

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

所属: 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

原子核は低励起状態において非調和振動や変形相転移、異なった変形状態の共存現象など強い非線形性が本質的な役割を果たす、多様な大振幅集団ダイナミクスを示す。本課題では原子核の低励起状態におけるこのような大振幅集団運動を adiabatic self-consistent collective coordinate (ASCC) 法という微視的理論を用いることにより、量子多体系の集団ダイナミクスを記述する少数自由度を理論的に求め、様々な大振幅集団運動を系統的、統一的に記述を行う。本年の課題は四重極変形の自由度に着目し、ASCC 法に基づき四重極変形のダイナミクスを記述する集団 Hamiltonian の構築を行った。そのためには二つの四重極変形の自由度 (β, γ) に関する拘束付変分方程式である、Hartree-Fock-Bogoliubov (CHFB) 方程式および、その拘束付平均場解における固有振動モードを線形応答によって求める、局所準粒子乱雑位相近似 (LQRPA) 方程式を数値的に解く必要がある。これらの方程式を解いて集団 Hamiltonian を構築した後に、(β, γ) 平面上での微分方程式である集団 Schrödinger 方程式を解き、量子固有状態における大振幅集団運動の分析を行う。

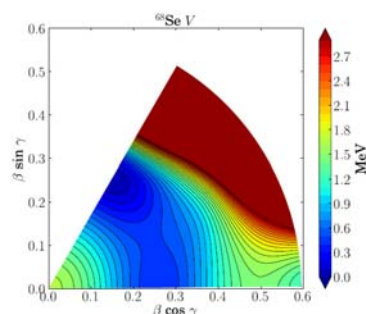
2. 具体的な利用内容、計算方法

CHFB および LQRPA 方程式は (β, γ) に関してそれぞれ独立な計算であるため、(β, γ) に関して分散処理を行うことで、効率よくこれらの解を求めた。また、集団 Schrödinger 方程式に関しては行列の対角化によって解を求めた。

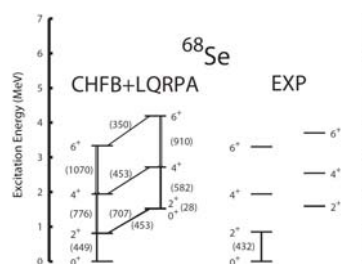
3. 結果

計算は ^{68}Se から ^{78}Se までの原子核に対して系統的に行った。 $^{68, 70, 72}\text{Se}$ では、オブレート変形とプロレート変形の変形共存を示し、 $^{74, 76, 78}\text{Se}$ では非

調和振動的な励起スペクトルを示すことが知られている。まず、今回構築した CHFB+LQRPA 理論によって集団 Hamiltonian を構築できることを数値的に示した。特に、LQRPA 理論によって計算される慣性質量関数は、広く使われている慣性質量に対する Inglis-Belyaev 近似では取り込めていない、平均場の時間反転に関して符号を変える time-odd 成分からの寄与を含んでいることが期待される。本課題では、LQRPA による慣性質量を計算することによって time-odd 成分からの寄与を大振幅集団運動に関して初めて評価し、定量的に実験データを再現することに成功した。



変形共存を示す ^{68}Se の変形ポテンシャルエネルギー曲面 $V(\beta, \gamma)$



^{68}Se のエネルギースペクトル。右側が実験値。

4. まとめ

本課題では、ASCC 法に基づいた CHFB+LQRPA 理論によって変形共存現象などの大振幅集団運動を記述する集団 Hamiltonian の構築を $^{68-78}\text{Se}$ 原子核に対して行い、この理論によって変形共存現

象や非調和振動などの大振幅集団運動の記述が可能であることを示した。

5. 今後の計画・展望、今後の利用内容

平成 21 年度は理論的枠組みおよび数値計算コードの構築を主に行い、Se 原子核の大振幅集団運動の記述が可能であることを示した。今後は、今回議論できなかった変形相転移現象なども含めた計算を幅広く行う予定である。また、将来の核分裂ダイナミクスなどへの議論に向け、用いる核子間有効相互作用の改良も検討する。

平成 21 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Nobuo Hinohara, “Microscopic derivation of five-dimensional collective Hamiltonian of large-amplitude quadrupole motion: application to shape coexistence in proton-rich Se isotopes”, The 7th Japan-China Joint Nuclear Physics Symposium (JCNP2009), Nov. 2009, University of Tsukuba

Nobuo Hinohara, “Large-amplitude quadrupole collective dynamics of shape coexistence phenomena in proton-rich Se and Kr isotopes”, Tours Symposium on Nuclear Physics and Astrophysics VII (TOURS2009), Nov. 2009, Kobe Orbis Hall

Nobuo Hinohara, “Large-amplitude quadrupole collective dynamics in Se and Kr isotopes”, Hadrons and Nuclear Physics (HNP09), Nov. 2009, RCNP, Osaka University

Nobuo Hinohara, “Five-dimensional collective Hamiltonian with Thouless-Valatin inertial functions”, JUSTIPEN-EFES Workshop on unstable nuclei, Dec. 2009, RIKEN

Nobuo Hinohara, “Beyond mean-field description of low-lying states of nuclei”, ICHOR-EFES International Symposium on New-Facet of Spin-Isospin Responses (SIR2010), Feb. 2010, University of Tokyo

Nobuo Hinohara, “Microscopic approach to adiabatic large-amplitude quadrupole collective dynamics in Se isotopes”, International Symposium Forefronts of Researches in Exotic Nuclear Structures (Niigata2010), Mar. 2010, Tokamachi, Niigata

Nobuo Hinohara, “Large-amplitude dynamics in low-lying states by local QRPA approach”, The 4th-LACM-EFES-JUSTIPEN workshop, Mar. 2010, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA

日野原伸生、佐藤弘一、中務孝、松尾正之、松柳研一, “四重極集団 Hamiltonian による Se 同位体の低励起状態の系統的記述”, 日本物理学会第 65 回年次大会、2010 年 3 月, 岡山大学

