

# 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 助教授

緒方 一介 助手

### 《 博士研究員 》

長沢 泰輔 (2005年9月まで)

### 《 大学院 博士課程 》

橋本 慎太郎 江上 智晃 島田 誠

### 《 大学院 修士課程 》

小路 拓也 道本 健太 (特別研究学生 [琉球大学]) 柏 浩司 河野 賢治

浜田 政智

### 《 学部 卒業研究生 》

村瀬 貴博 角 剛典 白木 章雄 鬼塚 徹

中尾 陽一

### 《 訪問研究者 》

松崎昌之 (内地研究員 [福岡教育大学教授])

## 担当授業

力学基礎 (清水良文)、電磁気学演習 (緒方一介)、量子力学I (清水良文)、量子力学演習 (清水良文・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)、物理学特別研究I (八尋正信)、物理学特別研究II (八尋正信)、最先端物理学 (八尋正信)

## 研究・教育目標と成果

### 《 今年度の目標 》

超弦理論描像によるハドロンの研究 (八尋正信)

QCDは本質的に非摂動的であり、このことがQCDの理論的解明の大きな障壁となっている。この困難を解決するアイデアとして、本研究ではgauge/gravity対応に注目する。この対応は、ゲージ理論と等価な重力理論が存在するという仮説であり、実際、

$N=4$  の超対称性ゲージ理論と  $AdS_5 \cdot S^5$  (5次元の Anti-de-Sitter と5次元球) 時空をもつ10次元重力理論が等価であることが指摘された。その後、QCDと等価な重力理論の探査が超弦理論を用いて top-down 方式で行われたが、未だ成功していない。そこで、本研究では、QCDと等価な重力理論をハドロンの観測量から現象論的に構築してゆく bottom-up 方式をとる。今年度は、特に有限温度 QCD に注目し、QCD と定性的に等価な性質をもつ重力理論の構成を目指す。

構成子クォーク模型を用いたエキゾチック・ハドロンの研究(八尋正信、島田誠(D1)、道本健太(琉球大 M2))

近年、ペンタクォークと呼ばれる新しいバリオンが測定され、多くの研究者の注目を浴びている。このバリオンは、 $K$  と  $n$  に崩壊するため、 $u, d, u, d, \bar{s}$  のクォーク5体系と考えられている。しかし、そのスピン・パリティはまだ確定されておらず、また、その狭い崩壊幅の起源も明らかではない。更には、ペンタクォーク・バリオン以外にも、クォーク4体系からなると期待されるエキゾチック・メソンの測定も報告されている。このような背景を踏まえて、昨年度に引き続き、今年度もペンタクォーク・バリオンの質量と崩壊巾を理論的に再現できるかを検討する。また、ペンタクォーク・バリオンに用いるハミルトニアンのパラメーターを通常メソン・バリオンの実験値から決定する。

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(内地研究員[福岡教育大学教授])、坂口智彦(博士研究員)、柏浩司(M1)、浜田政智(M1))

QCD 相図の解明は 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。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。今年度は以下の3点を目標とする。まず、格子ゲージ理論によりクォークのプロパゲータを計算し、有効質量を算出し、その温度依存性を調べる。次に、有効理論として Nambu-Jona-Lasinio (NJL) 模型に着目し、このモデルに多体相互作用を加え非線形 NJL 模型に拡張し、カイラル相転移が多体相互作用の影響を調べる。さらに、NJL 模型で相図を導出する際に用いられる平均場近似の妥当性を調べる。

ビッグバン元素合成に基づく実証論的高次元宇宙論(八尋正信)

ビッグバン元素合成は核物理の集大成であり、金字塔である。このビッグバン元素合成は、宇宙背景輻射、タイプ Ia 超新星観測と並んで、宇宙進化を決める重要な観測量である。この三大観測量を用いて、最近話題になっている高次元宇宙論の可能性を検証するのが、本研究の目的である。高次元宇宙論では、4次元の重力定数は距離の関数となる。この距離依存性に観測量から制限を加える。

天体物理学因子  $S_{17}$  の精密決定 (緒方一介、八尋正信、橋本慎太郎、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])

太陽ニュートリノ問題と関連して注目されてきた、太陽内におけるホウ素 ( $^8\text{B}$ ) 生成反応断面積 (天体物理学因子  $S_{17}$ ) の精密決定を目的とする。前年度、我々は、 $^8\text{B}$  の分解反応を用いた  $S_{17}$  の“間接測定”の結果が、 $^8\text{B}$  生成反応  $^7\text{Be}(p, \gamma)^8\text{B}$  の“直接測定”の結果と無矛盾であることを示し、前者が後者を大きく下回るという数年来の問題を解決することに成功した。今年度は、 $^8\text{B}$  の分解反応の解析において、これまで考慮されていなかった  $^8\text{B}$  の内部スピンおよびその基底状態の配意混合を取り入れることにより、より信頼性の高い  $S_{17}$  の値を導出することを目標とする。

連続状態離散化チャネル結合法 (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モデル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。今年度はその第 1 弾として、CDCC 計算に必要なチャネル結合ポテンシャルを計算するためのコードを整備し、公開することを目指す。

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、河野賢治)

現在世界的に精力的な研究が展開されている不安定核物理を推進するにあたって本質的に重要となる、原子核間相互作用 (光学ポテンシャル) の純理論的決定を行う。計算手法としては、メルボルングループによって計算された 2 核子間有効相互作用をベースとした 2 重畳み込みモデルを採用する。今年度は、原子核間相互作用を実際に計算するに先立ち、メルボルンの 2 核子間有効相互作用の正当性を詳細に検証し、またその一方で、不安定核反応の解析における畳み込みモデルの有効性を確認することを研究の目的とする。

非局所型核子光学ポテンシャルの複合粒子散乱への適用 (緒方一介、河合光路 [九州大学名誉教授]、井芹康統 [千葉経済短大教授]、福島義博 [福岡大学教授])

重陽子 ( $p+n$ ) と標的核 ( $A$ ) の間に作用するポテンシャルを畳み込みモデルによって計

算する際、しばしば用いられるのは、 $p$  (または  $n$ ) の入射エネルギーが重陽子のそのの  $1/2$  であるという近似である。この近似のもと、エネルギーに依存する局所ポテンシャルを用いた反応計算による重陽子散乱の解析がこれまで精力的に行われてきた。しかし実際には重陽子中の核子が持つエネルギーには有限の幅があり、その効果は入射エネルギーが低い場合、無視できないと考えられる。そこで本研究では、エネルギーに依存しない非局所型の核子-原子核間ポテンシャルを用いて重陽子散乱を記述することにより、上述の近似の影響を定量的に評価することを目的とする。

陽子準弾性散乱の偏極分解能問題の解決 (緒方一介、G. C. Hillhouse [University of Stellenbosch, South Africa])

準弾性散乱過程は、中間エネルギーにおける陽子非弾性散乱の包括的スペクトルに対して主要な寄与を持つ。この散乱過程を記述するべく、これまで様々な模型が提唱されており、断面積データの再現にはかなりの成功を収めている。しかし、これまでに存在する非相対論的・相対論的模型はいずれも、準弾性散乱に対応する偏極分解能を再現することができない。このことは、スピンに関連する原子核物理の未解決問題のひとつとして残されていた。本研究では、核子の準弾性散乱を正確に記述する半古典歪曲波模型を用いて反応解析を行うことにより、この問題の解決を図る。

4体離散化チャネル結合法によるクーロン分解反応の解析 (八尋正信、緒方一介、江上智晃、松本琢磨 [理化学研究所博士研究員]、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])

現在盛んに研究されている不安定核の多くは、コアとなる原子核と、そのまわりに弱く束縛されたふたつの中性子という、3つの粒子から成り立っている。一般に不安定核の寿命は非常に短いため、その性質は、研究の対象となる不安定核をビームとして標的核に照射し、そこで起こる動的な反応の様子を探ることによって調べられている。従って、3体系を成す不安定核の性質を知るためには、標的核を含めた4体系の反応を正確に記述しなければならない。我々は、不安定核の分解チャネルを陽に取り扱いつつ4体系の動的反応過程を記述する、4体離散化チャネル結合法を用いて不安定核の反応解析を進めている。今年度はクーロン障壁近傍における  ${}^6\text{He}+{}^{209}\text{Bi}$  散乱を研究対象とし、従来の反応模型では全反応断面積を大幅に過大評価するという問題の解決を試みる。

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、河合光路 [九州大学名誉教授]、渡辺幸信 [九州大学総合理工学研究院助教授]、河野通郎 [九州歯科大学教授])

ハイペロンが原子核から受ける一体場ポテンシャルは、フレーバー SU(3) 対称性を基にしたバリオン-バリオン間相互作用を理解する上で重要な鍵を握っている。この一体場ポテンシャルは、 $\pi$  や  $K$  といった中間子を原子核に入射するハイパー核生成反応実験を解析することから求められている。しかしこれまで反応解析に用いられてきたモデルは、運動学の取り扱いが極めて粗雑であり、ハイペロンの生成過程を正確に記述しているとは言い難い。この状況を改善するべく、半古典歪曲波モデル (SCDW) を用いたハイペロン生成反応の解析が本研究グループによって展開されている。今年度は  $\Xi^-$  生成反応  $^{12}\text{C}(K^-, K^+)$  の解析を行い、 $\Xi^-$ -原子核間相互作用の決定を試みる。

超変形回転バンドの崩壊現象 (清水良文、C. J. Chiara [Washington University, USA] 他)

超変形回転バンドは原子核の巨大変形極限状態であり、大きな慣性能率によって高速回転状態ではエネルギー的に有利になり、最近ではいろいろな核子数の領域で観測されている。超変形状態は変形閉殻に対応しそれ自身興味深い状態であるが、その崩壊現象は大きな変形状態から小さな変形状態への転移現象としてより一層興味深い。我々は以前に量子トンネル現象の考え方を用いてこの超変形状態の崩壊現象を取り扱うモデルを提案し、典型的な  $A \approx 150$  領域及び  $A \approx 190$  領域の超変形回転バンドを分析したが、最近になって  $A \approx 80$  領域の超変形回転バンドでも崩壊のガンマ線が観測された。この実験を行なった実験家からの要望もあり、 $A \approx 80$  領域での崩壊現象を調べる。

非軸対称超変形核のウォブリング回転運動 (清水良文、小路拓也 (M2)、松崎昌之 [内地研究員・福岡教育大教授]、松柳研一 [京都大学助教授])

原子核の基底状態近傍ではほとんどの場合軸対称な変形が実現されているが、高速回転している原子核の状態では大きな非軸対称性をもつ変形状態が実現される場合があると考えられている。最近、そのような非軸対称超変形回転状態と予想されている Hf, Lu 領域の回転バンドにおいて、非軸対称変形した剛体に特有の回転運動であるウォブリング回転運動 (首振り回転運動) と解釈できる集団的励起状態が観測され、非軸対称変形した原子核の構造の研究が進められている。昨年度に引き続き、このウォブリング集団運動を微視的立場から理解する試みを行なう。

ガウス基底関数展開法の平均場計算への応用 (清水良文)

最近の不安定核の研究から、中性子数と陽子数が大きく異なった原子核においては、安定核で確立している魔法の数でさえも変化することがわかってきた。この魔法の数の変化は平均場中の核子の独立粒子軌道の変化によるものであり、中性子ハローのような不安定核に特有の密度分布の広がる効果や、陽子と中性子の間に働く有効相互作用の効果と考えられている。これら両方の効果を考慮して、自己無撞着な平均場を計

算することは最も基本的なことである。この数年、我々は少数核子系や核反応でその有用性が確かめられているガウス基底関数展開法を応用することによって、不安定核の特徴を生かした平均場計算の方法を開発中であり、本年度も引続き開発を進める。

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])

原子核の基底状態の変形は軸対称でほとんどプロレート型 (レモン型) であり、オブレート型 (ミカン型) の変形を持つ核は非常に少ない。調和振動子ポテンシャルや単一  $j$ -模型ではプロレート型とオブレート型は同じ確率で現れ、この現実の原子核におけるプロレート変形優勢がどのようなメカニズムで起こるかを研究することは興味深い。田嶋氏は以前に Nilsson ポテンシャルを用い、単純な調和振動子からのずれを表す、 $ls$ -項、 $l^2$ -項および対相関のパラメータを物理的な値から変化させることによって調べたが、本研究ではより現実的な平均場ポテンシャルである Woods-Saxon ポテンシャルを用い、ポテンシャルの形とプロレート変形優勢との関係をより系統的に調べるのが目標である。

《 今年度の成果 》

超弦理論描像によるハドロンの研究 (八尋正信)

・meson を記述するラグランジアンとして 5 次元の chiral-Lagrangian を仮定し、有限温度系にするために 5 次元重力として AdS-Schwarzschild 解を採用した。このモデルで、閉じ込め相から非閉じ込め相への相転移を記述できることを示した。そして、meson の質量や崩壊巾の温度依存性を調べ、格子 QCD の結果を定性的に再現することを確認した。本研究を論文としてまとめた。(八尋正信、丸 (理研)、橘 (佐賀大)、郷六 (福岡工大))

・有限温度系の非可換ゲージ場に対応する重力理論を構成した。この理論は running 結合定数、非閉じ込め相、などの QCD の高温相と同じ性質をもつ。この理論を用いて、有限温度におけるメソン、バリオンの性質を調べた。論文としてまとめた。(八尋正信、植草 (学振研究員)、坂口 (学振研究員)、郷六 (福岡工大))

構成子クォーク模型を用いたエギゾチック・ハドロンの研究 (八尋正信、島田誠 (D1)、道本健太 (琉球大 M2))

・クォーク 5 体系の束縛状態と散乱状態を、九大グループによって開発・発展されてきた「ガウス展開法」と「チャネル結合変分法」を用いて求めた。この共鳴状態の導出は格子ゲージ理論では困難なため、本方法の大きな利点となっている。結果として、

実験から期待される程度の質量をもつ共鳴状態は理論的には見つからなかった。しかし、代わりに、実験値より 500MeV 程度大きな質量をもち、狭い崩壊幅をもつ共鳴状態が見つかった。本研究を論文としてまとめた。(八尋正信、肥山(奈良女子大)、上村(理研)、土岐(核物理研究センター)、保坂(核物理研究センター))

・上記の解析の信頼性を見る上で、通常メソンやバリオンの物理量が上で用いられた相互作用で系統的に再現されることを明確する必要がある。このため、汎用コードを作成して、この点を検討した(担当: 島田)。また、相互作用のパラメーターのフレバー依存性の検討を行った。(担当: 道本、氏は特別研究学生として一年間九大に在籍し、本課題で琉球大学大学院修士号を取得した。)

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(内地研究員[福岡教育大学教授])、坂口智彦(博士研究員)、柏浩司(M1)、浜田政智(M1))

・第一原理計算である格子 QCD の数値シミュレーションは有限温度では可能だが、有限密度では符号問題が生じるためほぼ不可能とされている。このような理由から有限密度ではモデル計算を行う。その際に使用するパラメータを格子 QCD の数値シミュレーションを用いて決定する。そのために、基本量であるクォーク・プロパゲータの有限温度での性質を、格子計算で行った。そして、相転移が起こる前後で顕著な違いが出ることを確認した。その結果を研究会で報告した。(担当: 浜田)

・これまでのカイラル相転移の研究では、4 体フェルミ相互作用を取り入れた Nambu-Jona-Lasinio (NJL) 模型が用いられてきた。しかし、NJL 模型の相互作用を 4 体相互作用のみで構成して良いかは自明ではない。そこで、多体相互作用を取り入れた非線形 NJL 模型を用いて、カイラル相転移が多体相互作用によってどのような影響を受けるかを調べた。8 体相互作用までを取り入れた計算では、非線形項がカイラル相転移に無視できない影響を与えることがわかった。以上の結果は研究会で発表した。(担当: 柏)

・有効理論で相図を導出する際によく用いられるのが平均場近似である。この近似の妥当性を調べるために、 $1/N$  展開を用いて、補正項の計算を行った。その結果、無視できない補正がありことが判明した。以上の結果は研究会で発表した。また、論文にまとめる予定である。(担当: 坂口)

ビッグバン元素合成に基づく実証論的高次元宇宙論(八尋正信)

・4次元の重力定数の距離依存性を観測量から制限を加えた。太陽系より大きな距離では、重力定数は 50%ほどずれていても、観測と矛盾しないことを明らかにした。論文としてまとめた。(八尋、梅津(国立天文台 D2)、市来(シカゴ大・学振研究員))

・brane 宇宙論において、5次元時空から 4次元 brane(我々の宇宙)に物質が入って

くることによって加速膨張が実現しているという仮説が、観測と矛盾していないことを示した。これを論文にまとめた。(八尋、梅津(国立天文台 D2)、市来(シカゴ大・学振研究員)、梶野(国立天文台)、G.J. Mathews(ノートルダム大))

天体物理学因子  $S_{17}$  の精密決定(緒方一介、八尋正信、橋本慎太郎、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])

理化学研究所で測定された  $^8\text{B}$  分解反応の実験データを、 $^8\text{B}$  の内部スピンおよびその基底状態の配意混合を取り入れた CDCC 計算を用いて解析することにより、 $S_{17}$  の値を確定した。この一連の研究成果はミシガン州立大学・東京大学・理化学研究所で開催された3つの国際ワークショップにおいて報告され、また Physical Review C に掲載された。本研究は緒方助手を中心に推進された。

連続状態離散化チャネル結合法(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])

CDCC 計算を行う際に必要となるチャネル結合ポテンシャルを計算するプログラム、「CDCC 核ポテンシャルの算出」を整備し、九州大学情報基盤センターライブラリに登録・公開した。本研究は井芹氏を中心に展開された。

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、河野賢治)

メルボルンの 2 核子間有効相互作用を用いた歪曲波インパルス近似計算を行い、これまで困難とされてきたスピン偏極量の実験データの再現に成功した(下記「陽子準弾性散乱の偏極分解能問題の解決」を参照)。また、 $^8\text{B}$  分解反応の解析において、実験情報が存在しない  $^7\text{Be}$ - $^{208}\text{Pb}$  散乱を記述する光学ポテンシャルを畳み込み模型を用いて理論的に構築することにより、解析に付随する理論的な誤差を排除することに成功し、不安定核反応に対する畳み込み模型の有効性を確認した。本研究は緒方助手を中心に推進された。

非局所型核子光学ポテンシャルの複合粒子散乱への適用(緒方一介、河合光路[九州大学名誉教授]、井芹康統[千葉経済短大教授]、福嶋義博[福岡大学教授])

重陽子 ( $p+n$ ) と鉛の弾性散乱断面積および偏極分解能を、エネルギー非依存・非局所型の核子光学ポテンシャルを用いて計算した。重陽子は束縛エネルギーが小さく、反応の途中で容易に(仮想的に)分解するため、本来は離散化チャネル結合法による計算が必要であるが、今年度は研究の第1段階として、分解チャネルを無視した計算を行っ

た。エネルギー依存・局所型ポテンシャルを用い、やはり同様に分解チャンネルを無視して計算された従来の計算結果と比較したところ、断面積・偏極分解能いずれについても、有意の違いが見られることが明らかになった。本研究は井芹氏を中心に展開された。

陽子準弾性散乱の偏極分解能問題の解決 (緒方一介、G. C. Hillhouse [University of Stellenbosch, South Africa])

半古典歪曲波模型を用いて 290 MeV 入射  $^{208}\text{Pb}(p, p'x)$  反応の計算を行い、偏極分解能の実験データをほぼ再現することに初めて成功した。また、これまで中間エネルギー領域では歪曲ポテンシャルの影響が小さいと信じられてきたが、実験値を再現するためには、原子核による入射流束の吸収の効果だけでなく、屈折の効果も正しく取り入れる必要があることを明らかにした。本研究は緒方助手を中心として推進された。現在学術雑誌への論文投稿を準備中である。

4 体離散化チャンネル結合法によるクーロン分解反応の解析 (八尋正信、緒方一介、江上智晃、松本琢磨 [理化学研究所博士研究員]、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])

4 体離散化チャンネル結合法を用いた理論計算により、クーロン障壁近傍において測定された  $^6\text{He}+^{209}\text{Bi}$  反応の弾性散乱断面積及び全反応断面積をほぼ再現することに成功した。また、これまで頻繁に用いられてきた  $^6\text{He}$  を  $^4\text{He}+2n$  によって記述する単純なモデルでは  $^6\text{He}$  の反応過程を正しく取り扱えないことを定量的に示し、その理由を明らかにした。松本氏・江上氏を中心に展開された本研究の成果は、ミシガン州立大学及び理化学研究所で開催されたふたつの国際ワークショップにおいて報告され、Physical Review C のレター論文として受理された。また本研究に関連し、 $^6\text{He}$  の基底状態および励起状態 (擬状態) において  $^4\text{He}$  とふたつの中性子がどのように分布しているかについても計算を行い、予備的な結果を得た。

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、河合光路 [九州大学名誉教授]、渡辺幸信 [九州大学総合理工学研究院助教授]、河野通郎 [九州歯科大学教授])

$\Xi^-$  生成反応  $^{12}\text{C}(K^-, K^+)$  の解析を行うにあたって必要となる、 $K$  中間子と  $^{12}\text{C}$  原子核の間の光学ポテンシャルについて分析を行った。その結果、 $K$  の全断面積の実験データと整合するパラメータを見出すことに成功し、光学ポテンシャルの不定性を排除した。その上で、 $\Xi^-$  生成反応断面積は  $K^+$  の放出角度に強く依存することを明らかにした。これは、実験グループがこれまで認識していなかった事実であり、今後の実

験計画にも影響を及ぼし得る重要な結果であると考えられる。本研究は橋本氏を中心として推進された。現在、学術誌への論文投稿を準備中である。

核物質および中性子星の内部構造 (松崎昌之 (内地研究員 [福岡教育大学教授]))

・低密度核物質の形態

中性子星内殻や超新星爆発の際に、核物質は飽和密度以下の低密度においてパスタ相と呼ばれる種々の形態をとると考えられている。このパスタ相に対する QMD シミュレーションで発見された”中間相”が、数学的には高分子ブロック共重合体におけるものと同様の平均曲率一定曲面として記述できることを提案し、論文としてまとめた。

・核物質における超流動

核物質における超流動性は中性子星の構造・進化から有限原子核の構造までを規定する性質であるがその起源の多体論的理解はまだ十分ではない。本研究では、対称核物質における気相・液相相転移に注目し、それによる対ギャップへの媒質偏極効果を相対論的模型で調べ、論文としてまとめた。

超変形回転バンドの崩壊現象 (清水良文、C. J. Chiara [Washington University, USA] 他)

超変形回転バンドはいくつかの原子核領域で観測されているが、典型的な  $A \approx 150$  領域核とはいくつか異なった特徴がある。今年度は  $A \approx 80$  領域、特に  $^{84}\text{Zr}$  核の崩壊現象を理論的に分析し、 $A \approx 150$  領域核との比較検討を行なった。 $^{84}\text{Zr}$  核の超変形状態はその変形の大きさや崩壊のガンマ線強度の変化の様子も比較的  $A \approx 150$  領域の場合に似ているので、崩壊現象のメカニズムも類似性があるのではないかと考えられた。しかしながら、実際に変形ポテンシャル面を Nilsson ポテンシャルを用いて評価してみると、超変形状態に対応する極小点と通常変形状態の極小点を隔てるポテンシャル障壁が非常に小さいことがわかった。従って、ポテンシャル障壁が高くトンネル効果によって崩壊すると考えられる  $A \approx 150$  領域や  $A \approx 190$  領域の超変形回転バンドとは違って、 $A \approx 80$  領域の  $^{84}\text{Zr}$  核の超変形状態の場合はポテンシャル障壁が小さいために、低スピンの非イラスト状態になるとすぐに通常変形状態に混合を起こし崩壊してしまう。この時の混合幅を実験データから評価し、他の領域と比較して議論を行なった。なお、この結果については速報として Rapid Communication にまとめ発表した。

High  $K$ -アイソマー状態の崩壊現象 (清水良文、P. Chawdhury [University of Massachusetts Lowell, USA] 他)

通常の原子核は軸対称プロレート変形しており、対称軸に垂直な軸の回りに集団的な回転運動を行なう。これとは別に、中重希土類原子核の中でもより重い、Hf, W 核の領域では、対称軸方向に核子がスピン整列して大きな角運動量を持ち、長寿命の  $K$ -

アイソマーと呼ばれる状態が現れる。集団的回転運動を行なう基底状態回転状態では対称軸方向に角運動量を持たないので、軸対称性が良い場合には、 $K$ -アイソマー状態の基底状態回転状態への遷移は抑制される ( $K$ -選択則)。しかしながら、近年この選択則を破る多く例が報告されており、我々は以前に四重極集団運動に関する量子トンネル現象を用いた「非軸対称方向へのトンネル模型」を提唱し、系統的計算によりこの  $K$ -選択則の破れを説明した。この領域の原子核の一つである  $^{174}\text{W}$  の  $12^+$  アイソマーに対しても以前の我々の計算では大きな  $K$ -選択則の破れを予言していたが、今回この原子核に対する実験データが報告され、予言に比べて遷移確率が 3 桁以上大きいことがわかり、我々の模型と明確に矛盾する初めてのデータとなった。その原因については今のところ不明であるが、この結果は論文として発表された。

非軸対称超変形核のウォブリング回転運動 (清水良文、小路拓也 (M2)、松崎昌之 [内地研究員・福岡教育大教授]、松柳研一 [京都大学])

ウォブリング運動の研究は、原子核が剛体のように 3 次元的回転運動を行なうのかという基本的な問題と係わっており、微視的立場からの研究が重要である。我々はこれまでの研究で、クランクした平均場を出発点に乱雑位相近似 (RPA) を行なうことにより、集団的モードとしてウォブリング運動が発生することを明らかにしてきたが、一番の問題点はウォブリング回転バンドからの遷移確率が、剛体模型 ( $\approx$  実験値) に比べて  $1/2$  以下になってしまうことであった。この問題は、実験で観測されている Lu 原子核の場合のように大きな変形度を持つ時には、平均場中の非軸対称パラメータと本来の四重極モーメントの非軸対称性が大きくずれることから来ており、この効果を正しく取り扱うことによって解決できることがわかったのは本年度の大きな成果である。これによって、RPA 計算が剛体模型の結果を再現することが示され、微視的立場から剛体模型的なウォブリング運動の発現が基礎付けられたと考えられる。

以上の結果は平均場として Nilsson ポテンシャルを用いたものであったが、このポテンシャルは非物理的な速度依存項が含まれており、集団的回転運動を定量的に議論するには問題がある可能性があった。本年度はこの欠点を克服するために、Woods-Saxon ポテンシャルを用いて分析をやり直し、微視的 RPA 計算によって剛体模型的なウォブリング運動が基礎付けられるという主要な結果は変更を受けないことを確認した。このことはより定量的な分析を行なう上で重要であり論文としてまとめる予定である (小路氏の修士論文)。

ガウス基底関数展開法の平均場計算への応用 (清水良文)

我々の目指すガウス基底関数展開法の第一の特徴は、低密度で広がった核子の分布を精度良く追えることである。座標表示で平均場方程式を解く方法も同じ利点がある

が、実際に行なわれているのは Skyrme 力のようなゼロレンジ力を用いた時のみである。これに対し我々の方法ではより現実的とされている Gogny 力のような有限レンジの有効核力を用いることができる。これまで、球対称な場合の Hartree-Fock(HF) 方程式を解く部分は開発が済み、Gogny 力及び Skyrme 力の場合に非常に重い核を含め不安定核の基底状態を精度良く計算できるようになった。今年度は対相関を考慮した Hartree-Fock-Bogoliubov(HFB) 方程式を解く部分の開発に着手した。ガウス基底の非直交性を考慮しても全く同様に HFB 方程式を導け、HF 方程式と同様に解くことができることを確認し、実際に HFB 方程式を解くプログラムの開発の準備ができた。

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])

プロレート変形優勢の起源を調べるためには、原子核の基底状態の変形を数多くの原子核について計算しなければならない。本研究では、陽子ドリップ線と中性子ドリップ線の間のおおよそ核約 1800 個について Strutinsky 計算を行ない、どれだけの原子核で球形、プロレート変形、オブレート変形するかを調べる。以前の研究では Nilsson ポテンシャルを用いており、軸対称を仮定するので計算時間は比較的少なくて済むが、Woods-Saxon ポテンシャルを用いる本研究では 10 倍以上の計算時間が必要となる。また、本研究では現実の原子核に対応する物理的なパラメータ領域だけでなく、それから大きく離れた仮想的な場合も計算するので、通常行なわれている場合と同じ精度で正しく計算できているかを詳しくチェックする必要がある。さらに、Woods-Saxon ポテンシャルではドリップ線に近付くと連続状態の効果が無視できなくなるので、この点も考慮する必要がある。今年度はこれらのチェックを主に行ない、最終的な計算へ向けて準備した。なおこの研究は田嶋氏を中心に行なわれている。

《 来年度の目標 》

超弦理論描像によるハドロンの研究 (八尋正信)

来年度は、有限温度・有限密度 QCD を表現できる重力理論の構成を目指す。

構成子クォーク模型を用いたエギゾチック・ハドロンの研究 (八尋正信、島田誠 (D1))

来年度は、クォーク 4 体系からなると予想されている X 粒子の検討を行う予定である。

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、柏浩司 (M1)、浜田政智 (M1))

来年度は、引き続き、格子ゲージ理論を用いて有限温度でのクォーク・プロパゲータの性質を調べる。このとき、Wilson fermion から Clover fermion に精度を上げ、論文発表できる内容に向上させる予定である。また、非線形 NJL 模型を用いて、相転移に対する非線形効果を詳細に調べ、論文発表できる内容に向上させる予定である。

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])

井芹氏を中心として、チャンネル結合方程式を散乱の境界条件の下で解く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・公開することを目標とする。

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、河野賢治)

メルボルの 2 核子間有効相互作用を用いて実際に畳み込みポテンシャルを計算し、核子-核の弾性散乱解析に適用して、その有効性を検証する。さらに、このポテンシャルを組み込んだ離散化チャンネル結合法計算を行い、不安定核の分解反応を純理論的に記述することを試みる。本研究は河野氏が中心となって推進する。

非局所型核子光学ポテンシャルの複合粒子散乱への適用 (緒方一介、河合光路 [九州大学名誉教授]、井芹康統 [千葉経済短大教授]、福島義博 [福岡大学教授])

重陽子の分解チャンネルを組み込んだ計算を行い、エネルギー非依存・非局所型の核子光学ポテンシャルを用いた計算結果を  $d+^{208}\text{Pb}$  の弾性散乱データと比較し、これまで無視されてきた重陽子中の核子が持つエネルギーの拡がり反応の物理量に及ぼす影響を明らかにする。本研究は井芹氏が中心となって推進する。

陽子準弾性散乱の偏極分解能問題の解決 (緒方一介、G. C. Hillhouse [University of Stellenbosch, South Africa])

今年度得られた成果を論文に纏め、発表する。

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、松本琢磨 [理化学研究所博士研究員]、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])

4 体離散化チャンネル結合法計算の結果得られる分解反応断面積は、入射粒子の“離散化された連続状態”へと遷移する断面積となる。これを実際の観測量と結びつけるためには、この離散的な断面積を連続化する手続きが必要である。本研究では複素スケールリング法を用いてこの手続きを行い、実験データと直接比較できる物理量の計算を試

みる。

4 体分解反応断面積の定式化と計算コードの整備 (緒方一介、八尋正信、江上智晃、松本琢磨 [理化学研究所博士研究員]、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])

3 体系をなす不安定核が標的核によって分解される反応では、分解後の 3 粒子の全てが同時に測定される。この反応の運動学は、2 体系をなす不安定核を入射する場合と比べて極めて複雑であり、断面積の計算もまた同様である。本研究ではこの複雑な運動学を取り扱い、実際に分解断面積を計算するコードの作成を行う。

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、河合光路 [九州大学名誉教授]、渡辺幸信 [九州大学総合理工学研究院助教授]、河野通郎 [九州歯科大学教授])

今年度得られた成果を論文に纏め、発表する。また、多段階過程の中で最も寄与が大きいと期待される、 $K^-$  が非弾性散乱を起こした後にハイペロンが生成される過程の寄与を定量的に評価する。

超変形回転バンドの崩壊現象 (清水良文)

$A \approx 80$  領域での超変形回転バンドの分析について、本年度ある程度系統的に行なったが、超変形状態と通常変形状態を隔てるポテンシャル障壁が小さいという結果はほぼこの領域に共通である。この結果は Nilsson ポテンシャルを用いた Strutinsky 計算によるものだが、予備的な計算によると、Woods-Saxon ポテンシャルと用いた場合でポテンシャル障壁の高さがかなり異なる場合があることがわかっている。本年度の研究結果を定量的に確かめるために、Woods-Saxon ポテンシャルを用いた Strutinsky 計算を遂行したいと考えている。これが実現されると超変形回転バンドだけでなく、高速回転する原子核の変形の様子をより一般的に調べることが可能となる。

非軸対称超変形核のウォブリング回転運動 (清水良文、小路拓也 (M2)、松崎昌之 [内地研究員・福岡教育大教授]、松柳研一 [京都大学])

本年度得られた結果は重要なものであり、さらに計算を進めて結論を明確にし論文にまとめる予定である。さらに、Woods-Saxon ポテンシャルを用いた Strutinsky 計算が可能になれば、今のところパラメータとしている変形度を selfconsistent に決定した計算ができるので、これを最終的な結果としてまとめることが目標である。

ガウス基底関数展開法の平均場計算への応用 (清水良文)

来年度はまず、対相関を考慮に入れる計算プログラムの拡張を行ないたい。さらに、余裕があればガウス基底関数展開法を用いた変形核の計算にも着手したい。ガウス展開法を空間的に変形した平均場を計算するために応用した例は未だ無い。

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])

本年度の準備的研究で、本来の目的であるプロレート変形優勢の起源を Woods-Saxon ポテンシャルを用いて計算する準備はほぼできており、来年度は計画している計算を実行する。また、ドリップ近傍の不安定核では核表面のぼやけが大きくなり、 $l_s$ -力の効果が弱まると考えられている。我々の研究では Woods-Saxon ポテンシャルの diffuseness パラメータを変化させると同時に  $l_s$ -力のパラメータも変化させて、一粒子準位を調べるので、このような不安定核の物理の研究にも資するものと考えている。この方向の研究を進める予定である。

## 発表論文

### 《 原著論文 》

Flavor Quark at High Temperature from a Holographic Model:

K. Ghoroku, T. Sakaguchi, N. Uekusa and M. Yahiro,  
Phys. Rev. **D71** (2005), 106002.

Cosmological Constraints on Newton's Constant:

K. Umezu, K. Ichiki and M. Yahiro,  
Phys. Rev. **D72** (2005), 044010.

Holographic model for hadrons in deformed AdS<sub>5</sub> background:

K. Ghoroku, N. Maru, M. Tachibana and M. Yahiro,  
Phys. Lett. **B633** (2006), 602-606.

Five-body calculation of resonance and scattering states of pentaquark system:

E. Hiyama, M. Kamimura, A. Hosaka, H. Toki and M. Yahiro,  
Phys. Lett. **B633** (2006), 237-244.

Determination of  $S_{17}$  from  ${}^8\text{B}$  breakup by means of the method of continuum-discretized

coupled-channels:

K. Ogata, S. Hashimoto, Y. Iseri, M. Kamimura and M. Yahiro,  
Phys. Rev. **C73** (2006), 024605.

Observational constraints on accelerating brane cosmology with exchange between the bulk and brane:

K. Umezu, K. Ichiki, T. Kajino, G.J. Mathews, R. Nakamura and M. Yahiro,  
Phys. Rev. **D73** (2006), 063527.

Magnetic Properties of Precession Modes Built on High- $K$  Multi-quasiparticle States in  $^{178}\text{W}$ :

M. Matsuzaki and Y. R. Shimizu,  
Prog. Theor. Phys **114** (2005), 281.

High- $K$  Precession modes: Axially symmetric limit of wobbling motion in the cranked-RPA description:

Y. R. Shimizu, M. Matsuzaki, and K. Matsuyanagi,  
Phys. Rev. **C72** (2005), 014306.

Decay-out properties of a linked superdeformed band in  $^{84}\text{Zr}$ :

C. J. Chiara, D. G. Sarantites, M. Montero, J. O'Brien, W. Reviol, O. L. Pechenaya, R. M. Clark, P. Fallon, A. Gørgen, A. O. Macchiavelli, D. Ward, Y. R. Shimizu, and W. Satula,  
Phys. Rev. **C73** (2006), 021301(R).

High- $K$  Isomers and Rotational Structures in  $^{174}\text{W}$ :

S. K. Tandel, P. Chawdhury, E. H. Seabury, I. Ahmad, M. P. Carpenter, S. M. Fischer, R. V. F. Janssens, T. L. Khoo, T. Lauritsen, C. J. Lister, D. Seweryniak, and Y. R. Shimizu,  
Phys. Rev. **C73** (2006), 044306.

⟨⟨Proceedings⟩⟩

Five-body calculation of resonance and continuum states of pentaquark baryons with quark-quark correlations:

E. Hiyama, M. Kamimura, M. Yahiro, A. Hosaka and H. Toki,

Prepared for 10th International Conference on Structure of Baryons (Baryons 2004), Palaiseau, France, 25-29 Oct 2004. Published in Nucl.Phys.A755:411-414, 2005.

Continuum-discretized coupled-channels method for four-body breakup reactions:  
M. Kamimura, T. Matsumoto, E. Hiyama, K. Ogata, Y. Iseri and M. Yahiro,  
Talk given at 2nd Workshop on Reaction Mechanisms for Rare Isotope Beams, East Lansing, Michigan, 9-12 Mar 2005. Published in AIP Conf.Proc.791:174-184,2005.

Auxiliary field meson model at finite temperature and density:  
H. Kouno, T. Sakaguchi, K. Kashiwa, M. Hamada, H. Tokudome, M. Matsuzaki and M. Yahiro,  
The proceedings of YITP Workshop on Thermal Quantum Field Theories and Their Applications, Kyoto, Japan, 24-26 Aug 2005.

《 その他の論文 》

クーロンバリア近傍における  ${}^6\text{He}+{}^{209}\text{Bi}$  散乱の解析: 江上智晃, 松本琢磨, 緒方一介, 肥山詠美子, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信: 原子核研究 vol. 50, No. 3, 2005, p103.

半古典歪曲波模型によるハイペロン生成反応の記述: 橋本 慎太郎:原子核研究 Vol. 50, No. 3, 2005, p. 71.

講演

《 海外での講演 》

Determination of  $S_{17}$  from  ${}^8\text{B}$  breakup by means of the method of continuum-discretized coupled channels:

K. Ogata, S. Hashimoto, Y. Iseri, M. Kamimura, and M. Yahiro,  
the International Workshop “Direct Reactions with Exotic Beams (DREB05)”, Michigan State University, 22–25 June 2005.

Four-body CDCC analysis of  ${}^6\text{He}+{}^{209}\text{Bi}$  scattering near Coulomb barrier energies:  
T. Egami, T. Matsumoto, K. Ogata, E. Hiyama, Y. Iseri, M. Kamimura, M. Yahiro,  
the International Workshop “Direct Reactions with Exotic Beams (DREB05)”, Michigan State University, 22–25 June 2005.

Nucleon Motion Effects on Hyperon Production Reactions:

S. Hashimoto, M. Kohno, K. Ogata, Y. Watanabe, M. Kawai,

The 2005 2nd Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the APS and the JPS,  
Ritz-Carlton Kapalua Maui Hawaii, 21 September 2005.

Precession Mode on High-K Configurations: Non-Collective Axially-Symmetric Limit  
of Wobbling Motion:

Y. R. Shimizu, M. Matsuzaki and K. Matsuyanagi,

Proceedings of conference on *Finite Fermionic Systems — Nilsson Model 50 years*,  
Lund, Sweden, June 14-18, 2005.

《 国内での講演 》

ウィルソン・フェルミオンによるクォーク・プロパゲータの格子 QCD 計算:

浜田 政智、中村 純、斎藤 卓也、八尋 正信

第 111 回日本物理学会九州支部会、熊本大学、2005 年 12 月 10 日

有限温度におけるクォーク・プロパゲータの格子 QCD 計算:

浜田 政智、中村 純、斎藤 卓也、八尋 正信

KEK 研究会『QCD とハドロン物理の新展開』、高エネルギー加速器研究機構、2006 年  
2 月 27 日 ~ 3 月 1 日

Quark propagators at finite temperature by lattice QCD:

浜田 政智、中村 純、斎藤 卓也、八尋 正信

日本物理学会第 61 回年次大会、愛媛大学・松山大学、2006 年 3 月 27 ~ 30 日

非線形 NJL 模型を用いた QCD 相図の研究:

柏 浩司、河野 宏明、松崎 昌之、坂口 智彦、八尋 正信

第 111 回日本物理学会九州支部例会、熊本大学、2005 年 12 月 10 日

非線形 NJL 模型を用いたカイラル相転移の研究:

柏 浩司、河野 宏明、松崎 昌之、坂口 智彦、八尋 正信

日本物理学会第 61 回年次大会、愛媛大学・松山大学、2006 年 3 月 27 日

Determination of  $S_{17}$  from  ${}^8\text{B}$  breakup with CDCC and the ANC method:

K. Ogata, S. Hashimoto, Y. Iseri, M. Kamimura, and M. Yahiro,

RIKEN one-day workshop on breakup reactions, RIKEN, 15 April, 2005.

Determination of  $S_{17}$  from  $^8\text{B}$  breakup by means of the method of continuum-discretized coupled channels:

K. Ogata, S. Hashimoto, Y. Iseri, M. Kamimura, and M. Yahiro,

The International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies (OMEG05), November 8–11, 2005, Koshiba Hall, University of Tokyo, Tokyo, Japan.

$^8\text{B}$  分解反応の CDCC 解析に基づく天体物理学因子  $S_{17}$  の決定:

緒方一介, 橋本慎太郎, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,

第 111 回日本物理学会九州支部例会 2005 年 12 月 10 日 熊本大学

Solution to the longstanding analyzing power problem for inclusive quasielastic ( $p, p'$ ) scattering:

Kazuyuki Ogata, G. C. Hillhouse, and B. I. S. van der Ventel,

RCNP 研究会「原子核・ハドロン物理におけるスピンの魅力」2006 年 2 月 2 日-3 日 大阪大学核物理研究センター

A plan for CDCC analysis of RIBF experiments:

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

International Workshop on “Nuclear Physics with RIBF”, RIKEN, 13–17 March 2006.

Innovative approach to nuclear reactions II:

Kazuyuki Ogata,

International Workshop on “Nuclear Physics with RIBF”, RIKEN, 13–17 March 2006.

Analysis of nuclear and Coulomb breakup with three-body and four-body CDCC:

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

日本物理学会第 61 回年次大会 2006 年 3 月 28 日 愛媛大学・松山大学

クーロンバリア近傍における  $^6\text{He}+^{209}\text{Bi}$  散乱の解析:

江上智晃, 松本琢磨, 緒方一介, 肥山詠美子, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,

原子核三者若手夏の学校 2005 年 8 月 6–10 日 国立オリンピック記念青少年総合センター

Four-body CDCC analysis of  ${}^6\text{He}+{}^{209}\text{Bi}$  scattering near Coulomb barrier energies:  
T. Egami, T. Matsumoto, K. Ogata, E. Hiyama, Y. Iseri, M. Kamimura, M. Yahiro,  
International Workshop on “Nuclear Physics with RIBF”, RIKEN, 13–17 March 2006.

クーロンバリア近傍における  ${}^6\text{He}+{}^{209}\text{Bi}$  散乱の 4 体 CDCC 解析:  
江上智晃, 松本琢磨, 緒方一介, 肥山詠美子, 井芹康統, 上村正康, 八尋正信,  
日本物理学 2006 年第 61 回年次大会 2006 年 3 月 29 日 愛媛大学・松山大学

半古典歪曲波模型によるハイペロン生成反応の記述:  
橋本慎太郎, 河野通郎, 緒方一介, 渡辺幸信, 河合光路,  
2005 年 原子核三者若手 夏の学校 原子核パート研究会, 2005 年 8 月 10 日, 国立オリン  
ピック記念青少年総合センター

$\Xi$  生成包括的 ( $K^-$ ,  $K^+$ ) 反応の半古典歪曲波模型による記述:  
橋本慎太郎, 河野通郎, 緒方一介, 渡辺幸信, 河合光路,  
特定領域研究会「ストレンジネスで探るクォーク多体系」, 2005 年 11 月 17 日, 伊東 ホ  
テル伊東ガーデン

包括的  $\Xi^-$  生成  ${}^{12}\text{C}(K^-, K^+)$  反応の半古典歪曲波模型による記述:  
橋本慎太郎, 河野通郎, 緒方一介, 渡辺幸信, 河合光路,  
第 111 回 日本物理学会 九州支部例会, 2005 年 12 月 10 日, 熊本大学

閾値近傍における  $\Xi$  生成 ( $K^-$ ,  $K^+$ ) 反応の半古典歪曲波模型による記述:  
橋本慎太郎, 河野通郎, 緒方一介, 渡辺幸信, 河合光路,  
日本物理学会第 61 回年次大会, 2006 年 3 月 30 日, 愛媛大学・松山大学

Introduction to Wobbling Motion:  
小路拓也, 清水良文,  
原子核三者若手夏の学校 2005 年 8 月 6–10 日 国立オリンピック記念青少年総合センター

非軸対称変形した原子核のウォブリング回転バンドの構造:  
小路拓也, 清水良文,  
第 111 回 日本物理学会 九州支部例会, 2005 年 12 月 10 日, 熊本大学

Relativistic Study of Medium Polarization Effects on Superfluidity in Nuclear Matter:

M. Matsuzaki,

RIKEN Symposium on *Methods of many-body systems: mean field theories and beyond*,  
RIKEN, March 20 – 22, 2006.

Cranked-RPA description of wobbling motion in triaxially deformed nuclei:

T. Shoji and Y. R. Shimizu,

RIKEN Symposium on *Methods of many-body systems: mean field theories and beyond*,  
RIKEN, March 20 – 22, 2006.

Comment on parametrizations of nuclear mean-field for triaxial deformation:

Y. R. Shimizu, M. Matsuzaki and K. Matsuyanagi,

RIKEN Symposium on *Methods of many-body systems: mean field theories and beyond*,  
RIKEN, March 20 – 22, 2006.

Origin of prolate dominance of nuclear deformation — an analysis with Woods-Saxon potential —:

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

RIKEN Symposium on *Methods of many-body systems: mean field theories and beyond*,  
RIKEN, March 20 – 22, 2006.

Constant Mean Curvature Morphology in Subsaturation Nuclear Matter:

松崎昌之、

日本物理学会第 61 回年次大会, 2006 年 3 月 27 日, 愛媛大学・松山大学

核変形による prolate 優勢の起源 — Woods-Saxon ポテンシャルによる分析 —:

高原哲士、田嶋直樹、清水良文、

日本物理学会第 61 回年次大会, 2006 年 3 月 28 日, 愛媛大学・松山大学

非軸対称変形核におけるウォブリング回転運動の微視的研究 — 平均場の効果 —:

小路拓也、清水良文、

日本物理学会第 61 回年次大会, 2006 年 3 月 28 日, 愛媛大学・松山大学

外部資金

《 文部省科学研究費補助金 》

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

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)

学部 4 年生卒業研究

鬼塚徹、白木章雄、角剛典、中尾陽一、村瀬貴博 :( 指導教官、八尋正信 ): ハドロン物理学

修士論文

小路拓也 :( 指導教員、清水良文 ): 非軸対称変形した原子核におけるウォブリング回転運動の微視的研究

道本健太 ( 琉球大学理工学研究科より特別研究学生として受入れ ): ( 指導教官、八尋正信 ): 構成子クォーク模型を用いたクォーク間ポテンシャルのフレーバー依存性 ~ X(3872) 粒子の解析に向けて ~

受託研究・民間との共同研究