

Microscopic study of various high-spin rotational states by the angular momentum projection method

嶋田, 充宏

<https://doi.org/10.15017/1654644>

出版情報 : 九州大学, 2015, 博士 (理学), 課程博士
バージョン :
権利関係 : 全文ファイル公表済

氏 名	嶋田 充宏
論 文 名	Microscopic study of various high-spin rotational states by the angular momentum projection method (角運動量射影法による様々な高速回転状態の微視的研究)
論文調査委員	主 査 九州大学 准教授 清水 良文 副 査 九州大学 教授 八尋 正信 副 査 九州大学 教授 森田 浩介

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

原子核は有限個の核子（中性子と陽子）からなる非常に相関の強い量子多体系であり、極めて多様な運動様式を示す。その中でも特に興味深いのは集団的回転運動である。非線形性の強い核子間相互作用を反映して、多くの原子核では球対称性を自発的に破り変形した平均場を生じるが、この破った回転対称性を回復する運動として現れるのが集団的回転運動であり、対称性をどう破るかに応じて色々な回転運動が起こりうるからである。近年、適切な有効相互作用を用いた平均場理論によって、変形した平均場中を運動する核子を基礎とした微視的立場から原子核構造を理解する取り組みが発展してきている。この時、集団的回転運動を量子力学的に記述するためには、破れた対称性を回復し角運動量の固有状態として多体量子状態を得ることができる理論的枠組みを用いる必要がある。このような微視的理論の枠組みとして角運動量射影法がある。角運動量射影法は古くから知られた方法であるが、一般的な変形をした平均場状態からの射影計算は回転のオイラー角に関する多重積分を含んでいるために多大な数値計算を必要とし、これまであまり応用されて来なかった。本研究ではこの角運動量射影法を用いた複雑な数値計算を実行し、微視的立場から原子核の種々の興味深い回転状態を研究するものである。

本論文では以下の3つの課題に取り組み、以下のような大きな成果を上げた。第一に、近年実験的研究が進んできた、中性子数が陽子数よりずっと多い不安定核であるマグネシウム同位体原子核において、安定核では変形を起こさないと考えられている魔法の数の近傍核においても大きな変形が起こり、回転状態が現れる機構を明らかにした。特に「無限小クランキング」という我々のグループで開発してきた方法と、複数の異なる変形平均場状態を重ね合わせる配位混合法を組み合わせるにより、最近観測された回転状態を見事に説明することに成功した。この時エネルギースペクトルだけでなく、電磁遷移確率と原子核半径を合わせた3つの物理量を同時に実験データと合わせられることを示せたことが新しい成果である。

第二は、古くから知られている典型的な回転スペクトルを示す中重核の領域における高スピン基底状態回転バンドの研究である。高スピン状態では、角運動量射影を行う平均場状態として有限角速度で回したクランキング状態を取るにより、精度良く回転バンドを記述されることが期待される。しかし、その時どの角運動量状態に対してどの角速度の平均場を用いるべきかを決定することが困難であり、これまで角運動量射影法を適用することは簡単ではなかった。本研究ではいくつかの有限の角速度を持つ状態を重ねあわせることによって、回転バンドの慣性能率の角運動量依存性を見事に説明することに初めて成功した。この時、重ねあわせる状態は比較的少数でよく、また

最終結果は選んだ角速度の値にほとんど依らないことを示した。このような方法の可能性については50年以上も前にパイエルスとサウレスが指摘していたが、世界で初めて実際にその有効性を実証できたことは大きな成果である。

第三の課題は、基底状態近傍では存在せず、近年高スピン状態で始めて観測されてきた興味深い特異な回転状態である、ウォブリング回転運動（首振り回転運動）及びカイラル二重項回転バンド（右手系と左手系の対称性に基づく縮退した二重回転バンド）の研究である。これらはいずれも巨視的模型によって解釈されてきたが、本研究のような核子の自由度から出発した微視的立場から、特に角運動量射影法を用いて研究されることはほとんど無かった。本論文では、これらの特異な回転バンドが確かに従来からの巨視的模型の解釈を許すものであり、なおかつその特徴がエネルギースペクトルだけでなく、電磁遷移確率においても見事に反映されることを示すことに成功した。これは核子多体系としての原子核が集団的回転運動という運動様式において、確かに巨視的な振る舞いをすることを微視的立場から明らかにしたものであり、重要な結果である。

以上の結果は、原子核物理学の分野において価値ある業績と認められる。よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。