

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

所属 : 和光研究所 仁科加速器センター 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集団現象を微視的・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の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 などで次々に実験的に見つかった原子核の多彩な集団現象を理論的に解明し、また、まだ見つから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
この方法は、原子核が変形したときのポテンシャルエネルギー、振動(変形度の時間的変化)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。この方法を我々は CHF+LQRPA 法と呼んでおり、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。
今年度はこの CHF+LQRPA 法を陽子過剰 Se および Kr 同位体の低励起状態に対し適用し、解析を行った。
3. 結果
Se および Kr に対する計算結果は、いずれも実験値との良い一致を得た。特に、慣性質量の計算に従来よく用いられてきた公式よりも、我々が開発した方法で求めた質量の方が実験とのより良い一致を与えることが示された。
4. まとめ
我々が開発した原子核の集団運動を記述するための新手法で、Se および Kr 同位体の低励起スペクトルを計算し、実験値との良い一致を得た。
5. 今後の計画・展望
今後の研究では、実験的に変形状態の発達が新しく示唆されている中性子過剰 Cr 同位体の計算を行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
これまでの研究で、CHF+LQRPA 法による Se および Kr 同位体の変形共存現象に対する解析が完了し、論文として発表した。現在、中性子過剰 Cr 同位体に同方法を適用し、計算を行なっている。

平成 22 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. Sato, N. Hinohara,

"Shape mixing dynamics in the low-lying states of proton-rich Kr isotopes", Nucl. Phys. A 849, pp53-71 (2011)

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

"Microscopic description of large-amplitude shape-mixing dynamics with inertial functions derived in local quasiparticle random-phase approximation", Phys. Rev. C 82, 064313 (2010)

【国際会議などの予稿集、proceeding】

"Local QRPA vibrational and rotational inertial functions for large-amplitude quadrupole collective dynamics", N. Hinohara, K. Sato, T. Nakatsukasa and M. Matsuo, to be published in Proceedings of Zakopane Conference on Nuclear Physics Extremes of the Nuclear Landscape, Acta Phys Pol B

"Microscopic analysis of shape mixing in low-lying states of proton-rich nuclei in the Se-Kr region" K. Sato and N. Hinohara, to be published in Proceedings of International Nuclear Physics Conference 2010, Jul. 4-9, 2010, Journal of Physics, Conference Series.

"Large-amplitude quadrupole collective dynamics in Se and Kr isotopes"

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

to be published in Proceedings of the workshop on Hadron and Nuclear Physics, (World Scientific).

"Microscopic analysis of shape mixing in low-lying states of proton-rich Kr isotopes"

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

Proceedings of the International Symposium Frontiers of Researches in Exotic Nuclear Structures, Mod. Phys. Lett. A, 25, Nos. 21-23, 2020-2021 (2010).

"Phenomenological analysis of the oblate-prolate symmetry breaking in triaxial deformation dynamics"

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

Proceedings of the International Symposium Frontiers of Researches in Exotic Nuclear Structures, Mod. Phys. Lett. A, 25, Nos. 21-23, 2018-2019 (2010).

"Microscopic approach to adiabatic large-amplitude quadrupole collective dynamics in Se isotopes"

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

Proceedings of the International Symposium Frontiers of Researches in Exotic Nuclear Structures, Mod. Phys. Lett. A, 25, Nos. 21-23, 1796-1799 (2010).

平成 22 年度 RICC 利用報告書

"Microscopic derivation of five-dimensional collective Hamiltonian of large-amplitude quadrupole motion: application to shape coexistence in proton-rich Se isotopes",

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

Proceedings of NUCLEAR PHYSICS TRENDS: 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium, AIP Conf. Proc. 1235 (2010), 96-100 (American Institute of Physics).

"Large-amplitude quadrupole collective dynamics of shape coexistence phenomena in proton-rich Se and Kr isotopes",

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

Proceedings of Tours Symposium on Nuclear Physics and Astrophysics VII. AIP Conf. Proc. 1238 (2010), 286-289 (American Institute of Physics).

【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 description of large-amplitude large-amplitude collective motions with local QRPA inertial masses", French Japanese Symposium on Nuclear Structure Problems, RIKEN, (January 2011)

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

"Microscopic study of development of quadruple deformation in neutron-rich Cr isotopes"

University of Aizu-JUSTIPEN-EFES Symposium on "Cutting-Edge Physics of Unstable Nuclei", Univ. of Aizu, (November 2010)

K. Sato, N. Hinohara,

"Shape mixing dynamics in the low-lying states of proton-rich Kr isotopes"

Second EMMI-EFES Workshop on Neutron-Rich Nuclei (EENEN10), RIKEN, (June 2010)

佐藤弘一、日野原伸生、中務孝、松尾正之、松柳研一、

「Constrained HFB + Local QRPA 法による大振幅集団運動の記述」

『基研研究会「大振幅集団運動の微視的理論」』、京都大学基礎物理学研究所、2010年10月

佐藤弘一、日野原伸生、中務孝、松尾正之、松柳研一、

「中性子過剰 Cr 同位体における変形の発達」、

『日本物理学会 2010 年秋季大会』、大学、2010 年 9 月