

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2006～2009

課題番号：18204019

研究課題名（和文）B 中間子のフレーバー変換中性カレント崩壊の精密測定

研究課題名（英文） Precision Measurements of Flavor Changing Neutral Current Decays of B Mesons

研究代表者

相原 博昭 (AIHARA HIROAKI)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：60167773

研究成果の概要（和文）：

Belle 実験で検出された B 中間子反 B 中間子ペア 6.57 億個のデータを用いて、中性カレント崩壊 $b \rightarrow sg$, $b \rightarrow dg$ における CP 非対称性の測定と $b \rightarrow sl+l$ - 過程 (l は電子またはミューオン) の解析を行った。いずれも世界で最も精度のよい測定結果を得た。結果は標準理論と無矛盾であるが、今後さらに事象数が増えるに従い新しい物理現象を探ることが出来ることを世界で初めて示したきわめて重要な成果である。

研究成果の概要（英文）：

We measured CP violating asymmetries in the neutral B meson decaying to $K_0^*K+K^-$. It was based on a data sample containing 657 million B -anti B pairs. By employing the time-dependent Dalitz plot analysis to the B_0 decays with $K_0^*K+K^-$ final state, we successfully measured the CP violating phases in each significant decay amplitude taking into account the interferences between them and resolved two-fold ambiguity in the weak phases that arises in quasi-two-body time-dependent CP analyses. Evidence for CP violation at a significance of 3.9 σ is found in the $B_0 \rightarrow K_0^*K$ decay and the result is consistent with the Standard Model expectation. We also made a precise measurement of the branching fraction for a flavor-changing neutral current decay $B \rightarrow Xsl+l$, where X_s is a hadronic system containing an s-quark and l is an electron or a muon. The results are the most precise measurements to date.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	16,400,000	4,920,000	21,320,000
2007 年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2008 年度	7,700,000	2,310,000	10,010,000
2009 年度	5,500,000	1,650,000	7,150,000
年度			
総計	37,600,000	11,280,000	48,880,000

研究分野：高エネルギー物理学、素粒子物理学実験
科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理
キーワード：素粒子物理、B ファクトリー、B 中間子

1. 研究開始当初の背景

小林・益川理論が素粒子クォークに働く弱い相互作用の CP 非対称の起源であることが明らかになった今、B ファクトリーにおける研究主題は、CP 非対称現象をプローブとする、標準理論より根源的な新しい物理法則の探索に移った。本研究は、この新しい物理法則の探索を、B 中間子崩壊のうちフレーバー変換中性カレント (FCNC) によって引き起こされる崩壊の精密測定によって行うものである。この崩壊は、標準理論からの寄与がきわめて小さく希にしか起こらない。したがって、新しい物理からの寄与に高い感度を持っている。KEKB ファクトリーは、2009 年度末までに 10 億個の B 中間子・反 B 中間子対を生成する予定であり、B 中間子の反応に関して前人未踏の大量データを使った研究が可能になる。

2. 研究の目的

本研究は、標準理論を越える新しい物理に対して他の実験では得られない優れた感度を活かして、新物理の存在を示す証拠を確実にするか、あるいは、超対称性など新物理として期待が高まっている理論モデルに厳密な制限を与える。

3. 研究の方法

b クォークの d クォークとグルオンへの遷移および、b クォークの s クォークと荷電レプトン対への遷移という二つの FCNC 崩壊を主たる研究対象に選び、その精密測定によって新しい物理を探索する。

4. 研究成果

Belle 実験で検出された B 中間子反 B 中間子ペア 6.57 億個のデータを用いて、中性カレント崩壊 $b \rightarrow sg$, $b \rightarrow dg$ における CP 非対称性の測定を行った。中性カレント崩壊 $b \rightarrow sg$

は $B^0 \rightarrow \phi K_S^0$ 崩壊を調べることで、その CP 対称性を測定することが出来る。この崩壊モード含む $B^0 \rightarrow \phi K_S^0$ 終状態崩壊過程において、同じ終状態をもつ他の崩壊モードとの干渉効果を正しく取り扱うために、新たに運動学的な量 (ダリッツプロット分布) を組み合わせ、時間依存性を測定し、 $b \rightarrow sg$ 崩壊の CP 位相を、

$$\phi_1^{eff} = (32.0_{-8.3}^{+8.8}(\text{stat.}) \pm 1.8(\text{syst.}) \pm 0.8(\text{Dalitz Model}))^\circ$$

と決定することに成功した。これは、世界で初めての結果である。この結果は標準理論と無矛盾な結果ではあるが、方法論を確立し、今後統計誤差が小さくなるに従い新しい物理現象を探ることが出来ることを初めて示した学術的に非常に重要な結果である。

$b \rightarrow dg$ 崩壊は $b \rightarrow sg$ 崩壊よりも崩壊分岐比がさらに一桁小さく、新しい物理の寄与との干渉に一層敏感である。また、 $b \rightarrow sg$ 崩壊とは異なる CP 位相を持つので、相補的で独立な測定を行うことが可能であるが、これまでまったく測定が存在しなかった。中性カレント崩壊 $b \rightarrow dg$ である $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ 崩壊に着目し、この反応における CP 非対称性の測定を行い、その CP 非対称性を $S_{CP} = -0.38_{-0.77}^{+0.69}(\text{stat.}) \pm 0.05(\text{syst.})$ と決定した。この結果の統計精度では、データが標準理論の予言と矛盾するかどうか分からないが、 $b \rightarrow dg$ 崩壊測定による標準理論を超える物理の探索という、新現象探索のあらたな研究手法を開拓したと言える。

さらに、本研究では b クォークが s クォークを含む終状態へ崩壊する過程である $b \rightarrow sl+l$ - 過程 (l は電子またはミューオン) の解析を行った。B $\rightarrow Xsl+l$ - 反応 (Xs は s クォークを含むハドロン) の包括的な測定を行い、B $\rightarrow Xse+e^-$ について約 124 事象 (有意度 7.0)、B $\rightarrow Xs\mu+\mu^-$ について約 118 事象 (7.9

)の信号事象を選別した。この結果は、標準理論の予言値とよく一致している。

5. 主な発表論文等

(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3件)

J. -T Wei, H. Aihara(4番目), M. Hazumi(33番目), M. Iwasaki(41番目) et al. (計146名),

“Measurement of the Differential Branching Fraction and Forward-Backward Asymmetry for $B \rightarrow K^{(*)}l+l^-$ ”, Physical Review Letters, 103, 171801, 2009, 査読有

H. Aihara(4番目), J. Haba(32番目), M. Hazumi(36番目), M. Iwasaki(46番目), T. Tsuboyama(127番目) et al. (計145名),

“Measurement of Time-Dependent CP-Violating Parameters in $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0$ Decays”, Physical Review Letters, 100, 121601, 2008, 査読有

K. Tsuboyama, “Silicon vertex Detector for the KEK Super B factory”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A572, 321-324, 2007, 査読有

[学会発表](計8件)

岩崎昌子、Clement Ng、宇野彰一、船越義裕, “Super KEKB 実験のための GEANT4 を用いた beam line simulation”, 日本物理学会第64回年次大会, 2009年3月27日, 立教大学

岩崎昌子, “Belle 実験における B 中間子の $b \rightarrow d$ フレーバー変換中性カレント崩壊事象($B \rightarrow K^*K$)の研究”, 日本物理学会 2008 年秋季年会, 2008 年 9 月 27 日, 山形大学

中浜優, “時間依存性と Dalitz plot を用いた $B \rightarrow K_S K K$ 崩壊過程における CP 非対称性の測定”, 日本物理学会 2008 年秋季年会, 2008 年 9 月 22 日, 山形大学

M. Iwasaki, “Measurements of Charmless B Decays at Belle”, 34th International Conference on High Energy Physics, Jul. 30-Aug. 5, 2008, Philadelphia, USA

M. Iwasaki, “Rare Hadronic B meson Decays”, 9th International Workshop on Heavy Quarks and Leptons, Jun. 6-9, 2008, Melbourne, Australia

H. Aihara, “Conference Summary”, 9th International Workshop on Heavy Quarks and Leptons, Jun. 6-9, 2008, Melbourne, Australia

H. Kakuno, “Exclusive V_{ub} and V_{cb} ”, Flavor Physics and CP Violation, Jun. 5-9, 2008, Taipei, Taiwan

中浜優, “Belle 実験での $B \rightarrow K_S K_S$ 崩壊における CP の破れの測定”, 日本物理学会第62回年次大会, 2007年9月24日, 北海道大学

[その他]

ホームページ等

<http://hep.phys.s.u-tokyo.ac.jp/publish/theses/theses.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

相原 博昭 (AIHARA HIROAKI)

東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号: 60167773

(2) 研究分担者

該当無し

(3) 連携研究者

岩崎 昌子 (IWASAKI MASAKO)

東京大学・大学院理学系研究科・講師
研究者番号: 70345172

角野 秀一 (KAKUNO HIDEKAZU)
東京大学・素粒子物理国際研究センター・
助教
研究者番号 : 70376698

羽澄 昌史 (HAZUMI MASASHI)
大学共同利用機関法人高エネルギー加速
器研究機構・素粒子原子核研究所・教授
研究者番号 : 20263197

幅 淳二 (HABA JUNJI)
大学共同利用機関法人高エネルギー加速
器研究機構・素粒子原子核研究所・教授
研究者番号 : 60180923

坪山 透 (TSUBOYAMA TORU)
大学共同利用機関法人高エネルギー加速
器研究機構・素粒子原子核研究所・講師
研究者番号 : 80188622