

# 粒子宇宙論II (原子核理論研究室)

## 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

### 《 大学院 博士課程 》

橋本 慎太郎 (日本原子力研究開発機構 特別研究生) 江上 智晃 (日本学術振興会  
特別研究員 [DC1]) 小路 拓也 柏 浩司

河野 賢治 浜田 政智

### 《 大学院 修士課程 》

鬼塚 徹 角 剛典 村瀬 貴博 境 祐二

田上 真伍 花田 真也

### 《 学部 卒業研究生 》

有田 瑞希 小野 寿哉 松本 健史 蓑茂 工将

山下 芳史

## 担当授業

量子力学 (清水良文)、量子力学演習 (清水良文・緒方一介)、物理学基礎演習 (緒方一介)、現代の物理学 (八尋正信)、特殊相対論と電気力学 (八尋正信)、核物理学II (八尋正信)、物理数学II (八尋正信)、計算物理学 (清水良文)、コアセミナー (清水良文)、物理学特別講義I (物理学最前線) (緒方一介 (3回分担当))、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

### 《 今年度の目標 》

格子ゲージ理論と有効理論による QCD 相図の解明 (八尋正信、松崎昌之 [福岡教育大学]、河野宏明 [佐賀大]、柏浩司 (D1)、浜田政智 (D1)、村瀬貴博 (M2)、境祐二 (M1))

QCD 相図の解明は最新 RHIC の実験と密接に関わっており、QCD 物理の中心課題である。また、その解明はハドロン・原子核物理だけでなく、素粒子物理、宇宙・天体物理にも大きな影響を及ぼす重大な課題である。この解明の方法として、格子ゲージ理論と有効理論を用いる。まず、格子 QCD 計算によりクォークのプロパゲータを計算し、ポール質量の温度依存性を調べ、閉じ込め相転移を調べる。次に、有効理論として Schwinger-Dyson 方程式、Nambu-Jona-Lasinio (NJL) 模型、Polyakov-loop extended Nambu-Jona-Lasinio (PNJL) 模型に着目する。これらの方法を用いて、純虚数化学ポテンシャル領域の相図を調べ、格子 QCD 計算の結果と比較し、模型の妥当性を検討する。また、PNJL 模型を用いて、8 点相互作用、ベクター型相互作用の実数化学ポテンシャル領域における役割を解明する。

不安定核の核力/クーロン分解比の標的核依存性の解明 (緒方一介、八尋正信、井芹康統 [千葉経済短大教授]、松本琢磨 [理化学研究所基礎科学特別研究員])

軽い不安定核である  ${}^8\text{B}$  の分解反応を、標的核を変化させながら解析し、核力とクーロン力による分解の様子を分析する。本年度は、前年度得られた知見、すなわち、核力による分解断面積の  $A^{1/3}$  スケーリング則 ( $A$  は標的核の質量数) の破れと、核力とクーロン力の干渉が最前方で消えるメカニズムについて分析を深め、研究成果を纏めることを目的とする。

複素型 2 核子有効相互作用を用いた核間相互作用の統一的記述 (緒方一介、八尋正信、清水良文、河野賢治 (D1))

前年度までの研究により、核子-原子核間の畳み込みポテンシャルを求める際に標準的に用いられている近似法の有効適用範囲が明らかになった。今年度は、この手法が有効に機能するエネルギー領域において、核子と Ni の同位体 (質量数 58-88) の光学ポテンシャルを理論的に計算し、陽子-Ni および重陽子-Ni の反応を分析することを目標とする。

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 2 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。本研究は、重陽子の分解反応を正確に記述する手法として定評のある離散化チャネル結合法 (CDCC)

を用いてこれらの反応の断面積を計算し、核データの完備に資することを目的としている。

今年度は、 ${}^7\text{Li}(d, np)$  反応の断面積を CDCC によって求め、既存のデータとの比較を行う。

連続状態離散化チャンネル結合法 (CDCC 法) による原子核反応解析コードの開発 (八尋正信、緒方一介、井芹康統 [千葉経済短大教授]、櫻木弘之 [大阪市立大学教授]、上村正康 [理化学研究所研究嘱託])

九大グループが 1981 年に提唱した離散化チャンネル結合法 (CDCC 法) は、不安定核等の弱く結合した複合粒子が原子核に入射し、分解する (仮想的な分解も含む) 反応過程を最も正確に記述する反応模型として世界的に認知されている。我々は、不安定核の研究が世界的規模で精力的に展開されている現状に鑑み、CDCC 法の実用的な計算プログラムを九州大学の情報基盤センターにライブラリとして登録、公開するプロジェクトを展開している。

今年度は、 $S$  行列から物理量を計算するプログラムを整備し、九州大学情報基盤センターライブラリに登録することを目的とする。

離散的 4 体分解断面積の連続化 (八尋正信、緒方一介、江上智晃 (D3)、松本琢磨 [理化学研究所基礎科学特別研究員]、井芹康統 [千葉経済短大教授]、上村正康 [理化学研究所研究嘱託])

離散化チャンネル結合法によって得られる分解反応断面積は、離散化された連続的励起状態へと遷移する断面積である。一方、実験で測定される断面積は、励起エネルギーに関して連続的なものであるため、理論計算と実験データを比較する為には、計算によって得られる離散的断面積を連続化する必要がある。この離散化の手法には入射粒子の連続状態の波動関数が必要であるが、3 体系の連続状態を得ることは極めて困難である。昨年度までに、新しい連続化の手法を提案し、2 体系入射の場合に適用し有効であることを確認した。今年度は実際に 3 体系入射に対しこの手法を適用し、連続的物理量を得ることを試みる。

半古典歪曲波模型によるハイペロン生成反応の記述 (緒方一介、橋本慎太郎 (D3) [日本原子力研究開発機構特別研究生を兼務]、河合光路 [九州大学名誉教授]、河野通郎 [九州歯科大学教授])

$\Xi$  ハイペロンが原子核から受ける一体場ポテンシャルの決定は、バリオン間相互作用を理解するための重要な鍵となるものであり、現在のストレンジネス物理の中心課題である。 $\Xi$  生成  ${}^{12}\text{C}(K^-, K^+)$  反応は、2008 年より稼働する J-PARC において実験計画

が進められている。我々はそれを見据えた研究として、詳細な ( $K^-$ ,  $K^+$ ) の反応機構の解明を目指してきた。本年度は、先行研究で用いられた反応解析モデルの検証や重原子核を標的とした反応の解析を行う。

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 (M2))

光学ポテンシャルおよび 2 核子間有効相互作用の中心力部分のみを取り入れて三重微分断面積を計算するコードを完成させた後、光学ポテンシャルおよび 2 核子間有効相互作用スピン軌道力部分および 2 核子間有効相互作用のテンソル力部分を組み込み、( $p, 2p$ ) 反応の微分断面積およびスピン偏極量の実験データを解析する。

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]、G.Benzoni, S.Leoni 他 [ミラノ大学])

超変形状態の生成と崩壊を統一的に記述する理論的モデル (Yoshida-Matsuo-Shimizu, 2001) を用いて、ミラノ大学の実験グループによる EUROBALL 実験データを分析する共同研究を 2 年前から行っている。今年度は特に、今のところうまく実験データを説明できない  $^{151}\text{Tb}$  を中心に分析を進める。

Woods-Saxon ポテンシャルを用いた低励起集団運動の記述 (清水良文、小路拓也 (D2))

昨年度は、「クランキング平均場上の乱雑位相近似」の方法で、Woods-Saxon ポテンシャルを用いた計算結果が Nilsson ポテンシャルを用いた計算結果より優位であることを確かめたが、今年度は、まず、質量数が 160 付近の原子核に対して、非軸対称変形原子核に特有のウォプリング回転運動の系統的解析を行う。また、比較的重い原子核で系統的に観測されている低励起四重極振動である、 $\beta$ -、 $\gamma$ -振動に対して、有限角速度の効果を検討した解析を行い、その理論的枠組みが有効かどうか確認する。

ガウス基底関数展開法の平均場計算への応用 (清水良文、鬼塚徹 (M2))

ガウス基底関数展開法の平均場計算への応用についての研究をここ数年行なっている。その拡張として、昨年度より Hartree-Fock-Bogoliubov 計算により対相関の効果を取り入れることにより、最近不安定核物理で注目を集めている、中重核領域でのダイニュートロン相関について調べる。

準粒子表示のダイソン型ボゾン射影法による中重核の集団状態の記述 (清水良文、安本誠一 [国際医療福祉大学]、高田健次郎 [九州大学名誉教授])

高田・安本によって、粒子・空孔表示でのダイソン型ボゾン射影法の一般的な計算ブ

プログラムが開発されたが、中重核のようなより自由度の大きい原子核の集団励起状態の記述においては、対相関を考慮した準粒子表示を用いることが重要である。本研究では準粒子表示のダイソン型ボゾン射影法の一般的な計算プログラムを開発し、それを応用して中重核での四重極集団振動運動の記述を目指す。

原子核基底状態のプロレート変形優勢の起源 (清水良文、田嶋直樹 [福井大学]、高原哲士 [杏林大学])

原子核の変形状態としてプロレート変形が圧倒的に多い理由を調べることを目的として2年前から研究を始めているが、多くの原子核で系統的計算を行うためには、Woods-Saxon ポテンシャルを用い連続状態の効果を正しく取り入れた計算方法を確立することが重要であることがわかり、今年度はそれに集中的に取り組む。

不安定核における回転運動 (清水良文、山上雅之 [理化学研究所基礎科学特別研究員])

中性子スキンの発達した不安定核における対相関には連続状態が重要な役割を果たすと考えられているが、他方、変形核における最も典型的な集団運動である集団的回転運動に対して、対相関が大きな影響を与えることが良く知られている。昨年度より、不安定核における回転運動の研究を行っており、ドリップライン近傍核での対相関のユニークな特徴を明らかにすることを試みる。

原子核におけるエキゾチック変形の研究 (清水良文、田上真伍 (M1)、J. Dudek [Strasbourg 大学])

近年の理論計算によって、エキゾチックな変形状態の存在が示唆されている。その中でも特に興味深いのは四面体型の変形であり、多数の原子核の安定な変形として実現するのではないかと予想されているが、その確かな証拠は見つかっていない。本研究では、四面体変形をした原子核の存在を探るため、原子核のエネルギースペクトルや電磁遷移確率等の物理量を量子数射影法や生成座標法といった理論手法により計算し、それと実際の実験値と比較することを試みる。その第一段階として、本年度は角運動量射影法の計算プログラムの開発を行う。

《 今年度の成果 》

格子ゲージ理論と有効理論による QCD 相図の解明 (八尋正信、松崎昌之 [福岡教育大学]、河野宏明 [佐賀大]、柏浩司 (D1)、浜田政智 (D1)、村瀬貴博 (M2)、境祐二 (M1))

・ Nambu–Jona-Lasinio (NJL) 模型を用いたカラー超伝導の研究 (担当：柏)

NJL 模型で無視されているベクター型相互作用とクォーク 8 点相互作用の性質を調べた。前者が相転移を弱め、後者がカイラル対称性の破れた相とカラー超伝導相の共存相を広げる役割があることを解明した。Physics Letters B に掲載。

・ Polyakov-loop extended Nambu–Jona-Lasinio (PNJL) 模型による実化学ポテンシャル領域の相構造の研究 (担当：柏)

クォーク 8 点相互作用が臨界点 (一次相転移の端点) を高温低密度側に移動させ、ベクター型相互作用がその逆に働く事を解明した。Physics Letters B に掲載予定。

・ 有限温度におけるクォークプロパゲータの格子 QCD 計算 (担当：浜田)

クォークの閉じ込めのオーダーパラメータと言われているポリヤコフループで定められた相転移温度の前後で、クォークプロパゲータを計算した。相転移前後で、プロパゲータの運動量依存性やポール質量の位置に違いが見られた。

・ Schwinger-Dyson 方程式による純虚数化学ポテンシャル領域の解析 (担当：村瀬)

純虚数化学ポテンシャル領域の高温領域で、Schwinger-Dyson 方程式法が格子 QCD 計算を定性的に再現することに示した。低温領域での再現はこの方法の将来の課題である。

・ Polyakov-loop extended Nambu–Jona-Lasinio (PNJL) 模型による純虚数化学ポテンシャル領域の解析 (担当：境)

純虚数化学ポテンシャル領域で、PNJL 模型が格子 QCD 計算を定性的に再現することに示した。格子 QCD の結果と異なり、PNJL 模型ではカイラル転移と閉じ込め・非閉じ込め転移の転移温度に差異が生じた。この問題は、クォーク 8 点作用を考慮することによって修正することができた。Physical Review D に掲載。

不安定核の核力/クーロン分解比の標的核依存性の解明 (緒方一介、八尋正信、井芹康統 [千葉経済短大教授]、松本琢磨 [理化学研究所基礎科学特別研究員])

分析の結果、核力による分解断面積の  $A^{1/3}$  スケーリング則が破れる原因は、分解反応が起きている核表面付近における透過係数の値が、標的核によって変化するためであることが明らかになった。また、核力とクーロン力の干渉が消失する理由が、それぞれの分解過程に対応する  ${}^8\text{B}$  の終状態が異なるためであることを解明した。この研究成果を纏め、Physical Review C に投稿した (arXiv:0804.1186v1)。本研究は緒方助教を中心に推進された。

複素型 2 核子有効相互作用を用いた核間相互作用の統一的記述 (緒方一介、八尋正信、清水良文、河野賢治 (D1))

陽子-Ni 同位体の弾性散乱を、微視的に求めた光学ポテンシャルを用いて分析した。

Ni 同位体の密度は、有限レンジ Gogny D1S を用いた Hartree-Fock-Bogoliubov 計算によって求めた。分析の結果、弾性散乱の角分布が、Ni 同位体の密度の拡がり確かに反映することを確かめた。次に、この方法で求めた陽子-Ni および中性子-Ni 間の光学ポテンシャルを用いて、重陽子と Ni 同位体の反応を離散化チャンネル結合法によって解析した。その結果、重陽子-Ni の弾性散乱は、陽子-Ni のそれと比較して、有意の付加情報を与えることができない一方で、重陽子が陽子と中性子に分解した状態(それらの放出方向が揃っている状態)を観測・解析することによって、Ni 同位体中の陽子と中性子の密度分布の差を引き出し得ることが明らかになった。本研究は緒方助教を中心に推進された。

加速器中性子源設計に関連した重陽子入射反応核データの研究(緒方一介、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2年])  
40MeV 入射の  ${}^7\text{Li}(d, np)$  反応の包括的測定データ(中性子のみを測定したデータ)を CDCC 解析したところ、実験データのエネルギー分布の形は良く再現する一方、断面積の絶対値は  $1/4$ – $1/5$  程度しか説明できないことがわかった。これは、CDCC 計算に取り入れられていない、非弾性分解反応の寄与が非常に大きいことを意味していると考えられる。本研究は叶氏を中心に推進された。

連続状態離散化チャンネル結合法(CDCC法)による原子核反応解析コードの開発(八尋正信、緒方一介、井芹康統[千葉経済短大教授]、櫻木弘之[大阪市立大学教授]、上村正康[理化学研究所研究嘱託])

チャンネル結合方程式を解いて得られる散乱の  $S$  行列から物理量を計算するプログラム「散乱断面積・偏極量の算出」を整備し、九州大学情報基盤センターライブラリに登録申請を行った。本研究は井芹氏、上村氏を中心に推進された。

離散的4体分解断面積の連続化(八尋正信、緒方一介、江上智晃(D3)、松本琢磨[理化学研究所基礎科学特別研究員]、井芹康統[千葉経済短大教授]、上村正康[理化学研究所研究嘱託])

離散的断面積( $S$ 行列)の連続化に必要なのは、真の連続状態とハミルトニアン  
の対角化によって得られる擬状態とのオーバーラップ(連続化係数)である。この係数を離散的  $S$  行列に掛け、全ての擬状態について和をとると、連続的な  $S$  行列を得ることができる。重要な点は、最終的に計算する物理量(断面積等)に寄与する空間は有限であり、その有限の空間内で  $S$  行列の正解が用意できれば良いということである。連続化に必要なのは連続化係数である為、擬状態が広がる空間内で正解と見なせる3体の連続状態が用意できれば良い。我々はこの考え方に基づき、Lippmann-Schwinger 方

程式を利用し、連続化係数を直接求める方法を開発した。離散的に得られる  ${}^6\text{He}$  の電気的雙極遷移強度分布  $B(E1)$  に対して、この方法による連続化を行ったところ、励起エネルギーに関して滑らかな分布を得ることに成功した。本研究は江上氏を中心に推進された。

半古典歪曲波模型によるハイペロン生成反応の記述 (緒方一介、橋本慎太郎 (D3)[日本原子力研究開発機構特別研究生を兼務]、河合光路 [九州大学名誉教授]、河野通郎 [九州歯科大学教授])

半古典歪曲波模型 (SCDW) を用いて、過去に  ${}^{12}\text{C}(K^-, K^+)$  の反応解析に用いられた核内カスケード模型とグリーン関数法で導入されている近似の検証を行った。入射運動量  $1.65 \text{ GeV}/c$  における  ${}^{12}\text{C}(K^-, K^+)$  反応の計算結果を比較することにより、核内カスケード模型で無視されていた「粒子の歪曲ポテンシャルの影響」によって反応スペクトルのピークが数  $10\text{MeV}$  変化すること、また、グリーン関数法で考慮されていなかった「核内における素過程の運動学の変化」が、スペクトルが持つ放出角度依存性に強い影響を与えることを明らかにした。特に後者は、スペクトルの強度を大きく左右するため、J-PARC での実験結果を解析する際には考慮すべき重要な点である。また、 ${}^{12}\text{C}$  より重い原子核である  ${}^{27}\text{Al}$  と  ${}^{63}\text{Cu}$  を標的とした反応の解析を行い、SCDW 計算は  ${}^{12}\text{C}$  と同様に、実験データと比べると過小評価の傾向があること、反応スペクトルには強い放出角度依存性があることを示した。本研究は橋本氏の学位論文としてまとめられた他、雑誌 *Progress of Theoretical Physics* に論文掲載が決まっている。

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 (M2))

光学ポテンシャルおよび 2 核子間有効相互作用の中心力部分のみを取り入れ三重微分断面積の数値計算コードを完成させ、 $392\text{MeV}$  陽子入射  ${}^{12}\text{C}$  標的  $(p, 2p)$  反応の三重微分断面積の計算に適用したところ、実験値の絶対値を約 5 分の 1 しか説明することができなかった。そこで、2 核子間有効相互作用のスピンの軌道結合力およびテンソル力を数値計算コードに組み込み、三重微分断面積の計算を実行すると、実験値と整合することが見出された。これは、2 核子間有効相互作用のスピンの依存力が極めて重要な役割を果たしていることを示している。次に、三重微分断面積の実験データを詳細に分析したところ、実験データに見られるふたつのピークの非対称性が、2 核子間核力のオフシェル性を反映していることを明らかにした。この知見を論文にまとめ、学術雑誌に投稿した (arXiv:0803.2134v1)。

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]、G.Benzoni, S.Leoni

他 [ミラノ大学])

EURBALL を用いたミラノ大学の原子核実験グループによる実験により、 $^{151}\text{Tb}$ 、 $^{196}\text{Pb}$  核における、数多くの超変形回転バンドからの準連続  $\gamma$  線が観測された。実験的に引き出された超変形励起回転バンドの数を理論的予測と比較すると、 $^{196}\text{Pb}$  核ではほぼほぼ実験データの傾向を再現できそうであるが、 $^{151}\text{Tb}$  核ではかなり大きくずれる。計算においては、ガンマ線遷移の統計的シミュレーションが必要であり、S.Leoni らミラノ大学のグループがこのシミュレーションコードを拡張して新たな分析を行い、かなり改善することがわかったが、特に角運動量の大きなところ ( $I > 50\hbar$ ) で  $^{151}\text{Tb}$  核のデータに合わない傾向は依然として残っている。

Woods-Saxon ポテンシャルを用いた低励起集団運動の記述 (清水良文、小路拓也 (D2))

本年度は、質量数が 160 付近の原子核である Lu, Hf 原子核に対してウォブリング回転運動の解析を行った。Strutinsky 計算から与えられる平均場の変形パラメータを用いると、ウォブリング回転運動が低励起状態に存在するという計算結果が得られた。これにより、ウォブリング回転運動が観測されている Lu 原子核だけでなく、隣の偶々核である Hf 原子核にも観測されることが期待される。また、Lu 原子核の観測データを再現するには、Strutinsky 計算の結果から非軸対称変形度をかなり大きく変えねばならず、理論的な問題があることがわかった。また、Er, Dy 原子核に対して、低励起四重極振動のバンド間  $B(E2)$  の角速度依存性を計算し、昨年度に得た  $B(E2)$  の絶対値の 1.5 倍の過大評価を補正すると、実験データをよく再現し、この理論的枠組が低スピンの現象に対し有効であることがわかった。本研究は小路氏を中心に推進している。

ガウス基底関数展開法の平均場計算への応用 (清水良文、鬼塚徹 (M2))

ガウス基底関数展開法を用いた計算方法の長所を生かし、有限レンジの Gogny 型有効核力に対して、一般的に Hartree-Fock-Bogoliubov 計算が可能になったのが大きな成果である。これを用いて、最近 BEC(ボーズ・アインシュタイン凝縮)-BCS クロスオーバー現象との関連で、注目を集めているダイニュートロン相関を調べた。これまでのゼロレンジ有効核力を用いた分析では発達した相関が得られているが、どのようなゼロレンジ力を用いるかで結果が変わることが問題である。今回 Gogny 力を用いた計算でも、よく発達したダイニュートロン相関が出現すること、また、密度依存性が混合型または表面型のゼロレンジ力の結果に近い 2 中性子相関が得られることが分かった。この研究は鬼塚氏の修士論文としてまとめられた。

準粒子表示のダイソン型ボゾン射影法による中重核の集団状態の記述 (清水良文、安本誠一 [国際医療福祉大学]、高田健次郎 [九州大学名誉教授])

Woods-Saxon ポテンシャルを用いて一粒子平均場状態を作り、BCS 近似によって準粒子状態を構成し、それを元にしてダイソン型ボゾン射影法を行って、ボゾン計算するプログラムを完成した。特に、粒子・空孔表示の場合と比べて、6 次のボゾン項が現れ計算時間を非常に増大させるが、この取扱いを高速化することに成功した。このプログラムを用いて、Pd, Cd 核領域での非調和四重極振動状態の分析を行った。高田・安本によって提案された、非集団的自由度を取り入れることが実験データとの一致の為に重要であることが確かめられた。

原子核基底状態のプロレート変形優勢の起源 (清水良文、田嶋直樹 [福井大学]、高原哲士 [杏林大学])

連続状態のある現実的ポテンシャルを用いて Strutinsky 計算を行うと、殻エネルギーが模型空間の取り方に大きく依存するという問題が古くから知られており、昨年度は自由粒子の効果を引き去る Kruppa の方法でこの問題が解決できること、および、対相関に対しても同様の方法が適用できることを確認したが、Strutinsky 法の自己無撞着性を保証する殻エネルギーのプラトー条件が満たされないことが問題であった。今年はこの問題に中心的に取り組んだ。Strutinsky 法で中心的役割を果たす準位密度のフーリエ変換を取ることににより、Woods-Saxon ポテンシャルの様な有限ポテンシャルでは連続状態の効果が高周期成分に強く現れ、調和振動子ポテンシャルの場合と違って厳密なプラトー条件が満たされることは期待できないことがわかり、少しでもプラトーに近づける方法 (reference density Strutinsky 法) を開発した。これによって、連続状態の効果を正しく取り入れた Strutinsky 計算が可能になる。

不安定核における回転運動 (清水良文、山上雅之 [理化学研究所基礎科学特別研究員])

昨年度より、変形核において、Hartree-Fock-Bogoliubov 法を正確に解き、対相関に対する連続状態の効果を正しく取り入れた変形平均場状態を基礎に、Belyaev のクランキング公式を用いて慣性能率の計算を行ってきたが、その結果は対相関の詳細に敏感である。特に、密度依存ゼロレンジ対相関力を用いると、中性子数を増加させたときに陽子の対相関がゼロになるという不自然な結果が得られる。この結果はより現実的な Gogny 力の結果とは大きく異なっており、その原因はアイソスカラー型密度を用いていることで、中性子スキンの効果が大きく陽子の対相関に影響してしまう。今年度は、ゼロレンジの有効対相関力として、アイソスカラーとアイソベクトルの両方の密度依存性を仮定して、どのような対相関力がより現実的であるかを調べた。結果としては、中性子(陽子)の対相関には中性子(陽子)の密度のみが寄与するという単純な形が最も自然で、かつ、より現実的であることがわかった。

原子核におけるエキゾチック変形の研究 (清水良文、田上真伍 (M1)、J. Dudek [Strasbourg 大学])

本年度は計算の準備を行うと共に、角運動量射影法を行うための計算プログラムを作成し、変形核の回転スペクトルを得ることが可能となった。現在、このプログラムが現実の原子核の回転スペクトルをどの程度再現できるか、一般的な四重極変形核で確かめている段階である。本研究は田上氏を中心に推進している。

### 《 来年度の目標 》

格子ゲージ理論と有効理論による QCD 相図の解明 (八尋正信、松崎昌之 [福岡教育大学]、河野宏明 [佐賀大]、柏浩司 (D1)、浜田政智 (D1)、村瀬貴博 (M2)、境祐二 (M1))

・カイラル相転移と閉じ込め相転移の相関や秩序変数の関係を、模型非依存な方法を用いて調べる。(担当：柏)

・第一原理計算が可能な純虚数化学ポテンシャル領域において PNJL 模型をより信頼できる形へ拡張し、実化学ポテンシャルの相構造を探索する。(担当：柏、境)

・格子 QCD 計算をもとに、クォークの閉じ込めが起こる本質的な原因を調べる。また、クォークの閉じ込めとカイラル対称性の破れの関係を解明する。(担当：浜田)

不安定核の核力/クーロン分解比の標的核依存性の解明 (緒方一介、八尋正信、井芹康統 [千葉経済短大教授]、松本琢磨 [理化学研究所基礎科学特別研究員])

3 体系をなす代表的な不安定核である  ${}^6\text{He}$  を入射する場合について同様の分析を行い、 ${}^8\text{B}$  の場合との違いを明らかにする。

複素型 2 核子有効相互作用を用いた核間相互作用の統一的記述 (緒方一介、八尋正信、清水良文)

微視的光学ポテンシャルを用いた CDCC 計算によって重陽子と Ni 同位体の反応をより詳細に分析し、研究成果を纏める。

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 2 年])

包括的反應過程を簡便に記述する Glauber 模型を用いて  ${}^7\text{Li}(d, np)$  反応の解析を行い、実験データとの比較を行う。また同時に、弾性分解反応の断面積を Glauber 模型と CDCC で計算し、両者を比較することにより、Glauber 模型の有効性を定量的に評

価する。

組み替えチャンネル結合法を用いた3粒子入射反応の記述(緒方一介、上村正康[理化学研究所研究嘱託])

3つの $\alpha$ 粒子によって $^{12}\text{C}$ が形成される、いわゆる $3\alpha$ 反応の実体は、連続するふたつの2体共鳴反応であるというのが常識的な理解であり、標準的な燃焼温度( $\sim 2 \times 10^8$  K)や粒子数密度においてはその描像が崩れることはないと思われる。しかし温度が低い場合や密度が非常に大きい場合など、極端な環境下では、非共鳴の $3\alpha$ 反応が $^{12}\text{C}$ の形成に有意の寄与を持つ可能性がある。これまで非共鳴の反応率は、共鳴模型を仮定して評価されてきた。これは、2粒子だけで反応が閉じている場合にはある程度信頼できるが、第3の粒子が存在する場合には、模型に伴う不定性が大きいと考えられる。そこで本研究では、共鳴状態と非共鳴状態を統一的に記述する、離散化組み替えチャンネル結合法を用いて $3\alpha$ 反応を記述し、反応率の正確な評価を行う。その上で、従来の共鳴模型に基づいて計算された反応率との違いを、温度・密度の関数として定量的に評価することが研究の目的である。来年度は、計算の枠組みを整備し、チャンネルを制限した簡単な場合についての計算に着手することを目標とする。

離散的4体分解断面積の連続化(八尋正信、緒方一介、江上智晃(D3)、松本琢磨[理化学研究所基礎科学特別研究員]、井芹康統[千葉経済短大教授]、上村正康[理化学研究所研究嘱託])

連続化した $B(E1)$ の収束性をチェックし、収束した結果を出す。更に、4体系入射の分解反応に対し、離散化チャンネル結合法を用い解析を行う。得られる離散的なS行列を連続化し5重微分断面積を求め、分解反応断面積や角度相関、エネルギー相関などの実験との比較を行う。

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(D3)[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])

原子核の融合過程は、学術的にも、また応用の観点から見ても、極めて重要な現象である。しかし融合過程を純量子力学的に記述する試みは未だ完成していない。特に、入射原子核の一部が分解し、その一部が標的核と融合する過程、いわゆる不完全融合過程を量子力学的に記述する手法は、非常に簡単なものを除き、全く確立していないと言って良い。本研究は、入射粒子の分解過程を定量的に記述することができる離散化チャンネル結合法によって反応系の波動関数を計算し、上述の不完全融合過程を正しく求める方法を提唱するものである。来年度は、重陽子入射反応に焦点を絞り、1. 重陽子が全て標的核に吸収される過程、2. 重陽子の中の陽子のみが吸収される過程、3.

中性子のみが吸収される過程をそれぞれ計算し、分析を行うことを目標とする。

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 (M2))

スピン偏極量の計算を行うコードを完成させるために、偏極分解能計算において重要な役割を果たすことが知られている、光学ポテンシャルのスピン-軌道結合力部分を計算に組み込む。この数値計算コードを用いて  $(p,2p)$  反応の全ての実験量、すなわち三重微分断面積、偏極分解能および5種類の偏極移行係数の計算を実行する。特に、既存の DWIA 計算では再現することができない、偏極分解能の分析に力点を置き、 $(p,2p)$  反応解析において核内2核子散乱の運動学を正確に取り扱うことの重要性を明らかにする。また、偏極移行係数を含む全てのスピン偏極量を解析し、2核子間有効相互作用のオフシェル要素の寄与を評価する。

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]、G.Benzoni, S.Leoni 他 [ミラノ大学])

理論的分析はかなり進み、あとはミラノグループの最終的な解析待ちであるが、特に、 $^{151}\text{Tb}$  での理論値との不一致の問題を調べるためには、超変形状態から通常変形状態へのトンネル確率の新たな計算が必要になるかもしれない。その場合にはプログラムの改良を行う。

Woods-Saxon ポテンシャルを用いた低励起集団運動の記述 (清水良文、小路拓也 (D2))

本年度の結果により、低スピンから高スピンの低励起集団振動の記述に Woods-Saxon 平均場を用いた理論的方法が大変有効であることがわかったので、その他の実験的に観測されている集団モード、シザーズ運動、プリセッション回転運動、低励起八重極振動にも現在の方法を適用する。乱雑位相近似の方法自身は、低励起振動だけでなく、高励起振動運動である巨大共鳴の記述にも適用可能であり、昨年度は取り組めなかった変形核での巨大共鳴の分析も行ないたい。

準粒子表示のダイソン型ボゾン射影法による中重核の集団状態の記述 (清水良文、安本誠一 [国際医療福祉大学]、高田健次郎 [九州大学名誉教授])

計算プログラムが完成したので、Pd, Cd 領域核の分析を終了し、この研究の結果をまとめる予定である。

原子核基底状態のプロレート変形優勢の起源 (清水良文、田嶋直樹 [福井大学]、高原哲士 [杏林大学])

不安定核にも適用可能な Strutinsky 計算の方法を開発できたので、引き続きこの方法を用いて、広範囲の原子核の変形状態を調べ、本題である、原子核におけるプロレート変形優勢の起源の分析に進む予定である。

不安定核における回転運動 (清水良文、山上雅之 [理化学研究所基礎科学特別研究員])

今年度の分析で得られた有効対相互作用を用いて、変形不安定核での慣性率を調べ、不安定核での対相関が集団的回転運動にどのような影響をもたらすのかの結論を得、それをまとめる。

原子核におけるエキゾチック変形の研究 (清水良文、田上真伍 (M1)、J. Dudek [Strasbourg 大学])

本年度作成した計算プログラムにパリティ射影を組み込み、四面体変形した原子核の回転スペクトルの計算を行い、実験データとの比較を試みる。その後、多くの原子核で重要な対相関を考慮できる計算プログラムを作成し、より広い領域の核で解析を行う。

## 発表論文

### 《 原著論文 》

Effects of a multi-quark interaction on color superconducting phase transition in an extended NJL model:

Kouji Kashiwa, Masayuki Matsuzaki, Hiroaki Kouno and Masanobu Yahiro,  
Phys. Lett. **B657**(2007), 143-147.

Polyakov loop extended NJL model with imaginary chemical potential:

Yuji Sakai, Kouji Kashiwa, Hiroaki Kouno and Masanobu Yahiro,  
Phys. Rev. **D77**(2008), 051901.

Meson loop effect on high density chiral phase transition:

T. Sakaguchi, K. Kashiwa, M. Matsuzaki, H. Kouno and M. Yahiro:  
Central European Journal of Physics, **6(1)** (2008), 116-121.

Quenching of the analyzing power for inclusive quasielastic ( $\vec{p}, p'$ ) scattering,;

K. Ogata, G.C. Hillhouse and B.I.S. van der Ventel,  
Phys. Rev. **C76**, 021602(R) (2006).

Parametrizations of triaxial deformation and E2 transitions of the wobbling band:  
Yoshifumi R. Shimizu, Takuya Shoji, and Masayuki Matsuzaki,  
Physical Review **C77** (2008), 024319.

《 その他の論文 》

核内 2 核子散乱の運動学を考慮した ( $p, 2p$ ) 反応の DWIA 解析:  
角剛典, 緒方一介,  
原子核研究, 52 巻増刊号 4, p55–p58 (2008).

Chiral phase transition and color superconductivity in an extended NJL model with  
higher-order multi-quark interactions,  
K. Kashiwa, H. Kouno, T. Sakaguchi, M. Matsuzaki, M. Yahiro,  
原子核研究, Vol.51 Suppl.1, 2007 年, 35-39.

相転移に対して Nambu–Jona-Lasinio 模型における高次相互作用が及ぼす影響,  
柏浩司, 河野宏明, 松崎昌之, 八尋正信,  
原子核研究, Vol.52 Suppl.4, 2008 年, 59-62.

講演

《 国内での講演 》

( ポスター )

The behavior of the quark propagator near the  $T_c$ :  
Masatoshi Hamada, Hiroaki Kouno, Atsushi Nakamura, Takuya Saito and Masanobu  
Yahiro,  
INPC2007, June 3 – 8, 2007, Tokyo, Japan.

Effects of higher-order multi-quark interactions in NJL model on the chiral and color-  
superconducting phase transition: K. Kashiwa, H. Kouno, M. Matsuzaki, M. Yahiro.  
International nuclear physics conference (INPC2007),

Tokyo International Forum, Tokyo, June 3 – 8, 2007.

The method of CDCC for four-body breakup reactions:

Takuma Matsumoto, T. Egami, K. Ogata, Y. Iseri, M. Kamimura and M. Yahiro,  
The International Nuclear Physics Conference (INPC2007), Tokyo International Fo-  
rum, Tokyo, June 3 – 8, 2007.

A new method of analyzing four-body breakup reaction ( ${}^6\text{He}$ ,  ${}^4\text{He} n n$ ):

T. Egami, T. Matsumoto, K. Ogata, Y. Iseri, M. Kamimura, M. Yahiro,  
The International Nuclear Physics Conference (INPC2007), Tokyo International Fo-  
rum, Tokyo, June 3 – 8, 2007.

Microscopic study of the wobbling and low-lying quadrupole motions(posters):

Takuya Shoji, Yoshifumi R. Shimizu

International Nuclear Physics Conference 2007. 2007年6月3日～6月8日, 東京国際  
フォーラム.

Treatment of continuum states in Woods-Saxon Strutinsky method(posters):

S. Takahara, Y. R. Shimizu, N. Tajima

International Nuclear Physics Conference 2007. 2007年6月3日～6月8日, 東京国際  
フォーラム.

Rotational motion in nuclei with di-neutron superfluidity(posters):

M. Yamagami, Y. R. Shimizu

International Nuclear Physics Conference 2007. 2007年6月3日～6月8日, 東京国際  
フォーラム.

Systematic study of wobbling motion in the Hf, Lu region(posters):

Takuya Shoji, and Yoshifumi R. Shimizu

Nuclear Structure : New Pictures in the extended Isospin Space, 2007年6月11日～6  
月14日, 京都大学.

(口頭)

Effects of higher-order multi-quark interactions in the two-flavor Nambu–Jona–Lasinio  
model,

K. Kashiwa, H. Kouno, M. Matsuzaki, Y. Sakai and M. Yahiro,  
Nagoya Mini-Workshop “Chiral Symmetry in hot and/or dense matter”, 25 June, 2007, Nagoya University.

相転移に対して Nambu–Jona-Lasinio 模型における高次相互作用が及ぼす影響,  
柏浩司, 河野宏明, 松崎昌之, 坂口智彦, 八尋正信,  
原子核三者若手夏の学校, 2007 年 8 月 21 日, パノラマランド木島平.

Nambu–Jona–Lasinio 模型における高次相互作用が相転移に及ぼす影響,  
柏浩司, 河野宏明, 松崎昌之, 八尋正信,  
基研研究会「熱場の量子論とその応用」, 2007 年 9 月 5 日, 京都大学.

Polyakov-loop extended Nambu–Jona–Lasinio 模型におけるベクター型と高次相互作用の効果,  
柏浩司, 河野宏明, 松崎昌之, 境祐二, 八尋正信,  
日本物理学会第 62 回年次大会, 2007 年 9 月 21 日, 北海道大学.

Critical endpoint in the PNJL model,  
柏浩司, 河野宏明, 松崎昌之, 境祐二, 八尋正信,  
原子核・ハドロン物理横断研究会, 2007 年 11 月 21 日, 高エネルギー加速器研究機構.

Polyakov-loop extended Nambu–Jona–Lasinio 模型を用いた QCD 相図の研究,  
柏浩司, 河野宏明, 松崎昌之, 境祐二, 八尋正信,  
第 113 回日本物理学会九州支部例会, 2007 年 12 月 1 日, 大分大学.

Phase structure in the Polyakov-loop extended Nambu–Jona–Lasinio model,  
柏浩司, 河野宏明, 松崎昌之, 八尋正信,  
日本物理学会第 63 回年次大会, 2008 年 3 月 26 日, 近畿大学.

クォークプロパゲータと閉じ込め・非閉じ込めの関係,  
浜田政智, 斎藤卓也, 河野宏明, 中村純, 八尋正信,  
原子核三者若手夏の学校, 2007 年 8 月 21 日, 長野県パノラマランド木島平.

クォークプロパゲータで探る有限温度中におけるクォークの閉じ込めと非閉じ込め,  
浜田政智, 斎藤卓也, 河野宏明, 中村純, 八尋正信,

基研研究会「熱場の量子論とその応用」, 2007年9月7日, 京都大学基礎物理学研究所.

有限温度におけるクォークの質量,

浜田政智, 斎藤卓也, 河野宏明, 中村純, 八尋正信,

日本物理学会第62回年次大会, 2007年9月21日, 北海道大学.

閉じ込め相と非閉じ込め相におけるクォークの違い,

浜田政智, 斎藤卓也, 河野宏明, 中村純, 八尋正信,

日本物理学会第63回年次大会, 2008年3月26日, 近畿大学.

Polyakov-loop extended Nambu–Jona–Lasinio model with imaginary chemical potential,

境祐二, 柏浩司, 河野宏明, 八尋正信,

日本物理学会第63回年次大会, 2008年3月26日, 近畿大学.

The method of CDCC for four-body breakup reactions:

Takuma Matsumoto, T. Egami, K. Ogata, Y. Iseri, M. Kamimura and M. Yahiro,

The 5th international workshop on Direct Reactions with Exotic Beams (DREB2007),  
RIKEN Wako Campus, May 30 – June 2, 2007.

A new procedure of analyzing four-body breakup reaction of the Borromean halo nucleus  ${}^6\text{He}$ :

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

The 5th international workshop on Direct Reactions with Exotic Beams (DREB2007),  
RIKEN Wako Campus, May 30 – June 2, 2007.

Analysis of  $(K^-, K^+)$  inclusive spectrum with semiclassical distorted wave model:

S. Hashimoto, M. Kohno, K. Ogata, and M. Kawai,

Nuclear Physics at J-PARC, Tokai, Ibaraki, June 1st–2nd, 2007.

Full coupled-channel description of three-body and four-body breakup reactions:

Kazuyuki Ogata, T. Matsumoto, T. Egami, K. Ogata, Y. Iseri, M. Kamimura and M. Yahiro,

Invited Talk at the International Nuclear Physics Conference (INPC2007), Tokyo International Forum, Tokyo, June 3 – 8, 2007.

核内 2 核子散乱の運動学を考慮した  $(p,2p)$  反応の DWIA 解析:

角剛典, 緒方一介,

原子核三者若手夏の学校原子核パート研究会, 2007 年 8 月 21 日, パノラマランド木島平

半古典歪曲波模型を用いた重原子核標的における  $(K^-, K^+)$  反応解析:

橋本慎太郎, 河野通郎, 緒方一介, 河合光路,

日本物理学会第 62 回年次大会, 2007 年 9 月 21 日, 北海道大学札幌キャンパス

離散化チャンネル結合法による  ${}^6\text{He}$ ,  ${}^6\text{Li}$  分解反応解析:

松本琢磨, 江上智晃, 緒方一介, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,

日本物理学会第 62 回年次大会, 2007 年 9 月 22 日, 北海道大学札幌キャンパス

不安定核の核力/クーロン分解比の標的核依存性 2:

緒方一介, 松本琢磨, 井芹康統, 八尋正信,

日本物理学会第 62 回年次大会, 2007 年 9 月 22 日, 北海道大学札幌キャンパス

離散化チャンネル結合法に基づく  ${}^6\text{He}$  分解反応断面積の連続化:

江上智晃, 松本琢磨, 緒方一介, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,

日本物理学会第 62 回年次大会, 2007 年 9 月 22 日, 北海道大学札幌キャンパス

不安定核反応・天体核反応の定量的解析の現状と展望:

緒方一介, 松本琢磨, 江上智晃, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,

KEK 主催「原子核・ハドロン物理：横断研究会」, 2007 年 11 月 19 日, KEK

CDCC による  ${}^6\text{He}$  の 4 体分解反応断面積の記述:

江上智晃, 松本琢磨, 緒方一介, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,

第 113 回日本物理学会九州支部会, 2007 年 12 月 2 日, 大分大学

$(p,2p)$  反応における屈折及び有効相互作用のオフシェル行列要素の役割:

角剛典, 緒方一介,

第 113 回日本物理学会九州支部会, 2007 年 12 月 2 日, 大分大学

Scattering of Ni isotopes by proton and deuteron targets to study proton/neutron

distribution:

K. Ogata, Y.R. Shimizu, M. Yahiro,

RIBF mini workshop on Nucleon density distribution and G-matrix method, December 14, 2007, RIKEN Nishina Center

Lippmann-Schwinger 方程式に基づく  ${}^6\text{He}$  の 3 体分解状態の記述:

江上智晃, 松本琢磨, 緒方一介, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,

FR シンポジウム「原子核研究における少数系物理」, 2008 年 3 月 9 日, 九州大学.

$(p,2p)$  反応に対する 2 核子間有効相互作用の off-shell 行列要素の寄与:

角剛典, 緒方一介, 野呂哲夫.

日本物理学会第 63 回年次大会, 2008 年 3 月 23 日, 近畿大学

${}^6\text{He}$  の電気遷移強度分布の平滑化:

江上智晃, 松本琢磨, 緒方一介, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,

日本物理学会第 63 回年次大会, 2008 年 3 月 23 日, 近畿大学

Analysis of deuteron elastic scattering from lithium-6 and 7:

叶涛, 渡辺幸信, 緒方一介,

日本原子力学会 2007 年春の大会, 2007 年 3 月 27 日, 名古屋大学

Analysis of the direct processes in  ${}^{6,7}\text{Li}(d, xn)$  reaction for energies up to 50 MeV:

叶涛, 渡辺幸信, 緒方一介,

日本原子力学会 2008 年春の大会, 2008 年 3 月 26 日, 大阪大学吹田キャンパス

準粒子表示における Dyson boson mapping I:

安本誠一、田崎茂、清水良文、高田健次郎,

日本物理学会第 62 回年次大会、2007 年 9 月 21 日、北海道大学

変形した中性子過剰核における対相関と回転運動:

山上雅之、清水良文、

日本物理学会第 62 回年次大会、2007 年 9 月 22 日、北海道大学

Woods-Saxon Struinsky 法における連続状態の取扱い:

高原哲士、田嶋直樹、清水良文、

日本物理学会第 62 回年次大会、2007 年 9 月 23 日、北海道大学

回転する Woods-Saxon 平均場を用いた四十極振動の解析:

小路拓也, 清水良文,

第 113 回 日本物理学会 九州支部例会, 2007 年 12 月 2 日, 大分大学.

有限レンジ有効核力を用いた Hartree-Fock-Bogoliubov 計算による中重核の不安定核におけるダイニュートロン相関:

鬼塚徹, 清水良文,

第 113 回 日本物理学会 九州支部例会, 2007 年 12 月 2 日, 大分大学.

Di-neutron correlations studied by the finite-range pairing interaction:

T. Onitsuka and Y. R. Shimizu,

理研ミニワークショップ「2 核子相関と不安定原子核」, 2007 年 12 月 25 日-26 日、理化学研究所仁科センター

有限レンジ有効核力を用いた不安定核でのダイニュートロン相関の研究:

鬼塚徹, 清水良文,

日本物理学会第 63 回年次大会、2008 年 3 月 26 日、近畿大学本部キャンパス

中性子スキンの陽子対相関への影響と対相関有効相互作用の拡張:

山上雅之, 清水良文,

日本物理学会第 63 回年次大会、2008 年 3 月 26 日、近畿大学本部キャンパス

Woods-Saxon Struinsky 法における連続状態の取扱い II:

高原哲士, 田嶋直樹, 清水良文,

日本物理学会第 63 回年次大会、2008 年 3 月 26 日、近畿大学本部キャンパス

Continuum and pairing effects for rotational excitations in neutron rich nuclei:

Masayuki Yamagami, Yoshifumi R. Shimizu,

CNS-RIKEN Joint International Symposium on “Frontier of gamma-ray spectroscopy and Perspectives for Nuclear Structure Studies (Gamma08)”, April 3–5, 2008, CNS and RIKEN, Wako, Saitama, Japan.

## 外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

科学研究費補助金、基盤研究 (C)

5次元重力理論によるハドロン物理の新記述

研究代表者：八尋正信

科学研究費補助金、若手研究 (B)

統一的に記述した原子核間相互作用を用いた不安定核反応の系統的解析手法の構築

研究代表者：緒方一介

科学研究費補助金、特定領域研究 (公募研究)

ハイペロン生成過程の動的記述に基づくバリオン間相互作用の決定

研究代表者：緒方一介

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

科学研究費補助金、特別研究員奨励費

研究代表者：江上智晃

新しい核反応論による太陽内部でのホウ素の生成率の決定 (継続)

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)

江上智晃 「新しい核反応論による太陽内部でのホウ素の生成率の決定」学術振興会特別研究員 (DC1)

Eric. D. Johnson (フロリダ州立大学大学院生)

米国 DOE による JUSTIPEN プロジェクトにより短期派遣 (2008年3月3日から14日まで滞在)

受入教員：緒方

## 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。

## 学部4年生卒業研究

【前期】有田 瑞希, 小野 寿哉, 松本 健史, 蓑茂 工将, 山下 芳史, 八木浩輔著「原子核物理学」の輪講, 担当: 緒方

【後期】有田 瑞希, 小野 寿哉, 松本 健史, 蓑茂 工将, 山下 芳史, 「原子核・ハドロン物理学」, 担当: 八尋、清水、緒方

## 修士論文

鬼塚徹: (指導教員、清水良文): 有限レンジの有効核力を用いた HFB 理論による不安定核のダイニュートロン関連の研究

角剛典: (指導教員、緒方一介、八尋正信): 陽子ノックアウト反応におけるオフシェル核内 2 核子散乱の役割

村瀬貴博: (指導教員、八尋正信): Schwinger-Dyson 方程式によるカイラル凝縮の純虚数化学ポテンシャル依存性の研究

## 博士論文

江上智晃: (指導教員、八尋正信): Extension of the Continuum-Discretized Coupled-Channel Method to Three- and Four-Body Breakup Processes Induced by Coulomb Interaction (クーロン相互作用によって起る 3 体及び 4 体分解過程への離散化チャネル結合法の拡張)

橋本慎太郎: (指導教員、八尋正信、緒方一介): Analysis of inclusive ( $K^-$ ,  $K^+$ ) reaction with semi-classical distorted wave model (半古典歪曲波模型を用いた包括的 ( $K^-$ ,  $K^+$ ) 反応の解析)

## 学外での学会活動

八尋正信: 日本物理学会九州支部委員長: 2007 年 8 月 31 日まで

清水良文、緒方一介: 日本物理学会九州支部委員: 2007年8月31日まで

#### その他の活動と成果

八尋正信: 国際会議 (INPC2007) プログラム委員

八尋正信: 国際ワークショップ (DREB2007) 組織委員長

八尋正信: 核理論委員会委員

清水良文: 高エネルギー加速器研究機構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

緒方一介: 国際ワークショップ (DREB2007) 組織委員

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, 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