OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	素粒子の電磁質量に対する分散式的取扱い
Author(s)	田口, 侑男
Citation	大阪大学, 1967, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/29451
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【18】

氏名・(本籍)	田口侑男（たぐちゆりを）
学位の種類	理学博士
学位記番号	第1304号
学位授与の日付	昭和42年12月21日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文名	**素粒子の電磁質量に対する分散式的取扱い**
論文審査委員	(主査) 教授 内山龍雄 (副査) 教授 緒方惟一 教授 金森順次郎 教授 砂川重信 助教授 神吉健 講師 佐藤行

論文内容の要旨

素粒子間の強い相互作用に対しては荷電不変性が非常に良い精度で成立している。例えば陽子と中性子の質量は強い相互作用だけが存在する場合にはまったく等しいはずである。ゆえに現実に存在する陽子—中性子間の質量差は荷電不変性を破る電磁相互間作用により生ずると仮定することができる。この仮定にもとずいて電磁相互作用の2次までの近似で Feynman-Speisman 以来多くの人が陽子と中性子の質量差を計算した。彼らは自己質量を表わす式の中間状態（摂動論の意味で）として核子と光子1個ずつという状態をとり，また核子は質点ではなく核子をとりまく中間子雲の影響を受けて有限の拡がりを持つものと仮定した。この拡がりの様子を示す量は，普通形状因子と呼ばれる。この因子は高エネルギーの電子—核子散乱の断面積から実験的に求められる（例えば Stanford における実験）。このデータを上述の質量差の計算に応用すると陽子の方が重くなるという事実と逆の結果が得られた。この方法が失敗した原因としては次のことが考えられる。すなわち中間状態として最小個数の粒子から成る状態しかとらなかったこと，および形状因子に実験データを代入する際に2，3の注意すべき点を忘れていたためである。

本論文では核子の電磁的自己質量が virtual な光子の核子による前方コンプトン散乱に密接に関係していることを利用する。まず一般の場合のコンプトン散乱の振巾を考える。それは，電荷保存則を満足し，ローレンツ変換に対して2階のテンソルの変換性を持つ互いに独立な量の一次結合で表わされることがわかる。このように表わされた式において前方散乱の極限に移行する。この方が最初から前方散乱振巾を考えるより多くの知識が得られるからである。かくして得られた前方散乱振巾は独立な18個の項より成り $\sum_{i=1}^{18} D_{\mu\nu}^{(i)}(q^2, \omega) \cdot t_i(q^2, \omega)$ なる形をしている。(q, ω はそれぞれ核子の静止系から見た光子の4元運動量およびエネルギー，$D_{\mu\nu}^{(i)}$ は上述の電荷保存則を満足する2階のテンソル

であり，t_i (q^2, ω) は q^2, ω の不変関数)。q^2, ω の任意の不変関数を f_i (q^2, ω) とすれば $\frac{D^{(i)}_{\mu\nu}}{f_i} = D'^{(i)}_{\mu\nu}$ も上述の条件を満足するテンソルである。f_i (q^2, ω) t_i $(q^2, \omega) = t_i'$ (q^2, ω) と書けば散乱振巾は $\sum_{i=1}^{18} D'^{(i)}_{\mu\nu} t_i'$ とも書ける。ここで t （または t'）が ω についての“引算不用の分散式”（つまり Cauthy 積分が収束積分であること）を満足すると仮定すれば自己質量はコンプトン散乱の振巾の虚数部で表わされる。この虚数部はユニタリー性により電子—核子散乱の断面積と結びついているので核子の自己質量は電子—核子散乱の断面積の実験値を用いて直接計算できるというのがこの方法の利点である。

引算不用の分散式を t_i (q^2, ω) に仮定するか，t_i' (q^2, ω) に仮定するかに応じて自己質量を表わす式は多くの異った形をもつ。本論文ではその任意性を総括した一般式を導いた。以前得られた Feynman-Speisman の式，Cottingham の式などはそれぞれこの一般式の特別な形になっている。現段階ではこれら多くの自己質量の式のどれが正しいかを決める手段はないが，将来弾性的および非弾性的な電子—核子散乱の断面積に関する実験データが蓄積されれば正しい一つの式が決まるはずである。

次にコンプトン散乱の振巾は標的粒子のスピンについて平均した後は標的粒子の属性に依存しない。そこで任意のスピンを持つある荷電多重項を考える。その多重項内の各粒子によるコンプトン散乱の振巾の差が引算不用の分散式を満足すると仮定すれば，それらの粒子の質量差に対してわれわれの方法を適用することができる。

論文の審査結果の要旨

現在実験的にその存在が確かめられている素粒子は100以上もある。これらはそれぞれのアイソスピンに応じて多くのファミリーに分類される。一般に同じファミリーに所属する素粒子の質量は大体に等しい。しかし陽子と中性子はともにアイソスピン½の同一ファミリーに所属するが，中性子の方が少し質量が大きい。同様に $\pi^{\pm}$ と π^0 では π^0 の方が軽い。このわずかの質量差は，それぞれの粒子の電磁的相互作用の差に起因するものと考えられる。このような考えにそって Feynman-Speisman をはじめ，多くの人々が，この質量差の理論的説明を試みた。しかし今までのところ，決定的な理論はまだない。

田口君の論文は，この重要な問題に対して1つの新しい方法を提案したものである。

一般に素粒子の電磁的質量は，この粒子が光子を放出したり，またそれを再吸収したりすることによる。この光子の吸収，放出のメカニズムは，考え方を少しひろげると，この粒子による光子のコンプトン散乱と密接な関係にあることに田口君は着目した。そこでこの散乱過程によく使われる分散理論を利用して，問題の質量差を導きだすことを工夫した。Cottingham もこれと似た研究を行なっている。しかし田口君の方がより一般的である。そのために Cottingham の方法では説明できなかったことも田口君の方法では可能になるということもありうる。しかし田口君の方法を用いて多くの素粒

子の質量差を説明するのには，まだ散乱の実験からのデータが不足しているので，残念ながら具体的結果が出せない。とはいうものの，この方法はいままで発表されたものと異なる新しいものであり，その問題の重要性，アィディアの斬新な点で理学博士の学位論文として十分の価値があるものといえる。