

氏名	山下 智弘
授与した学位	博士
専攻分野の名称	理学
学位授与番号	博甲第3129号
学位授与の日付	平成18年 3月24日
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Measurement of $J/\psi$ meson and b-hadron production cross section at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV ( $\sqrt{s} = 1.96$ TeV での $J/\psi$ 中間子と $b$ クォークを含んだハドロンの生成断面積の測定)
論文審査委員	教授 中野 逸夫 教授 吉村 太彦 助教授 田中礼三郎

#### 学位論文内容の要旨

ハドロンコライダーにおける  $b$  クォークを含んだハドロン ( $H_b$ ) の生成断面積は、CDF が Run I で重心系エネルギーが 1.8 TeV での最初の  $H_b$  生成断面積を発表してから重要な話題のひとつとなった。なぜならそれ以前に UA1 が発表した重心系エネルギーが 630 GeV での  $H_b$  の生成断面積は最低次 (Leading Order, LO) の次の次数 (Next-to-Leading Order, NLO) での Nason らによる理論予測の結果と一致していたにもかかわらず、CDF の結果は理論予測よりも高かったからである。強い相互作用を記述する QCD を含む標準理論は大きな成功を収めてきており、この実験と理論との違いは深刻な問題であった。この問題に対して理論的な面からは FONLL と呼ばれる NLO を改良した計算手法が提案され、その結果は CDF Run I との不一致は小さくなったが、測定が  $H_b$  の横方向運動量 ( $p_T$ ) が 5.0 GeV/c よりも高い領域に限られたこともあって、断面積の理論と実験の不一致は解決されなかった。本研究では改良された CDF Run II において  $H_b$  の断面積を測定した。本研究はフェルミ国立加速器研究所で、Tevatron 加速器によってそれぞれ 960 GeV まで加速された陽子・反陽子の衝突事象を CDF 検出器によって収集した実験データを解析し  $J/\psi$  の生成断面積を評価した。また観測された  $J/\psi$  のうち  $H_b$  が崩壊してできた  $J/\psi$  の割合を決定し、それから  $H_b$  の生成断面積を評価した。CDF Run II ではミュー粒子の  $p_T$  に対するトリガーの閾値が 1.5 GeV/c に下げられたので、 $J/\psi$  の  $p_T$  がほぼ 0 のところまで生成断面積を測定することができ、またそれによってこれまでの実験では観測されなかった  $H_b$  の  $p_T$  がほぼ 0 のところまでその断面積を測定できるようになった。

$J/\psi$  の  $p_T$  を 0–20 GeV/c の間で 31 のビンに区切り、それぞれのビンで断面積を評価した。さらに  $p_T$  毎の生成断面積を積分しラピディティ ( $y$ ) の絶対値が 0.6 より小さい範囲で全断面積  $\sigma = 4.08 \pm 0.02(\text{stat}) \{+0.36, -0.33\}(\text{syst}) \mu\text{b}$  を得た。次に  $H_b$  の生成断面積を  $p_T$  毎に評価した。さらに  $p_T$  に関して積分することで、 $|y(H_b)| < 0.6$  で全断面積  $\sigma = 17.6 \pm 0.4(\text{stat}) \{+2.5, -2.3\}(\text{syst}) \mu\text{b}$  を得た。

CDF Run I の結果と比較すると、重心系エネルギーが 1.8 GeV から 1.96 GeV に上げられたため断面積は 10% 程度高いことが期待されたが、実験の不確定性の範囲でむしろ低い断面積を得た。次に FONLL によって計算された理論予測と比較すると、全ての  $p_T$  でよく一致する。したがって CDF Run I が  $H_b$  の生成断面積を発表してから問題となっていた実験と理論予測が一致しなかった問題は解消された。

## 論文審査結果の要旨

陽子・反陽子衝突型実験での  $b$  クォークから成る  $b$  ハドロンの生成断面積測定は、量子色力学の計算結果と合わないという問題が1992年のCDF Run-I実験結果以降残されていた。量子色力学はハドロンの素粒子反応をよく記述していたが、この問題は理論、実験にとって解決しなければならない問題の一つであった。2002年には理論計算からの歩み寄りで不一致は小さくなったものの、 $b$  ハドロンの横運動量を変数とする微分断面積測定で4点しか測定点がなく、また、断面積が大きくなる5 GeV/c以下の測定はなされていなかった。CDF Run-IIでは、Run-Iに比べて、重心系エネルギーを1.8 TeVから1.96 TeVに上げるとともに、測定器とトリガーシステムの改良により、ほとんど横運動量ゼロまでの測定が可能になった。本研究は、この数年来の問題を解明する研究であり、その結果は理論、実験の両方にとって非常に重要である。

学位論文提出者は、積分ルミノシティ約55pb<sup>-1</sup>のデータから、まず、二つのミュオン粒子の不変質量を再構成することにより、 $J/\psi$ 粒子を選択しその生成断面積を算出した。また、 $b$  ハドロンの分岐比を考慮し、横運動量0-20 GeV/cにわたる微分断面積を評価した。その結果は、理論計算値とよく一致し、不一致問題は解消された。

本研究は、この数年来の量子色力学計算と実験結果の間の不一致問題を解決する重要な測定結果を与えた点が評価される。

論文発表会においては、クォークのフラグメンテーションや微分断面積の横運動量依存性に関する質問、理論計算の際のクォークの分布関数に関する質問がなされ、それぞれの質問に対して的確に回答がなされた。

学位申請論文の内容、論文発表会、参考論文を総合的に審査した結果、本論文は博士学位論文に値し、申請者に博士学位を授与するに値するものと認定する。