

科学研究費補助金（学術創成研究費）公表用資料
〔研究進捗評価用〕

平成18年度採択分

平成21年 4月30日現在

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

氏名 大島 隆義 (Ohshima Takayoshi)

所属研究機関・部局・職 名古屋大学・理学研究科・教授



推薦の観点：国際的に対応を強く要請される研究

研究の概要：

前人未到の世界最大量の高統計データを収集する、わが国実験施設 KEKB-Belle において、新しい素粒子世界 (New Physics) の探索・発見を行なう。具体的には、タウ・レプトン物理の世界的解析拠点を拡充・形成して、Lepton Flavor Violation 事象の探索において分岐比 10^{-9} を目指し、素粒子研究に新展開を導く。同時に、高統計データを活かして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。

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

キーワード：タウ、レプトン、ヒッグス

1. 研究開始当初の背景

素粒子研究は B ファクトリー実験での粒子-反粒子の対称性の破れの確認によって、標準理論が確立した。次の課題は、標準理論の背後に潜むヒッグス粒子や超対称性粒子で代表される新しい素粒子世界の検出にあり、この New Physics は重い粒子の崩壊に高い感度をもつ。最も重いレプトンであるタウ粒子は、中間子のような複合系でなく、かつ強い相互作用が関与せず物理過程が明確である利点をもつ。世界最強度を誇るわが国の B ファクトリーは、また世界最大量のタウ崩壊データを提供し New Physics 探索の世界的にユニーク、かつ二度とない強力な研究チャンスをもたらす。

KEKB 加速器のルミノシティが向上し、ますますデータ量が増え続け New Physics 世界が近づき、大発見につながる可能性率が高くなってきた。しかし、これまでの人的ならびに計算機資源で構成する物理解析体制では増大するデータ量に太刀打ちできず、研究の一層の展開が図れない。そこで、本学術創成科研費による研究規模の拡大が必要である。

これは唯一わが国のみが推進できる研究であり、世界のタウ物理研究をリードし、新しい素粒子世界の発見に向けて、主導的にかつ集中的に推進することが国際的に強く要

請されている研究である。

2. 研究の目的

研究期間内に収集する Belle 実験でのタウ崩壊データ (1,000/fb, 10 億タウ対事象 $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$) を精査し、New physics の信号として $\tau \rightarrow \ell\gamma, \ell\eta, \ell\eta', \ell\pi, \ell K_s, \ell\ell\ell, \ell\pi K, \Delta\pi$ ($\ell = \mu$ 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 では分岐比 $Br=0(10^{-9})$ 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て second class current ($\tau \rightarrow \pi\eta\nu$) や vector meson (ρ, K^*) の磁気双極子モーメント (MDM)、 $\tau \rightarrow \phi\pi / K\nu$ 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。

実験探究をさらに深化させるための検出器開発や次世代実験 LHC でのタウ物理開発も平行して行なう。

3. 研究の方法

現在収集データは 700/fb を超えようとしており、データ量の増加に伴って探索感度の更新を図る。バックグラウンドの寄与による限界にはぼ達する崩壊事象も登場してきた。バックグラウンド事象のさらなる除去にニ

〔3. 研究の方法 (続き)〕

ューラルネットなどの解析法の導入を試みる。

また、Second class-current や $\tau \rightarrow \phi K\nu$, $\phi \pi \nu$ 反応など未検出の崩壊反応の検出を行なう。これらは解析の端緒についたばかりであるが、本研究の高統計と粒子識別能力のもとでは、信号が歴然と見て取れる。 $\tau \rightarrow \pi \pi \nu$, $\tau \rightarrow K \pi \nu$ などの崩壊形状関数 (spectral function) も求める。これは Conserved Vector Current のテストであり、またミューオン $g-2$ 計算におけるハドロン効果を信頼度高く導出するために欠くべからざるものである。

データ量の増加に伴い、解析手段であるコンピュータ・システムの増設を継続して行ない、解析の設備環境を整える。

4. これまでの成果

535fb^{-1} のデータを用いた $\tau \rightarrow \mu \gamma$ 探索では、分岐比上限値 4.5×10^{-8} を得、世界最高感度を達成した。 $\tau \rightarrow e \gamma$ についても、 1.2×10^{-7} の上限値を得た。

$\tau \rightarrow 111$ のうち、 $\tau \rightarrow eee$ モード以外ではほぼバックグラウンドが無視でき、 $(2 \sim 4) \times 10^{-8}$ という最も良い上限値を達成した。本研究ではその他 $\tau \rightarrow \mu \eta$ 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ている。

タウ粒子のハドロニック崩壊については、 400fb^{-1} のデータを用い $\tau \rightarrow \phi K \nu$ 崩壊を解析し、 K 粒子識別を効率よく行なうことで S/N 改善に成功し、 $(4.1 \pm 0.4) \times 10^{-5}$ の崩壊分岐比で発見した。また $\tau \rightarrow K^* K \nu$ 崩壊分岐比の精密測定、 $\tau \rightarrow \pi \pi^0 \nu$ 崩壊における形状関数の詳細な解析では、 K/π 粒子識別での誤認識、 π^0 粒子の損失などによる背景事象を要素ごとに詳細に調べ、系統誤差を抑制に成功している。さらに、 $\tau \rightarrow K \eta \nu$, $K^* \eta \nu$ 崩壊の崩壊分岐比に対して過去の実験と比べ5倍の測定精度向上を果たした。

TOP counter の R&D に関しては、光検出器 (MCP-PMT) の性能向上に努め、単一光子に対し時間分解能 35 ピコ秒を得た。MCP-PMT の寿命と光電面の劣化具合を測定することで、感度低減の原因が中性ガスの発生であろうことが分かり、試作を繰り返して対処方法を検討している段階である。TOP counter 試作機を作成し、ビームテストを実施し、期待される性能を確認した。

5. 今後の計画

当初目的どおり、中心研究課題である LFV 崩壊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。

タウ粒子のハドロニック崩壊について、セ

カンドクラスカレントの存在は、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 $\tau \rightarrow \pi \omega \nu$ 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 CP 非対称性の探索を始める。

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 カウンターの開発研究を最終年度まで継続する。最大の課題は MCP-PMT の寿命長期化の研究であり、企業との共同作業を続ける。また、本体である高精度研磨した石英放射体の光学特性測定、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ーオンカウンター (TGC) 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。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

(研究代表者は太字、研究分担者は二重下線、連携研究者は一重下線)

[雑誌論文]

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.
2. **K. Inami**, **T. Ohshima** et al., Cross-talk suppressed multi-anode MCP-PMT, Nucl. Instr. Meth. A592 (2008) 247.
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.
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.
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.

ホームページ等

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