

氏 名 (本 籍)	たなかまさし (埼玉県)
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 2569 号
学位授与年月日	平成 13 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	Search for Radiative $B$ -Hadron Decays with the Collider Detector at Fermilab (CDF 検出器を用いた $B$ ハドロンの輻射崩壊事象の探索)
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 金 谷 和 至
副 査	筑波大学教授 理学博士 金 信 弘
副 査	筑波大学助教授 博士 (理学) 受 川 史 彦

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

この論文は、米国フェルミ国立加速器研究所の重心系エネルギー 1.8 TeV の陽子・反陽子衝突器テバトロンにおいて、CDF (Collider Detector at Fermilab) 検出器を用いて行った  $B$  ハドロンの輻射崩壊支障の探索に関する実験的研究の報告である。

$B$  ハドロンの輻射崩壊は、素粒子の標準理論によれば、 $B$  ハドロンを構成しているボトムクォークが、 $W$  ボソンとトップクォークからなる中核状態を経て、ストレンジクォーク (又はダウンクォーク) に遷移する際、中間状態の粒子から光子が放出されることによって起こる。その遷移振幅は、クォークの世代混合を表すカビボ・小林・益川行列の行列要素  $V_{ts}$  (又は  $V_{td}$ ) に比例するので、輻射崩壊の測定から、これらの行列要素を決定することができる。また、中間状態には質量の大きな粒子がより大きく寄与するため、標準理論を超える重い新粒子の存在を探ることも可能である。これらの動機により、 $B$  ハドロンの輻射崩壊の研究は、ボトムクォークの物理における一つの重要な課題となっている。

この研究では、CDF 検出器で収集された積算ルミノシティ  $74\text{pb}^{-1}$  のデータを解析して、3 つの  $B$  ハドロン  $\overline{B}_d = \overline{d}b$ ,  $\overline{B}_s = \overline{s}b$ ,  $\Lambda_b = udb$  の輻射崩壊  $\overline{B}_d \rightarrow K^{*0} + \gamma \rightarrow K^- + \pi^+ + \gamma$ ,  $\overline{B}_s \rightarrow \phi + \gamma \rightarrow K^+ + K^- + \gamma$ ,  $\Lambda_b \rightarrow \Lambda + \gamma \rightarrow p + \pi^- + \gamma$  を探索した。これらの輻射崩壊はクォークレベルでは同じ  $b \rightarrow s + \gamma$  過程であるが、ハドロンを構成するパートナーがそれぞれ異なる。放出された光子は、検出器内物質と相互作用して電子・陽電子の対に変換されるのを利用して、飛跡検出器を用いて検出された。電子・陽電子対のうち少なくとも一方が十分なエネルギーを持つことを要求することにより、バックグラウンド事象を効率良く落としたデータサンプルを得た。それぞれの崩壊チャンネルで終状態に現れる二つの荷電ハドロンの飛跡検出器を用いて検出された。電子・陽電子対と二つの荷電ハドロンの運動量を組み合わせることにより、親の  $B$  ハドロンを再構成した。候補事象の選択にあたっては、 $B$  ハドロンが比較的長い寿命を持つため生成点からずれた点で崩壊する、等の特性を用いて、バックグラウンド事象の除去を効率よく行った。

全ての事象選択要求をしたあとに、 $\overline{B}_d$  候補が 1 事象、 $\overline{B}_s$  候補が 0 事象、 $\Lambda_b$  候補が 2 事象残ったが、これらは予想されるバックグラウンドと誤差の範囲内で一致した。そのため、この研究では、輻射崩壊の分岐比に対して上限を設定した。その際、輻射崩壊事象によく似た終状態で且つ分岐比の良く分かっている  $\overline{B}_d \rightarrow J/\psi + K^-$  崩壊との比として分岐比上限値を求めることにより、ボトムクォーク生成断面積や積算ルミノシティや粒子検出効率

等による系統誤差を大幅に減少させた。

これらの解析の結果、 $\overline{B}_d$ ,  $\overline{B}_s$ ,  $\Lambda_b$  輻射崩壊の分岐比は90%の信頼度で、それぞれ、 $1.9 \times 10^{-4}$  以下、 $2.5 \times 10^{-4}$  以下、 $1.3 \times 10^{-3}$  以下であると求められた。 $\overline{B}_d$  輻射崩壊分岐比の上限値はCLEOグループの測定結果と矛盾しておらず、 $\overline{B}_s$  と  $\Lambda_b$  の上限値はこれまでの実験で最も良いものである。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

Bハドロンの輻射崩壊は、カビボ・小林・益川行列のよく分かっていない行列要素  $V_{ts}$  と  $V_{td}$  の決定に役立つことや、標準理論を超える重い新粒子の存在を探る手段となることから、近年、ボトムクォークの物理の精密測定が進むにつれて注目度を増しつつある。この論文は、ハドロン・コライダーの実験で初めて、Bハドロン  $\overline{B}_d$ ,  $\overline{B}_s$ ,  $\Lambda_b$  の輻射崩壊を探索し、分岐比の上限を与えた実験に関する報告であり、素粒子物理学の発展に貢献するところが大きい。

研究はグループによる共同研究であるが、著者は、事象の選択から始まって、事象の再構成、検出効率の評価、系統誤差の評価を経て分岐比上限値の決定まで、一連のデータ解析を独力で行った。この解析において最も特徴的なのは、電子・陽電子対変換による光子検出であり、これによりバックグラウンドの少ない探索を行った点にある。著者は、この方針を軸に一連の注意深い解析を行い、貴重なデータを提供するとともに、将来に向けて輻射崩壊精密測定の見込みを切り開くことに成功したものであり、その研究は高く評価される。

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。