

# 粒子宇宙論II(原子核理論研究室)

## 研究室構成員

清水 良文 助教授

緒方 一介 助手

《 大学院 博士課程 》

木村 龍司    長沢 泰輔    松本 琢磨

《 大学院 修士課程 》

財前 功一    橋本 慎太郎    山田 毅    江上 智晃

方倉 幸秀

## 今年度の研究テーマと成果

### [I] 原子核反応の理論的研究

#### (1) 離散化チャネル結合法による天体核反応の研究

地上で精力的に観測されている高エネルギー太陽ニュートリノの性質を詳細に調べるためには、その源となる ${}^8\text{B}$ が太陽内部でどれだけ生成されているかを正確に決定する必要がある。これは天体物理学因子 $S_{17}$ によって特徴付けられ、この物理量を決定すべく様々な研究が展開されている。我々は昨年、九大グループが開発・推進にあたった離散化チャネル結合法(CDCC)を用いて ${}^8\text{B}$ の分解反応を解析する事により、信頼性の高い $S_{17}$ が得られることを示した。今回我々はこの研究を継続し、より現実的な電荷分布や核子-核相互作用を用いることによって、 $S_{17}$ のさらなる信頼性向上に努めた。また、実験が最も精力的に行われている中間エネルギー領域における ${}^8\text{B}$ 分解反応に対して同様の解析手法を適用することにより、新しい $S_{17}$ の値を得ることに成功した。今後さらに系統的な解析を進め、 $S_{17}$ の“CDCC解析に基づく理論推奨値”を提示することで、ニュートリノ物理学に対して極めて重要な情報を提供できるものと期待される。(緒方、上村、松本、八尋 [琉球大]、井芹 [千葉経済短大])。

#### (2) ${}^8\text{B}$ 分解反応に対する漸近係数法の有効性

上述した $S_{17}$ を間接的に決定する方法として、漸近係数法(ANC法)がある。これは、 ${}^8\text{B}$ が関与する一粒子移行反応(例えば ${}^{14}\text{N} + {}^7\text{Be} \rightarrow {}^{13}\text{C} + {}^8\text{B}$ )の実験データから ${}^8\text{B}$ の波動関数情報(漸近係数; ANC)を引き出し、これを用いて ${}^7\text{Be}(p, \gamma){}^8\text{B}$ の断

面積を決定する手法であり、これまで高い成功を収めている。昨年九大グループは、一粒子移行反応に代わり、低エネルギーにおける ${}^8\text{B}$ の分解反応を用いてANCを決定し、 $S_{17}$ を精度良く求めることに成功した。これはANC法が一般の ${}^8\text{B}$ 分解反応に対して有効に機能する可能性を示唆している。今回我々は、 ${}^8\text{B}$ 分解反応の系統的な解析を行うことにより、ANC法が有効に機能する実験条件を詳細に調べた。この研究を遂行するにあたり、まず我々は、実験値を用いずにANCの有効性を定量的に評価できる方法を考案した。そして昨年解析した低エネルギーにおける反応に適用することで、この方法が実際に機能することを確認した。その上で系統的な解析を遂行した結果、最も実験が盛んな中間エネルギー領域においても、ANC解析は十分有効に機能するという結論を得た。(橋本、緒方、八尋、井芹[千葉経済短大]、上村)。

### (3) 不安定核分解反応を記述する新しい方法の提唱

原子核のクーロン分解は、特に不安定核の構造情報を探る手段として注目されており、現在実験・理論の両面から盛んに研究されている。CDCCはこの反応を最も正確に記述することができる反応理論であるが、実験が盛んに行われている中間エネルギーのクーロン分解過程を正確に取り扱うためには、莫大なmodelspaceが必要となる。典型的には、部分波を10,000程度集めなくてはならない。このような数値計算は一般に不安定であり、また計算時間も膨大となる。この困難を回避すべく、様々な近似計算(主として古典近似)が提唱されているが、完全量子力学計算と比較した場合、やはり有限の誤差が残る。そこで今回我々は、古典近似計算と量子力学計算を“接続”する新しい計算法を提唱した。この手法を用いることで、CDCCの精度を完全に保ったまま、極めて効率良くクーロン分解の計算を行うことができる。この手法は、上で述べた、 ${}^8\text{B}$ 分解反応の系統的解析によって $S_{17}$ を決定する研究において特に威力を発揮するものと期待される。(緒方、上村、松本、八尋[琉球大]、井芹[千葉経済短大])。

### (4) 4体離散化チャネル結合法による ${}^6\text{He}$ 弾性散乱の記述

${}^6\text{He}$ は、 $\alpha$ の周りに2つの中性子が弱く束縛された2中性子ハロー核であり、実験・理論の両面から盛んに研究が行なわれている。この ${}^6\text{He}$ を入射核とした反応において、それが3体( $\alpha+n+n$ )に分解する過程は非常に重要である。従ってこの反応を正確に解析する為には、4体反応系を正しく記述する理論モデルが不可欠となる。我々は今回、4体離散化チャネル結合法(4-body CDCC)を提唱し、4体系の反応を純量子力学的に記述することに世界で初めて成功した。4-body CDCCにおいて、 ${}^6\text{He}$ の分解状態は、少数系の理論モデルとして既に確立しているガウス型基底関数展開法(GEM)を用いて記述する。これにより、 ${}^6\text{He}$ が3体に分解する自由度を明示的に取り入れることが可能となる。今回この4-body CDCCを、フランスのGANIL研究所で行なわれた ${}^6\text{He} + {}^{12}\text{C}$ 弾性散乱( $E_{\text{lab}}=38.3$  MeV/nucleon)に適用し、このモデルが4体反応を正確に記述することを確認した。(松本、緒方、上村、八尋[琉球大]、井芹[千葉経

済短大]、肥山 [KEK])

(5) 半古典歪曲波模型によるハイペロン生成過程の記述

多段階過程を記述する有力な量子力学的模型である半古典歪曲波模型は、中間エネルギー領域における陽子入射反応に適用され、断面積およびスピン偏極量の解析で高い成功を収めてきた。今回我々はこの模型をハイペロン生成過程である  $(\pi^-, K^+)$  反応に適用した。この過程では  $K^+$  の他に  $\Sigma^-$  が生成されるが、この  $\Sigma^-$  と核子の間にはたらく相互作用に関しては、未だに明確な結論が得られていない。半古典歪曲波模型による  $K^+$  生成スペクトルの記述には、関与するハドロンの波動関数に対する歪曲効果や核内核子のフェルミ運動といった、これまでの解析では十分には考慮されていない自由度が明示的に取り入れられている。今回、2002年にKEKで測定された  $(\pi^-, K^+)$  スペクトルを解析した結果、 $\Sigma^-$  の一体場ポテンシャルとしては30 MeV程度の斥力が妥当であることがわかった。これは、同実験をシンプルな模型で解析して得られた結果(100 MeV程度の斥力)とは大きく異なり、BNLで測定されたデータの解析結果及びSU<sub>6</sub> クォーク模型による計算結果と整合している。(河野 [九州歯科大]、緒方、河合、渡辺 [九大総理工])。

[II] 原子核集団運動の微視的研究

(1) 高速回転する巨大変形状態 — 超変形回転バンド

近年、重イオン加速器と  $\gamma$ -線測定技術の発展より高い角運動量を持った原子核の高速回転極限状態を研究することが可能になってきた。一般に、与えられた角運動量に対する最低エネルギー状態をイラスト状態というが、高速回転の効果によって基底状態近傍では現れなかった色々なタイプの変形状態が低い励起エネルギー状態、すなわち、イラスト状態近傍に出現する。この中でも、慣性能率が大きくなることによって回転エネルギーの面で得をする巨大変形極限状態は特に興味深く、現在では多くの原子核の領域での実験データの蓄積とともに色々な研究が行なわれている。

このような巨大変形状態の研究の中でも興味深いものの一つとして、超変形回転バンドが低スピン領域でより小さな変形を持つ通常変形状態に崩壊する現象がある。このような現象は大きな変形状態から小さな変形状態への変形自由度に対応する集団座標空間の中での変形転移現象(有限系でのトンネル効果)と捉えることが可能で、ここ数年、その研究に取り組んでいる。これまでの研究では集団座標に対するポテンシャルには Nilsson 模型を用いた Strutinski 計算を、そして質量パラメータには pair-hopping 模型でフェルミガス半古典的近似を用いていたが、これらをより改善した計算および近似を検討している。それによって、それぞれの原子核領域での超変形回転バンドの崩壊の様相の違い、特に  $A \approx 150$  領域と  $A \approx 190$  領域の違いが説明できるのではないかと期待している(清水)。

(2) 非軸対称超変形回転状態上に励起したウォブリング運動

高速回転する原子核の中には非常に大きく非軸対称変形したと考えられているものがあり、それらは非軸対称超変形回転バンドと呼ばれている。最近、そのような原子核である、Lu, Hf の同位体で、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運動(首振り運動)状態と考えられる回転バンドが発見された。我々は以前から乱雑位相近似の微視的方法によりこのウォブリング運動の研究を行ってきたが、最近発見されたこれら Lu, Hf 原子核に対しても計算を行ない、より詳しい分析を行なっている。実験的に観測された電磁遷移の性質、および、四重極変形に対するポテンシャルエネルギー面の計算からは非軸対称変形の符合は正のガンマ変形と考えられるが、通常巨視的模型で用いられる渦なし流体の慣性能率を用いると首振り運動は起こり得ない。しかし、我々の微視的方法では回転軸方向に回転整列した核子の影響によりその方向の慣性能率が大きくなり、首振り運動が実現する。しかしながら、実験で観測された。ウォブリングバンドの励起エネルギーの角運動量依存性が完全には再現できず、また、ウォブリングバンドからイラスト非軸対称超変形回転バンドへの電磁遷移の絶対値が  $1/2 - 1/3$  程度しか出ないということがわかった。現在は、他の原子核ではどうなるかということとともに、どのように理論を改善するかという点を検討している(松崎 [福岡教育大]、清水、松柳 [京都大])。

### (3) 斜向クランキング法による回転運動

高速回転する原子核では変形の自由度だけでなく回転運動の自由度が核構造の理解に重要な役割を果たす。高スピン極限では回転の軸は変形の最大の慣性能率をもつ変形主軸の回りになると考えられるが、実際に観測されている状態では回転軸が主軸から傾いたと考えられる回転状態が数多く存在し、この回転軸の傾きの自由度はイラスト近傍でも重要な役割を果たすことがわかってきた。それに対するアプローチとして、傾いた軸の回りに定常的回転を仮定して回転軸の傾きを決定する斜向クランキング法 (Tilted Axis Cranking) があり、ここ数年、この方法を用いた高速回転する原子核の研究を行なっている。具体的な応用として、high- $K$  準粒子励起した奇核の強結合回転バンドの分析を進めているが、平均場に四重極対相関の効果を取り入れることによって、エネルギー準位と電磁遷移の両方を同時にかつ定量的に記述することに成功した。四重極対相関の重要性はこれまでにいろいろと指摘されてきたが、基底状態近傍のベータ・ガンマ集団振動状態や、変形核の慣性能率を系統的に説明するために必要とされる四重極対相互作用の形や大きさと同じものを用いた斜向クランキングの成功により、一つの四重極対相互作用によって原子核の種々の低励起集団状態を統一的に理解できるものと期待される(清水、大坪 [福岡教育大])。

### (4) 不安定核における広がった密度状態の記述

最近、不安定核の実験的研究が進み、中性子数と陽子数の比が1から大きくずれるような原子核においては、安定核とはかなり異なった性質を持ち、原子核の魔法の

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をもたらす球形一核子準位の変化の原因としては、中性子ハローのような不安定核に特有の低密度効果や、陽子・中性子の占有軌道がアンバランスになることによる核子間有効相互作用のスピン・アイソスピン成分の効果が考えられている。そこで、安定核を精度良く記述する有効核力である有限レンジの Gogny 力を用いた Hartree-Fock 計算により、不安定核での魔法の数の変化を含めた殻構造の変化を調べる研究を昨年度から始めた。昨年度はまず手始めとして、調和振動子基底を用いて Hartree-Fock 方程式を解く方法を開発したが、本研究では、少数核子系や核反応でよく用いられているガウス基底、特に、複素ガウス基底を用いて Hartree-Fock 方程式を解く方法を開発した。調和振動子基底と比べて、特に、重い核では複素ガウス基底により、より良い(エネルギーの低い)状態が短い計算時間で得られることを確認した。また、ガウス基底の特徴である広がった密度状態が定量的記述できることも確かめた。このことによって、魔法の数の変化の原因と考えられる、波動関数の広がる効果と有効相互作用の効果の両方を精度良く調べる道具立てが揃った(財前、清水)。

#### (5) 相対論的枠組に基づく水素様イオンにおける超微細構造

超微細構造は、核磁気能率、Bohr-Weisskopf 効果等の原子核の構造の情報を知る上で、また一方では電子状態に対して QED の効果を直接測定できる上で、原子核、原子分子両分野に渡って半世紀以上も研究され続けている。さらに近年、精度の高い実験がなされ、また予定されている。

我々は、実験値のない水素様重イオン  $^{207}\text{Tl}^{80+}$ 、 $^{209}\text{Pb}^{81+}$  の理論値を予言することを目標に、まず実験値のある  $^{209}\text{Bi}^{82+}$ 、 $^{208}\text{Pb}^{81+}$  に対し、相対論的平均場近似によって原子核を記述し、その超微細構造を求めた。結果として、ある程度実験値の再現は出来たものの、原子核は平均場レベルであるがために、eV 単位の厳密な値を求めるには不十分であった。その主要な原因として、相対論的平均場では、核子のカレントは有効質量により過大になる傾向があげられる。これに対しては、核子の負のエネルギー状態を取り込むことで、この傾向を抑制することが報告されている。しかしながら、我々の配位混合計算に核子の負の状態を取り込むのは、式の上で、また物理的にも困難であるので、換算行列要素に対してエネルギーの負の状態の効果を繰り込んだ上で、正の状態のみで配位混合計算を行い、平均場以上に実験値を再現することに成功した(長澤泰輔, 芳賀昭弘 [大阪大学 RCNP], 中野正博 [産業医科大学], 堀川弥太郎 [順天堂大学])。

#### 発表論文リスト

##### 《原著論文》

- (1) T. Nagasawa, A. Haga, and M. Nakano “Hyperfine splitting of hydrogenlike

atoms based on relativistic mean field theory”, Phys. Rev. C **69** (2004) 034322.

(2) T. Matsumoto, T. Kamizato, K. Ogata, Y. Iseri, E. Hiyama, M. Kamimura and M. Yahiro, “New treatment of breakup continuum in the method of continuum discretized coupled channels”, Phys. Rev. C **68**, 064607 (2003).

(3) K. Ogata, M. Yahiro, Y. Iseri, T. Matsumoto and M. Kamimura, “New coupled-channel approach to nuclear and Coulomb breakup reaction”, Phys. Rev. C **68**, 064609 (2003).

(4) S. Yasumoto, Y. R. Shimizu, and K. Takada, “A Comment on the New Formulation of a Many-Level Shell Model”, Prog. Theor. Phys. **110** (2003), 1037.

(5) T. Shizuma, S. Mitarai, G. Sletten, R. A. Bark, N. L. Gjørup, H. J. Jensen, M. Piiparinen, J. Wrzensinski, and Y. R. Shimizu, “High-Spin Structure in  $^{185}\text{Os}$ ”, Phys. Rev. **C69** (2004), 024305.

(6) M. Matsuzaki, Y. R. Shimizu, and K. Matsuyanagi, “Nuclear Moments of Inertia and Wobbling Motions in Triaxial Superdeformed Nuclei”, Phys. Rev. **C69** (2004), 034325.

«Proceedings»

(1) K. Ogata, Y. Watanabe, Sun Weili, M. Kohno, and M. Kawai, “Dependence of the complete set of spin transfer coefficients on effective interaction in nuclear medium”, *Proceedings of the Kyudai-RCNP International Mini Symposium on NUCLEAR MANY-BODY AND MEDIUM EFFECTS IN NUCLEAR INTERACTIONS AND REACTIONS (MEDIUM02)*, Kyushu University, Japan, 25–26 October, 2002, p. 231 (2003).

(2) Kazuyuki Ogata, M. Yahiro, Y. Iseri, T. Matsumoto, N. Yamashita and M. Kamimura, “Determination of  $S_{17}$  from systematic analyses on  $^8\text{B}$  Coulomb breakup with the Eikonal-CDCC method”, *Proceedings of the 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUCLEAR REACTION MECHANISMS*, Varenna, Villa Monastero, June 9–13, 2003, p. 211 (2003).

(3) Kazuyuki Ogata, M. Yahiro, Y. Iseri, T. Matsumoto, N. Yamashita and M. Kamimura, “Determination of  $S_{17}$  from Systematic Analyses on  $^8\text{B}$  Coulomb Breakup with the Eikonal-CDCC Method”, *Proceedings of the XXII International Workshop on Nuclear Theory*, Rila Mountains, Bulgaria, June 16–22, 2003, p. 92 (2004).

(4) M. Matsuzaki, Y. R. Shimizu and K. Matsuyanagi, “Nuclear moments of inertia inferred from wobbling motion in the triaxial superdeformed nuclei”, Proceedings of the International Symposium on *Frontiers of Collective Motions* (CM2002),

Aizu, Japan, November 6 – 9, 2002, World Scientific Publishing Co. Ltd., Singapore, 2003, pp. 361.

(5) M. Matsuzaki, Y. R. Shimizu and K. Matsuyanagi, “Dynamical Moments of Inertia Associated with Wobbling Motion in the Triaxial Superdeformed Nucleus”, in Proceedings of International Conference NS2002 on *Nuclear Structure with Large  $\gamma$ -Arrays — Status and Perspectives*, 23-27 September, 2002, Legnaro, Padova, Italy, Eur. Phys. J. **A20** (2004), pp. 189.

#### 《その他の論文》

緒方 一介, 「離散化チャネル結合法と漸近係数法を用いた天体物理学因子 S17 の決定」, 原子核研究 Vol. 48 No. 6, 2003年 原子核三者若手 夏の学校特集, 2004, p. 57.

#### 著書

なし

#### 講演

#### 《海外での講演》

(1) Kazuyuki Ogata, M. Yahiro, Y. Iseri, T. Matsumoto, N. Yamashita and M. Kamimura, “Determination of S17 from systematic analyses on 8B Coulomb breakup with the Eikonal-CDCC method”, the 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUCLEAR REACTION MECHANISMS, Varenna, Villa Monastero, June 9–13, 2003.

(2) Kazuyuki Ogata, M. Yahiro, Y. Iseri, T. Matsumoto, N. Yamashita and M. Kamimura, “Determination of S17 from Systematic Analyses on 8B Coulomb Breakup with the Eikonal-CDCC Method”, the XXII International Workshop on Nuclear Theory, Rila Mountains, Bulgaria, June 16–22, 2003.

(3) Kazuyuki Ogata, M. Yahiro, Y. Iseri, T. Matsumoto, N. Yamashita and M. Kamimura, “Hybrid calculation of 8B Coulomb dissociation with standard- and eikonal-CDCC methods”, the 3rd International Conference on Direct Reactions with Exotic Beams (DREB03), University of Surrey, 10–12 July 2003.

(4) Y. R. Shimizu and S. -I. Ohtsubo, “Quadrupole pairing interactions in the tilted axis cranking”, ECT\* Workshop on Nuclear Mean-Field: Symmetries and Spontaneous Symmetry Breaking, 15-20 September, 2003, Trento, Italy.

《 国内での講演 》

(1) Kazuyuki Ogata, M. Yahiro, Y. Iseri, T. Matsumoto, N. Yamashita, T. Kamizato and M. Kamimura, “Determination of S17 based on CDCC analysis of 8B dissociation”, International Symposium on Origin of Matter and Evolution of Galaxies 2003 (OMEG03), RIKEN, 17–19 November 2003.

(2) T. Matsumoto, E. Hiyama, M. Yahiro, Kazuyuki Ogata, Y. Iseri and M. Kamimura, “Four-body CDCC analysis of 6He + 12C scattering”, International Symposium on A New Era of Nuclear Structure Physics (NENS03), 2003年11月19日–22日, Tainai Royal Park Hotel.

(3) Kazuyuki Ogata, M. Yahiro, Y. Iseri, T. Matsumoto, N. Yamashita, T. Kamizato and M. Kamimura, “Determination of S17 from 8B Coulomb dissociation”, The 8th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Cluster03), NARA, 24–29 November 2003.

(4) T. Matsumoto, E. Hiyama, M. Yahiro, Kazuyuki Ogata, Y. Iseri and M. Kamimura, “Four-body CDCC analysis of 6He + 12C scattering”, The 8th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Cluster03), 2003年11月24日–29日, NARA, 24–29 November 2003.

(5) Y. R. Shimizu, M. Matsuzaki and K. Matsuyanagi, “Microscopic study of wobbling motions in Hf and Lu nuclei”, The 5-th Japan China Joint Nuclear Physics Symposium, March 7-10, 2004, Fukuoka, Japan.

(6) 長澤泰輔、芳賀昭弘、中野正博, 『相対論的枠組における超微細構造』, 第5回「極限条件におけるハドロン科学」研究会, 2003年3月18日–20日, 日本原子力研究所

(7) 長澤泰輔、芳賀昭弘、中野正博, 『相対論的枠組に基づく水素様イオンにおける超微細構造』, 日本物理学会春の学会 2003年3月28日 東北学院大学

(8) 長澤泰輔、芳賀昭弘、中野正博, 『配位混合の効果を含んだ水素様重イオンにおける超微細構造の相対論的計算』, 日本物理学会春の学会 2003年9月12日 宮崎コンベンションセンター

(9) 長澤泰輔、芳賀昭弘、中野正博, 『相対論的枠組に基づく配位混合の効果を含んだ水素様重イオンにおける超微細構造』, 第109回日本物理学会九州支部例会 2003年11月29日 福岡教育大学

(10) 緒方一介, 八尋正信, 井芹康統, 松本琢磨, 山下尚剛, 上村正康, “8B Coulomb breakup 反応に対する CDCC 解析に基づく天体物理学因子 S17 の決定”, 日本物理学会第58回年次大会 2003年3月27日 東北学院大学

(11) 松本 琢磨, 肥山詠美子, 上村正康, 緒方一介, 八尋正信, 井芹康統, “6He+12C 弾性散乱における 6He 3体 breakup 効果の CDCC 解析”, 日本物理学会第58回年

次大会 2003 年 3 月 28 日, 東北学院大学

(12) 河野通郎, 緒方一介, 渡辺幸信, 河合光路 “半古典的 DWIA 法による ( $\pi^-$ ,  $K^+$ ) 包括反応スペクトルの記述”, 日本物理学会第 58 回年次大会 2003 年 3 月 31 日 東北学院大学土樋キャンパス

(13) 緒方一介, “離散化チャンネル結合法と漸近係数法を用いた天体物理学因子  $S_{17}$  の決定”, 2003 年 原子核三者若手 夏の学校 原子核パートトピックス講義, 2003 年 8 月 20 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター

(14) 松本 琢磨, 肥山詠美子, 上村正康, 緒方一介, 八尋正信, 井芹康統, “CDCC 法における離散的 breakup S 行列要素の連続化 (II)”, 日本物理学会 2003 年秋季大会, 2003 年 9 月 9 日, 宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット

(15) 緒方一介, 八尋正信, 井芹康統, 松本琢磨, 上村正康, “Eikonal CDCC 法による不安定核分解反応の解析”, 日本物理学会 2003 年秋季大会 2003 年 9 月 9 日 宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット

(16) 緒方一介, 八尋正信, 井芹康統, 松本琢磨, 上村正康, “中間エネルギー 8B 分解反応解析に基づく天体物理学因子  $S_{17}$  の決定”, 日本物理学会 2003 年秋季大会 2003 年 9 月 10 日 宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット

(17) 緒方一介, “8B 分解反応解析による  $S_{17}$  の決定”, 理研シンポジウム「不安定核分光と核反応機構」, 2003 年 10 月 31 日–11 月 1 日, 理化学研究所

(18) 橋本慎太郎, 緒方一介, 八尋正信, 井芹康統, 上村正康, “不安定核反応における ANC 法の有効性”, 第 109 回日本物理学会九州支部例会 2003 年 11 月 29 日 福岡教育大学

(19) 山田毅, 緒方一介, 八尋正信, 井芹康統, 上村正康, “24MeV 入射  ${}^7\text{Be}(d, n){}^8\text{B}$  による天体物理学因子  $S_{17}$  の決定”, 第 109 回日本物理学会九州支部例会 2003 年 11 月 29 日 福岡教育大学

(20) 緒方一介, 八尋正信, 井芹康統, 上村正康, “中間エネルギー 8B 分解反応解析に基づく天体物理学因子  $S_{17}$  の決定”, 第 109 回日本物理学会九州支部例会 2003 年 11 月 29 日 福岡教育大学

(21) 緒方一介, “離散化チャンネル結合法を用いた天体物理学因子  $S_{17}$  の決定”, 琉球大学セミナー, 2004 年 2 月 10 日, 琉球大学

(22) 静間俊行, 早川岳人, 森川恒安, 御手洗志郎, 清水良文, “質量数 180 領域核異性体と K 混合過程”, 日本物理学会第 58 回年次大会 2003 年 3 月 28 日, 東北学院大学

(23) 吉柳泰伸, 清水良文, “Gogny 力による不安定核での魔法の数”, 日本物理学会第 58 回年次大会 2003 年 3 月 31 日, 東北学院大学

#### 文部省科学研究費等の採択

(1) 基盤研究 (C) 「高速化移転原子核における非軸対称変形と非主軸回転運動の微視的研究」2002–2003 (研究代表者：清水良文)

日本学術振興会特別研究員等及び共同研究の採択 (学外からの受け入れを含む)

なし

#### 学部4年生卒業研究

脇田 健一, 小路 拓也, 森 佑樹, 「素粒子・原子核物理入門」, 担当：清水

#### 修士論文

(1) 財前 功一, “密度の広がった原子核に対してガウス基底を用いた Hartree-Fock 計算”, 2004 年 3 月.

(2) 橋本 慎太郎, “ $^8\text{B}$  分解反応における漸近係数法の有効性”, 2004 年 3 月.

(3) 山田 毅, “24MeV 入射  $^7\text{Be}(d, n)^8\text{B}$  による天体物理学因子  $S_{17}$  の決定”, 2004 年 3 月.

#### 博士論文

なし

外国人留学生の受け入れ

なし

学外での学会活動

なし

受託研究・民間との共同研究

なし