

氏 名	小 平 治 郎 こ だいら じ ろう
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 561 号
学位授与の日付	昭 和 54 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	Quantum Chromodynamics and Parton Model in Deep Inelastic Scattering (深非弾性散乱に於ける量子色(カラー)力学とパートン模型)

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

強い相互作用を基本的なレベルから理解することは、素粒子物理学において、現在もっとも重要な課題の一つである。この課題に答える可能性を持つものとして、最近、とくに注目を集めているものに量子色力学 (Quantum Chromodynamics) がある。これは Yang および Mills の研究に始まる Non-Abelian Gauge 場まつわる場の理論の一連の考察の中から生じたものである。't Hooft により Non-Abelian Yang-Mills 場の理論のくりこみ可能性が証明され、さらに1973年に Gross および Wilczek と Politzer によって Non-Abelian Gauge 場が漸近自由であることが示されるに至って、この理論は、一躍多くの研究者の注目を集めることとなった。漸近自由というこの理論の著しい特徴は、一方では、infrared slavery と呼ばれる構成子の閉じこめにも関連した問題を与え、また一方では、深非弾性領域での Bjorken scaling さらに parton 模型の基礎づけといった豊富な内容を提供している。

高エネルギーの軽粒子をハドロンに衝突させ、運動量交換が非常に大きい非弾性過程を観測することによって、ハドロンの深い内部を研究する、いわゆる深非弾性散乱の実験的研究は10年余り前から盛んに行われるようになった。そこで見出されたもっとも著しい特徴はいわゆる scaling がきわめてよく成り立つことであり、これは parton 模型によってよく説明される。この模型は非常に簡単なもので、ハドロンは一定方向に進む構成子から成り、構成子は点状の自由粒子としてある運動量分布を持つというものである。このように深部において自由となることは普通の場合の理論で考えられることとは逆であるが、このような状況を基本的に理解する可能性を与えるものとして、Quantum Chromodynamics が注目を集めたわけである。

申請者の主論文は深非弾性領域での Quantum Chromodynamics の成果および、parton 模型と Quantum Chromodynamics との関係について、まずいままでの研究を批判的かつ詳細に検討し、さらに、最近の実験の発展によって必要となった Parton 模型の拡張を Quantum Chromodynamics から導びいたものである。

第Ⅱ章では運動学的な面の整理が行われ、最近問題になってきた parton の横運動量を通常の parton 模型の枠内で扱うことが試みられている。第Ⅲ章では Quantum Chromodynamic とその深非弾性散乱への応用を、摂動論の第1近似に限って、検討している。第Ⅳ章ではくりこみ群の方法を用いることによって計算結果の近似度を大きく上げるとともに、くりこみの仕方による答の違い、ゲージ不変性などの問題を論じている。第Ⅴ章では、前章までの結果の上に立って、一般的な Quantum Chromodynamics から parton 的描像を引き出すときの、矛盾のない一貫した方法を示している。

論文審査の結果の要旨

申請者の主論文は、深非弾性領域での Quantum Chromodynamics の成果および、Quantum Chromodynamics と Parton 模型との関係を批判的かつ詳細に検討し、それにもとづいて、一般的な Quantum Chromodynamic から Parton 的描像を引き出す首尾一貫した方法を提案し、その応用を述べたものである。

Quantum Chromodynamics では有効相互作用の強さは、相互作用のさい、交換される運動量の大きさに依存し、その4次元的な2乗が大きいほど、相互作用は弱くなる。従って、交換される運動量の4次元的な2乗が無限大のとき（無限の近距離において）漸近自由となり、Parton 模型が導かれる。然し、実際の実験では、交換される4次元運動量の2乗は非常に大きくはあるが有限であるため、高次の補正があるはずであり、事実、最近の実験では、漸近自由の極限とは合わない部分が見出されている。

理論的にこのような領域を扱うとき有力な手段となるのは、作用素積展開およびくりこみ群の方法である。申請者はこの方法にもとづくいままでの研究を批判的かつ詳細に検討し、高次補正の一般的な計算方法を明らかにしている。とくに非偏極深非弾性散乱における構造関数の場合にくわしい計算を行い、いままで得られている、さまざまな相異なる答が、作用素のくりこみの任意性に帰因することを示している。この結果にもとづいて、申請者はさらに、有効な相互作用の強さの高次の項の寄与を検討し、それらが現在の実験において、十分観測にかかり得るものであることを論じている。従って、このような計算は Quantum Chromodynamics の適用可能性の範囲を明らかにするために、現在、とくに意味をもつと考えられる。申請者は、このような量として、偏極した軽粒子を使った深非弾性散乱の構造関数について有効相互作用の高次の項まで計算して、Bjorken の和則に対する補正を与え、Quantum Chromodynamics の明確な検証が可能であることを論じている。

さらに申請者は、素朴な Parton 模型ではとり入れられていない、構成子の横運動量の効果をどのようにとり入れるべきかを、Quantum Chromodynamics にもとづいて提案している。申請者は、素朴な Parton 模型の場合とちがって、この場合には Parton 模型の一意的な拡張は存在しないことを示し、いくつかの可能性を検討して、もっとも有意味と思われる拡張の仕方を提案している。これは、最近の実験で明らかとなった、素朴な Parton 模型の限界を越える必要性にこたえるものであり、実験との詳細な比較によって Quantum Chromodynamics の検討を可能とすると考えられる。

参考論文は、構成子のカスケード模型にもとづいて高エネルギーにおける多重発生の特徴的な振舞いとハドロンの構成子模型との関係を明らかにしたもの、および、Quantum Chromodynamics と深非弾性散

乱の関係について興味ある結果を得たものである。

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。