

学 位 審 査 報 告 書

(ふりがな)	やすだ ゆうすけ
氏 名	安田 裕介
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	論 理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
(学位論文題目) Spectroscopic factors and strength distributions for the deeply bound orbitals in ^{40}Ca obtained from the $(\bar{p}, 2p)$ reaction at 392MeV (392MeV $(\bar{p}, 2p)$反応による^{40}Ca内深部束縛軌道のスペクトロスコピックファクターと強度分布)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 永江 知文 教授 中家 剛 教授 川畑 貴裕 准教授

京都大学	博士 (理 学)	氏名	安田 裕介
論文題目	Spectroscopic factors and strength distributions for the deeply bound orbitals in ^{40}Ca obtained from the $(\bar{p}, 2p)$ reaction at 392MeV		
(論文内容の要旨)			
原子核内の核子の運動は、核子が原子核の場の中で独立に運動し、主量子数、軌道角運動量およびスピンで分類される軌道準位に収まっているとする殻模型によってよく記述される。そして、この模型は原子核の魔法数やスピンの説明に成功を収めている。しかし、核内核子には、核子間本来の二体力が顕著に働き、独立運動から外れた状態が存在することが指摘され、近年その研究が盛んに行われている。原子核内の軌道準位は深い軌道から占有されていくと考えられているので、これまで、深部軌道は軌道ごとの占有上限値まで核子が占有しているとして扱われてきたが、深く束縛された軌道準位は測定の困難さのため実験的によく調べられておらず、これまであまり議論されてこなかった。これらを踏まえ、原子核の深部軌道準位の観測を行い、深部軌道準位において一粒子独立運動による描像がどの程度成立しているか、その程度を示すスペクトロスコピックファクターを評価した。また、その成立の程度と上限値との差は二体間力の影響を受けた結果であると考え議論した。 実験では、392MeV 偏極陽子ビームを用いた $^{40}\text{Ca}(\bar{p}, 2p)$ 反応の微分断面積と偏極分解能を測定した。^{40}Ca は核子の数が 40 個で、適度な核子数の深い束縛状態が存在するため、今回の測定には最適な原子核である。$(p, 2p)$ 反応の微分断面積は、核内核子のフェルミ運動量に依存することから、微分断面積と偏極分解能のフェルミ運動量に関する分布を測定した。 束縛の浅い 2 つの準位は、分離エネルギースペクトルにおいて 8.3MeV、10.9MeV の位置にピークとして観測された。これらを DWIA 計算の結果と比較した結果、8.3MeV、10.9MeV のピークはそれぞれ、$1d_{3/2}$ 軌道からの反応、$2s_{1/2}$ と $1f_{7/2}$ 軌道からの反応の和であることが分かり、DWIA 計算が微分断面積の運動量分布を定性的によく再現することが示された。しかし、評価したスペクトロスコピックファクターは、$(e, e'p)$ 反応実験で求められた値より大きく、また、偏極分解能についても、DWIA による計算値は実験で得た値を上回る結果となり、この入射エネルギーにおける DWIA 計算には定量的な問題が残された。 分離エネルギースペクトルは、12MeV 付近から連続的なスペクトルとなり、スペクトルから深部軌道準位を同定することは困難であった。そこで、$(p, 2p)$ 反応の微分断面積がフェルミ運動量に依存し、さらにそのフェルミ運動量が、核子が入っていた準位の軌道角運動量によって異なる分布をもつことを利用して、12MeV から 84MeV までの範囲で、測定した微分断面積のフェルミ運動量分布を軌道角運動量 0、1、2(s、p、d)の軌道からの $(p, 2p)$ 反応微分断面積の重ね合わせで再現するようにそれぞれの軌道からの寄与を 2MeV ごとに求めた(多重極展開)。 各軌道の強度分布は、分布の形状を仮定せず、隣同士のエネルギービンで独立に多重極展開をしたにも関わらず滑らかな強度分布が得られた。これらの分布にはバックグラウンドが含まれていると考えられたため、バックグラウンドと $(p, 2p)$ 反応によって得られる強度分布の形をモデル化し、バックグラウンドを含まない強度分布を評価した。これにより束縛エネルギーは、最も深い $1s$ 軌道は $48.4 \pm 0.6\text{MeV}$、その次の $1p$ 軌道は $29.6 \pm 0.6\text{MeV}$ とこれまでの実験に比べて小さな不確かさで決めることができた。浅い軌道での検討で DWIA 計算による断面積の絶対値に問題があることが分かったので、深部軌道のスペクトロスコピックファクターは、$1d_{3/2}$ 軌道の値を $(e, e'p)$ 反応実験で求められた値に規格化する規格化定数を全軌道に適用して議論した。$1s$、$1p$ 軌道のスペクトロスコピックファクターはそれぞれ $89 \pm 9\%$、$49 \pm 7\%$ が得られた。その結果、$1s$ 軌道の値は大きな不確かさを考えると 100%に近いが、$1p$ 軌道の値は、100%から大きく減少しており、核子間の 2 体力の影響、すなわち強い核子相関の影響を示唆する結果が得られた。			

(論文審査の結果の要旨)

原子核の性質の多くは、殻模型によってよく説明されてきている。原子核におけるいわゆる魔法数の出現も、中心力ポテンシャルにスピン・軌道相互作用ポテンシャルを付け加えることにより、理解されている。この模型では、核力による核子間の2体の強い相互作用が、原子核全体として平均化された一体ポテンシャルとして表され、この平均場ポテンシャル中を、あたかも自由な核子が一粒子軌道を動き回っているという原子核の描像を与える。それぞれの核子は、平均場ポテンシャル中で決まったエネルギー状態をとるので、電子、あるいは、陽子ビームを使って原子核から陽子をたたきだすような反応を利用すると、原子核内における陽子のエネルギー状態を調べる事が可能である。

これまでも、平均場ポテンシャルに浅く束縛された核子のエネルギー準位については、 $(e, e'p)$ 反応や $(p, 2p)$ 反応によって詳しく調べられてきていたが、本研究で対象とした ^{40}Ca のような中・重核領域において、特に深く束縛されたエネルギー準位に関しては、実験的に不確かな情報しか得られていなかった。深く束縛されたエネルギー準位は、核オージェ過程のために短寿命となり大きな準位幅をもつので、実験的な観測が困難となる。

そこで、本研究では、大阪大学核物理研究センターにおける 392 MeV の偏極陽子ビームと高エネルギー分解能の磁気スペクトロメーターを用いて、 $^{40}\text{Ca}(\bar{p}, 2p)$ 反応により ^{40}Ca の一粒子準位の測定を行った。一粒子状態にいる核子の個数を求めるためには、生成断面積を理解する必要がある、このために偏極分解能も同時に測定して、反応機構からくる不定性を小さくすることを行った。

まず、浅く束縛されたエネルギー準位として、 $1d_{3/2}$ 軌道に対応する分離エネルギー 8.3 MeV と $2s_{1/2}$ と $1f_{7/2}$ 軌道に対応する分離エネルギー 10.9 MeV のピークを、はっきりと観測することに成功した。これを使って、微分断面積と偏極分解能を再現するように歪曲波インパルス近似による理論解析を行った。その上で、束縛エネルギーが 12 MeV より深い状態について、各一粒子状態のもつ軌道角運動量の違いを利用して、測定された微分断面積に対する各軌道の寄与を分解するという多重極展開の手法による解析を行った。この解析により、最も深い $1s$ 軌道の束縛エネルギーとして 48.4 ± 0.6 MeV、また、次に深い $1p$ 軌道の束縛エネルギーとして 29.6 ± 0.6 MeV という値を得ることに成功した。この測定精度は、これまでで最も誤差の小さな測定となっている。また、一粒子描像で予測される各軌道を占有する核子数に対する割合であるスペクトロスコピック・ファクターを求めたところ、 $1s$ 軌道については $89 \pm 9\%$ であるが、 $1p$ 軌道については $49 \pm 7\%$ となり、 $1p$ 軌道について大幅な減少が観測された。これは、このような深い束縛状態について、二核子間の短距離相関などの影響があることを強く示唆する結果を与えるものとなっている。

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24年1月18日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った。その結果合格と認めた。

要旨公開可能日： 年 月 日以降