

氏 名	中 川 壽 夫 なか がわ ひさ お
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 317 号
学位授与の日付	昭 和 49 年 3 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 第 二 専 攻
学位論文題目	Possible Explanation of the “Strong Core” Present in Hadron Reactions (強粒子反応にあらわれる「固い芯」をいかに理解するか)
論文調査委員	(主 査) 教 授 町 田 茂 教 授 田 中 正 教 授 三 宅 弘 三

論 文 内 容 の 要 旨

強い相互作用をする素粒子（これをハドロンと総称する）については多くの興味ある現象が知られているが、それを理解できる理論はまだできていない。それらの現象のなかに“固い芯”とよばれるものがあり、それはふつう強い斥力として表現されている。

これは比較的低エネルギー（約 1 GeV 以下）の陽子-陽子散乱にきわめてはっきりと見られ、とくに軌道角運動量が 0 の S 状態において、2 個の陽子の相対距離が約 0.5×10^{-13} cm 以下になると、波動関数がほとんど 0 になり、したがって 2 個の陽子はその距離以内には、近づけないような強い斥力が働いていると見られる。

この強い斥力、いわゆる“固い芯”はきわめて特異なものであり、その解明は素粒子の構造などの研究に非常に役立つであろうと思われるが、まだ、その生ずる原因はわかっていない。

しかし、それを説明するための試みはいくつか提出されており、すべてのハドロンの間にごく短距離では強い斥力が働くとする考え、速度依存ポテンシャルによって説明する考え、ハドロンの複合性によって説明する考えなどがそのうちに含まれている。これらのどのメカニズムによって生ずるかによって、固い芯がどの状態に現われるか、また、エネルギーが高くなるとどのように変化するかが違うので、それらの説の正否は実験によって検証できるはずであるが、現在の実験の精度の範囲内では、まだ優劣がわかっていない。

申請者は、素粒子の複合理論が多くの面で興味ある結果をみちびいていることにかんがみ、ハドロンの複合性によって固い芯が生ずるとしたときの一つの問題を理論的に研究した。

ハドロンの複合性による固い芯の説明の系譜は、端を電子-原子散乱の理論に発し、原子核反応においても重要な役割を果たした。何個かの粒子の複合系の散乱を考える場合、まず複合系の構成要素のあいだの統計性を無視して解を得たとすると、そのうちのあるものは統計性を考慮すると禁止され、実際にあらわれる散乱状態はこの禁止された状態と直交しなければならないという条件があらわれる。この統計が

Fermi-Dirac の場合、エネルギーがもっとも低い状態が禁止されるので、実現される状態はこれと直交するため、ある距離のところにならず0になる点を生じる。この点が固い芯の半径と解釈されるものであって、実際、アルファ粒子間の衝突などのくわしい計算によって、この半径がエネルギーと共にあまり変わらず、あたかも、それより内側に強い斥力があるかのような現象が生じることがわかっている。

粒子間の相互作用がクーロン力あるいは弾性力の場合には上記の解はいずれも厳密に求めることができ、“禁止される状態”が厳密に存在し、それとの直交性も厳密になり立つ。このため、散乱波の位相のズレは、エネルギー0の極限で、180度の正の整数倍になり、この整数の値は禁止された状態の数に等しい。電子-原子散乱ではこのことは実験的にもたしかめられている。しかし、陽子-陽子衝突の実験の解析から、この場合、位相のズレは、エネルギーが低くなると、小さい正の値から上昇し180度の方向に向ったのち、急に落ちて0度になってしまう。したがって、この場合禁止された状態は、厳密には、ないはずであり、禁止される状態が存在する場合の理論をそのまま使うことはできない。

禁止される状態が存在し、エネルギー0のときの位相のズレが180度の正の整数倍になるときに、禁止される状態が存在せず、エネルギー0のときの位相のズレが0度である場合とは不連続的であるので、いままでの理論の直接の拡張は困難であり、数値計算による研究しかおこなわれていなかった。

申請者の主論文はこの点を理論的に解明することを目的としたものである。すなわち、系の散乱状態を記述する積分方程式をつくり統計性の条件はその方程式の中にふくめておく。積分方程式の解法でよく使われるように、積分核に一つのパラメーターをかけ、それが系の本当の状態をあらわす1の値をとるときは、禁止される状態があらわれないが、その値が1からごく少しずれたときは禁止される状態があらわれる場合を考える。

申請者はこのような場合には、禁止される状態が厳密には存在しなくても、現実に実現される状態をあらわす波動関数に対しては、近似的な直交条件が存在し、その条件式は、上記のパラメーターと共に連続的に変化することを示した。このことによって、陽子-陽子散乱のように、禁止される状態が存在しない場合にも、ハドロンの複合性と統計性のために、近似的に“固い芯”が存在することが理論的に理解されたわけである。申請者はまた、非弾性過程が存在する場合をも含むように理論を拡張し、このときに、固い芯といわれる斥力が、どのように消えるかを定性的に明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

申請者の主論文は、ハドロンの散乱に見られる“固い芯”とよばれる強い斥力が生じる一つの可能なメカニズムについて、それが陽子-陽子散乱の実験と矛盾せずにあらわれうることを、理論的に示したものである。

ハドロンの複合性と統計性にもとづく説明は、構成要素間の相互作用がクーロン力と弾性力である場合には厳密に計算でき、その場合には禁止される状態が存在し、エネルギー0の極限での散乱の位相のズレは、180度に、禁止される状態の数をかけたものである。このことは、電子-原子散乱については実験的にもたしかめられている。

しかし、ハドロンの散乱においては、位相のズレの性質から、禁止される状態はないと考えられる。こ

の場合にも、複合性と統計性にもとづいて固い芯の存在を説明できるかどうかは、いままで理論的には明らかでなかった。

申請者は、この問題の解明に積分方程式の数学的性質が役立つであろうとの考えのもとに、積分核に一つのパラメーターをかけ、それによって禁止される状態が存在する場合と存在しない場合とをつないだ扱いが可能であること、および、ハドロン散乱のように、禁止される状態が存在しない場合にも、固い芯が近似的に存在しうること、その近似度は上記パラメーターによってあらわされることを示した。このことは、固い芯の理論的解釈の一つの懸案であった問題を解明したものとして重要である。

固い芯が複合性と統計性によるものであるとしたとき、それは高エネルギーになって非弾性散乱が生じると共にだんだん弱くなってついには消失することが予想される。申請者はこの問題をも扱かうために、連立積分方程式によって非弾性過程をもふくめ、予想どおり固い芯の弱まりが生じること、その弱まり方と非弾性過程の起り方との関連などを、一定の近似の範囲内で、明らかにした。この研究もこの方向への理論的取扱かいの方向を示すものとして興味深い。

参考論文1はX型 Veneziano 振幅の性質をくわしく調べたものであり、参考論文2は複合理論における相互作用を Duality をもとにしてきめようとする研究である。参考論文3では、参考論文2における結果にもとづいて、ハドロンの分類を系統的におこなったものである。これらの研究は、いずれも申請者の研究能力をよく示す、すぐれた研究である。

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。