

## 論文審査の結果の要旨

氏名 久保田 悠樹

本論文は、7章からなり、第1章の序文に続き、第2章では本研究で採用した実験方法が詳細に述べられており、第3章では実験の概要と詳細について述べられている。本研究で利用した検出器群の校正方法と性能が第4章でまとめられており、第5章では実験データの解析手法とその結果について詳細が記述されている。第6章で結果と議論を示し、第7章で結論が述べられている。この他、付録として開き角のルジャンドル展開、多重極分解係数が収録されている。

本論文では、コア核と二つのバレンス中性子からなるボロミアン原子核  $^{11}\text{Li}$  の核構造、とくにバレンス中性子間のダイ中性子相関に関する実験研究について述べている。二つの中性子の間にはたらく相互作用は陽子—中性子間の相互作用に比べて弱く、束縛状態をつくらない。1973年 Migdal は、核内ポテンシャル中の二つの中性子が原子核表面で準束縛状態「ダイ中性子相関」が出現する可能性を初めて提唱した。

現在、ダイ中性子相関が現れる系として、 $^{11}\text{Li}$  が注目されている。 $^{11}\text{Li}$  はコア核  $^9\text{Li}$  の周りに二つのバレンス中性子が弱く束縛されている系で、 $^9\text{Li}+n+n$  の三体系として理解されている。これまでの研究から  $^9\text{Li}+n$  は束縛状態をもたないが、s 波および p 波の共鳴状態がフェルミエネルギー近傍に存在していること、二つのバレンス中性子は s-波と p-波が混合した状態であることがわかっていく。ダイ中性子相関に関連した実験データとしては、荷電半径や核全体の半径が得られ、ダイ中性子相関を仮定した場合と矛盾のない結果が得られている。同時に、クーロン励起や直接反応などの反応を利用した研究も進み、二中性子の分光情報や開き角に関する情報も得られつつある。しかし、従来の反応によるデータはプローブによる制約、反応モデルの不定性、統計量の不足などから決定的な情報が得られていなかった。

本研究では、準弾性ノックアウト反応 ( $p,pn$ )により  $^{11}\text{Li}$  内の  $n+n$  のダイ中性子相関にアプローチしている。ノックアウト反応は、核内の核子を準弾性的に瞬時に取り除く反応であるため、反応モデルの不定性が小さい、終状態での粒子間相互作用が弱い、核内のすべての構成要素に対する情報を得られる利点がある。さらに実験条件として、反応の終状態にあらわれるすべての粒子の運動量を測定する完全実験を目指し、 $^{10}\text{Li}$  ( $^9\text{Li}+n$ ) の構造および  $^9\text{Li}+n$  系と  $n$  との相関を  $^9\text{Li}+n$  系の相対エネルギー ( $^{10}\text{Li}$  の励起エネルギー) の関数で得ることを実現した。

本研究は、理化学研究所・重イオン加速器施設「RI ビームファクトリー (RIBF)」で実施された。核子当たり 246MeV の  $^{11}\text{Li}$  ビームを液体水素標的に照射し、標的周りにおかれた陽子検出器、中性子検出器を利用して、ロックアウトされた陽子、中性子測定を実現した。残留核  $^{10}\text{Li}$  が粒子崩壊した際に放出される  $^9\text{Li}$  と中性子は、SAMURAI 磁気分析器と大型中性子検出器で測定している。これらの検出群の情報から  $^9\text{Li} + n$  系の相対エネルギー ( $^{10}\text{Li}$  の励起エネルギー)  $E_{\text{rel}}$  と運動量、ロックアウト中性子の運動量が得られた。

本研究では、データ解析で得られた三つのデータ、(1) 不変質量法による  $^9\text{Li} + n$  系の  $E_{\text{rel}}$  分布、(2) 多重極分解解析による  $^9\text{Li} + n$  系の角運動量成分の  $E_{\text{rel}}$  依存性、(3)  $^9\text{Li} + n$  ( $^{10}\text{Li}$ )  $\cdot n$  間の角度相関の  $E_{\text{rel}}$  依存性、をもとに議論が行われている。まず、(1) より  $^{10}\text{Li}$  の既知の s-波、p-波共鳴に対する高統計データが得られ、共鳴パラメータは文献値と一致するとともに精度の高い数値が得られた。(2) より  $E_{\text{rel}} < 4\text{MeV}$  の領域は s 波、p 波が混合している領域であることがわかった。また (1) と (2) より  $E_{\text{rel}} = 5.5\text{MeV}$  に幅 0.7MeV の狭い d 波共鳴を初めて発見している。(3) から、 $E_{\text{rel}} < 4\text{MeV}$  の s 波、p 波混合領域で  $^9\text{Li} + n$  ( $^{10}\text{Li}$ )  $\cdot n$  間の相関がある一方で、 $E_{\text{rel}} > 4\text{MeV}$  の d 波領域では、ほとんど相関がないことを初めて明らかにした。

以上のように、本論文は、 $^{11}\text{Li}$  内の  $^9\text{Li} \cdot n$  間、 $n \cdot n$  間にはたらく有効相互作用および  $^9\text{Li} + n(^{10}\text{Li}) \cdot n$  間の角度相関に関する多くの新しい情報を与えた研究である。なお、本論文は共同研究であるが、論文提出者が実験代表者をつとめ、実験を指揮し、実験を成功させ、データの解析を行っている。この他、実験全体のデザイン、ロックアウト陽子・中性子検出器のデザイン、バックグランド粒子の少ない  $^{11}\text{Li}$  ビームを開発するなど論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。