

氏名	伊藤 正 俊
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第2588号
学位授与の日付	平成15年3月24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	Compressional-mode giant resonances in deformed nuclei (変形核における圧縮モード巨大共鳴の研究)

論文調査委員 (主査) 助教授 坂口 治隆 教授 今井 憲一 教授 谷 森 達

論文内容の要旨

本申請論文は、原子核が変形したとき、巨大単極共鳴、あるいはアイソスカラー巨大双極共鳴などの圧縮性巨大共鳴がどのような影響を受けるかをアルファ粒子非弾性散乱の実験から初めて系統的に調べたものである。

圧縮モード巨大共鳴を非弾性散乱で励起するには、散乱の角度分布が 0° - 2.0° の超前方角度で最大になるため、この角度領域を測定することが最も効果的である。しかし、入射粒子と散乱粒子が同種粒子である為、ビームに起因する様々なバックグラウンドが発生し、非常に測定が困難な実験である。この実験では、ビームの止め方の異なる3種類の測定装置設定を用い、大型磁気スペクトロメータの光学的性質を利用してバックグラウンドを評価することで、 α 非弾性散乱の角度分布を測定することに成功した。特に、 2° - 5° では、新たにファラデーカップを設置することで、測定を可能とした。

また変形した原子核においては、圧縮モード巨大共鳴が表面振動モードである、巨大四重極共鳴(GQR)や高エネルギー八重極共鳴(HEOR)と結合するなどの効果が現れることが理論的に予測されているが、圧縮率自体は変形の影響を受けないとされている。そこで、圧縮モード巨大共鳴における変形の影響を、様々な変形度の原子核を用いて系統的に調べることで、変形と圧縮率に対する理解を深め、圧縮率を求めた。

実験は、大阪大学核物理研究センターのリングサイクロトロン加速器を用いて行なった。球形核である ^{144}Sm から、 ^{148}Sm , ^{150}Sm , ^{150}Sm , 変形度0.324の変形核である ^{154}Sm までの原子核を標的として、386MeVの α 非弾性散乱を測定した。

このようにして得られた角度分布を、多重極分解法(MD法)と呼ばれる解析方法を用いて、 $L=0$ から3までの巨大共鳴の強度分布を抽出した。MD法で抽出した強度分布は、モデル依存性を含んでいるが、各巨大共鳴が期待される励起エネルギー領域では、安定した結果が得られた。GMRとGQRに関して、得られた強度分布と理論計算の結果とを比較したところ、圧縮モードの強度中心は非常に良い一致を示したが、GMRとGQRの混合から生じる強度に対しては、予想よりも0.6MeV程高い励起エネルギーに存在していた。一方、ISGDRに関しては、励起エネルギーの低い $1\hbar\omega$ 遷移と高い $3\hbar\omega$ 遷移に対応する2成分が存在しており、それぞれの成分で変形の影響が異なっていた。圧縮モードである $3\hbar\omega$ の成分は、変形に対する強度分布の変化が小さいのに比べ、 $1\hbar\omega$ の成分は、変形に対し、強度が大きく、分布の幅が広がっていた。変形核におけるISGDRの強度分布は、本研究が世界で最初の実験データであり、2成分の起源の理解に役立つものと思われる。また、ISGDRとHEORの強度は、変形により混合することが予想されているが、その可能性を示す証拠も得られたと報告している。

論文審査の結果の要旨

原子核の圧縮率に関連した巨大共鳴である巨大単極共鳴、およびアイソスカラー巨大双極共鳴は共鳴エネルギーが核物質の基本量の一つである圧縮率に関係しているので重要な物理量とされてきた。にもかかわらず、この測定にはゼロ度を含む超前方での非弾性散乱測定が実験面で非常に困難な為、これまできれいなデータがなく、長い間問題になっていた。本研

究は超前方をきれいに測定する装置を新たに考案し、バックグラウンドを実効的に殆んどない状態で、変形核での巨大共鳴、巨大双極共鳴の測定を初めて成功させたものである。測定したターゲットはサマリウムアイソトープ、 ^{144}Sm 、 ^{148}Sm 、 ^{150}Sm 、 ^{152}Sm 、 ^{154}Sm 、で中性子数が多くなるにつれて球形の原子核から典型的な変形した原子核へと変化していくことが知られている。これらのアイソトープでの圧縮性巨大共鳴を系統的に調べることによりこれらの巨大共鳴に対する変形の影響を詳しく調べたものである。これらの研究はクリーンなスペクトルが前方領域で得られるようになって初めて可能になるものである。

実験は、大阪大学核物理研究センターにおいて、Grand Raiden 磁気スペクトロメーターの付属装置として、ゼロ度測定装置、超前方測定装置を新たに開発して行った。

本研究の実験面での特徴は

1. ゼロ度でのクリーンなエネルギースペクトルの測定に成功した

ゼロ度測定の際は非弾性散乱粒子とビームを磁気スペクトロメーターの内部に直接通してその運動量の違いから非弾性散乱粒子を分離して測定する。測定には垂直型ドリフトチェンバーを使用して、測定粒子の位置と角度の情報を得る。この磁気スペクトロメーターは2重集束になっており、焦点面上で縦方向、横方向ともに集束するようになっている。この2重集束性と軌道追跡型のカウンターを使用することで実験装置に起因するバックグラウンドの評価が可能になり世界で最もクリーンなスペクトル測定が可能になった。

2. 1.5度から6度までの超前方測定に成功した。

横型磁気スペクトロメーターの性質をうまく利用し、ビームが磁気スペクトロメーターの最初の4重極磁石の磁極の間を通過する際、磁場で中心軌道から離れる方向に曲げられた後に、ターゲットから1.6mの位置に設置したタンタル製のファラデイカップで止められる。これにより1.5度から6度までファラデイカップに起因するバックグラウンドを非常に小さくすることに成功し、その測定が可能になった。

であり、こうしてゼロ度より13度までの非弾性散乱の角度分布を測定し、巨大共鳴などの連続状態を多重極展開法でそれぞれの角運動量で分離してエネルギースペクトルや遷移強度分布を得ることが可能になった。

申請者はこれらの装置を設計し完成させたのちに、それを用いてサマリウムアイソトープで圧縮性巨大共鳴が球形核から変形核に移行する際に、どのように変化するかを詳細に調べた。実験データの解析では多重極展開法を駆使し、軌道角運動量 $L=0$ から3までの遷移強度分布を分離して求めた。その結果巨大単極共鳴は核が変形すると共鳴の幅が広がったように見えるが、これは4重極変形したので4重極共鳴との結合した結果であり、理論の予想に合致していること。また巨大双極共鳴は強度スペクトルが2山あり、核が変形すると低い方の山は巨大8重極共鳴と結合し幅が広がっているが高い方の山は変形の影響は小さいことを初めて見いだした。2山の強度スペクトルはそれぞれ性質が異なることが予想されておりその性格を決定する良い資料となるであろう。

この実験では、アルファ粒子非弾性散乱の超前方測定のために、申請者らは大型磁気スペクトログラフでの超前方測定装置を考案し、完成させた。この装置は大型磁気スペクトログラフの標準装置として、現在、多くの実験に使用されており、実験技術上の極めて大きな業績であると評価できる。

以上この申請論文は新しい実験技術を開発し、原子核の巨大共鳴の研究を飛躍的に進めたものとして高く評価できる。

なおこの申請論文は、Physics Letters B にすでに掲載されている。よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文に値するものと認める。

また主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。