

(論文内容の要旨)

本申請論文は 295MeV の中間エネルギー陽子弾性散乱を用いた錫同位体における中性子密度分布の導出に関するものである。

原子核の密度分布は原子核の形状をあらわすものとして古くから関心を集め、荷電分布として電子弾性散乱を用いることにより精力的に研究されてきた。荷電分布によってわかるのは陽子密度分布であり、原子核のもう一方の担い手である中性子の密度分布については用いる反応の不定性のために陽子密度分布ほど確立しているとは言えない。申請者は中性子密度分布を研究するプローブとして陽子弾性散乱を用いた。このエネルギー領域の陽子は原子核内において長い平均自由行程をもち、原子核構造研究に適していると考えられまた核力を通じて陽子分布、中性子分布ともに感度があると考えられる。また近年、中性子過剰核において陽子と中性子分布の大きい原子核が存在することが実験的にも理論的にも指摘され、その重要性はますます増している。また最近の理論的研究から比較的重い中性子スキンの厚さと核物質の状態方程式における対称エネルギー項とが、有効相互作用によらず線形関係を持つことが指摘されている。つまり中性子スキンの厚さを調べることにより核物質状態方程式の情報を得ることも可能となる。

実験は大阪核物理研究センター(RCNP)において、395MeV の偏極陽子ビームと磁気スペクトロメーター”Grand Raiden”を用いて行われた。運動量移行にして 3.5 fm^{-1} までの広い範囲での陽子弾性散乱の微分断面積と偏極分解能の高い精度のデータを取得した。散乱理論として相対論的インパルス近似を用いてデータを解析した。インパルス近似によれば核子・原子核弾性散乱反応は核子・核子の散乱振幅を核密度で畳みこむことで表現され、インパルス近似による計算結果と実験値とを直接比べることによって中性子密度分布をもとめた。まず陽子数と中性子数がほぼ同じで比較的核構造がわかっている ^{58}Ni をもちいて有効相互作用の妥当性を確認した。結果として交換する中間子の結合定数と質量を核内において減少させることによって実験値をよく再現することをしめた。この有効相互作用を錫の同位体 $^{116, 118, 120, 122, 124}\text{Sn}$ に適応することによって中性子密度の導出を行った。この際用いた陽子密度分布はすでに求められている電子弾性散乱による原子核の荷電分布を核子自身の荷電分布で畳みこむことによって得た。

求められた中性子密度分布の平均二乗半径は中性子数が増えるに従って増加していく傾向が観測された。これは陽子分布の場合にも見られた傾向であり、平均場近似を用いた理論計算でも同様のものがみられ、その傾向はおおむね一致した。錫同位体の中性子スキンの厚みは電子散乱実験から得られる陽子密度の平均二乗半径を差し引くことで得られる。得られた中性子密度の平均二乗半径の同位体での増加の仕方は陽子分布の半径の増加にくらべて大きく、中性子スキン厚は中性子数の増加に従って増加していく傾向をしめすものであった。このことはさらなる中性子過剰領域においてより大きな中性子スキン厚が存在することを期待させる。この結果はいくつかの平均場近似による理論計算と比較された。その結果、錫同位体 $^{116, 118, 120, 122, 124}\text{Sn}$ の中性子スキンの厚みは非相対論的平均場 Skyrme 力を用いた理論計算が示すような比較的小さい値を持つことを示した。この結果は核物質の対称エネルギーとその密度依存項が液滴モデルで示されるような比較的小さい値をもつことを示す。

氏 名	寺嶋 知
-----	------

(論文審査の結果の要旨)

本申請論文は、中エネルギーの陽子弾性散乱の測定と系統的解析によって錫同位体 ($^{116}, ^{118}, ^{120}, ^{122}, ^{124}\text{Sn}$) の中性子密度分布を求め、核物質の対称エネルギーとの関連を議論したものである。

申請者は、まず大阪大学核物理研究センターのサイクロトロン施設を用いて、395MeV の偏極陽子と ^{58}Ni および $^{116}, ^{118}, ^{120}, ^{122}, ^{124}\text{Sn}$ の弾性散乱の微分断面積と偏極分解能を精度よく測定することに成功した。これは世界最高の分解能をもつ大型スペクトロメーターの性能を遺憾なく発揮させることで得られたものであり、非常に質の高い散乱データを得ることに成功したことは評価に値する。申請者はこのデータを、相対論的インパルス近似といわれる理論で解析した。これは2体の自由な核子核子相互作用を用いて核子と原子核の弾性散乱を記述するモデルであり、このエネルギー領域ではデータをうまく再現できることで知られている。ただしデータを精度良く再現するためには、相互作用のパラメーターを自由な核力から変更する必要がある、これを ^{58}Ni のデータをフィットすることで求めた。その際、フィットの χ^2 の分布を詳しく調べることで、モデルからくる誤差を評価し、中性子密度分布の誤差を合理的な範囲に求めたことは、この論文で得られた最終的な結果の信頼性を高めたと考えられる。

申請者はこの修正された相互作用と、電子散乱から求められた陽子密度分布を用いて、 $^{116}, ^{118}, ^{120}, ^{122}, ^{124}\text{Sn}$ の中性子密度分布を精度良く求めることに成功したことは高く評価できる。その際中性子の荷電分布の効果も考慮するなど、これまでより精密な解析を行うことでデータの信頼度と精度を向上させている。また密度分布の同位体ごとの変化は定性的には中性子の軌道が占有されていくことと consistent になっている。ついで得られた中性子密度分布から中性子スキンの厚みを錫の各同位体について求めている。申請者の得たデータは、これまでのほかの方法で求めたものに比べて、精度が高く信頼性も高い。しかも過去のデータと誤差の範囲でほぼ consistent である。さらにこの中性子スキンの厚みのデータから、理論モデルを用いて対称エネルギーという核物質の状態方程式の重要パラメーターを求めている。これらの値は、論文中でもいくつかの理論との比較が行われているが、核物質の理論と比較されるべき重要な実験データであり、十分な学問的価値がある。

さらに、申請者の陽子弾性散乱という研究手法は、今後注目される不安定核ビームを用いた安定線から遠く離れた中性子過剰核の中性子密度分布を測定する手法として期待されている。申請論文は、この遠く離れた中性子過剰核の中性子密度分布を測定する手法をより確かなものにしたという意味でも高く評価できる。なおこの論文の主要な部分は Physical Review 誌に公表されている。

よって本申請論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容と関連研究分野に関する試問を行った結果、合格と認めた。