

Title	Isoscalar and isovector spin-M1 transitions from the even-even, N=Z nuclei across the sd-shell region
Author(s)	松原, 礼明
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/58602">https://hdl.handle.net/11094/58602</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	まつ 松 ぼら 原 ひろ 礼 あき 明
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 24163 号
学位授与年月日	平成22年9月22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	Isoscalar and isovector spin- $M1$ transitions from the even-even, $N=Z$ nuclei across the $sd$ -shell region ( $sd$ 殻領域に渡る $N=Z$ 偶々原子核からのアイソスカラー・アイソベクター型スピン- $M1$ 遷移の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 畑中 吉治 (副査) 教授 下田 正 准教授 保坂 淳 准教授 藤田 佳孝 准教授 民井 淳

### 論文内容の要旨

原子核構造の外場に対する応答は原子核の電磁気的性質によって長年調べられてきた。磁気的特性では最も基礎的な物理量として基底状態の磁気モーメント、磁気双極励起の  $M1$  遷移強度やガモフテラー (GT) 遷移強度がある。長年の研究で磁気モーメントや GT 遷移強度は多くの原子核に対して理論予測の 6 割程度しか観測されないことが知られており、これはクエンチング現象と呼ばれる。近年、GT 遷移強度については 50 MeV までの高励起領域に強度が押し上げられて分散していることが実験的に確かめられ、このクエンチング現象は原子核内の配位混合による強度分散を意味していることがわかった。GT 遷移と同じくスピン反転するアイソスカラー (IS)・アイソベクター (IV) 型スピン  $M1$  遷移でも同様の強度分布になると殻模型計算は予測するが、1 中間子の交換で核子間相互作用が生ずると考える立場からは IS・IV 遷移ではそれぞれ  $\eta$  と  $\pi$  中間子が核子と相互作用するために強度分散は異なると考えられる。では実際の IS・IV スピン遷移では両者に強度分布の差異の有無はどうなのだろうか。しかしながら IS スピン遷移は強度が非常に小さくこれまで実験データがほとんど存在していないため、新たな測定が望まれる。

そこで我々は 0 度 ( $p, p$ ) 散乱により IS・IV 型のスピン成分の  $M1$  遷移強度分布を系統的に測定した。強度の弱い IS スピン遷移を測定するためにはエネルギー高分解能測定は不可欠である。また純粋な IS 遷移の直接測定が可能なのは  $N=Z$  かつ偶々核だけであり、その条件を満たす安定核のうち  $^4\text{He}$  以外の全ての原子核、 $^{12}\text{C}$ 、 $^{16}\text{O}$ 、 $^{20}\text{Ne}$ 、 $^{24}\text{Mg}$ 、 $^{28}\text{Si}$ 、 $^{32}\text{S}$ 、 $^{36}\text{Ar}$ 、 $^{40}\text{Ca}$  を測定した。この目的のため、自己保持型の単体硫黄標的やネオン・アルゴン用のガス標的システムを新たに開発した。得られた励起状態の微分散乱断面積の角度分布の形より  $0^+$ 、IS  $1^+$ 、IV  $1^+$ 、その他の遷移とそれぞれ同定した。角度分布の良く似た  $0^+$  と IV  $1^+$  遷移の選別に成功したのは本研究が初めてである。0 度での散乱微分散断面積の値からスピン  $M1$  遷移強度を求めるために、比例係数である単位断面積を  $\beta$  崩壊、荷電交換反応、および  $\eta$  崩壊の既存データより得て使用した。

16MeV までの励起エネルギーの範囲内での遷移強度の積算値を殻模型計算と比較すると、IV 遷移では GT 遷移の場合と同程度のクエンチングが観測されたのに対して IS 型遷移ではクエンチングは観測されなかった。こ

れらクエンチング量の結果より類推できることは、IV 遷移は GT 遷移と同様に  $\pi$  中間子により遷移強度が高励起状態へ分散しているのに対して、IS 遷移は質量も大きく結合定数の小さい  $\eta$  中間子の寄与が小さいために高励起領域への強度分散はほとんどないということである。これは低励起領域では大きな成功を収めた殻模型計算が高励起領域への強度分散に関しては予言能力がないことを示唆しており、中間子と核子の相関を關に取り入れるような原子核構造計算の今後の発展が望まれる。

### 論文審査の結果の要旨

本論文では、原子核の磁気双極子 ( $M1$ ) 励起強度分布を、アイソスカラー型とアイソベクター型のそれぞれについて系統的に測定し、殻模型による理論計算との比較を通して、励起強度の高励起エネルギー領域への分散の両型での相違を研究している。

原子核構造の外場に対する応答は、電磁多重極モーメントなどの基底状態の静的性質と基底状態から励起状態への遷移強度とに分けられる。アイソベクター型  $M1$  遷移とアナログの関係にあるガモフテラー (GT) 遷移強度は、多くの原子核に対して理論予測の 6 割程度の量しか観測されていなかった。これを GT 遷移強度クエンチング問題と呼ぶ。近年の研究で、GT 遷移強度については 50 MeV の高励起状態まで観測を広げることで理論予測の 85% 程度の強度が存在することが明らかになってきた。GT 遷移はアイソベクター型磁気遷移であり、アイソベクター型中間子である  $\pi$  粒子による相関 ( $\pi$  粒子相関) が複雑な配位混合を生み出し、遷移強度を高励起領域に分散させていると考えることができる。このクエンチング機構をより詳しく探るため、アイソベクター型とアイソスカラー型の両遷移を持つ  $M1$  遷移について、両型を分離して系統的な測定を行ったのが本論文の研究である。

実験は、 $^{12}\text{C}$  から  $^{40}\text{Ca}$  までの陽子数と中性子数が同数かつ偶数である安定核 8 つに対して行われた。大阪大学核物理研究センターにおいて 295MeV の陽子ビームおよび高分解能磁気スペクトロメータ「グランドライデン」を用い、 $M1$  励起を最も強く引き起こす 0 度を含む前方散乱角度において高分解能陽子非弾性散乱の測定を行った。この目的のため自己保持型の単体冷却硫黄標的およびガス標的システムを開発した。17 keV の高分解能および低バックグラウンドの測定が達成された。測定された散乱断面積の角分布をもとに両型の  $M1$  励起状態を同定した。微分散乱断面積を遷移強度に換算する係数を決定し  $M1$  励起強度の分布を得た。多くの  $M1$  遷移強度が初めて決定された。特にアイソスカラー型の遷移強度は初の系統的測定である。

得られた  $M1$  遷移強度の励起エネルギー 16 MeV までの積算値を殻模型による計算値と比較した。アイソベクター型  $M1$  遷移強度は理論予測の 60% 程度であり、同励起エネルギー領域での GT 遷移強度と同様のクエンチングを示していることが分かった。一方でアイソスカラー型  $M1$  遷移強度は実験誤差の範囲内で理論予測とほぼ一致しており、有意なクエンチングはしていないことが分かった。両型の遷移強度積算値の比は測定した原子核の質量数に依存せずほぼ一定の値を示した。この結果は両型の  $M1$  遷移強度の高励起状態への分散が大きく異なっていることを示している。またその分散の割合は原子核の質量数にあまり依存しないと考えられる。有効  $g$  因子を用いた殻模型計算では両型で同程度のクエンチングを予想しているため、実験結果を再現できない。アイソベクター型  $M1$  遷移強度のクエンチングには  $\pi$  粒子相関が重要な役割を果たし、アイソスカラー型  $M1$  遷移強度にはあまり寄与していないと考えられる。 $\pi$  粒子相関を正しく取り入れた核構造理論の発展が必要と考えられる。

これらの両型の  $M1$  遷移の系統的測定、遷移強度分布の決定、およびその物理的解釈は原子核構造の研究として意義深いものであり、今後の実験および理論研究への波及も大きいと考えられる。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。