

平成21年4月20日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006年度～2009年度

課題番号：18540258

研究課題名 (和文) 超流動変形中性子過剰核の時間依存 HFB 法の開発

研究課題名 (英文) Development of a time-dependent HFB method for superfluid deformed neutron-rich nuclei

研究代表者

田嶋 直樹 (TAJIMA NAOKI)

福井大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：50212030

研究分野：理論核物理

科研費の分科・細目：物理学・「素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理学」

キーワード：理論核物理、計算物理、対相関、平均場近似、密度汎関数、Skyrme 相互作用

1. 研究計画の概要

原子核の基底状態の諸性質ならびに各種励起状態の応答関数を、中性子ドリフト線近傍の極めて中性子の過剰な核を含む核図表上のあらゆる領域の核種について系統的に計算する手法を開発し、実際に計算を実行する。手法として Skyrme 密度汎関数による Hartree-Fock-Bogoliubov (HFB) 法および時間依存 HFB 法を開発する。中性子過剰核を対象とするため連続状態の対相関の取り扱いに適した正準基底 HFB 法を採用する。他の枠組みでの連続状態の取り扱いとの比較のため、Woods-Saxon Strutinski 法での連続状態の扱い方の研究も行う。連続状態を考慮しないで済ませる方法として KUTY 質量公式での変形の扱いを取り入れた球対称平均場法の開発も行い、結果の比較をする。

2. 研究の進捗状況

CPU の多コア化のトレンドを最大限に活用するため、自作の正準基底 HFB 法プログラムを、2つのコアのそれぞれに中性子および陽子を担当させ FIFO で通信させる形態に改造し、並列化しない場合より6割以上速い速度で計算が実行できることを示した。

このプログラムを使用して核図表1面の大規模な数値計算を実行させた。その結果から対相関の中性子暈抑制効果 (pairing anti-halo effect) を実証し、またその変形および連続状態との結合の影響を調べた。

次に、この正準基底 HFB 法プログラムに新たにスピン軌道力を加えた。スピン軌道力を含めると、各 HFB 正準軌道を表す波動関数の情報量は、実数値1成分から複素数値2成分へと4倍に増す。これに関して本研究で

は、空間的対称性は一切課さないが、時間反転対称性だけは課す新方式を考案した。そして実際に、実数値4成分で表した1対の HFB 正準軌道を正しく求めることに成功した。この方法の利点は、解の表現に要する情報量の半減に加え、正準軌道対間の対応関係が数値誤差により不明瞭になる懸念を取り除くことである。

Woods-Saxon Strutinski 法についても中性子過剰核および連続状態を扱うための処方の研究を進めた。

KUTY 質量公式で導入された変形核を球形核の重ね合わせで表現できるとする仮定を取り入れた平均場模型の提唱も行った。この模型においては、球対称性を課された対相関を含まない平均場解のみを用いて、変形し対相関のある原子核の基底状態のエネルギーを求めることができる。この模型には「連続状態」も「変形」も出現しないので、正準基底 HFB 法の対極にある模型と言え、結果を比較する意義が大きい。

3. 現在までの達成度

③やや遅れている。

(理由) HFB 法の開発に当初の想定より時間を要したため、全体の研究計画に遅れが生じた。

4. 今後の研究の推進方策

Woods-Saxon Strutinski 法での連続状態の扱いおよび KUTY 質量公式の近似を取り入れた平均場法の研究は次回とし、まず正準基底 HFB 法の開発に専念する。基底状態の計算手法の開発については、細部の改善の追求を中止して、現達成状況の段階で論文にま

とめて投稿する。

その後、応答関数の計算のための時間依存解法の開発に本格的に着手する。論文発表は年度終了後となるが、研究自体は年度内の完了を目指す。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 5件)

①山田昌平、田嶋直樹「相対論的平均場模型と KUTY 流の近似的な変形の扱いに基づく原子核質量公式」、日本物理学会第 64 回年次大会、2009 年 3 月 30 日(30aXF-10)、立教大学

②田嶋直樹、「スピン軌道力を取り入れた正準基底 HFB 法プログラムの開発」、日本物理学会第 63 回年次大会、2008 年 3 月 26 日(26aZH-10)、近畿大学

③高原哲士、田嶋直樹、清水良文
「Woods-Saxon Strutinsky 法における連続状態の扱い」、日本物理学会 62 回年次大会、2007 年 9 月 23 日(23pYE3)、北海道大学

④田嶋直樹、「対相関の中性子量抑制効果と核変形 II」、日本物理学会第 62 回年次大会 2007 年 9 月 23 日(23pYE5)、北海道大学

⑤田嶋直樹、「対相関の中性子量抑制効果と核変形」、日本物理学会 2007 年春季大会、2007 年 3 月 26 日(26aSB-13)、首都大学東京

〔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〕

学会発表①の講演スライド:

http://serv.aphy.u-fukui.ac.jp/~tajima/jpsm09sp_slide.pdf

学会発表②の講演スライド:

http://serv.aphy.u-fukui.ac.jp/~tajima/jpsm08sp_slide.pdf

学会発表④の講演スライド:

http://serv.aphy.u-fukui.ac.jp/~tajima/jpsm07fl_slide.pdf

学会発表⑤の講演スライド:

<http://serv.aphy.u-fukui.ac.jp/~tajima>

/jpsm07sp_slide.pdf