

平成 21 年 4 月 15 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2011

課題番号：18071002

研究課題名（和文）陽子反陽子衝突実験 CDF によるトップとボトム・フレーバーの物理

研究課題名（英文）Top and bottom flavor physics at proton-antiproton collider experiment CDF

研究代表者

金 信弘 (KIM SHINHONG)

筑波大学・大学院数理物質科学研究科・教授

研究者番号：50161609

研究分野：素粒子実験

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙

キーワード：トップクォークの単一生成、Bs 中間子振動、CP 非保存、小林・益川混合行列、物質宇宙の起源、国際研究者交流(米国)

1. 研究計画の概要

(1) 本計画研究「陽子反陽子衝突実験 CDF によるトップとボトム・フレーバー物理の研究」では、米国国立フェルミ加速器研究所テバトロン加速器を用いた世界最高エネルギー陽子反陽子衝突実験(CDF 実験)を強力に推進し、トップクォークと B ハドロンの生成崩壊の基本的な測定によって、小林・益川混合行列の高精度の決定をはじめとするフレーバー物理の研究を推進することを目的とする。

(2) CDF 実験では、1995 年のトップクォークの発見以後、トップクォークの質量測定などで大きな成果をあげてきた。またボトム・フレーバーの物理については 1998 年に B_c 中間子を発見に成功しており、今後もトップとボトム・フレーバー物理の研究で、高精度の測定を行うことによって、標準理論を超える物理の探索を行う。

2. 研究の進捗状況

(1) ボトム・フレーバーの物理については、2006 年春に B_s 中間子の粒子反粒子振動の初観測に成功した。その後、解析方法の改良によって測定精度を上げることに成功し、2006 年秋に B_s 中間子振動をさらに高精度で測定した結果を発表した。その結果として、 B_s 中間子振動の角振動数 $\Delta m_s = 17.77 \pm 0.10$ (統計誤差) ± 0.07 (系統誤差) ps^{-1} を得た。この測定によって、小林・益川混合行列の V_{td}/V_{ts} 成分を $|V_{td}/V_{ts}| = 0.2060 \pm 0.0007$ (実験) $+0.0081/-0.0060$ (理論) と決定した。これは

これまでの 3 倍の精度で小林・益川理論の正しさを検証するものであった。 B_s 中間子の稀崩壊モード $B_s \rightarrow K^+ K^-$, $B_s \rightarrow K \pi$, $B_s \rightarrow D_s K$ を初めて観測し、分岐比を測定した。ボトムクォークを含むバリオン Σ_b と Ξ_b を初めて観測した。 $B_s \rightarrow J/\psi \phi$ の崩壊測定によって、 B_s 中間子の 2 つの質量固有状態の崩壊幅の差 $\Delta \Gamma_s$ を $\Delta \Gamma_s = 0.02 \pm 0.05 \text{ ps}^{-1}$ (CP の破れの phase $\beta_s = 0$ と仮定したとき) と決定した。

(2) トップ・フレーバーの物理については、2009 年春にトップクォークの単一生成を初めて観測することに成功した。トップクォーク単一生成断面積の測定によって V_{tb} 成分を決定した。 3.2 fb^{-1} のデータを解析してトップクォーク単一生成の探索を行った結果、生成を 99.99997% の信頼度 (5σ) で観測し、生成断面積 $2.3+0.6/-0.5 \text{ pb}$ を得た。この生成断面積から小林・益川混合行列の V_{tb} 成分を $|V_{tb}| = 0.91 \pm 0.11$ (実験) ± 0.07 (理論) と 12% の精度で決定した。今後のデータ収集により、最終的にデータが 3 倍になるので、実験誤差は 0.06 程度となる。

3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上に進展している。

(理由)

当初の計画で最も重要と考えていた目的は、最終年度の 2011 年度までにトップクォーク単一生成断面積の測定により小林・益川混合行列の V_{tb} 成分を 6% の精度で測定し、ボトムクォークフレーバーについては、 B_s 中間子振動の測定によって V_{ts}/V_{td} 成分を 5% の精

度で測定することであった。これらのうち、前者の目的は、すでに**トップクォークの単一生成の初観測に成功**し、予想通りに最終年度までに6%の精度で小林益川混合行列の V_{cb} 成分を測定する計画に沿って順調に実験が進んでいる。後者の目的については、 B_s 中間子振動の初観測に成功し、予想以上の精度(約3%)で、 V_{ts}/V_{td} 成分の測定がすでに達成された。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 本研究で用いている米国フェルミ国立加速器研究所の陽子・反陽子衝突型加速器テバトロン衝突器では、2010年10月までに積分輝度 8fb^{-1} に相当する衝突事象が取得される。また、現在2011年10月までのテバトロン衝突器運転延長を検討中であり、延長した場合には最終的に積分輝度 10fb^{-1} に相当する衝突事象が取得される。この衝突事象の解析によって、本研究のテーマであるトップクォーク生成崩壊の精密測定、Bハドロン生成崩壊の精密測定での成果を得る予定である。

(2) 2009年度は、引き続き衝突データの取得を行う。2009年度末までには 6.5fb^{-1} の衝突事象が蓄積される。この大量のデータの処理・解析のため、パーソナル・コンピュータと磁気ディスクを追加購入し計算能力を増強する。2009年度末までに、約6万個のトップクォークが生成され、世界最高のトップクォーク物理研究が可能となる。最終年度の2011年度までにトップクォーク単一生成断面積の測定により小林益川混合行列の V_{cb} 成分を6%の精度で測定する。ボトム・フレーバーについては、 B_s 中間子の稀崩壊モード $B_s \rightarrow K^*K$, $B_s \rightarrow K\pi$ における分岐比、CP非対称性を高精度で測定する計画である。これによって、小林・益川混合行列の複素成分すなわち小林・益川三角形の角度 α と γ の決定精度を向上させる。また、 B_s 中間子の2つの質量固有状態の崩壊幅の差 $\Delta\Gamma_s$ を $B_s \rightarrow J/\psi\phi$ の崩壊測定によって高精度で決定する。これらの測定によって標準理論をこえる物理の探索を行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計90件)

(1) T. Aaltonen, S.H. Kim *et al.* (The CDF Collaboration), "Measurement of the Single Top Quark Production Cross Section at CDF", Phys. Rev. Lett. 101, 252001 (2008) (査読有)。

(2) A. Abulencia, S.H. Kim *et al.* (The CDF Collaboration), "Polarization of J/ψ and ϕ (2S) Mesons Produced in ppbar

Collisions at $\sqrt{s} = 1.96\text{TeV}$ ", Phys. Rev. Lett. 99, 132001 (2007) (査読有)。

(3) 受川史彦, 魚住 聖, 金 信弘 「Bs中間子の粒子・反粒子振動の観測」
日本物理学会誌 62, 249 - 254 (2007) (査読有)。

(4) A. Abulencia, S.H. Kim *et al.* (The CDF Collaboration), "Observation of the $B_s B_s$ bar Oscillations", Phys. Rev. Lett. 97, 242003 (2006) (査読有)。

(5) A. Abulencia, S.H. Kim *et al.* (The CDF Collaboration), "Measurement of the B_c Meson Lifetime Using $B_c \rightarrow J/\psi e \nu_e$ ", Phys. Rev. Lett. 97, 012002 (2006) (査読有)。

(6) A. Abulencia, S.H. Kim *et al.* (The CDF Collaboration), "Measurement of the $B_s B_s$ bar Oscillation Frequency", Phys. Rev. Lett. 97, 062003 (2006) (査読有)。

[学会発表] (計41件)

(1) 武内 勇司: CDF実験の最新結果(招待講演), 日本物理学会 第64回年次大会(2009年3月27日--30日), 立教大学。

(2) 中村浩二: Measurement of the Single Top Quark Production Cross Section in 1.96-TeV Proton-Antiproton Collisions,
日本物理学会 第64回年次大会(2009年3月27日--30日), 立教大学。

(3) Koji Nakamura, "Measurement of the Single Top Production Cross Section at CDF," PHENO 2008 Symposium, University of Wisconsin Madison, Wisconsin, USA, April 28--30, 2008,.

(4) Masato Aoki, "Bc Results from CDF," Workshop on Heavy Quarkonium, BrookHaven National Laboratory, Upton, New York, USA, June 27--30, 2006.

(5) Fumihiko Ukegawa, "Latest Results on B_s Meson Particle-Antiparticle Oscillations at CDF," KEK seminar, Tsukuba, Ibaraki, April 25, 2006.

[その他]

ホームページ

<http://hep.px.tsukuba.ac.jp/research/>