



Title	中間子多重発生の際の量子論的考察
Author(s)	小早川, 恵三
Citation	大阪大学, 1960, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/28246">https://hdl.handle.net/11094/28246</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 【27】

氏名・(本籍)	小 早 川 恵 三 こ ばや かわ けい ぞう
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	第 8 4 号
学位授与の日付	昭 和 35 年 3 月 22 日
学位授与の要件	理学研究科原子核宇宙線学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	中間子多重発生の際の量子論的考察
	(主 査) (副 査)
論文審査委員	教授 内山 龍雄 教授 浅野 芳広 教授 緒方 惟一

## 論 文 内 容 の 要 旨

## 要 旨

高エネルギー ( $>10^9\text{ev}$ ) で素粒子がどのような振舞をするか、又はそれらの間の相互作用がどうなっているかは現在の素粒子論の発展段階で重要な問題の一つである。これらを調べるには中間子の多重発生を調べるのは直接的な良い手段である。高エネルギーの核子核子或は中間子核子衝突で一度に沢山の粒子(主として  $\pi$  中間子)が生ずる多重発生現象は今では良く知られた実験事実である。この多重発生が起り得る可能性が理論的に指摘されたのは20年前である。事実核子と中間子場の結合常数は電磁力学の場合よりずっと大きいのでエネルギーが大きくなれば多重発生が期待される。然し現在場の量子論が低いエネルギーで一応の成功を見ているにもかかわらず、この理論から出発して多重発生を首尾一貫して記述した理論は一つもない。この事情は現在の理論には発散の困難があることや多重発生複雑多様性に原因している。

核子と中間子の相互作用の型は最も簡単には場の量を一次で含む擬スカラー型 (Ps型) と擬ベクトル型 (Pv型) が考えられる。低エネルギーの現象ではこの両者の区別ができない。多重発生を電磁力学の制動輻射との類似から調べられたことがある。この場合だと Ps 型では多重発生を殆ど起さない。然しながらその理論では Ps 型に不利な仮定が用いられている。

この論文では Ps 型をとって現行の場の量子論に立却して主として  $\pi$  中間子核子衝突による  $\pi$  中間子の多重発生を調べる。目的の一つは実験結果と比較できる数量的結果を導くことにある。現在の場の量子論では正確に多重発生の問題を取扱うことは殆どできないので二、三の適当な近似を置かざるを得ない。

そこで核子と中間子がある時間だけ相互作用(相互作用時間)するとこの時間が一定であると仮定する。更に自由粒子のハミルトニアンをこの時間の中で殆どC数とみなす。即ち相互作用ハミルトニアンが主に寄与をしている強結合の仮定である。この二つの仮定を基礎にして中間子多重発生を場の量子論的に

取扱った。その結果は Ps 型でも多重発生が起ることが示された。 $\pi$  中間子核子衝突の場合の数量的結果が実験と比較された。それらは  $n$  個の中間子をつくる場合の相対的断面積、出てくる核子の運動量分布、核子の角分布等である。角分布が実験と多少のくい違いを見せているが現行の場の量子論ではそれを正確に導く良い手段がないだろう。

相対的断面積を求める際に現われたローレンツ変換に対して共変的な位相空間の多重積分が鞍点の方法によって求められた。又従来荷電状態の重みを計算するのに Clebsch-Gordan の係数の複雑な組合せで求められていたが、この方法では  $n$  が大きいときは煩雑で取扱えない。それに代る簡単な良い近似のものが得られた。位相空間の多重積分の結果とあいまって修正された統計理論が提唱された。これは従来の統計理論より取扱いがより簡単で実験とより良い一致を示すことが期待される。

核子核子衝突の場合も  $\pi$  中間子核子衝突の時と同じ仮定で、二三の性質が調べられている。核子核子間の力はポテンシャルでおきかえられること、核子間の運動量変化は非常に小さいことが導かれた。

### 論文の審査結果の要旨

量子電磁力学はいわゆる「くり込み法」が発見されてからは、この理論に固有の無限大の困難が一応は解決され、その結果理論と実験のおどろくべき一致を得ることができた。

そこでこの「くり込み法」をさらに中間子論に適用してみると、こんどは必ずしも実験との一致に成功したとはいえない。この中間子論に於ける失敗の原因は量子電磁力学に比べて中間子と核子の相互作用の定数が大きいことが第一の原因である。このために基礎方程式を解くのに摂動法は決してよい近似法とはいえない。それよりもっと重要な原因は、まだ中間子と核子の相互作用の形が充分には確立されていないことである。核子の内部構造が問題にならない場合、つまり核子と相互作用する中間子のエネルギーが比較的低い場合には理論は割合により結果をあたえる。しかし中間子のエネルギーが非常に大きくなり、その波長が核子のコンプトン波長と同程度かそれより短くなる時には、核子の内部構造に対する知識の不足のために、この理論は失敗に帰することになる。

この見地から、核子の内部構造をしらべること、また低エネルギー領域では一応成功をおさめている現存の中間子論がどの程度まで高エネルギー領域に応用出来るかという理論の適用性の限界をしらべることは、きわめて重要な問題である。

この問題に対する解決の一つの鍵をあたえてくれるものに中間子の多重発生という現象がある。これは宇宙線の中で発見されるもので、高エネルギーの中間子または核子が他の核子に衝突して一度に多数個の中間子を作り出すという現象である。

この現象を理論的に説明しようとしてすでに20年も昔から多くの人々が幾多の理論を提唱したが、それぞれ一長一短というところである。

そこで、小早川君は前記のような目的を持って現存の理論から出発してはたして多重発生が説明出来るかをしらべた。

彼は高エネルギーの中間子が核子と衝突する場合に、この両者が衝突をしている時間間隔  $\tau$  を有限として、この  $\tau$  の間だけ両者のあいだに強い相互作用があると考えた。

このように衝突時間を有限にすることは、実際の現象によく合っているが、これを数学的に扱うのは面倒なことである。そのため彼は中間子と核子を Wave packet により表現し、その塊の大いさは大体  $\tau \times$  (光速度  $C$ ) の程度と考えた。このような考えから、彼は  $n$  個の中間子を作る相対確率、また衝突後の核子の角度分布やその運動量分布を求め、これらを実験と比較し、核子の角度分布をのぞいては、相当によい一致を見だした。

従来は終状態で  $n$  個の中間子が飛び出す場合にこの  $n$  個の中に正負及び中性の中間子がどんな確率でふくまれるかを計算するのに群論の結果を作って大変複雑な計算をしなくてはならない。そこで  $n$  が大きくなると実際には計算をすることは殆んど不可能である。そこで小早川君は、彼の計算結果から  $n$  が大きい場合に使える便利な近似法を考えた。これを用いて従来の「統計理論」の修正をも試みたが、その結果は実験によく合うことが判った。

彼は更に、この中間子—核子衝突に用いた考え方を核子—核子衝突に用いその結果について簡単な推論を行った。

以上が小早川君の論文の要旨である。この論文から判ったことは低エネルギーで一応成功している現存の中間子論でも、近似法を適当に工夫すれば高エネルギーの場合にも適用出来ることである。さらに興味のあることは、矢島君の考えた核子のモデルがある程度、現存の場の理論からも引き出せるということである。

この小早川君の方法は、今まで行われてきた方法と一風かわったもので、独創性にとんだ、興味あるものであり、その結論も実験とよくあう。

彼はすでに博士課程の必修課目にすべて合格しており、この論文は理学博士の学位論文として充分の価値あるものと認める。