

自己評価報告書

平成23年 4月19日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20740127

研究課題名（和文） 中性子過剰核における新たな集団運動状態の理論的探究

研究課題名（英文） Study on Novel Quadrupole Collective States
in Neutron-Rich Medium-Heavy Nuclei

研究代表者

清水 則孝 (SHIMIZU NORITAKA)

東京大学・大学院理学系研究科・特任准教授

研究者番号：30419254

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学、素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：原子核（理論）、原子核殻模型、4重極集団運動

1. 研究計画の概要

原子核殻模型計算は、多粒子の運動の自由度を中重核領域における原子核殻模型計算による微視的な核構造研究は、考慮すべき自由度の大きさから困難であった。モンテカルロ殻模型法は pf 殻領域で非常に成功した方法であるが、中重核領域では対相関のとりあつかいが重要となるためそのままでは不十分である。これを克服するようモンテカルロ殻模型法に改良を加え、中重核領域の中性子過剰核に適用し、集団運動状態を微視的に調べていく。これによりテンソル力などの有効核力の詳細と集団運動状態の関係を議論する。

2. 研究の進捗状況

研究対象となる中重核領域の核構造計算は対相関の取扱が不可欠であるため、本研究ではモンテカルロ殻模型(MCSM)法を改良し、得られる波動関数を Hartree-Fock-Bogoliubov(HFB)法で用いられるような準粒子真空基底の線形結合と粒子数射影を組み合わせる方法によって表現する方法を開発した。さらに、このような準粒子真空基底を用いることにより、MCSM 法において用いられる補助場の生成方法を密度分解型から対分解型へ変更することを可能とした。これにより、より少数の基底の線形結合により求めるべき状態の波動関数を表現することに成功した。

また、粒子数、角運動量射影 HFB 法を用いてサマリウムアイソトープの構造計算をおこなった。これにより、バレンス殻内の一粒子軌道と角運動量差が 2 となる対をなすバレンス殻外一粒子軌

道が集団運動性の記述に重要な役割を果たすことを示した。(学会発表⑤)

また、スズの同位体の E2 遷移が実験的に計測され、陽子数と中性子数が近い領域では、E2 遷移確率が安定核近傍から予測される振る舞いとは異なり、異常に大きくなることが確認されている。この現象を、粒子数と角運動量の変分前射影法による HFB 計算をおこなうことにより、原子核殻模型の観点から微視的に研究した。この手法は先に開発した準粒子基底モンテカルロ法の一部に相当する。ジルコニウム 80 を閉殻とするような広い模型空間をとる計算をおこない、質量数 100 近傍のスズの同位体では、0g9/2 軌道からの粒子ホール励起が重要な役割を果たし、集団運動性が高くなるため、E2 遷移確率が大きくなることを示唆した。(学会発表④)

さらに、MCSM 法におけるエネルギー分散を用いた外挿法を開発した。この方法では、MCSM 法で得られた一連の近似波動関数列各々に対し、エネルギー期待値とエネルギー分散をプロットし、2次関数でフィットする。厳密解では、エネルギー分散は 0 となるから、フィットをエネルギー分散が 0 となる点に外挿し、真のエネルギー固有値を推定する手法である。これを実際に殻模型計算に適用して、エネルギー固有値の精密な推定が可能であることを示した。(雑誌論文①②、学会発表①、②、③)。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

当初計画に沿って、モンテカルロ殻模型法に準粒子真空基底を用いる改良を施し、一定の成果をあげた。この成果を踏まえ、スレータ

一行列式基底によるモンテカルロ殻模型法のプログラムを書き換えた。さらにエネルギー分散による外挿法を開発した。この手法は軽い原子核の第一原理計算にも応用できるもので(学会発表③)、当初の計画以上の進展である。現在、バリウム、キセノン領域の非軸対称領域を含む中重核領域の集団運動状態の解析、論文準備中である。これは当初の計画より遅れ気味であるが、残り1年で完了できると考える。前述の方法論の進展が当初計画より上回っていることとあわせて、全体としておおむね順調に進展していると考えられる。

4. 今後の研究の推進方策

バリウム、キセノンなどの質量数130近傍への中重核への殻模型計算による微視的な原子核構造研究をおこなっており、論文準備中である。これの完成を最優先としたい。また、対相関基底を試行関数とした変分モンテカルロ法の原子核殻模型計算への応用が可能となっており、この手法の中重核の構造計算をおこなう予定である。結果的に、モンテカルロ殻模型法における外挿法も含め、方法論の進展がこれまで大きなウェイトを占めてきたが、平成23年度はこれら手法による集団運動状態の研究に重きをおく予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① N. Shimizu, Y. Utsuno, T. Mizusaki, T. Otsuka, T. Abe and M. Honma, “Novel Extrapolation Method in the Monte Carlo Shell Model and its Applications”, AIP Conference Proceedings, vol. **1355** (2011) (印刷中)
- ② N. Shimizu, Y. Utsuno, T. Mizusaki, T. Otsuka, T. Abe and M. Honma, “Novel Extrapolation Method in the Monte Carlo Shell Model”, Physical Review C, vol. **82**, 061305 (2010).

[学会発表] (計5件)

- ① N. Shimizu, Extrapolation method in the Monte Carlo Shell Model, 2nd EMMI-EFES workshop on neutron-rich nuclear matter, nuclear structure and nuclear astrophysics (EENEN-10), 2010年6月18日, RIKEN, Wako-shi, Saitama, Japan
- ② N. Shimizu, “Extrapolation method in the Monte Carlo Shell Model and its applications”, International Symposium “New Faces of Atomic Nuclei”, 2010年11月16日, Okinawa Institute of Science and

Technology (OIST), Okinawa, Japan,

- ③ N. Shimizu, “Monte-Carlo Shell Model for ab initio calculation”, EFES-NSCL workshop on Perspectives on the modern shell model and related experimental topics, Feb., 4-6, 2010, National Superconducting Cyclotron Laboratory, Michigan State University, East Lansing, Michigan, USA.
- ④ N. Shimizu, “Shell model calculations on Sn isotopes”, Third Joint Meeting of the Nuclear Physics Divisions of the APS and JPS, Oct. 13-17, 2009, Hilton Waikoloa Village, Hawaii, USA.
- ⑤ N. Shimizu, “Monte Carlo Shell Model studies on Sm isotopes”, Hokudai-TORIJJIN-JUSTIPEN-EFES workshop “Perspectives in Resonances and Continua on Nuclei”, 2008年7月24日, 大沼国際セミナーハウス

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他] (計0件)