

氏名	うちだ まこと 内田 誠
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	理博第 2705 号
学位授与の日付	平成 15 年 9 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	Isoscalar giant dipole resonance and nuclear incompressibility (アイソスカラー型巨大双極子共鳴と原子核の非圧縮率)
論文調査委員	(主査) 助教授 坂口 治隆 教授 今井 憲一 教授 中村 卓史

論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文は、新しいゼロ度非弾性散乱測定法を用いて行った圧縮性巨大共鳴の探索実験 (RCNP-151) の結果について述べたものである。

原子核の核子による集団振動モードである巨大共鳴のなかで、圧縮振動モードに対応する、 $L=0$ のアイソスカラー型巨大単極共鳴 (GMR) や $L=1$ のアイソスカラー型巨大双極共鳴 (ISGDR) は、 0° - 1.5° をピークとし、前方角度領域において特徴的であるため、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ことによ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もある。

測定の困難さと同時に理論的な取り扱いも $L=1$ のアイソスカラー型巨大双極共鳴 (ISGDR) については重心運動をきれいに取り除かねばならないため問題の多いものであった。そのために GMR のエネルギーから導いた原子核の圧縮率と ISGDR から求めた原子核の圧縮率が大きくことなるという矛盾した事態が発生していた。

この問題を実験面から解決すべく、本申請論文で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周到な準備研究の上、測定を行なった。 ^{208}Pb 原子核を標的として、 386MeV 、 α 粒子非弾性散乱を測定した。この実験では、各種のビームモニターを用いビームをクリーンにし、グラウンドライデン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事実上実験装置に起因するバックグラウンドなしに測定することに成功した。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。

導出された励起の強度分布から GMR のピークエネルギーはこれまで実験で測定されていたものとほぼ同じになったが、ISGDR は 2 ピーク構造を有することが実験的に実証され、またピークエネルギーも過去の実験とは異なる結果を得た。これらの原因は実験装置に起因するバックグラウンドなしのエネルギースペクトルを得たことによる。我々の測定結果は改良された最新の理論計算の結果とも矛盾のないものとなり、これまでの実験と理論の矛盾はこの申請論文の仕事で解消されたことになる。

申請論文では GMR と ISGDR の測定をさらに ^{58}Ni 、 ^{90}Zr と ^{116}Sn などの比較的軽い原子核にまで行い、巨大共鳴のエネルギーの原子核質量依存性を抽出する試みをしたが、現状ではエネルギースペクトル測定の範囲が 32MeV 以下に限られているために、果たせなかったと結んでいる。

本研究では、以上のように、アルファ粒子の非弾性散乱をゼロ度及びそれに隣接する超前方角度で事実上バックグラウンドなしに測定することに成功した。その結果これまでお互いに矛盾していた 2 種類の圧縮性巨大共鳴のピークの位置から導きだされる原子核の圧縮率の値に矛盾がなくなることを初めて見いだした。また ISGDR には 2 つのピークが存在することも初めて実証した。また事実上バックグラウンドなしのエネルギースペクトルを得るための実験装置および解析装置につい

でも詳細に論じている。

論文審査の結果の要旨

原子核の核子による集団振動モードである巨大共鳴のなかで、圧縮振動モードに対応する、 $L=0$ のアイソスカラー型巨大単極共鳴 (GMR) や $L=1$ のアイソスカラー型巨大双極共鳴 (ISGDR) はその重要性と測定の困難さ故に特殊な位置を占めている。これらの圧縮モード巨大共鳴は、飽和密度やフェルミ運動量といった原子核の基本的な性質を表す量の一つである「圧縮率」と深く結び付いており、原子核の束縛エネルギーと共に原子核の状態方程式を求める際の基本量となっている。また第2型超新星爆発に重要な役割りをすることからも注目されてきた。

実験面ではこれらの圧縮性巨大共鳴のスピンはゼロあるいは1であることから、これらの巨大共鳴への励起が最も強く観測されるのはゼロ度、あるいは1度-2度といった超前方であるために測定が難しく、最近になるまで確定的なことは分かっていたと言った方が良い。

実際本申請論文に先行して結果を出していた米国テキサス A & M 大学のデータによると、巨大単極共鳴の位置から求めた原子核の圧縮率と巨大双極共鳴の位置より求めた圧縮率の値が大きく異なり、巨大共鳴の位置から圧縮率を求める理論の問題か、あるいは実験から巨大共鳴の位置を求める測定方法が悪いのかがわからず問題になっていた。

本申請論文ではビームに由来するバックグラウンドを徹底的に減らすために各種のビームモニターを設置して、系統的にバックグラウンドを減らす実験手法を確立した。そして測定に使用した二重集束型磁気スペクトロメーターと軌道追跡型焦点面検出器の特徴を最大限利用して、事実上、実験装置に由来するバックグラウンドを完全に差し引くことに成功した。

その実験結果を解析すると、これまで異なる圧縮率の値を出していた2つの巨大共鳴の位置は誤差の範囲でお互いに矛盾のない圧縮率の値をだいたいにおさまっていた。またバックグラウンドのないデータを解析することにより、巨大単極共鳴の下に小さい双極共鳴が存在することを確立することに初めて成功した。この分野の物理の発展にとって大きなステップであり、大きな研究業績であるといえる。

これらの発見は、その重要性から2003年6月にパリで開催された原子核における集団運動国際シンポジウムの冒頭講演の主要な部分を占めており、圧縮性巨大共鳴の問題の主要な部分は解決したという印象を与えた。

以上この申請論文は新しい実験技術で、圧縮性巨大共鳴の懸案を解決に進めたものとして高く評価できる。

なおこの申請論文のいくつかの内容は、すでにPhysics Letters誌に掲載されている。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。