

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2011

課題番号：18071003

研究課題名（和文） BファクトリーにおけるBとタウフレーバー物理の研究

研究課題名（英文） Study of B and tau flavor physics at B factory

研究代表者

大島 隆義 ( OHSIMA TAKAYOSHI )

名古屋大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：00134651

研究分野：高エネルギー実験

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙物理

キーワード：Bファクトリー、B中間子、タウ

## 1. 研究計画の概要

本計画研究では、第三世代素粒子であるタウレプトン/ $b$ クォークに注目し、世界最強度を誇るわが国BファクトリーKEKB-Belle実験を研究の舞台とし、 $1,000\text{fb}^{-1}$ を越えるデータ量を収集・解析して、標準理論を超える新しい物理探索を限界にまで追及することを狙う。同時に、実験的に探索感度の一層の向上を目指して、リングイメージ型チェレンコフ検出器の開発研究を行う。

KEKB-Belle実験は、 $B \rightarrow J/\psi K^0$ 崩壊の大きなCP非対称性を検出し標準理論の正しさを検証する画期的な成果を収めたのを幕開けに、CP非対称パラメータ $\sin 2\phi_1$ の測定精度を5%以下に抑え、また小林益川行列 $V_{ub}$ を $\sim 12\%$ の精度で測定する成果をあげている。タウレプトン研究による新しい物理探索においても、レプトン崩壊でのCP/T非対称性の研究としてタウの電気双極子モーメント(EDM)の測定において $|d_\tau| < 10^{-17} \text{e} \cdot \text{cm}$ を達成し、また、30種類以上の超対称性粒子の存在を示唆するレプトン数保存則を破る(LFV)崩壊モードについて探索を行い、分岐比 $\text{Br} < 10^{-7}$ という従来測定結果を1-2桁上回る世界最高感度を実現している。本研究期間内には $10^9$  BB,  $\tau$  pairを越えるデータ量が収集できる。これは世界に類を見ない、他の研究機関では実現不可能な統計量である。この特徴を活かし、上記の物理成果を一層拡大し未知の素粒子世界へと大きく前進する。

名古屋大学グループはBelle国際共同実験において中核をなす最大規模の大学グループであり、Bならびにタウ物理研究を強力に進めてきた実績と実力があり、粒子識別検出器の開発研究においても、独自の開発能力と

創造性をもって成果を挙げて来た。本計画では、物理ならびに検出器の両研究をさらに展開する。

## 2. 研究の進捗状況

KEKB/Belle実験によって収集した約 $700 \text{fb}^{-1}$ のデータを用い、名古屋大学のデータ解析施設コンピュータにおいて解析を進めた。

B物理では、 $B \rightarrow \tau \nu$ 崩壊の探索を行い、世界に先駆けて崩壊の発見に成功し、その崩壊分岐比 $((1.8 \pm 0.6) \times 10^{-4})$ の結果から荷電ヒッグス粒子の質量に制限を与えた。また、 $b \rightarrow s$ クォーク遷移過程でのCP非保存現象を $B \rightarrow \eta' K^0$ の解析によって初めて測定した。さらに同遷移過程を経る、 $B^0 \rightarrow K_S \pi^0 \pi^0$ 過程におけるCP非対称度の初測定を行い、新しい物理探索を進めた。また、 $B \rightarrow \pi \ell \nu$ ,  $\rho \ell \nu$ 崩壊分岐比を測定し、小林-益川理論の正当性を支持した。

タウ物理では、最も重要な解析テーマである、 $\tau \rightarrow \mu \gamma$ ,  $\tau \rightarrow e \gamma$ ,  $\tau \rightarrow \ell \ell \ell$ などのLFV崩壊の探索を進めた。超対称大統一理論などから大きく期待される崩壊モードである $\tau \rightarrow \mu \gamma$ の探索では、効率の良い背景事象の除去を行い、測定器の動作の理解を進めることで、残った背景事象の分布を信頼度高く求めた結果、その分岐比に対して90%の信頼度で $4.5 \times 10^{-8}$ という上限値が得られ、世界最高感度を達成した。 $\tau \rightarrow e \gamma$ についても同様の解析を行い、 $1.2 \times 10^{-7}$ の上限値を与えている。 $\tau \rightarrow \ell \ell \ell$ の解析では、高い信号検出効率(6-13%)を保ったまま、ほぼ背景事象が無視できる状況を実現し、 $(2 \sim 4) \times 10^{-8}$ というあらゆるモードの中で最も感度の高い上限値を達成した。その他、 $\tau \rightarrow \ell K_S$ ,  $\ell V^0$ ,  $\ell h h$ などのハドロンを含む

モードの解析も進め、多くの崩壊モードにおいて世界記録を更新し、様々な新しい物理の可能性に重要な制限を与えている。

検出器開発では、TOP カウンターやエアロジェル RICH と呼ぶリングイメージング型チェレンコフ検出器の重要な要素である光検出器の開発を行ってきた。GaAsP 光電面の MCP-PMT の試作品を作り、性能評価を行なった。重要となる時間分解能は 35ps 程度と十分な性能を持つことを確認し、基本的な要件を満たすことを実証した。さらに、量子効率の寿命を測定するための装置を構築し、測定を行なっている。また、時間分解能 10ps 以下の性能を持つ読み出し回路の製作を行なった。また、半導体光検出器 MPPC の性能評価を行い、1 光子検出が可能であり、100ps 程度の時間分解能が得られる検出器であることが分かった。小面積であることを克服するためのライトガイドの設計・試作を行い、性能向上を確認した。

### 3. 現在までの達成度 ②おおむね順調

B 物理、タウ物理解析とも、収集データの向上と共に順調に解析を進めることができ、予定通りの解析テーマ、到達感度を達成できている。測定器開発は、予定より早く試作機の建設を完成し、ビームテストにより性能評価を行うことができた。光検出器の光電面感度の劣化速度が予想以上に早く、問題点となっていたが、測定結果から克服方法を見つけ出し、現在改良版を製作している。

### 4. 今後の研究の推進方策

前年度に引き続き、KEKB/Belle 実験により蓄積する  $1000\text{fb}^{-1}$  のデータを用い、高エネルギー実験データ解析施設コンピュータを最大限に稼働させ物理解析を行なう。

B 物理では、 $b \rightarrow s$  稀崩壊過程における CP 非対称度の精度改善を進めるとともに、荷電ヒッグス粒子に感度が高い  $B \rightarrow \tau\nu$ 、 $D^* \rightarrow \tau\nu$  崩壊の測定を独自に進め、20%精度での分岐比決定を目指す。

タウ物理では、高統計による LFV 崩壊モードの探索を進めつつ、さらなる感度の向上を目指し、新たな解析手法の開発を進める。また、s クォークを含むハドロン崩壊の探索を同様に進め、標準理論の高精度検証と未検出反応事象の測定を行う。

検出器開発では、前年度と同様に、検出器の要となる光検出器に焦点を絞り、光電面の活性化および装着方法などを課題として試作とその性能評価を繰り返す。また、TOP 検出器などのプロトタイプを製作し、性能評価を行なうための実証試験を進める。

### 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 5 件)

1. K. Inami, T. Iijima, T. Ohshima, et al. (Belle collaboration), New search for  $\tau \rightarrow \mu\gamma$  and  $\tau \rightarrow e\gamma$  decays at Belle, Phys. Lett. B666 (2008) 16. (査読有)
2. K. Inami, T. Ohshima et al., Cross-talk suppressed multi-anode MCP-PMT, Nucl. Instr. Meth. A592 (2008) 247. (査読有)
3. Y. Miyazaki, T. Iijima, K. Inami, T. Ohshima et al. (Belle collaboration), Search for lepton flavor violating tau decays into three leptons, Phys. Lett. B660 (2008) 154. (査読有)
4. K. F. Chen, T. Iijima, K. Inami, T. Ohshima et al. (Belle collaboration), Observation of time-dependent CP violation in  $B^0 \rightarrow \eta' K^0$  decays and improved measurement of CP asymmetries in  $B^0 \rightarrow \phi K^0$ ,  $K_s K_s K_s$  and  $J/\psi K^0$  decays, Phys. Rev. Lett. 98 (2007) 031802. (査読有)
5. K. Ikado, T. Iijima, K. Inami, T. Ohshima et al. (Belle collaboration), Evidence of the purely leptonic decay  $B \rightarrow \tau\nu$ , Phys. Rev. Lett. 97 (2006) 251802. (査読有)

[学会発表] (計 5 件)

1. T. Iijima, Recent topics on Particle identification and photon detectors, 1st international conference of Technology and Instrumentation in Particle physics, 2009/3/12-17, Tsukuba, Japan
2. K. Inami, Hadronic tau decays at Belle, 34th international conference on High energy physics, 2008/7/29-8/5, Philadelphia, USA
3. K. Hara, Rare B decays with leptons at Belle, 34th international conference on High energy physics, 2008/7/29-8/5, Philadelphia, USA
4. T. Ohshima, Tau decays at Belle, The 2007 Europhysics conference on High energy physics, 2007/7/19-25, Manchester, England
5. K. Ikado, New physics via rare decay rates, polarizations in leptonic decays, 11th international conference on B-physics at Hadron Machines, 2006/9/25-29, Oxford, England

[その他]

ホームページ

[http://www.hepl.phys.nagoya-u.ac.jp/public/hadron\\_ws2008/](http://www.hepl.phys.nagoya-u.ac.jp/public/hadron_ws2008/)

[http://www.hepl.phys.nagoya-u.ac.jp/public/flavor\\_ws2009/](http://www.hepl.phys.nagoya-u.ac.jp/public/flavor_ws2009/)