

氏 名	吉 村 喜 男 よし むら よし お
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 162 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 44 年 7 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 専 攻
学 位 論 文 題 目	Photoproduction of π^0 Mesons from Neutrons around the N (1518) Resonance (N(1518) 共鳴近くにおける中性子からの π^0 中間子の光発生) (主 査) 教 授 安見真次郎 教 授 町 田 茂 教 授 武 藤 二 郎
論 文 調 査 委 員	

論 文 内 容 の 要 旨

申請者の論文は核子の第二共鳴状態即ち、N (1518) 付近における、中性子からの中性 π 中間子の光発生、の微分断面積を実験的に測定し、第2共鳴状態への核子の光子励起メカニズムについてそのアイソスピン空間における性質を論じたものである。

中性子の標的としては液体重水素即ち、重陽子原子核中の中性子を用いており、入射光子源としては東大原子核研究所 1.3 GeV 電子シンクロトンからの阻止X線（最大エネルギー950MeV）を用いている。この場合、当然入射光子は連続スペクトルであり、また一方、標的中性子は重陽子の内部で運動しているから、測定条件としては反応の終状態をすべておさえる必要がある。このエネルギー領域では衝撃近似がよい精度で成立つと考えられるので、測定すべき終状態としては発生した中性 π 中間子（以下 π^0 と略す）の運動量ベクトル並びに反跳中性子の運動量ベクトル即ち合計6個の量となる。申請者は、これらをそれぞれ π^0 検出器及び中性子カウンターにより同時放電で計測した。 π^0 検出器は、反応平面（水平面）に対して上下に対称におかれた一対の全エネルギー吸収型鉛ガラス製チェレンコフ計数管からなっており、それらの同時放電で π^0 中間子を同定する。この π^0 検出器の検出効率の実験的較正は、 $\gamma + p \rightarrow p + \pi^0$ 反応を用いて行なわれた。即ち、2体反応であるから一方の陽子を方向をきめて測定すれば、これに対応する方向の π^0 の個数がわかるので、 π^0 検出器との同時計数を行なうことによってその検出効率が実験的に求められる。陽子の測定は磁場による運動量分析と飛行時間法とを併用して行なわれた。

中性子カウンターは大型のプラスチック・シンチレーターからなり、その検出効率の較正は、 $\gamma + p \rightarrow \pi^+ + n$ 反応を用いて行なっている。即ち、上述の陽子の測定装置で今度は π^+ を測定し、これと中性子カウンターのパルスとの同時計数を比較すればよいわけである。

本論文の目的である中性子からの π^0 光発生の実験は、液体重水素標的に対して π^0 検出器と中性子カウンターとをそれぞれ対応する2方向に配置して行なわれた。実際には π^0 検出器を実験室系62.6°方向に固定し、一方中性子カウンターを同じく実験室系で34.8°, 38.0°, 41.2°, 47.6°の四つの角度にそれぞれ

配置して4回測定している。この内 41.2° は、静止中性子に対して入射光子エネルギー 750 MeV, 重心系での π° の放出角 90° の場合に相当している。

π° の測定は上下一対のチェレンコフ計数管を予期される π° のエネルギーに対して、 π° の崩壊による2個の光子の同時計数が最大となるような角度に位置して行なっている。中性子の測定においては上述の同時放電パルス即ち、 π° のパルスと中性子カウンターのパルスとの時間差を測って、飛行時間法によってそのエネルギーを測定している。

次にこの種の実験で困難なことは標的が動いているため、測定装置の検出立体角をきめることが面倒なことである。申請者はこの困難をモンテ・カルロ法を駆使することによって克服した。即ち、実験状況そのままをモンテ・カルロ法で再現してみるわけである。先ず、阻止X線のスペクトルの中、本実験配置に有効な 500MeV~950MeV のエネルギー領域を、含まれる光子数の等しい40個の小領域に分割し、その各々について有効立体角を算出している。即ち、(1) 一定の光子エネルギーに対して、最初どのような運動状態の中性子はその光子を吸収するか、(2) 重心系で π° (或は中性子) がどの角度に放出されるか、(3) π° が重心系で如何なる角度で2個の光子に崩壊するか、以上5個の量について乱数をとることにする。こうして各々の光子エネルギーに対して実験状況を再現して終状態即ち、 π° の運動量ベクトル及び中性子の運動量ベクトルを算出し、これらが測定装置によって検出されるか否かを判定させる。このような試行を電子計算機によって一つの測定配置に対して各々7000×40=280000回程度行なわせて有効立体角を決めるわけである。求める微分断面積は実験で得られた yield と有効立体角とから直ちに得られる。申請者は中性子を静止させた系に換算した場合の光子エネルギー $775\pm125\text{MeV}$ に対して、重心系での π° 放出角 90° 方向の微分断面積として

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}=6.87\pm0.82\mu\text{b/str}$$

を得ている。これは入射光子のエネルギー幅が、まだかなり大であるという欠点はあるが世界最初の実験データである。

申請者は更にこの値の物理的解釈を行なった。即ち、 $\gamma+p\rightarrow\pi^\circ+p$ の実験値の部分波分析に基づいた D_{13} 波の振幅に対して、そのアイソベクトル部分とアイソスカラー部分の比率をパラメタとして種々変化させ、それぞれについて光子エネルギー 775MeV に対する $\gamma+n\rightarrow\pi^\circ+n$ の微分断面積の予期値を算出し、これらと上述の実験値とを比較した。その結果、 D_{13} 波の振幅に対してはアイソベクトル部分だけの場合か或いは、優勢なアイソベクトル部分に対してごく僅か ($\sim 1/10$ 程度) のアイソスカラー部分が混在する場合に実験データとよい一致を示すことを見出した。これを要するに、申請者は、本論文において中間子の光発生における D_{13} 波の振幅はアイソベクトルが主であると結論している。

論文審査の結果の要旨

申請者の論文は、核子の第2共鳴状態への光子による励起に関して光子一核子の相互作用のアイソスピン空間での性質を調べる目的を以って、中性子からの中性 π 中間子の光発生をそのエネルギー領域で実験的に研究したものである。核子の第2共鳴状態を π 中間子一核子系で記述すれば D_{13} と記述できるが、この

状態のアイソスピンが $\frac{1}{2}$ であるため一般には遷移の際のアイソベクトル振幅およびアイソスカラー振幅のいずれによっても励起し得るわけである。本研究は、中性子からの中性 π 中間子光発生現象を、主として陽子からのそれと比較することによって、アイソベクトル部分及びアイソスカラー部分の寄与をそれぞれ分離して測定しようとしたものである。

この種の目的を以って行なわれた精密な実験的研究は誠に数少なく、特に核子の第2共鳴状態に対しては以前に京都大学高エネルギー研究グループ（申請者もその一員であった）の重陽子からの中性 π 中間子の弾性的光発生研究があるのみである。このときには前述の第二共鳴状態への、光子による励起に関してはアイソベクトル振幅の寄与が大部分であるという結論が出されているが、申請者の研究は、このことを更に別の方法で一層精密に測定する目的をもって行なわれたものである。

実験方法は入射光子としては連続スペクトルの阻止X線を用い、また標的物質には液体重水素を用いており、重陽子原子核中の中性子を実際の標的としている。これは当然核内で運動しているため衝撃近似を妥当とすれば終状態のすべて即ち、発生中性 π 中間子の運動量ベクトル及び反跳された中性子の運動量ベクトルを測定しなければ、素粒子反応 $\gamma+n \rightarrow n+\pi^0$ の始状態を決めることができない。申請者は中性 π 中間子と反跳中性子とを同時計数装置で測定することによって、実際に終状態を完全におさえてこの素粒子反応を確認した。このような精密な方法で、 $\gamma+n \rightarrow n+\pi^0$ 反応の断面積を測定した例は、この論文を以って嚆矢とする。更にまた、測定にかかわる粒子は、光子、中性 π 中間子及び中性子のようにすべて中性粒子であるため、この種の実験は最も困難なものの一つと云ってよい。そのため、申請者は π^0 及び中性子測定装置についても種々の工夫を行ない、それらの検出効率を、それぞれ実験的に校正して求めている。このことは本論文の実験結果に対する信頼度を深める結果となっている。

得られた実験データの解析の段階においても、申請者の苦心がうかがえる。即ち、通常の静止標的（たとえば液体水素標的）の場合ならば、測定配置から容易に目ざす反応の検出立体角が計算できるのであるが、本研究の場合のように運動している標的粒子に対しては立体角の計算は簡単ではない。申請者はモンテ・カルロ法を用いて電子計算機によって有効立体角を求めることに成功した。この方法の妥当性をテストするため、申請者は次のことを行なっている。即ち、重陽子中の運動する陽子を標的粒子として、 $\gamma+p \rightarrow \pi^++n$ 反応の測定を行ない、上述の方法によって算出した有効立体角によって静止陽子に対する微分断面積を求めてこれを通常の液体水素（陽子）ターゲットの場合の測定値と比べ、両者がよい一致を示すことをみた。これによって上述のモンテ・カルロ法の妥当性が確かめられたと云える。このように動いている標的粒子による素粒子反応のデータ解析を能率よく行ない、この種の方法を確立した申請者の努力は評価されてよいと考える。

実験結果としては、静止中性子に換算した際の入射光子のエネルギー $775 \pm 125 \text{ MeV}$ に対して π^0 の重心系角度 90° における微分断面積として

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = 6.87 \pm 0.82 \mu\text{b/str}$$

を得ている。これは世界で最初の実験データである。

申請者は更にこの測定値の物理的解釈を行ない、核子より第2共鳴状態N(1518)へ遷移させる D_{13} 波振幅に対して、アイソベクトル部分及びアイソスカラー部分の寄与の評価を行なっている。即ち、核子か

らの中間子光発生 D_{13} 振幅についてはアイソベクトル部分が主であるという結論を得ている。これは既述の京大高エネルギーグループによる結論を更に確証したものであって、光子-核子相互作用による $N(1518)$ の生成メカニズム或いは第2共鳴状態 $N(1518)$ の内部構造に対して重要な一つの知見を提供したものと云えるので、素粒子物理学の分野への寄与は少なくないと思う。

参考論文は6編であるが、その中測定器に関するもの1編以外はいずれも高エネルギー γ 線による素粒子反応並びに原子核反応に関するものであって、申請者が素粒子物理学及び原子核物理学の分野において豊富な知識と優れた研究能力をもっていることを示している。

よって本論文は、理学博士の学位論文として十分価値があるものと認める。