

氏 名 (本籍)	おお た ひろ ふみ 太 田 寛 史 (千葉県)		
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 3649 号		
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 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	数理解物質科学研究科		
学 位 論 文 題 目	<b>Parity and angular momentum projection approach to light nuclei</b> (軽い原子核に対するパリティ及び角運動量射影によるアプローチ)		
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	松 本 秀 樹
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、パリティと角運動量という空間対称性を射影演算子の方法を用いて正しく取り扱った平均場理論を進展させ、軽い 4N 核に現れるクラスター構造や中性子過剰核における魔法数の破れなど、軽い原子核に現れる多様な構造の解明を行っている。

第 1 章は、原子核における平均 1 体場理論の概要と、空間対称性を正しく取り扱うことの重要性に関するレビューが与えられている。また、本論文が対象とする軽い 4N 核のクラスター構造や、中性子過剰な Mg アイソトープの研究の現状が述べられている。

第 2 章は、本論文で用いられる理論の枠組みが述べられている。空間対称性の回復は射影演算子の方法を用いてなされ、平均場近似はエネルギー密度汎関数を 1 粒子波動関数で変分することにより得られる。これらは通常平均場計算で得られた解に対して射影を行う、いわゆる変分後の射影により計算が行われる場合が多い。これに対して本論文では、パリティ射影後の波動関数を用いて構成したエネルギー密度に対して変分を行なう、いわゆる射影後変分を行っていることが特徴である。このような枠組みは以前から提案されているが、現実的な Skyrme 力を用いた系統的な計算はなされておらず、本論文が初めての試みである。この射影後の変分計算により得られる原子核の密度分布は、一般に軸対称性や鏡映対称性を持たないため、変分後に行われる角運動量射影では 3 次元的な回転の取り扱いが必要になる。本論文では、角運動量射影に関して各 1 粒子軌道を陽に回転する方法を考案し、3 次元的な回転操作を含む射影計算を遂行している。これらの計算は、任意の変形自由度を表現することが可能な 3 次元格子表現を用いて行われている。3 次元格子表現を用いた 3 次元的な角運動量射影の計算は過去になされておらず、本論文で初めて行われた試みである。

第 3 章では、計算の結果が述べられている。前半で軽い  $N = Z$  の原子核である  $^{20}\text{Ne}$  と  $^{12}\text{C}$  に関する結果が述べられている。これらの原子核は、基底状態が殻模型で表現されるとともに、励起状態に多様なクラスター状態が表れることが知られている。しかし、単なる平均場計算ではクラスター構造に相当する解の多くは得ることができない。また、クラスター状態は負パリティにおいて発達して現れることが知られている

が、平均場計算で得られる状態は鏡映対称な正パリティの解である。これに対して本論文で遂行されたパリティ射影後の平均場計算では、負パリティに現れるクラスター構造を表現することができる。特に  $^{20}\text{Ne}$  核では、負パリティに殻模型的な状態とクラスター的な状態が、2つの局所安定解として得られている。角運動量射影を行って得られた回転スペクトルや遷移強度は、実験結果を一定の精度で記述している。 $^{12}\text{C}$  核については、通常の Skyrme 力を用いたのではスピン軌道力が強く、観測されている基底状態の回転スペクトルが記述されないことが言及され、20%弱めたスピン軌道力を用いることにより励起スペクトルが再現されることが示されている。

第3章の後半は、Mg アイソトープの構造に関する結果が報告されている。陽子数と中性子数が異なる不安定核の研究は、現在活発な研究が進んでいる分野である。その中で、中性子過剰な Mg のアイソトープでは中性子数 20 の魔法数の破れに関する関心が高まっている。本論文は、パリティ射影後の平均場解に角運動量射影を遂行して、回転エネルギーの効果を考慮した基底状態の分析を行っている。さらに、回転励起エネルギー準位の分析と負パリティ励起準位の予言を行っている。その中で特筆されることは、角運動量射影により回転エネルギーを考慮することで、中性子数が 20 の魔法数の破れを平均場計算の枠組みで示すことができた点である。従来の平均場計算では、この回転相関エネルギーの評価が行われておらず、魔法数の破れを記述することが困難であることが指摘されていた。また遷移強度の計算が実験と比較され、中性子数の変化に伴う換算遷移強度の変化の定性的な振る舞いが良く記述されていることが示されている。

第4章では、本論文のまとめと今後の展望が述べられている。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、パリティ射影後の変分計算による平均場理論の拡張と、3次元的な角運動量射影法の開発、そしてこれらの手法の軽い核の構造に対する応用が報告されている。現実的な相互作用を用い、3次元格子表現という自由度の高い記述でなされた計算としては、パリティ射影後の変分計算、3次元的な角運動量射影ともにこれまでに例のない初めての試みであり、高い独創性を示すものである。この理論を用いて、軽い原子核に現れる殻模型状態とクラスター状態を共通の基盤から統一的に記述することが可能になった。このことはクラスター構造の発現のメカニズムについて重要な知見をもたらしている。また中性子過剰な Mg アイソトープの分析では、 $N = 20$  の魔法数の破れを平均場理論の立場から記述することに成功し、回転相関エネルギーが重要な役割を果たすことが明らかにしている。これらの成果は、原子核の構造研究を大きく進展させるものであり、著者の高い研究能力とその実績を示すものであると考えられる。

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。