

氏 名	藤 原 義 和 ふじ わら よし かず
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 577 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 7 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	Clustet-Structure Study of ^{20}Ne by “($^{16}\text{O}-\alpha$)+($^{12}\text{C}-^8\text{Be}$)” Coupled Channel Orthogonality Condition Model “($^{16}\text{O}-\alpha$) + ($^{12}\text{C}-^8\text{Be}$) ” チャンネル結合直交条件模型による ^{20}Ne の クラスター構造の研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 玉 垣 良 三 教 授 柳 父 琢 治 教 授 小 林 農 作

論 文 内 容 の 要 旨

原子核 ^{20}Ne における低い励起状態の構造の理解は、 $^{16}\text{O}-\alpha$ 弾性散乱、種々の移行反応等の多くの実験データの蓄積と、殻模型、 $^{16}\text{O}+\alpha$ クラスター模型等による詳しい理論的研究により、近年飛躍的に進展した。その構造の主要な特徴は、励起エネルギー約 10 MeV 以下の殆んどすべての状態は、以下にのべる $K^\pi=0_1^+ \sim 0_4^+, 0^-, 2^-$ をもつ回転バンド (K は対称軸方向の角運動量射影, π はパリティを示す)のいずれかに分類されること、および殻模型的構造と $^{16}\text{O}+\alpha$ クラスター構造との遷移・共存現象が $K^\pi=0_1^+, 0_2^+, 0_4^+, 0^-$ バンドで豊富に見られることである。

しかしながら、 $K^\pi=0_3^+$ および 2^- バンドについては、クラスター模型による研究は殆んどなされておらず、特に $K^\pi=0_3^+$ バンドは、その特異な性格の故に殻模型でも再現されていない。 $K^\pi=0_3^+$ バンドに属する状態の実験的特徴は、proton strength, α 崩壊幅とも小さく、 ^8Be 移行反応で選択的に励起されることであり、閉殻 ^{16}O に対して $8p-4h$ 的性格 (p は粒子, h は空孔を意味する)をもつと予想される。

申請論文は、クラスター模型の立場から、 $K^\pi=0_3^+$ バンドを解明し、従来の理解をも包括する理論を目標とした研究である。このため申請者は、従来その重要性が指摘されてきた、 $^{16}\text{O}+\alpha$ 模型空間以外に、 $K^\pi=0_3^+$ バンドが $^{12}\text{C}+2\alpha$ 的性格を持つという視点にたって、 $^{12}\text{C}+^8\text{Be}$ 模型空間を導入する。取扱う方法としては、参考論文 3 (堀内と玉垣との共著)で展開した組替チャンネルを含むチャンネル結合直交条件模型を用いる。まず、この模型空間が ^{20}Ne 核の問題としている状態をすべて記述しうる広さを持つことを示し、 $^{16}\text{O}+\alpha$ チャンネルにおける連続状態について正しい散乱境界条件の取り扱いのもとに、共鳴状態としてエネルギー準位、 α 崩壊幅、波動関数を求め、それにより電氣的遷移確率を検討した。

研究によってえられた主要な結果は、以下のようにまとめられる。

- 1) $K^\pi=0_3^+$ バンドは、実験の特徴に対応した良く成長した $^{12}\text{C}(0^+)+^8\text{Be}(0^+)$ 的クラスター構造をもつ状態として記述され、はじめて理論的説明が与えられた。
- 2) $K^\pi=0_1^+, 0_4^+, 0^-$ バンドについては、これまで $^{16}\text{O}+\alpha$ 模型等でえられてきた結論は、ほぼその

まま再現される。即ち、 $K^\pi=0^-$ バンドは良く成長した $^{16}\text{O}+\alpha$ 的クラスター構造をもつものに対して、 $K^\pi=0_1^+$ バンドは殻模型的構造と $^{16}\text{O}+\alpha$ 的クラスター構造との遷移的性格をもつ。 $K^\pi=0_4^+$ に属する状態は、 $^{16}\text{O}-\alpha$ 弾性散乱で幅の広い共鳴としてえられ、いわゆる higher nodal states と呼ばれる状態である。

3) $K^\pi=0_2^+$ バンドは、この模型では $^{12}\text{C}+^8\text{Be}$ 模型空間で表現された殻模型的構造をもつ状態群として記述される。このバンドに属する状態は、 2_2^+ 以外はかなり大きな α 換算幅をもつが、計算では十分に再現されていない。この理由の分析を通じて、大きな α 換算幅の原因となっている $K^\pi=0_4^+$ バンド状態との混合が採用した有効 2 体力に敏感に依存すること等、このバンドの状態群の複雑さの内容を明らかにした。このことは、今迄の友田・有馬による $^{16}\text{O}+\alpha$ 模型空間を含むよう拡張された殻模型、および根本等による $\alpha-^{12}\text{C}-\alpha$ 的線型配位の生成座標法による検討によりえられた結果に対応する。

4) $K^\pi=2^-$ バンドは、 $^{12}\text{C}+^8\text{Be}$ 模型空間で表現され、閉殻 ^{16}O に対して 5P-1h 的性格の殻模型的構造をもつ状態として再現される。しかし、 $^{12}\text{C}+^8\text{Be}$ 的成分がかなり大きく、このバンド内の E2 遷移を大きくしている。このバンドに属する 3^- 状態から基底状態への E3 遷移は、実験的には 1 粒子強度の 7 倍程度の値が示されているが、計算では再現されていないという問題点がある。

さらに以上の 6 つの回転バンドに分類されない、より高い励起状態について、計算結果に基づくいくつかの予言を行なっている。

以上の結果にたつて、申請者は、バンド間の混合度に関係した問題点がいくらか残るものの、 ^{20}Ne の励起エネルギー約 10 MeV 以下の殆んどすべての状態の基本的特徴は、この模型により良く理解できると結論している。

論文審査の結果の要旨

申請者が研究対象とした原子核 ^{20}Ne は、実験的には、 $^{16}\text{O}-\alpha$ 弾性散乱、移行反応等のデーターの蓄積と、理論的には殻模型、 $^{16}\text{O}+\alpha$ クラスター模型等による詳しい検討が行なわれている典型的な原子核の一つである。近年の研究の進展の結果、 ^{20}Ne の構造の特徴は、多様な回転バンドをなす状態群の存在と、殻模型的構造と $^{16}\text{O}+\alpha$ 的クラスター構造との遷移・共存という様相にあるとの認識がえられてきている。

しかし、従来の理論的研究において殆んど研究が進んでいない状態群として、励起エネルギー 7.19 MeV の 0_3^+ 状態から始まる $K^\pi=0_3^+$ バンドがある。このバンドは、proton strength, α 崩壊幅とも小さく、 ^8Be 移行反応で選択的に励起される状態であることが実験的に示されていて、殻模型的記法では 8p-4h 的性格をもつことが予想される。クラスター模型の立場からは、 $^{12}\text{C}+2\alpha$ 的性格のものと予想されるが、これは 3 体クラスター系で、しかも ^{12}C が内部励起を起し易いことから、理論的取扱い是非常に難しいと考えられてきた。申請者の研究は、多体クラスター系での状態分類についての堀内等による最近の研究の進展をふまえ、理論的に未解決の $K^\pi=0_3^+$ バンドを解明すると共に、従来扱われてきた 5 つの回転バンド ($K^\pi=0_1^+$, 0_2^+ , 0_4^+ , 0^- , 2^-) を含めた包括的理解を目的としたものである。

この目的のため、申請者は、 $^{16}\text{O}+\alpha$ 模型空間以外に $^{12}\text{C}+^8\text{Be}$ 模型空間を導入した。クラスター模型

空間が重要な殻模型空間を含むことに注目すると、この模型の特徴は、従来取り扱われてきた殻模型的構造、 $^{16}\text{O}+\alpha$ のクラスター構造と同時に、それとは全く異なった $^{12}\text{C}+^8\text{Be}$ 的クラスター構造を取扱えるという点にある。また、研究をすすめる上での方法として採用したのは、組替えチャンネルを含むチャンネル結合直交条件模型であり、従来非弾性チャンネルを含む場合に主に採用されてきたこの方法を核子の組替えを含むクラスター系の結合チャンネルが扱えるよう発展させたものである。

研究の結果、 $K^\pi=0_1^+, 0_2^+, 0_4^+, 0^-$ バンド状態の構造についての従来の認識をこの模型で再確立すると同時に、これまでクラスター模型では取り扱いえなかった $K^\pi=2^-$ を記述し、更に $K^\pi=0_3^+$ バンドに属する状態群の実験的特徴に対応したよく成長した $^{12}\text{C}(0^+)+^8\text{Be}(0^+)$ 的クラスター構造をもつ状態群をえている。また、 α 崩壊幅、電気的遷移の徹底した分析を行い、バンド間の混合度に起因する若干の問題点は残るものの、各回転バンドの基本的特徴を再現している。さらに、上述の6つの回転バンドに分類されないより高い励起状態群について、計算結果に基づいていくつかの予言を行い、今後の研究への示唆を与えている。

要約すれば、申請論文は従来理論的に未解決であった ^{20}Ne の状態群に解明を与え、従来の認識も含めて、 ^{20}Ne 核の構造に包括的理解を与えたものと言える。この成果は、軽い原子核の構造を理解する上で要の位置を占める ^{20}Ne 核に関して、世界的にみて最も進んだものであり、高く評価できる。参考論文3は、この申請論文の先駆となった研究であり、参考論文1, 2は ^{12}C の3 α 的クラスター構造の研究であり、いずれも申請者のすぐれた研究能力学識とを示すものといえる。

以上のように、申請論文は、軽い原子核の領域における研究の進展に重要な寄与をなしたものと評価できる。

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。