik, A. Maj, W. Meczynski, J. Styczen, M. Zieblinski, K. Zuber,

and A. Zucchiatti,
Phys. Rev. C **79** (2009), 064306-1-13.

Rotation and shape changes in ^{151}Tb and ^{196}Pb : probes of nuclear structure and tunneling process in warm nuclei. PartII. Microscopic Monte Carlo simulation:
S. Leoni, G. Benzoni, N. Blasi, A. Bracco, F. Camera, A. Corsi, F. C. L. Crespi, P. Mason, B. Million, D. Montanari, M. Pignanelli, E. Vigezzi, O. Wieland, M. Matsuo, Y. R. Shimizu, D. Curien, G. Duchêne, J. Robin, P. Bednarczyk, M. Castoldi, B. Herskind, M. Kmiecik, A. Maj, W. Meczynski, J. Styczen, M. Zieblinski, K. Zuber, and A. Zucchiatti,
Phys. Rev. C **79** (2009), 064307-1-15.

Optimal pair density functional for the description of nuclei with large neutron excess:
M. Yamagami, Y. R. Shimizu, and T. Nakatsukasa,
Phys. Rev. C **80** (2009), 064301-1-10.

《Proceedings》

COUPLED-CHANNELS ANALYSES OF 6He BREAKUP REACTIONS:
T. Matsumoto, T. Egami, K. Ogata, Y. Iseri, M. Kamimura and M. Yahiro,
International Journal of Modern Physics A **24** (2009) pp. 2191–2197

《その他の論文》

Determination of QCD phase diagram from the imaginary chemical potential region:
Yuji Sakai, Kouji Kashiwa, Hiroaki Kouno, Masanobu Yahiro.
原子核研究 54 巻 特集号 (2010).

Determination of QCD phase diagram from the imaginary chemical potential region:
Yuji Sakai, Kouji Kashiwa, Hiroaki Kouno, Masanobu Yahiro.
Proceedings of Science (Lattice 2009) 183 (2010).

原子核における対相関 (ペアリング):

清水良文、

「南部陽一郎先生ノーベル賞受賞記念特集号」、原子核研究, Vol. 53, Supplement 5,

2009年4月, pp. 142–152.

太陽とエネルギー変換原理 (1) 熱放射と光電効果:

清水良文、

「特集:太陽の時代」、空気調和・衛生工学会誌, Vol. 83, No. 11, 2009年11月, pp. 905–910.

Kruppa 法における連続状態の取扱い:

小野寿哉、清水良文、

原子核研究, Vol.54, Suppl.1 (2010), p.87.

講演

《 海外での講演 》

Imaginary Chemical potential and Determination of QCD phase diagram:

M. Yahiro, H. Kouno, K. Kashiwa and Y. Sakai,

Extreme QCD 2009,

Sejong University, Seoul, Korea, August 3rd-5th, 2009.

A new version of CDCC for four-body breakup reaction:

M. Yahiro, T. Matsumoto, K. Minomo, K. Ogata, Y. Shimizu and M. Kohno,

Direct Reactions with Exotic Beams (DREB2009),

December 16-19, 2009, Florida State University, USA.

Determination of QCD phase diagram from the imaginary chemical potential region:

Yuji Sakai, Kouji Kashiwa, Hiroaki. Kouno, Masanobu. Yahiro,

Lattice 2009,

2009年7月29日 中国 北京大学.

Importance of imaginary chemical potential for determination of QCD phase diagram:

Kouji Kashiwa, Hiroaki Kouno, Masayasu Matsuzaki, Yuji Sakai, Masanobu Yahiro,

第3回日米物理学会合同核物理分科会,

2009年10月15日, ハワイ Hilton Waikoloa Village.

Determination of QCD phase diagram from the imaginary chemical potential Yuji Sakai, Kouji Kashiwa, Hiroaki. Kouno, Masanobu. Yahiro,
第3回日米物理学会合同核物理分科会,
2009年10月15日, ハワイ Hilton Waikoloa Village.

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

Kazuyuki Ogata, Masataka Kan, and Masayasu Kamimura,
Invited talk at National Superconducting Cyclotron Laboratory Seminar, Sep. 9, 2009,
National Superconducting Cyclotron Laboratory, Michigan State University

New Approach with CDCC for Evaluating Incomplete and Complete Fusion Cross Sections:

S. Hashimoto, K. Ogata, S. Chiba, M. Yahiro,
The international nuclear physics workshop on Direct Reactions with Exotic Beams (DREB2009), Dec. 17, 2009, Florida State University

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

Kazuyuki Ogata, Masataka Kan, and Masayasu Kamimura,
The international nuclear physics workshop on Direct Reactions with Exotic Beams (DREB2009), Dec. 18, 2009, Florida State University

Lifetime Measurements for the First 2^+ States in $^{162,164}\text{Gd}$ Populated by the β Decay of $^{162,164}\text{Eu}$:

D. Nagae, T. Ishii, R. Takahashi, M. Asai, H. Makii, A. Osa, T. K. Sato, S. Ichikawa, Y. R. Shimizu, and T. Shoji,
International Symposium on Exotic Nuclei (EXON09), Sochi, Russia, 28 Sept.– 2 Oct., 2009.

《 国内での講演 》

Microscopic reaction theory on scattering of unstable nuclei:

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

JUSTIPEN(Japan-US Theory Institute for Physics with Exotic Nuclei) workshop,
RIKEN, Tokyo, Japan, Dec. 7-9, 2009.

Effective model approach to non-Abelian gauge theory at finite chemical potential:
M. Yahiro, Y. Sakai, T. Sasaki, K. Kashiwa and H. Kouno,
International Molecule (Lattice QCD at Finite Density),
Yukawa Institute for Theoretical Physics K202, Kyoto, Japan, Jan.12-15, 2010.

Determination of QCD phase diagram from regions with no sign problem:
M. Yahiro, Y. Sakai, T. Sasaki, K. Kashiwa and H. Kouno,
International workshop (Harmonies and Surprises on the Lattice),
Hiroshima University, Japan, March 13, 2010.

Microscopic approach to scattering of unstable nuclei:
Masanobu Yahiro, Kosho Minomo, Kazuyuki Ogata, Yoshifumi R. Shimizu,
INTERNATIONAL SYMPOSIUM (Forefronts of Researches in Exotic Nuclear Structures - Niigata2010 -),
March 1- March 4, 2010, Hotel BELNATIO, Tokamachi, Niigata, Japan.

虚数化学ポテンシャルを利用した QCD 相図の解析:
柏浩司, 河野宏明, 松崎昌之, 境祐二, 甲斐貴則, 松本健史, 八尋正信,
KEK 理論センター研究会『原子核・ハドロン物理』,
2009 年 8 月 13 日, 高エネルギー加速器研究機構

虚数化学ポテンシャルを使用した QCD 相図の解明:
境祐二, 柏浩司, 河野宏明, 八尋正信,
原子核三者若手夏の学校,
2009 年 8 月 25 日, 長野県木島平

Polyakov-loop extended Nambu–Jona-Lasinio 模型を用いた双対クォーク凝縮の研究:
柏浩司, 河野宏明, 八尋正信,
基研研究会「熱場の量子論とその応用」,
2009 年 9 月 4 日, 基礎物理学研究所

QCD phase diagram at imaginary quark and isospin chemical potentials:

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」,
2009年9月4日, 基礎物理学研究所

虚数化学ポテンシャルを利用した実数バリオン密度での中間子 ($\pi, \sigma, \rho, \omega$) 質量の振る舞いの解析:

柏浩司, 河野宏明, 境祐二, 中村純, 斎藤卓也, 永田桂太郎, 八尋正信,
新学術領域キックオフ研究会”多彩なフレーバーで探る新しいハドロン存在形態の包括的研究”,
2009年11月27日, 名古屋大学 野依記念学術交流館

純虚数化学ポテンシャルにおける:

2+1 フレーバー PNJL モデルを用いた QCD 相図の研究:
松本健史, 柏浩二, 河野宏明, 八尋正信,
第115回日本物理学会九州支部例会, 2009年12月5日, 宮崎大学

アイソスピン化学ポテンシャルを用いた QCD 相図の研究:

佐々木崇宏, 境祐二, 河野宏明, 八尋正信,
日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月5日

虚数化学ポテンシャルを使用した QCD 相図の解明:

境祐二, 柏浩司, 河野宏明, 八尋正信,
科研費特定領域・新学術領域による研究会”ストレンジネスから新ハドロンへ”,
2009年12月11日, 大阪大学 吹田キャンパス荒田記念館

Importance of imaginary chemical potential for QCD phase diagram in the PNJL model:

Kouji Kashiwa, Hiroaki Kouno, Yuji Sakai, Takashi Matsumoto, Masanobu Yahiro,
New Frontiers in QCD 2010 -Exotic Hadron System and Dense Matter-, 基礎物理学研究所, 2009年3月2日

Determination of QCD phase diagram from the imaginary chemical potential region:

Yuji Sakai, Kouji Kashiwa, Hiroaki. Kouno, Masanobu. Yahiro,
New Frontiers in QCD 2010 -Exotic Hadron System and Dense Matter-, 基礎物理学研究所, 2009年3月10日

Polyakov-loop extended Nambu-Jona-Lasinio 模型を用いた双対クォーク凝縮の解析:

柏浩司, 河野宏明, 八尋正信,

日本物理学会 65 回年次大会, 岡山大学, 2009 年 3 月 21 日

QCD phase diagram at imaginary baryon and isospin chemical potentials:

境祐二, 河野宏明, 八尋正信,

日本物理学会 65 回年次大会, 岡山大学, 2009 年 3 月 21 日

QCD phase diagram at finite quark and isospin chemical potential:

佐々木崇宏, 境祐二, 河野宏明, 八尋正信,

日本物理学会 65 回年次大会, 岡山大学, 2009 年 3 月 21 日

離散化チャンネル結合法の天体核反応および核データ研究への応用 3重アルファ融合反応研究の新展開を中心として :

緒方一介,

第 2 回宇核連研究戦略ワークショップ「日本の核データ ~ 天と地の核エネルギー」, 2009 年 7 月 28 日, 理化学研究所仁科加速器研究センター

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

Kazuyuki Ogata,

Invited talk at The 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium, Nov. 11, 2009, University of Tsukuba

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

Kazuyuki Ogata, Masataka Kan, and Masayasu Kamimura,

Tours Symposium on Nuclear Physics and Astrophysics VII, Nov. 20, 2009, Orbis Hall, Kobe

核子-核散乱に対する局所化された微視的光学ポテンシャル,:

蓑茂工将, 緒方一介, 河野通郎, 清水良文, 八尋正信, 蓑茂工将,

第 115 回日本物理学会九州支部例会, 2009 年 12 月 5 日, 宮崎大学

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

Kazuyuki Ogata, Masataka Kan, and Masayasu Kamimura,

Invited talk at The 10th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies (OMEG10), Mar. 10, 2010, Osaka University

離散化チャネル結合法を用いた重イオン標的重陽子入射反応における不完全融合反応解析:

橋本慎太郎, 緒方一介, 千葉敏, 八尋正信,

日本物理学会第 65 回年次大会, 2010 年 03 月 20 日, 岡山大学津島キャンパス

核子-核散乱に対する局所化された微視的光学ポテンシャル,:

蓑茂工将, 緒方一介, 河野通郎, 清水良文, 八尋正信, 蓑茂工将,

日本物理学会第 65 回年次大会, 2010 年 03 月 20 日, 岡山大学津島キャンパス

^{12}C 生成反応の新しい理解:

緒方一介, 上村正康,

日本物理学会第 65 回年次大会, 2010 年 03 月 20 日, 岡山大学津島キャンパス

CDCC の汎用化:

緒方一介, 松本琢磨, 橋本慎太郎, 井芹康統, 櫻木弘之, 上村正康, 八尋正信,

重イオン用 CDCC に関するワークショップ, 2009 年 3 月 31 日, 理化学研究所仁科加速器研究センター

Kruppa 法における連続状態の取扱い:

小野寿哉, 清水良文,

原子核三者若手夏の学校, 2009 年 8 月 28 日, パノラマランド木島平

Kruppa 法における連続状態の取扱い:

小野寿哉, 清水良文,

第 115 回日本物理学会九州支部例会, 2009 年 12 月 5 日, 宮崎大学

Pairing Correlation and Effective Masses in Nuclei with Large Neutron Excess:

M. Yamagami, Y. R. Shimizu, and T. Nakatsukasa,

International Symposium “Forefronts of Researches in Exotic Nuclear Structures –

Niigata2010 –”, Niigata, Japan, 1 – 4 Mar., 2010.

Strutinsky 法と Kruppa 処方:

田嶋直樹、清水良文、高原哲士、

日本物理学会第 65 回年次大会、2010 年 3 月 21 日、岡山大学

連続状態の効果を取り入れた Kruppa 処方による不安定核の研究:

小野寿哉、清水良文、田嶋直樹、高原哲士、

日本物理学会第 65 回年次大会、2010 年 3 月 21 日、岡山大学

プロレート優勢におけるスピン軌道力の役割:

高原哲士、大西直毅、清水良文、田嶋直樹、

日本物理学会第 65 回年次大会、2010 年 3 月 21 日、岡山大学

対相関と核子有効質量の非対称パラメータ依存性:

山上雅之、清水良文、中務孝、

日本物理学会第 65 回年次大会、2010 年 3 月 22 日、岡山大学

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、基盤研究 (C)、

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

研究代表者：渡辺幸信

研究分担者：緒方一介

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: 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】斎藤康浩、佐々百合子、藤岡雄大、雪山裕貴、蓬田光樹 (担当: 清水)
「素粒子・原子核物理入門」の輪講

【後期】斎藤康浩、藤岡雄大 (担当: 八尋、清水、緒方)
場の量子論、核反応論、核構造論の輪講

修士論文

甲斐貴則: (指導教員、八尋正信): 2 フレーバー量子色力学の相構造の解明 ~ カイラル相転移と閉じ込め相転移の相関について ~

松本健史: (指導教員、八尋正信): 実数および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

蓑茂工将: (指導教員、八尋正信): 核子-核弾性散乱に対する局所化された微視的光学ポテンシャルの妥当性

小野寿哉: (指導教員、清水良文): Kruppa 法による不安定核の構造研究

博士論文

柏浩司: (指導教員、八尋正信): A proposal of the imaginary chemical potential matching approach to QCD phase diagram (QCD 相図の解明に対する虚数化学ポテンシャル一致法の提案) [2010 年 3 月授与]

その他の活動と成果

緒方一介: 「原子核の世界 見えない原子の中を見る」, 2010年3月29日, 九州大学物理教室 (高校生体験入学).

緒方一介: 独立行政法人理化学研究所仁科加速器研究センター, 理論研究推進会議委員.

緒方一介: 独立行政法人理化学研究所仁科加速器研究センター, RIBF-UEC (Users Executive Committee) 委員.

緒方一介: 大阪大学核物理研究センター, 研究計画検討専門委員.

緒方一介: 大阪大学核物理研究センター, 実験課題審査会 (B-PAC) 委員.

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 (H22 1.-) 助教

中村 理央 技術職員

《 博士研究員 》

野田 常雄

《 大学院 博士課程 》

高妻 真次郎 小野 勝臣 猿渡 元彬 E. P. B. A. Thushari

《 大学院 修士課程 》

三股 祥平 坂根 悠介 辻本 英之 松尾 康秀

菊池 之宏 林 祐輔

《 学部 卒業研究生 》

佐藤 匡史 田村 隆志 島ノ江 純 田中 惇平

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 (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), 基礎物理学実験 (夏季集中)

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 (橋本 正章, 中村 理央, 三股 祥平)

現代宇宙論の基礎であるビッグバンモデルは、一様等方宇宙を採用している。そのモデルは、様々な現象を説明可能であり成功をおさめている一方で、様々な階層構造が観測されていることも事実である。そこで、非一様な密度分布の可能性を考慮するため、本研究では宇宙初期の元素合成を用いて、その妥当性を評価している。宇宙初期において、バリオンが低密度領域と高密度領

域に分かれているモデルにおいて、それぞれの領域での元素合成計算を行い、各領域でどのような元素が生成されるかを調べた。

まず手始めに、陽子から ^{16}O まで含んだ元素合成計算を行い、生成される元素の量と元素の観測値との比較を行った。その結果、 ^4He 、重水素が観測と矛盾しないパラメータ領域で、 ^{16}O の質量比が 10^{-7} 程度生成可能だとわかった。さらに、高密度領域における元素合成計算を、質量数が 200 以上もある重元素までを含んだプログラムを用いて、高密度領域で生成される重元素の量を調べた。結果として、(1) 陽子捕獲反応と中性子捕獲反応の両方が起こりえること、(2) パラメータによっては、p 核、s 核、n 核が全て生成されるケースがあること、(3) 観測されているよりも過剰な量の元素が生成される可能性があること、などが分かった。

今後の予定として、より現実的なモデルを提案し、そのもとで解析を行う。

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。前年度まで行っていた計算に含まれていた誤りを修正し、より精度の高い結果を得ることができた。しかし、依然、観測と比較すると冷えすぎるという現象は変わらなかった。

また、最近の Cassiopeia A の観測より、その質量が大きく ($M > 1.5M_{\odot}$) 表面温度が高いということが明らかとなった。これにより、従来より知られている“冷えた”星について、その質量が大きく中心密度が高いため、Exotic な相が出現することで生じる強力な冷却過程が有効となる、という説明が当てはまらなくなってしまった。“冷えた”星と Cassiopeia A の両方の観測結果を無理なく説明できるモデルとして、カラー超伝導を考慮した計算モデルを構築し冷却計算を行った。カラー超伝導の出現密度のファインチューニングが必要となったが、両者を一つのモデルで説明することができた。

しかしながら、今年度使った状態方程式では Cassiopeia A の質量を説明できなかった。来年度は、Cassiopeia A の観測結果である $M > 1.5M_{\odot}$ を満たす状態方程式でカラー超伝導を考慮した冷却計算を行っていく予定である。また、近年、高密度領域でさまざまな相 (π 中間子凝縮等) の議論が活発化しており、そのような相とカラー超伝導の両方を考慮した計算も行っていきたい。

コラプサーモデルに基づく磁気回転爆発と重元素合成 (橋本正章、小野勝臣)

コラプサーモデルと呼ばれるジェット状の重力崩壊型超新星爆発によって、宇宙空間に放出される元素が太陽系組成へ与える影響を調べることが目標とする。これまでの恒星進化段階の詳細な元素合成計算から、超新星爆発を起こす直前に星が持っている組成が分かっている。また、主に鉄グループまでの元素に着目した、超新星爆発時に起こる元素合成計算も行っていた。しかし、このときに考慮した核反応ネットワークでは不十分であることが解析の結果分かった。そこで本年度は、十分に大きな核反応ネットワークを用いて、爆発時に起こる元素合成の再計算を行った。

その結果、最終的にこの爆発モデルによって、 $70 < A < 160$ の中性子過剰元素と、 $70 < A < 90$ の s 過程元素が太陽系組成に寄与することが分かった。更に、上記の元素放出量比が太陽系組成比を 2-3 桁上回っていることから、このようなジェット状の爆発は、一般的な超新星爆発よりも発生頻度が非常に低い必要があることが分かった。これは本研究によって初めて分かったことである。

今回の研究で、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示唆された。このことを確かめるためには、s-process に関わるとされるベータ崩壊反応率を、適切なものに変更する必要がある。来年度はこれを行い、放出元素の s 過程核について詳細に調べる。更に、s 過程核を種として爆発時に起こるとされる、p-process 元素合成についても詳細に調べる。また、r 過程元素の生成比は、質量公式等の核反応データの違いによって異なることが予想される。原子核物理の不定性の影響についても調べる。

現実的な超新星残骸形成シミュレーションと X 線放射 (橋本正章、小野勝臣)

近年、超新星残骸の観測により、X 線などの超新星残骸の詳細なデータが得られるようになって

てきた。超新星爆発で放出された重元素からの輝線から、元素の空間分布の予測も可能になってきた。理論的に観測されている X 線スペクトルを説明しようという試みはあるが、詳細な爆発モデルに基づいた研究はほとんど行われていない。そこで、詳細な超新星爆発モデルを出発点として、超新星残骸形成の流体計算を行い、X 線放射の評価を行うことを、他機関との共同研究として計画した。

本年度は、詳細な爆発モデルに基づく超新星残骸形成の 1 次元のシミュレーションを行った。

その結果、残骸形成は可能となった。しかしながら、電子とイオンの異なる温度を見積もる際、クーロン散乱による緩和過程がうまく取り入れられていないことが分かった。そこで来年度は、流体計算にこの緩和過程を組み込む。この結果をもとに、共同研究者に非平衡な電離度計算を行ってもらい、X 線放射の評価を行う。その後、新たな流体計算コードを導入し、より高解像な多次元計算の準備を行う。

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超新星爆発の MHD シミュレーションを行うことで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。今回の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。

これは Y_e の分布が星の内部で急激に変化しており、第 1, 第 2 ピークを作るはずの Y_e を持つ物質が非常に少ないためである。第 1, 第 2 ピークを作るためには中間領域の Y_e が必要となる。そこで、今後はより広いパラメータでの計算と、より重い星の MHD シミュレーションが必要と考えている。またパラメータの妥当性を考える必要があると考えている。パラメータやより pre-collapse model の違いによってニュートリノ光度が増加し、中間付近の Y_e を持つ物質が増えることで第 1, 第 2 ピークの再現ができるかもしれない。これらのモデルを用いて r -process 元素合成計算を行いたいと考えている。

Magnitude-Redshift relation in the Brans-Dicke theory with a variable cosmological term (E. P. B. A. Thushari, R. Nakamura, M. Hashimoto)

A Brans- Dicke model with a variable cosmological term (BDA) has been investigated with use of the coupling constant of $\omega = 10^4$. Parameters inherent in this model are constrained from comparison between the Big-Bang nucleosynthesis and the observed abundances. It is found that the values of η derived from ${}^4\text{He}$ and D/H are tightly consistent with the value by WMAP, though the lower limit of ${}^7\text{Li}/\text{H}$ is barely consistent. Their agreements are well in the parameter ranges $0.0 \leq \mu \leq 0.6$ and $-2 \leq B^* \leq 2$. Furthermore, the magnitude redshift ($m - z$) relations are studied for BDA both with and without another constant cosmological term in a flat universe. Observational data of Type Ia Supernovae are used in the redshift range of $0.01 < z < 2$. It is found that our model with energy density of the constant cosmological term with the value of 0.7 can explain the SNIa observations with the reduced $\chi^2 = 2.41 \times 10^{-2}$ for the model parameters $\mu = 0.6$ and $B^* = 2$, though the model parameters are insensitive to the $m - z$ relation. In the present research, we have investigated BDA at the early epoch to determine the intrinsic parameters and introduce new parameters

at the present epoch for the $m - z$ relation. Since we have demonstrated a possibility of non-standard model which is compatible with the observations, it is worthwhile to examine more general functional form to the cosmological term in my future work.

シミュレーションによる超新星残骸 Cassiopeia A における物質混合の再現 (橋本正章、松尾康秀)

超新星残骸とは恒星が超新星爆発によって吹き飛ばされ、星雲状に広がった天体のことであり、この中の一つに Cassiopeia A と呼ばれる超新星残骸がある。Cassiopeia A は比較的若く、近傍に存在するため、これまでよく観測がなされてきた。

近年、超新星残骸の高解像度な観測が報告されるようになり、残骸中の元素分布の様子が分かるようになってきた。観測から、Cassiopeia A 中では Fe が Si よりも外側に存在していることが分かった。通常、球対称な超新星爆発シミュレーションでは Fe は常に Si よりも内側にしか存在しない。従って、この Cassiopeia A 中の物質分布は 2 次元、3 次元の効果によるものであると推察される。しかし詳細なメカニズムについてはまだよく分かっていない。

そこで本年度は、この超新星残骸 Cassiopeia A の物質混合を再現することを目標とした。Cassiopeia A における物質混合を再現する効果はいくつか考えられるが、今年度は特に Rayleigh-Taylor(R-T) 不安定性に注目した。R-T 不安定性を考慮すると、 ^{56}Ni がより早く星の外へ放出されることが知られていた。従って、そのまま超新星残骸を形成するまでシミュレーションを行えば、Fe の一部が Si 層を貫通し、残骸となる頃には Fe の一部が Si よりも外側に存在するようになるのではないかと、推測できるため R-T 不安定性に注目した。

結果は、シミュレーションの解像度不足のため、満足に Rayleigh-Taylor 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、星周物質 t 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、来年度はより高解像度なシミュレーションを行うことができるコードを用いて、シミュレーションをする必要がある。また R-T 不安定性以外の効果で物質混合が起きた可能性もある。例えば、SASI とよばれる超新星爆発直前に起こる流体不安定性や Jet 状爆発によるもの等がある。これらの効果についても来年度は議論していきたい。

恒星進化に対してゼロ年齢主系列段階における金属量の違いが与える影響と、球状星団における観測との比較 (辻本英之、橋本正章)

球状星団であるオメガ星団はそれを構成する星々の全質量、化学組成、空間分布などにおいて球状星団の中でも特異な性質を示している。その中で最も特異な性質は金属量の大きな散らばりである。オメガ星団の HR 図を描くと主系列が、表面温度の低い rMS と表面温度の高い bMS の二つに分かれて見えることが近年の観測により示唆されている。このように主系列が二つあるように見える理由として 四つの可能性が提案されていて、本研究では、このうち、bMS は金属量がとても少ない、bMS と rMS でヘリウムの量が異なっている、の場合について金属量とヘリウム含有量を変化させ進化計算を行い HR 図上にプロットしてオメガ星団における観測値と比較し、金属量とヘリウム含有量が星の進化に与える影響について議論する。

単一の恒星の進化計算コードを用いて、ヘリウムと重元素の初期における abundance が、HR 図上での進化経路に与える影響を見積もった。その結果ヘリウムの abundance が進化経路に与える影響は非常に大きいこと、金属量の依存性はそれと比較して小さいこと、対流パラメーターに対する依存性も小さいことが分かった。このことから rMS と bMS は主にヘリウム含有量の違いから生じることが理解できた。ヘリウムの含有量の違いがどうやって形成されるかは今後の課題である。

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)

4463 核種のネットワークを用いて超新星爆発時の元素合成計算を行った。この計算において、超新星爆発時だけではなく、恒星進化時の元素合成も取り扱わなければならないことが分かった。来年度は従来よりも大きなネットワークを用いて、また s-process と呼ばれる中性子捕獲過程に注目して元素合成計算を行う。初期質量が $9 \sim 70 M_{\odot}$ の恒星について計算を行い、従来の

モデルと比較、検討する。

ディテクターモデルを用いた宇宙初期揺らぎの量子相関のシミュレーション (林祐輔)

インフレーション期の宇宙の急激な加速膨張は、インフラトン場の揺らぎをハッブルホライズンの先まで引き延ばしてしまう。この現象により、本来は因果的に独立であるはずのそれぞれのハッブルホライズン内のインフラトン場が相互作用を起こし、量子相関を持つと考えられる。先行研究で与えられるモデルでは、この量子相関を示すために、ハッブルホライズンの内と外の両方の観測データが必要となり、ハッブルホライズンの内部の観測データのみから量子相関の存在を検証できるモデルの構築が待たれている。前年度は、この問題を解決するために、部分系と環境系の相関を部分系の変化のみから測る指標を用いてモデルの構築を行った。今年度は、このモデルを用いて初期宇宙にインフラトン場が量子相関を持ったことを示すことを目指す (東京工業大学 D2 鹿野 豊 氏との共同研究)。

突発天体现象のフォローアップ観測 (山岡均, 高妻真次郎, 坂根悠介)

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、10 個程度の突発天体に関してフォローアップ観測を行なうとともに、新たな観測者との連携を模索する。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。山岡は、IAU の第 6 委員会 (天文電報) の Vice President (2009 Aug.-) として、国際的な新天体情報の取り扱いを行なっている。次年度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, 高妻真次郎, 坂根悠介)

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さらなる実践である。実践としては、赤外線全天サーベイプロジェクトである 2MASS カタログと、X 線の全天カタログである ROSAT カタログとの比較により、キューサーの新たな検出方法を構築し、これらを用いた天体の性質の解明を進めた (高妻, 山岡)。これらをまとめて、高妻の博士論文とした。発見時の画像が利用できる超新星について、アーカイブ画像を用いて位置を精測調査するなど調査し、超新星カタログの誤りを訂正した。これをまとめて、坂根の修士論文とした (坂根, 山岡)。次年度は、超新星の爆発前の姿を調査すること、X 線全天監視装置 MAXI のデータの活用を目指す。

世界天文年 2009 への対応 (山岡均, 高妻真次郎, 坂根悠介)

2009 年は「世界天文年 2009」と国連、UNESCO 等で定められた。これを振興するために、社会教育の一環として各種活動を広く行っていく。今年度は、全国一斉七夕講演会、深い部分日食の観察方法の紹介や観察会の実施、突発的大出現が予報されたオリオン座流星群の紹介など、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 3 回実施した。次年度は、国際天文学連合において今後 10 年間「天文学の戦略的普及」を行なうことが宣言されたことを踏まえ、天文教育の実践を強化する。

磁気圧を考慮した降着円盤モデルの構築 (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 次元の数値計算より発見された磁気圧優勢円盤で説明できると考え、1 次元の局所熱平衡解を求めその特

性を調べた論文として発表した。次年度は3次元の数値計算から X 線光度曲線を求め実際の観測と比較する。

発表論文

《原著論文》

- Explosive Nucleosynthesis in Magnetohydrodynamical Jets from Collapsars:
Masaomi Ono, Masa-aki Hashimoto, Shin-ichiro Fujimoto, Kei Kotake and
Shoichi Yamada,
Progress of Theoretical Physics, **122** (2009) pp. 755-777
- 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 , submitted to
Astron. Astrophys. [Research Notes]
- Properties of Large-Amplitude Variable Stars Detected With Two Micron All Sky Survey Public Images:
Shinjiro Kouzuma, and Hitoshi Yamaoka,
Astron. J., **138** (2009) pp. 1508-1519
- Near-infrared colours of active galactic nuclei:
Shinjiro Kouzuma, and Hitoshi Yamaoka,
Astron. Astrophys., **509** (2010) A64
- Thermal Equilibria of Optically Thin, Magnetically Supported, Two-temperature, Black Hole Accretion Disks:
Oda, H., Machida, M., Nakamura, K.E., and Matsumoto, R.
Astrophysical Journal, **712** (2010) pp.639-652

《Proceedings》

- Magnitude Redshift relation in the Brans- Dicke model constrained from Big-Bang Nucleosynthesis :
E. P. B. A. Thushari, R. Nakamura, M. Hashimoto, K. Arai
Proc. of the 1 Inter. workshop on Gen. Rel. and Grav. in Japan, Tokyo (JGRG19) pp. 359-362 2009

- Quasars and AGN candidates detected by cross-identification between 2MASS and ROSAT PSC :
S. Kouzuma, and H. Yamaoka,
Astronomical Data Analysis Software and Systems XVIII, Vol. 411, pp. 426-429

《 その他の論文 》

- Magnitude Redshift relations in the Brans-Dicke Theory with a variable cosmological term
E. P. B. A. Thushari, R. Nakamura, M. Hashimoto, K. Arai , Annual Research Journal of SLSAJ, Issue 9, pp. 38-41, 2009
- Comet C/2009 F6 (Yi-SWAN)
H. Yamaoka, and D. Yi
IAU Circular, No. 9035, 2009.
- Supernova 2009dd in NGC 4088
H. Yamaoka, and K. Itagaki
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1765, 2009.
- Nova Sagittarii 2009
K. Kinugasa, K. Nishiyama, F. Kabashima, S. Honda, O. Hashimoto, and H. Yamaoka
IAU Circular, No. 9041, 2009.
- Supernova 2009ep in NGC 5329
K. Kinugasa, S. Honda, H. Takahashi, H. Taguchi, O. Hashimoto, and H. Yamaoka
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1808, 2009.
- V5582 Sagittarii
K. Nishiyama, F. Kabashima, S. Nakano, K. Kinugasa, H. Yamaoka, G. Sostero, E. Guido, and P. Camilleri
IAU Circular, No. 9049, 2009.
(V5582 Sagittarii = Nova Sagittarii 2009 No. 2
K. Nishiyama, F. Kabashima, S. Nakano, K. Kinugasa, H. Yamaoka, G. Sostero, E. Guido, and P. Camilleri
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1816, 2009.)
- Supernova 2009fu in NGC 846
K. Kinugasa, H. Takahashi, S. Honda, H. Taguchi, O. Hashimoto, and H. Yamaoka
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1845, 2009.
- Supernova 2009hd in M66
H. Yamaoka, and K. Itagaki
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1874, 2009.

- V5583 Sagittarii = Nova Sagittarii 2009 No. 3
K. Nishiyama, F. Kabashima, G. Pojmanski, D. Szczygiel, B. Pilecki, H. Maehara, Y. Sakane, H. Yamaoka, L. Elenin, S. Kiyota, M. Fujii, A. Arai, T. Komatsu, M. Yamanaka, and M. Sasada
IAU Circular, No. 9061, 2009.
(Nova Sagittarii 2009 No. 3
H. Maehara, Y. Sakane, H. Yamaoka, and S. Kiyota
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1900, 2009.)
- V2672 Ophiuchi = Nova Ophiuchi 2009
S. Nakano, H. Yamaoka, K. Itagaki, K. Kadota, M. Nissinen, V.-P. Hentunen, and P. Schmeer
IAU Circular, No. 9064, 2009.
(Nova Ophiuchi 2009
S. Nakano, H. Yamaoka, K. Itagaki, and K. Kadota
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1910, 2009.)
- Supernova 2009im in NGC 1355
K. Ayani, and H. Yamaoka
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1934, 2009.
- Supernova 2009jf in NGC 7479
K. Itagaki, H. Kaneda, and H. Yamaoka
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1955, 2009.
- Nova in M31: 2009-10b
H. Yamaoka, K. Ayani, S. Honda, and K. Kinugasa
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1980, 2009.
- Nova in M31: 2009-10b
M. Martignoni, K. Itagaki, and H. Yamaoka
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 1980, 2009.
- Supernovae 2009lr, 2009ls, 2009lt, 2009lu, and 2009lv
H. Yamaoka, and K. Itagaki
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2049, 2009.
- KT Eridani = Nova Eridani 2009
H. Yamaoka, K. Itagaki, E. Guido, G. Sostero, H. Maehara, M. Fujii, K. Imamura, R. J. Rudy, T. R. Prater, R. W. Russell, R. C. Puetter, R. B. Perry, and E. V. Kazarovets
IAU Circular, No. 9098, 2009.
(Possible Nova in Eridanus
H. Yamaoka, and K. Itagaki
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2050, 2009.)
- KT Eridani = Nova Eridani 2009
H. Maehara, H. Yamaoka, I. Ootsuki, O. Ohshima, M. Watanabe, A. Miyashita, K. Nagai, M. Hankey, J. E. Bortle, T. Tanaka, A. Kawamura, M. Yamamoto, C.

Hergenrother, P. Camilleri, and W. Vollmann
IAU Circular, No. 9098, 2009.

- V2674 Ophiuchi = Nova Ophiuchi 2010 No. 2
S. Nakano, H. Nishimura, S. Kiyota, K. Itagaki, K. Kadota, E. Guido, G. Sostero,
K. Imamura, K. Tanabe, H. Yamaoka, and M. Fujii
IAU Circular, No. 9119, 2010.
(Nova Ophiuchi 2010 No. 2
H. Yamaoka, and M. Fujii
Central Bureau Electronic Telegrams, No. 2179, 2010.)

著書

- 天文学躍進の400年
協力：山岡 均ほか
ニュートン別冊, ニュートンプレス, 160 頁, 2009 年 5 月 15 日
- シリーズ 現代の天文学 7 恒星
野本 憲一・定金 晃三・佐藤 勝彦編, 執筆：山岡 均 (担当：超新星の観測, pp.
281 – 291) ほか
日本評論社, 378 頁, 2009 年 7 月 25 日

講演

《 海外での講演 》

Magnitude Redshift relation in the Brans- Dicke model constrained from Big-Bang
Nucleosynthesis :

E. P. B. A. Thushari, R. Nakamura, M. Hashimoto, K. Arai
annual Cosmo Inter. Conf. on Particle Physics and Cosmology – Cosmo09, Geneva,
Switzerland, 9 月 7 日-11 日, 2009

Properties of Quasar and AGN candidates detected by 2MASS/ROSAT catalogues:

Shinjiro Kouzuma, and Hitoshi Yamaoka,

International Astronomical Union General Assembly Symposium 267, Rio de Janeiro,
Brazil, August 3-14, 2009.

《 国内での講演 》

- 宇宙の元素存在比に見る $A=195$ ピークの重要性
橋本正章、日本物理学会 (2010 年) 春季年会 (シンポジウム講演)、岡山大学津島キャンパス、3 月 21 日
- *Constraint on heavy element production in inhomogeneous Big-Bang nucleosynthesis from light elements observations:*
R. Nakamura, M. Hashimoto, S. Fujimoto, N. Nishimura, and K. Sato,
the 10th Inter. Sympo. on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies,
大阪大学 (大阪府吹田市), 3 月 8 日-10 日, 2010 年
- 非一様重元素合成に対する観測からの制限 :
中村理央, 橋本正章, 藤本信一郎, 西村信哉, 佐藤勝彦, 基盤 S 研究会 (超新星爆発機構とガンマ線バースト源エンジンの統一的解明), 国立天文台 (東京都三鷹市), 1 月 6 日-7 日, 2010 年
- 非一様ビッグバン重元素合成に対する観測からの制限 :
中村理央, 橋本正章, 藤本信一郎, 西村信哉, 佐藤勝彦,
第 22 回理論懇シンポジウム, 名古屋大学東山キャンパス (愛知県名古屋市),
12 月 20 日-22 日, 2009 年
- 非一様元素合成に対する最近の軽元素観測からの制限 :
中村理央, 橋本正章, 藤本信一郎, 西村信哉, 佐藤勝彦,
日本物理学会 2009 年秋季大会, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫県神戸市),
9 月 10 日-13 日, 2009 年
- クォーク・ハドロン混合相を考慮した HS の Cooling 計算
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 2009 II、京都大学 (京都府京都市), 6 月 20 日-21 日, 2009 年
- クォーク・ハドロン混合相を考慮した高密度星の冷却過程
野田常雄、橋本正章、丸山敏毅、巽敏隆、安武伸俊、藤本正行
日本天文学会 2009 年秋季年会, 山口大学吉田キャンパス (山口県山口市),
9 月 14 日-16 日, 2009 年
- クォーク・ハドロン混合相を含む高密度星の冷却曲線
野田常雄、橋本正章、丸山敏毅、巽敏隆、安武伸俊、藤本正行
第 22 回理論天文学宇宙物理学懇談会シンポジウム、名古屋大学東山キャンパス (愛知県名古屋市), 12 月 20 日-22 日, 2009 年

- クォーク・ハドロン混合相とカラー超伝導を考慮した HS の Cooling 計算
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 2009 III、京都大学(京都府京都市), 12月26日-27日, 2009年
- Cooling of Exotic Stars with Quark-Hadron Mixed Phase in the Colour Superconductive State
T. Noda, M. Hashimoto, N. Yasutake, T. Maruyama, T. Tatsumi and M. Fujimoto
The 10th International Symposium on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies, 大阪大学吹田キャンパス(大阪府吹田市), 3月8日-10日, 2010年
- クォーク・ハドロン混合相を考慮した高密度星の冷却曲線
野田常雄、橋本正章、丸山敏毅、巽敏隆、安武伸俊、藤本正行
日本天文学会 2010年春季年会、広島大学東広島キャンパス(広島県東広島市), 2010年3月24日-27日
- *Heavy-element Nucleosynthesis in Magnetohydrodynamical Jets from Collapsars:*
Masaomi Ono, Masa-aki Hashimoto, Shin-ichiro Fujimoto, Kei Kotake and Shoichi Yamada
the 10th Inter. Sympo. on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies, 大阪大学吹田キャンパス(大阪府吹田市), 3月8日-10日, 2010年
- *Aspherical abundance distribution of ejecta from neutrino-driven core collapse supernova:*
Shin-ichiro Fujimoto, Kei Kotake, Masa-aki Hashimoto, Masaomi Ono and Naofumi Ohnishi
the 10th Inter. Sympo. on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies, 大阪大学吹田キャンパス(大阪府吹田市), 3月8日-10日, 2010年
- 定在降着衝撃波の不安定性 (SASI) により駆動される重力崩壊型超新星爆発と元素合成:
小野勝臣, 猿渡元彬, 橋本正章, 藤本信一郎, 固武慶, 大西直文, 山田章一
日本天文学会 2009年秋季年会, 山口大学吉田キャンパス(山口県山口市), 9月14日-16日, 2009年
- コラプサーモデルによる大質量星の磁気駆動ジェット状爆発と元素合成:
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 2009 年秋季大会, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫県神戸市),
9 月 10-13 日, 2009 年

- 磁気回転爆発に伴う r-process 重元素合成 :
猿渡元彬, 橋本正章, 固武慶, 山田章一,
九州大学核理論セミナー 九州大学箱崎キャンパス, 1 月, 2010 年
- ニュートリノを含んだ磁気回転爆発に伴う重元素合成 :
猿渡元彬, 橋本正章, 固武慶, 山田章一
基盤 S 研究会 (超新星の爆発機構とガンマ線バースト源エンジンの統一的解
明), 国立天文台 (東京都三鷹市), 1 月 6 日-7 日, 2010 年
- 大質量星の磁気回転爆発による元素合成と太陽系組成との比較 :
猿渡元彬, 橋本正章, 固武慶, 山田章一 日本物理学会 2009 年秋季年会, 甲
南大学岡本キャンパス (兵庫県神戸市), 9 月 10 日-13 日, 2009 年
- *R-process Nucleosynthesis during the Magnetohydrodynamics Explosions of
a Massive Star* :
M. Saruwatari, M. Hashimoto, K. Kotake, S. Yamada
the 10th Inter. Sympo. on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies,
大阪大学吹田キャンパス (大阪府吹田市), 3 月 8 日-10 日, 2010 年
- *Effects of a new triple-alpha reaction rate on the helium ignition of accreting
white dwarfs* :
M. Saruwatari, M. Hashimoto,
the 10th Inter. Sympo. on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies,
大阪大学吹田キャンパス (大阪府吹田市), 3 月 8 日-10 日, 2010 年
- *Magnitude Redshift relation in the Brans- Dicke model constrained from Big-
Bang Nucleosynthesis* :
E. P. B. A. Thushari, R. Nakamura, M. Hashimoto, K. Arai
The 19th Inter. workshop on Gen. Rel. and Grav. in Japan (JGRG19), 立
教大学池袋キャンパス (東京都豊島区), 11 月 30 日-12 月 4 日, 2009
- 超新星残骸 Cassiopeia A 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
日本天文学会 2010 年春季年会、広島大学東広島キャンパス (広島県東広島
市), 3 月 24 日-27 日, 2010 年

- 超新星残骸 Cassiopeia A の親星に対する制限:
松尾康秀、橋本正章、小野勝臣、辻本英之、長滝重博、固武慶、山田章一
日本天文学会 2009 年秋季年会、山口大学, 9 月 14 日-16 日, 2009 年
- 恒星進化に対してゼロ年齢主系列段階における金属量の違いが与える影響と、
球状星団における観測との比較 :
辻本英之, 橋本正章
日本天文学会 2009 年秋季年会, 山口大学吉田キャンパス (山口県山口市),
9 月 14 日-16 日, 2009 年
- Entanglement of Quantum Fluctuations in the Inflationary Universe :
林祐輔
量子情報科学 ウィンタースクール, 2010
- 天文を“ 学ぶ ”とは?:
山岡均
“宇宙 (天文) を学べる大学” 合同進学説明会 in 九州, 東海大学熊本キャン
パス, 2009 年 6 月 6 日
- 日食を見よう! :
山岡均
全国同時七夕講演会, 福岡市別府公民館, 2009 年 7 月 7 日
- 日本人と天変 - 日食と客星を例に:
山岡均
林田スマと学ぶ日本の歴史と文化遊学講座, アクロス福岡円形ホール (福岡
県福岡市), 2009 年 7 月 17 日
- ピンホールカメラ作りと皆既日食についてのお話:
山岡均
夏休み子ども企画 宇宙 (ほし) をみあげる 君もガリレオ, アクロス福岡 (福
岡県福岡市), 2009 年 7 月 21 日
- 部分日食をみてみよう:
山岡均, 高妻真次郎, 坂根悠介
夏休み子ども企画 宇宙 (ほし) をみあげる 君もガリレオ, アクロス福岡 (福
岡県福岡市), 2009 年 7 月 22 日

- 時代を超えた超新星探索:
坂根悠介
天文天体物理若手の会夏の学校 2009, 群馬県草津温泉 ホテル櫻井, 2009年7月28日
- マニアックプラネタリウム:
山岡均
天文祭 ~ STAR FESTIVAL, 佐賀県立宇宙科学館ゆめぎんが, 2009年8月29日
- 近赤外線二色図上における AGN の性質 : Hyperz を用いたモンテカルロ・シミュレーション:
高妻真次郎, 山岡均
日本天文学会 2009 年秋季年会, 山口大学, 2009 年 9 月 14-16 日
- 太陽のエネルギー源を探る:
山岡均
第 65 回 ISIT 定期交流会, 福岡ビル会議室, 2009 年 10 月 13 日
- クエーサーの近赤外線波長での色:
高妻真次郎, 山岡均
超広域サーベイによる巨大ブラックホール進化の研究 : 観測と理論の連携, 愛媛大学, 2009 年 10 月 15-17 日
- 星の世界を記録で読み解く:
山岡均
平成 21 年度福岡県立図書館読書週間事業講演会, 福岡県立図書館, 2009 年 11 月 29 日
- 新天体を見つけて地球を守る:
山岡均
スペースガード 2009・札幌, 札幌市青少年科学館, 2009 年 12 月 20 日
- 名寄 1.6m に期待する宇宙物理学:
山岡均
第 2 回スペースガード研究会 & 1m 級望遠鏡による天体観測研究会, 北海道大学, 2009 年 12 月 21 日

- 君も新天体を見つけてみないか:
山岡均
天文講演と天体観望の会, 中村三陽高校 (福岡県福岡市), 2010年1月28日
- 「天文学者」が考えたこと – こどものころ, そしていま:
山岡均
別府小学校「巣立ちの会」, 福岡市立別府小学校, 2010年3月5日
- 銀河系中心浮上磁気ループに関する3次元磁気流体数値実験:
町田真美
星間物質ワークショップ: 銀河系中心部、名古屋大学、2010年1月8日

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説明」(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。

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。

高妻真次郎: 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。

高妻真次郎: 福岡国際医療福祉学院にて「物理学」および「数学・統計学」の講義を行った。

坂根悠介: 福岡工業高等学校にて「理科基礎」, 「理科総合 A」の授業を行った。

町田真美: 名古屋大学理学部天体物理研究室、博士課程学生の博士論文指導に携わった。

学部4年生卒業研究

島ノ江純：(指導教員, 山岡均)：超新星 2009sr の親星の探索：絶対位置測定による

佐藤匡史：(指導教員, 山岡均)：超新星 2009sr の親星の探索：相対位置測定による

修士論文

松尾康秀：(指導教員、橋本正章)：超新星残骸 Cas A ~シミュレーションによる元素分布の探求~

坂根悠介：(指導教員, 山岡均)：アーカイブデータを用いた超新星探索

博士論文

高妻真次郎：(指導教員, 山岡均)：Properties of Near-Infrared Selected Active Galactic Nuclei Extracted from 2MASS/ROSAT Catalogues

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, IAU commission 6 officer, 同 Vice President (H21.8-)

坂根悠介：天文天体物理若手の会夏の学校 2009 太陽・恒星分科会座長 (H21.7)

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。2009年9月5日-8日
- 国立天文台三鷹キャンパスにおいて総合研究大学院大学物理科学研究科天文科学専攻集中講義『シミュレーション天文学』に参加した(松尾、辻本、菊池 2009年9月7日-10日)。
- 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夏(2008年5-7月)・秋(2008年11-12月)に実施した(主任講師：山岡)。
- 福岡市内にてサイエンスパブを3回(2009年7月, 11月, 2010年3月)開催した(実施委員：高妻, 山岡)。
- 九州大学総合研究博物館のサイエンスカフェ紹介において、サイエンスパブを紹介した(高妻, 山岡, 2010年3月18-24日)
- 「科学の公園」にて案内・解説スタッフを務めた(高妻, 2009年7月18日-29日, 11月14日-15日)

- RKB 毎日放送のニュース「今日感テレビ」にて、日食について解説した (山岡, 7月15日)。
- NHK「ニュースなっとく福岡」にて、オリオン座流星群について解説した (山岡, 10月21日)。このほか、テレビ, 新聞等での解説多数。
- I attended to the Women's international students speech contest organized by WFWP organization, Japan
- I attended the international friendship cooking festival sponsored by DASAIFU TENMANGU and Kyushu university foreign student's association.
- I performed Sri Lankan music in Foreign students Cultural Show organized by FOSA (Fukuoka foreign Student's Association)
- I performed Sri Lankan music in Plan create festa consort & Global festival in Global Arena, Munakata
- I presented the Sri Lankan culture to the elementary school students in Fukuoka (Najima, Vakamiya, Hakata)
- 「星間物理ワークショップ：銀河系中心部 (名古屋大学)」世話人 (町田、2010年1月8日)
- 「ジェット研究会 (名古屋大学)」世話人 (町田、2010年3月19日)

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 本林透 (客員) 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 山田由希子 黒坂翔 谷口雅彦

《 大学院 修士課程 》

岩淵利恵 上地健一 江口祐一郎 後藤昂
中野桂樹 松田祥英 八嶋恵介 池谷康佑
大場希美 岡本緑 宍戸拓郎 矢部達也

《 学部 卒業研究生 》

石橋和久 井手翔吾 桑田薫法 高木基伸
田中薫 田中淳平 田村隆志 松田沙矢香
山口祐幸

担当授業

力学基礎・同演習(若狭智嗣、相良建至)、コアセミナー(野呂哲夫)、電磁気学(相良建至)、物理学最前線(寺西高)、力学(野呂哲夫)、物理学基礎演習(野呂哲夫) 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)、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

短距離型 3 核子力探索のための $E_p = 250\text{MeV}$ での $D(p, pp)n$ 断面積測定(相良建至、黒坂翔、江口祐一郎、八嶋恵介、矢部達也、宍戸拓郎)

核子あたり 150MeV 以上の 3 核子系反応の断面積は、 2 交換 3 核子力 (2 ^3NF) を導入しても再現できない。この不一致主因は 3 ^3NF や 3 ^3NF 等の短距離型 ^3NF でないか、と我々は考えている。そこで、 $E_p=250\text{MeV}$ での $D(p, pp)n$ 断面積測定を阪

大RCNPで実施した。同時に、250MeVでの $D(p,p)pn$ 断面積の再測定も行った。この実験のために開発した散乱槽アラミド膜窓、標的厚さモニターシステム、横長の液体重水素標的のいずれもが問題なく稼動した。目下、断面積絶対値を精度よく得るため慎重にデータ解析を進めているが、 $D(p,pp)n$ 断面積測定値が計算値より数10%大きく、その不一致が角度的に大きく変化する特徴を見出した。この特徴ある不一致に刺激されて、 3NF 及び相対論的效果を入れた計算がようやく理論家によって開始された。短距離型 3NF の解明、そしてQCD理論による核力場の決定という究極目標に向けて、実験理論双方から大きな一歩が踏み出された。

低エネルギー pd 分解反応におけるStar異常とQFS異常の系統的測定(相良建至、黒板翔、江口祐一郎、八嶋恵介、矢部達也)

九大タンデムで、Star異常とQFS異常の測定を $E_p = 9.5\text{MeV}$, 13MeV で続け、系統的データを蓄積した。我々の収集したデータによれば、Star異常は傾き角が 90° (Space Star)付近にのみ起こるようである。これが確定されれば、Star異常の謎解明のヒントになる。確定するには、 $E_d=19\text{MeV}$ のケルン大・データの $\theta = 120-180^\circ$ での異様な振舞いを再確認する必要がある。確認実験はRCNPではなく筑波大で行う方針にし、今年度はその準備を行った。

また、QFS異常は pd 分解反応では $E_p = 9.5\text{MeV}$, 13MeV で見られないようである。もし今後の $E_p = 19\text{MeV}$ 実験でも見られなければ、 pd 分解反応でQFS異常は起こらず、Star異常だけになる。謎の一部は実験ミスと判明し、真の謎の特徴が明らかになって原因解明が進む。 A_y パズルと並ぶ低エネルギー3核子反応の長年の謎にも、ようやく解明の兆しが見えてきた。

スピン双極子モードに対するテンソル相関の効果(若狭智嗣、岡本緑、高木基伸、堂園昌伯)

スピン双極子共鳴は、軌道角運動量 $L = 1$ (通常空間での振動)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。近年、核力の重要な性質の1つであるテンソル力成分の寄与が3つの状態に強く依存する事が理論的に指摘されている。特にパイ中間子と同じ量子数を持つ 0^- 状態については、引力相関により 1^- よりも低い励起エネルギーに表れる(ソフトニング)事が示唆されている。我々は、偏極観測の完全セットを測定することにより、理論的解釈の曖昧さ無しに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、理論的に示唆されているソフトニングが実験的に観測され、原子核のスピン・アイソスピン応答の理解においてテンソル相関が重要であるとの知見を得た。

光子の偏光相関測定による量子力学の非局所性の検証 (若狭智嗣、三田稔、高木基伸)

ポジトロニウムからの崩壊 2 光子のスピンの偏光)には相関がある。古典論(局所実在論)ではお互いのスピンの向きは崩壊した瞬間に定まっているのに対して、量子力学(非局所的)では一方のスピンの向きが確定(測定)した瞬間に他方のスピンの向きが定まる。どちらの解釈が正しいかは、2つのスピンの向きの相関の強さを測定して、Bellの不等式と比較する事により検証できる。今年度は、昨年度製作したコンプトン偏光度計からのデータ処理を精緻化する事により、より系統誤差の少ないデータを得ることに成功した。測定結果を、検出器の有限立体角の効果等を取り入れた理論計算と比較したところ、古典論では説明出来ない有意な強い相関が測定された。その強い相関は量子力学により定量的に再現され、量子力学の非局所性が実験的に十分な精度で検証された。

(p, pn) 反応による NN 相互作用媒質効果の探索 (山田由希子、野呂哲夫)

昨年度に引き続いて (p, pn) 反応測定を実施、2009 年 6 月に陽子前方放出条件でのデータを得た。解析の結果、陽子前方放出 (p, pn) 反応では $(p, 2p)$ 反応と同様に素過程である $p-n$ 散乱の値に比べて偏極分解能 (A_y) が低下しているのに対し、中性子前方放出 (p, pn) 反応の A_y は $p-n$ の値とほぼ同じか若干増加しているとの結果を得た。このひとつの解釈として、アイソスカラー中間子交換力とアイソベクトル中間子交換力とでは核媒質による影響の現れ方が変わることを示唆していると考えられる。

微分断面積の解析では、1p-軌道核子を叩き出す場合の (p, pn) 反応と $(p, 2p)$ 反応の微分断面積の比は素過程の NN 散乱断面積比に等しいのに対し、1s-軌道核子を叩き出す場合にはその比が有意に変わっていることを見出した。新たな媒質効果の発現を示唆する興味ある結果である。

核分光学的手段としての (p, pn) 反応の吟味 (吉田英智 [東北大]、野呂哲夫)

過去に得た $^{12}\text{C}(p, 2p)$ 及び $^{40}\text{Ca}(p, 2p)$ 反応のデータで得られる分光学的因子 (s-factor) と $(e, e'p)$ 反応で得られる s-factor を比較、 $(p, 2p)$ 反応の核分光学的手段としての信頼性を吟味した。その結果、両反応での s-factor 抽出に伴う不定性の大きさはほぼ同じであり、結果の値も1つの状態を除いては辻褃があっていることを確認した。すなわち、 $(p, 2p)$ 反応は $(e, e'p)$ に匹敵する信頼度で核分光学的手段として用いることができるということであり、逆運動学的測定による不安定核の構造解明や、スピン自由度を利用した核軌道スピンの決定など、 $(e, e'p)$ では不可能な応用が信頼度高く行えることになる。

^{48}Ca 核の軌道束縛エネルギーの測定 (松田祥英、野呂哲夫)

$^{48}\text{Ca}(\vec{p}, 2p)$ 反応により、標的核の $1d_{3/2}$ 軌道と $1d_{5/2}$ 軌道のエネルギー分布ならびに強度分布を測定し、これらの軌道の束縛エネルギーの平均値を求めた。それらのエネルギー差は過去の実験結果と大きくは異ならないとの結果を得たが、 $1d_{5/2}$ 軌道については離散状態への反応のみでは明らかに強度が不足している。そこで、連続状態への反応の微分断面積を多重極展開によって軌道量子数で分類したところ、不足分を補うに足る $1d_{5/2}$ の強度が得られた。 $1d_{3/2}$ の強度はなく、より深い束縛状態には $1p$ の強度が現れるなど、殻模型と矛盾のない結果が得られており、たとえば l - s 分離エネルギーに対するテンソル力の影響を見るには、こうした連続状態の解析が欠かせないことが分る。

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、五百木隆博、中野桂樹、後藤昇、岩淵利恵、大場希美)

昨年度の $E_{\text{cm}}=2.4\text{MeV}$ 再測定は RMS に 5 対の可動スリットを新規挿入したことで成功した。しかし今年度の $E_{\text{cm}}=1.5\text{MeV}$ 測定では、反応生成 ^{16}O の数が約 $1/50$ に減る事とバックグラウンド (BG) の現れ方が変わる事のために、 ^{16}O イベントが BG に埋もれ、BG 低減対策に追われた。標的と反跳粒子質量分析器 (RMS) のアラインメントを見直し、ビーム通過条件を最適化したが、BG 低減は不十分だった。RMS 内の粒子軌道解析から 3 箇所の BG 発生場所を同定してスリットを改造したが、効果は少なかった。LTC (Long-Time Chopper) の偏向電極板に、何故か、炭素 1 次ビームの成分が衝突して BG を発生している事が判ったのが 21 年度末であった。LTC 電極板改造は次年度に持ち越した。

膜無し気体 (He) 標的のビーム軸に沿った圧力分布を $p\text{-He}$ の 90° 散乱を用いて測定した。また標的のビーム軸方向厚さを $p\text{-He}$ の 0° 散乱を用いて測定して $24\text{Torr} \times 4.5\text{cm}$ の値を得た。3 月に韓国チュンアン大学から 1.5MeV 実験に初めて 1 名が参加した。

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。今年度は、主として、 ^{11}Li ($=^9\text{Li}+2n$) のハロー - 2 中性子のガモフ・テラー遷移によってできるハロー・アナログ状態 $^{11}\text{Be}^*(=^9\text{Li}+d)$ の探索を $^9\text{Li}+d$ 共鳴散乱により行った。この状態の研究により、 ^{11}Li のハロー構造、遅発粒子崩壊様式、GT 遷移強度分布に関する知見を得ることを目指している。測定は日本原子力研究開発機構の RI ビーム施設 TRIAC において行った。核子あたり 0.85 MeV 、強度約 6×10^4 個/秒の ^9Li ビームを 2.3 mg/cm^2 の $(\text{CD}_2)_n$ 標的に照射し、散乱・反応により発生した d, t, α 粒子のスペクトルを半導体検出器で測定した。今後、これらのスペクトルを R 行列計算と比較することにより

共鳴エネルギーと幅などの情報を引き出し、ハロー・アナログ状態について議論する予定である。また並行して、他の実験データ解析、成果発表、学生の指導、新しい不安定核ビーム実験計画の策定を行うを予定である。

加速器質量分析の開発と利用 (森川恒安・野呂哲夫、上地健一、池谷康佑、田中惇平、桑田薫法)

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、イオン源の改良・ビーム輸送パラメタのリアルタイムモニタ系の改良を行った。

具体的な測定としては、原爆効果を利用した現代種子の年代測定のための較正を行っており、臨海地域である福岡の試料に対しても欧米での測定が主である標準的な年代較正データがそのまま用いることができることを確認している。

また、過去の地球環境を調べることを目的として、地球惑星学科との共同研究を開始した。最初の測定ではおおむね良好な結果が得られており、今後の共同研究推進の目処が立った。

$A = 30 \sim 40$ 中性子過剰核の高速回転状態の研究 (森川恒安)

東大 CNS・原研・千葉工大との共同研究。この領域の中性子過剰核の高速回転状態とくに ^{40}Ar の超変形状態の殻構造の解明を目標として研究を進め、 ^{40}Ar の超変形回転バンドを同定すると共に、超変形魔法数 (18, 20, 22) が中性子過剰領域にも生じていることを明らかにした。

マルチアノード型イオンチェンバの開発 (牧野広樹、森川恒安、野呂哲夫)

加速器質量分析など高感度の粒子識別を要する重イオン計測のための検出器の実現を目標として、入射イオン毎にブラッグカーブを計測可能なマルチアノード型イオンチェンバの開発をおこなった。更に、電荷積分型の 16 チャンネル前置増幅器も併せて設計・製作した。 ^{12}C イオンを用いたテスト実験ではブラッグカーブ測定、エネルギー測定共に良好な性能を確認することができ、得られたデータを基にしたシミュレーションでは ^{12}C イオンと ^{13}C イオンを 15σ 以上で分離可能との結果を得た。今後、位置測定機能を持たせ、 ^{36}Cl などの重たい核種の加速器質量分析などでの利用を目指す。

発表論文

《 原著論文 》

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

correlation effects:

M. Dozono, T. Wakasa, E. Ihara, S. Asaji, K. Fujita, K. Hatanaka, M. Ichimura, T. Ishida, T. Kaneda, H. Matsubara, Y. Nagasue, T. Noro, Y. Sakemi, Y. Shimizu, H. Takeda, Y. Tameshige, A. Tamii, and Y. Yamada
Phys. Rev. C **80**, 024319 (2009).

High resolution study of isovector negative parity states in the $^{16}\text{O}(^3\text{He}, t)^{16}\text{F}$ reaction at 140 MeV/nucleon:

H. Fujita, G.P.A. Berg, Y. Fujita, J. Rapaport, T. Adachi, N.T. Botha, H. Fujimura, K. Fujita, K. Hara, K. Hatanaka, J. Kamiya, T. Kawabata, K. Nakanishi, R. Neveling, N. Sakamoto, Y. Sakemi, Y. Shimbara, Y. Shimizu, F.D. Smit, M. Uchida, T. Wakasa, M. Yoshifuku, M. Yosoi, and R.G.T. Zegers
Phys. Rev. C **79**, 024314 (2009).

Development of GEM tracking detector for intermediate-energy nuclear experiments:

K. Fujita, Y. Sakemi, M. Dozono, K. Hatanaka, M. Nomachi, T. Sawada, and T. Wakasa
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **608**, 48 (2009).

Investigation of excited states in ^{22}Mg via resonant elastic scattering of $^{21}\text{Na}+p$ and its astrophysical implications:

J.J. He, S. Kubono, T. Teranishi, J. Hu, M. Notani, H. Baba, S. Nishimura, J.Y. Moon, M. Nishimura, H. Iwasaki, Y. Yanagisawa, N. Hokoïwa, M. Kibe, J.H. Lee, S. Kato, Y. Gono, and C.S. Lee,
Phys. Rev. C **80** (2009) 015801-1–6.

β decay of the proton-rich nucleus ^{24}Si and its mirror asymmetry:

Y. Ichikawa, T.K. Onishi, D. Suzuki, H. Iwasaki, T. Kubo, V. Naik, A. Chakrabarti, N. Aoi, B.A. Brown, N. Fukuda, S. Kubono, T. Motobayashi, T. Nakabayashi, T. Nakamura, T. Nakao, T. Okumura, H.J. Ong, H. Suzuki, M.K. Suzuki, T. Teranishi, K.N. Yamada, H. Yamaguchi, H. Sakurai,
Phys. Rev. C **80** (2009) 044302-1–12.

Superdeformation in asymmetric $N > Z$ nucleus ^{40}Ar :

E. Ideguchi, S. Ota, T. Morikawa, M. Oshima, M. Koizumi, Y. Toh, A. Kimura, H.

Harada, K. Furutaka, S. Nakamura, F. Kitatani, Y. Hatsukawa, T. Shizuma, M. Sugawara, H. Miyatake, Y. X. Watanabe, Y. Hirayama, M. Oi,
Phys. Lett. B, **686** (2010) pp. 18-22

High-precision (p, t) reaction measurement to determine $^{18}\text{Ne}(\alpha, p)^{21}\text{Na}$ reaction rates:
A. Matic, A.M.van den Berg, M.N. Harakeh, H.J. Wortche, G.P.A. Berg, M. Couder, J.L. Fisker, J. Gorres, 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, P.O. Hess, B.A. Brown, and H. Schatz
Phys. Rev. C **80**, 055804 (2009).

Gamow-Teller unit cross sections of the (p, n) reaction at 198 and 297 MeV on medium-heavy nuclei:
M. Sasano, H. Sakai, K. Yako, T. Wakasa, S. Asaji, K. Fujita, Y. Fujita, M.B. Greenfield, Y. Hagihara, K. Hatanaka, T. Kawabata, H. Kuboki, Y. Maeda, H. Okamura, T. Saito, Y. Sakemi, K. Sekiguchi, Y. Shimizu, Y. Takahashi, Y. Tameshige, and A. Tamii
Phys. Rev. C **79**, 024602 (2009).

Three-nucleon force effects in the $^1\text{H}(\vec{d}, \vec{pp})n$ reaction at 135 MeV/nucleon:
K. Sekiguchi, H. Sakai, H. Witala, W. Glockle, J. Golak, K. Itoh, H. Kamada, T. Kawabata, H. Kuboki, Y. Maeda, A. Nogga, H. Okamura, S. Sakaguchi, N. Sakamoto, Y. Sasamoto, M. Sasano, R. Skibinski, K. Suda, Y. Takahashi, T. Uesaka, T. Wakasa, and K. Yako
Phys. Rev. C **79**, 054008 (2009).

Possible magnetic and antimagnetic rotations in ^{144}Dy :
M. Sugawara, Y. Toh, M. Oshima, M. Koizumi, A. Osa, A. Kimura, Y. Hatsukawa, J. Goto, H. Kusakari, T. Morikawa, Y. H. Zhang, X. H. Zhou, Y. X. Guo, M. L. Liu,
Phys. Rev. C, **79** (2009) 064321/1-10

Gamow-Teller Strength Distributions in ^{48}Sc by the $^{48}\text{Ca}(p, n)$ and $^{48}\text{Ti}(n, p)$ Reactions and Two-Neutrino Double- β Decay Nuclear Matrix Elements:
K. Yako, M. Sasano, K. Miki, H. Sakai, M. Dozono, D. Frekers, M.B. Greenfield, K. Hatanaka, E. Ihara, M. Kato, T. Kawabata, H. Kuboki, Y. Maeda, H. Matsubara,

K. Muto, S. Noji, H. Okamura, T.H. Okabe, S. Sakaguchi, Y. Sakemi, Y. Sasamoto, K. Sekiguchi, Y. Shimizu, K. Suda, Y. Tameshige, A. Tamii, T. Uesaka, T. Wakasa, and H. Zheng

Phys. Rev. Lett. **103**, 012503 (2009).

《Proceedings》

The study of $^{18}\text{F}+p$ reaction at astrophysical energies:

S. Cherubini, C. Spitaleri, V. Crucilla, M. Gulino, M. La Cognata, L. Lamia, R.G. Pizzone, S. Romano, S. Kubono, H. Yamaguchi, Y. Wakabayashi, S. Hayakawa, N. Iwasa, S. Kato, H. Komatsubara, T. Teranishi, A. Coc, N. De Sereville, and F. Hammache
AIP Conference Proceedings 1120 (2009) 294–297.

Study of $^{12}\text{C}(\vec{p}, \vec{n})^{12}\text{N}(g.s., 1^+)$ at 296 MeV and Nuclear Correlation Effects:

M. Dozono, T. Wakasa, E. Ihara, S. Asaji, K. Fujita, K. Hatanaka, T. Ishida, T. Kaneda, H. Matsubara, Y. Nagasue, T. Noro, Y. Sakemi, Y. Shimizu, H. Takeda, Y. Tameshige, A. Tamii, and Y. Yamada
AIP Conf. Proc. **1149**, 695 (2010).

Direct Measurement of $^4\text{He}(^{12}\text{C}, ^{16}\text{O})\gamma$ Reaction at KUTL:

K. Fujita, K. Sagara, T. Teranishi, T. Goto, R. Iwabuchi, S. Matsuda, K. Nakano, N. Oba, M. Taniguchi, and H. Yamaguchi,
AIP Conf. Proc. **1238**, 211 (2010).

Decay pattern of pygmy states observed in neutron-rich ^{26}Ne :

J. Gibelin, D. Beaumel, T. Motobayashi, Y. Blumenfeld, N. Aoi, H. Baba, Z. Elekes, S. Fortier, N. Francaria, N. Fukuda, T. Gomi, K. Ishikawa, Y. Kondo, T. Kubo, V. Lima, T. Nakamura, A. Saito, Y. Satou, J.-A. Scarpaci, E. Takeshita, S. Takeuchi, T. Teranishi, Y. Togano, A.M. Vinodkumar, Y. Yanagisawa, and K. Yoshida
International Journal of Modern Physics E 18 (2009) 2050–2055.

Study of three nucleon force by pd breakup reactions:

S. Kuroita, K. Sagara, T. Sueta, H. Shimoda, Y. Eguchi, K. Yashima, Y. Maeda, Y. Yamada, T. Wakasa, T. Noro, Y. Tameshige, A. Tamii and K. Hatanaka
Proc. of APFB08, Modern Physics Letters 24, 823 (2009).

Exploring the α -process with Grand Raiden:

S. O'Brien, T. Adachi, G.P.A. Berg, M. Couder, M. Dozono, H. Fujita, Y. Fujita, J. Gorres, K. Hatanaka, D. Ishikawa, T. Kubo, H. Matsubara, Y. Namiki, Y. Ohkuma, H. Okamura, H.J. Ong, D. Patel, Y. Sakemi, K. Sault, Y. Shimbara, S. Suzuki, T. Suzuki, A. Tamii, T. Wakasa, R. Wantanabe, M. Wiescher, R. Yamada, and J. Zenihiro

AIP Conf. Proc. **1090**, 288 (2009).

Measurement and re-analysis of tensor analyzing powers of pd radiative capture at RCNP

K. Sagara, Y. Tameshige, K. Hatanaka, K. Sagara, S. Kuroita, H. Matsubara, K. Fujita, Y. Shimizu, T. Kawabata, Y. Maeda, Y. Sakemi, H. Okamura, K. Sekiguchi, A. Tamii, and T. Wakasa

Proc. of APFB08, Modern Physics Letters 24, 831 (2009).

Measurement of off-plane star anomaly in pd breakup at $E_d = 26$ MeV

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

Proc. of APFB08, Modern Physics Letters 24, 859 (2009).

Measurement of off-plane star anomaly in pd breakup at $E_p = 9.5$ MeV and $E_p = 13$ MeV

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

Proc. of APFB08, Modern Physics Letters 24, 863 (2009).

Background Reduction System for ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O})\gamma$ at KUTL:

M. Taniguchi, K. Sagara, T. Teranishi, K. Fujita, R. Iwabuchi, T. Goto, K. Nakano, and N. Oba,

AIP Conf. Proc. **1238**, 208 (2010).

Nuclear Spin Physics via Polarization Measurements:

T. Wakasa

AIP Conf. Proc. **1149**, 190 (2010).

講演

《 海外での講演 》

Measurement and Re-Analysis of Tensor Analyzing Power of pd Radiative Capture at RCNP:

K. Sagara, Y. Tameshige, K. Hatanaka, S. Kuroita, H. Matsubara, K. Fujita, Y. Shimizu, T. Kawabata, Y. Maeda, Y. Sakemi, H. Okamura, K. Sekiguchi, A. Tamii and T. Wakasa

19th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics, Bonn, Sept. 2009.

Study for three nucleon force by pd breakup reactions:

S. Kuroita, K. Sagara, T. Sueta, H. Shimoda, Y. Eguchi, K. Yashima, Y. Maeda, Y. Yamada, T. Wakasa, T. Noro, Y. Tameshige, A. Tamii and K. Hatanaka

19th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics, Bonn, Sept. 2009.

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

19th International IUPAP Conference on Few-Body Problems in Physics, Bonn, Sept. 2009.

Cross section enhancement in pd breakup 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

Third Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of APS and PSJ, Oct. 2009, Hawaii.

Measurement of proton-proton quasi-free scattering cross section in the pd breakup reaction:

Y. Eguchi, K. Sagara, S. Kuroita, K. Yashima, T. Shishido, T. Yabe and S. Ishikawa

Third Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of APS and PSJ, Oct. 2009, Hawaii

Measurement of tensor analyzing powers of pd radiative capture at RCNP:

K. Sagara, Y. Tameshige, K. Hatanaka, A. Tamii, S. Kuroita, H. Matsubara, H. Okamura, K. Sekiguchi, Y. Sakemi, K. Fujita, T. Wakasa, T. Kawabata, Y. Shimizu, and Y. Maeda

Third Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of APS and PSJ, Oct. 2009, Hawaii.

Medium to high spin spectroscopy of $A = 30 - 40$ neutron-rich nuclei at JAEA:

Tsuneyasu Morikawa, Eiji Ideguchi, Shinsuke Ota, Masumi Oshima, Mitsuo Koizumi, Yosuke Toh, Atsushi Kimura, Hideo Harada, Kazuyoshi Furutaka, Shoji Nakamura, Fumito Kitatani, Yuichi Hatsukawa, Toshiyuki Shizuma, Masahiko Sugawara, Hiroari Miyatake, Yutaka Watanabe, Yoshikazu Hirayama, Hideshige Kusakari, the Third Joint Meeting of Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS, (2009, Waikoloa, Hawaii).

Measurement of shell-orbit energies for $^{40,48}\text{Ca}$ by using $(p, 2p)$ reactions:

Y. Matsuda, T. Noro, T. Wakasa, Y. Yamada, M. Dozono, M. Okamoto, T. Shishido, K. Hatanaka, H. Okamura, H. Sakaguchi, A. Tamii, and Y. Yasuda
The 3rd Joint Meeting of Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS, (2009, Waikoloa, Hawaii).

Development of a multi-anode ionization chamber:

Hiroki Makino, Tsuneyasu Morikawa, Testuo Noro, Toyokazu Maeda, the Third Joint Meeting of Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS, (2009, Waikoloa, Hawaii).

Study of medium effect on NN interaction by using (p, pn) reactions:

Y. Yamada, T. Noro, T. Imamura, T. Wakasa, M. Dozono, Y. Matsuda, M. Okamoto, S. Kuroita, Y. Eguchi, K. Yashima, T. Yabe, H. Sakaguchi, K. Hatanaka, H. Okamura, A. Tamii, Y. Yasuda, J. Zenihiro, H. Matsubara, D. Ishikawa, Y. Maeda, A. Nonaka, N. Fujita, T. Saito, Y. Sakemi, and H. P. Yoshida
The 3rd Joint Meeting of Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS, (2009, Waikoloa, Hawaii).

Present Status of direct $^4\text{He}(^{12}\text{C}, ^{16}\text{O})\gamma$ measurement near stellar energy at KUTL:

K. Fujita, K. Sagara, T. Teranishi, T. Goto, R. Iwabuchi, S. Matsuda, K. Nakano, N.

Oba, M. Taniguchi and H. Yamaguchi,
3rd Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS,
(2009, Waikoloa, Hawaii).

Performance of a thick windowless He gas target at KUTL:

R. Iwabuchi, K. Sagara, K. Fujita, T. Teranishi, M. Taniguchi, T. Gotoh, K. Nakano,
N. Oba, S. Matsuda and H. Yamaguchi,
3rd Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS,
(2009, Waikoloa, Hawaii).

A windowless He-gas target for astrophysics experiments:

S. Matsuda, K. Sagara, T. Teranishi, K. Fujita, R. Iwabuchi, M. Taniguchi, T. Gotoh,
K. Nakano, N. Oba and H. Yamaguchi,
3rd Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS,
(2009, Waikoloa, Hawaii).

Systematic measurement of “ star anomaly ” in pd breakup around 10 MeV:

K. Yashima, K. Sagara, S. Kuroita, H. Shimoda, T. Sueta, Y. Eguchi, T. Shishido, T.
Yabe, and Y. Maeda
Third Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of APS and PSJ, Oct. 2009,
Hawaii.

《 国内での講演 》

Superdeformed Band in Asymmetric $N > Z$ Nucleus, ^{40}Ar and High-Spin Studies in
 $A = 30 \sim 40$ Nuclei:

T. Morikawa, E. Ideguchi, S. Ota, M. Oshima, M. Koizumi, Y. Toh, A. Kimura, H.
Harada, K. Furutaka, S. Nakamura, F. Kitadani, Y. Hatsukawa, T. Shizuma, M. Sug-
awara, H. Miyatake, Y. Watanabe, Y. Hirayama, M. Oi,

INTERNATIONAL SYMPOSIUM Forefronts of Researches in Exotic Nuclear Struc-
tures — Niigata2010 —

Isobaric analog states of unstable nuclei studied by charge-exchange reactions and
resonant proton scattering:

T. Teranishi

ICHOR-EFES International Symposium on New Facet of Spin-Isospin Responses (SIR2010), March 20, 2010, Koshiba Hall, University of Tokyo.

Gamow-Teller and Spin-Dipole Transitions Studied by (p, n) Polarization Measurements:

T. Wakasa

New Facet of Spin-Isospin Responses (SIR2010), February 2010, Tokyo, Japan

Direct measurement of ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O})\gamma$ reaction at KUTL:

K. Fujita, K. Sagara, N. Goto, R. Iwabuchi, K. Nakano, N. Oba, M. Taniguchi and T. Teranishi,

VII TOURS Symposium on Nuclear Physics and Astrophysics, November 16–20, 2009, KOBE, JAPAN.

Background reduction system for ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O})\gamma$ measurement at KUTL:

M. Taniguchi, K. Sagara, K. Fujita, N. Goto, R. Iwabuchi, K. Nakano, N. Oba and T. Teranishi,

VII TOURS Symposium on Nuclear Physics and Astrophysics, November 16–20, 2009, KOBE, JAPAN.

Direct measurement of ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O})\gamma$ reaction near stellar energy:

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

The 10th. International Symposium on Origin of Matter and Evolution of the Galaxies (OMEG10), March 8–10, 2010 RCNP, Osaka University, Ibaraki, Osaka, Japan.

C+ 天体核反応全断面積の $E_{\text{cm}}=1.5\text{MeV}-1.15\text{MeV}$ での測定:

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

日本物理学会 第65回年次大会 岡山大学 2010年3月

10MeV 近傍の pd 分解反応における Star および QFS 断面積系統的測定:

江口祐一郎, 相良建至, 黑板翔, 八嶋恵介, 宍戸拓郎, 矢部達也, 下田広己, 末田雄大, 前田幸重, 畑中吉治, 岡村弘之, 民井淳, 石川壮一

日本物理学会 第65回年次大会 岡山大学 2010年3月.

$E_p=250\text{MeV}$ $2\text{H}(p,pp)n$ 反応における微分断面積の異常:

黒板翔, 相良建至, 江口祐一郎, 八嶋恵介, 矢部達也, 宍戸拓郎, 堂園昌伯, 山田由希子, 若狭智嗣, 野呂哲夫, 松原礼明, 銭廣十三, 民井淳, 岡村弘之, 畑中吉治, 斎藤透, 前田幸重, 鎌田裕之

日本物理学会 第 65 回年次大会 岡山大学 2010 年 3 月.

天体核反応実験のための厚い膜無しヘリウムガス標的 (0.1 気圧 \cdot cm) の開発と性能:

大場希美, 相良建至, 藤田訓祐, 岩淵利恵, 後藤昂, 谷口雅彦, 松田沙矢香, 山口裕幸, 田中薫, 寺西高

日本物理学会 第 65 回年次大会 岡山大学 2010 年 3 月.

^{35}S の高スピン状態の研究:

井手口栄治, 大田晋輔, 森川恒安, 静間俊行, 大島真澄, 小泉光生, 藤暢輔, 初川雄一, 木村敦, 古高和禎, 中村詔司, 北谷文人, 原田秀郎, 菅原昌彦, 渡辺裕, 平山賀一, 宮武宇也, 大井万紀人,

日本物理学会第 65 回年会

$(p, 2p)$ 反応を用いた $^{40,48}\text{Ca}$ の殻エネルギーの測定:

松田祥英, 野呂哲夫, 若狭智嗣, 山田由希子, 堂園昌伯, 岡本緑, 宍戸拓郎, 畑中吉治, 岡村弘之, 坂口治隆, 民井敦, 安田啓介第 115 回日本物理学会九州支部例会 (宮崎大学)

九大タンデムにおける AMS の安定化:

池谷康佑, 上地健一, 島本昌樹, 福田毅, 森川恒安, 野呂哲夫, 前田豊和
第 115 回日本物理学会九州支部例会 (宮崎大学)

天体核実験のための膜なし He 標的の圧力分布と厚さ測定,

大場 希美, 相良 建至, 寺西 高, 藤田 訓裕, 谷口 雅彦, 岩淵 利恵, 後藤 昂, 中野 桂樹,
第 115 回日本物理学会九州支部例会, 2009 年 12 月, 宮崎大学.

$E_{cm} = 1.5\text{MeV}$ での $^4\text{He} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{16}\text{O} + \gamma$ 断面積測定: BG 低減,

後藤 昂, 相良 建至, 寺西 高, 藤田 訓裕, 谷口 雅彦, 岩淵 利恵, 中野 桂樹, 大場 希美, 田中 薫, 松田 沙矢香, 山口 裕幸,

第 115 回日本物理学会九州支部例会, 2009 年 12 月, 宮崎大学.

九州大学タンデム加速器の現状:

森川恒安, 相良建至, 野呂哲夫, 若狭智嗣, 寺西高, 藤田訓裕, 前田豊和, 池田伸夫
第 22 回タンデム加速器とその周辺技術の研究会 (筑波大学).

九大タンデムにおけるビーム輸送パラメータのモニタリング:

池谷康佑, 上地健一, 島本昌樹, 福田毅, 佐藤友哉, 藤田一洋, 皆本洋, 森川恒安, 野呂哲夫,
前田豊和

第 22 回タンデム加速器とその周辺技術の研究会 (筑波大学).

九大 AMS の安定化と現代植物標本の測定:

上地健一, 池谷康佑, 島本昌樹, 福田毅, 森川恒安, 野呂哲夫, 前田豊和

第 22 回タンデム加速器とその周辺技術の研究会 (筑波大学).

九大タンデムにおけるビーム・バンチャー改良:

藤田 訓裕, 相良 建至, 後藤 昂, 中野 桂樹, 岩淵 利恵, 谷口 雅弘, 大場 希美, 前田 豊和,
第 22 回タンデム加速器およびその周辺技術の研究会, 2009 年 7 月, 筑波大学.

3 核子分解反応における液体水素標的の厚さ評価:

矢部達也, 黒板翔, 相良建至, 江口祐一郎, 八嶋恵介, 穴戸拓郎, 堂園昌伯, 山田由
希子, 若狭智嗣, 前田幸重, 斎藤透, 松原礼明, 銭廣十三, 民井淳, 岡村弘之, 畑中
吉治, 鎌田裕之, 為重雄司

第 115 回日本物理学界九州支部例会、宮崎大学 2009 年 12 月.

3 核子 Star 反応の角度・エネルギー依存性の異常:

穴戸拓郎, 矢部達也, 江口祐一郎, 八嶋恵介, 黒板翔, 相良建至

第 115 回日本物理学界九州支部例会、宮崎大学 2009 年 12 月.

天体核反応実験のための膜無し He 気体標的の圧力分布と厚さ測定:

大場希美, 相良建至, 寺西高, 藤田訓祐, 谷口雅彦, 岩淵利恵, 後藤昂, 中野桂樹

第 115 回日本物理学界九州支部例会、宮崎大学 2009 年 12 月.

$E_{cm}=1.5\text{MeV}$ での $4\text{He}+^{12}\text{C}$ $^{16}\text{O}+$ 断面積測定: BG 低減

後藤昂, 相良建至, 寺西高, 藤田訓祐, 谷口雅彦, 岩淵利恵, 中野桂樹, 大場希美, 松
田沙矢香, 山口裕幸

第 115 回日本物理学界九州支部例会、宮崎大学 2009 年 12 月.

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

基盤研究 (B) 研究課題「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」(相良 建至 2008~2010 年度: H21 年度 4,800 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)

若手研究 (B) 「恒星温度での炭素-ヘリウム核融合反応率測定」(藤田 訓裕 2010~2012 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)

山田由希子 DC1 (2007-2009) 「中性子ロックアウト反応を用いた媒質効果ならびにディラック相対論効果の研究」

堂園昌伯 DC2 (2009-) 「スピン完全測定から探る原子核中でのパイ中間子の振舞い」

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」

共同研究：森川恒安、原研・東大・九大・千葉工大「質量数 40 領域核の巨大変形状態と高スピン殻構造の研究」

学部 4 年生卒業研究

(1) 石橋和久：(指導教員、相良建至)

$E_p=9.5\text{MeV}$ での $2\text{H}(p,pp)n$ 反応における Off-Plane Star Anomaly の検証 I

(2) 井手翔吾：(指導教員、相良建至)

p-d 分解反応における運動学的条件について

(3) 桑田薫法：(指導教員、森川恒安・野呂哲夫)

マルチカソードイオン源の自動制御のための基礎研究、冷却型ターゲット駆動

機構のデザインとリミッタ系の検討。

- (4) 高木基伸：(指導教員、若狭智嗣)
スピン完全測定による ^{16}F のパイ中間子状態の探索
- (5) 田中薫：(指導教員、相良建至)
天体核反応実験におけるガスターゲットの有用性
- (6) 田中惇平：(指導教員、森川恒安・野呂哲夫)
マルチカソードイオン源の自動制御のための基礎研究、ステッピングモータによるシャフト駆動機構の検討。
- (7) 田村隆志：(指導教員、相良建至)
 $E_p=9.5\text{MeV}$ での $2\text{H}(p,pp)n$ 反応における Off-Plane Star Anomaly の検証 II
- (8) 松田沙矢香：(指導教員、相良建至)
吹き込み型気体標的の開発と標的の厚さ測定について
- (9) 山口祐幸：(指導教員、相良建至)
吹き込み型膜無し気体標的の厚さ測定

修士論文

- (1) 岩淵 利恵：(指導教員、相良建至)
天体核反応実験のための膜無し気体標的の厚さと圧力分布測定
- (2) 江口 祐一郎：(指導教員、相良建至)
 $E_p=10\text{ MeV}$ 近傍での pd 准弾性散乱における断面積異常の探索
- (3) 後藤 昂：(指導教員、相良建至)
 $E_{cm} = 1.5\text{ MeV}$ での $^4\text{He}+^{12}\text{C}\rightarrow^{16}\text{O}+\gamma$ 天体核反応測定とバックグラウンド低減
- (4) 松田 祥英：(指導教員、野呂哲夫)
 $(p, 2p)$ 反応による Ca 核の陽子軌道エネルギー分布測定
- (5) 八嶋 恵介：(指導教員、相良建至)
陽子 - 重陽子分解反応における Space Star 異常の検証

博士論文

- 吉田英智 (論文博士)：(指導教員、野呂哲夫)
Study of $(p, 2p)$ reactions as a practical probe for nuclear spectroscopy

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
日本原子力研究開発機構施設協議会専門委員
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
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 (2009.10～)
日本物理学会九州支部委員長 (2009年9月～)
日中シンポジウム組織委員

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 (2004年4月～)
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 (2008年
4月～)
日本物理学会九州支部委員長 (~2009年8月)

若狭智嗣：日本物理学会領域運営委員

寺西高：大阪大学核物理研究センター (RCNP) B-PAC 委員
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 (2009年10月～)

その他の活動と成果

スーパー・サイエンス・ハイスクール (SSH) 実験・実習体験講座「粒子検出器により
原子核の世界を体験する」2009年10月17日 (寺西高)

体験入学・実験「物質を透過する粒子線」2010年3月30日 (寺西高)

体験入学・実験「身の回りの放射能体験」2010年3月30日 (森川恒安)

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 》

藤江遼 浴本亨 水口朋子

《 大学院 修士課程 》

稲吉裕子 (後期休学) 姫野貴紀 末松安由美 植松勇一郎

才木将史 野口慎平

《 学部 卒業研究生 》

重光章鈞 茶円豊

担当授業

吉森 明 :

前期 : 熱と波動論基礎、統計力学 II、特別研究 I

後期 : 非平衡物理学、物理数学 II、特別研究 II

松井 淳 :

後期 : 統計力学演習、物理学ゼミナール

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. 単成分系のガラス形成物質の研究 (水口)

レナード・ジョーンズ・ガウス (LJG) ポテンシャルで相互作用する粒子系は、1成分単純系であってもガラス転移を示すことをこれまでの研究で明らかにしてきた。この粒子系を2次元について、低温で圧力をかけることにより、動径分布関数が明確に異なる2つのアモルファス構造が得られることを示した。

2. 3次元単成分系モデルを用いたガラス転移の研究 (才木)

LJG ポテンシャルで相互作用する系のガラス状態が熱力学的に安定か

どうかを分子動力学シミュレーションを用いて解析した。今後は、ポテンシャルのパラメータの差異による安定性の変化・構造の変化を明らかにし、密度汎関数法で予想される結果と比較検討する。

3. 3次元2成分系の安定構造探索 (水口)

粒子間の相互作用が2つの極小を持つポテンシャルである粒子系について、パラメータを変え、温度0の安定構造を調べた。

粒子ABの2成分系に対し、AA、BB、AB間の3種類のポテンシャルのうち、1つないしは、2つが1つの極小であっても、アモルファス構造が安定であることを明らかにした。また、圧力を変化させた所、高圧の場合は結晶、低圧にするとアモルファスになることが分った。その原因が遠方の極小が深いことを明らかにした。

4. 自由エネルギーランドスケープ描像に基づいた、過冷却液体ダイナミクスの定量的研究 (浴本)

目標 剛体球系自由エネルギーランドスケープから得られる遅い緩和の緩和時間と、構成粒子の協調運動との関係を明らかにする。

成果 剛体球系自由エネルギーランドスケープから緩和時間を計算し、Non-Arrhenius型の密度依存性を示す事を明らかにした。

5. Kob-Andersen 模型の待ち時間分布 (重光)

拡散素過程の原子ジャンプの待ち時間分布を計算した。分布が単純格子気体の場合とは異なる指数の長時間テイルをもつことがわかった。

6. 2成分混合系の動的遅延の解析 (松井)

拡散素過程の原子ジャンプの待ち時間分布を計算する。

[II] 化学物理の理論的研究 (吉森明)

1. DNA中の電荷移動反応についての理論構築 (姫野)

DNA中の電荷移動反応は、遺伝子の損傷・修復メカニズムに重要とされ、その研究はまた新デバイスの開発につながると言われている。その基礎理論を構築し、高田らの実際の実験 (Angew. Chem. Int. Ed., 46, 6681, 2007) に応用し、特にDNAの長さで電流の関係を明らかにした。

2. 密度汎関数法を用いた融点の決定 (末松)

目標 レナード・ジョーンズ・ポテンシャル系における相転移について、理論的手法によって様々なパラメーターでの相図を調べ、シミュレーションの結果と比較を行い、この系での相転移に関する理解を深める。

成果 2 種類の圧力で、広い範囲の相図を明らかに出来た。また、共存密度のパラメータ依存性を調べ、外側の極小が深いと固相の共存密度が極端に高くなることを見つけた。それは、この系が結晶化せずにガラス化することと関係が深い。

3. イオン周りの溶媒の回転緩和 (植松)

イオン周辺の溶媒の回転緩和について動的密度汎関数法により計算し、バルクとの緩和時間の違いを明らかにした。特に、短い時間の緩和では、イオンのすぐ近傍の溶媒は、バルクよりも速いことを見つけた。今後は長い時間の緩和にも注目するとともに、速い回転緩和の機構を明らかにする。

4. 大きな溶質の抵抗に対する共溶媒の効果 (茶円)

大きな溶質が並進運動する時にまわりの溶媒から受ける抵抗を、溶媒の分布関数から計算する理論を使い、溶媒が 2 種類ある時の共溶媒の効果を明らかにした。共溶媒の濃度、大きさによって抵抗が大きく変わることが分った。

[III] 社会物理学の理論的研究 (松井淳、吉森明)

1. 階級社会の自己組織化 (藤江)

階級構造の社会構造が多様化する機構を理解するために、エージェント間の相互作用が非一様な系に着目し、社会構造の形成過程を研究する。エージェントベースの階級形成モデルにおいて、相互作用ネットワークを導入し、階級社会への転移点、階級構造へのネットワーク構造による影響を見だし、理論解析によってその起源を明らかにした。

2. 経済現象での自己平均性の破れと壺モデル (野口)

壺モデルに対してマスター方程式を立て、その性質を調べた。マスター方程式を連続近似し、その解析解を明らかにした。また壺モデルに摂動を加えた影響を調べた。今後は、摂動の影響が経済においてどう現れるのかを明らかにする。

発表論文

《 原著論文 》

1. T. Odagaki and A. Yoshimori:
“Free Energy Landscape Theory of Glass Transition and Entropy”,
J. Non-Crys. Solids, **355**, 681–685 (2009).
2. T. Mizuguchi and T. Odagaki:
“Vitrification of a monatomic 2D simple liquid”,
Cent. Eur. Phys. J., **7(3)**, 47–50 (2009).
3. F. Mori and T. Odagaki:
“Synchronization of coupled oscillators on small-world networks”,
Physica D, **238**, 1180-1185 (2009).
4. T. Mizuguchi and T. Odagaki:
“Glass Formation and Crystallization of a Simple Monatomic Liquid”,
Phys. Rev. E, **79**, 051501- 051506 (2009).
5. Fumito Mori:
“Necessary Condition for Frequency Synchronization in Network
Structures”,
Physical Review Letters, **104**, 108701 (2010).
6. R. Fujie and T. Odagaki:
“Self organization of social hierarchy and clusters in a challenging society
with free random walk”,
Physica A, **389**, 1471-1479 (2010).

講演

《 海外での講演 》

1. Origin of slow relaxations in super cooled liquids:
Toru Ekimoto, and Takashi Odagaki,
6th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems,
Roma, Italy (August - September 2009)
2. Effects of charge separation on photocurrent through DNA films:
T. Himeno and A. Yoshimori,
6th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems,
Systems, Roma, Italy (August - September 2009)
3. Vitrification and Polyamorphism of a 2D simple monatomic system:
T. Mizuguchi, T. Koumyou, T. Odagaki,
6th International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems
Systems, Roma, Italy (August - September 2009)

《 国内での講演 》

1. Liquid-Solid transitions in Lennard-Jones-Gauss systems:
末松安由美 吉森明 小田垣孝
第3回 Mini-Symposium on Liquids, 2009年6月20日岡山大学
2. Vitrification of a monatomic liquid and polyamorphism with a double-well isotropic potential:
T. Mizuguchi, T. Koumyou and T. Odagaki
Symposium YKIS2009, PS-6 Kyoto, Japan (July-August 2009)
3. Vitrification of a monatomic liquid and polyamorphism with a double-well isotropic potential:
T. Mizuguchi, T. Koumyou and T. Odagaki
YITP Long-term Workshop "Frontiers in Nonequilibrium Physics" Kyoto, Japan (July 2009)
4. 階級社会の自己組織化:
藤江 遼
DEX-SMI 研究会「情報統計力学の広がり: 量子・画像・そして展開」(北海道大学 2009年7月6日-8日) 招待講演

5. 粒子間ポテンシャルに極小が2つある系の固液相転移の研究:
末松安由美, 吉森明, 小田垣孝
日本物理学会 2009 年秋季大会
6. コロイド分散系のエネルギー散逸と揺動散逸定理の破れ:
吉森明, 原田崇広
日本物理学会 2009 年秋季大会
7. ネットワーク上での有限の記憶をもった自己回避ランダムウォークのダイナミクス:
尾嶋拓, 小田垣孝
日本物理学会 2009 年秋季大会
8. 単純液体のポリアモルフィズム:
水口朋子, 光明丈浩, 小田垣孝
日本物理学会 2009 年秋季大会
9. ガラスにおける協同運動の究明に向けて:
村中正, 松井淳, 樋渡保秋
日本物理学会 2009 年秋季大会
10. 2次元単成分単純液体のガラス転移とポリアモルフィズム:
水口朋子, 光明丈浩, 小田垣孝
224P, 第23回分子シミュレーション討論会、名古屋市、2009年11月-12月
11. 自由エネルギーランドスケープ描像に基づいた過冷却液体の緩和過程:
浴本亨, 小田垣孝
日本物理学会九州支部例会
12. 単成分単純液体のガラス転移:
才木将史, 松井淳
日本物理学会九州支部例会
13. ガラス転移での間欠性:
松井淳
日本物理学会九州支部例会
14. ガラス(転移)の動的不均質について – 時空スケールに関する考察 –:
樋渡保秋, 村中正, 松井淳
第23回分子シミュレーション討論会

15. Rotational relaxation of solvents around an ion:
Yuichiro Uematsu, and Akira Yoshimori,
International Symposium on Hydration and ATP Energy, Sendai, Japan,
2010, 3/8-3/10
16. Friction of a large particle arising from multi-component liquids
Yutaka Chaen, Ryo Akiyama and Akira Yoshimori,
International Symposium on Hydration and ATP Energy, Sendai, Japan,
2010, 3/8-3/10
17. 自己組織化する階級社会:
藤江 遼
鳩山サイエンスフォーラム 第八回講演会 (東京電機大学 2010年3月8日)
18. 競争的社会における階級の自己組織化:
藤江 遼、小田垣 孝
「統計数理研究所・共同研究集会「経済物理学とその周辺」(統計数理研究所 2010年3月8-9日)
19. イオン周りの溶媒の回転緩和:
植松勇一郎、吉森明
日本物理学会第65回年次大会
20. 多成分溶媒系から受ける大きな粒子の抵抗」九大理，茶円豊、秋山良、吉森明
日本物理学会第65回年次大会
21. 2次元 Lennard-Jones-Gauss 系の結晶相・準結晶相・ガラスについて: (招待講演)
水口朋子
20pHX-3, 日本物理学会第65回年次大会、岡山大学、2010年3月
22. ガラスにおける協同運動の究明に向けて II:
村中正，松井淳，樋渡保秋
日本物理学会第65回年次大会

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) (新規)
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

重光章鈞：(指導教員、松井淳)：Kob-Andersen 模型の待ち時間分布の計算
茶田豊：(指導教員、吉森明)：多成分溶媒系から受ける大きな粒子の抵抗

修士論文

末松安由美：(指導教員、吉森明)：粒子間に引力をもつ系における固液相転移の理論的研究

姫野貴紀：(指導教員、吉森明)：DNA 中の電荷移動反応による光電流発生

博士論文

藤江遼：(指導教員：吉森明)：Theoretical study of self organization of social hierarchy

受託研究・民間との共同研究

住友ベークライト株式会社との化学反応を伴う分子動力学に関する共同研究

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「相対論シミュレーター」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

《 大学院 博士課程 》

近藤 洋一郎

《 大学院 修士課程 》

岩尾 賢一 小林 敬吾 高橋 康太 北岸 宏之

輿石 健二 西野 遼太 森本 圭一

《 学部 卒業研究生 》

江藤 祐 小倉 琢嗣 戸倉 直也 松山 和広

蓬田 光樹 雪山 裕貴

担当授業

中西： 物理学 III (全学)、コアセミナー (全学)

物理学最前線、統計物理学 I、相転移の統計力学

野村： 現代物理学入門 (全学)、自然科学概論 (全学)、コアセミナー (全学)

編入生補習、量子統計物理学 (大学院)

坂上： 電磁気学 I 演習、物理学基礎演習

研究・教育目標と成果

1. ストレス粘化流体の現象論的モデル (中西、御手洗 (NBI)): 濃厚な粉体-流体混合媒質が示すダイラタント流体のレオロジーを理解する為に、その現象論的モデルの候補として、ストレス粘化の現象論的連続体モデルを構成した。単純シアおよび斜面流に対して定常解を求め、その安定性について議論した。
2. ジャミング転移に対するランダム力の影響 (御手洗 (NBI)、中西): 単純シアの下での粉体系のジャミング転移は、2次相転移に類似したスケーリングを示すことが示されている。このジャミング転移が、コロイド粒子系のように

熱揺動の影響がある場合に、どのように影響を受けるかを調べるために、予備的なシミュレーションを行なった。

3. 溶媒中の高分子鎖の分子内構造因子 (下村、中西、御手洗 (NBI)) : 従来、溶媒中や溶融体中の高分子鎖は理想鎖として振る舞うと思われていたが、最近、高分子鎖に沿って長距離な相関が存在することが見出され、また、分子内構造因子も理想鎖のそれと違うことが、我々の計算機シミュレーションでも示されていた。この分子内構造因子について、単純な摂動展開による表式を求め、2つのパラメタを調節することにより、シミュレーション結果と合わせることができると示した。しかしながら、得られたパラメタの値は通常の 溶媒のものとは異なるものであった。
4. スピン-軌道相互作用のある系と等価な 4 体相互作用の量子スピン梯子系 (肘井 (東大 PDF), 野村) : 対称性の破れのない rung singlet 相と、 Z_2 対称性の破れた staggered dimer 相の間の相転移線をひねり境界条件法で決めた。相転移線は二次転移 (セントラルチャージ $c=3/2$) から一次転移に移行することがわかった。論文は Physical Review B に受理された。
5. 3 角格子上の反強磁性スピンの整合-非整合状態 (小林、野村) : 相互作用が等方的でない場合は、相関関数が非整合な挙動を示すことが知られていたが、転送行列の対称性を調べることで特定の方向については整合な挙動 (強磁性的な挙動) となることを見出された。
6. 1 イオン異方性のある $S=1$ の BLBQ モデルの相図 (高橋、肘井氏 (東大 PDF)、野村) : dimer 相, Neel 相, XY2 相の相境界をレベルスペクトロスコピー法を用いて決めた。特に Neel-XY2 相境界については、特殊な $SU(2)$ 対称性が成り立つことを解析的にも議論した。
7. 高分子鎖の脱凝縮過程のダイナミクス (坂上) : 数多くある高分子鎖の折り畳み過程についての研究に対し、どういうわけか逆過程 (unfolding) についての研究はあまり見受けられない。しかし、folding と同様、unfolding も高分子科学における基礎的問題であると考え。unfolding をより広い視点から decompression 過程であると捉え、それは一般的に非線形拡散方程式により記述されることを示した。unfolding 過程以外の例として、壁にあいた微小な穴から抜け出ていく ejection 過程も解析し、それらの特徴的緩和時間や動的指数を導出した。これらの方法論や知見は、微細加工技術や一分子実験の発達により、ますます重要になっていくと期待される。

8. 界面での拡散について(坂上): 水と油の界面における界面活性剤の拡散挙動は、水、油の粘性率に依存する。第ゼロ近似的には、拡散係数は、水、油の平均の粘性率に逆比例することが予想されるが、ごく最近の実験結果は、水と油の粘性率の差も重要な因子であることを示唆している。この現象に対し、界面上の横方向拡散に加え、縦方向の揺らぎを取り入れたモデルを解析し、これら二自由度のカップリングにより、実験結果が定性的に再現されることを示した。
9. 細胞サイズスケールにおける生体高分子混合系の構造形成 (坂上): 試験管中で、アクチンとDNAを混ぜると、高濃度条件下では高度に配向したネットワーク構造が形成されることが知られている。一方、マイクロメートルサイズの閉じた空間(droplet)に多量のアクチンとDNAを封入すると、一見バルクとは随分異なった現象が観察される。これに対し、剛直な生体高分子であるアクチンが、曲率を持ったdropletの表面には存在しにくいことを指摘し、それにより生ずる”exclusion zone”の概念から生体高分子混合系の構造形成における微小空間効果を議論した。
10. Driven translocation の分子論(坂上): 長いDNAや、RNA、タンパク質などの紐状の分子は、非常に小さな穴を通過することができる。この紐状分子特有の輸送形態はtranslocationと呼ばれており、近年、生命科学方面で脚光を浴び、精力的に研究が進められているが、理論的記述は不完全であった。このような状況下、外場駆動のtranslocationにおける本質は、紐に沿っての張力伝播に伴う非平衡ダイナミクスであることを指摘し、様々な実験、数値シミュレーションの結果を首尾一貫して説明できる一般的な理論を構築し、統一的な視点を与えた。
11. 二次元環状鎖における長距離ボンド相関(坂上): 短距離相互作用のみを持った熱的に揺らいでいる鎖状分子においては、角度相関は指数関数的に減衰し、その特徴的長さは持続長と呼ばれ、鎖を特徴づける重要な物質定数となっている。ところが、最近、原子間力顕微鏡を用いた一分子観測に基づいた環状DNA鎖のボンド相関関数の測定により、鎖の全長に渡る長距離角度相関が出現することが見出された。これについて、ボンド相関関数の異常性の本質は、トポロジカルな相互作用にあることを突き止め、環状鎖の統計的構造を記述する定量的理論を構築した。
12. Schramm-Loewner evolution と臨界点近傍のパーコレーション(近藤、御手洗(NBI)、中西): Schramm-Loewner evolution(SLE)と呼ばれる2次元統計

力学模型の臨界点での解析手法を用いて、三角格子上のサイトパーコレーションに対して、臨界点近傍でSLEの手法を用いた数値計算を行った。クラスタ-境界を変換して得られた“時系列”についてのスケールング則とパーコレーションクラスターの幾何学的な形状との対応が、静電問題との対応を考えることで理解できることを示した。

13. 遺伝子の転写制御機構の数値モデル(西野、中西)：遺伝子の転写制御機構においてはDNA上の一分子過程が関わっており、プロセス全体に分子揺らぎが大きな影響を持ち得る。しかしながら、ほとんどの理論は反応過程のレート方程式に基づく決定論的解析に基づいており、確率的揺らぎは通常無視されている。本研究では、遺伝子転写機構でも特に揺らぎの影響を受けやすいと思われるTP901-1ファージなどに見られる混合型のフィードバックループ(MFL)の確率論的解析を行なう為に、文献調査および予備的な計算機実験を行なった。
14. 概日リズムのメカニズムと光刺激に対する応答(森本、中西、郡(お茶の水大学))：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。特に、アカパンカビの概日リズムのモデルを単純化したモデル系に対して、外部光刺激に対応する外部パラメタの変化に対して、昼夜の割合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。
15. 粉体斜面流における非弾性コラプス(北岸、中西)：非弾性コラプスとは、非弾性粒子の剛体極限で粒子の集合が有限時間内に無限回の衝突をおこしてしまうという、理論的理想化の下での特異性に起因する現象である。本研究では、粉体斜面流においてそれがどのように現れるかを調べる目的で、文献調査及び予備的な計算機実験を行なった。

発表論文

《原著論文》

1. Hiizu Nakanishi, Margit Pedersen, Anne K Alsing, and Kim Sneppen, *J. Mol. Biol.* 394 (2009) 15–28. “Modeling of the genetic switch of bacteriophage TP901-1: A heteromer of CI and MOR ensures robust bistability”
2. Yoichiro Kondo, Namiko Mitarai, and Hiizu Nakanishi, *Phys. Rev. E* 80 (2009) 050102(R). “Loewner driving functions for off-critical percolation clusters”

3. Kenji Shimomura, Hiizu Nakanishi, and Namiko Mitarai, Phys. Rev. E 80 (2009) 051804-1 – 7. “Nonideal behavior of the intramolecular structure factor of dilute polymers in a theta solvent”
4. Namiko Mitarai and Hiizu Nakanishi, Europhys. Lett. 88 (2009) 64001 (6 pages). “Simple model for wet granular materials with liquid clusters”
5. K. Hijii and K. Nomura, Phys. Rev. B 80 (2009) 014426. “Phase transition of $S=1/2$ two-leg Heisenberg spin ladder systems with a four-spin interaction”
6. Takahiro Sakaue and Natsuhiko Yoshinaga, Phys. Rev. Lett. 102 (2009) 148302. “Dynamics of Polymer Decompression: Expansion, Unfolding, and Ejection”
7. Ayako Kato, Eri Shindo, Takahiro Sakaue, Akihiko Tsuji and Kenichi Yoshikawa, Biophysical Journal, 97 (2009) 1678-1686. “Conformational transition of giant DNA in a confined space surrounded by a phospholipid membrane”
8. Makiko Negishi, Takahiro Sakaue and Kenichi Yoshikawa, Phys. Rev. E, 81 (2010) 020901(R). ”Mismatch of bulk viscosity reduces interfacial diffusivity at an aqueous/oil system”

《Proceedings》

T. Tonegawa, H. Nakano, T. Sakai, K. Okamoto, K. Okunishi and K. Nomura, J. Phys.: Conf. Ser. Vol. 200 (2010) 022065. “Half magnetization plateau of a frustrated $S = 1$ antiferromagnetic chain “

《その他の論文》

竹内一将、及川典子、稲垣紫緒、坂上貴洋、和田浩史, 物性研究 vol. 93 No. 3 (2009年12月号) pp.247-270. ”Self- organization and Dynamics of Active Matter” —研究会の私的会議録、雑感、その他—

講演

《海外での講演》

1. Hiizu Nakanishi, Biocomplex Meeting at Niels Bohr Institute, Copenhagen University, Denmark, 2010年3月18日, ”A polymer configuration in a theta solvent”
2. Hiizu Nakanishi, Seminaires Gulliver at ESPCI-UMR-Gulliver, Paris, France, 2010年3月22日, ”Nonideal behavior of the intramolecular structure factor of dilute polymers in a theta solvent”

3. Takahiro Sakaue, The 5th Kyushu University-Pukyong Natl University Joint Symposium on Sciences, 2009/11/13, College of Natural Sciences, Pukyong National University, "Two topics on diffusion"
4. Takahiro Sakaue, Seminar, 2010/3/4 (The Rudolf Peierls Centre for Theoretical Physics, Oxford University). "Fluctuating rings and knots"
5. Takahiro Sakaue, Open Statistical Physics, 2010/3/10 at Open University, UK. "Asymmetric response and fluctuation in nonequilibrium steady state"

《 国内での講演 》

1. 日本物理学会秋の分科会、於：熊本大学黒髪キャンパス、2009年9月25日～28日
 - (a) 近藤洋一郎, 中西秀, 「臨界領域でのパーコレーションクラスターに対するレブナー駆動関数のスケーリング則」
 - (b) 中西秀, 「溶媒中の高分子鎖の構造因子」
 - (c) 坂上 貴洋, 「界面での拡散について」
2. 第115回日本物理学会九州支部例会, 於：宮崎大学, 2009年12月5日
 - (a) 輿石健二, 野村清英, 「変形 S=1BLBQ 鎖における整合非整合遷移」
 - (b) 高橋康太, 野村清英, 肘井敬吾, 「1 イオン異方性のある S=1 の BLBQ モデルの相図」
 - (c) 岩尾賢一, 野村清英, 「強磁性境界における全基底状態」
 - (d) 小林敬吾, 野村清英, 「三角格子イジングモデル」
3. 中西秀, 2009年10月9日～10日, 「理論と実験」研究会, 於：広島大学, "Genetic Switch with Sequestration"
4. 輿石 健二, 野村 清英, 量子スピン系研究会 (福井県敦賀市西公民館, 2010年1月5日), 「変形 S=1BLBQ 鎖における整合・非整合遷移」
5. 特定領域研究「スーパークリーン物質で実現する新しい量子相の物理」(2010年1月7日、八王子セミナーハウス)
 - (a) 野村 清英, 「整合-非整合遷移」
 - (b) 小林 敬吾, 野村 清英, 「転送行列法による三角格子スピン系の整合 非整合遷移」
6. 中西秀, 定量生物の会 第2回年会, 2010年1月10日～11日、大阪大学吹田キャンパス, "Genetic Switch with Sequestration: Modeling of the genetic switch of bacteriophage TP901-1"
7. 野村 清英, 原子力機構・兵県大合同物性コロキウム(第65回)(2010年2月9日、SPring-8), 「整合-非整合転移の理論」
8. International Symposium on Physics of New Quantum Phases in Superclean Materials (PSM2010) March 11th 2010,
 - (a) Kiyohide NOMURA, "Theory of commensurate-Incommensurate transition"

- (b) K. Takahashi, K. Hijii and K. Nomura, "Phase diagram of $S=1$ bilinear-biquadratic chains with a single-ion anisotropy"
- (c) K. Kobayashi and K. Nomura, "Analysis of Commensurate and Incommensurate State on Triangular Lattice Spin System with Transfer Matrix Method"

9. 日本物理学会 第 65 回年次大会, 於: 岡山大学, 2010 年 3 月 20 日 ~ 23 日、

- (a) 坂上 貴洋、太田 隆夫, 「非相溶性ブレンドのせん断流下での電場応答」
- (b) 高橋康太, 肘井敬吾, 野村清英 「1 イオン異方性のある $S=1$ の BLBQ モデルの相図」
- (c) 輿石健二, 野村清英, 「変形 $S=1$ BLBQ 鎖における整合非整合遷移」
- (d) 小林敬吾, 野村清英, 「転送行列法による三角格子スピン系の整合-非整合遷移」

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

1. 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
2. 野村 清英文部省科学研究費補助金、特定領域「スーパークリーン物質で実現する新しい量子相の物理」, 特定公募「強相関電子系におけるリング交換がもたらすエキゾチックな量子現象の理論的研究」研究代表者 坂井 徹 (Spring-8) 研究分担者 野村 清英、岡本 清美 (東工大).
3. 坂上貴洋, 文部省科学研究費補助金, 若手研究 (スタートアップ), 「長鎖 DNA の高次構造転移とその生物学的意義」, 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

1. 江藤 祐、「水溶液と油の界面でのリン脂質分子の拡散実験に対する考察」
2. 小倉 琢嗣、「侵食モデル」
3. 戸倉 直也、「分数量子ホール効果」
4. 松山 和広、「三角格子イジングモデルの相関関数」
5. 蓬田 光樹、「高分子についての研究と具体的モデルのシミュレーション方法」
6. 雪山 裕貴、「粘性の異なる 2 つの流体による界面の運動の拡散係数」

修士論文

1. 岩尾 賢一、「次近接相互作用のある $S=1/2$ スピン鎖の強磁性境界における全基底状態」
2. 小林 敬吾、「三角格子スピン系の整合状態、非整合状態の転送行列法による解析」
3. 高橋 康太、「1 イオン異方性のある $S=1$ の Bilinear-biquadratic スピン鎖の相図」

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 》

榎崎将 西尾朋晃 松田航平 松藤弘教

三牧大祐

《 学部 卒業研究生 》

廣田洋平 峯新一

担当授業

物理学 I(河合伸)、 現代物理学入門(河合伸)、 力学基礎・同演習(河合伸)

力学基礎・同演習(成清修：前期 1 コマ・後期 2 コマ)、 物理学総合演習(成清修)

研究・教育目標と成果

低速電子線照射による Si(001) 表面局在構造変換(河合伸、榎崎将)

昨年までの成果により、低速電子線照射により Si(001) 表面局在振動が励起されることが明らかになっている。さらに、その状態の調和振動状態へのコンポーネント分布は、従来の予想よりも広く分布していて、一つの振動量子演算子で、離れた準位間の遷移が可能であることを明らかにしている。この成果を発展させ、低速電子線照射による Si(001) 表面局在構造変換レートの温度依存性を決定するマスター方程式を開発した。この方程式は、数値的に精度よく求めることが極めて困難なものに分類される。そこで、構造変換チャンネルを平均場近似を使って精度よくもとめる方法を開発した。この方法を基にして計算された構造変換レートの温度依存性は、実験を極めてよく再現する。数十秒以上のゆっくりとしたタイムスケールを持つ構造変換をサブナノ秒以下のミクロな振動励起過程を積み上げて理論的に再現できた。

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。

我々は、量子散乱理論に基づき、STM 観測下でのプローブ先端温度を測定された微分電導率スペクトル自体から決定する理論的枠組みを開発した。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試算に成功した。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。

トンネル電子による局在振動励起における高次項の効果 (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。支配的な高次項の候補として、2つの項が考えられる。一つは、トンネルギャップの距離と結合した項であり、もう一つは、表面電子状態対角項に結合した項である。本研究では、トンネルギャップの距離と結合した項の寄与を Ge(001) 表面ダイマー系の場合に見積もることに成功し、本質的に大きな寄与はないことを示した。一方、表面電子状態対角項に結合した項は重要であると思われる。それには、振動励起過程の繰り込みが必要であることも明らかになった。

タンパク質立体構造の進化的に保存する場の理論の研究/教育 (成清修、中村聡)

本テーマに関して、2007年度から研究成果の出版準備を行っていたが、今年度目標を達成した。また、論文化作業の中で明らかになった新しい観点についてプレプリントを投稿した。

タンパク質の立体構造はアミノ酸配列によって決まるのではあるが、構造と配列は一对多対応であることが近年集積された構造データによって明らかになった。この状況を理解する標準理論モデルとして、熱力学的安定構造としてアミノ酸の立体配置のみをまず指定し、その後一筆書き的にペプチド結合を導入して配列を決めるというものがある。このモデルでは特定の場所に位置するアミノ酸はひとつに決まるのであるが、実際には、特定の場所に複数種類のアミノ酸を許容しつつ全体の構造は同一であるような多くのタンパク質群が見つかることが標準理論モデルでは説明されていない重要な事実である。そこで、我々は標準理論モデルを越える試みとして、周囲のアミノ酸の寄与の重ね合わせとして実現される（疎水性のような物理的性質をあらわす）場のパターンが重要であるとの観点から新しいモデルを提案し、その有効性をバイオインフォマティクスの解析により示した。

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、学会発表および研究成果の出版を目標としていた。日本分子生物学会において発表を行い、論文は現在投稿中であり、プレプリントサーバーにて公開した。

免疫系は遺伝子を組み換えながらランダムに新しい抗体のレパートリーを生産し続けるリアルタイムに進化するシステムである。理論的にはネットワークの観点からの研究の歴史があるが、リアルタイムに進化するという動的側面はあまり考察されていない。そこで、我々は動的側面を記述するモデルとして、形状空間を舞台として、自己組織化臨界のなだれモデルを免疫系に拡張し、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ことに成功した。

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、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。

生命の起源のシナリオは大別してタンパク質起源説とRNA起源説がある。そのいずれにも弱点があるので、我々は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新しいモデルを提案した。このモデルでは、生命の起源を自己複製する代謝サイクルの成立として、生命の進化可能性を代謝サイクルの多様化として記述することができ、シミュレーションによって起源と初期の進化の様子をデモンストレーションすることができた。

発表論文

《原著論文》

Protein-Folding Nuclei on the Basis of Three-Dimensional Hydrophobicity Profile:
Satoshi Nakamura and Osamu Narikiyo,
Journal of the Physical Society of Japan, **78** (2009) 095002.

《その他の論文》

Principle of Superposition in Protein-Folding:
Satoshi Nakamura and Osamu Narikiyo,
arXiv:0908.0825.

Scale-free dynamics of somatic adaptability in immune system:
Shiro Saito and Osamu Narikiyo,
arXiv:0912.4102.

講演

《国内での講演》

Si(001) 表面局在振動の低速電子線による非調和性を通じた励起と構造変換:
榎崎将、河合伸
日本物理学会 第 65 回年次大会

Scale-free dynamics of somatic adaptability in immune system:
齋藤士郎、成清修
第 32 回日本分子生物学会年会 (2009 年 12 月 11 日)

他大学での研究と教育

河合伸：兵庫県立大学大学院理学研究科での集中講義（物質科学特論 IA）

学部 4 年生卒業研究

廣田洋平:(指導教員、河合伸):Si(111) 表面 Ag 吸着構造と相転移
峯新一:(指導教員、成清修):(前期)「生命とは何か」(金子邦彦)の輪講、(後期)卒業論文「自己創出する原細胞のモンテカルロシミュレーション」

修士論文

榎崎将:(指導教員、河合伸): Si(001) 表面局在振動の低速電子線による非調和性を通じた励起と構造変換
西尾朋晃:(指導教員、成清修):「分子認識による RNA 制御代謝サイクルの起源と進化」

その他の活動と成果

物性コロキウム「STMにより半導体表面状態へ注入された電子のコヒーレンス長」(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(2009年5月8日)

物性コロキウム「超伝導絶縁体転移」(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(2009年6月19日)

高校訪問：福岡県立東筑高等学校(成清修)(2009年7月2日)

高校訪問：福岡県立若松高等学校(成清修)(2009年7月9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 》

佐田国修 荒岡信隆 松浦圭介 的場智広

桃枝理彰 グエンピンフォン

《 学部 卒業研究生 》

久保克隆 三田稔 清家諭 中村昂史

《 訪問研究者 》

山田裕 新潟大学理学部 教授 清水克哉 大阪大学極限量子科学研究センター 教授

辺土正人 琉球大学理学部 准教授 藤原直樹 京都大学人間・環境学研究科 准教授

担当授業

物理学ゼミナール (和田裕文)、物性物理学 II (和田裕文)、素励起物理学 (和田裕文)、コアセミナー (和田裕文)、力学基礎・同演習 (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

新しい磁気冷凍材料の探索と開発 (和田裕文、グエンピンフォン、中村昂史)

新しい磁気冷凍材料として巨大磁気熱量効果を示す遷移金属化合物に着目して研究を行っている。まず、磁気冷凍材料としてどのような温度範囲でどの程度の大きさの磁気熱量効果を示す物質を開発すべきかという開発指標を明確にした。さらに今年度は Fe_2P 型構造を持つ $\text{Mn}_{2-x}\text{Fe}_x\text{P}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ 化合物を中心に開発を行っている。現在までのところ室温付近で Gd の 2.5 倍の冷凍性能を持つ材料の開発が可能であることを明らかにした。しかしこの物質は温度ヒステシスが大きいことがわかったので、来年度はそれを小

さくするような材料の開発を目指す。

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)

価数秩序を示す YbPd と EuPtP に注目して研究を行った。いずれも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。

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、粉末中性子回折実験を行った。その結果、非整合長周期の磁気ブラッグピークを観測した。また、広島大の長谷川氏との共同研究によってラマン分光実験を行い、140K の相転移が斜方晶への構造相転移であることを示唆する結果を得た。岩手大の中西氏との共同研究では弾性率測定実験を行い、グリユナイゼンパラメータの議論から電荷秩序を示す物質との共通の振舞を見いだした。来年度は、本年度育成に成功した単結晶試料を用いて、より詳細な磁気構造の決定を行い、価数秩序構造の決定、考察につなげる。

一方、EuPtP は 2 つの価数転移を示す物質であり、低温側の価数転移で価数秩序も起こることが報告されている。本年度は我々の測定した強磁場磁化過程のデータをブリルアン関数で解析することで価数が温度や磁場で変化していることを示すことに成功した。また、SPring-8 の稲見氏との共同研究で共鳴 X 線回折実験を行い、高温側の価数転移でも価数秩序が起こっていることを明らかにし、2 種類の価数秩序配列を直接観測することに成功した。来年度は、もう少し広い物質群 EuTX (T=Pt, Pd, Ni, X=P, As) に着目したり、置換系の作製を試みる。更に価数秩序構造による電気抵抗の変化が大きいことから巨大磁気抵抗効果が期待される。この点についても詳しく調べていく。

鉄砒素超伝導体の研究 (光田暁弘、和田裕文、荒岡信隆、的場智広、清家諭)

最近発見された鉄砒素系超伝導体の中でも EuFe₂As₂ に注目して研究を行った。特にこの系では、Eu が磁性を持つことが知られており、過去の研究からこの磁性を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。そこで、Eu を、同じ価数の Ca で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、Ca を 50% 置換した試料において 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。また、Ca 置換が化学的圧力効果を担っており、超伝導を出現させるのに必要な圧力が無置換試料に対して 1GPa 程度低くなることも明らかになった。Ca 置換量を 0 ~ 100% まで連続的に変化させられることも明らかになった。来年度は Ca₅₀Ba 置換系についても詳しく調べていく。

また、鉄砒素系の周辺物質として、 LaPt_2Si_2 にも着目した。この物質は 100K 付近に電荷密度波 (CDW) 的な異常を示し、2K 以下で超伝導に転移する。結晶構造は鉄砒素系超伝導体とよく似た構造や異常を示すことから興味を持った。特に 100 K 付近の異常の原因を探るべく研究を行った。東大物性研との共同研究により低温 X 線回折実験を行ったところ、100K で正方晶から斜方晶への構造相転移が観測された。また、低温電子線回折実験を行ったところ、100K 以下で通常のスポットに加えて 3 倍周期の構造が観測された。これらの結果から 100K の相転移は CDW である可能性が高いことが明らかになった。

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 (浅野貴行、松浦圭介、三田稔)

複数個のスピンが磁氣的相互作用により結合した複合スピン系 (二量体や三量体など) は、そのスピン間に相互作用を出現させることにより大変興味深い磁氣的性質を示す。今年度は、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、その三量体が一次元及び三次元的に配列した $\text{Na}_2\text{Cu}_3(\text{GeO}_3)_4$ と $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{P}_4\text{O}_{14}$ の二種類のモデル物質における磁氣的性質の解明を目標とした。

磁化率及び強磁場磁化測定の結果、二種類のモデル物質に共通する振る舞いとして反強磁性三量体構造の形成を特徴づける逆磁化率の折れ曲がりや飽和磁化の $1/3$ に相当する有限磁化プラトーを観測した。さらに比熱測定の結果、 $\text{Na}_2\text{Cu}_3(\text{GeO}_3)_4$ では 2K、 $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{P}_4\text{O}_{14}$ では 10K において三次元磁気秩序を示唆する異常が観測された。複合スピンである三量体が磁氣的に一次元及び三次元的に相互作用していることにより、前者ではその一次元リボン構造に起因する誘電異常、後者では磁場誘起磁気秩序相の誘起が期待される。特に、 $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{P}_4\text{O}_{14}$ における強磁場磁化測定の結果、初めて磁場誘起秩序相を観測することに成功し、三次元反強磁性二量体でのマグノンの BEC 状態との関係が期待される。

今後、 $\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{P}_4\text{O}_{14}$ における中性子回折及び散乱実験を実施することにより磁気構造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 (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様々な測定により構造相転移に伴う巨大な温度履歴現象や非線形磁化過程等を観測した。また、不純物効果によりクロミズム現象を示す温度を自在に制御することに成功した。今年度は、より詳細な継続的研究を実施し、さらに FZ(フローティングゾーン) 法により単結晶の作製に成功した。今後、単結晶試料による各種測定を実施し、粉末試料の結果と併せて議論

する予定である。

発表論文

《 原著論文 》

Magnetocaloric effect of $\text{Co}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$ under high pressure:

O. Sadakuni, A. Mitsuda and H. Wada,

J. Phys. Soc. Japan **79** (2010) 024701 (5 pages).

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

Y. Kim, H. Wada, Y. Lee and S. Itoh,

Mater. Sci. and Eng. B **167** (2010) pp. 114-118.

Effect of magnetic field on the two valence transitions in EuPtP:

Akihiro Mitsuda, Toshiya Okuma, Hirofumi Wada, Keisuke Sato, Koichi Kindo,

J. Phys. : Conf. Ser., **200** (2010) pp. 012119-1-4

Zero-resistance superconducting phase in BaFe_2As_2 under high pressure:

Fumihiko Ishikawa, Naoya Eguchi, Michihiro Kodama, Koji Fujimaki, Mari Einaga, Ayako Ohmura, Atsuko Nakayama, Akihiro Mitsuda, Yuh Yamada,

Phys. Rev. B **79** (2009) pp. 172506-1-3

Pressure effect on valence fluctuation and magnetic ordering in YbPd:

A. Mitsuda, K. Yamada, M. Sugishima, H. Wada,

Physica B, **404** (2009) pp. 3002-3004

X-Ray Magnetic Circular Dichroism of a Valence Fluctuating State in Eu at High Magnetic Fields:

Y. H. Matsuda, Z.W. Ouyang, H. Nojiri, T. Inami, K. Ohwada, M. Suzuki, N. Kawamura, A. Mitsuda, H. Wada:

Phys. Rev. Lett., **103** (2009) pp. 046402-1-4

Drastic and Sharp Change in Color, Shape, and Magnetism in Transition of CuMoO_4

Single Crystals:

Toshimitsu Ito, Hidenori Takagi, and Takayuki Asano,
Chemistry of Materials, **21** (2009) pp. 3376-3379

Magnetic Phase Diagram of DMACuCl_3 :

Y. Inagaki, O. Wada, K. Ienaga, H. Morodomi, T. Kawae, Y. Yoshida, T. Asano, Y. Furukawa, and Y. Ajiro,
J. Phys.: Conference Series, **150** (2009) pp. 04067-1-4

《Proceedings》

Development of Room Temperature Magnetic Refrigerator -overall plan- :

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

Proc. 2010 International Symposium on Next-generation Air Conditioning and Refrigeration Technology (Tokyo, 2010), NS08 1-7.

Recent Development of Magnetic Refrigerant Materials near Room Temperature :

H. Wada, K. Sadamatsu, N. Mutsuki, N. Hirano and S. Nagaya

Proc. 2010 International Symposium on Next-generation Air Conditioning and Refrigeration Technology (Tokyo, 2010), P22 1-7.

講演

《 海外での講演 》

Effect of magnetic field on the two valence transitions in EuPtP

Akihiro Mitsuda, Toshiya Okuma, Hirofumi Wada, Keisuke Sato, Koichi Kindo,
独・カールスルーエ, International Conference on Magnetism 2009, 2009年7月27日

Giant Magnetocaloric Effect and Magnetic Phase Transitions of $\text{MnAs}_{1-x}\text{Sb}_x$:

和田裕文

韓国, 5th Kyushu University-Pukyong National University Joint Symposium on Sciences, Pukyong National University, 2009年11月13日

Giant Magnetocaloric Effect and Magnetic Refrigeration:

和田裕文

ベトナム, Vietnam National University, Hanoi University of Natural Science, 2010年
3月26日

《国内での講演》

遍歴電子メタ磁性の理論の検証:

佐田國修, 光田暁弘, 和田裕文, 佐田國修

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月25日

空間反転対称性のない層状超伝導体 LaPt_2Si_2 の置換・圧力効果:

荒岡信隆, 光田暁弘, 和田裕文, 石川文洋, 山田裕

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月25日

価数揺動物質 YbPd の長周期磁気構造:

杉島正樹, 光田暁弘, 和田裕文, 大山研司

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月25日

超音波を用いた YbPd の弾性特性の研究:

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

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月25日

$\text{EuPtP}_{1-x}\text{As}_x$ における磁場誘起価数転移:

光田暁弘, 大隈俊哉, 和田裕文, 佐藤桂輔, 金道浩一

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月25日

EuFe_2As_2 系の磁性と超伝導に対する置換, 圧力効果:

的場智広, 光田暁弘, 和田裕文, 山田裕, 石川文洋

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月26日

単結晶 BaFe_2As_2 の圧力誘起超伝導:

石川文洋, 江口直也, 児玉通大, 藤巻孔二, 榮永茉莉, 中山敦子, 大村彩子, 光田暁
弘, 山田裕

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月28日

鉄砒素系化合物 BaFe_2As_2 の高圧合成及び圧力下における構造と物性:

江口直也, 児玉通大, 藤巻孔二, 榮永茉莉, 石川文洋, 大村彩子, 中山敦子, 山田裕, 光田暁弘, 中野智志

日本物理学会 2009 年秋季大会 2009 年 9 月 26 日

欠陥を含む DMACuCl_3 の磁場誘起秩序状態 II:

坂本康剛, 中野貴史, 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 2009 年秋季大会

$\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{P}_4\text{O}_{14}$ の構造と磁性:

松浦圭介, 中村直彦, 西村泰三, 浅野貴行, 和田裕文, 岩城雅弘, 鳴海康雄, 金道浩一

日本物理学会 2009 年秋季大会

Mn 基 Fe_2P 型化合物の磁気熱量効果:

桃枝理彰, 光田暁弘, 和田裕文

第 115 回物理学会九州支部例会 2008 年 12 月 5 日

$\text{Co}(\text{S},\text{Se})_2$ の圧力下磁気熱量効果:

佐田國修, 光田暁弘, 和田裕文

第 115 回物理学会九州支部例会 2008 年 12 月 5 日

超伝導体 LaPt_2Si_2 の置換及び圧力効果:

荒岡信隆, 光田暁弘, 和田裕文, 石川文洋, 山田裕

第 115 回日本物理学会九州支部例会 2009 年 12 月 5 日

$\text{Eu}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ における磁性と超伝導の競合:

清家諭, 的場智広, 光田暁弘, 和田裕文

第 115 回日本物理学会九州支部例会 2009 年 12 月 5 日

$\text{Eu}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{Fe}_2\text{As}_2$ における圧力誘起超伝導:

的場智広, 光田暁弘, 和田裕文, 石川文洋, 山田裕

第 115 回日本物理学会九州支部例会 2009 年 12 月 5 日

DMACuCl_3 における対角秩序と非対角秩序の共存:

坂本康剛、中尾貴史、諸富大樹、稲垣祐次、河江達也、浅野貴行、網代芳民
第 115 回日本物理学会九州支部例会 2009 年 12 月 5 日

$\text{Cs}_2\text{Cu}_3\text{P}_4\text{O}_{14}$ の磁気秩序:

松浦圭介、三田稔、浅野貴行、和田裕文、王俊峰、松尾晶、金道浩一
第 115 回日本物理学会九州支部例会 2009 年 12 月 5 日

三量体構造を有する一次元反強磁性体 $\text{Na}_2\text{Cu}_3(\text{GeO}_3)_4$ の磁性:

三田稔、松浦圭介、浅野貴行、和田裕文、王俊峰、松尾晶、金道浩一
第 115 回日本物理学会九州支部例会 2009 年 12 月 5 日

$\text{Eu}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{Fe}_2\text{As}_2$ における圧力誘起超伝導と磁性の競合:

光田暁弘、的場智広、和田裕文、石川文洋、山田裕
新規材料による高温超伝導基盤技術 第 3 回領域会議 2009 年 12 月 13 日

改良型ブリッジマンアンビルセルによる BaFe_2As_2 の圧力誘起超伝導:

石川文洋、江口直也、児玉通大、藤巻孔二、榮永茉莉、中山敦子、大村彩子、光田暁弘、
山田裕
新規材料による高温超伝導基盤技術 第 3 回領域会議 2009 年 12 月 13 日

Development of Room Temperature Magnetic Refrigerator -overall plan- :

N. Hirano, S. Nagaya, T. Okamura, T. Kawanami and H. Wada
International Symposium on Next-generation Air Conditioning 2010 年 2 月 17 日

Recent Development of Magnetic Refrigerant Materials near Room Temperature:

H. Wada, K. Sadamatsu, N. Mutsuki, N. Hirano and S. Nagaya
International Symposium on Next-generation Air Conditioning 2010 年 2 月 17 日

EuPtP における価数転移と価数秩序:

稲見俊哉、道村真司、光田暁弘、和田裕文
日本物理学会 第 65 回年次大会 2010 年 3 月 20 日

BaFe_2As_2 の高圧下結晶構造:

江口直也、児玉通大、藤巻孔二、榮永茉莉、石川文洋、大村彩子、中山敦子、山田裕、
光田暁弘、中野智志

日本物理学会 第 65 回年次大会 2010 年 3 月 20 日

YbPd のラマン散乱:

長谷川巧, 荻田典男, 杉島正樹, 光田暁弘, 和田裕文, 宇田川眞行

日本物理学会 第 65 回年次大会 2010 年 3 月 21 日

価数転移を示す EuPd₂Si₂ の硬 X 線光電子スペクトルの温度依存性:

三村功次郎, 魚住孝幸, 石津貴彦, 本並哲, 佐藤仁, 内海有希, 上田茂典, 光田暁弘, 島田賢也, 田口幸広, 山下良之, 吉川英樹, 生天目博文, 谷口雅樹, 小林啓介

日本物理学会 第 65 回年次大会 2010 年 3 月 21 日

BaFe₂As₂ の圧力誘起超伝導に対する異方的圧力効果:

石川文洋, 江口直也, 児玉通大, 藤巻孔二, 榮永茉莉, 中山敦子, 大村彩子, 的場智広, 光田暁弘, 和田裕文, 山田裕

日本物理学会 第 65 回年次大会 2010 年 3 月 23 日

Eu_{1-x}Ca_xFe₂As₂ における圧力誘起超伝導と 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

日本物理学会 第 65 回年次大会 2010 年 3 月 23 日

欠陥を含む DMACuCl₃ における対角秩序と非対角秩序:

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 第 65 回年次大会

CuMoO₄ の磁氣的性質とサイズ効果:

浅野貴行, 西村泰三, 松浦圭介, 三田稔, 和田裕文, 王俊峰, 松尾晶, 鳴海康雄, 金道浩一, 伊藤利充

日本物理学会 第 65 回年次大会

一次元 $S=1/2$ 反強磁性三量体 Na₂Cu₃(GeO₃)₄ の磁化過程:

三田稔, 松浦圭介, 浅野貴行, 和田裕文, 王俊峰, 松尾晶, 金道浩一

日本物理学会 第 65 回年次大会

反強磁性 Trimer 系 Cs₂Cu₃P₄O₁₄ の磁化過程と磁気秩序:

松浦圭介, 三田稔, 浅野貴行, 和田裕文, 王俊峰, 松尾晶, 金道浩一

日本物理学会 第 65 回年次大会

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 》

NEDO 省エネルギー革新技术開発事業（事前調査）

超高効率磁気冷凍技術の研究開発

研究代表者：和田裕文

(財) 村田学術振興財団

海外派遣援助

研究代表者：光田暁弘

学部 4 年生卒業研究

久保克隆：(指導教員、和田裕文)： $\text{La}(\text{FeCoSi})_{13}$ の磁気熱量効果

三田稔：(指導教員、浅野貴行)：三量体構造を有する $\text{Na}_2\text{Cu}_3(\text{GeO}_3)_4$ の合成と磁性

清家諭：(指導教員、光田暁弘)： $\text{Eu}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ における Ca 置換・圧力効果

修士論文

荒岡信隆：(指導教員、光田暁弘)：層状超伝導体 LaPt_2Si_2 の構造相転移と置換・圧力効果

佐田國修：(指導教員、和田裕文)： $\text{Co}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_2$ の高圧下磁気熱量効果

松浦圭介：(指導教員、浅野貴行)： $S = 1/2$ 反強磁性三量体の磁化過程と磁気秩序的場智広：(指導教員、光田暁弘)： EuFe_2As_2 系における圧力誘起超伝導と Eu 磁性の競合

桃枝理彰：(指導教員、和田裕文)：Mn 基 Fe_2P 型化合物の磁気熱量効果と磁気冷凍特性

学外での学会活動

光田暁弘：日本物理学会九州支部委員 (8 月末まで)

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

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：九州大学理学部極低温研究室室長

光田暁弘：東京大学物性研究所国際超強磁場科学研究施設運営委員

極限電子物性

研究室構成員

巨海玄道 (10 月退職) 教授

中野智仁 (8 月退職) 助教

《 大学院 修士課程 》

昇昌利

《 学部 卒業研究生 》

岡本哲平 谷口陽輔 山下綾佳

担当授業

力学基礎・同演習 (ニクラス、巨海玄道)、物理学 I(理系コア科目、巨海玄道)、物理学総合実験 (中野智仁)

研究・教育目標と成果

(研究目標と成果)

高圧合成を含むこれまでの結晶育成の経験を生かし、引き続き圧力誘起量子相転移を示す物質探索を行う。対象として半金属ホイスラー合金等を予定している。また、圧力誘起量子臨界点近傍において、非フェルミ液体や超伝導等の新奇物性探索を行うことを目標とした。半金属ハイスラー TMR 試料に対して高圧下電気抵抗測定を行い、その結果、温度によって圧力依存性が異なること等がわかった。一方、 $T_N = 2 \text{ K}$ を持つ圧力誘起超伝導体 CePtSi_2 に対して圧力下熱起電力測定を行った。その結果、近藤効果による極大が観測され、圧力により増大することがわかった。これらの詳細は学術誌で公表する。

(教育目標と成果)

将来、理化教育に携わることが可能な人材の育成を行った。最先端の研究を経験するとともに、現在の理化教育についてリサーチを行い、日本の教育事情の問題点を明らかにした。

発表論文

《原著論文》

Simple Experimental Procedure under Quasi-Hydrostatic Pressure up to 15 GPa at Low Temperature:

T. Kawae, K. Yaita, Y. Yoshida, Y. Inagaki, M. Ohashi, G. Oomi, K. Matsubayashi, T. Matsumoto, and Y. Uwatoko,
Jpn. J. Appl. Phys. 48 (2009) 070221.

Pressure-induced superconductivity in the orthorhombic Kondo compound CePtSi₂:

T. Nakano, M. Ohashi, G. Oomi, K. Matsubayashi and Y. Uwatoko,
Phys. Rev. B 79 (2009) 172507.

Effect of pressure and magnetic field on the electrical resistivity of TbB₆:

T. Sakai, G. Oomi and S. Kunii,
J. Phys.: Conf. Ser. 176 (2009) 012035.

Effect of pressure on the anomalous magnetoresistance and antiferromagnetism of single crystal GdB₄:

G. Oomi, M. Ohashi and B. Cho, J. Phys.: Conf. Ser. 176 (2009) 012038.

Effect of pressure on the superconductivity and magnetism in HoNi₂B₂C:

M. Nobori, T. Nakano, G. Oomi, P. C. Canfield and B. K. Cho,
J. Phys.: Conf. Ser. (2009).

講演

《海外での講演》

Effect of pressure on transport properties of heavy fermion CePtSi₂:

T. Nakano, M. Ohashi, G. Oomi, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko,
7th International Conference on New Theories, Discoveries and Applications of Superconductors and Related Materials, Beijing, (China)

Transport properties of CeAu₂Si₂ under pressure:

T. Nakano, K. Sakai, M. Nobori, G. Oomi, K. Matsubayashi, Y. Uwatoko, I. Satoh, Y. Matsumoto, H. Aoki, T. Komatsubara,

International conference on magnetism, Karlsruhe, (Germany)

Effect of pressure on superconductivity and magnetism in $\text{HoNi}_2\text{B}_2\text{C}$:

Masatoshi Nobori, Tomohito Nakano, Gendo Oomi, P. C. Canfield, B. K. Cho,
International conference on magnetism, Karlsruhe, (Germany)

《 国内での講演 》

CeAu_2Si_2 の反強磁性に及ぼす圧力磁場効果 III:

酒井久美子, 中野智仁, 巨海玄道, 佐藤伊佐務, 小松原武美, 松本祐司, 青木晴善,
第 26 回希土類討論会

中学及び高校における物理教育と大学教育:

巨海玄道, 長谷川潤, 松田大輔, 中野智仁,
第 26 回物理教育学会

近藤化合物 CeAu_2Si_2 の反強磁性に対する圧力効果

中野智仁, 酒井久美子, 巨海玄道, 佐藤伊佐務, 小松原武美, 松本祐司, 青木晴善,
第 33 回日本磁気学会学術講演会

$\text{HoNi}_2\text{B}_2\text{C}$ の圧力下における電気抵抗の電流依存性:

昇昌利, 中野智仁, 巨海玄道, P. C. Canfield, B. K. Cho,
第 33 回日本磁気学会学術講演会

CePtSi_2 の圧力効果 III:

中野智仁, 大橋政司, 松林和幸, 上床美也, 巨海玄道, 與那嶺翔太, 高江洲義尚,
辺土正人, 仲間隆男,
日本物理学会 2009 年秋季大会

アドバンス物理に見る英国の物理教育 II ~ 大学初年次における教育実践例 ~:

岡本哲平, 谷口陽輔, 山下綾佳, 松田大輔, 巨海玄道,
第 115 回日本物理学会九州支部例会

高校の理科履修状況と大学初年次教育の関係:

谷口陽輔, 岡本哲平, 山下綾佳, 巨海玄道,
第 115 回日本物理学会九州支部例会

落ち葉を用いたペレット材開発への高圧技術の応用 ~資源の有効活用~

山下綾佳, 岡本哲平, 谷口陽輔, 巨海玄道,

第115回日本物理学会九州支部例会

Co₂MnSi ハーフメタル電極を用いた強磁性トンネル接合に対する圧力効果

昇昌利, 巨海玄道, 中野智仁, 桜庭裕弥, 高梨弘毅, 大平祐介, 安藤康夫,

第115回日本物理学会九州支部例会

その他の活動と成果

Strongly Correlated Electron Systems 国際諮問委員会委員 (巨海玄道)

量子微小物性（半導体物理）

研究室構成員

渡部行男 教授

荒井 毅 助教

石橋善弘 特任教授

《 大学院 博士課程 》

加来滋 松元大輔

《 大学院 修士課程 》

根本達也 中村真 衛藤晴彦 津田隼

中原大志 水口拓也

《 学部 卒業研究生 》

中村昂史

担当授業

物性物理学 III（渡部）

原子分子の物理学（渡部）

物理学ゼミナール（渡部）

半導体物理学（大学院）（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 》

Yukio Watanabe,

Unidirectional current flow due to nonlinear bulk conduction under trap density gradient,

J. Phys. Soc. Jpn.78, 104712 (2009)

Y. Watanabe,

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

J. Phys. Soc. Jpn. 79, No.3, 034713 (2010)

Shigeru Kaku (博士3年), Satoshi Miyauchi (修士卒) and Yukio Watanabe,
Measurement of BaTiO₃ domain structure using ultrahigh vacuum - atomic force microscopy (UHV-AFM),
Journal of the Korean Physical Society 55, 799-802 (2009).

Yukio Watanabe,
Apparent Closure Domain by Standard 180° Domain Theory and Necessity of Fundamental Screening in the Theory,
Ferroelectrics (in press)

Yukio Watanabe,
Correct Value of Permittivity for Depolarization Field and Universal Instability of Insulating Ferroelectric Phase in Single-Domain State,
Ferroelectrics (in press)

Makoto Iwata and Yoshihiro Ishibashi:
Lattice Vibrations in Finite Systems with the Boundary Conditions Given with the Extrapolation Length II. Discrete Model,
to be published in J. Phys. Soc. Jpn.

Makoto Iwata, Kohei Sakakibara, Rintaro Aoyagi, Masaki Maeda,
and Yoshihiro Ishibashi:
Phase Diagram in Poled Samples of Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃ Mixed Crystals,
to be published in Ferroelectrics 405 (2010).

Makoto Iwata, Humihiko Itoh, Rintaro Aoyagi, Masaki Maeda, and Yoshihiro Ishibashi:
Observation of Cleavage Surface in Tri-Glycine Sulfate by Atomic Force Microscopy,
to be published in Ferroelectrics (2010).

Y. Ishibashi and M. Iwata:
Structural and Elastic Aspects in Phase Transitions of Superconducting Pyrochlore Oxide Cd₂Re₂O₇,
J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) 044604.

Y. Ishibashi and M. Iwata:
Energy Transfer Efficiency of Multiferroics,
Jpn. J. Appl. Phys. 48 (2009) 101405.

M. Iwata and Y. Ishibashi:
Exact Expressions of Third Order Nonlinear Susceptibility in Finite ferroelectric Systems Based on the Tilley-Zeks Model,
J. Phys. Soc. Jpn. 78 (1009) 104707.

Makoto Iwata, Keita Kuroda, Yusuke Hasegawa, Rintaro Aoyagi, Masaki Maeda, Yoshihiro Ishibashi:
Phase Transition under Zero-Field Heating after Field Cooling in $(1-x)\text{Pb}(\text{In}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3-x\text{PbTiO}_3$,
Jpn. J. Appl. Phys. 48 (2009) 09KF07.

Makoto Iwata, Kohei Sakakibara, Rintaro Aoyagi, Masaki Maeda, and Yoshihiro Ishibashi:
Dielectric Study of Phase Transitions in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$,
J. Ceramic Soc. Jpn. 117 (2009) 954.

Makoto Iwata, Humihiko Itoh, Takuma Morishita, Rintaro Aoyagi, Masaki Maeda, and Yoshihiro Ishibashi:
Observation of Domain Wall Structures in Triglycine Sulfate by Using Scanning Probe Microscopy,
J. Korean Phys. Soc. 55 (2009) 746.

N. Yasuda, S. Hashimoto, H. Ohwa, O. Sakurada, K. Fujita, Y. Yamashita, M. Iwata, and Y. Ishibashi:
Electrical properties of lead-free relaxor ferroelectric solid solution single crystal $(\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2})\text{TiO}_3$ (NBT)- BaTiO_3 (BT) grown by Bridgman Method,
Japanese Journal of Applied Physcs 48 9B (2009) 09KC06.

Optical Absorption in pure SrTiO_3 and Nb doped SrTiO_3
H. Tsuda (修士 1 年), M. Kuraoka (修士 1 年) and D. Matsumoto (博士 3 年)

Ferroelectrics, (accepted)

Observation of Ferroelectric Domains Having Atomically ordered Surface in Air by Atomic Force Microscopy and Piezoresponse Force Microscopy

H. Nakahara (修士 1 年), S. Kaku (博士 3 年), T. Minakuchi (修士 1 年), and D. Matsumoto (博士 3 年),

Ferroelectrics (accepted)

Precision measurement of PTCR effect,

T. Nemoto (修士 2 年), D. Matsumoto (博士 3 年), H. Eto (修士 1 年), K. Nakamura (学部 4 年), T. Minakuchi (修士 1 年), T. Arai and Y. Watanabe,

Ferroelectrics (accepted)

《Proceedings》

“Nanoscopic Intrinsic Properties of Ferroelectric Surface and Domain Revealed by Atomically Clean BaTiO₃ Surface in UHV and Implications for Applications”,

Y. Watanabe, S. Kaku, D. Matsumoto, H. Eto, H. Nakahara, H. Tsuda, S. Cheong and M. Arai,

Proc. 2009 18th IEEE Int. Symp. Appl. Ferroelectr. ISAF 2009, 1-5 (2009) (巻頭論文)

Proceedings of the 2009 IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectrics.

“Quantitative study of domain structure of BaTiO₃ single crystal by uhv-scanning probe microscopy”,

S. Kaku , H. Eto, K. Nakamura and Y. Watanabe,

Proc. 2009 18th IEEE Int. Symp. Appl. Ferroelectr. ISAF 2009, 29-32 (2009)

講演

《 海外での講演 》

Y. Watanabe, S. Kaku, D. Matsumoto, D. Nakahara and T. Minakuchi, S. W. Cheong, and Masao Arai,

Nanoscopic intrinsic properties of ferroelectric surface and domain revealed by atomically clean BaTiO₃ surface in UHV,

IMF 12-ISAF 2009 (Joint meeting of 12th International Meeting on Ferroelectricity and International Symposium on Application of Ferroelectricity) (2009 8/23-8/27, Xian)
(招待講演)

Y. Watanabe,
Correct Value of Permittivity for Depolarization Field and Universal Instability of
Insulating Ferroelectric Phase in Single-Domain State,
IMF 12-ISAF 2009 (2009 8/23-8/27, Xian) Poster

Y. Watanabe,
Apparent closure domain by standard 180° domain theory and necessity of fundamental
correction of the theory,
IMF 12-ISAF 2009 (2009 8/23-8/27, Xian) Oral

“Unconventional Carrier Generation Mechanism at Ferroelectric Phase Transitions”,
D. Matsumoto (博士 3 年), H. Etoh (修士 1 年), S. Kaku (博士 3 年), H. Tsuda (修士 1
年), and Y. Watanabe,
International Meeting on Ferroelectricity 2009 (2009.8, X 'ian, China), Oral

“Quantitative study of domain structure of BaTiO₃ single crystal by uhv-scanning
probe microscopy”,
S. Kaku (博士 3 年), H. Nakahara (修士 1 年), D. Matsumoto (博士 3 年) and Y. Watan-
abe,
International Meeting on Ferroelectricity 2009 (2009.8, X 'ian, China), Oral

“Exact relation between topography and surface potential of BaTiO₃ one-lattice-height
atomic steps in ultra-highvacuum by atomic force microscopy and kelvin force mi-
croscopy”,
S. Kaku (博士 3 年) and Y. Watanabe,
International Meeting on Ferroelectricity 2009 (2009.8, X 'ian, China), Oral

“Optical Absorption in pure SrTiO₃ and Nb doped SrTiO₃”,
H. Tsuda (修士 1 年), M. Kuraoka (修士 1 年), D. Matsumoto (博士 3 年) and Y. Watan-
abe,
International Meeting on Ferroelectricity 2009 (2009.8, X 'ian, China), Poster

“Schottky Barrier Property of Optical Generated Carrier of SrTiO₃ at Low Temperature”,

H. Eto (修士1年), M. Kuraoka(修士1年), D. Matsumoto (博士3年), H. Nakahara (修士1年), T. Minakuchi (修士1年), S. Kaku (博士3年) and Y. Watanabe,
International Meeting on Ferroelectricity 2009 (2009.8, X'ian, China), Poster

“Observation of Ferroelectric Domains Having Atomically ordered Surface in Air by Atomic Force Microscopy and Piezoresponse Force Microscopy”,

H. Nakahara (修士1年), S. Kaku (博士3年), T. Minakuchi (修士1年), D. Matsumoto (博士3年) and Y. Watanabe,
International Meeting on Ferroelectricity 2009 (2009.8, X'ian, China), Poster

“ Precision measurement of PTCR effect ”, CP-012,

T. Nemoto (修士2年), D. Matsumoto (博士3年), H. Eto (修士1年), K. Nakamura (学部4年) and T. Arai,
International Meeting on Ferroelectricity 2009 (2009.8, X'ian, China), Poster

UHV Properties of Ferroelectric Surface and Domain Revealed by Atomically Clean BaTiO₃ Surface,

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

ASPEN CENTER FOR PHYSICS WINTER CONFERENCES 2010, Condensed Matter Physics, January 31- February 6, 2010

Advances in the Fundamental Physics of Ferroelectrics and Related Materials (Aspen, USA)

(準招待講演 (参加費免除))

《 国内での講演 》

渡部, 原子レベルで制御された強誘電体表面 (物理学会シンポ招待)

日本物理学会シンポ, 2009.09.(熊本)

渡部, バルク起源の一方向性電気伝導 : 一般の捕獲準位と BiFeO₃ 実験との比較

日本物理学会, 2009.09.(熊本)

「AFM測定方法の違いによる強誘電体の表面構造の比較」, 25aYJ-2,
加来滋 (博士3年)、中原大志 (修士1年)、渡部行男、2009年日本物理学会秋季大会
(2009. 9 熊本大学) 口頭

「超高真空原子間力顕微鏡によるBaTiO₃の広域分域とその変化の観察」, 26aYJ-7,
加来滋 (博士3年)、中原大志 (修士1年)、中村昂史 (学部4年)、渡部行男、
2009年日本物理学会秋季大会 (2009. 9 熊本大学) 口頭

「不純物ドーピングSrTiO₃の赤外分光」,
津田隼 (修士1年)、松元大輔 (博士3年)、水口拓也 (修士1年)、加来滋 (博士3年)、渡
部行男、
2009年日本物理学会秋季大会 (2009. 9 熊本大学) 口頭

「チタン酸ストロンチウム/金属界面での電気伝導特性」,
衛藤晴彦 (修士1年)、松元大輔 (博士3年)、倉岡稔 (修士1年)、根本達也 (修士2年)、
水口拓也 (修士1年)、中原大志 (修士1年)、加来滋 (博士3年)、津田隼 (修士1年)、渡
部 行男、
2009年日本物理学会秋季大会 (2009. 9 熊本大学) 口頭

「原子間力顕微鏡と圧電応答顕微鏡による原子ステップと分域の観察-2」, 25aYJ-1,
中原大志 (修士1年)、水口拓也 (修士1年)、加来滋 (博士3年)、渡部行男、
2009年日本物理学会秋季大会 (2009. 9 熊本大学) 口頭、

超高真空原子間力顕微鏡によるBaTiO₃の広域分域とその変化の観察
加来滋, 中原大志, 中村昂史, 渡部行男
応用物理学会九州支部 (2009. 10 熊本大学)

BaTiO₃ エピタキシャル薄膜のPTCR的伝導異常の実験的解析
加来滋, 中村昂史, 渡部行男,
応用物理学会九州支部 (2009. 10 熊本大学)

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)
加来滋 (日本学術振興会特別研究員 DC1) (渡部)

松元大輔 (日本学術振興会特別研究員 DC2) (渡部)

学部4年生卒業研究

中村昂史 超高真空原子間力顕微鏡による分域測定 (渡部)

修士論文

根本達也 強誘電体の伝導増大と結晶配向の相関の解明の初期検討

博士論文

加来滋

Quantitative nanoscopic study of ferroelectric domain of tetragonal BaTiO₃ in Ultra-High Vacuum

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-07), 組織委員.

RCBJSF-9 (The 9th Russian-CIS-Baltic-Japan Symposium on Ferroelectricity), 組織委員.

IMF 12-ISAF 2009 座長

日本物理学会シンポ 座長

海外著名賞推薦

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)

渡部、加来、松元、特願 2010-061198 金属酸化物を含むヘテロ構造の作製法及び該金属酸化物の製造法

渡部、松元、加来、特願 2010-061312 酸化物強誘電体の分極電場の増大法

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 (共同研究者、高等教育開発推進研究センター) 助教

《 博士研究員 》

上田泰愼 (VBL 所属)

《 大学院 博士課程 》

小林竜馬

《 大学院 修士課程 》

高田聡 松原洋佑 吉村哲也 滝川陽介

田崎茂 中西倫宏

《 学部 卒業研究生 》

多持洋孝 村上里奈 金崎直史 島袋広人

担当授業

力学基礎・同演習 (篠崎文重、矢山英樹)、物理学 III (篠崎文重)、物理学総合実験 (篠崎文重)、3年生ゼミナール (篠崎文重)、電磁気学 II (矢山英樹)、コア科目 (矢山英樹)、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)

研究・教育目標と成果

(1) 3次元縮退半導体 $(\text{In}_2\text{O}_3)_{1-x}(\text{ZnO})_x$ の熱処理効果と超伝導 (高田、山田、小久保、篠崎)

スパッター法で作成された as depo. 膜はアモルファス構造をとり、超伝導を示さない。一方、適当な条件で熱処理し、結晶化させることで超伝導を示す。ZnO の濃度 x 、アニール温度 T_a 、アニール時間 t_a をパラメーターとして多結晶膜を作成した。構造は In_2O_3 と同じ bixbite 構造をとる。今年度は特に $T_a=200$ 、 300 、ZnO 濃度 x を最大 0.035 まで広げ、超伝導臨界温度に対する t_a, T_a, x 、キャリア数 n 、及び結晶化度依存性を詳しく調べた。超伝導性は結晶化度には直接関係せず、超伝導性に特有な結晶方位の存在

が示唆された。

(2) In/Mo 薄膜、及び細線の超伝導特性 (松原、田崎、小久保、山田、篠崎)

近年、微細加工技術の発達によりナノスケールの試料が作成可能になり、これを用いた(擬)1次元系超伝導の研究が盛んに行われている。Mo 下地膜上の In 超伝導超薄膜を FIB(Focus Ion Beam) 技術により微細加工した In/Mo 細線の超伝導特性の解明を目指し研究を行った。試料は MBE(Molecular Beam Epitaxy) 装置を用い作成した。基板には、薄膜測定用のガラス基板と細線加工用の SiO₂/Si 基板を使用した。細線加工用の試料には、保護膜として SiO を 200 Å 蒸着した。In/Mo 薄膜の測定から、In 膜厚誘起の超伝導-絶縁体転移が観測された。また、In 膜厚 10 Å でバルク In の T_c(3.4K) とほぼ等しい T_c をもつ超伝導転移が確認された。電圧 3 端子法を用い、試料の片側のみを FIB 加工することで、細線を含む側 (1D+2D 側と呼ぶ) と未加工の 2D 側の測定を同時に行う事ができる。細線の長さ L と幅 W の異なる二つの試料について測定を行った。2D 側には超伝導転移は見られなかったが、1D+2D 側には超伝導転移と思われる抵抗の減少が見られた。しかし、その T_c はバルク In の T_c よりも高く、転移の様子はブロードになっていた。この T_c 近傍で温度低下に伴い抵抗が徐々に減少するのは熱的揺らぎ効果の影響と考え、1次元、及び2次元系に対する揺らぎの理論で抵抗-温度特性を解析した。その結果、1次元系に対する理論のほうがより広い温度領域に渡り、実験を再現することがわかった。これより 1D+2D 側で観測された抵抗の減少は(擬)1次元化した細線部分の超伝導転移と思われる。また、2D 側で超伝導転移が見られなかった原因を調べるため、ガラス基板、及び SiO₂/Si 基板上に作成した Mo 薄膜を電子局在の立場から比較した。その結果、SiO₂/Si 基板上の Mo 薄膜はガラス基板上の Mo 薄膜に比べ乱れが大きい事がわかった。

(3) 高分子ポリアニリン膜の電気抵抗、キャリア数、移動度測定 (滝川、山田、篠崎)

高分子ポリアニリンは化学的な安定性に優れ、酸のドーピングにより伝導度を有し、さらに第二ドーパントを使用することによって再現性よく伝導度を制御することができる。我々は、第一ドーパントとしてスルホコハク酸エステルを用いることによって有機溶媒に分散させた後、第二ドーパントとして m-cresol を添加、乾燥させ導電性高分子ポリアニリン膜を準備した。ポリアニリンの伝導機構を明らかにすることを目的として、第二ドーパントの m-cresol の濃度を変え、伝導率 に対する m-cresol の影響を調べた。さらに、スルホコハク酸エステルをドーピングしただけの試料 (NEAT) に対してホール係数 R_h、ゼーベック係数 S を調べた。m-cresol の濃度 x を 0.05% ~ 10% の範囲で変化させた導電性ポリアニリン膜における R_h と x の関係を調べた結果、示す。x が 1 ~ 2 の間で R_h は約 3 桁変化し、この付近で金属-絶縁体転移が起きていることがわかった。この大きな抵抗変化の起源を明らかにするために、現在、キャリア数 n、及び移動度 μ の x 依存性や、n、μ の、温度依存性測定を計画している。

(4) 透明導電膜のホール移動度の研究 (山田和正、篠崎文重)

透明導電膜 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ は液晶ディスプレイや太陽電池に使われている。透明でありながら高い伝導度を持つ。 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ の移動度の測定を目標として研究を行った。精密な実験により超低移動度のホール移動度を測定できるようになった。移動度の温度依存性は熱活性型であることが分かった。結晶界面での熱活性によるホッピングがホール移動度を決めていると考えられる。来年度は、アニールの効果の研究を行う。

(5) 微小超伝導体における磁束状態の観察 (小久保、篠崎)

微小超伝導円板に現れるメゾスコピックな磁束秩序状態を走査型 SQUID 顕微鏡で調べている。今年度は直径 $100\mu\text{m}$ のアモルファス MoGe 超伝導円板を用意し、円板の形状を反映したマルチ磁束状態を調べた。磁場を増加させていくと、はじめ磁束の多角形が現れ、その後、磁束の 2 重リング構造が現れた。さらに磁場を増加させるとやがて 2 重リングの配列が乱れ、3 重のリング配列へ転移することが分かった。磁束配列の対称性の議論から、高磁場では形状を反映した閉じ込め効果が減少し、試料に存在するピン止めの影響が強まることも分かった。

(6) 駆動された磁束格子の結晶方位とモードロック共鳴 (小久保、吉村、篠崎)

アモルファス超伝導膜において、駆動された磁束格子の格子方位をモードロック共鳴法で調べている。これまでアモルファス MoGe 超伝導膜において、格子方位が運動方向に揃う平行な方位運動だけでなく、垂直となる新奇な方位運動を見出してきた。今年度は、格子方位に与える試料の形状効果の可能性を見出すため、異なる幅と長さ加工したアモルファス NbGe 超伝導膜試料を用意し、系統的に格子方位を調べた。その結果、試料の幅や長さによらず、すべての試料において平行と垂直な方位を持つ二つの磁束格子運動を見出した。したがって、磁束格子の方位は試料サイズに影響されないことがわかった。

(7) アモルファス超伝導体/微小強磁性複合構造における磁束フローチャンネル (小久保、多持、吉村、篠崎)

微小な強磁性ドットの 2 次元配列を使って、超伝導体の磁束運動や磁束ピン止めに制御する研究を行っている。今年度は、パーマロイの微小強磁性体とアモルファス NbGe 超伝導膜を使った磁束フローチャンネルを作成した。臨界電流を磁場に対して調べたところ、スムーズな臨界電流の振動を見出した。これは強磁性配列の周期間隔と磁束配列の周期間隔で決まる釣り合い効果で理解することができた。

(8) 金属を覆う超流動ヘリウム薄膜上に形成した 2 次元電子系 (中西、矢山)

金の表面に超流動膜を載せ、その上に 2 次元電子系を形成した。その電子系とバルクヘリウム面上の 2 次元電子系との間の遷移を観測した。その結果、金属表面に載せたヘリウム膜上の 2 次元電子系は、バルクヘリウム上のものと比較して、移動度が極めて小さく、面密度が大きいことが判った。

(9) 2次元回折格子を覆う超流動ヘリウム上の2次元電子系(小林、矢山)

2次元回折格子を覆う超流動ヘリウム上の2次元電子系の移動度を電気抵抗率の磁場依存性から測定した。その結果、電気伝導率の温度依存性は、移動度の変化よりも電子密度の変化によることが明らかになった。また、負の磁気抵抗が観測されていて、弱局在が表れているように見えるが、データが十分でないので更なる実験が必要である。

(10) 無冷媒磁気冷凍機(島袋、上田、矢山)

GM冷凍機を用いた無冷媒磁気冷凍機を開発した。磁性体にはクロムカリ明礬を用い、最低温度が約 130 m K、保持時間が数時間の性能が得られた

発表論文

《 原著論文 》

1) Electrical Characteristics and Practical Properties of Amorphous Indium Zinc Oxide Films:

M. Kasami, K. Yano, F. Utsuno, K. Inoue, B. Shinozaki, K. Makise, M. Funaki,
Mater Res. Symp. Proc. Vol. **1109** (2009)B 10-01.

2) The Hall effect measurements in the high resistance In₂O₃-ZnO polycrystalline films:

K. Yamada, T. Yamaguti, N. Kokubo, B. Shinozaki, K. Yano, H. Nakamura
Transactions of Materials Research Society of Japan 34[4] (2009).755-757.

3) Mode Locking features of driven vortex matter in an amorphous MoGe film detected by RF impedance technique:

N. Kokubo and B. Shinozaki
Physica C **469**(2009)1099-1101.

4) Thickness dependence of superconductivity for In/Mo thin films K:

Makise, T Nakamura and B Shinozaki
Physica C **469**(2009)1005-1008.

5) Annealing effect on the superconductivity of In₂O₃-ZnO thin films:

B. Shinozaki, N. Kokubo, K. Makise, S. Takada, T. Yamaguti, S. Ogura, K. Yamada, K. Yano, and H. Nakamura, S. Takada, T. Yamaguti, S. Ogura
Physica C **469**(2009)956-959.

6)History dependent vortex configurations in superconducting disks of amorphous MoG:

N.Kokubo, S.Okayasu, A.Kanda and B.Shinozaki

J.Phys. Conference Seri. **150** (2009)022044.

7) Field dependent orientation of driven vortex lattice in amorphous MoGe films:

N.Kokubo, B.Shinozaki and P.Kes J

.Phys. Conference Seri. **150** (2009)052116.

8)Magnetic field induced superconducting-insulator transition for ultra-thin Bi films :

K.Makise, T. Kawaguti and B.Shinozaki

J.Phys. Conference Seri. **150** (2009)052149.

9)Thickness tuned two-dimensional superconductor-insulator transitions for amorphous ultra-thin films :

K.Makise, K.Mithuishi,K.Furuya, A.Hirakawa, H.Nakanishi, T.Kawaguti and B.Shinozaki, A.Hirakawa, H.Nakanishi

Conference Seri. **150** (2009) 052148.

(10)Electrical transport properties of amorphous Zn-doped In₂O₃ films in a wide region of carrier density :

B.Shinozaki, K.Makise, M.Funaki, K.Yano, K.Inoue and H.Nakamura

J.Phys. Conference Seri., M.Funaki, J.Phys. Conference Seri. **150** (2009)022076.

11)Superconductivity in In₂O₃-ZnO crystalline films :

B.Shinozaki, N. Kokubo, S.Takada, K.Yamada, K.Makise, K.Yano, K.Inoue, and H.Nakamura, S.Takada

J.Phys. Conference Seri. **150** (2009)052234.

12)Conductivity Measurement of Helium Surface Electrons in the Coexistence of Adsorbed 2D Atomic Hydrogen Gas :

T Arai, S Yamanaka, H Yayama, A Fukuda and A Sawada

Journal of Physics: Conference Series, **150** (2009) 032129-1-4.

13)Installation of a Superconducting Magnet in a Cryogen-Free Dilution Refrigerator :

Hideki Yayama and Michihiro Yoshimura

Journal of Physics: Conference Series, **150** (2009) 012056-1-4.

講演

《国内での講演》

- 1) アモルファス超伝導体/微小強磁性体複合構造による磁束フローチャンネル, 多持洋孝, 吉村哲也, 小久保伸人, 篠崎文重, 多持洋孝, 吉村哲也, 日本物理学会, 岡山大学, 2010年03月20日
- 2) 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, 吉村哲也, 小久保伸人, 篠崎文重, 吉村哲也, 日本物理学会, 岡山大学, 2010年03月20日
- 3) 九州大学の女性研究者支援改革加速, 篠崎文重, 日本物理学会, 「物理と社会シンポジウム」, 岡山大学 2010年03月20日
- 4) アモルファス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, 吉村哲也, 小久保伸人, 篠崎文重, 吉村哲也, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月05日
- 5) SiO₂ 基板上 In/Ge 薄膜の超伝導特性, 田崎茂, 松原洋祐, 牧瀬圭正, 山田和正, 小久保伸人, 篠崎文重, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月05日
- 6) 導電性高分子ポリアニリン膜の ホール効果・ゼーベック効果, 滝川陽介, 山田和正, 小久保伸人, 篠崎文重, 中村浩昭, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月05日
- 7) (In₂O₃)_{1-x}(ZnO)_x 膜の超伝導特性 II, 高田聡, 山田和正, 篠崎文重, 小久保伸人, 牧瀬圭正, 矢野公規, 中村浩昭, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月05日
- 8) 簡易温度可変インサートの作製と FeSe 系超伝導体の R-T 特性, 村上里奈, 多持洋孝, 吉村哲也, 小久保伸人, 篠崎文重, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学 2009年12月05日
- 9) アモルファス超伝導体/微小磁性体複合構造における磁束フローと臨界電流, 多持洋孝, 吉村哲也, 小久保伸人, 篠崎文重, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年

12月05日

10) FIB加工により作成した In/Mo 細線の超伝導特性, 松原洋祐, 田崎茂, 牧瀬圭正, 山田和正, 小久保伸人, 篠崎文重, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月05日

11) 低次元 (1D or 2D) In/Mo の超伝導特性, 松原洋祐, 田崎茂, 牧瀬圭正, 山田和正, 小久保伸人, 篠崎文重, 日本物理学会, 熊本大学, 2009年09月26日

12) 低キャリア多結晶 $(\text{In}_2\text{O}_3)_{1-x}(\text{ZnO})_x$ 膜の超伝導 III, 高田聡, 山口高史, 山田和正, 篠崎文重, 小久保伸人, 牧瀬圭正, 矢野公規, 中村浩昭, 熊本大学, 2009年09月26日

13) アモルファス NbGe 膜におけるモードロック共鳴, 小久保伸人, 吉村哲也, 山田和正, 篠崎文重, 日本物理学会, 熊本大学, 2009年09月26日

14) 電子線誘起蒸着法で作製した Mo ナノワイヤーの超伝導特性, 牧瀬圭正, 三石和貴, 下条雅幸, 松原洋祐, 篠崎文重, 日本物理学会, 熊本大学 2009年09月25日

15) 走査型 SQUID 顕微鏡で直接観測したアモルファス MoGe 円板の磁束状態, 小久保伸人, 岡安悟, 神田晶申, 篠崎文重, 日本物理学会, 熊本大学, 2009年09月25日

16) Mode Locking features of driven vortex matter in an amorphous MoGe film detected by RF impedance technique
N.Kokubo and B.Shinozaki
22th International symposium on Superconductivity. October, 2009, Tsukuba, Ibaragi

17) 超流動ヘリウム膜上の2次元電子系の移動度, 小林竜馬, 中西倫宏, 上田泰愼, 矢山英樹, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月05日

18) 液体ヘリウムフリー極低温磁気冷凍機, 島袋広人, 上田泰愼, 矢山英樹, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月05日

19) 高精度比熱測定法, 金崎直史, 中西倫宏, 矢山英樹, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009年12月05日

20) 超流動ヘリウム膜上 2 次元電子系における電子数密度の直接測定, 中西倫宏, 小林竜馬, 矢山英樹, 日本物理学会九州支部例会, 宮崎大学, 2009 年 12 月 05 日

外部資金

《 文部省科学研究費補助金以外の外部資金 》

小林竜馬、アカデミックチャレンジ、「希釈冷凍機自動運転システムの開発」、2009 年度

学部 4 年生卒業研究

多持洋孝：(指導教員、篠崎、小久保) アモルファス超伝導体/微小強磁性体複合構造における磁束フローと臨界電流

村上里奈：(指導教員、篠崎、小久保) 簡易温度可変インサートの作製と FeSe 系超伝導体の R-T 特性

金崎直史：(指導教員、矢山) 高精度比熱測定法

島袋広人：(指導教員、矢山) 無冷媒磁気冷凍機

修士論文

松原洋佑：(指導教員、篠崎) In/Mo 薄膜、及び細線の超伝導特性

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：「無冷媒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) 准教授

塩野正明 (6月に退職) 助教 岩下靖孝 助教

《大学院 修士課程》

木下隆裕 坂本隼人 山本直樹 沖 佑馬

木下 英 黒山晃司 近藤 昇 高崎広太

豊田聖啓

《学部 卒業研究生》

相藤貴之 青木辰徳 國崎泰史 佐々百合子

中間 悠

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)、最先端物理学 (木村康之)、複雑系物理学 (木村康之)、物理数学 (町田光男)、物理学ゼミナール (町田光男)、物理学総合実験 (町田光男)、物理学総合実験 (塩野正明)、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、それによる力測定をコロイド系や2分子膜系に適用し、その物性測定を行なうことを目指した。(1, 4, 5, 8)

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を詳細に研究することを旨とした。(2, 3, 4, 6, 7, 8, 9)

水素結合型物質のプロトンのトンネリングとダイナミクスをNMRと中性子回折で調べることを目的とした。(10)

イオン液体BMIMPF₆の陽イオンと陰イオンの運動をガラス転移を調べることを目的とした。(11)

《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(木下、近藤、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粒子の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。また、その温度変化が、液晶の弾性定数に依存して変化することも明らかとなった。

(2) 高分子-液晶混合系の相分離ダイナミクスの研究(国崎、市川、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、DNA1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) ラメラ構造中におけるナノ粒子のダイナミクス (山本、木村)

100nm の周期で界面活性剤 2 分子膜が周期的に配列したリオトロピックラメラ構造中に直径数十 nm の (蛍光) コロイド粒子を分散させその運動を CCD カメラで観測した。観測された粒子の運動から van Hove 相関関数や非ガウスパラメータを計算することで、濃度が濃い場合の粒子の運動は時間的、空間的に不均一であるが、濃度が薄い場合にはこれらの不均一性が小さくなることを明らかにした。

(5) ホログラフィック光ピンセットの開発 (山本、佐々、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なった。

(6) 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。

(7) 生きた細胞骨格の非平衡ゆらぎ (豊田、木下、坂本、水野、木村)

アクチン、ミオシンゲルに ATP 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。

(8) 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。

(9) 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。

(10) 水素結合型物質の量子効果 (町田光男)

強誘電体 $\text{KH}_3(\text{SO}_4)_2$ の常誘電相の中性子回折強度データを MEM 法で解析した結果、水素結合中のプロトンが 2 つの平衡位置を持つことを確認できた。

(1 1) イオン液体の研究(町田光男、黒山晃司)

BMIMPF₆ の過冷却相、ガラス相において、陽イオン (BMIM⁺) の方が陰イオン (PF₆⁻) より運動の相関時間の分布が広いことが分かった。これは分子動力学シミュレーションで得られている不均一構造を支持する結果である。

《 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 》

Microrheology of soft matter:

Yasuyuki Kimura,

Journal of Physical Society of Japan, **78** (2009) pp. 041005-1 ~ -8

Synchronization of Two Target Patterns:

Yusuke Yoshida and Yasuyuki Kimura,

Journal of Physical Society of Japan, **78** (2009) pp. 084801-1 ~ -4

Mechanical properties of a giant liposome studied using optical tweezers:

Yoko Shitamichi, Masatoshi Ichikawa and Yasuyuki Kimura,

Chemical Physics Letters, **479** (2009) pp. 274-278

Effect of charge transfer complex on electric properties of 4-cyano-4'-pentylbiphenyl:

Tomonori Koda, Toshihiro Mitsuyoshi, Akihiko Kanazawa, Akihiro Nishioka, Ken Miyata, Go Murasawa, Susumu Ikeda, Takeshi Miura and Yasuyuki Kimura,

Japanese Journal of Applied Physics, **48** (2009) pp. 121404-1 ~ -5

Dynamic x-ray optics with microfluidics : stabilization of gas bubbles by surface ordering and freezing:

Yasutaka Iwashita, Christian Bahr, Craig Priest, Stephan Herminghaus and Ralf See-

mann,

La Houille Blanche, **6** (2009) pp. 129-134

Neutron Structure Analysis of Paraelectric and Ferroelectric Phases of
(CH₃)₂NH₂H₂PO₄:

M. Machida, E. Magome and M. Komukae,
Ferroelectrics, **387** (2009) pp. 152-156

Arrangement dependence of interparticle force in nematic colloids:

Takahiro Kishita, Kenji Takahashi, Masatoshi Ichikawa, Jun-ichi Fukuda and Yasuyuki
Kimura,

Physical Review E, **81** (2010) pp. 010701-1 ~ -4

講演

《 国内での講演 》

液晶中のコロイド粒子間相互作用:

木下隆裕、市川正敏、福田順一、木村康之
第3回ソフトマター若手勉強会

液晶におけるコロイド粒子間力の温度変化:

近藤昇、木下隆裕、市川正敏、木村康之
第3回ソフトマター若手勉強会

リोटロピックラメラ相のマイクロレオロジー:

山本直樹、市川正敏、木村康之
第3回ソフトマター若手勉強会

リोटロピックラメラ相のマイクロレオロジー:

山本直樹、市川正敏、木村康之
ソフトマター研究会第3回公開シンポジウム

液晶中でのコロイド粒子間相互作用:

木下隆裕、市川正敏、福田順一、木村康之

ソフトマター研究会第3回公開シンポジウム

コロイド凝集体の融解過程の観察:

沖佑馬, 山本直樹, 岩下靖孝, 市川正敏, 木村康之
日本物理学会 2009 年秋季大会

ラメラ相の局所力学物性:

山本直樹, 岩下靖孝, 木村康之
日本物理学会 2009 年秋季大会

擬二次元・準希薄 DNA の形態とダイナミクス:

高崎広太, 市川正敏, 木村康之
日本物理学会 2009 年秋季大会

液晶中における粒子間相互作用の温度変化:

近藤昇, 木下隆裕, 市川正敏, 木村康之
日本物理学会 2009 年秋季大会

液晶中での特異的コロイド粒子間相互作用:

木下隆裕, 岩下靖孝, 市川正敏, 福田順一, 木村康之
日本物理学会 2009 年秋季大会

水中における自己保持スメクチック超薄膜の安定性:

岩下靖孝, Christian Bahr, Ralf Seemann, Stephan Herminghaus
日本物理学会 2009 年秋季大会

マイクロ流路デバイス中の動的複合屈折レンズを用いた X 線の集光:

岩下靖孝, Christian Bahr, Ralf Seemann, Stephan Herminghaus
日本物理学会 2009 年秋季大会

生きた細胞骨格の非平衡揺らぎ:

豊田聖啓, 木下英, 山本直樹, 坂本隼人, 木村康之, C.F.Schmidt, 水野大介
日本物理学会 2009 年秋季大会

細胞骨格のマイクロレオロジー:

木下英, 木村康之, 水野大介
日本物理学会 2009 年秋季大会

RbH₂PO₄ の NMR:
町田光男, 馬込栄輔, 小向得優
日本物理学会 2009 年秋季大会

イオン液体 bmimPF₆ の NMR II:
黒山晃司, 町田光男
日本物理学会 2009 年秋季大会

擬二次元・準希薄 DNA の形態とダイナミクス:
高崎広太, 木村康之, 市川正敏
第 115 回日本物理学会九州支部例会

脂質ベシクルの交流電場下での変形:
中間悠, 山本直樹, 岩下靖孝, 木村康之
第 115 回日本物理学会九州支部例会

二次元コロイド結晶の融解:
沖佑馬, 岩下靖孝, 木村康之
第 115 回日本物理学会九州支部例会

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 115 回日本物理学会九州支部例会

三次元粒子位置追跡法による細胞骨格の力学的異方性の検出:
坂本隼人, 水野大介, 木村康之
第 115 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ソフトマターの物性測定 (1):
山本直樹, 岩下靖孝, 木村康之
第 115 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ソフトマターの物性測定(2):
佐々百合子, 山本直樹, 岩下靖孝, 木村康之
第115回日本物理学会九州支部例会

vimentin ネットワークのマイクロレオロジー:
木下英, 水野大介, 木村康之
第115回日本物理学会九州支部例会

非平衡(アクチン・ミオシン)ゲルのマイクロレオロジー:
豊田聖啓, 山本直樹, 木村康之, 水野大介
第115回日本物理学会九州支部例会

水中における自己保持スメリック超薄膜の形成:
岩下靖孝, Christian Bahr, Ralf Seemann, Stephan Herminghaus
第115回日本物理学会九州支部例会

リोटロピック液晶のスポンジ-ラメラ相転移の研究:
青木辰徳, 岩下靖孝, 木村康之
第115回日本物理学会九州支部例会

液晶中の粒子間相互作用の起源:
近藤昇, 木下隆裕, 岩下靖孝, 木村康之
第115回日本物理学会九州支部例会

液晶 - コロイド分散系における特異的相互作用:
木下隆裕, 市川正敏, 福田順一, 木村康之
第115回日本物理学会九州支部例会

高分子-液晶混合系の相分離ダイナミクス:
國崎泰史, 近藤昇, 岩下靖孝, 木村康之
第115回日本物理学会九州支部例会

液晶場を介した粒子間相互作用:
近藤昇, 木下隆裕, 岩下靖孝, 木村康之
日本物理学会第65回年次大会

水中自己保持スメクチック薄膜の挙動と物性:

岩下靖孝, Christian Bahr, Ralf Seemann, Stephan Herminghaus, 木村康之
日本物理学会第 65 回年次大会

二次元コロイド結晶の融解:

沖佑馬, 岩下靖孝, 木村康之
日本物理学会第 65 回年次大会

準希薄 DNA の一分子観察:

高崎広太, 木村康之, 市川正敏
日本物理学会第 65 回年次大会

NMR によるイオン液体 bmimPF₆ の分子運動の研究:

黒山晃司, 町田光男
第 16 回中国四国北九州地区誘電体セミナー

イオン液体 emimPF₆ の NMR:

町田光男
第 16 回中国四国北九州地区誘電体セミナー

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

学部4年生卒業研究

相藤貴之：(指導教員、木村康之)：コロイド凝集体の構造形成

青木辰徳：(指導教員、木村康之)：リオトロピック液晶のスポンジ-ラメラ相転移の研究

國崎泰史：(指導教員、木村康之)：高分子-液晶混合系の相分離ダイナミクス

佐々百合子：(指導教員、木村康之)：ホログラフィック光ピンセットを用いたソフトマターの物性測定

中間悠：(指導教員、木村康之)：脂質ベシクルの交流電場下での変形

修士論文

木下隆裕：(指導教員、木村康之)：ネマチック液晶の弾性誘起相互作用と等方相相転移の研究

山本直樹：(指導教員、木村康之)：光を用いたソフトマターの局所力学物性測定と局所操作

坂本隼人：(指導教員、水野大介)：ビデオホログラフィックマイクロスコープを用いた三次元粒子位置計測

その他の活動と成果

高校生体験入学講師(3月、岩下靖孝)

複雑流体

研究室構成員

鴫田昌之 教授

《 大学院 修士課程 》

有田瑞希 桐木平香 高木一成 藤野雄貴

《 学部 卒業研究生 》

前田智 横井龍一

担当授業

力学基礎・同演習 (鴫田昌之), 熱力学 (鴫田昌之), 自然科学総合実験 (鴫田昌之), 自然科学概論 (鴫田昌之)

研究・教育目標と成果

1. ゲルを透過する液体の動力学 (有田瑞希, 鴫田昌之)

従来の研究を概観し, 最近のゲル中を流れる流体の動力学に関する研究を解説する. その結果, ゲルの粘弾性効果を取り入れた理論解析が非常に有効であることが明らかになった.

2. 単一泡の寿命に及ぼす界面活性剤の影響 (桐木平香, 鴫田昌之)

空気と液体との界面に生成する単一気泡の寿命と界面活性剤濃度の関係を明らかにする. 種々の界面活性剤濃度における単一泡の寿命を測定し, 臨界ミセル濃度を境にして泡の破壊様式に転移現象が現れることを明らかにした.

3. 脂質ベシクルの高圧下挙動に関する実験的研究 (藤野雄貴, 鴫田昌之)

脂質が形成するベシクルの高圧下における構造相転移を明らかにする. 高圧下においては脂質ベシクルの形態が変化し, また膜の透過性が変わる現象を見いだした.

4. 擬三成分系高分子溶液の相挙動 (高木一成, 鴫田昌之)

ゼラチン-水-ポリエチレングリコールからなる三成分系の相挙動を明らかにする. 降温過程において, 二相分離とゲル化がカップリングした現象が見いだされた.

発表論文

《 原著論文 》

1. Swelling equilibrium of a gel in binary mixed solvents.:
H. Miki, S. Yagihara, S. Mukai, and M. Tokita,
Progress Colloid Polym. Sci., 136, 63-67 (2009).
2. Structural transition of non-ionic poly(acrylamide) gel.:
S. Mukai, H. Miki, V. Garamus, R. Willmeit, and M. Tokita,
Progress Colloid Polym. Sci., 136, 95-100 (2009).
3. The role of oxygen on the surface pattern formation during a slab gelation.:
T. Uragami, M. Tokita, H. Honjo, H.J. Barraza, and H. Katsuragi,
Progress Colloid Polym. Sci., 136, 101-106 (2009).
4. Kinetics of Water Flow Through a Polymer Gel.:
Y.Y. Suzuki, M. Tokita, and S. Mukai,
Eur. Phys. J. E, 29, 415-422 (2009).

講演

《 海外での講演 》

1. Control of macroscopic pattern formation on gelation surface.
Y. Aoki , M. Tokita, H. Honjo, H.J. Barraza, and H. Katsuragi,
Frontiers in Polymer Science, 7-9 June 2009 , Congress Centrum Mainz, Germany.

《 国内での講演 》

1. 「単一泡の寿命-測定法と考え方-」
鴫田昌之 ,
食品ハイドロコロイドセミナー 2009 , 東京 , 日本教育会館 (2009/5/18) (招待講演) .
2. アガロース水溶液の相挙動 ,
森田隆玄 , 成田貴行 , 向井貞篤 , 鴫田昌之 , 田中豊一記念シンポジウム ,
福岡 , アクロス福岡 (2009/8/5-7)

3. ゲルのパターン形成，
成田貴行，大西勇，大石，鴫田昌之，
高分子討論会，熊本，熊本大学（2009/9/16-18）
4. アガロース水溶液の相図，
森田隆玄，成田貴行，向井貞篤，鴫田昌之，
高分子討論会，熊本，熊本大学（2009/9/16-18）
5. 高圧環境下におけるリン脂質ベシクルの直接観察，
向井貞篤，藤野雄貴，鴫田昌之，
第62回コロイドおよび界面化学討論会 岡山理科大学（2009/9/17 - 19）.
6. 高分子ゲル中を流れる水の緩和現象，
鈴木康夫，鴫田昌之，向井貞篤，
日本物理学会 2009 年秋季大会 熊本大学黒髪キャンパス（2009/9/25 - 28）.
7. 高圧環境下におけるリン脂質ベシクル挙動の直接観察，
向井貞篤，藤野雄貴，鴫田昌之，
日本物理学会 2009 年秋季大会 熊本大学黒髪キャンパス（2009/9/25 - 28）.

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

文部科学省科学研究費補助金

基盤研究（C）界面活性剤の自己組織化を用いた機能性複合ゲルの創製．（研究代表者：
鴫田昌之）

《 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．単一泡の生成と消滅（前田智，鴫田昌之）

単一泡の生成過程における液膜の構造相転移に関する実験的研究を行い，液膜の厚さを測定する装置を開発した．また，液膜の生成時にマランゴニ対流に起因すると考え

られる，膜厚が揺らぐ現象を見いだした．

2．蛋白質溶液の相図（横井龍一，鴫田昌之）

蛋白質水溶液の相挙動に関する実験的研究を行うために必要な動的散乱装置を作成した．また，これを用いて界面活性剤溶液の相転移現象を測定し，装置が問題なく作動していることを確認した．

修士論文

有田瑞希：（指導教員，鴫田昌之）：ゲルの流体力学的摩擦—研究の歴史と最近の発展—

構造物性

研究室構成員

武田信一 教授

川北至信 助教

《 大学院 博士課程 》

加藤保彦 尾原幸治 田原周太 上野広樹

Rosantha Kumara

《 大学院 修士課程 》

島倉宏典 城納淳 山口 展史

《 学部 卒業研究生 》

脇坂 有衣子 安永 晃教

《 受託研究員 》

日高 昌則

担当授業

力学基礎・同演習（武田信一）

理系コア 物理学Ⅱ（武田信一）

自然科学総合実験（武田信一）

基礎物理実験学・同実験（武田信一）

物理学総合実験（川北至信）

21世紀プログラム・チュートリアルⅠ（川北至信）

21世紀プログラム・チュートリアルⅡ（川北至信）

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、田原周太、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 合金、Bi-Zn 合金など）について、放射光施設を利用した X 線回折と研究原子炉などを利用した中性子回折を

行い、その液体構造の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調べ
ることを目標とする。

液体 Ge 及び Ge 合金の構造とダイナミクス (加藤保彦、川北至信、武田信一)

液体 Ge 及び Ge 合金系の構造とダイナミクス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 (尾原幸治、城納淳、川北至信、武
田信一)

Li 超イオン導電体 $[\text{La}_{4/3}\text{yLi}_{3\text{y}}\text{Ti}_2\text{O}_6]$ について放射光を用いた高精度な X 線回折
実験及び Li の同位体置換をした中性子回折実験を行い、Li イオンの伝導経路に関する
情報を得る。

Ag 超イオン伝導体の構造とイオン伝導経路の解明 (Rosantha、島倉宏典、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。

AgI₂AgPO₃ 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 に通常のアル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 (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、液体中における構造と運動可視化し、まとめる。また水溶液に着いてもその
静的構造を明らかにする。

[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、田原周太、武田信一、川
北至信)

液体 Bi-Sn 合金について共晶組成領域を中心として、放射光施設 SPring8 BL08W を
用いて X 線透過法により回折実験及び X 線吸収法により密度測定を行い、興味深い結
果を得ることができた。また X 線回折実験及び中性子回折実験と RMC モデリングが

ら低温液体と高温液体の構造では異なる結果を得る事ができた。共晶組成を中心に磁化率測定も行い興味深い結果を得ることができたが現在電子状態については検討中である。液体 Bi-Zn 合金について放射光施設 SPring8 BL08W を用い X 線透過法により回折実験を行い、その結果を解析中である。

液体 Ge 及び Ge 合金の構造とダイナミクス (加藤保彦、川北至信、武田信一)

液体 Ge 及び Ge 合金系の構造とダイナミクスについて現在まとめ作業を行っている。

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

Li 超イオン導電体 $[\text{La}_{4/3}\text{yLi}_{3\text{y}}\text{Ti}_2\text{O}_6]$ について回折実験の結果及び RMC モデリングから、Li イオンの伝導経路に関して従来の見方を変える新たな結果を得ることができ、これらの結果を博士論文としてまとめる事が出来た。

Ag 超イオン伝導体の構造とイオン伝導経路の解明 (Rosantha、島倉宏典、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に関する結果を得ることが出来た。

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 に通常のアルカリハライド熔融塩 RbI との混合系について SPring8BL04B2 ビームラインを用いて X 線透過法によりの構造測定を行い、Ag イオン間の揺らぎや超イオン導電メルトとの関連の興味深い結果を得ることが出来た。

分子性液体 (島倉宏典、緒方規男、川北至信、武田信一)

液体 ClO_2 について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。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、液体中における構造と運動可視化し、修論としてまとめる事ができた。

[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、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。

Li 超イオン伝導体のイオン伝導度測定（城納淳、川北至信、武田信一）

Li 超イオン導電体 $[\text{La}_{4/3}\text{yLi}_{3\text{y}}\text{Ti}_2\text{O}_6]$ についての温度及び周波数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、川北至信、安永晃教、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。AgIAgPO₃ 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 に通常のアル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（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（ヘキサフルオロホスファート 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。

発表論文

《原著論文》

Structural study of Ag-Ge-Se superionic glass,
K. Ohara, L. S. R. Kumara, Y. Kawakita, S. Kohara, M. Hidaka, S. Takeda;
J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) Suppl. A, pp. 141-144.

Concentration Effects of Silver Ions on Forming Cooperative Conduction Path in Superionic Melts;

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

J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) Suppl. A, pp. 133-136.

Lattice distortion and lithium ionic conduction path in a superionic conductor with perovskite structure;

K. OHARA, Y. KAWAKITA, L. PUSZTAI, L. TEMLEITNER, S. KOHARA, N. INOUE and S. TAKEDA;

J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) Suppl. A, pp. 94-97.

Structural analysis of lithium lanthanum titanate perovskite structure;

K. Ohara, Y. Kawakita, L. Temleitner, L. Pusztai, S. Kohara, A. Jono, H. Shimakura, N. Inoue and S. Takeda;

Phys. Status Solidi C 6 (2009) 1004-1007

Study of the analyzer crystals for use in the near-backscattering spectrometer DNA at J-PARC;

Nobuaki Takahashi, Kaoru Shibata, Taku J. Sato, Yukinobu Kawakita, Itaru Tsukushi, Naoto Metoki, Kenji Nakajima, Masatoshi Arai;

Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A 600 (2009) 91-93

Partial Structures of molten AgBr

H. Ueno, S. Tahara, Y. Kawakita, S. Kohara and S. Takeda

Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A (2009) pp.322-324

The structure of molten CuCl, CuI and their mixtures as investigated by using neutron diffraction

James W.E. Drewitt, Philip S. Salmon, Shin'ichi Takeda and Yukinobu Kawakita

J. Phys.:Condens. Matter, 21(2009) 075104(9pp)

著書

初めて学ぶ 力学基礎

鴫田昌之、篠崎文重、武田信一、巨海玄道 共著 (J.B. 企画)

講演

《 海外での講演 》

Formation of fast-ionic conduction path in superionic glasses from molten and super-cooled states

Yukinobu Kawakita, Koji Ohara, Ryosuke Suenaga, Shuta Tahara, Hiroki Ueno, Hironori Shimakura, Shinji Kohara, Shinichi Takeda

9th International Symposium on Crystallization in Glasses and Liquids, September 2009, Fos do Iguaçu (Brazil)

Collective propagating excitations in Cu-Zr metallic glass

Yukinobu KAWAKITA, Shinji NAKASHIMA, Toshiya OTOMO, Keiji ITOH, Toshiharu FUKUNAGA, Alfred Q. R. BARON, Satoshi TSUTSUI, Shin'ichi TAKEDA, Hidemi KATO, Masashi HASEGAWA

International Conference on Physics of Non-Crystalline Solids (XII PNCS), September 2009, Fos do Iguaçu (Brazil)

Study of lithium ion conduction in the perovskite structure,

Koji Ohara

The 4th RMC Conference (RMC4) 'The First 21 Years of Reverse Monte Carlo Modelling', October 2009, Budapest (Hungary)

Local structure of Ag-based superionic glasses

Rosantha Kumara

The 4th RMC Conference (RMC4) 'The First 21 Years of Reverse Monte Carlo Modelling', October 2009, Budapest (Hungary)

Molecular interactions in radical liquid chlorine dioxide

Hironori Shimakura

The 4th RMC Conference (RMC4) 'The First 21 Years of Reverse Monte Carlo Mod-

elling', October 2009, Budapest (Hungary)

Cation-cation correlations in Ag-based superionic melts,

Yukinobu Kawakita

The 4th RMC Conference (RMC4) 'The First 21 Years of Reverse Monte Carlo Modelling', October 2009, Budapest (Hungary)

《 国内での講演 》

ランダム性を内包する物質における逆モンテカルロ法を利用した構造モデリング

川北至信

学術創成研究費「パルス中性子源を活用した量子機能発現機構に関する融合研究」第8回研究会 2009年4月 高エネルギー加速器研究機構

背面反射型中性子分光器の分光特性の検討

柴田薫、高橋伸明、中島健次、川北至信、佐藤卓、筑紫格、中川洋、藤原悟、Feri Mezei、Hannu Mutka、Dan Neumann、Philip Tregenna-Piggott、新井正敏

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月 熊本大学

ペロブスカイト型酸化物の局所構造とLiイオン伝導

尾原幸治、川北至信、小原真司、井上直樹、武田信一

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月 熊本大学

Ag系超イオン伝導メルトにおける混合カチオン効果

田原周太、上野広樹、尾原幸治、山口展史、川北至信、武田信一、小原真司、大野智

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月 熊本大学

RMC構造モデリング法による二酸化塩素分子性液体の配向相関

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 2009年秋季大会 2009年9月 熊本大学

液体 Bi-Sn 合金系ミクロ構造の解析 II

上野広樹、田原周太、Rosantha Kumara、脇阪有衣子、尾原幸治、伊藤真義、小原真司、川北至信、武田信一

日本物理学会 2009年秋季大会 2009年9月 熊本大学

Structural study of Ag-Ge-Se superionic glass

Loku S. R. Kumara, Koji Ohara, Yukinobu Kawakita, Shinji Kohara, Msanori Hidaka, Shin'ichi Takeda

The 3rd International Conference on Physics of Solid State Ionics (ICPSSI-3), October 2009, Kumamoto University

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

Shuta TAHARA, Hiroki UENO, Koji OHARA, Yukinobu KAWAKITA, Shin'ichi TAKEDA, Shinji KOHARA, Satoru OHNO

The 3rd International Conference on Physics of Solid State Ionics (ICPSSI-3), October 2009, Kumamoto University

Lattice distortion and lithium ionic conduction path in a superionic conductor with perovskite structure

Koji OHARA, Yukinobu KAWAKITA, L?szl? PUSZTAI, L?szl? TEMLEITNER, Shinji KOHARA, Naoki INOUE, and Shin'ichi TAKEDA

The 3rd International Conference on Physics of Solid State Ionics (ICPSSI-3), October 2009, Kumamoto University

Local structure of superionic glass AgGeSe

Loku Singgappulige Rosantha Kumara, 尾原幸治, 川北至信, 日高昌則, Nark Eon Sung, Pal Jovari, Ivan Kawan, 小原真司, 武田信一

日本物理学会第 115 回九州支部例会 2009 年 12 月 宮崎大学

液体 Bi-Sn 合金系の共晶組成領域におけるナノ構造

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

日本物理学会第 115 回九州支部例会 2009 年 12 月 宮崎大学

超イオン伝導メルトの構造

川北至信, 田原周太, 上野広樹, 尾原幸治, 小原真司, 武田信一

日本物理学会第 115 回九州支部例会 2009 年 12 月 宮崎大学

二酸化塩素分子性液体における隣接分子との相関

島倉宏典, 緒方規男, 川北至信, 尾原幸治, 小原真司, 武田信一

日本物理学会第 115 回九州支部例会 2009 年 12 月 宮崎大学

ランダム性を内包するペロブスカイト型酸化物の Li イオン伝導

尾原幸治, 川北至信, 小原真司, Laszlo Temleitner, Laszlo Pusztai, 井上直樹, 武田信一
日本物理学会第 115 回九州支部例会 2009 年 12 月 宮崎大学

液体 Bi-Sn 合金系の共晶組成領域におけるミクロ構造

上野広樹、田原周太、Rosantha Kumara、脇阪有衣子、尾原幸治、伊藤真義、小原真司、川北至信、武田信一

第 23 回放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム 2010 年 1 月 イーグレ姫路 (姫路市)

二酸化塩素分子性液体における隣接分子の構造

島倉宏典、緒方規男、川北至信、尾原幸治、小原真司、武田信一

第 23 回放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム 2010 年 1 月 イーグレ姫路 (姫路市)

CuZrAl 金属ガラスの集団励起

山口展史、川北至信、尾原幸治、武田信一、筒井智嗣、A.Q.R. Baron、石川大介、中島慎治、大友季哉、伊藤恵司、福永俊晴、加藤秀実、長谷川正

日本物理学会第 65 回年会 2010 年 3 月 岡山大学

ペロブスカイト型 Li イオン伝導性酸化物の局所構造

尾原幸治、川北至信、小原真司、Rosantha Kumara、日高昌則、Nark Eon Sung、井上直樹、武田信一

日本物理学会第 65 回年会 2010 年 3 月 岡山大学

J-PARC 高強度全散乱装置 (NOVA) のコミッショニング

大下英敏、大友季哉、三沢正勝、金子直勝、佐藤節夫、神山崇、清水裕彦、宇野彰二、田中真伸、安芳次、仲吉一男、武藤豪、猪野隆、鈴谷賢太郎、社本真一、高田慎一、福永俊晴、伊藤恵司、杉山正明、森一広、亀田恭男、山口敏男、吉田亨次、川北至信、丸山健二

日本物理学会第 65 回年会 2010 年 3 月 岡山大学

高エネルギー分解能 Si 結晶アナライザー背面反射型分光器 DNA の装置仕様検討と建

設計画 (II)

柴田薫、高橋伸明、中島健次、川北至信、佐藤卓、筑紫格、中川洋、藤原悟、神原理、新井正敏

日本物理学会第 65 回年会 2010 年 3 月 岡山大学

外部資金

《 文部省科学研究費補助金以外の外部資金 》

川北至信

NEDO 「水素貯蔵材料先端基盤研究事業 (代表 秋葉悦男 産業技術総合研究所・主幹研究員) における

「中性子実験装置による水素貯蔵先端材料に関する基礎研究」(代表 大友季哉 高エネルギー加速器研究機構・準教授) からの再委託経費

2007 年 6 月 ~ 2010 年 3 月 900 千円 (2008 年度分) / 総額 3,000 千円 (間接経費 15% 含む)

他大学での研究と教育

武田信一: 熊本大学 大学院自然科学研究科 「液体の構造と超音波測定」自然科学研究科の物理系大学院生を対象として集中講義を行った。

学部 4 年生卒業研究

脇阪有衣子 : (指導教員、川北至信、武田信一) : 液体の構造解析

安永晃教 : (指導教員、川北至信、武田信一) : 非晶質物質の構造測定

修士論文

島倉宏典 : (指導教員、川北至信、武田信一) : 二酸化塩素分子性液体の配向相関

博士論文

尾原幸治 : (指導教員、武田信一) :

Study on the lithium ionic conduction path in perovskite crystal including the random distribution of lithium and lanthanum ions.

外国人留学生の受け入れ

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

学外での学会活動

日本物理学会 領域6 代表（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」(佐賀県商工会連合会との受託研究)

武田信一：「西江邸ローハのミクロ構造特性とそのローハを利用する新しい赤絵具・弁柄（紅殻）の製造技法の開発研究」(株 西江邸)

その他の活動と成果

日本原子力研究開発機構と高エネルギー加速器研究機構が進める大強度陽子加速器計画 J-PARC において、物質生命研究施設に設置される中性子非弾性散乱分光器の開発を目的とした研究嘱託業務を行った。(川北至信)

学術創成研究費「パルス中性子源を活用した量子機能発現機構に関する融合研究」(代表 池田進 高エネルギー加速器研究機構・教授)において
第3班「非一様系における量子組織構造とダイナミクス研究」(分担 福永俊晴 京都大学・教授)の班員として研究活動を行った。(川北至信)

高校出前講義 「物理学のおもしろさについて」長崎県立長崎北高等学校で二年生を対象に物理のおもしろさについてはなし、数名から高校での物理とは異なる新鮮さを感じたとの感想を得た。(2008年10月31日 武田信一)

平成21年度客員教授

粒子物理学講座

本林透 主任研究員（理化学研究所 重イオン核物理学研究室）

昨年度に引き続き、理化学研究所のRIビームファクトリー計画での物理学研究の中核を担い、また、施設供用を推進する役目をも果たしておられる本林主任研究員に粒子物理学講座の客員教授を務めて戴いた。

同講座では、かつては理化学研究所と連携した研究・教育をかなりの規模で行っていた。その活動の中心となっていた教員の退職で、かつてのレベルでの交流はなくなったが、現在も理化学研究所の加速器施設を用いて研究を行っている教員がいる。また、核子自由度に基づいた原子核物理学研究を行っている少数核子系サブグループや軽イオン核反応サブグループの活動も、直接・間接に理化学研究所の活動と関連している。このような環境の中、今後の九大と理化学研究所との協力関係の在り方を考えていくために、客員教授就任をお願いしたものである。

21年度には、7月21日～23日の間、「極限の原子核とその反応」という題目で大学院の特別講義を行って戴き、理化学研究所で進められている不安定核物理学に関連する

知識および宇宙における元素合成に関する知識を院生に教授して戴いた。

また、この機会を利用して九大原子核セミナーの講師も務めて戴き、「理研RIビームファクトリーによる原子核・元素合成研究の展開」というテーマで、最近の研究の状況を紹介して戴いた。本林先生には3月に教室談話会講師を務めて戴いているため、今回は専門分野を絞ったこのセミナーでの講演を依頼した。

平成21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	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 本林 透 ⁺	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 [#]
極限電子物性	巨海 玄道		中野 智仁
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	塩野 正明 岩下 靖孝
複雑流体	鴫田 昌之		
構造物性	武田 信一		川北 至信

+ 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 廣孝 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 浴山 文子
--------	---

平成21年度物理学教室各種委員
(教室運営に関係の深い委員のみ)

物理部門長・学科長・専攻長:篠崎

諮問会:相良、中西、鵜田、八尋、木村、山路

物理副部門長:相良、鵜田

基礎粒子系専攻長:相良

凝縮系副専攻長:篠崎

将来計画委員:中西、八尋、相良、鵜田、中西、木村、和田、篠崎

教育課程委員:野呂、井上、木村、河合、町田、若狭、光田、緒方、川北、篠崎

社会連携:和田、矢山、橋本、河合

キャンパス移転委員:鵜田、町田

奨学金資格検討委員:巨海、原田、塩野、武田

経理委員:相良、河合

学生確保:八尋、木村、鵜田、相良、和田、浅野、篠崎

入試委員会委員長:木村

業績評価部会:渡部、巨海、八尋、和田、篠崎

就職・成績管理担当:相良、寺西

学年担当:若狭・矢山(1)吉森(2)光田(3)、町田(4)、

原田(05)、野村(04)、中西(03)、清水(02)、相良(01)、野呂(00, 99)

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:原田、寺西、若狭、河合、吉森、松井

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、矢山、山田、浅野

FR育成プログラム運営委員:中西、原田

AS育成プログラム運営委員:町田、武田

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、和田

平成21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	7月16日	福島孝治氏(東京大学大学院総合文化研究科)	制約充足問題の統計力学的研究	中西 秀
第2回	10月15日	平田文男氏(分子科学研究所教授)	液体の統計力学で綴る生命現象の素過程	吉森 明
第3回	9月29日	中野貴志氏(大阪大学核物理研究センター教授)	レーザ電子光ビームを用いたクォーク物理 -LEPS最新の結果から-	相良 建至
第4回	10月8日	土井正男氏(東京大学大学院工学系研究科教授)	イオン性ソフトマターの交差現象	木村 康之
第5回	10月29日	矢花一浩氏(筑波大学大学院数理物質科学研究科教授)	時間依存平均場理論をめぐる最近の発展	八尋 正信
第6回	11月19日	Das, Shankar P. (分子科学研究所外国人研究員)	Time dependent correlations in a supercooled liquid from nonlinear fluctuating hydrodynamics	吉森 明
第7回	12月1日	市川 聡夫氏(熊本大学大学院自然科学研究科理学専攻教授)	超伝導-絶縁体転移における不均一性と輸送特性との関係	篠崎 文重
第8回	1月13日	大友 季哉氏(高エネルギー加速器研究機構・教授)	パルス中性子源を用いた水素貯蔵メカニズムの構造研究	武田 信一
第9回	2月9日	九後 太一氏(京都大学基礎物理学研究所・教授)	フェルミ粒子とその双対電子の磁気モーメントおよび電気双極モーメント	原田 恒司
第10回	2月3日	Elie Raphael 氏 (Physico-Chimie Theorique, ESPCI, Paris)	Moving at the Air-Water Interface	坂上 貴洋

平成 21 年度物性理論セミナー開催一覧

講師:

奥村 久士 氏 (分子科学研究所)、

吉留 崇 氏 (京都大学エネルギー理工学研究所)

演題:

「新しい拡張アンサンブル分子動力学法の生体系への応用:

マルチバーリック・マルチサーマル法と部分的マルチカノニカル法」

「蛋白質低温変性の分子機構」

開催日: 2009 年 11 月 27 日 (金)

場所: 九州大学 箱崎キャンパス 旧工学部 3 号館 348 号室

講師: 田中 翠 氏 (京都大学大学院理学研究科)

演題: 熱浴と結合した電子 3 状態系の電子移動反応

開催日: 2010 年 1 月 7 日 (木)

場所: 物性理論セミナー室 (2635)

講師: 森史 氏 (理研)

演題: 位相振動子系における振動数同期に必要なネットワーク構造

開催日: 2010 年 2 月 19 日 (金)

場所: 物理第一会議室 (2154 室)

平成 21 年度九大原子核セミナー開催一覧

第 854 回 2009 年 4 月 17 日 (金)

講師：相良 建至氏 (九州大学)

演題：3 核子系の謎解明と天体 C+ 反応速度測定の現状

第 855 回 2009 年 4 月 24 日 (金)

講師：八尋 正信氏 (九州大学)

演題：クォーク系、核子系に対する有効理論 -RIBF, J-PARC の物理へ向けて-

第 856 回 2009 年 5 月 1 日 (金)

講師：野呂 哲夫氏 (九州大学)

演題：九大タンデム加速器質量分析系開発と、軽イオン核物理研究の現状

第 857 回 2009 年 5 月 22 日 (金)

講師：柏 浩司氏 (九州大学)

演題：純虚数化学ポテンシャルの情報を利用した量子色力学の相構造研究

第 858 回 2009 年 6 月 19 日 (金)

講師：梅谷 篤史氏 (理化学研究所)

演題：中性子過剰ラムダハイパー核におけるシグマ混合の殻模型研究

第 859 回 2009 年 7 月 22 日 (水)

講師：本林 透 氏 (理化学研究所)

演題：理研 RI ビームファクトリーによる原子核・元素合成研究の展開

第 860 回 2009 年 7 月 31 日 (金)

講師：池田 陽一氏 (理化学研究所)

演題： $\bar{K}N$ Interaction and Three-body Resonance with Coupled-Channel Chiral Dynamic

第 861 回 2009 年 9 月 11 日 (金)

講師：Tao Ye 氏 (九州大学)

演題：Analysis of deuteron breakup reactions on ${}^7\text{Li}$ for energies up to 100 MeV

第 862 回 2009 年 9 月 17 日 (木)

講師：幸山 浩章 氏 (中央研究院)

演題：The Nambu Jona-Lasinio model with density dependent UA(1) anomaly

第 863 回 2009 年 11 月 4 日 (水)

講師：緒方 一介 氏 (九州大学)

演題： ^{12}C 生成反応の新しい理解

第 864 回 2009 年 12 月 2 日 (水)

講師：永田 桂太郎 氏 (広島大学)

演題：Chiral Partners in Spin-3/2 baryons

第 865 回 2009 年 12 月 25 日 (水)

講師：猿渡 元彬 氏 (九州大学)

演題：ニュートリノの効果を含んだ磁気回転爆発に伴う重元素合成

第 866 回 2010 年 1 月 7 日 (木)

講師：Prof. Philippe de Forcrand 氏 (ETH Zuerich and CERN)

演題：Nuclear physics from lattice QCD at strong coupling

第 867 回 2010 年 3 月 17 日 (水)

講師：明 孝之氏 (大阪工業大学)

演題：Resonances of He isotopes using the complex scaling method

平成21年度非常勤講師一覧

学部担当

講師	所属	題目
矢木 雅敏	九州大学応用力学研究所・教授	非線形物理学
杉山 晃	佐賀大学理工学部・准教授	原子核・高エネルギー実験学
入佐正幸	九州工業大学情報工学部・准教授	生物物理学
巨海玄道	久留米工業大学・教授	物理学特別研究Ⅱ

大学院担当

講師	所属	題目
大友 李哉	高エネルギー科学研究機構・ 物質構造科学研究所・教授	J-PARC高強度全散乱装置と水素貯蔵材料研究
市川 聡夫	熊本大学大学院自然科学研究科・教授	低温物理学特論 —超伝導とマクロな量子性—
矢花 一浩	筑波大学計算科学研究センター・教授	フェルミ多粒子系ダイナミクスの計算科学
福島 孝治	東京大学大学院総合文化研究科・准教授	最適化問題の統計力学的研究
九後 太一	京都大学基礎物理学研究所・教授	これからの素粒子物理学
中野 貴志	大阪大学RCNP・教授	光ビームを用いたハドロン物理
平田 文男	自然科学研究機構分子科学研究所・教授	液体の統計力学
土井 正男	東京大学大学院工学系研究科・教授	ソフトマター物理学
巨海 玄道	久留米工業大学・教授	物理学特別研究Ⅱ
巨海 玄道	久留米工業大学・教授	リサーチアドミニストレーション初級Ⅲ

平成21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
Das. Sankar Prasad ジャワハラル・ネール大学・教授 (自然科学研究機構分子科学研究所外国人研究員として 2009.3月より滞在中)	インド	液体の非線形動力学について講義・指導及び議論のため	H21.11.19 ～ H21.11.21	吉森 明
Elie Raphael ESPCI(Physico-Chimie Theorique)・教授	フランス	ソフトマターにおける界面現象についての研究、大学院生向けの講義、セミナー	H22.1.30 ～ H22.2.6	坂上 貴洋
J.Y. Moon ソウル市中央大学 博士後期課程	韓国	天体ヘリウム燃焼における核融合反応速度の共同実験	H22.3.11 ～ H22.3.16	相良 建至

教育課程委員会活動報告

○日常的活動

・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、昨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たが、種々の試みを行うために、今年は担当を入れ替えた。今後何らかの方法でその比較検討を行うことになる。

・大学院授業アンケート

大学院での授業アンケート実施が大学から奨励されていることと、新カリキュラムになり、また希望者の大半が入学することになっている大学院教育のありかたを探るために、アンケートを実施した。回収率が高くなかったため、まだ統計に基づいた結果を引き出すには至っていないため、今後継続して実施していく。

・4年生向け「プラズマ物理学」、大学院「非線形物理学」について

これらの講義は応用物理学研究所の教員にお願いしていたが、担当をとりやめたいとの申し入れがあり了承した。4年生向け講義については地球惑星学科の「電磁流体力学」を代替とし、大学院講義については物理学科内教員が担当する。

○旧六本松教員の移転と伊都キャンパス授業への対応

・前年度末に六本松教員は箱崎に移転した。また、伊都キャンパスでの全学教育が始まった。このことを受け、これまで六本松/箱崎で別々に行っていた授業担当の割り当て作業を、22年度割り当てから一本化した。また、全学教育担当が多く、伊都キャンパス授業が多くなる旧六本松教員の負担軽減も目指した。

・一本化した担当割り当てを行った結果、授業時間負担についてはほぼ一様化した。また伊都授業についても、どちらの教員も最大日数がほぼ2.5コマ/年で収まった。平均値ではまだ差が残るが、これは担当可能科目の調整という問題であり、出身地区による格差の問題は解消したと考えている。

・伊都キャンパスでの授業増加に伴い、助教の全学教育担当を始めた。授業経験の長い者2名による演習担当と、1名の本人の希望による講義担当であり、いずれも全学教育実施部会の了承を得ている。

2009 年度物理学部門ファカルティ・ディベロップメント(FD) 報告
就職について

—期待される九州大学における物理教育—

開催日時:2009 年度 11 月 28 日(土) 13:30～

開催場所:物理第一講義室(理 2 号館 1 階 2149 号室)(参加者 48 名)

今年は一リーマンショックから世界的に経済状況が悪化し、大学を取り巻く状況も大きな影響を受け、就職難という状況が続いている。就職の決まらない学部生、院生が例年になく増加している。こうした状況の中で大学における物理教育はどうあるべきか、また社会の中で大学における物理教育は果たして役立っているのかについて、率直に考える必要がある。

今回の FD では企業、社会から見た大学の教育という観点から、主として学生の出口の方に焦点をあて、どのような人材が求められているのか、送り出していく学生にはどのような学生像が期待されているかを九大の卒業生を通じて考えることになった。

企画のタイトルは「就職」とはなっているものの、その背景には特色ある物理教育を行っていくためにはどうしたらいいのか、学生として企業に或いは社会に求められる、期待される人間、職場の求める人物とはどのようなものか、また学生時代を振り返って単に採用されるか否かという観点だけではなく、学部・大学院の学生生活では何をしておくべきか、進路を選択する基準及び就職活動上の留意点などについて卒業生から率直なコメント、アドバイスをしていただく。また高校の教員の方にはなぜ教職を選んだのかや採用試験、高校現場での様子と生徒との対応状況などについてアドバイスをしていただくと言う趣旨でこの FD を開催した。

こうした観点からパネラーの方には最初自己紹介及び職場の紹介の後、学生、院生教員からの質問、疑問に答える形で自由に討論していただくことを行った。ただ卒業生が企業の最先端で社会のそれぞれの重要な部分と関わりながら活躍しているため、その資料をセキュリティとかの関係上で何人かの職場紹介の分を載せることができなかった事は残念であった。

パネラーからは物理教育に関して知識という点では企業で直接的には役に立たない部分もあるが、物理的、科学的思考過程の訓練は非常に重要であること、物事を成し遂げていくためには時間内に物事を処理する実験研究などにおける忍耐が必要であることなどが指摘された。就活では早めに行動することと、面接前に自己分析とリクルーターなどの意見を聞くことが必要であること、また仕事にはモチベーションが大事であることなどのコメントがあった。

平成21年度 入学者数と卒業生数

	入学者数	卒業生数
物理学科(留学生)	63 (2)	61
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 2
修士課程(物理学専攻)	42	33
博士課程(物理学専攻)	7 (2)	

編入者 4 名、転学科なし

就職・進学状況

これまでは、2月～6月に就職希望生の約8割が民間企業に内々定になり、1-2割が教諭や公務員が秋に内定していた。しかし、2008年秋の所謂リーマンショックの余波で2008年末から文系の就職が厳しくなり、2009年2月下旬から理科系の就職も急に厳しくなった。大手企業の実質募集数は1年前の半分かそれ以下になり、即戦力ある者から採用されてゆき、早々に募集打ち切りになった。自己アピールの不得手な学生は年々増えているが、その大多数が不合格になった。

修士2年生の進路

H21年度の修士2年生は、42名+留年3名の45名であった。

H21年度の修士2年生の進路		
博士課程へ進学	8人	九大物理Dへ8名
民間企業へ就職	19人	
教職	3人	
公務員	2人	
留年	8人	二留3人を含む
退学	3人	
計	45人	

博士進学者数は昨年より1名増えたが、就職希望から進学に転じた者もいるので、博士員整数が実質増とは言えない。修士留年・退学が増えたのは、就職難も相当影響している。1-2回の不合格で就職活動を中止してしまう学生が多かった。就職先の民間企業は旭化成、横浜ゴム、オリンパス、ブリジストン、イビデン、ダイハツ、長府製作所、ボッシュ、TOTO、NSソリューション西日本、その他、であった。進路分野が多岐にわたる傾向が今年度も続いた。

九大物理への直接訪問やパンフレット送付による求人があった企業は約150社で、過去数年の230-250社から大幅に減った。また物理とは一見縁遠い企業も増えた。

博士の就職

6名がポスドク(海外1含む)になった。

就職は、東工大助教1、日立1、東芝1、ソフトウェア3、教職1であった。

H22年度のD4以上在籍者は、D6が1名、D4が2名のみとなった。

学部生の就職

教職に4名(非常勤講師を含む)が就いた。

就職が決まらずに卒業した者が数名(実家手伝いを含む)いた。

体験入学・公開講座報告

担当:光田 暁弘

平成 22 年 3 月 29 日(月)～30 日(月)の 2 日間にわたって、「第 13 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、昨年度から期日を 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、66 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 13 名、高専生 6 名で、全受講者数が 87 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。体験入学参加者は福岡を中心に、熊本、長崎、佐賀、宮崎、広島など広範囲の県にわたっている。

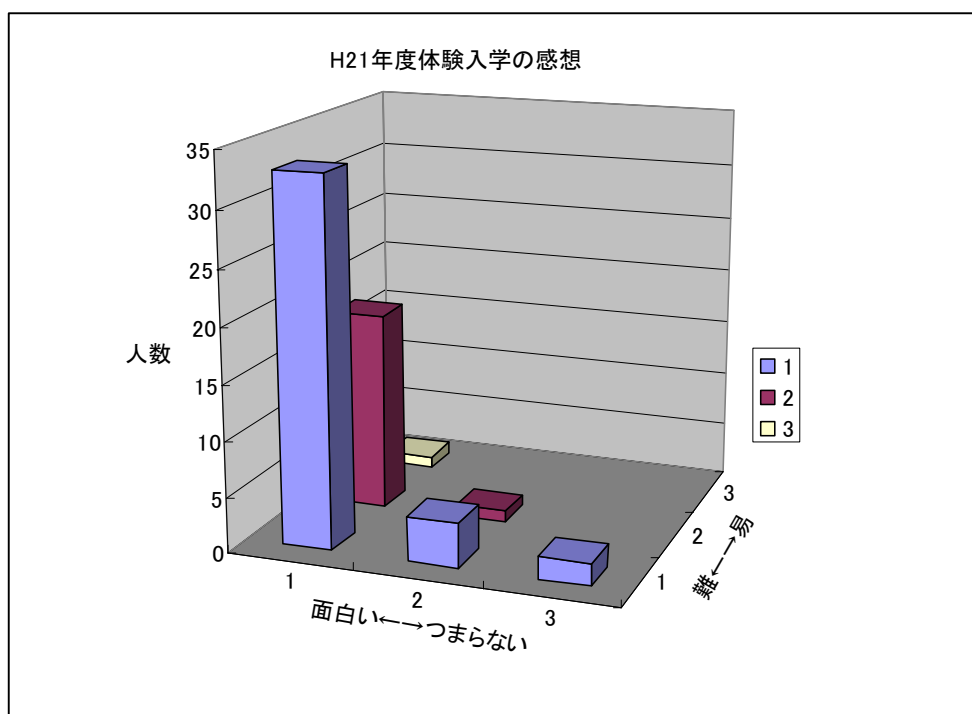
最終日に閉校式を行い、今後の改善のためにアンケートをお願いした。その回答例として、体験入学に 2 日間参加した高校生に対して全般の感想について聞いた結果を最後のグラフに示す。興味(面白いー普通ーつまらない)と難易度(難しいーちょうど良いー易しい)について答えてもらい、各生徒がどの組み合わせで回答したかを集計したものである。最も多い回答は「面白いが難しい」2 番目は「面白くて難易度もちょうど良い」であり、「つまらない」という回答は 1 つもなかった。概ね好評であったと考えている。ただ、昨年度から引き続き「内容が難しい」という声がやや多いので、今後、改善の余地があると思われる。

[プログラム]

	3月29日(月)		3月30日(火)
10:00～11:00	開校式	10:00～10:05	実験の注意
11:10～12:00	セミナー「素粒子の世界」(奥村助教)	10:10～12:10	実験(A～H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「原子核の世界—見えない原子の中を見る—」(緒方助教)	13:10～13:15	集合
14:30～15:20	セミナー「原子を観る。動かす。」(河合准教授)	13:20～15:20	実験(A～H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 高専生向け講座：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) E：BZ 反応 ～化学反応が「振動」する～(岩下)
 B：極低温の世界(浅野) F：立体画像ホログラフィー(荒井)
 C：超伝導(山田) G：実験で見るカオス(坂上)
 D：身の回りの放射能体験(森川) H：相対性理論シミュレーター(松井)



平成21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21年6月23日

担当者:巨海玄道 教授

実施先 長崎県立五島高等学校 (講義)

ii) 実施日:平成21年7月30日

担当者:相良建至 教授

実施先 大分県立中津南高等学校 (説明会)

iii) 実施日:平成21年9月12日

担当者:原田恒司 准教授

実施先 宮崎県立宮崎北高等学校 (講義)

iv) 実施日:平成21年11月7日

担当者:武田信一 教授

実施先宮崎県立日南高等学校 (講義)

v) 実施日:平成21年11月11日

担当者:清水良文 准教授

実施先 福岡県立八女高等学校 (講義)

vi) 実施日:平成21年11月11日

担当者:野村清英 准教授

実施先熊本県立済々黌高等学校 (講義)

2) 高校生の大学訪問受入れ

受入校:福岡県立西陵高等学校

実施日:平成21年7月9日

担当者:渡部行男 教授

内容: 模擬講義

3) スーパーサイエンススクール(SSH)実験実習体験講座受入れ

受入校:熊本県立第二高等学校

担当者:八尋正信 教授, 光田暁弘 准教授, 寺西 高 准教授

内容 ① 極低温実験室見学 ②タンDEM加速器施設見学 ③講演会

4) 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 21 年 8 月 20 日

物理学部門の担当は以下のとおり.

講義 ①「ゴムの弾性とばねの弾性 ---- 熱揺らぎを感じる ----」中西 秀 教授

②「低温物理とセンサー」矢山英樹 准教授

5) 先端科学体験事業(体験物理学)

実施日: 平成 22 年 3 月 29-30 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「素粒子の世界」奥村健一 助教

②「原子核の世界—見えない原子の中を見る—」緒方一介 助教

③「原子を観る. 動かす.」河合 伸 准教授

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」(森川恒安 助教), 「BZ 反応 ~ 化学反応が「振動」する~」(岩下靖孝 助教), 「立体画像ホログラフィー」(荒井 毅 准助教), 「実験で見るカオス」(坂上貴洋 助教), 「相対性理論シミュレーター」(松井 淳 助教)

高専生向けに研究室訪問を実施

6) 公開講座

実施日: 平成 22 年 3 月 29 日

内容: 5) 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.

7) 教員免許状更新講習

実施期間: 平成 21 年 8 月

担当者: 井上研三 教授, 篠崎文重 教授

内容: 受講者に対して特殊相対性理論と素粒子の世界および物質の電気伝導と量子力学の関わりについて講習を行った.