

平成 23 年 5 月 7 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20540277

研究課題名（和文） 対相関とエネルギー密度関数による非対称核物質及び原子核の研究

研究課題名（英文） Study of Asymmetric Nuclear Matter and Nuclei with Pairing Correlations and Energy Density Functions

研究代表者 佐川 弘幸 (Sagawa Hiroyuki)

会津大学 コンピュータ理工学部 教授

研究者番号：50178589

研究代表者の専門分野：原子核理論

科研費の分科・細目：物理学・素粒子、原子核、宇宙線、宇宙物理

キーワード：不安定原子核、状態方程式、超伝導状態、巨大共鳴、テンソル力

## 1. 研究計画の概要

量子有限多体系の力学の特徴として、原子核は自ら平均場を作りその運動モードとして振動型運動や回転型運動が位置づけられる。研究代表者は、Hartree-Fock 理論や Random Phase (乱雑位相) 近似理論等の微視的平均場理論により原子核構造の研究を行い、多くの論文を発表し、高い評価を得てきた。当該研究では、現在までの研究成果を踏まえ、非対称原子核の構造の先駆的研究を発展させることを目的とする。非対称原子核とは、中性子数と陽子数の大きく違う原子核を意味する。このような原子核はアイソスピン量子数が大きく、しばしば不安定な原子核になる。また、非対称原子核とは形が球形ではなく、陽子と中性子の変形が違う原子核、大変形 (super deformation, hyper deformation) や非軸対称変形している原子核も意味する。このような非対称原子核のさまざまな形や運動様式を、微視的平均場理論により研究し、その独立粒子運動および集団運動の特徴を解明し、新しい原子核像を確立することを本研究の目的とする。具体的には、次のようなテーマを中心に研究を行っている；

- (1) 多体対相関と連続状態の非対称不安定原子核での競合および相転移の理論的研究
- (2) 非対称核物質の性質と原子核の中性子スキン、スピン依存励起関数の関係の非相対論および相対論的平均場近似を用いた研究。
- (3) テンソル力とスピン軌道力と殻構造の

関係および新しい魔法数。

- (4) 安定核および不安定核を含めた有効相互作用およびエネルギー密度関数の開発およびそれを用いた非対称原子核の未知の変形および変形共存の研究。

## 2. 研究の進捗状況

研究は計画通り順調に進んでおり、次のようなテーマに関して新しい知見を得た。

- (1) テンソルと殻構造の関係。
- (2) スピン双極子励起にたいするテンソル力の効果の多重極依存性。
- (3) 不安定原子核における対相関および BCS-BEC crossover 効果。
- (4) 原子核の変形と変形共存の系統的な研究。
- (5) 対相関のアイソスピン依存性。  
主な研究成果は Physical Review や Physical Review Letters 等の世界のトップクラスの査読付き journals に 30 編以上の論文として発表され、また国際会議でも 20 回程度の口頭発表を行っている。

## 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。  
量子多体系の不安定原子核に対する微視的理論による構造の解明が進んでいるため。達成度は 80% - 85% と考えられる。

## 4. 今後の研究の推進方策

平成 23 年度には、平成 20 - 22 年度の研

究を継承発展させるとともに、つぎの様な研究も進めていく。

• テンソル力を含むエネルギー密度関数  
ここ数年、テンソル力の平均場や励起状態に対する効果が注目されている。テンソル力の特徴として、強い角運動量依存性があり、我々はスピン双極子型遷移に注目し、自己無撞着なHartree-Fock+ random phase近似をもちいて、テンソル力が励起エネルギーに対してどのような効果を持つかを明らかにしてきた。この研究をさらに進め、テンソル力を含むエネルギー密度関数をLandau parameterの関係、核物質のスピン不安定性にも注目しながら決定する。

• 粒子-振動結合に対する統一的微視的理論  
一粒子エネルギー準位やそのspectroscopic因子にたいする平均場近似をこえた効果の重要性が注目されている。我々はSkyrme相互作用に基づいてself-consistentな理論により粒子-振動結合を用いてこの効果を評価し実験量との対応を検討する。

• 不安定原子核における密度分布に対するanti-halo効果

不安定原子核に対する対相関の重要性はよく知られている。また、不安定原子核のゆるく束縛された粒子に対するハロー効果による密度分布の広がりも理論的にも実験的にも検証されている。一方、対相関の効果はハロー効果を妨げ、密度分布の広がりを減少させる効果が理論的に知られている。我々は、最近の不安定原子核の反応断面積の実験からこの効果を検証する。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 1 件)

1. Effects of the Tensor Correlations on Low-lying Collective States in Finite Nuclei (査読あり), Phys. Rev. C83, 034324/pp. 1-6 (2011).  
Li-Gang Cao, H. Sagawa and G. Colo
2. Di-proton correlation in a proton-rich Borromean nucleus  $^{17}\text{Ne}$ . (査読あり) Phys. Rev. C82, 024315, (2010)/pp. 1-5. T. Oishi, K. Hagino and H. Sagawa
3. Effect of the Tensor Force on Charge-Exchange Spin-Dependent Excitations of  $^{208}\text{Pb}$ , (査読あり), Phys.

Rev. Lett. 105, 072501/pp. 1-4 (2010).  
C.L. Bai, H.Q. Zhang, X.Z. Zhang, F.R. Xu, H. Sagawa, and G. Colo

4. Global Calculations of Nuclear Shape Coexistence, (査読あり) Phys. Rev. Lett. 103, 212501/pp. 1-4(2009), Peter Moller, Ragnar Bengtsson, Hiroyuki Sagawa and Takatoshi Ichikawa
5. Possible Shape Coexistence and Magnetic Dipole Transitions in  $^{17}\text{C}$  and  $^{21}\text{Ne}$ , Phys. Rev. C78, 041304(R)/pp. 1-5 (2008), H. Sagawa, X. R. Zhou, Toshio Suzuki, and N. Yoshida

[学会発表] (計 20 件)

1. New type of pairing interaction in nuclear matter and finite nuclei, Symposium on "Many-body correlations from dilute and dense nuclear systems" February 15-18, 2011, Paris France, H. Sagawa
2. Di-nucleon correlations in Exotic Nuclei and E1 excitations, Japan-Italy EFES Workshop, Torino, Sept. 6-8, 2010, H. Sagawa
3. Effect of tensor interaction on heavy and superheavy nuclei, Int. Conference Niigata2010 ( March 1-4, 2010, Niigata, Japan) H. Sagawa,
4. Spin-Isospin response and tensor interactions, International Workshop on "Spin-Isospin excitations" (September 28- October 2, 2009, Trento, Italy) H. Sagawa
5. On Spin Fluctuations in Dense Matter with Skyrme interactions, Int. Workshop on "Bulk Nuclear Properties" (Nov. 19-22, 2008, Michigan State University, USA), H. Sagawa

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]