

Study of Gamow-Teller transitions from ^{132}Sn via the (p,n) reaction in inverse kinematics

安田, 淳平

<https://doi.org/10.15017/1806811>

出版情報 : 九州大学, 2016, 博士 (理学), 課程博士
バージョン :
権利関係 : 全文ファイル公表済

氏 名	安田 淳平			
論 文 名	Study of Gamow-Teller transitions from ^{132}Sn via the (p,n) reaction in inverse kinematics (逆運動学 (p,n) 反応による ^{132}Sn のガモフ・テラー遷移の研究)			
論文調査委員	主 査	九州大学	准教授	若狭 智嗣
	副 査	九州大学	教 授	野呂 哲夫
	副 査	九州大学	准教授	清水 良文

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

原子核は陽子と中性子から構成される 2 成分有限量子多体系であり、スピンとアイソスピンという 2 つの内部自由度を有する。量子多体系に現れる特徴的な現象として、構成要素が協調的に運動する集団励起状態がある。その中でもガモフ・テラー (GT) 型はスピン・アイソスピン両方の自由度が関与する、原子核固有の最も基本的な励起状態である。低運動量移行領域においては、スピン・アイソスピン残留相互作用は強い斥力であり、これが安定核において GT 型巨大共鳴 (GTGR) 等の集団励起を引き起こす。

近年、原子核の研究は自然界に約 6000 種あるとされる不安定核 (安定核は約 300 種) にその領域を急速に拡大している。不安定核の性質の解明は、宇宙進化における物質の起源を理解する上でも重要であり、基底状態においては魔法数の消失など特異な現象が明らかにされつつある。反面、集団励起等が現れる高励起状態に関する情報は実験的困難さもあり軽い原子核に限定されている。宇宙進化における元素合成過程に対する理論計算の精度を向上させる為には、基底状態だけではなく、集団励起を含む高励起状態の実験データを含めてモデルを精緻化する必要がある。申請者は、逆運動学における荷電交換 (p,n) 反応の手法開発により、中重核領域の不安定核の中でも 2 重閉核性により最も重要な原子核である ^{132}Sn に対して GTGR を観測することに世界で初めて成功した。

研究対象である ^{132}Sn は不安定核であるため、標的として利用することが出来ない。そこで、 ^{238}U ビームの入射核破砕反応により 2 次ビームとして生成し、水素を標的とすることにより、 $^{132}\text{Sn}(p,n)$ 反応を逆運動学にて測定した。申請者は 2 次ビームである ^{132}Sn の強度の弱さを、11mm という厚い液体水素標的を用いることで克服した。また、逆運動学測定では、中性子を幅広い散乱角度に対して高精度で測定することが要求される。そこで、WINDS と呼ばれる中性子検出器群を整備し、実験室系で 14° から 122° の広範囲での測定を時間分解能 63 ps という高分解能で実現した。さらに、 (p,n) 反応後の残留核を SAMURAI 磁気分析装置を用いて同時測定することによりバックグラウンドを削減する事に成功した。残留核は、質量数に対して 6.1σ 、原子番号に対して 4.5σ (σ は標準偏差) という高い分解能で同定され、荷電交換 (p,n) 反応により生成される ^{132}Sb が 4 個の中性子を放出して ^{128}Sb に崩壊するチャンネルまでの測定を実現した。それにより GTGR を含む励起エネルギー 30 MeV までの断面積を求めることに世界で初めて成功した。

得られた断面積は、GT 型以外の励起モードの影響を含む。そこで申請者は、多重極展開法により断面積データを軌道角運動量毎に分離し、GT 型のみを抽出した。その結果、励起エネルギー 16.3 ± 0.3 MeV、半値幅 4.6 ± 0.8 MeV の GTGR を確認した。励起エネルギーから斥力相互作用の大きさを表すランダウ・ミグダル・パラメータ g'_{NN} の値として 0.68 ± 0.07 という値が求められた。この値は、安定核である ^{208}Pb の場合の 0.64 と同等であり、不安定核においても斥力相互作用の大きさが安定核と同程度であることが実験的に初めて示された。また、励起エネルギーの同位体依存性についても、今回得られた斥力相互作用により定量的に理解された。

申請者はさらに、得られた断面積と核構造の情報である GT 遷移強度 $B(\text{GT})$ との比例関係に着目し、 $B(\text{GT})$ を実験的に導出した。得られた遷移強度和は、モデル非依存の和則値の約 56% であった。この結果は、不安定核においても安定核と同様にテンソル力相関によるクエンチング（強度和の減少）が起きていることを示した、世界で初めての実験結果である。

以上の結果は、原子核物理学の分野において価値ある業績と認められる。よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。