

氏 名 内田裕美

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1140 号

学位授与の日付 平成 20 年 3 月 19 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 素粒子原子核専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 B 中間子のチャームバリオン対崩壊過程の研究

論文審査委員	主査	教授	堺井 義秀
		教授	萩原 薫
		教授	幅 淳二
		准教授	宮本 彰也
		准教授	吉見 弘道
		教授	渋谷 寛(東邦大学)

論文内容の要旨

本研究では、8GeV 電子・3.5GeV 陽電子非対称衝突加速器 (KEKB) でつくられる $\Upsilon(4S)$ 共鳴エネルギーにおいて、Belle 測定器により蓄積された積分ルミノシティ $480 fb^{-1}$ ($520 \times 10^6 B\bar{B}$ イベント) のデータを用いて、B 中間子のチャームバリオン対崩壊過程 $\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$ の探索を崩壊分岐比を測定し、B 中間子のチャームバリオン対崩壊機構の研究を行った。

今までに観測されている 2 体崩壊の中で、 $B^- \rightarrow \Xi_c^0 \bar{\Lambda}_c^-$ (チャームバリオン対崩壊) 分岐比は、 $\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{p}$ (チャームバリオン・軽バリオン対崩壊) に比べて 100 倍以上大きいことが知られている。これらの崩壊過程がともに Cabibbo favor 崩壊であることを考慮すると、この分岐比の違いは大きなパズルである。これらの測定されている崩壊分岐比から $\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$ 崩壊の分岐比の期待値を求めると、それぞれ $\sim 3.6 \times 10^{-4}$ および $\sim 7.7 \times 10^{-7}$ 、信号イベント数としては 45 および 0.1 イベントが得られる。従って、 $\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$ 崩壊過程の探索は、解析目標が明確であり、しかも B 中間子のバリオンを含む 2 体終状態への崩壊機構 (QCD) を調べる上で重要な課題である。

$520 \times 10^6 B\bar{B}$ イベントの解析の結果、 $\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$ 崩壊の統計的に有意な信号は観測されなかった。この結果は、既知の $B^- \rightarrow \Xi_c^0 \bar{\Lambda}_c^-$ 崩壊分岐比から運動学的な 2 体崩壊位相体積因子と quark 遷移点における CKM 結合因子 ($|V_{cd}/V_{cs}|^2 = 5.4\%$) を考慮して求めた予想値と比べてはるかに小さいことを示す。この解析結果をもとに、事象探索パラメータの系統誤差、background 事象からの系統誤差等を考慮して、崩壊分岐比の上限値 $\mathcal{B}(\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-) < 6.2 \times 10^{-5}$ (90%信頼度) を得た。

一方、上述した B 中間子のチャームバリオンを含む 2 体崩分岐比について調べてみると、崩壊の位相空間因子と CKM 因子について補正した分岐比 $\mathcal{F}(p)$ は、B 中間子の静止系におけるバリオンの運動量 (p) に応じて急激に減少する傾向がある。本研究の測定結果から $\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$ 崩壊は、 $B^- \rightarrow \Xi_c^0 \bar{\Lambda}_c^-$ 崩壊に比べて強く抑制されており、それは、 $\mathcal{F}(p)$ 関数の強い p 依存性によるものと解釈出来る。この解析結果は、B 中間子のバリオン対終状態への崩壊機構 (QCD) に対しての重要な情報を与えるものであり、実験、理論両面からの更なる定量的な研究が必要である。

本研究は、非対称衝突加速器 KEKB における Belle 実験で5.2億個のB中間子対のデータを用いて中性B中間子の $\Lambda_c^+\Lambda_c^-$ 崩壊モードの探索を行い、その上限値を得たものである。B中間子崩壊は、bクォークが十分重いいためバリオンを含む崩壊モードの分岐比が大きいので(約10%)、崩壊過程におけるバリオン形成を理解するのに非常に適した研究の場を提供している。Belleでは、これまでに様々なバリオンを含む崩壊モードの測定がなされ、興味深い結果が得られている。一般的に、二体崩壊モードは三体崩壊モードに比べて大きく抑制されていることが知られており、理論的には定性的な説明はできるがまだ定量的に十分理解されるに至っていない。なかでも、 $B^- \rightarrow \Xi_c^0 \Lambda_c^-$ と $B^0 \rightarrow \Lambda_c^- p$ 崩壊モードは単純にクォークダイアグラムから崩壊分岐比を推定すると、どちらもほぼ同じ大きさのCKM行列因子を持ち同程度の崩壊分岐比が予想される。しかし、測定結果は $B^- \rightarrow \Xi_c^0 \Lambda_c^-$ の崩壊分岐比が $B^0 \rightarrow \Lambda_c^- p$ の崩壊分岐比に比べて約百倍大きく、さらに複雑なバリオン形成のメカニズムがあることを示唆している。本研究では、 $B^- \rightarrow \Xi_c^0 \Lambda_c^-$ と同じくチャームバリオン対への崩壊であるが、カビボ抑制崩壊である $B^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \Lambda_c^-$ 崩壊モードの崩壊分岐比を測定することにより上記の二体崩壊のバリオン形成のメカニズムの解明を試みた。カビボ抑制崩壊の崩壊分岐比はカビボ抑制因子により約 $1/20$ に小さくなることが予想される。本研究の解析では、十分に確立した解析手法を用いて信頼性のある結果を得た。バックグラウンド事象の評価、系統誤差の評価、データから信号事象数を求めるためのフィットの正当性の評価などが適正に行なわれている。結果は、有意な信号事象は観測されなかったので崩壊分岐比の90%信頼度での上限値 $< 6.2 \times 10^{-5}$ を得た。この結果は、初めての $B^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \Lambda_c^-$ 崩壊分岐比の測定であり、 $B^- \rightarrow \Xi_c^0 \Lambda_c^-$ 崩壊からの単純な予測値より有為に小さいことがわかった。さらに、本論文では位相空間因子(二体崩壊ではBの重心系での娘粒子の運動量 p)とカビボ抑制因子を補正した規格化された崩壊分岐比(F)を定義し、本測定を含めてこれまでに測定されたすべてのB中間子の二体バリオン対崩壊について比較した。Fは、崩壊での余剰エネルギーが大きいかほど小さくなる傾向を示し、本研究の測定がその振る舞いを定量的に理解するうえで興味深い値を示している。今後の理論および実験両面における進展が必要であり、その結果が興味深い。

本論文では、上に述べた物理的意義、データ解析、測定結果を使つての考察評価等が適切にまとめられている。本論文の結果は Physical Review D 誌に Belle グループの論文として投稿され掲載が受諾された(内田氏は筆頭著者である)。以上のことから判断して、本論文の結果は物理的に興味深いものあり学位論文としてふさわしいものとして審査委員全員一致で合格と判定した。