

# 論文審査の結果の要旨

氏名 宮 裕之

原子核のスピン・アイソスピン応答の観測は、核構造及び核力の研究を行う上で長年重要な役割を担ってきた。近年になって短寿命核ビームをプローブとしたスピン・アイソスピン応答研究が可能となり、画期的成果が生み出され始めている。本研究では、 $^8\text{He}$  短寿命核ビームによる発熱型反応を用いて  $^4\text{He}$  原子核のアイソベクトル型スピン双極子応答を精度よく求めることに成功した。論文は5章と付録からなる。本文は序説(第1章)、実験セットアップ(第2章)、データ解析(第3章)、結果及び議論(第4章)、結論(第5章)で構成され、解析で必要とされるガスカウンターの性質、ビーム光学の原理、液体  $^4\text{He}$  標的についての考察、高分解能磁気スペクトロメータ(SHARAQ)アクセプタンスについての考察が付録にまとめられている。

$\Delta T=1$ ,  $\Delta S=1$  を伴う原子核のスピン・アイソスピン応答は、反応による角運動量の移行によって、スピン単極子転移( $\Delta L=0$ )、スピン双極子転移( $\Delta L=1$ )、スピン四重極子転移( $\Delta L=2$ )などに分類される。プローブされる励起状態が、 $\Delta L=\Delta S=1$  の状態であることから、その転移強度、励起エネルギー、準位幅の観測を通じて核力におけるテンソル成分の理解を深めることができると期待されている。他方、天体における元素合成過程の研究において、ニュートリノが関与する反応断面積を定量的に評価する上で、アイソベクトル型スピン双極子転移の転移強度に関する情報が必須なものとなっている。

表記スピン・アイソスピン応答の研究は、( $d$ ,  $^2\text{He}$ )や( $^7\text{Li}$ ,  $^7\text{Be}$ )などの安定核ビームで行われてきたが、反応終状態における2粒子間の相互作用に伴って反応断面積に歪みが生じる点、高励起状態を調べる上で、反応学的に不利な比較的大きな運動量移行を伴うため、精度良い転移強度の議論が困難であった。そこで本研究では、入・出射原子核間の質量差を高く設定できる短寿命核ビームを用いた( $^8\text{He}$ ,  $^8\text{Li}^*(J^\pi=1^+)$ )反応を選択することで、運動量移行極力抑え、高い励起状態までの転移強度観測を目指した。 $^8\text{He}$  の生成・分離には、理化学研究所仁科加速器センターの加速器群及びRIビーム分離装置BIGRIPSを用いた。高分解能磁気スペクトロメータSHARAQを用いて、反応後の $^8\text{Li}$ の出射角度及び運動量を測定した。標的には密度を上げるため液体化した $^4\text{He}$ を用いている。高強度の二次ビーム( $\sim 10^8\text{MHz}$ )による実験で測定系に要請される運動量分解能(1/2000)、角度分解能(2 mrad)を実現するため、二次標的上流の粒子飛跡検出器には、新たに開発した低圧動作型多芯ドリフトチェンバーを配置し、 $^8\text{Li}^*(J^\pi=1^+)$ からの脱励起 $\gamma$ 線を効率よく同時計測するため78台のNaI(Tl)シンチレーターからなるDALI2を標的周りに設置した。

BIGRIPS から SHARAQ 焦点面までのイオン光学に、高分解能アクロマティックビーム輸送モードを採用した結果、測定された  $^8\text{Li}$  の飛跡解析から 1/2000 の運動量分解能、2.1mrad (水平方向) 及び 2.7mrad (垂直方向) の角度分解能が得られていることを確認できた。粒子同定と注意深いバックグラウンド事象除去後に得られた励起エネルギースペクトルと、脱励起 $\gamma$ 転移と同時計測で得られたスペクトルの比較から全データの 91%が  $^8\text{Li}$  の第一励起状態への転移を起していることが

明らかとなった。

次に( ${}^8\text{He}$ ,  ${}^8\text{Li}^*(J^\pi=1^+)$ )事象に対する断面積の角度分布を歪曲波ボルン近似(DWBA)による計算値と比較し、スピン双極転移( $\Delta S=\Delta L=1$ )であることを同定し、断面積の主要部分が測定のアクセプタンスに含まれていることを確認した。また、角度微分断面積の実験と DWBA 計算値との絶対値比較から、0 から 24MeV までの励起エネルギー範囲におけるアイソベクトル型スピン双極子転移強度として  $B(\text{SD})=14.7(2.9)\text{fm}^2$  を得た。この結果は、テンソル力を考慮した理論値( $12.4 \text{ fm}^2$ )と一致している。ちなみにこの励起エネルギー分布についても、測定分解能を畳み込んだ理論値が、実験値と誤差の範囲内で一致した。

本研究は申請者を含む共同研究により遂行されたものだが、検出器の開発及び、データ解析については本人が中心となって行った。また本研究では、発熱型反応の特徴を生かしてアイソベクトル型スピン双極子応答を他のチャンネルと明確に区別した上で取り出すことに初めて成功している。新しいプローブの確立とともに、今後の議論を進める上で基礎となるべきデータを得た物理的意義は高い。よって審査員全員が本論文を博士(理学)の学位請求論文として合格であると判定した。博士(理学)の学位を授与できると認める。