

Title	γ 線による π 中間子生成と πN 散乱の関係
Author(s)	佐々木, 祥介
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/29948
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名・(本籍)	佐々木 祥介
学位の種類	理学博士
学位記番号	第 1818 号
学位授与の日付	昭和 44 年 9 月 30 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	γ 線による π 中間子生成と πN 散乱の関係
論文審査委員	(主査) 教授 内山 龍雄 (副査) 教授 小谷 恒之 教授 砂川 重信 助教授 齊藤 武

論 文 内 容 の 要 旨

素粒子物理学においては強い相互作用に関する力学は今日までのところ解明されていない。その主要な要因として、(I) 素粒子の相互作用が粒子数を保存しないため 1 体状態から多体状態まで関係した問題を解かねばならないこと、(II) 種々の素粒子の中でどれを基本として他が説明出来るかが明確でないこと、があげられる。最近、(II) に関してはすべての粒子 (強い相互作用に関して安定な粒子も不安定な粒子も含む) を同等に基礎的とみる立場、及び未知の仮想粒子 (quark: $\frac{e}{3}$ の整数倍の電荷をもち、質量は核子の数十倍以上) を基礎とみる立場がよく研究されている。しかしこの二つの考え方は共に問題をすりかえているように思える。前者はすべての粒子を基礎と考えることによって、それらの粒子 (共鳴状態も含む) が何故そのような mass level を持ち、何故そのような反応をするのか説明することが困難となるし、後者では、すべて説明不可能な点を未知の粒子の責任にすりかえてしまう。一方これらの考え方とは独立に次のような古典的立場がある。即ち、強い相互作用による共鳴状態 (不安定粒子) を安定な粒子の複合状態とみなす立場であり、今までの所、この考え方をすてる根拠はない。その上、この描像はすでにみついている安定粒子を基礎として説明するのだから、後述の (I) の点を解決すれば強い相互作用の理解が可能となるかもしれない。このような素粒子に対する古典的描像を $\gamma + N \rightarrow \pi + N$ なる反応と $\pi + N \rightarrow \pi + N$ なる散乱に適用すれば、どのような結論がひき出せるかをこの論文で考えてみた。

$\gamma + N \rightarrow \pi + N$ 反応はこれまで低エネルギー領域を除いてほとんど解明されていない。しかし前述の考え方に立つならば、この反応は $\pi + N \rightarrow \pi + N$ 散乱と比較すると入射粒子の γ 又は π が吸収される機構が違うだけで、その他の相互作用は全く同一である。又基礎粒子を強い相互作用で安定な粒子に限っているため、この入射粒子の吸収の機構は π 中間子又は核子のいずれか

と結合するものである。特に γ 線が nucleon magnetic moment によって吸収される部分のみを考えると、上述の2つの反応はいずれも核子と入射粒子の結合によって起される。更にその相互作用を分析してみると、いずれも核子の spin と結合しており、その相手が磁場であるか、 π 中間子の運動量であるかのちがいだけである。この類似性をつかって計算すると magnetic transition amplitude $M_{l\pm}$ と πN 散乱振幅 $f_{l\pm}$ の間につきのような関係があることがわかった。

$$M_{l\pm} = \frac{e\mu_p}{g} \frac{1}{l} \left(\frac{K}{q}\right)^l f_{l\pm}$$

又 electric transition に関しても同様の関係を見つけた。一方通常の charge current と結合する部分は π meson exchange がよくきくため、Born amplitude が実際の振幅のかなり良い近似となることが推測される。そこでこの Born amplitude に final state interaction を考慮したものを使う。以上の結果を総合すると $\gamma + N \rightarrow \pi + N$ の散乱振幅は $\pi + N \rightarrow \pi + N$ の振幅を使って1つの未知数もなく完全に決定出来ることがわかる。この計算結果は threshold から 1000Mev. までという広い範囲にわたって定性的に $\gamma + N \rightarrow \pi + N$ なる反応を説明出来ることがわかった。

この結論から、素粒子論研究の一つの方向として、安定粒子を基礎として、多体的効果を取入れた力学を追求してみる必要があると思う。

論文の審査結果の要旨

γ 線が核子にあたって π メソンをたたきだす反応、 $\gamma + N \rightarrow \pi + N$ は実験的には低エネルギー (threshold) から 1100Mev. ぐらゐまでになつて、その cross-section が求められている。入射エネルギーと cross-section の関係は所々に山があつて、反応の途中に共鳴準位が関与していることを暗示している。しかしこの現象の理論的解明は低エネルギーの部分をものぞけば殆ど未解決である。ただわずかに、いくつかの共鳴準位を現象論的に考慮して、パラメーターの調節により実験的に求まったカーブの再現を試みるといった研究があるにすぎない。

10年ほどまえに、Chew, Goldberger, Low, Nambu (C. G. L. N と略記する) は $\gamma + N \rightarrow \pi + N$ と π, N 散乱の散乱振幅がともに同じタイプの分散式を満足することに着目して、p-波に対して両過程の部分波が比例関係にあるべきだと主張した。しかしこの議論は数学的に正しいものでなく、説得力に乏しい。

佐々木君は、この C. G. L. N の議論は正しくないが、その主張することは、適当に修正すれば正しいものであり、 (γ, π) 過程の解析に役立つであろうと考えた。彼はまず安定粒子、即ち π と N のみを基本粒子とみなし、共鳴準位のような不安定なものは、これを始めから特別に考えにいれなくとも、自然に理論のワクのなかに含まれるべきものと考えた。このような見地から、また S-行列の理論をもとに、上述の両過程の対応する部分波がそれぞれ特殊な比例関係にあることを導きだした。特に入射する γ および π が核子に直接吸収されるときは、入射粒子の吸収

される機構を別にすれば、以後の物理的過程は両者とも全く等しく、したがって両過程の部分波は比例関係にあることを示した。但しこの比例定数は角運動量 l に依存する。また入射粒子が、核子をとりにかこむ π メソンの荷電雲に吸収されるときもまた、両波は別のタイプの関係式を満足することも示した。これら2つの場合を総合すれば、もし (π, N) 散乱の様子が実験的に判っていれば、これをもとに上に求めた佐々木の関係式から $r + N \rightarrow \pi + N$ に対する散乱の様子が、何等のパラメーターを用いることなく、完全に導かれることになる。この結果は (r, π) の実験結果とよく一致することがたしかめられた。

佐々木君の研究は未開拓の (r, π) 過程に対する理論的研究に1つの強力な方法を提供したものである。彼の関係式は入射エネルギーのひろい領域にわたり、且つ角運動量 $l=1$ (C. G. L. N の場合) の場合のみならず、他の l の値に対しても成り立つものである。よって理学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。