

氏 名	佐 藤 博 紀
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2594 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	J/Ψ Production in p+p Collisions at $\sqrt{s}=200$ GeV ($\sqrt{s}=200\text{GeV}$ での陽子・陽子衝突における J/Ψ 粒子の生成)

論文調査委員	(主 査) 教 授 今 井 憲 一	教 授 谷 森 達	助教授 齊 藤 直 人
--------	----------------------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文は高エネルギー陽子陽子衝突における J/ψ 粒子の生成実験とその結果について述べたものである。

ハドロン衝突におけるチャーモニウムの生成は量子色力学 (QCD) の摂動的側面と非摂動的側面の両方を含むため、その生成断面積、偏極度等の測定結果はこの両側面に対して重要な情報を与える。とくに非摂動的側面に対する理解はまだ乏しく、チャーモニウムの生成を記述するいくつかのモデルがあるものの、いずれもまだ決定的ではない。したがって、その生成機構をあきらかにするために、より幅広いエネルギー領域におけるより精度の高い実験データが要求されている。

この論文では米国ブルックヘブン国立研究所の RHIC 加速器を用いた重心系エネルギーが 200GeV での陽子陽子衝突における J/ψ の生成断面積の測定とその結果について述べられている。RHIC の大型実験の一つ PHENIX では、中心ラピディティを覆い電子、光子、ハドロンを検出する中央アームと、ミューオンを検出する南北のミューオンアームからなり、電子崩壊チャネルとミューオン崩壊チャネルの両方を用いて J/ψ 粒子を同定することができる。この論文ではミューオンチャネルの測定についての詳細が述べられている。

ミューオンアームは擬ラピディティが 1.2 から 2.2、運動量が $2\text{GeV}/c$ 以上のミューオンを検出する。位置分解能が $100\mu\text{m}$ の陰極読み出しのストリップチェンバーからなりミューオンの運動量を決定するミューオン飛跡検出器 (MuTr) と、鉄とチェンバーのサンドイッチによりハドロンの除去を行うミューオン同定装置 (MuID) からなる。RHIC の 2001 年から 2002 年にかけてのオペレーションの際、南ミューオンアームを用いて積分ルミノシティが約 150nb^{-1} の陽子陽子衝突のデータが収集され、このうち 81nb^{-1} が J/ψ の解析に用いられた。J/ψ は異符号のミューオンペアの不変質量分布を用い、約 10% という小さいバックグラウンドで観測された。また、断面積を得るため、よく実際のデータを再現するシミュレーションを用いて J/ψ の検出効率および積分ルミノシティの値が算出された。

結果として得られた J/ψ の横方向運動量についての微分断面積および平均横方向運動量は、摂動 QCD に基づいたモデルの予想と一致した。また、ラピディティについての微分断面積はグルーオンの分布関数による予想と一致し、その分布のデータへのフィットから J/ψ 生成の全断面積として $3.8 \pm 0.6 \pm 1.3 \mu\text{b}$ を得た。また、この結果を低いエネルギーのデータと比較し、全断面積のエネルギー依存性はやはりグルーオン分布と一致した。全断面積の絶対値は Color Evaporation Model, Color Octet Model の 2 つのモデルによってよく再現できることがわかった。これらのデータは QCD の摂動的側面および非摂動的側面の両方に対して重要な入力となると同時に、RHIC の重イオン衝突のデータおよび偏極陽子陽子衝突のデータに対して基礎データとしても重要な役割を果たす。

本研究では、以上のように、J/ψ 生成の測定のために開発、建設された実験装置であるミューオンアームについても詳しく論じている。

論文審査の結果の要旨

Brookhaven 国立研究所（米国）で、RHIC と呼ばれる高エネルギー衝突型加速器が建設され、重イオンビームの衝突では QCD が予言する Quark-gluon プラズマ状態への相転移が起こるかどうかを、また偏極陽子の衝突では陽子のスピン構造を、あきらかにすることを目標としている。そのために申請者らは PHENIX とよばれる大規模な検出器を建設して実験をおこなった。本申請論文は、そのなかでミューオンを測定する検出装置と、これを用いた重心系エネルギー 200GeV の陽子陽子衝突からの J/ψ 粒子の生成断面積の測定について述べたものである。

PHENIX のミューオン検出装置は rapidity が 1.2 から 2.2 の比較的ひろい領域をおおう大型の検出装置であり、大型磁石とカソード読み出しタイプのドリフトチェンバーからなるミューオン運動量測定装置と、鉄と比例計数箱からなるミューオン同定装置からなっている。論文ではこれらの検出器群の設計から性能にわたって詳しく述べられており、申請者本人のこの装置の完成への多大の貢献が読み取れる。とりわけミューオン同定装置は 10000 本以上の比例計数箱からなり、この検出器が所期の性能を発揮したことは申請者の働きによるものであると認められる。

最初の陽子陽子衝突実験で得られたデータの解析では、申請者はミューオンペアを解析して、そのなかに J/ψ 粒子によるピークを見出した。バックグラウンドも多く、積分ルミノシティの小さな初期のデータから J/ψ 粒子の観測に成功したことは十分評価できる。さらに申請者はモンテカルロ計算を駆使して、 J/ψ 粒子の検出効率などを求め、 J/ψ 粒子の生成全断面積の値と平均横方向運動量を求めている。 J/ψ 粒子の生成断面積はこれまで低いエネルギーでは測定されているが、重心エネルギー 200GeV という高いエネルギーでは初めての測定である。 J/ψ 粒子生成は quark-gluon プラズマの確認にも、陽子のスピン構造の研究にとっても最も重要なプロセスであり、このプロセスの断面積を与えたことはこれらの研究をすすめる上で基本的な貢献であり、極めて意義深いことと評価できる。

さらに申請者は、 J/ψ 粒子の生成全断面積の値と平均横方向運動量の値と QCD の理論モデルと比較して、Color evaporation model と Color octet model だけが良い一致をしめすことをしめた。このプロセスは摂動 QCD と非摂動 QCD が含まれるため理論モデルが確定していないが、最高エネルギーでの測定値はモデルの選択に寄与した。このことは J/ψ 粒子の生成メカニズムに関する長年の研究を一步すすめたといえる。

なおこの申請論文は、京都大学理学部紀要に掲載することが決まっている。

よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文に値するものと認める。

また主論文および参考論文に報告されている研究を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。