The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Isospin Symmetry Structure of Spin-Isospin Excitations in A = 58 Nuclei
Author(s)	藤田, 浩彦
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43628
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【23】

氏　　名	藤　田　浩　彦（ふじ　た　ひろ　ひこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　16754　号
学位授与年月日	平成14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	Isospin Symmetry Structure of Spin-Isospin Excitations in A=58 Nuclei （A=58原子核におけるスピン－アイソスピン励起状態のアイソスピン対称構造の研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　能町　正治 （副査） 助教授　藤田　佳孝　　教　授　交久瀬五雄　　教　授　土岐　　博 教　授　畑中　吉治　　COE Professor　Georg P. A Berg

論　文　内　容　の　要　旨

中間エネルギーにおける0°での ^{58}Ni(p,p')^{58}Ni 散乱および ^{58}Ni(^{3}He,t)^{58}Cu 反応から得られた高分解能スペクトルの比較により ^{58}Niと ^{58}Cu 原子核のアナログなスピン－アイソスピン励起状態の対称な構造を調べた。以下、$\sigma\tau$ 有効相互作用によって励起されるこれらの状態をガモフ・テラー（GT）状態と呼ぶ。

核力の荷電対称性を仮定するとアイソスピンをよい量子数と考える事が出来、同じ質量数 A を持つ原子核には陽子と中性子を区別しなければ同一と見なせる状態（アナログ状態）が存在する。それ故に A=58原子核 ^{58}Niと ^{58}Cu には異なる原子番号を持つにもかかわらず互いに対応する GT 励起状態の構造、すなわち GT 状態のアイソスピン対称性が期待される。しかし ^{58}Niと ^{58}Cu の T_z の値は＋1と0と異なるため、^{58}Ni(p,p') 散乱および ^{58}Ni(^{3}He, t) 反応によって励起される GT 状態のアイソスピン T の値はそれぞれ T= 1，2と T= 0，1，2である。

$\sigma\tau$ 演算子による β 崩壊は GT 型 β 崩壊と呼ばれ、その換算遷移確率 B(GT) は原子核および宇宙物理学において重要である。しかし観測可能な励起エネルギーの領域は崩壊Q値に制限される。高励起状態への遷移の B(GT) の決定には0°での散乱断面積と B(GT) に比例関係がある（p,n）反応が用いられてきたが、この方法では高いエネルギー分解能は実現できない。我々は大阪大学 RCNP において420 MeVの ^{3}He ビームを用いて Faint beam method と呼ばれる入射ビームの診断方法を確立し、磁気分析器 Grand Raiden を用いた（^{3}He, t）反応実験において分散整合技術の精密な適用に成功した。その結果 ^{58}Ni(^{3}He, t)^{58}Cu 実験において35 keV という中間エネルギーでの荷電交換反応における世界最高のエネルギー分解能を実現した。状態密度の高い高励起エネルギー領域においても（p,n）反応では観測できなかった詳細な励起状態の構造の知見を得た。また角度分散整合技術を用いる事で、水平方向の高い散乱角度分解能を実現した。個々の終状態の B(GT) の決定の基準となる値は GSI で行われた ^{58}Cuと ^{58}Ni の基底状態間の純粋な GT 型の β 崩壊の測定結果から直接決定された。

また、陽子の非弾性散乱（p,p'）においても同様の分散整合技術の適用により、詳細な GT 状態の構造と B(GT) の値を知る事ができる。^{58}Ni(p,p') 実験はインディアナ大学 Cyclotron Facility（IUCF）で磁気分析器 K600を用いて行った。ビームラインを精密に調整する事により、困難な0°での非弾性散乱であるにもかかわらず低バックグラウンドと分散整合の達成を両立し、35 keV という非常に高いエネルギー分解能を実現した。それぞれの実験において Over focus mode と呼ばれる方法を用いる事により縦方向にも高い散乱角度の分解能を実現した。これらのアナログな GT 遷移の内 T= 1と2の状態についてのアイソスピンに関する CG 係数が（p,p'）散乱と（^{3}He, t）反応

で異なるため、B(GT) の比からアイソスピン量子数 T の値を同定する事ができる。また $T=0$ の状態は (^{3}He, t) 反応でのみ可能なため、容易に同定が可能である。

これらの実験結果の比較から、8 MeV から13 MeV の高いエネルギー領域においてアナログな GT 状態の対称性が見られ、遷移強度の比からアイソスピン量子数 T の値が同定された。$T=2$ の GT 状態は $T=2$ のみを励起する ^{58}Ni(d,^{2}He)^{58}Co 反応の結果と非常に良く一致した。この一致は我々の T の同定が正しい事を示している。

また単独では決まらない (d,^{2}He) 実験で観測された $T=2$ 状態の B(GT) の決定は我々の (^{3}He, t) 反応の結果を用いて行われた。

論文審査の結果の要旨

核力の荷電対称性を仮定すると、電荷の有無以外では陽子と中性子を区別する必要がなく、原子番号 Z は異なるが同じ質量数 A を持つ原子核には同一と見なせる状態が存在する。従って、量子数アイソスピン T の z 成分 $T_z=(N-Z)/2$に関する対称な構造、つまり核構造のアイソスピン対称性が予言される。その研究には、同一標的核に対し、高分解能非弾性散乱と荷電交換反応を行い、T_z の異なる 2 種の原子核の励起状態毎の対応を調べる必要がある。著者は、運動量移行ゼロの極限で選択的に励起される $L=0$ スピン・アイソスピン励起状態、ガモフ・テラー (GT) 状態、に着目しアイソスピン対称性を研究した。

大阪大学核物理研究センターにおいて、0 度での ^{58}Ni(^{3}He, t)^{58}Cu 実験を行い、35 keV という中間エネルギー荷電交換反応での世界最高エネルギー分解能を実現した。従来主流の (p, n) 実験を一桁近く上回るこの分解能を得るには、著者が提唱した「フェイントビーム法」と呼ばれるビーム輸送系と磁気分析器の整合状態の診断法が、決定的な役目を果たした。陽子の非弾性散乱 ^{58}Ni(p, p') 実験は、インディアナ大学で行った。困難な 0 度での非弾性散乱ではあるが、低バックグラウンドとビーム整合の達成を両立し、やはり分解能 35 keV を実現した。

著者はこれらの実験の解析をおこない、両反応の結果の比較から、^{58}Ni と ^{58}Cu という同一質量数 $A=58$を持つが、T_zが＋1 と 0 と異なる原子核の 8 MeV から13 MeV の高励起エネルギー領域において、GT 状態の対称な構造の存在を見いだした。さらに両反応における対応する状態の遷移強度の比から、それらの状態のアイソスピン量子数 T の値の同定さえも可能にした。

よって、博士 (理学) の学位論文として十分価値のあるものと認める。