

氏 名	長 谷 川 武 夫 は せ がわ たけ お
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 400 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 47 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Spin Correlation Parameters for 50 MeV Proton-Proton Scattering (50 MeV 陽子-陽子散乱のスピン相関係数)
論文調査委員	(主 査) 教 授 小 林 晨 作 教 授 武 藤 二 郎 教 授 長 谷 川 博 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は申請者長谷川武夫が西村奎吾氏の指導の下に、核力実験グループの中心的メンバーとして、1961年以降続けて来た陽子エネルギー 50MeV 領域における陽子-陽子散乱の実験的研究の総合報告である。

実験の目的は中間子論にもとづき解析を進めて来た我国の核力理論グループの要請にこたえて、このエネルギー領域における ^3P 状態 (スピンが平行で相対軌道角運動量が1) の位相ずれを決定し、これにより核子間のテンソル力とスピン軌道力のきき方を明らかにしようとするものである。そのため申請者は陽子-陽子散乱の P 状態相互作用に対する種々の実験量の依存性を詳細に検討した結果、スピン相関係数という実験量が P 状態相互作用に非常に sensitive であることを見出し、この実験量の測定を試みたのである。最初の実験は東大原子核研究所のシンクロサイクロトロンからの 52 MeV 陽子ビームを用いて行なわれた。その方法は無偏極陽子ビームを水素ターゲットに照射して散乱及び反跳された2個の陽子をそれぞれ炭素ターゲットで再び散乱させ、スピン状態を弁別して同時計数することにより陽子-陽子散乱における相互作用の2個の陽子のスピン状態に対する依存性をしらべた。この種の実験は一般に background が多く、且つ3個の散乱標的 (水素 1, 炭素 2) に対して検出器を精度よく配置するのが非常に難しかったため、過去において $E_p=350$ MeV において唯一点の測定があるのみであった。申請者は Q 電磁石を導入することにより、これらの困難を克服することに成功し、1963年に 52 MeV 陽子-陽子散乱のスピン相関係数 C_{nn} 及び C_{kp} の測定結果を公表した。得られた結果は、十分な精度ではなかったが、定性的には ^3P 位相ずれがより高エネルギーの実験データにもとづいて予想されていたものより大きい値をとること、そしてこのことは核子の Core に近い部分でのスピン軌道力の強さが Gammel-Thaler によって代表される現象論的ポテンシャルが与えるものより弱いことを示している。しかしながら申請者が当時行なった方法では定量的議論を可能にするだけの精度を得ることは極めて困難であった。そこで別種の実験方法が追求されることになった。これは偏極陽子ビームと偏極水素ターゲットを用いて散乱前の2個の陽子ス

ピン状態が散乱断面積にどのようにきくかを測定する。これにより前の実験と等価なスピン相関の情報を得ようとするものである。この実験は偏極陽子ビームと偏極水素ターゲットの一回散乱だけであり、上記の $\hat{C}_{nn}$, $\hat{C}_{kp}$ の測定に比べ精度を高めることが容易である。勿論偏極ビームと偏極水素ターゲットの開発が必要であることは言うまでもない。申請者は偏極水素ターゲットを名大物理教室のグループと共同して所謂 **dynamic polarization** の方法によって製作に成功した。低エネルギー領域で使用できる型のものとしてはサクレ（フランス）につぐ世界2番目のものであった。偏極ビームの方は東大核研シンクロサイクロトロンが無偏極ビームをカルシウムのターゲットに照射し 35° 方向に散乱される陽子が約50%の偏極度を有することを見出し、これを使用することにした。これらを組合わせてスピン相関係数 $\hat{A}_{xx}$ 及び $\hat{A}_{yy}$ の測定に成功した。この $\hat{A}_{xx}$ と $\hat{A}_{yy}$ は時間反転に対する不変性を仮定すれば、前記 $\hat{C}_{nn}$ 及び $\hat{C}_{kp}$ と一定の関数関係にある。この結果は、前回の実験データを再確認し、一段と向上した精度をもち、高エネルギーでの実験データをもとに予示されていた 3P_0 位相ずれ ($10^\circ \sim 11^\circ$) に対し、 $12.5^\circ \sim 14^\circ$ のずれを与えるものであり、スピン軌道力の寄与が核力の第II領域（核子の **Core** に近い部分）で従来予想されていたものよりも小さいことを示したのである。

論文審査の結果の要旨

陽子-陽子散乱の研究はすでに50年におよぶ歴史を有し、特に弾性散乱の領域においてはそのかなりの振舞いが理解できたと考えられている。しかしながら 3P 状態の相互作用については、実験技術上の困難のためと 3P 状態を究明することの物理的意味に対する認識不足のために、不確さを残したまま放置されて来ていた。一方中間子論に基づき核力の研究を進めて来た日本の核力研究グループは、 3P 状態の振舞い、特に 50 MeV 前後のエネルギー領域における 3P 状態の部分波の位相ずれを決めることが核力の本性、特に核子間で交換される中間子の相関を明らかにする上で極めて重要な意義を有することを認識し、この問題を究明するための研究プロジェクトが樹立された。申請者長谷川武夫はこのプロジェクトに基づき、実験計画遂行の中心的メンバーとして実験を展開して来た。論文の内容は要旨で述べた如く、申請者が中心になって1961年以降つづけて来た陽子エネルギー 50 MeV 領域における陽子-陽子散乱の実験的研究の総合報告である。 3P 状態の相互作用は 10 MeV 程度の低エネルギー領域では **one pion exchange** にもとづく弱い中心力と強いテンソル力できめられるが、エネルギーが次第にあがってくると相互作用のポテンシャルの内部の効果がきき出し 50 MeV 領域での 3P 部分波の位相ずれ、特に $^3P_0-$ 位相ずれは、**one pion exchange** によるテンソル力と内部の効果、特にスピン軌道力とのかね合いで決っていると思われる。更に高いエネルギー領域になると、内部のその他の相互作用が複雑に重なり合ってくる。従って、50 MeV 領域の $^3P_0-$ 位相ずれをきめることは核力の内部の様相を漸次的に明らかにしていくため重要な意義をもっている。しかし一般に各種の実験量は種々の角運動量状態からの寄与の組合せによって表現され、一種類の実験量から特定の角運動量状態に関する情報を導き出すことは難かしく種々の実験量を組合せて各運動量状態の位相ずれがきめられた。申請者の実験が計画された当時 20~100 MeV のエネルギー領域においては微分断面積と偏極の実験データしかなく、これらの実験量は P 状態以外の他の状態からの寄与が大きく、P 状態からの寄与をきめることが出来ていなかった。申請者は各種の実験から得られる情

報を分析した結果、スピン相関係数がP状態の相互作用にきわめて sensitive であることを見出し、この量の測定を実行したのである。実験は二段階に分けて行なわれ、第1段階は無偏極ビームと無偏極水素ターゲットを用い、夫々散乱反跳された2個の陽子を更にポラリメータとしての炭素で散乱させ、スピン状態を指定して同時計数を行ない、スピン相関係数 $\hat{C}_{nn}$, $\hat{C}_{kp}$ をきめた。ここにおいて、申請者はQ電磁石を実験に導し、立体角を減らすことなしに検出器を標的より遠ざけ background を減らし、且つ検出器の alignment を容易にした。結果は統計的精度こそ充分ではなかったが、スピン軌道力のききが従来予想されていたものより小さいことを定性的に確めた(1963年公表)。しかし、これを定量的な議論が出来るまで精度を高めるには、このやり方では限界があるとの見透しに立って、偏極陽子ビームと偏極ターゲットを用いた第2段階に入るのである。ここでは申請者はまず偏極ビームの生成に対しては種々の核に無偏極ビームをあて、散乱後の陽子の偏極を測定し、カルシウムが大きな収量と高い偏極度の散乱ビームを与えることを見出した。又偏極水素ターゲットを低温と磁気共鳴を併用し、高く偏極した電子の偏極度を陽子の偏極度に移行させる dynamic polarization の方法で、名大グループと協同で完成させ、我国で始めて実用化の段階に到達させた。これを上記偏極ビームと組合わせてスピン相関係数 $\hat{A}_{xx}$, $\hat{A}_{yy}$ の測定を行なった。前記 $\hat{C}_{nn}$, $\hat{C}_{kp}$ が散乱後のスピン状態を指定して同時計数をとったのに、この場合は最初にスピンの状態を指定して散乱を行なうのである。相互作用が時間反転に対し不変性をもつならば、これらの係数の間には一定の関数関係がある。この実験の結果は前回の実験結果を再確認だけでなく、更に高い精度で 3P_0 位相ずれが従来高いエネルギーのデータのみから予想されていたものより大きいことを示した。この結果は核子間で交換される中間子の相関に関して重要な知見を与えるものである。又 3P_0 位相ずれが大きいことの物理的意味について各種の示唆に富んだ考察がなされている。

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。