

氏 名	こ ばやし まさ と 小 林 将 人
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2868 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	A Microscopic Study of the Shape Coexistence Phenomena by Means of the Adiabatic Self-consistent Collective Coordinate Method (断熱的自己無撞着集団座標法による変形共存現象の微視的研究)
論文調査委員	(主 査) 助教授 松 柳 研 一 教 授 堀 内 昶 教 授 中 村 卓 史

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、有限量子系の大振幅集団運動を記述する目的で最近松尾たちによって提案された adiabatic self-consistent collective coordinate (ASCC) method (断熱的自己無撞着集団座標の方法)を、原子核におけるオブレート変形状態とプロレート変形状態の共存現象に適用し、二つの平衡変形をつなぐ collective path (集団経路)を微視的に抽出することに世界で始めて成功した成果をまとめたものである。前半では、ASCC 法を多重 O(4)モデルと呼ばれる可解モデルに適用し、厳密解と比較することによって理論の信頼性を検証した仕事がまとめられ、後半では、最近の実験で発見された陽子過剰 $N=Z$ 核 ^{68}Se と ^{72}Kr におけるオブレート-プロレート変形共存現象を ASCC 法を用いて解析した結果がまとめられている。以下、それぞれの要旨を述べる。

(1) オブレート-プロレート変形共存現象の可解モデルに対する ASCC 法の適用：原子核を四重極変形させようとする核子間の四重極相関と、原子核を球形に保ち超伝導性をもたす対相関の競合をモデル化した可解モデルである多重 O(4)モデルに ASCC 法を適用し、その結果を厳密対角化計算によって得られた量子スペクトルと比較することによって、球形から四重極変形への構造転移が ASCC 法によってよく記述できることを示した。更に、オブレート変形状態とプロレート変形状態の間のポテンシャル障壁を透過するトンネル効果による量子準位エネルギーの分離もよく再現できることを示した。このようにして、現実の原子核現象を議論する前提として、その解析に適用する ASCC 法が大振幅集団運動を記述する上で信頼できる理論であることを確めた。

(2) ^{68}Se と ^{72}Kr におけるオブレート変形状態とプロレート変形状態をつなぐ集団経路の ASCC 法による導出：ASCC 法の基本方程式である運動座標系での(一準粒子基底を決定する)Hartree-Fock-Bogoliubov 方程式と(集団経路の各点において局所的な基準モードを決定する)運動座標系での準粒子 RPA 方程式を連立させ、それらの自己無撞着解を数値的に求める新しいアルゴリズムを開発した。その手法を用いて ^{68}Se と ^{72}Kr におけるオブレート変形状態とプロレート変形状態をつなぐ集団経路を決定することに成功した。この研究によって、集団経路は球対称点を通過せず、軸対称性を破る非軸対称四重極変形を経由して二つの平衡変形状態がつながっていることが明らかになった。この理論計算の結果は同様の現象に対する他のほとんどの理論計算で無視されている非軸対称四重極変形がこれらの原子核における変形共存現象のダイナミクスにおいて本質的な役割を果たしていることを示唆している。更に、集団運動の質量がオブレート平衡変形点近傍で増大することを見つけた。この結果はダイナミクスがオブレート変形状態の安定性に寄与することを示唆している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者は ASCC 法(断熱的自己無撞着集団座標の方法)を、最近の実験で発見された陽子過剰不安定核 ^{68}Se と ^{72}Kr におけるオブレート変形状態とプロレート変形状態の共存現象に適用し、二つの異なる平衡変形をつなぐ集団経路を微視的に決定することに世界で始めて成功した。この研究によって、集団経路は球対称点を通過せず、軸対称性を破る非軸対称四重極

変形を経由して二つの平衡変形状態がつながっていることが明らかになった。

原子核における大振幅集団運動を記述することのできる微視的理論を開発する課題は1970年代から開始され長い歴史がある。1960年代に原子核の各種の振動運動を微視的に記述する理論として準粒子 RPA 理論が確立し、その発展として、1970年代以降、ボソン展開法など非調和振動を記述する仕事が増えに行われた。その目標は平衡点近傍の小振幅振動を記述する準粒子 RPA 理論の概念を拡張して核分裂や重イオン衝突の過程で見られる平衡点から遠く離れた大振幅の振動運動を記述することであった。しかしながら、多くの仕事にもかかわらず、そのような試みは多くの深刻な困難に直面し、現在に至るまで満足な理論は建設されていない。そのような状況にあったが2000年に松尾、中務、松柳によって ASCC 法が提案された。この方法は時間に依存する一般化された平均場理論に基づいており、以前1980年に丸森、益川、坂田、栗山によって提案され非調和振動の記述に大きな成果を収めていた自己無撞着集団座標の方法を平衡変形が複数ある場合にも適用可能なように拡張したものであった。

申請者はこの新しい理論形式を最近の実験で発見された変形共存現象に適用するために、可解モデルを用いてその理論形式の信頼性を検討することからはじめ、ASCC 法を現実の原子核に適用する際に必要とされる基本方程式の自己無撞着解を効率よく求めるための数値計算アルゴリズムの開発、それに基づく数値計算コードの構築をやり遂げ、大規模な数値計算を遂行して、 ^{68}Se と ^{72}Kr におけるオブレート変形状態とプロレート変形状態の共存現象を分析し、二つの異なる平衡変形をつなぐ集団経路を微視的に求めることに世界で始めて成功した。こうして申請者は同様の現象に対する他のほとんどの理論計算で無視されている非軸対称四重極変形がこれらの原子核における変形共存現象のダイナミクスにおいて本質的な役割を果たしていることを示唆した。更に、申請者は集団運動の質量がオブレート平衡変形点近傍で増大することを見つけた。この結果はダイナミクスがオブレート変形状態の安定性に寄与することを示唆している。申請者のこの仕事は大振幅集団運動の微視的理論を始めて現実の原子核現象に適用したものであり、原子核構造理論の歴史のなかで新たな一歩を築いたものである。その意義は極めて大きい。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行なった結果、合格と認めた。