

課題名 (タイトル) :

原子核の大振幅集団運動の微視的記述

利用者氏名 : 日野原 伸生

理研での所属研究室名 : 和光研究所 仁科加速器研究センター 理論研究部門 中務原子核理論研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

原子核の低励起状態にみられる集団運動状態は、様々な変形状態を経由する大振幅な領域にまたがるものがあり、本課題ではこのような非線形性の強い集団状態を核子間の有効相互作用に基づいて微視的に記述することが目的である。四重極集団 Hamiltonian は四重極変形の自由度の範囲内で、未知の大振幅集団運動を記述しうるモデルである。平成 21 年度に我々はこの集団 Hamiltonian の慣性質量関数および集団ポテンシャルエネルギーを微視的に求める CHFB+LQRPA 法を定式化した。昨年度に引き続き、この CHFB+LQRPA 法を用いて本年は中性子過剰 Mg 核の変形共存/変形揺らぎ、および γ 不安定な Xe, Ba 原子核のスペクトルの分析を行った。

2. 具体的な利用内容、計算方法

CHFB+LQRPA 法は変分方程式である CHFB 方程式と固有値方程式 LQRPA 方程式からなる。2つの四重極変形度 (β , γ) を拘束条件に課して CHFB 方程式を解き、それぞれの (β , γ) 点で得られた状態で LQRPA 方程式を解き、集団 Hamiltonian のパラメータを決定する。各 (β , γ) での計算は互いに独立であり、容易に分散化できる。

3. 結果

^{30}Mg , ^{32}Mg の基底 0^+ 状態および励起 0^+ 状態の性質を分析した。これらの状態の最も単純な解釈は、 ^{30}Mg は基底状態が球形で、励起 0^+ 状態は変形状態に対応しており、 ^{32}Mg ではその逆転が起きていると考えられる。我々の計算の結果では、 ^{30}Mg ではこの描像が近似的に成り立っているのに対し、 ^{32}Mg では大振幅運動によって、変形揺らぎが基底状態、励起状態ともに極めて大きいことが示された。計算結果は、励起エネルギーや電磁遷移確率

など実験データをよく説明しており、このような新たな解釈によってこれらの状態が理解できると考えられる。

Xe, Ba 領域は非軸対称変形に対する変形相転移領域であり、相転移に特徴的なスペクトルを示すことが知られている。これらの微視的理解を進めるため、相対論的平均場モデルとの混合モデルを導入し、慣性質量の微視的な性質を議論した。

4. まとめ

変形共存から変形転移まで、低励起状態における様々な大振幅集団運動を CHFB+LQRPA 法で決定した四重極集団 Hamiltonian を用いて微視的に分析した。

5. 今後の計画・展望

これまでは変形の自由度に焦点を当てて分析を行ってきたが、これと平行して他の集団的自由度の大振幅運動の果たす役割についても分析を行っていきたいと考えている。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況 (どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか) や、継続して利用する際に行う具体的な内容

将来的には密度汎関数理論に基づいた有効相互作用を用いて CHFB+LQRPA 方程式の計算コードの開発を行いたい。

平成 23 年度 RICC 利用研究成果リスト

【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】

K. Yoshida and N. Hinohara,

“Shape changes and large-amplitude collective dynamics in neutron-rich Cr isotopes,”

Physical Review C **83**, 061302(R) (2011) [5 pages].

H. Watanabe, K. Yamaguchi, A. Odahara, T. Sumikama, S. Nishimura, K. Yoshinaga, Z. Li, Y. Miyashita, K. Sato, L. Próchniak, H. Baba, J.S. Berryman, N. Blasi, A. Bracco, F. Camera, J. Chiba, P. Doornenbal, S. Go, T. Hashimoto, S. Hayakawa, C. Hinke, N. Hinohara, E. Ideguchi, T. Isobe, Y. Ito, D.G. Jenkins, Y. Kawada, N. Kobayashi, Y. Kondo, R. Krücker, S. Kubono, G. Lorusso, T. Nakano, T. Nakatsukasa, M. Kurata-Nishimura, H.J. Ong, S. Ota, Zs. Podolyák, H. Sakurai, H. Scheit, K. Steiger, D. Steppenbeck, K. Sugimoto, K. Tajiri, S. Takano, A. Takashima, T. Teranishi, Y. Wakabayashi, P.M. Walker, O. Wieland, H. Yamaguchi,

“Development of axial asymmetry in the neutron-rich nucleus ^{110}Mo ,”

Physics Letters **B 704** (2011) 270-275.

N. Hinohara, K. Sato, K. Yoshida, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi,

“Shape fluctuations in the ground and excited 0^+ states of $^{30, 32, 34}\text{Mg}$,”

Physical Review **C 84**, 061302(R) (2011) [5 pages].

N. Hinohara, Z. P. Li, T. Nakatsukasa, T. Nikšić, and D. Vretenar,

“Effect of time-odd mean fields on inertial parameters of the quadrupole collective Hamiltonian,”

Physical Review C 掲載決定.

【国際会議などの予稿集、proceeding】

N. Hinohara, K. Sato, T. Nakatsukasa and M. Matsuo,

“Large-amplitude quadrupole collective dynamics in Se and Kr isotopes,”

Proceedings of the workshop on Hadron and Nuclear Physics 09, (World Scientific, 2010), 331–339.

N. Hinohara, K. Sato, T. Nakatsukasa and M. Matsuo,

“Local QRPA vibrational and rotational inertial functions for large-amplitude quadrupole collective dynamics,”

Proceedings of Zakopane Conference on Nuclear Physics Extremes of the Nuclear Landscape,

Acta Physica Polonica **B42** (2011), 443–446.

N. Hinohara, K. Sato, K. Yoshida, T. Nakatsukasa, and M. Matsuo,

“Microscopic description of large-amplitude shape-mixing dynamics with local QRPA inertial functions,”

Proceedings of International Symposium New Faces of Atomic Nuclei,

AIP Conference Proceedings **1355** (2011), 200–205.

【国際会議、学会などでの口頭発表】

N. Hinohara, “Microscopic description of shape coexistence and shape transition,” Advances in Nuclear Many-Body Theory, Jun. 2011, Primošten, Croatia.

N. Hinohara, “Large-amplitude deformation dynamics in low-lying states of magnesium isotopes around island of inversion,” CNS-RIKEN Joint International Symposium on Frontier of gamma-ray spectroscopy (gamma11), Jun.-Jul. 2011, RIKEN.

N. Hinohara, “On the microscopic theory of large-amplitude collective motion,” L'Espace de Structure Nucléaire Théorique, “Restoring broken symmetries within the nuclear Energy Density Functional method,” Sep. 2011, CEA/SPhN, Saclay, France.

日野原伸生、Dario Vretenar, “Xe, Ba 同位体における変形相転移の微視的記述,” 日本物理学会 2011 年秋季大会, 2010 年 9 月, 弘前大学.

N. Hinohara, “Extraction of collective coordinates by means of adiabatic theory of large-amplitude collective motion,” YIPQS Long-term workshop “Dynamics and Correlations in Exotic Nuclei” (DCEN2011), Sep. 2011, YITP, Kyoto Univ.

N. Hinohara, “Microscopic analysis of shape coexistence/mixing and shape phase transition in neutron-rich nuclei around ^{32}Mg ,” YKIS2011 Symposium Frontier Issues in Physics of Exotic Nuclei (YKIS2011), Oct. 2011, YITP, Kyoto Univ.