

氏名(本籍)	いけ だ ひろ ふみ 池田拓史(埼玉県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第2,070号		
学位授与年月日	平成11年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	Observation of Diffractive Bottom Quark Production in 1.8-TeV Proton-Antiproton Collisions (重心系エネルギー1.8TeVでの陽子・反陽子衝突実験におけるボトムクォーク生成を伴う回折散乱事象の観測)		
主査	筑波大学教授	理学博士	金 信 弘
副査	筑波大学教授	理学博士	滝川 紘 治
副査	筑波大学教授	理学博士	三 明 康 郎
副査	高エネルギー加速器研究機構助教	理学博士	徳 宿 克 夫

### 論文の内容の要旨

本論文は、重心系エネルギー1.8TeVの陽子・反陽子衝突実験(CDF実験)においてボトムクォーク生成を伴う回折散乱事象を観測した結果を報告したものである。

回折散乱事象(single diffraction)とは、ハドロン・ハドロンの衝突に際し、どちらか一方のハドロンは反応後もその量子数を変えずにほとんどの運動量を保持したまま飛び去り、もう一方のハドロンは反応によって励起され、多体系へと分解する事象である。素粒子標準模型で強い相互作用を扱う量子色力学(QCD理論)はハドロンの構成子であるクォークとグルーオン(パートン)の力学を扱うので、この回折散乱事象を直接解析するのに用いることは出来ない。

それに対して、QCD理論の成立する以前に主流であったS行列理論的な現象論であるレグジュ極理論では回折散乱事象を扱うのに成功している。それによればハドロン間で真空の量子数を持った「ポメロン」と呼ばれる仮想的な粒子を交換することによって回折散乱は引き起こされると説明されている。ポメロン自身はいまだかつて実粒子状態として観測されたことはないが、ポメロンの存在を仮定したレグジュ極理論は、回折散乱だけでなく弾性散乱やハドロン・ハドロン衝突の全面積のエネルギー依存性なども説明することに成功している。

強い相互作用の基礎理論であるQCD理論からみれば、ポメロンはクォークやグルーオンといったパートンから構成されているはずであり、このような描像が正しいかどうかはポメロンとハドロンの衝突事象を詳しく解析することで検証することができる。

レグジュ極理論によれば回折散乱事象はまさにポメロンとハドロンの衝突であり、回折散乱事象のなかでもとくに2ジェット生成やWボソン生成などの高い運動量移行を伴う事象については、ポメロンに適当な構造関数(パートン運動量分布)を仮定すればQCD理論による計算が可能となる。CDF実験ではこれまでに2ジェットやWボソン生成を伴う回折散乱事象を観測してきた。これからの観測結果から、ポメロンにハード構造関数を仮定した場合、グルーオン成分の占める割合は約70%であること、またこれらの事象の発生頻度は理論による予想の約五分の一程度しかないことが分かっている。

ポメロンの構造を探るうえで重要な反応の一つに、ボトムクォークの生成を伴う回折散乱事象がある。ボトムクォークの生成は主にグルーオン同士の融合によって起こるため、ボトムクォークの生成を伴う回折散乱事象の発生頻度はポメロンの中のグルーオンの割合に敏感となる。ボトムクォークの生成を伴う回折散乱事象は過去に

UA1実験グループが探索したが、その生成断面積の上限値を与えたにすぎない。本論文では、初めてボトムクォーク生成を伴う回折散乱事象を観測したことを報告する。

本研究では、ボトムクォーク生成の証拠として、ボトムクォークの崩壊で生成する電子を用いた。また、回折散乱事象では一方のビーム粒子は壊れずにビームパイプ中に消えていくため、その周りには通常存在するはずのビームジェットが存在しない。このため、回折散乱事象の証拠として、前方部カロリメータおよびビーム・ビームカウンターにおける粒子の存在しないこと（ラピディティギャップ信号）を用いた。この結果、全データの中にボトムクォークからの電子が73.371事象含まれ、またさらにラピディティギャップ信号を持つサンプルにはボトムクォークからの電子が44.4事象含まれていることが分かった。

最終的に、ボトムクォーク生成を伴う回折散乱事象の、非回折散乱ボトムクォーク生成事象に対する割合が求められ、それは0.6～1.2%であった。この結果を2ジェットやWボゾン生成を伴う回折散乱事象の結果と比較すると、これらの結果と一致していて、ポメロン中のグルーオン成分の占める割合は約70%であること、またこれらの事象の発生頻度は理論による予想の約五分の一程度しかないことが分かった。

このような実験値の理論からのずれは、低エネルギー領域で成立していた「ポメロンフラックス」項の変数分離性がCDF実験のエネルギー領域では成り立たなくなっていることを示唆している。

## 審査の結果の要旨

ハドロン・ハドロン回折散乱は、レグジュ極理論でポメロンと呼ばれる仮想的な粒子を交換することによって引き起こされると説明されている。強い相互作用の基礎理論であるQCD理論からみれば、ポメロンはクォークやグルーオンといったパートンから構成されているはずである。このような描像が正しいかどうかはポメロンとハドロンの激しい衝突事象を観測することによって検証できる。

池田拓史氏は本論文では、重心系エネルギー1.8TeVの陽子・反陽子衝突実験（CDF実験）におけるボトムクォーク生成を伴う回折散乱事象を観測した結果を報告している。この結果から、ポメロンの中のグルーオン成分の占める割合は約70%であること、またこれらポメロンとハドロンの激しい衝突事象の発生頻度は理論による予想の約五分の一程度しかないことが分かった。この実験値の理論からのずれは、ポメロンモデルの改良の必要性を示唆している。以上の研究は素粒子物理学の発展に大いに貢献するものである。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。