

Title	Elucidation of the Behavior of Reaction Cross Sections at Intermediate Energies and Halo Structure of 6He
Author(s)	武智, 麻耶
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46451
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	武 智 麻 耶
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 20007 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 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	Elucidation of the Behavior of Reaction Cross Sections at Intermediate Energies and Halo Structure of ${}^6\text{He}$ (中間エネルギー領域における反応断面積エネルギー依存性の解明と ${}^6\text{He}$ のハロー構造)
論文審査委員	(主査) 教授 下田 正 (副査) 教授 浅川 正之 教授 岸本 忠史 教授 山中 卓 助教授 福田 光順

論文内容の要旨

中性子過剰核におけるハロー構造やスキン構造の発見以来、不安定核半径や核子密度分布の研究など、不安定原子核のサイズに関する研究が盛んに行われるようになった。そのような研究の一つに、中間エネルギー領域における不安定核反応断面積のエネルギー依存性から、Glauber 計算 (Glauber 理論の Optical limit, zero range 近似) を用いて核子密度分布を導出するという研究方法がある。この方法は原子核表面付近の非常に薄い密度分布に感度が高く、ハロー核の探索の強力なツールであった。

しかし、この方法には一つ問題があった。それは、核子あたり 1 GeV 付近の高エネルギー領域では、Glauber 計算は実験値を良く再現するのだが、中間エネルギー領域では実験値を下回る結果になっている事である。この実験値と Glauber 計算のずれは核子密度分布の分かっている安定核のデータを用いて補正されているが、ずれ方は原子核によってばらつきがあり、さらに、既存のデータはあまり精度が良くなく、ずれの度合いがはっきりとしない。このような Glauber 計算の不定性が導出される核子密度分布の精度と信頼性を下げていた。

本研究では、中間エネルギー領域における反応断面積をほぼ完全に理解し、この問題を解決する事に成功した。その結果、導出される密度分布の精度は格段に高いものとなり、得られる密度分布から不安定核の核構造まで議論できるようになった。

中間エネルギー領域における反応断面積を理解するため、本研究では核子あたり 30~400 MeV のエネルギー領域において密度分布の分かっている安定核 ${}^{12}\text{C}$ の Be, C, Al ターゲットに対する反応断面積を精度良く、多数点測定した。そして Glauber 計算と実験値を詳細に比較した。その結果、これまで Glauber 計算で無視されていた、核内核子のフェルミ運動、多重散乱、核力の有効距離、この 3 つの効果も Glauber 計算に取り入れる事で安定核の中間エネルギー領域における反応断面積が完全に再現できる事が分かった。

さらに、比較的、核構造の良く分かっている中性子ハロー核 ^{11}Be についても反応断面積の測定を行った。それらのデータと、3つの効果を取り入れた Glauber 計算と比較することで、異常な核構造を持つ不安定核への、摘要性を試した。その結果、3つの効果を取り入れた Glauber 計算はハロー核の反応断面積も完全に再現できる事が分かった。

また、新しい課題として、この改善された Glauber 計算を用いて中性子過剰核 ^6He の核子密度分布を導出した。 ^6He の核子密度分布は実験的にいくつかの方法で導出されており、それらの結果は ^6He が中性子スキン型の密度分布を持っている事を示している。しかし多数の理論の予言は ^6He がハローのテールを持っている事を示唆しており、 ^6He の密度分布の形は非常に興味深い問題となっていた。

本研究では、中間エネルギー領域における ^6He 反応断面積を測定し、そのデータから ^6He 原子核表面付近の核子密度分布を決定する事に成功した。その結果、 ^6He は理論の予言するような中性子ハロー核である事が発見できた。

論文審査の結果の要旨

安定な原子核に比べて中性子が極端に多い不安定原子核では、中性子密度が空間的に大きく広がった「中性子ハロー構造」や、中性子が増えるにつれて陽子の密度分布は影響を受けることなく中性子密度分布のみが広がる「中性子スキン構造」といった、安定領域の原子核では見られない構造が現れることが知られている。不安定核の表面付近の非常に薄い核子密度を探るのに特に有効な実験方法として、核子あたり数百 MeV 以下の中間エネルギー領域において不安定核の入射する反応断面積のエネルギー依存性を調べ、核子あたり 1 GeV 付近の高エネルギー領域での反応断面積を良く再現する Glauber 計算 (Glauber 理論の Optical limit, zero range 近似) を用いて、核子分布密度を導出する手法があげられる。しかし、これまでの方法では、導出された核子の密度分布が大きな不定性を伴っていることから、中性子ハローと中性子スキンの識別したり過剰中性子の軌道を求めるといった精密な核構造の議論は困難であった。その原因は、中間エネルギー領域では Glauber 計算が実験値を下回る断面積を予言するため核子密度分布が精度良く分かっている安定核の反応断面積データを用いて求めた補正係数に頼らざるを得ないことに加えて、反応断面積のデータそのものに大きな誤差があり、補正係数の信頼性が低いことにあった。反応断面積データの大きな誤差は、原子核の種類によればばらつきが見られる補正係数を用いることの妥当性を議論することもはばんできた。

武智麻耶氏は、安定核ビーム ^{12}C と標的核 Be, C, Al を用いて、反応断面積を広いエネルギー範囲 (核子あたり 30–400 MeV) にわたって、飛躍的に向上させた実験精度を達成して測定し、Glauber 計算との比較を詳細に行った。その結果、これまでの Glauber 計算では無視されていた、核内核子のフェルミ運動、多重散乱、核力の有効距離という3つの効果を考慮することによって、中間エネルギー領域における反応断面積を補正係数なしで完全に再現できる事を初めて示した。さらに、比較的核構造の良くわかっている中性子ハロー核 ^{11}Be についても反応断面積の高精度な測定を行い、3つの効果を取り入れた Glauber 計算が実験結果を良く説明することを示した。こうして、信頼性の高い核子密度分布導出法を確立した。

次に、中性子ハロー構造なのか中性子スキン構造なのか議論の分かっている ^6He の反応断面積を精度良く測定し、 ^6He が中性子ハロー核である事を実験的に確定した。この結果は、多くの理論的予測と一致する。

さらに、本研究で完成させた核子の密度分布の導出法が核子の軌道を議論するのに十分な精度を備えていること示し、不安定核の構造の詳細な議論への道を拓いたことは高く評価される。

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。