

Title	Isovector spin resonances in 90Nb studied via the $90\text{Zr}(3\text{He}, t+p)$ reaction
Author(s)	中西, 康介
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47656
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/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	なかにしこうすけ 中西康介
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 20669 号
学位授与年月日	平成 18 年 9 月 27 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	Isovector spin resonances in ^{90}Nb studied via the $^{90}\text{Zr}(^3\text{He}, t+p)$ reaction ($^{90}\text{Zr}(^3\text{He}, t+p)$ 反応を用いた ^{90}Nb におけるアイソベクトル型原子核スピン共鳴)
論文審査委員	(主査) 教授 永井 泰樹 (副査) 助教授 藤原 守 教授 畑中 吉治 教授 岸本 忠史 助教授 藤田 佳孝

論文内容の要旨

^{90}Nb 原子核におけるアイソベクトル型スピン単極子共鳴 (IVSMR) や Gamow-Teller 共鳴 (GTR)、アイソベクトル型スピン双極子共鳴 (IVSDR) の励起とその状態から起こる陽子崩壊を 410 MeV の ^3He ビームによる $^{90}\text{Zr}(^3\text{He}, t)$ 反応を用いて研究を行った。

散乱された三重水素原子核 triton を磁気スペクトロメーター・グランドライデンを使用して運動量分析を行い、焦点面検出器で検出した。焦点非結像法によって 0 度付近の測定で縦方向角度 ϕ の高分解能測定を可能とした。 ^{90}Nb の励起準位から ^{89}Zr の空孔状態への崩壊により放出された陽子は厚さ 5 mm のリシウムドリフト型シリコン検出器 (SSD) からなる合計 7 組の ΔE -E 検出器によって triton と同時計測測定を行った。

低励起領域に現れる Gamow-Teller 準位とアイソバリックアナログ状態 (IAS) の $^{90}\text{Zr}(^3\text{He}, t)$ 反応による散乱断面積の角度分布と、様々な光学模型ポテンシャルの組み合わせを用いた歪曲波ボルン近似 (DWBA) 計算の結果との比較を行った。アイソスピン量子数 $T=4, 5$ を持つ GTR と IVSDR の散乱断面積、励起エネルギーの中心値及び共鳴幅をシングル測定から求めた。これらの巨大共鳴における散乱断面積の角度分布は適切な光学模型ポテンシャルを導入した DWBA 計算によってよく再現された。

IVSMR の相対強度分布が、シングルスペクトルにおける前方散乱と後方散乱の励起エネルギースペクトルを比較することで得られた。IVSMR の励起エネルギー中心値と共鳴幅はそれぞれ、 $E_x=38\pm 2$ MeV、 $\Gamma=11\pm 6$ MeV と得られた。理論計算との比較を行い、この結果はよい一致を見ている。

SSD に存在したと考えられる非一様分布の不感領域のために、エネルギーが 25 MeV 以上の陽子エネルギーでは同時計測がうまく行えなかった。しかしながら、GTR や IVSDR から ^{89}Zr の中性子空孔状態への陽子崩壊率が、 ^{90}Nb の励起エネルギー $E_x=7-29$ MeV の範囲で得られた。Triton の前方角度散乱と後方角度散乱での空孔状態への分岐比を比較することで、陽子の統計崩壊や非共鳴連続バックグラウンドの寄与を取り除くことができる。同時計測によって得られた巨大共鳴からの相対崩壊率の分布はシングル測定で確認された共鳴分布と相関が見られた。しかし、SSD の不完全な性能に起因するデータの不確実性のため、 $E_x\sim 30-35$ MeV の高励起領域からの陽子崩壊分岐比は得

られなかった。

励起 ^{90}Nb 原子核から ^{89}Zr の励起準位への陽子崩壊分岐比は ^{90}Nb の励起エネルギーの関数として得られた。GTR 領域からは主に $(2p_{1/2})^{-1}_v$ 、 $(2p_{3/2})^{-1}_v$ 両方の準位への遷移が大きく、一方 IVSDR 領域からは $(2p_{1/2})^{-1}_v$ への遷移が強く現れていた。低励起準位（基底状態 $(1g_{9/2})$ 、 $2g_{1/2}$ 、 $2g_{3/2}$ 、 $1f_{5/2}$ ）への直接陽子崩壊確率は GTR (T=4) からは $22.5 \pm 2.7\%$ 、GTR (T=5) からは $29 \pm 10\%$ 、IVSDR からは $10.7 \pm 2.8\%$ とそれぞれ得られた。IVSMR からの直接崩壊も確認され、低励起準位のみならず深部空孔状態への強い遷移が存在していることを確認した。

論文審査の結果の要旨

原子核のガモフ・テラー巨大共鳴、アイソベクトル型スピンドル型双極子巨大共鳴、アイソベクトル型スピンドル型単極子巨大共鳴は、原子核に於ける典型的な集団運動状態であり、有限サイズの内部構造を持つ物質が全体として振動する。この運動様態は、量子力学的な量子数を持ち振動する。この振動状態の核構造は、未だに未解明である。その主な励起モードは、微視的な殻模型描像では 1 粒子 - 1 空孔状態であるが、すぐに 2 粒子 - 2 空孔状態、3 粒子 - 3 空孔状態などとカップルし、実験的には共鳴が広い幅を持つ。このために、理論的に予測されていた、アイソベクトル型スピンドル型単極子巨大共鳴の存在そのものが実験的に分からない、また、上記の巨大共鳴の微視的核構造が分からないなど、まだ未解明の問題が残されている。

中西康介氏は、大阪大学核物理研究センター・リングサイクロトロンによって 410 MeV まで加速された ^3He ビーム、及び、磁気スペクトロメーター・グランドライデンを用いて ^{90}Nb の原子核巨大共鳴の構造解明の研究を行った。研究内容は「Isovector spin resonances in ^{90}Nb studied via the $^{90}\text{Zr}(^3\text{He}, t+p)$ reaction」として発表された。得られた成果を下記に示す。

1. 低励起状態に現れたガモフ・テラー準位、アイソバリックアナログ準位への、 $^{90}\text{Zr}(^3\text{He}, t)^{90}\text{Nb}$ 核反応の散乱角度分布を測定し、実験で得られた断面積と歪曲波ボルン近似 (DWBA) 計算の比較を行い、実験を再現する正しい DWBA 計算が行われることを実証した。
2. 世界で初めて、 ^{90}Nb 原子核のガモフ・テラー巨大共鳴、アイソベクトル型スピンドル型双極子巨大共鳴からの崩壊陽子同時計測を行った。この観測結果から、これらの原子核巨大共鳴の微視的核構造を研究した。
3. 実験的に観測が困難だった ^{90}Nb 原子核のアイソベクトル型スピンドル型単極子共鳴の分布を確認し、理論計算結果との比較を行った。

同様の研究結果は ^{208}Bi 原子核にのみ行われ、理論計算との比較もまだまだ十分では無かったが、新しく ^{90}Nb 原子核に対する実験結果が報告されたことにより、理論との食い違いも明らかにされつつある。 ^{90}Nb 原子核の巨大共鳴の研究結果は、さらに、系統的な実験結果も必要であり、かつ、理論的發展が要求されることを明らかにしている。

よって、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。