

氏名(本籍)	鈴木潤一 (埼玉県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第1,850号
学位授与年月日	平成10年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	物理学研究科
学位論文題目	Observation of the B_c Meson in 1.8- TeV Proton-Antiproton Collisions (1.8TeV陽子・反陽子衝突実験における B_c メソンの観測)
主査	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 宇川 彰
副査	筑波大学教授 理学博士 近藤 都 登
副査	筑波大学教授 理学博士 金 信 弘

論文の内容の要旨

B_c メソンは反ボトムクォークとチャームクォークの束縛状態であり、その存在が標準模型で予言されているが、これまでの実験では観測されていない。 B_c メソンの質量は、非相対論的ポテンシャル模型を用いて良い精度で $6.25\sim 6.29\text{GeV}/c^2$ の範囲にあると予言されている。一方、寿命は、反ボトムクォークとチャームクォークの結合の効果をどう評価するかで異なり、 $0.4\sim 1.4\text{ps}$ の広い範囲に予言されている。

この論文は、重心系エネルギー1.8TeVの陽子・反陽子衝突における B_c メソンの観測に関する報告である。米国フェルミ国立加速器研究所のデバトロン加速器において、1992年から1995年にかけて陽子・反陽子衝突実験が行なわれ、CDF検出器(Collider Detector at Fermilab)を用いて、積算ルミノシティ 105pb^{-1} のデータを取得した。2個のミュオンを要求するトリガーによって収集した $J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ を含むデータの中から、セミレプトニック崩壊モード $B_c \rightarrow J/\Psi 1X$ (1は電子またはミュオン)を用いて、 B_c メソンの探索を行った。この崩壊モードは、終状態に3つのレプトンが現れ、それらのレプトンが共通の2次崩壊点を持つこと、また、分岐比が J/Ψ 粒子を終状態を持つ他の崩壊モードに比べて大きいという特徴を持つ。

まず最初に、 $J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ 事象の選別を行い、約19万個の事象を得た。その中から、3番目のレプトンとして電子を含む事象を最適化した選別条件で選び出し、3つのレプトンが共通の2次崩壊点から来ていることを要求して、 $J/\Psi + e$ 系の不変質量 m と擬崩壊長 x を求めた。 B_c メソンに期待される信号領域 ($4 < m < 6 \text{ GeV}/c^2$ 且つ $x > 60\mu\text{m}$) に19個の候補事象が観測された。その内 5.0 ± 1.1 事象はバックグラウンドであると推定された。バックグラウンドの主な源は、 π 、 K などのハドロンを間違えて電子として同定してしまったもの、 $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ の光子が測定器内で e^+e^- に変換してしまったもの、 $b\bar{b}$ 対生成の一方の b クォークから J/Ψ 粒子が、他方クォークから電子が生成され、それらが事象選別条件をたまたま通ってしまったもの、である。これらのうち電子誤同定と光子変換によるバックグラウンドは、CDFで同時に取られたいくつかのデータを用いて実験的に評価し、 $b\bar{b}$ バックグラウンドはモンテカルロ・シミュレーションにより評価した。これらのバックグラウンド評価の妥当性は、 $b\bar{b}$ 事象を多く含む別の独立したデータ・サンプルを用いて確認した。

3番目のレプトンがミュオンである $B_c \rightarrow J/\Psi \mu X$ モードでの探索は、CDFの他の共同研究者により行なわれ、 B_c メソンの信号領域に12事象が観測された。バックグラウンドは、 7.1 ± 1.5 事象と推定された。 $B_c \rightarrow J/\Psi e X$ モードと $B_c \rightarrow J/\Psi \mu X$ モードの結果を合わせると、観測された事象数がバックグラウンドの統計的ゆらぎで説明され

る確率は 2.5×10^{-5} である。さらに、不変質量分布の形状に関する情報を含めて B_c 信号の統計的有意性をテストした結果、観測された質量分布がバックグラウンドのみの質量分布で説明される確率は 1.1×10^{-5} 以下であった。

B_c メソンが観測されたので、次に、 B_c メソンの寿命の測定を行った。擬崩壊長 x 分布を、期待される B_c 信号とバックグラウンドの分布にフィットすることにより、 B_c メソンの寿命が $0.55^{+0.21}_{-0.19} \pm 0.12$ psと得られた。ここで、最初の誤差は統計誤差、二番目は系統誤差である。

最後に、 $B_u^+ \rightarrow J/\Psi K^+$ の生成断面積に対する比として $B_c^+ \rightarrow J/\Psi l^+ X$ の生成断面積を評価し、 $0.155^{+0.047}_{-0.043} \pm 0.027$ が得られた。ここで、最初の誤差は統計誤差、二番目は系統誤差である。

審 査 の 結 果 の 要 旨

B_c メソンは、これまで、CERNの大型電子・陽電子衝突器LEPにおいて、 $B_c \rightarrow J/\Psi \pi$ 、 $B_c \rightarrow J/\Psi l \nu$ 、 $B_c \rightarrow J/\Psi \pi \pi \pi$ 、 $B_c \rightarrow J/\Psi a_1$ モードで探索がなされ、CDFでは、 $B_c \rightarrow J/\Psi \pi$ モードで探索がなされたが、いずれの実験でも、観測されなかった。この論文は、 $B_c \rightarrow J/\Psi l \nu$ モードに着目してCDFのデータを解析し、 B_c メソンを観測することに成功したものであり、素粒子物理学の分野に貢献するところがきわめて大きい。

研究はグループによる共同研究であるが、著者は、物理学研究科2年次の後半に $B_c \rightarrow J/\Psi l X$ モードに着目して B_c メソンの探索を開始した。1994年夏から1996年夏まで2年間フェルミ研究所に滞在して、本実験へ参加してデータを取得し、その後、データの解析を独力で行った。陽子・反陽子衝突実験において新粒子の探索を行うに際しては、膨大な事象の中からどのようにして目的の事象を選び出すか、そうして選んだ事象のなかに混入してくるバックグラウンド事象をいかにきっちり評価するか、が最重要課題である。著者は、事象選別条件の最適化を行った後、バックグラウンド事象の評価を行うにあたってはモンテカルロ計算に出来るだけ頼らずに、CDFで同時に取られたいくつかのデータを用いて実験的に評価し、クロスチェックをふんだんに行って、バックグラウンド評価の妥当性を検証し、 B_c メソンを観測することに成功した。さらに、解析を進めて、 B_c メソンの寿命と生成断面積を測定し、それらは理論予言の範囲内にあり、これまでの探索で B_c メソンが見つからない事実とも矛盾しないことを示した。著者は $B_c \rightarrow J/\Psi l X$ モードへの着眼から始まって一連の注意深い解析を行い、きわめて重要な実験結果を得たものであり、その研究は特筆に値する。

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。