

Title	Hith resolution study of Gamow-Teller transitions by ^{37}Cl (^3He , t) ^{37}Ar reaction
Author(s)	新原, 佳弘
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45610
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	新原佳弘
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 19183 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 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	Hith resolution study of Gamow-Teller transitions by $^{37}\text{Cl}(^3\text{He}, t)^{37}\text{Ar}$ reaction (高分解能 $^{37}\text{Cl}(^3\text{He}, t)^{37}\text{Ar}$ 実験によるガモフ・テラー遷移の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 畑中 吉治 (副査) 助教授 藤田 佳孝 教授 交久瀬五雄 教授 下田 正 教授 能町 正治 教授 土岐 博

論文内容の要旨

核力の荷電独立性を仮定すると、アイソスピン T は良い量子数となる。このとき、原子核の励起状態にアイソスピン多重項が現れ、それらはアイソスピンの第三成分 T_z の絶対値が等しい鏡映核同士では、対称的な構造となる。しかし、実際の原子核においては、アイソスピン不変量ではないクーロン力が陽子に働くため、アイソスピン対称性が破れる。従って励起エネルギーが上がり、また $|T_z|$ の値が大きくなるにつれ、完全な対称性からのずれが大きくなることが予想される。しかし実際にどのように変化しているのかは不明な点が多い。またアイソスピン対称性からのずれの研究は、これからの発展が期待される β 安定線から離れた $|T_z|$ の値が大きくな不安定核の構造の理解においても重要である。

アイソベクトル・スピン型のガモフ・テラー (GT) 遷移は、オペレータが $\sigma\tau$ と単純で、原子核の構造を調べるための有用な道具である。中間エネルギー、0 度での荷電交換反応 ($^3\text{He}, t$) を用いた実験では、(1)微分散乱断面積と換算遷移確率 $B(\text{GT})$ 値が比例する、(2)高分解能が得られる、という顕著な性質があり、この反応による GT 遷移の研究がなされてきた。 $(^3\text{He}, t)$ 実験と β 崩壊で得られた GT 遷移のデータの比較により、比較的単純な、 $T_z = \pm 1/2$ と ± 1 鏡映核のアイソスピン対称性が調べられた。そこでは、大変よい対称性が見られたが、 β 崩壊の Q 値による制限のため、比較が可能な励起エネルギーは、4 MeV 程度までに限られた。 ^{37}Cl は $T_z = +3/2$ とより大きな $|T_z|$ 値を持つ。またその鏡映対称が ^{37}Ca からの β 崩壊が励起エネルギー 8.6 MeV と広い範囲で調べられている。今回高分解能の 0 度の $^{37}\text{Cl}(^3\text{He}, t)^{37}\text{Ar}$ 実験を行い、アイソスピン対称な関係にある $T_z = +3/2 \rightarrow +1/2$ と $-3/2 \rightarrow -1/2$ の GT 遷移の詳細な比較を行った。

実験は核子当り 140 MeV の ^3He ビームを用い、大阪大学の核物理研究センターで行った。放出された三重水素は、0 度に置いた磁気分析器「グランドライデン」で運動量分析した。実験では安定同位体の塩素標的が必要であるが、塩素が通常気体であることが問題となった。そこでポリビニルアルコール (PVA) と、同位体化合物 $^{40}\text{Ca}^{37}\text{Cl}_2$ を材料にした塩素の薄膜標的を新たに開発することによりこの問題を解決した。この薄膜標的を用いかつ分散整合技術を駆使し、30 keV という世界最高分解能かつ低バックグラウンドのスペクトルを得た。

前述の比例関係をこのスペクトルに適用し、得られた $B(GT)$ の分布を、 β 崩壊のデータと比較したところ、 $B(GT)$ の分布は、大局的には類似していた。しかし低い励起状態では各遷移の一対一対応が見られたものの、強度には差があり、これまで知られていない対称性の差が見られた。一方、高励起状態になると、類似の分布が見られるものの、一対一対応が必ずしも見えなくなっていた。これらのことは、(1)約 5 MeV 以下の低励起状態では、荷電交換 (p, n) 反応で基底状態に対してのみ指摘されていた、 $j_k \rightarrow j_k$ 型の遷移時の「例外的な散乱断面積と $B(GT)$ の比例性の破れ」が励起状態に対しても見えている事、(2)高い状態密度の高励起状態では、比例性は成り立っているものの、個別の微細構造に関するアイソスピン対称性は必ずしもよくないことがわかった。これはアイソスピンを破るクーロン力が、同じ量子数を持った状態間の混ざりを引き起こしているためであると考えられる。

以上、高分解能 $^{37}\text{Cl}(^3\text{He}, d)$ 実験によりはじめて明らかにされた GT 遷移の微細構造を、鏡映対称な β 崩壊により調べられていた GT 遷移と比較することにより、 $T_z = +3/2 \rightarrow +1/2$ と $-3/2 \rightarrow -1/2$ の GT 遷移の対称性とその限界を示した。

論文審査の結果の要旨

核力の荷電独立性を仮定すると、アイソスピン T は良い量子数となる。このとき、アイソスピンの第三成分 T_z の絶対値が等しい鏡映核同士では、その励起状態が対称的な構造となる。しかし、実際の原子核においてはアイソスピン不変量ではないクーロン力が主に働き、励起エネルギーや $|T_z|$ が大きくなると共に対称性がずれていくことが予想される。今のところ、それがどの様にずれていくのかについてはまだ不明な点が多い。 β 崩壊とそのアイソスピン対称な関係にある荷電交換反応によって観測されるガモフ・テラー (GT) 遷移はオペレータが σ_τ と単純で、アイソスピン対称性を調べるための有用な道具である。中間エネルギー、0 度での ($^3\text{He}, d$) 荷電交換反応では、散乱断面積が換算遷移確率 $B(GT)$ に比例し、しかも高分解能で測定できるという顕著な性質がある。この ($^3\text{He}, d$) 実験と β 崩壊で得られた GT 遷移のデータを比較したこれまで研究で、 $T_z = \pm 1/2$ と ± 1 鏡映核における大変よいアイソスピン対称性が報告されていた。本研究はより大きな $|T_z|$ 値から始まる $T_z = +3/2 \rightarrow +1/2$ と $-3/2 \rightarrow -1/2$ の GT 遷移の対称性を調べるため、高分解能の 0 度の $^{37}\text{Cl}(^3\text{He}, d)^{37}\text{Ar}$ 実験を行い、その鏡映対称な ^{37}Ca からの β 崩壊との比較を行ったものである。

実験は核子当たり 140 MeV の ^3He ビームを用い、標的から放出された三重水素を 0 度に置いた磁気分析器で分析した。実験には安定同位体の薄い標的が必要であるが、塩素は通常気体である。そこでポリビニルアルコール (PVA) と、同位体化合物 $^{40}\text{Ca}^{37}\text{Cl}_2$ を材料にした塩素の薄膜標的を新たに開発した。この薄膜標的を用いかつ分散整合技術を駆使し、30 keV という世界最高分解能かつ低バックグラウンドのスペクトルを得た。散乱断面積との比例関係を用いて得た $B(GT)$ の分布を、 β 崩壊のデータと比較したところ、分布は大局的には類似していた。また、低い励起状態では各遷移の一対一対応が見られた。ただし、その強度には差がありこれまで知られていない対称性からのずれが見られた。一方、高励起状態になると、類似の分布は見られるものの、一対一対応が必ずしも見えなくなっていた。これらは、(1)約 5 MeV 以下の低励起状態では、(p, n) 反応で指摘されていた $j_k \rightarrow j_k$ 型の遷移時の「例外的な散乱断面積と $B(GT)$ の比例性の破れ」が見えている、(2)高い状態密度の高励起状態では、比例性は成り立っているものの、アイソスピンを破るクーロン力が同じ量子数を持った状態間の混ざりを引き起こして、個別の微細構造に関する対称性を乱している事が理由であるとわかった。

以上、高分解能 $^{37}\text{Cl}(^3\text{He}, d)$ 実験によりはじめて明らかにされた GT 遷移の微細構造を、鏡映対称な β 崩壊により調べられていた GT 遷移と比較することにより、 $T_z = +3/2 \rightarrow +1/2$ と $-3/2 \rightarrow -1/2$ の GT 遷移の対称性とその限界を示した。本研究は今後発展が期待される $|T_z|$ 値の大きな不安定核の構造を理解する手がかりにもなり、大きな意義がある。

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。