

氏 名	かん だ ひろ き 神 田 浩 樹
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	論 理 博 第 1487 号
学位授与の日付	平 成 19 年 5 月 23 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	Measurement of the cross sections of $\Sigma^+p$ elastic scattering ( $\Sigma^+p$ 弾性散乱断面積の測定)

論文調査委員 (主 査) 教授 今 井 憲 一 教授 笹 尾 登 講師 藤 原 義 和

### 論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文は、核力のより深い理解を目指して、新しい手法で $\Sigma^+N$ の弾性散乱の断面積の測定を行ったことに関するものである。核力の研究は精度の高い核子-核子 (NN) 散乱実験の結果とボゾン交換力を元にした理論モデルを両輪として進められ、今日ではNN相互作用はきわめて良く理解されている。NN相互作用の理論をバリオン間相互作用に拡張する試みも行なわれてきており、代表的なものとして、核力の近距離における固い芯を現象論的な斥力ポテンシャルで表現するNSCモデルと、クォーク間の相互作用により近距離相互作用を表現するRGMモデルが挙げられる。ところが、ハイペロン(Y)の短い寿命のために低エネルギーから中間的エネルギー領域におけるYN散乱データは30年以上前の泡箱実験による、統計精度の低い物に限られていた。

本申請論文の中心となるKEK-PS K2ビームラインにて実施されたE289実験は、シンチレーティングファイバー(SCIFI)ターゲットを使用して、スペクトロメータによる粒子識別情報と電子画像として収集したSCIFIターゲット中の飛跡情報を元に、YN散乱断面積をより高い統計精度で測定することを目指した。K2ビームラインで1640 MeV/cの $\pi^+$ 中間子ビームをSCIFIターゲットに照射し、シンチレーティングファイバーを構成する水素原子核を標的とした $p(\pi^+, K^+)\Sigma^+$ 反応によって運動量が400 MeV/cから900 MeV/cの範囲の $\Sigma^+$ ハイペロンを生成し、さらに、 $\Sigma^+$ がSCIFI中を飛行する間に陽子と弾性散乱する事象を抽出して断面積の導出を行なった。E289実験の前身のE251実験では、同様の実験手法により11個の $\Sigma^+p$ 弾性散乱事象を得たが、E289実験では標的に使用するSCIFIの精細化、標的長さの延長、また、SCIFIの画像を増幅するイメージインテンシファイアの構成の見直しとトリガー系の工夫を行なうことで、さらなる統計精度の向上を図った。実験では420時間にわたるデータ収集の結果、 $3.1 \times 10^6$ 個の事象を記録した。スペクトロメータの解析によって( $\pi^+$ ,  $K^+$ )事象を抽出し、人の目による画像データの分類(スキヤニング)を行なった。スキヤニングによって分類された事象から、 $\Sigma^+$ 生成候補と $\Sigma^+$ 散乱候補を選び出し、分類の再確認および画像データ中の飛跡の位置の入力を手で行なうポインティングと呼ばれる作業を行なった。スキヤニングとポインティングの作業では、コンピュータシミュレーションによって生成した画像データを混入して、画像データの分類効率や位置入力精度、その後の解析に伴う各種の効率を評価した。 $\Sigma^+$ 生成候補のポインティング結果に対して、視認効率と運動学の解析を行なって水素原子核を標的として生成した $\Sigma^+$ を抽出し、350MeV/cから750 MeV/cの運動量領域において $(5.01 \pm 0.04) \times 10^4 \text{ cm}$ という $\Sigma^+$ ビーム総延長を得た。また、 $\Sigma^+$ 散乱候補のポインティング結果に対しても同様の解析を行ない、水素原子核を標的とした弾性散乱を31事象抽出した。この事象数はE251での水素原子核を標的として生成した $\Sigma^+$ の弾性散乱事象の10倍を超える。弾性散乱事象に含まれるバックグラウンドとしては、炭素原子核中の陽子を標的とした準弾性散乱があり、その混入率 $20.3 \pm 10.7\%$ と見積もった。

結果として、350 MeV/cから750 MeV/cの運動量領域での $\Sigma^+p$ 弾性散乱の $-0.8 < \cos \theta \text{ cm} < 0.8$  ( $\theta \text{ cm}$ は重心系での $\Sigma^+$ の散乱角)の角度範囲での微分断面積および積分断面積を得た。これらの断面積の値とE251で得られた微分断面積の値を併せて理論モデルによる予測値と比較した。 $\chi^2$ 検定を行なった結果、理論モデルのうちクォーク模型を基礎としたRGM-FSS

が最も尤度が高く、中間子交換模型を基礎とした理論モデルである NSC97a は有意水準が 5% に満たないことをしめした。

## 論文審査の結果の要旨

本申請論文は、ハイペロン核子相互作用の実験に関するものである。核力の起源や核力の理論的モデルの研究にとって、核子-核子相互作用のみならずハイペロン核子相互作用をふくめて研究することが重要と考えられている。しかし、ハイペロン核子相互作用を実験的に調べる最も直接的な方法であるハイペロン核子散乱の実験は、低エネルギーのハイペロンの寿命が短いため非常に難しい。現存する実験データは30年以上前の泡箱実験による、統計精度の低い物に限られている。

申請者はシンチレーティングファイバー (SCIFI) 検出器を active target として用いるという新しい実験手法を導入することでハイペロン核子散乱の実験を実現した。新しく  $300\mu\text{m}$  のシンチレーティングファイバーを使った大型の検出器の製作に成功し、また読み出し装置として EBCCD を最終段に用いる大型 Image Intensifier Tube (IIT) を新たに開発するなど、新しい検出法と検出器開発に成功したという点で大いに評価できる。実験は KEK-PS K2 ビームラインにて実施された (E289)。 $1640\text{ MeV}/c$  の  $\pi^+$  中間子ビームを SCIFI ターゲットに照射し、シンチレーティングファイバーを構成する水素原子核を標的とした  $p(\pi^+, K^+)\Sigma^+$  反応によって運動量が  $400\text{ MeV}/c$  から  $900\text{ MeV}/c$  の範囲の  $\Sigma^+$  ハイペロンを生成する。さらに  $\Sigma^+$  がシンチレーティングファイバー (SCIFI) 中を飛行する間に陽子と弾性散乱する事象を抽出して断面積の導出を行なうというものである。この仕事はハイペロン核子散乱の実験の新しい道を開いたという意味で十分な評価に値する。

実験で得られた画像データは膨大なものである。スペクトロメータの解析によって ( $\pi^+$ ,  $K^+$ ) 事象を抽出し、人の目による画像データの分類 (スキヤニング) を行ない、スキヤニングによって分類された事象から、 $\Sigma^+$  生成候補と  $\Sigma^+$  散乱候補を選び出すという作業を行なっている。またこのときコンピュータシミュレーションによって生成した画像データを混入して、画像データの分類効率や位置入力の精度、その後の解析に伴う各種の効率を評価している。そのほか炭素原子核中の陽子を標的とした準弾性散乱を評価し、その混入率を求めるなど、統計以外の誤差についての検討もしっかり行われている。これらは微分断面積の絶対値を求めるうえで重要なことである。

その結果申請者は、 $350\text{ MeV}/c$  から  $750\text{ MeV}/c$  の運動量領域での  $\Sigma^+p$  弾性散乱の  $-0.8 < \cos\theta_{\text{cm}} < 0.8$  ( $\theta_{\text{cm}}$  は重心系での  $\Sigma^+$  の散乱角) の角度範囲での微分断面積および積分断面積を与えた。この運動量領域の  $\Sigma^+p$  弾性散乱の貴重な実験データを与えた意義はおおきい。理論との比較では、従来型の中間子交換模型よりクォーク模型を取り入れた模型のほうが実験データをよりよく再現することも示しており、今後の核力の理論的な研究にとって貴重なデータを与えたことは、十分な評価に値する。

なおこの実験の主要な結果については、すでに Nuclear Physics 誌に掲載されている。

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。