

氏 名	あい ば ひろ かず 相 場 浩 和
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 1274 号
学位授与の日付	平成 2 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学位論文題目	転移領域核の非調和集団運動の微視的記述

論文調査委員 (主 査) 教授 玉垣良三 教授 小林晨作 教授 井上 信

論 文 内 容 の 要 旨

転移領域核とは、質量数が中位の原子核の領域で、その形状が球形から楕円体的変形に移るところに位置し、形状のゆらぎが大きい核をいう。これに対応して、その運動様式も球形核の調和振動或は変形核の回転運動といった記述では捉えきれない多様性を示す。申請論文で対象とした偶-偶核、セレン同位体 ($^{76}, ^{78}\text{Se}$) 及びルテニウム同位体 ($^{100}, ^{102}, ^{104}\text{Ru}$) は、そのような転移領域核であり、表面振動の 2 フォノン状態 (スピン・パリティ $J^{\pi}=0^+, 2^+, 4^+$) の一つである第一励起 0^+ 状態 (0_2^+ 状態) の励起エネルギーの中性子数依存性の特徴——2 フォノン $2^+, 4^+$ 状態に比して、 ^{76}Se では小さく ^{78}Se では大きい、また $^{100}, ^{102}\text{Ru}$ では小さく ^{104}Ru では大きい——により注目されている。このことは、電磁遷移確率の調和振動的様相からのずれと合わせて、集団運動での非調和効果が重要であることを示唆しており、申請論文はこの問題についての微視的理論による研究である。

この集団運動の非調和効果に関しては、これまでボソン展開法などを用いて、多くの研究がなされてきたが、中性子数依存性の問題は未解決のままに残っていた。ボソン展開法では、 $J^{\pi}=2^+$ の集団モードを多数積み重ねて作った多重フォノン空間を集団運動部分空間としてアприオリに想定する。それ故、多重フォノン空間では無視されている非集団的自由度からのくり込み効果を評価する必要があるが、今迄の研究ではモード・モード結合効果は不十分にしかとり入れられていない。

申請者は、このような状況の解明に適切な理論的枠組として、丸森、益川、坂田、栗山によって提案された理論形式——時間依存ハートリー・フォック方程式の不変原理に基づく自己無撞着集団座標法 (self-consistent collective coordinate method) ——を採用し、モード・モード結合効果を自己無撞着にくり込んで集団部分空間を構成した。

このように定式化した理論を Se 及び Ru の同位体の非調和集団運動に適用、分析した。分析の際に用いる有効相互作用としては、従来よく用いられる四重極対相関力と対相関力の他に、BCS 近似で破られる局所ガリレイ不変性を回復するために四重極対相関力を加え、さらに密度と平均場の自己無撞着性をより

高次まで保障するために有効三体力をとり入れて、改良したものをを用いた。

数値計算を実行し、考察を行った結果、大要以下の結論を得ている。(1)問題にした Se と Ru の同位体の励起エネルギー、特に O_2^+ 状態の中性子数依存性を再現しうる。(2)モード・モード結合効果の分析によれば、中性子の対振動モードとの結合効果が特に大きく、 O_2^+ 状態の励起エネルギーの著しい低下をもたらし、中性子数依存性を左右している。(3)他の非集団モードは、個々の結合効果は小さいが、殆んどのモードがコヒーレントに作用しており、励起エネルギー及び電磁遷移の実験データを再現するには、すべての非集団モードとの結合効果を取り入れることが必要である。

この結果に基づき、転移領域核の集団運動の非調和効果で未解決であった第一励起 0^+ 状態の問題は基本的には解決されたと、申請者は結論している。

参考論文は、本論文の研究を発展させたもので、本論文の論旨を補強する内容となっている。

論文審査の結果の要旨

転移領域核の集団的励起状態には、低エネルギーであるにも拘らず非調和効果が大きく、未解決な部分がある。申請者が取り組んだ問題、即ち球形核の表面振動の 2 フォノン状態の三重状態 (0^+ , 2^+ , 4^+) の一つである第一励起 0^+ 状態 (O_2^+ 状態) にかかわる問題もその一つである。

申請論文以前の研究は、概要次のような状態にあった。ボソン展開法を Ru 同位体に適用した初期の研究 (Lie & Holtzwarth, 1975) では、2 フォノン状態の励起エネルギーがあまりにも大き過ぎ、また O_2^+ 励起エネルギーの中性子数依存性も再現できなかった。その後、非集団モードとの結合を一部とり入れた研究 (Tamura, Weeks & Kishimoto, 1980) では、前者の問題点は解決されたが、後者の問題は未解決で残った。

申請者は、従来の研究では集団モードと非集団運動モードとの結合が系統的にとり入れられていない点に着目し、それを可能にする理論的枠組として自己無撞着集団座標法を用いたことは、適切であった。これによって、従来無視されてきたモード・モード結合効果を定量的に評価することが可能になり、中性子数依存性を左右している微視的機構を明らかにすることが出来た。計算及び結果の分析は徹底しており、Se 及び Ru 同位体における非調和的集団運動に関する知見は、高く評価できる内容となっている。

本論文では対象を Se, Ru 同位体に限ったが、ここで得られた成果は、今後他の転移領域核に研究を拡げていく上での足場となりうるので、今後の進展が期待できる。

要約すれば、申請論文は転移領域核において長い間未解決であった問題に解答を与え、原子核における集団運動の微視的理論の発展に重要な寄与をなした研究と言える。

よって本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。

なお、主論文及び参考論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。