

(続紙 1)

| | | | |
|---|--|----|------|
| 京都大学 | 博士 (理学) | 氏名 | 足立 智 |
| 論文題目 | Systematic analysis of inelastic alpha scattering off self-conjugate $A = 4n$ nuclei | | |
| (論文内容の要旨) | | | |
| <p>原子核の励起エネルギースペクトルにおける強度分布は、原子核の波動関数を直接に反映する物理量である。励起強度は基底状態と励起状態の波動関数の重なりとして与えられ、エネルギーは波動関数に対する原子核のハミルトニアン固有値である。励起強度と励起エネルギーは核構造計算と直接比較可能な観測量であり、これらを実験的に決定することは核構造を明らかにする上で極めて重要である。例えば、アイソスカラー単極子励起の強度分布からは、原子核物質の非圧縮率の測定や原子核におけるクラスター構造の探索が行われてきた。</p> <p>アイソスカラー単極子励起強度を実験的に決定するためには、アルファ非弾性散乱が測定されてきた。アルファ粒子はスピンおよびアイソスピンの両方が0であるため、アルファ非弾性散乱はアイソスカラー型の自然パリティ遷移を選択的に励起する。また、散乱断面積の計算に畳み込みポテンシャルを用いた歪曲波ボルン近似 (DWBA) 計算が有効であるため、散乱断面積と励起強度の間に良い比例関係が成り立つと考えられている。</p> <p>しかし、近年、^{12}Cのホイル状態と呼ばれる励起状態 (0^+_2, $E_x = 7.65 \text{ MeV}$) について、アルファ非弾性散乱によって決定された励起強度が電子非弾性散乱によって決定された励起強度の半分以下でしかないという、いわゆる”Missing monopole strength問題”の存在が報告されている。ホイル状態は空間的に発達したクラスター構造をもつことが理論的に指摘されており、それゆえに、結合チャンネルの効果が強くアルファ非弾性散乱の散乱断面積と励起強度の間の比例関係が破綻している可能性がある。</p> <p>ホイル状態にみられるような散乱断面積と励起強度の異常性が、ホイル状態に特別な現象であるのか、それとも、他の状態においても生じる普遍的な現象であるのかは、アルファ非弾性散乱を用いて原子核の構造研究を行う上で重要な問いであるが、これまでアルファ非弾性散乱の断面積と励起強度の関係を調べる系統的な研究はなされていなかった。</p> <p>そこで本研究では、130 MeVと386 MeVのアルファ粒子を用いて^{12}C, ^{16}O, ^{20}Ne, ^{24}Mg, ^{28}Si 及び^{40}Caからのアルファ非弾性散乱を系統的に測定し、既知の電磁遷移強度から制限を加えたDWBA計算との比較を行った。DWBA計算では、従来広く用いられてきたガウス型の現象論的αN有効相互作用を採用し、密度依存性を含む場合と含まない場合の二通りの計算を行った。さらに、歪曲ポテンシャルや遷移密度、結合チャンネルなどDWBA計算における不定性を詳細に検討した。</p> <p>この結果、”Missing monopole strength問題”はホイル状態に特別な現象ではなく、移行角運動量が0である遷移に対してガウス型の密度依存αN有効相互作用を用いた場合に一般的に確認される問題であり、現象論的な有効相互作用における密度依存性の取り入れ方に起因する問題であることを示した。</p> <p>本研究は、現実的な核力に基づく有効相互作用を構築する上で重要な実験データを提供することとなり、原子核反応模型についての理論研究を強く動機づけることが期待される。</p> | | | |

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、アルファ非弾性散乱を系統的に測定し、既知の電磁励起強度から制限を加えた歪曲波ボルン近似 (DWBA) 計算との比較を行って、アルファ非弾性散乱の散乱断面積から励起強度を決定する手法の妥当性を研究したものである。

電子散乱をはじめとする電磁的プローブは、相互作用についての不定性が少なく、測定された電磁遷移強度は信頼性が高い。しかし、電磁相互作用は遷移モードの選択性に乏しく、電磁的プローブを適用できるのは低励起エネルギー領域の離散的な状態か、アイソベクトル型の巨大双極子共鳴に限られる。ゆえに、その他の励起強度を測定するには異なるプローブを用いる必要がある。

アイソスカラー型の自然パリティ励起強度の測定にはアルファ非弾性散乱が広く用いられている。アルファ粒子はスピンおよびアイソスピンの両方が0であるため、アルファ非弾性散乱はアイソスカラー型の自然パリティ遷移に選択性を持ち、かつ、反応機構が比較的簡単であるため散乱断面積と励起強度の間に良い比例関係が成り立つと考えられてきた。ところが、近年、 ^{12}C のホイル状態に対して、非弾性電子散乱によって決定された電磁励起強度とアルファ非弾性散乱によって決定された励起強度が一致しないという、いわゆる、“Missing monopole strength問題”が報告され、アルファ非弾性散乱の適応性についての研究が求められていた。本研究は、様々な原子核における様々な移行角運動量をもつ遷移について、電磁遷移強度とアルファ非弾性散乱の結果を系統的に比較した初めての成果である。

実験は大阪大学核物理研究センターのサイクロトロン施設において実施した。130 MeV ないしは 386 MeV に左側した $^4\text{He}^{2+}$ ビームを ^{12}C , ^{16}O , ^{20}Ne , ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{40}Ca 標的に照射し、散乱された粒子を高分解の磁気スペクトロメータ Grand Raiden によって運動量分析した。

DWBA計算に用いる遷移ポテンシャルは、巨視的模型から得られた遷移密度分布を現象論的な αN 有効相互作用で畳み込んで計算した。遷移密度分布の振幅は既知の電磁遷移強度を再現するように決定した。また、 αN 有効相互作用には、広く用いられているガウス型の関数形を採用し、密度依存性を含む場合と含まない場合を仮定して、それぞれについてアルファ弾性散乱の微分断面積を再現するように決定した。

原子核における様々な励起モードに対する実験結果をDWBA計算と比較するとともに、DWBA計算の不定性について、歪曲ポテンシャル、遷移密度分布、有効相互作用、結合チャンネルの効果など、多岐にわたる検討を行い、“Missing monopole strength問題”はホイル状態に特別の現象ではなく、移行角運動量が0である遷移に対してガウス型の密度依存 αN 有効相互作用を用いた場合に一般的に確認される問題であり、現象論的な有効相互作用における密度依存性の取り入れ方に起因する問題であることを明らかにした。本研究では50を超える状態に対してアルファ非弾性散乱の微分断面積の実験値を報告しており、今後、密度依存性を正しく取り入れた原子核反応理論を構築するうえで、貴重なデータとなることは間違いない。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年1月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降