

氏名(本籍)	しの はら さと し (栃木県)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 4226 号		
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	A New Configuration-Mixing Approach to Correlations Beyond the Mean Field and the Complete Spectroscopy of Nuclei (原子核の平均場を越える相関と完全なスペクトロスコピーに向けた新しい配位混合アプローチ)		
主査	筑波大学教授	理学博士	矢花 一 浩
副査	筑波大学教授	理学博士	石橋 延 幸
副査	筑波大学助教授	理学博士	小 沢 顕
副査	筑波大学講師	博士(理学)	中 務 孝
副査	筑波大学客員助教授	博士(理学)	丸 山 敏 毅

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、原子核の低励起状態に現れる多様な励起状態、例えば、粒子空孔励起、クラスター状態、超変形状態といった、異質な相関を持つ状態を、統一かつ非経験的に記述する試みを述べている。原子核構造論は長い歴史を持つ学問分野であるが、軽い原子核から重い原子核まで、それらの異質な励起状態を満足のいく形で記述できる理論は現在の時点で存在しない。本論文は、そのような状況を打破することを目指す、大変野心的な試みである。

論文の前半は、枠組みの説明に当てられている。申請者は、原子核の平均場理論に立脚したアプローチを展開している。原子核の平均場理論は、スキルム力に代表される有効核力を用いて、広範な原子核の基底状態を高い精度で記述する。励起状態に対しても、乱雑位相近似や生成座標法の有効性が知られている。しかし、それらの理論で記述できる励起状態は、限られているのが現状である。この現状を打破するために申請者がとったアプローチは、平均場解以外の多くの配位を混合すること、そして平均場近似ではしばしば破れている回転やパリティの対称性を、射影法を用いて回復することである。

まず、平均場解以外のスレーター行列式を準備するために、平均場解を求めるのにしばしば用いられる虚時間法を利用する。乱数を用いることによって、予断の入らない初期波動関数を多数用意し、それぞれから出発して虚時間法の計算を行う。それらは最終的には基底状態、あるいは局所平衡解に至るが、その前に経由する様々なスレーター行列式を保存し、配位混合計算に用いる。

実際に配位混合計算を行うと、基底の一次独立性や、角運動量射影における積分の離散化近似に起因する数値的不安定性現われることが見出されている。これを克服するために、一次独立性の高い基底の組を選出す手続きが詳細に述べられており、それによって安定な配位混合計算が可能となっている。BKN力を用い、異なる乱数による初期波動関数から出発した計算結果の比較は、乱数に対する依存性が小さいことを示しており、ここで提案された処方によって低励起状態の収束した解を得ることが可能となっていることを示して

いる。

論文の後半では、スキーム相互作用を用いた、いくつかの軽い原子核 (^{12}C , ^{16}O , ^{20}Ne) の記述が述べられている。それぞれの核において、低励起状態の粒子空孔励起や、クラスター励起等の回転バンド、励起エネルギーや E2 遷移が高い精度で記述されることが見出されている。従来、平均場ハミルトニアンを用いてクラスター状態を記述することは容易ではなく、特に ^{12}C 核に対して基底状態から励起状態まで満足のいく記述を与えたのは、初めてのことである。また、 ^{16}O 原子核の第一励起状態である O_2^+ 状態も、やや励起エネルギーが高すぎるものの、従来のクラスター模型と同程度の質では記述ができていた。 ^{20}Ne の反転 2 重項もよく再現しているが、基底回転バンドにおいて慣性モーメントが過大評価される問題が見られる。これらの結果は、クラスター模型や生成座標法など、核の変形を予め仮定した模型で得られる結果と比べても遜色のないものである。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文で提案された、平均場ハミルトニアンから出発して原子核の低励起状態に対する収束したスペクトルを求める試みは、これまでの原子核多体理論に例のない大変ユニークな試みである。虚時間法という基底状態に対して用いられる方法を、励起状態の記述に用いることは初めての試みであり、また 3 次元的な角運動量射影計算も、現実的な原子核の記述ではこれまでほとんど行われていない。これらの点から、本論文で提案されている新理論は、極めてオリジナリティの高いものである。いくつかの原子核に対して得られた結果はほぼ満足のいくものである。そして、今後多くの核種に対する応用、特に最近発展の著しい不安定原子核に対して、高く期待できる。このような新奇性の高い理論を打ち立てたことは、申請者の高い研究能力を如実に示すものであると言える。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。