

研究種目：学術創成研究費

研究期間：2006～2010

課題番号：18GS0206

研究課題名（和文） タウ・レプトン物理の新展開

研究課題名（英文） Evolution of Tau-lepton Physics

研究代表者

大島 隆義 ( OHSHIMA 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：タウ、レプトン、ヒッグス

## 1. 研究計画の概要

研究期間内に収集する Belle 実験での世界最大のタウ崩壊データ ( $2\text{--}3, 000\text{fb}^{-1}\sim 20\text{--}30$  億タウ対事象  $e^+e^-\rightarrow\tau^+\tau^-$ ) を精査し、New physics の信号として  $\tau\rightarrow l\gamma, l\eta, l\eta', l\pi, lKs, lll, l\pi K, \Lambda\pi$  ( $l=\mu$  or  $e$ ) などの 30 を超える Lepton Flavor Violation (LFV) 崩壊モードやタウ・レプトン電気双極子モーメント (EDM) の探索など多岐に亘る崩壊過程を大きく深め、New physics の発見に迫る。具体的には、LFV では New physics 事象が期待される分岐比  $\text{Br}=0(10^{-9})$  を、EDM では  $d_\tau=0(10^{-19})$   $e\cdot\text{cm}$  の探索感度を目指す。同時に、高統計データを活かし 2<sup>nd</sup> class current (SCC) や vector meson ( $\rho, K^*$ ) の磁気双極子モーメント、 $\tau\rightarrow\phi\pi/K\nu$  の測定など、標準理論の重要課題でありながら未検出、未確認であった物理事象を測定、発見する。

## 2. 研究の進捗状況

収集した約  $700\text{fb}^{-1}$  のデータを用い、最も重要な解析テーマである LFV 崩壊の探索を進め、世界最高感度である  $O(10^{-8})$  の崩壊分岐比まで統計感度を向上させた。理論から特に検出が期待される  $\tau\rightarrow\mu\gamma$  においては、測定器の動作の理解を進め、効率の良い背景事象の除去に努力し、分岐比上限値  $=4.5\times 10^{-8}$  を得、世界最高感度を達成した。 $\tau\rightarrow e\gamma$  についても  $1.2\times 10^{-7}$  の上限値を得た。 $\tau\rightarrow lll$  については、 $(2\sim 4)\times 10^{-8}$  というあらゆるモードの中で最も優れた上限値を達成した。その他、 $\tau\rightarrow lKs, lV^0, lhh$  などのハドロンを含むモードの解析では、事象選択方法の改善を行い信号検出効率を 3 倍向上させ、分岐比上限値を  $O(10^{-7})$  を切るまでに更新した。その他、荷電ヒッグ

スが介在する  $\tau\rightarrow\mu\eta$  など多くの崩壊モードにおいて世界記録を更新し、様々な新物理の可能性に重要な制限を与えた。

ハドロン崩壊モードの解析では  $K$  粒子識別を効率よく実行し S/N を向上させ、 $\tau\rightarrow\phi K\nu$  崩壊を分岐比  $= (4.1\pm 0.4)\times 10^{-5}$  で初めて検出に成功した。同時に遂行した  $\tau\rightarrow\phi\pi\nu$  崩壊も初めての観測結果である。また、 $\tau\rightarrow\pi\pi^0\nu$  崩壊における形状関数の測定を実施し、世界が注目するミューオンの  $g-2$  計算に貴重な情報を提供する結果を得た。さらに、 $\eta$  を含むタウ崩壊  $\tau\rightarrow\pi\pi\eta\nu, K\eta\nu, K^*\eta\nu$  の解析を行い崩壊分岐比を従来の 5 倍以上の精度で測定し、QCD 理論計算に重要な知見を提供している。

次世代の  $K/\pi$  粒子識別装置 TOP counter のための光検出器 (MCP-PMT) の研究開発を努めてきた。単光子時間分解能 35 ピコ秒を達成した。光電面劣化による寿命の短期化が最後の課題であって、研究の結果から感度低減の原因が中性ガスの発生であろうと推測できる。試作を繰り返し、対処方法を模索している段階である。一方、TOP counter 試作機を作成し、ビームテストによる特性測定を実施し、期待通りの性能を確認した。

## 3. 現在までの達成度 ②おおむね順調

タウ・レプトン崩壊の研究、特に、重点課題である LFV に関しては目標として掲げた探索感度、分岐比  $\sim 10^{-9}$  を達成できそうである。KEKB ファクトリーにおける Belle 実験では本研究期間中にはほぼ  $1, 000\text{fb}^{-1}$  近くのデータ量が収集できると考える。現在  $500\text{fb}^{-1}$  のデータ解析により  $\tau\rightarrow lll$  の崩壊ではすでに  $\text{Br}=(2\sim 5)\times 10^{-8}$  を実現している。現在の研究努力を継続すれば、最終年にはより感度の高い探索

結果に達し、計画通りの成果が見込まれる。また、ハドロニック崩壊についても、 $\tau \rightarrow \phi K \nu$ などの未検出事象をすでに見出し、研究期間終了までにはSCC物理に興味ある結果が発表できそうである。KEKBプロジェクトは衝突強度をさらに数10倍上げたSuperKEKBプロジェクトに発展する計画である。本研究の一環として、そこでの新型粒子識別装置 TOP counterの研究開発が進展し、実機プロトタイプへのテストにまで進み、設計性能を出し始めている。期間中には実機設計の成果が上がる見通しである。一方、LHC-ATLAS実験は実験突入の寸前であり、New Physicsの検出が期待できる。研究期間中には物理成果を上げるのは時期的に難しいが、これは当初から予定されていたことで、本推進ではタウ研究を高いエネルギー領域でさらに発展させる方向性の開拓を目指したものであり、まずATLAS検出器を完成させることが課題であった。検出器建設は確実に完了する。

#### 4. 今後の研究の推進方策

中心研究課題であるタウ・レプトンの「レプトン・フレーバ保存則の破れ」の探索は計画通りに進展している。平成21年度も最終年度もデータの統計量を更新し、感度向上を進める。解析法の改善についてもいろいろ試みたが、現在はほぼ最適な状態に達したと考える。したがって、計画の変更は必要なく、順調に進展する見込みである。

タウ粒子のハドロニック崩壊について：SCCの存在は、素粒子ならびに原子核分野で50年以上にわたり探索が続けられているが未だ確認されていない。本研究では $\tau \rightarrow \pi \eta \nu$ や $\tau \rightarrow \rho \nu$ 崩壊を詳細に調査し始めた。世界最高のデータ量を利用して、初めての検出を狙う。また、 $\tau \rightarrow K \pi \nu$ などの崩壊を利用してレプトンによる粒子・反粒子の非対称性(CPV)の探索を始める。

また、本タウ研究の質的な飛躍をもたらすSuperKEKBプロジェクトのためのTOP counterの開発研究を最終年度まで継続する。最大の課題はMCP-PMTの寿命の長期化であり、企業との共同作業を続ける。また、counter本体である高研磨精度(数nm)の石英輻射体の光学特性の測定、ならびにPMTからの信号処理回路の開発研究を続ける。国外グループが共同研究を提案しているので、組織構成や役割分担など将来のSuperKEKB国際共同実験の体制作りを始める計画である。

LHC-ATLASではトリガー用ミュオンカウンターの最終仕上げの段階にあり、トリガーシステム立ち上げの中心的役割を果たしている。平成21年度ならびに最終年度も引き続き、全力をあげ研究を続行する。最終年度には初期のデータが得られるであろうから、検出器建設作業から物理解析へと重点

を移し始める計画である。

#### 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. Ohshima, H. Hayashii 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, H. Hayashii, 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. Y. Miyazaki, H. Hayashii, K. Inami, T. Ohshima et al. (Belle collaboration), Search for lepton flavor violating tau decays with a Ks meson, Phys. Lett. B639 (2006) 159. (査読有)
5. K. Inami, T. Ohshima, H. Hayashii et al. (Belle collaboration), First observation of the decay  $\tau \rightarrow \phi K \nu$ , Phys. Lett. B643 (2006) 5. (査読有)

[学会発表] (計 5 件)

1. K. Inami, R&D of particle identification devices with high precision timing, 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. T. Ohshima, Tau decays at Belle, The 2007 Europhysics conference on High energy physics, 2007/7/19-25, Manchester, England
4. K. Hayasaka, Search for lepton flavor violation at B factories, 33rd international conference on High energy physics, 2006/7/26-8/2, Moscow, Russia
5. Y. Miyazaki, A review of rare tau decay measurements from the B factories, Conference on the intersections of particle and nuclear physics, 2006/5/30-6/3, Puerto Rico

[その他]

ホームページ

<http://www.hepl.phys.nagoya-u.ac.jp/public/sousei/>