

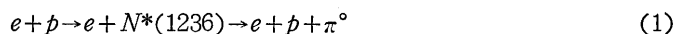
氏名	馬場浩太
学位の種類	理学博士
学位記番号	論理博第337号
学位授与の日付	昭和45年11月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	<b>A Coincidence Measurement of Neutral Pion Electro-production through <math>N^*(1236)</math></b> ( $N^*(1236)$ を経る中性パイ中間子電子生成の同時計数測定)

(主査)  
論文調査委員 教授 安見真次郎 教授 町田 茂 教授 長谷川博一

### 論文内容の要旨

申請論文は電子の非弾性散乱による陽子からの中性  $\pi$  中間子発生についての実験的研究に関するもので、原子核研究所 1.3 GeV 電子シンクロトロンからの引出し電子ビームを用いて実験が行なわれた。

申請者は核子の第1共鳴状態  $N^*(1236)$  の電磁構造や電磁的励起のメカニズムを研究するため、そのエネルギー領域において電子を液体水素標的に入射させ、散乱電子と反跳陽子とを同時計数で測定するいわゆる Two arms の実験を行って素粒子反応



の研究を行った。

第1共鳴  $N^*(1236)$  はスピンの3/2であるから、 $\gamma$ PN\*(1236) Vertex は  $f_+$ ,  $f_-$ ,  $f_0$  なる三つの形状因子をもつ。ここで  $f_+$ ,  $f_-$ ,  $f_0$  は核子から夫々 helicity 3/2,  $-\frac{1}{2}$ ,  $+\frac{1}{2}$  の  $N^*(1236)$  への遷移に対応する形状因子であって、 $f_{\pm}$  は仮想的光子の横波成分の寄与により、又  $f_0$  はその縦波成分の寄与によるものである。今、反跳陽子が仮想的光子の運動方向に放出される場合には  $f_+$  を含む項はすべて消えてしまっており、その微分断面積は  $f_-^2$  に比例する部分と  $\epsilon f_0^2$  に比例する部分の和の形になる。ここで  $\epsilon$  は横波成分の偏極パラメータを表わす。このため移動4次元運動量  $q$  の自乗を一定にして  $\epsilon$  を変化させてこの方向の微分断面積を測定して、いわゆる Rosenbluth plot を行えば、 $f_-^2$  と  $f_0^2$  とを別々に分離して決定できるわけである。申請者は以上のような考察から素粒子反応(1)の形状因子の中、 $f_-$  と  $f_0$  とを決定しようという意図の下に本研究を行ったわけである。

このためには当然第1共鳴のエネルギー領域に亘って移動運動量  $q$  と  $\epsilon$  とを一定にしながら微分断面積の励起曲線をとる必要がある。申請者はその際、非弾性散乱された電子と反跳陽子とを夫々磁場を含むシンチレーション・カウンター・テレスコープで測定した。電子テレスコープには更に鉛ガラス・チェレンコフ・カウンターを加えることによって電子の同定を行った。一方、陽子テレスコープにおける陽子の同定のために、電子テレスコープ中の1つのカウンターの信号をスタート・パルスとし、陽子テレスコー

プ中の最後のカウンターの信号をストップ・パルスとしてこの間の時間即ち陽子の飛行時間を測定している。電子テレスコープと陽子テレスコープとの間の同時計数を要請して得られる各 events 毎の情報には、1) 鉛ガラス・チェレンコフ・カウンターの波高値、2) 陽子テレスコープを走る粒子の飛行時間に比例する波高値、3) 電子テレスコープ中の2個のホドスコープと陽子テレスコープ中の2個のホドスコープからの情報、4) 電子テレスコープ中の運動量分析電磁石の励磁電流値、5) その他実験の Run No. 等がある。これらの情報はデータ・プロセッサ（PDP-8）に送られて、これによって紙テープ上に同一 event に属するデータの1組として記録された。これらの記録されたデータの組の中から素粒子反応(1)の event を選びだすときの判定条件として申請者は、1) 鉛ガラス・チェレンコフ・カウンターの波高値が電子の波高値を示すこと、2) 陽子テレスコープで測定された粒子の飛行時間が陽子のそれと一致すること、3) 両テレスコープ中のホドスコープの情報が、同一 event のものとして互に矛盾のない対応を示すこと、の3つを採用した。このような選定を行った後、最終的な実験結果を出すには更に、電子散乱の実験には必須の、Radiative correction という補正を行わなければならない。申請者は、これを Radiating in と Radiating out の2つの場合に分けて考察している。前者については Two arms の実験を行ったため補正は無視できるとしているが、後者についてはその補正を  $\epsilon=0.7$  の場合15%、 $\epsilon=0.5$  の場合13%と見積っている。

実験結果は先ず4次元移動運動量の自乗  $q^2=3F^{-2}$  において  $\epsilon=0.5$  及び  $0.7$  に対する、陽子が仮想的光子の運動方向に放出される場合の微分断面積の励起曲線という形で得られている。この励起曲線は Dalitz-Yenie の理論曲線と形がよく一致している。ついでこれらの曲線の下を積分して、形状因子  $f$  の自乗として

$$f^2(3F^{-2}, \epsilon) = \begin{cases} 0.084 \pm 0.006 & \text{for } \epsilon=0.7 \\ 0.072 \pm 0.009 & \text{for } \epsilon=0.5 \end{cases}$$

を得た。この2つの値から  $f_{\pi^-}$  と  $f_{\pi^0}$  とを別々に求めることは原理的には可能であるが、申請者は、実験点の誤差や  $\epsilon$  の2つの値が互にあまり異っていないことや、どちらも0軸から遠く隔っていることなどを考えると、この2点を直線で結んで  $f_{\pi^-}$  と  $f_{\pi^0}$  とを求めた場合、大きな誤差が入る恐れがあるとして慎重に考慮した結果、Rosenbluth plot に加えるもう一つの実験点として実在の光子による  $\pi$  中間子発生0実験値を用いることにした。即ち、中性  $\pi$  中間子光発生0の微分断面積と、電子の陽子による非弾性散乱の Single arm の実験から得られる形状因子の移動運動量依存性とを組合わせて、 $q^2=3F^{-2}$ 、 $\epsilon=0$  における  $f_{\pi^-}$  の値として  $0.082 \pm 0.012$  を得た。

かくして得られた  $q^2=3F^{-2}$  における、 $\epsilon$  の3つの値 (0, 0.5, 0.7) に対応する3個の実験値をいわゆる Rosenbluth plot すると、これら3点を通る直線は  $x$  軸にほぼ平行になって、縦波の成分の寄与は無視し得るほど小さいことがわかった。従って  $f_{\pi^-}(3F^{-2})=0.081 \pm 0.005$  が得られた。即ち、電子の陽子による非弾性散乱で  $N^*(1236)$  を経由する素粒子反応(1)においては仮想的光子の縦波の成分は殆んど寄与しないことが示されたわけである。

### 論文審査の結果の要旨

電子による  $\pi$  中間子発生0の現象は仮想的光子による核子からの中間子発生とみなせるが、これには実

際的光子による核子からの中間子発生即ち通常の中間子光発生に比べて次のような特徴がある：1) 仮想的光子が0でない質量をもつこと、2) 横波の成分の他に縦波の成分が存在していること、3) 横波が偏極していることなどである。これらのために電子の陽子による非弾性散乱の研究は中間子の光発生や電子-陽子弾性散乱の研究では得ることのできない知識が得られる可能性があるので、核子の共鳴状態の電磁構造や電磁的励起のメカニズムを研究するのに非常に有用であると考えられる。

申請者の論文は核子の共鳴状態として第1共鳴状態  $N^*(1236)$  をとりあげて、これを經由する、電子の非弾性散乱による陽子からの中性  $\pi$  中間子発生を実験的に研究したものである。 $N^*(1236)$  はスピン  $3/2$  をもつため、 $\gamma p N^*(1236)$  Vertex には  $f_+$ ,  $f_-$ ,  $f_0$  なる3個の形状因子がある。(これらの定義については論文内容の要旨を参照されたい。) この内、 $f_+$  は仮想的光子の横波成分の寄与によるものであり、 $f_0$  はその縦波成分の寄与による形状因子である。これら3つの形状因子を夫々分離して決定するには一般的にいて極角と方位角についての角分布を測定する必要があるが、特定の角度における微分断面積即ち、仮想的光子の運動方向に反跳陽子が放出される場合の微分断面積の表式には  $f_+$  を含む項はすべて消えてしまって、その微分断面積は  $f_-^2$  に比例する部分と  $\epsilon f_0^2$  に比例する部分の和の形となる。ここに  $\epsilon$  とは横波成分の偏極パラメタである。このためこの角度において  $\epsilon$  の値を変えて微分断面積を測定して、その結果をいわゆる Rosenbluth plot (偏極パラメタ  $\epsilon$  を  $x$  軸にとり、形状因子の自乗の値を  $y$  軸にとって、実験値を目盛る方法) を行えば、実験点を結ぶ直線が  $y$  軸上につくる切片が  $f_-^2$  の値を与え、又、その直線の傾きから  $f_0^2$  の値が求まることとなって  $f_-^2$  と  $f_0^2$  が別々に決定できる。主論文の研究目的を要約すれば、申請者の以上の考察に従って、核子の第1共鳴状態に対して2つの形状因子  $f_-$  と  $f_0$  とを夫々実験的に決定しようとしたことにあると云える。

実験結果は先ず移動4次元運動量の自乗  $q^2 = 3F^{-2}$  において  $\epsilon = 0.5$  及び  $\epsilon = 0.7$  の2つの場合についての微分断面積の励起曲線の形で得られたが、これが Chew-Low の静的近似に基いた Dalitz-Yennie の理論曲線と形においてよく一致していることを確かめたことは興味深い。

次に、これらの励起曲線の下の面積を第1共鳴領域に亘って積分することによって形状因子の自乗  $f^2$  を求めて、中性  $\pi$  中間子の光発生のデータから得た  $\epsilon = 0$  の場合の値と共に前述の Rosenbluth plot を行った結果、3点を結ぶ直線は  $x$  軸にほぼ平行となって  $f_0 \approx 0$  となった。この結果は第1共鳴状態への遷移に際しては仮想的光子の縦波成分の寄与は殆んど皆無であることを示すものであって、このことは第1共鳴状態  $N^*(1236)$  の電磁構造や電磁的励起のメカニズムを考える上で重要な一つの知見を提供したものと云える。又、このことは励起曲線の実験値とよく一致した Dalitz-Yennie の理論の基礎となっている仮定とも首尾一貫している。

本論文で行われたような、非弾性散乱された電子と反跳された陽子の両方を同時に測定する実験は一般に、散乱電子のみを測定する、いわゆる Single arm の実験に比較してずっとむづかしいため、世界的にみて数少なく僅かに2~3例を数えるのみである。申請者がこの種の、困難な実験を行って Rosenbluth plot によって形状因子を分離して決定しうることを実際に示したことは、縦波成分の寄与が予想されるもっと高い共鳴状態、例えば  $N^*(1525)$  などの電磁構造や励起のメカニズムをしらべる上で本論文に示された方法の有効性が実証されたわけであって、この点からも本論文の学問的意義は重要であると考えられ

る。これを要するに、本論文は素粒子物理学、特に電磁相互作用の研究分野において重要な貢献をなしたものと云える。

参考論文その1～その4はいずれも  $\gamma$  線および電子による陽子又は重陽子からの中間子発生に関する実験的研究であって、申請者のこの方面の学問的貢献と研究能力を示すものである。

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。