

## 殻模型計算による中重核領域における原子核集団運動状態の微視的記述

### Microscopic description of the collective motion of medium-heavy nuclei based on shell-model calculations

清水 則孝

筑波大学 計算科学研究センター

#### 1. 研究目的

大規模殻模型計算に基づいた原子核構造計算を遂行し、中重核領域における集団運動の微視的記述をおこなう。実験グループと連携し、最新の加速器実験による実験結果と理論結果を比較することによって不安定核の構造を解明するとともに、理論模型の精度の向上、および元素合成過程の解明に向けた核データ創出などの応用を目指す。

#### 2. 研究成果の内容

PMMU 相互作用を用いた HFB+GCM 法により、質量数 130 領域の原子核における核構造計算を行った。中性子数変化に伴う急激な励起エネルギーの低下や E2 電磁遷移の増加が、主殻を超えた Quasi SU(3) と呼ばれる一粒子軌道対の間の四重極相互作用によって説明できることを明らかにしてきた。この Quasi SU(3) 機構は、中性子数が  $N=72$  から  $N=76$  の Te, Xe, Ba 同位体においてもガンマソフトや非軸対称変形を引き起こす重要な要因になっていることを示した。相互作用するボゾン模型との関係について調べ、Quasi SU(3) 機構の役割を明らかにし、論文[1]に発表した。

また、米国の Alexandra Gade 教授を中心とする実験グループにより、キセノンの同位体である  $^{126}\text{Xe}$  および  $^{128}\text{Xe}$  の複数の励起状態について、励起エネルギーや E2 電磁遷移確率ばかりでなく四重極モーメントが観測された。これらの実験結果を PMMU 相互作用を用いた HFB+GCM 法による計算結果と比較し、非軸対称変形状態について議論をおこない、論文[2]に発表した。

並行して、我々が開発している殻模型直接対角化計算と、HFB+GCM 法、モンテカルロ殻模型法、準粒子真空殻模型法の性能比較や適用可能性を議論し、論文[3]に現状をまとめた。

#### 3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

原子核殻模型計算では、多様な相関を波動関数に取り込んだ複雑な波動関数を表現するため、大きな計算機資源を要求する。Wisteria-O を活用することによって、中重核の原子核構造の系統的計算が可能となり、学際共同利用は不可欠な役割を果たした。

#### 4. 今後の展望

これまでは主に質量数 130 近傍の核種の構造研究を進めてきたが、今後は研究対象を質量数 200 領域まで広げ、Quasi-SU(3)機構が果たす役割を検証する。この領域では、変形共存や急激な E2 電磁遷移の増加が知られており、その微視的構造の解明を試みる。このような振る舞いには、魔法数 82 や 126 をまたがる大きな四重極行列要素を持つ(0h11/2 軌道と 1f7/2 軌道)対と新たに(0i13/2 と 1g9/2)対の Quasi-SU(3)機構が重要な役割を果たしていると期待される。一方、相互作用するボゾン模型において、 $^{134}\text{Ba}$  と  $^{196}\text{Pt}$  は、それぞれ E(5) と O(6) の近似的対称性をもつ典型的な原子核であることが知られている。これらの核種を含んだ変形相転移の微視的記述を試みる。

#### 5. 成果発表

##### (1) 学術論文

- [1] K. Kaneko, Y. Sun, N. Shimizu, and T. Mizusaki, “Quasi-SU(3) coupling induced oblate-prolate shape phase transition in the Casten triangle”, *Phys. Rev. Lett.* **130**, 052501 (2023).
- [2] S. Kisyov, C. Y. Wu, J. Henderson, A. Gade, K. Kaneko, Y. Sun, N. Shimizu, T. Mizusaki, D. Rhodes, S. Biswas, A. Chester, M. Devlin, P. Farris, A. M. Hill, J. Li, E. Rubino, and D. Weisshaar, “Structure of  $^{126,128}\text{Xe}$  studied in Coulomb excitation measurements”, *Phys. Rev. C* **106**, 034311 (2022).
- [3] N. Shimizu, “Recent progress of shell-model calculations, Monte Carlo shell model, and quasiparticle vacua shell model”, *Physics* **4** 1081 (2022).

##### (2) 学会発表

##### (3) その他

使用計算機	使用計算機に ○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus			
Wisteria/BDEC-01	○	250,000	0
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			