

課題名 (タイトル) :

不安定原子核の微視的理論

利用者氏名 : 佐藤 弘一

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

本課題では、変形共存現象をはじめとする原子核の大振幅変形ダイナミクスを微視的・数値的アプローチによって研究している。我々は最近、原子核の大振幅集団運動を記述するために、拘束条件付 Hartree-Fock-Bogoliubov+局所的準粒子乱雑位相近似 (CHFB+LQRPA) 法という新しい微視的理論を開発し、その理論に基づく数値計算コードを開発した。この新しい方法を、種々の原子核に適用し、近年、理研 RIBF など次々に実験的に見つかっている原子核の多彩な集団現象を理論的に解明し、また、まだ見つかっていない新しい集団現象を予言することが本課題の目的である。

2. 具体的な利用内容、計算方法

CHFB+LQRPA 法は、原子核が変形したときのポテンシャルエネルギー、振動運動および回転運動に対する慣性質量を計算するための新しい方法である。実際の計算は大きく 3 つのパートに分けられる。(i) 原子核の集団ポテンシャルエネルギーを変形度の関数として求めるパート、(ii) 振動および回転に対する慣性質量を求めるパート、(iii) 上で得られたポテンシャルおよび慣性質量を使って、シュレーディンガー方程式を解き、固有エネルギーを計算するパートである。

(i) で解く方程式は、多次元の非線形方程式の根の探索問題、(ii) (iii) は固有値問題である (LAPACK の行列対角化ルーチンを利用した。)

また、(i) と (ii) の過程は、原子核の各変形状態について並列計算を行うことが可能である。この研究では、原子核の形を 2 つの変数で表し、 60×60 通りの形について計算を行った。

今年度は、これを Mg 同位体の励起状態に対する変形揺らぎの解析、 ^{110}Mo 領域の非軸対称変形を経由した変形遷移、中性子過剰 Cr 同位体の変形

遷移などに適用し解析を行った。

3. 結果

まず、Mg 同位体の解析においては、変形した基底状態と球形の励起状態という共存するという従来考えられてきたナイーブな描像が必ずしも成り立たない可能性があることを我々の計算によって明らかにした。 ^{110}Mo の解析においては、低励起状態が非軸対称変形に対し非常にソフトな状態であることを示唆した。また Cr 同位体については、 $N=40$ 付近で変形が大きく発達し、球形から葉巻型への遷移が起こることを示唆した。

4. まとめ

CHFB+LQRPA 法によって、中性子過剰 Mg 同位体、 ^{110}Mo の低励起状態、中性子 Cr 同位体などの変形ダイナミクスについて解析した。得られた計算結果はいずれも実験データをよく再現している。

5. 今後の計画・展望

今後の研究では、例として、中性子過剰 $N=28$ アイソトーンで予想されている魔法数の破れとそれに伴う変形の発達、変形共存などについて研究を行なっていく予定である。また、現在の計算では、非常に簡単な相互作用を用いているので、密度汎関数法に基づく、より現実的な相互作用の使用を目指す。そのための数値アルゴリズムの開発、および計算コードの実装を行う。

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
上記の Cr の解析では簡単な相互作用を用いる代わりに非軸対称変形を考慮した計算をしたが、軸

平成 23 年度 RICC 利用報告書

対称変形のみ考慮した計算を行い、他の現実的相互作用を用いた計算と比較することで、非軸対称変形の役割を明らかにする。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由
8. 利用研究成果が無かった場合の理由

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】

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

N. Hinohara, K. Sato, K. Yoshida, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi,
Phys. Rev. C 84, 061302(R) (2011) [5 pages].

"Development of axial asymmetry in the neutron-rich nucleus ^{110}Mo "

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,
Phys. Lett. B 704 (2011) 270 - 275.

【国際会議などの予稿集、proceeding】

"Microscopic approach to large-amplitude deformation dynamics with local QRPA inertial masses"

K. Sato, N. Hinohara, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi,
to be published in Proceedings of Rutherford Centennial Conference on Nuclear Physics, Aug. 8 - 12, 2011,
Journal of Physics, Conference Series.

"Large-amplitude quadrupole collective dynamics in neutron-rich Mg and Cr isotopes"

N. Hinohara, K. Sato, K. Yoshida, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi,
Proceedings of French-Japanese Symposium on Nuclear Structure Problems, Jan. 5-8, 2011, World Scientific.

"Large-amplitude quadrupole collective dynamics in neutron-rich Mg and Cr isotopes"

N. Hinohara, K. Sato, K. Yoshida, T. Nakatsukasa, M. Matsuo, and K. Matsuyanagi,
Proceedings of French-Japanese Symposium on Nuclear Structure Problems, Jan. 5-8, 2011, World Scientific.

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

N. Hinohara, K. Sato, K. Yoshida, T. Nakatsukasa, and M. Matsuo,
Proceedings of International Symposium New Faces of Atomic Nuclei, Nov. 15 - 17, 2010, AIP Conf. Proc. 1355 (2011), 200-205.

【国際会議、学会などでの口頭発表】

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

"Microscopic approach to collective dynamics in neutron-rich nuclei around ^{64}Cr "

The International Symposium on Physics of Unstable Nuclei 2011 (ISPUN11), Hilton Hanoi Opera, Hanoi, Vietnam,
November 23- 28, 2011

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

平成 23 年度 RICC 利用報告書

"Microscopic approach to large-amplitude deformation dynamics with local QRPA inertial functions",
YIPQS Long-term workshop "Dynamics and Correlations in Exotic Nuclei" (DCEN2011), YITP, Kyoto Univ.,
Sep. 20-Oct. 28, 2011

K. Sato, N. Hinohara, T. Nakatsukasa, M. Matsuo and K. Matsuyanagi,
"Microscopic approach to large-amplitude deformation dynamics with local QRPA inertial masses"
Rutherford Centennial Conference on Nuclear Physics, University of Manchester, Aug. 8 - 12, 2011.

K. Sato, N. Hinohara, T. Nakatsukasa, M. Matsuo and K. Matsuyanagi,
"Microscopic analysis of development of deformation in neutron-rich Cr isotopes",
CNS-RIKEN Joint International Symposium on Frontier of gamma-ray spectroscopy (gamma11), RIKEN
Jun. 30- Jul. 2, 2011

K. Sato, N. Hinohara, T. Nakatsukasa, M. Matsuo and K. Matsuyanagi,
"Microscopic approach to large-amplitude shape mixing dynamics with local QRPA inertial masses",
The 5th LACM-EFES-JUSTIPEN Workshop, JIHIR, ORNL, Oak Ridge, Tennessee, Mar. 15-17, 2011

佐藤弘一、日野原伸生、中務孝、松尾正之、松柳研一、
「N=40 付近の中性子過剰 Cr 核における変形転移の研究」、
『日本物理学会 2011 年秋季大会』、弘前大学、2011 年 9 月

【その他】