

氏 名	井 筒 紀 彦 い つ つ の り ひ こ
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 366 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 50 年 5 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
学 位 論 文 題 目	Experiments and Analyses of Quasi-Free Electron Scattering in Light Nuclei (軽い核における準弾性電子散乱の実験および解析)
論文調査委員	(主 査) 教 授 柳 父 琢 治 教 授 三 宅 弘 三 教 授 玉 垣 良 三

論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は高エネルギー（約 700 MeV）の電子を、 ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ および ${}^{12}\text{C}$ の 4 種の核に当て、核内の陽子との準弾性散乱を観測し、測定結果を解析して、核内陽子の束縛エネルギーおよび運動量の分布を求め、原子核に関する各種の模型、歪曲波衝撃近似方法の適否を論じたものである。

入射粒子として電子を用いる方法は、陽子を用いる場合に比し、電子と陽子、電子と原子核との相互作用が正確に知られて居て、得られた解析結果に不明確さが少ないとの利点がある半面、反応の断面積が小さいので、統計精度に誤差が大きいとの欠点があったが、本研究は、統計精度を上げる工夫をこらし、信頼出来るデータを得ている。

実験は東京大学原子核研究所の約 700 MeV の電子ビームを用い、核内陽子と散乱した電子は、 50° 方向に設置された電磁石、シンチレーションカウンタ、チェレンコフカウンタの組合せよりなる測定系で検出され、運動量を決定した。散乱された陽子は、レンジスパークチェンバーで検出され、エネルギーと運動量とが決定された。核内陽子の束縛エネルギーの測定範囲は 75 MeV まで、運動量の範囲は 250 MeV/c までの広い範囲にわたり、上記 4 種の核の核内陽子の持ち得る束縛エネルギーおよび運動量の範囲よりも広く、各種の原子核模型との比較検討を可能とした。測定系全体の精度はエネルギーで 6.8 MeV、運動量で 15 MeV/c であった。

解析に当っては入射電子、散乱電子、散乱陽子いずれも高いエネルギーを有すること、散乱陽子と残留核との間に核力が働くこと、残留核が一般に高い励起状態にあること、電子が電磁波を輻射すること、陽子が核内核子と多重散乱を行う可能性があること等を考慮し、長い日月をかけて慎重な解析を行った結果、次のような結論を得た。

1. ${}^{12}\text{C}$ の 1s 状態の陽子および 1p 状態の陽子の束縛エネルギーと運動量の分布とは殻模型に基づくエルトン・スワフトの波動関数を用いた歪曲波インパルス近似の理論で、絶対値、分布の形を再現出来る。従って ${}^{12}\text{C}$ については殻模型は妥当であり、電子と ${}^{12}\text{C}$ との散乱の実験結果とを統一的に理解出来る。他

の実験で、電子散乱と電子準弾性散乱と矛盾する結果の報告があるが、これは修正さるべきである。

2. ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ の3種の核につき ${}^{12}\text{C}$ と同様の手法で解析すると、理論の予想と実験結果とは大きくずれて居り、これ等の核に対しては殻模型以外の模型を考慮すべきである。

3. 特に ${}^6\text{Li}$ につき、この核がアルファ粒子と重陽子とよりなるとのクラスター模型を採用し、残留核 ${}^5\text{He}$ については束縛状態と仮定した場合、散乱状態と仮定した場合の各々の場合につき詳細な計算を行ない実験結果と比較した結果、1p 状態陽子の運動量分布に関し、 ${}^5\text{He}$ を散乱状態とする理論値はピークの位置を再現するが、運動量の小さい部分の分布の形は実験値よりも過大となること、 ${}^5\text{He}$ を束縛状態とする理論値は ${}^6\text{Li}$ に殻模型を適用した場合と同様に実験値より大きくずれた値を与え、今後さらに理論を改良すべきである。

4. 陽子の核内での多重散乱（特に2重散乱）の効果は全体としてはかなり大きい、上記4種の核の陽子の運動量の範囲とはずれた領域にあり、従って今回の実験結果に与える影響は僅少である。

5. 入射粒子として陽子を使用した場合の実験結果と照合すると、電子を使用した本研究ははるかに信頼性の高いデータを提供するものである。

等の結論を得て居る。

参考論文は4編で、うち2編は本研究の前駆をなすものであり、他の1編は本研究を含む実験結果の速報であり、残る1編は、申請者が協同して行った ${}^{40}\text{Ca}$ についての電子準弾性散乱の研究成果を報告したものである。

論文審査の結果の要旨

原子核の発見以来既に60年余を経て居るがまだ原子核の有する多様な性質を総括して記述するのは困難で、部分的な特徴を説明する多種類のモデルが提出され、お互の関連が議論されて居る。もし実験的に、核内の一つ一つの核子の束縛エネルギー、運動量を直接観測出来るならば、現在の困難が打開されると予想されるが、そのような実験手段はまだ発見されて居ない。不完全ではあるが有望な方法として約18年以前に提案されたのは高エネルギーの陽子を原子核にあて、核内の陽子をたたき出して核内にあった時の陽子の運動状態を推定する方法で (p, 2p) の方法と略称される。

所が (p, 2p) の方法で例えば ${}^{40}\text{Ca}$ 核の最も深く束縛された陽子の束縛エネルギー、運動量分布を求めて見ると、理論値は実験の百分の一程度となるので、この方法の有効性には疑問が残っている。この方法に代って、入射粒子として高エネルギーの電子を用いて、核内陽子との散乱を観測するならばよりの確な知識が得られるであろうとの提言が約10年前に Jacob および Maris によってなされた。この方法を電子準弾性散乱、略して (e, e'p) と称するが、実験に適当な電子加速器が世界的に見て少なく、また反応の断面積が (p, 2p) に比し格段に小さいこと等の困難があり、現在までに (e, e'p) の実験で成功したのは申請者を含む日本のグループの他は、イタリア、フランス、ドイツに各1例ずつあるのみで本研究は貴重な価値を有し、既に世界的に信用を得ている。

申請者は東京大学原子核研究所の約 700 MeV の電子線を、 ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$ および ${}^{12}\text{C}$ の4種の核に当て、核内の陽子と入射電子との間の散乱を観測した。入射電子と標的核とのエネルギー移動を 150 MeV,

運動量移動を 520 MeV/c となるような実験条件を設定して、電子と核内陽子との準弾性散乱のみを観測する注意を払った上、電磁石を併用したスペクトロメータで電子を、レンデスパークチェンバーで陽子を検出した。これ等の観測装置は、申請者を含む約 6 名の協同研究者の自作によるものが大部分で、その結果広い角度範囲に放出された陽子を一度に捕捉し、断面積が小さい弱点を補って統計精度の良い実験結果を得た。また運動量測定精度は 15 MeV/c 、エネルギー測定精度は 6.8 MeV を得て居り、世界的にも水準の高い実験結果である。

実験で知り得るのは同時に放出された電子および陽子の運動量、エネルギー、電子陽子間の空間的相関関係であるが、インパルス近似が成立すれば核内陽子の束縛エネルギー、運動量の分布を推定出来る。本実験においては入射電子、散乱電子、散乱陽子の 3 者が高いエネルギーを有するので、この近似は妥当であると考えられる。申請者は実験結果の解析に際し、入射電子の電磁波輻射の影響、散乱陽子が残留核と核力による相互作用をする影響、残留核が空孔状態で、短時間に变化することの影響等を考慮した上で、歪曲波インパルス近似によって計算を行ない、実験と比較した。標的核の構造としては、第一段階では殻模型を仮定し、計算結果と実験結果とを、束縛エネルギーおよび運動量の分布について比較し、殻模型の波動関数として調和振動子是不適当で、電子散乱に適合するエルトン・スウィフトの波動関数が適合すること、 ^{12}C については殻模型が妥当であるが、他の 3 種の核には不適当で、クラスター模型に基づく解析が必要であることを指摘した上で、第 2 段階では特に ^6Li の $1p$ 陽子の束縛エネルギーと運動量との分布を、 ^6Li がアルファ粒子と重陽子との結合体であると仮定して説明を試みた。一方残留核 ^4He については束縛状態、散乱状態の 2 様の計算を遂行し、束縛状態とするより散乱状態とする方がよりよく実験に適合することを実証した。しかし分布の形状の中、低運動量部分の適合は不充分で、改良の余地があることを推測している。更に $(p, 2p)$ の成果と比較して、 $(e, e'p)$ の方が絶対値についてはるかに実験値に近い値を与えるが、なお理論値は実験値よりも小さい傾向があり、この傾向は原子核のモデルに無関係であること、 $(p, 2p)$ の結果と $(e, e'p)$ の結果には系統的なずれがあることを見出している。以上の指摘は重要と考えられる。参考論文 4 編は申請者が主論文の研究を行なうに至る前段階の研究の報告で、申請者の成長を示して居る。

以上総合して、申請者は自立した研究者の能力を有するものと認められると共に、研究結果は従来の核内陽子の挙動についての見解を一步進めて是正し、水準以上の高度な解析手法を生み出し将来同種の実験をリードする成果を得たものであり、実験データの高い信頼性と相まって、原子核物理学の発展に寄与する所大である。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。