

Title	Direct proton decay from the isoscalar giant dipole resonance in $^{58}\text{Ni}$ studied via the $(\alpha, \alpha' p)$ coincidence measurement
Author(s)	橋本, 尚信
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49753">https://hdl.handle.net/11094/49753</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	橋本尚信
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 22450 号
学位授与年月日	平成 20 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Direct proton decay from the isoscalar giant dipole resonance in $^{58}\text{Ni}$ studied via the $(\alpha, \alpha'p)$ coincidence measurement ( $\alpha$ 粒子の非弾性散乱同時測定を用いたアイソスカラー型巨大双極子共鳴からの直接陽子崩壊の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 岡村 弘之 (副査) 教授 岸本 忠史 准教授 藤原 守 教授 能町 正治 准教授 保坂 淳

## 論文内容の要旨

内部構成要素を持つ有限サイズの物質が振動・回転を行うことは物理学の共通概念である。原子核の高エネルギー励起共鳴状態は、核子の集団運動による振動状態として理解され、「巨大共鳴」と呼ばれる。近年の巨大共鳴に関する系統的研究は、原子核の非圧縮率や対称エネルギーに関係があり、核物質状態方程式のパラメータ決定に関する重要な情報を与える。巨大共鳴の研究成果は、原子核構造という微視的描像の確立に多大な貢献をしてきただけでなく、高温・高密度の原子核反応である超新星爆発のような極めて巨視的現象である宇宙の諸現象の理解においても重要である。巨大共鳴には、アイソスピン (T)、スピン (S)、角運動量 (L) の遷移の違いに応じた異なる振動モードが存在する。アイソスカラー型巨大双極子共鳴 (ISGDR) は、角運動量のみが変化する遷移 ( $\Delta T=0, \Delta S=0, \Delta L=1$ ) である。アイソスカラー型巨大単極子共鳴 (ISGMR,  $\Delta T=0, \Delta S=0, \Delta L=0$ ) と共に圧縮性の巨大共鳴として知られており、ISGDR と ISGMR の励起エネルギーに関する系統的研究は、巨大共鳴に関する諸性質の理解だけでなく、実験的な核物質の非圧縮率の導出においても重要である。

原子核が崩壊閾値を超えるエネルギー領域に励起されると、核子を放出して減衰する。放出される核子の測定は、巨大共鳴の構造 (波動関数) を得る手段となる。巨大共鳴からの核子放出を研究することで、粒子空孔状態に基づく巨大共鳴の微視的な性質を実験的・理論的に研究することが可能となる。

本論文は、 $^{58}\text{Ni}$  原子核の ISGDR の強度分布と ISGDR からの崩壊陽子に関する測定結果の報告である。ISGDR の強度分布は多くの重い原子核で測定が行われているが、 $^{58}\text{Ni}$  原子核のような中重原子核の測定結果は、近年まで報告されていなかった。本研究は、 $^{58}\text{Ni}$  原子核の ISGDR の励起強度分布に関するデータを提供した。また、 $^{58}\text{Ni}$  原子核の ISGDR 励起領域からの崩壊陽子を測定することで、これまで研究報告がなかった  $^{58}\text{Ni}$  原子核の ISGDR の微視的構造に関する新たな情報を提示した。

測定は、 $\alpha$  粒子の非弾性散乱実験を大阪大学核物理研究センター・リングサイクロトロン実験施設の磁気スペクトロメータ "Grand Raiden" を用いて行った。 $\alpha$  粒子は  $T=0, S=0$  であるため、クーロン励起を無視す

ば、スピン遷移のないアイソスカラー型巨大共鳴の研究において有効なプローブである。崩壊陽子の検出は、シリコン検出器を入射ビームに対して後方角に配置して同時測定した。この実験セットアップで、粒子放出過程を伴う原子核の励起反応だけを選別して測定することが可能となった。

解析において、角運動量の違いによる特徴的な反応断面積の角度分布を利用して、前方方向 ( $\theta_{c.m.}=1.8^\circ$  -  $2.5^\circ$ )、後方方向 ( $\theta_{c.m.}=3.1^\circ$  -  $3.8^\circ$ ) で測定した 2 つのスペクトルの差分から  $L=1$  成分だけを抽出する手法を利用した。同時測定によるエネルギースペクトルを用いることで、バックグラウンド成分のない明瞭な巨大共鳴を観測した。この結果から、多重極展開を用いた ISGDR の存在に関する報告結果の妥当性を確認した。崩壊陽子の測定において、 $^{58}\text{Ni}$  原子核の励起エネルギーと崩壊陽子のエネルギーの相関関係から、1 粒子 1 空孔状態からの直接陽子崩壊過程と多粒子多空孔状態からの比較的低エネルギーの陽子統計崩壊を観測した。また、角運動量による角度分布の違いを利用することで、ISGDR の微視的構造を陽子空孔状態として抽出し、直接陽子崩壊の部分分岐比の導出や波動関数の推定を可能にした。また、測定した  $^{58}\text{Ni}$  原子核の陽子空孔状態を選別することで、 $^{58}\text{Ni}$  原子核の ISGDR が 2 つ以上の成分から構成されることを実験的に初めて明らかにした。

## 論文審査の結果の要旨

原子核は 1 兆分の 1 センチメートルという小さな有限サイズに核力という強い力で陽子や中性子が詰まっているユニークなマイクロサイズの量子多体系である。有限サイズの原子核が、加速器で高エネルギーに加速された高速の  $^4\text{He}$  原子核によって衝撃を受けた時、いろいろなモードの高速振動が誘起され、原子核は高い励起エネルギー状態になる。これらの励起状態はその量子状態によって分類される。 $L=0$  の巨大共鳴状態は巨大単極子共鳴と呼ばれ、原子核が圧縮されるモードの励起状態である。また、 $L=0$  の奇妙な圧縮モードの共鳴状態も観測され、これはアイソスカラー型双極子巨大共鳴 (ISGDR) として知られている。

$^{58}\text{Ni}$  アイソスカラー型双極子巨大共鳴の励起強度分布については実験的に十分な観測結果が皆無であったが、橋本氏は、核物理研究センターのリングサイクロトロンで加速された 386 MeV の  $^4\text{He}$  ビームを用いて  $^{58}\text{Ni}$  原子核に対する ( $^4\text{He}, ^4\text{He}'$ ) 非弾性散乱反応断面積を前方角度に設置した磁気スペクトロメータ GRAND RAIDEN で測定した。また、前方に非弾性散乱された  $^4\text{He}$  粒子を磁気スペクトロメータで測定し、 $^{58}\text{Ni}$  原子核の 20 MeV-40 MeV の高励起状態から後方に放出される崩壊陽子をシリコン半導体検出器で計測し、同時測定することで、アイソスカラー型双極子巨大共鳴の微視的核構造 (波動関数) を研究する信頼性の高い研究手法を開拓した。

データ解析の結果、 $^{58}\text{Ni}$  原子核のアイソスカラー型双極子巨大共鳴から、 $^{57}\text{Co}$  原子核の低励起エネルギーにある陽子空孔状態への陽子崩壊があることを確認した。また、アイソスカラー型双極子巨大共鳴を他の共鳴が混ざらない形で観測することに成功し、共鳴状態が粒子 - 空孔状態からなるいくつかの成分から構成されていることを実験的に証明した。これらの研究は、原子核の巨大共鳴の研究を、さらに一步、前進させるものであり、原子核構造を理論的に計算する上での相互作用の選択、さまざまな波動関数のカップリングの取り扱いなど、基本的考え方の見直しを迫るものである。

よって、これらの研究成果を取りまとめた、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。