

論文審査の結果の要旨

氏名 郷 慎 太 郎

本論文は、原子核の高角運動量(スピン)状態に現れる超変形状態の発現機構を実験的に研究したものである。全6章からなる。

第1章は導入であり、研究の背景と戦略が概観される。

高スピン状態の原子核は、長軸と短軸が約2:1の比を持つような非常に大きな変形(超変形)状態をもつ。1960年に ^{242}Am 核で初めて発見されて以降、原子核の高スピン状態の研究において中心的なトピックとして研究されてきた。大型ゲルマニウム検出器アレイの発展に伴い、様々な質量領域において発見されてきたが、最近では質量数40領域の超変形状態の発見報告が相次いでいる。

その発現は変形殻模型における超変形殻ギャップにより予想され、質量数40領域における超変形相の発現にはsdpf軌道を含んだ多粒子多空孔励起で記述されると考えられている。特に負パリティの $f_{7/2}$ 軌道の関与が重要な役割を果たしていると期待されるが、その実験的な証拠は存在しなかった。これまで本領域の偶質量核で発見されている超変形回転バンドは正パリティ状態として同定されているためである。一方、奇質量核の原子核の励起状態には負パリティ状態が想定可能であり、その超変形状態を発見することができれば、負パリティの軌道の関与を明らかにできる。本研究では、その陽子数から超変形相の存在が期待される硫黄同位体のうち、奇質量核 ^{35}S における負パリティの超変形状態を探索する。

委員会は、原子核物理学における高スピン状態、超変形状態の位置づけ、その研究の現状が的確に記述されており、その発現機構研究の新奇性が明快に示されていると評価した。

第2章では、本研究の目的を達成するために行った実験について書かれている。まず、日本原子力研究開発機構タンデム加速器実験施設で実験を行い、 ^{35}S の高スピン状態を生成する上で最適なビームエネルギーを決定した。 ^{26}Mg 標的に ^{18}O ビームを照射し、核融合蒸発反応を用いて生成した ^{35}S からの脱励起ガンマ線をゲルマニウム検出器アレイGEMINI-IIによって測定した。高励起状態と低励起状態から放出されるガンマ線の相対強度を用い、最適なビームエネルギーを80 MeVと決定されることが第3章で示される。

次に、オルセー原子核研究所のタンデム加速器実験施設において同一の反応を用いて ^{35}S の高スピン状態を生成した。 ^{35}S からの脱励起ガンマ線をゲルマニウム検出器アレイORGAMで測定し、核融合生成物から放出される蒸発粒子をターゲット周りに配置した

シリコン検出器 Si-Ball を用いて測定した。ORGAM と Si-Ball を組み合わせた測定を行うことで、核融合蒸発反応による反応チャネルを識別し、信号・雑音比の優れたガンマ線核分光実験が可能となった。

主となる検出器に加え、実験計画時のシミュレーション、本人が注力したデータ取得系の記述がなされており、内容は十分であると評価した。

第 3 章はデータ整理を詳述している。Si 検出器とゲルマニウム検出器のデータ整理について標準的な解析手法が説明される。続いて、 γ 線角相関と遷移のスピン・パリティの関係が整理され、さらに、余剰ドップラーシフト法が導入される。

新しい解析手法を打ち出したこの部分は、もっとも独創的であり、 ^{34}S 核の例を含めて、十分な記述がなされていると評価した。

第 4 章では実験・解析結果を統合して ^{35}S の準位スキームが構築される。高スピン状態間の遷移(遷移エネルギー 1576 keV)が同定され、半減期が 25 fs 程度と短く、Weisskopf 単位で想定される半減期より約 340 倍早い電気四重極(E2)遷移であることが分かった。また、関与する高スピン状態が負パリティの状態であることが示唆された。

委員会では、余剰ドップラーシフト法による解析の正当性と系統誤差の定量性が審議されたが、信頼度の高い記述がなされていると結論づけた。

第 5 章は考察である。

殻模型計算との比較から、新たに発見した高スピン状態は単純な(球形の)殻模型計算では再現できないことが明らかになった。今回の研究で発見した高スピン状態からの半減期の短い E2 遷移は超変形した原子核の回転準位という描像に近いことが示唆される。また、実験結果の示す負パリティの高スピン状態は、その発現に $f_{7/2}$ 軌道が関与していることを支持する。さらに、慣性モーメントの位置づけが考察され、他の硫黄同位体との比較が行われている。

殻模型計算は本人によって行われており、実験結果の解釈は適切であると評価した。

第 6 章は結論である。 ^{35}S 核の準位スキームが励起エネルギー 10 MeV まで進められたこと、新たに超変形回転バンドのメンバーとなる負パリティ準位を同定し、寿命を測定したこと、負パリティの $f_{7/2}$ 軌道の関与が支持されることをまとめ直している。

なお、本論文の実験はともに 25 人程度のグループによる共同研究であるが、論文提出者が実験計画を行い、測定を主導し、データ整理、解析および解釈を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。