

氏 名 KIM YOUNGJIN

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1329 号

学位授与の日付 平成 22 年 3 月 24 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 素粒子原子核専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Measurement of Branching Fraction for $\tau^- \rightarrow$
 $K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ and $\tau^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$
Decays in the Belle Experiment

論文審査委員 主 査 教授 堺井 義秀
准教授 宇野 彰二
准教授 伊藤 領介
准教授 中尾 幹彦
教授 林井 久樹（奈良女子大学）

論文内容の要旨

Decays of the τ leptons into three pseudoscalar particles can provide important information on the hadronic form factors, spectroscopy of K^* resonances, Wess-Zumino anomaly. It can be also used for studies of CP violation in the leptonic sector. By studying decays into final states containing one kaon, one can measure strange spectral functions useful for a direct determination of the strange quark mass and Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) matrix element $|V_{us}|$. In this study, we present a new measurement of the branching fractions for τ^- to $K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ and τ^- to $\pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ decays using 72.1 fb^{-1} data taken at the center-of-mass energy 10.58 GeV with the Belle detector operating at the asymmetric-energy electron-positron storage-ring at KEK. These two modes are correlated and thereby they should be considered simultaneously.

The results for the branching ratios are $B(\tau^- \text{ to } K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau, \text{ excluding } K_s) = (1.53 \pm 0.04(\text{stat}) \pm 0.19(\text{sys})) \times 10^{-3}$, $B(\tau^- \text{ to } \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau, \text{ excluding } K_s) = (4.20 \pm 0.01(\text{stat}) \pm 0.14(\text{sys})) \times 10^{-2}$. These results are compared and discussed with previous measurements.

Decay mode $\tau^- \text{ to } K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ (ex. K_s)

CLEO3 $(7.4 \pm 0.8 \pm 1.1) \times 10^{-4}$

ALEP $(6.1 \pm 3.9 \pm 1.8) \times 10^{-4}$

Belle $(1.46 \pm 0.04(\text{stat.}) \pm 0.18(\text{sys.})) \times 10^{-3}$

Decay mode $\tau^- \text{ to } \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ (ex. K_s)

ALEP $(4.598 \pm 0.057 \pm 0.064) \times 10^{-2}$

CLEO $(4.19 \pm 0.10 \pm 0.21) \times 10^{-2}$

Belle $(4.02 \pm 0.01(\text{stat.}) \pm 0.14(\text{sys.})) \times 10^{-2}$

A search for $\tau^- \text{ to } K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ decays and an investigation of other resonant contribution to $\tau^- \text{ to } \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ final states was performed using a 72.1 fb^{-1} data set of tau pair decays, collected at the $Y(4S)$ resonance by the Belle detector.

Results for the branching ratio of $\tau^- \text{ to } K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ decay mode and $\tau^- \text{ to } \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ are $B(\tau^- \text{ to } K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau) = 1.46 \pm 0.04(\text{stat.}) \pm 0.18(\text{sys.})$ and $B(\tau^- \text{ to } \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau) = 4.02 \pm 0.01(\text{stat.}) \pm 0.14(\text{sys.}) \times 10^{-2}$. We have made the most precise measurement of the $\tau^- \text{ to } K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ decay and the similar size of the error for the $\tau^- \text{ to } \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$. Our results for $\tau^- \text{ to } \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ is consistent with the CLEO results but smaller than the LEP results. Our measurement on the $B(\tau^- \text{ to } K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau)$ is about factor of 2 bigger than the previous results although their errors are large. The results are interesting but more check will be needed.

本研究は、非対称衝突加速器 KEKB における Belle 実験で積分ルミノシティ 72.1 fb^{-1} のデータを用いて $\tau^- \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ および $\tau^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ 崩壊の崩壊分岐比を測定したものである。 $\tau^- \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ 崩壊は τ 粒子のストレンジ崩壊における spectral function の決定に重要な役割を果たしているが、これまでに十分精度のよい測定がなされていたかった。ストレンジ spectral function により、CKM行列要素の一つである V_{us} の値やストレンジ・クォークの質量を求めることができるが、その精度は $\tau^- \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ 崩壊の測定精度により制限されている。したがって、 $\tau^- \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ 崩壊の精密測定が重要課題となっている。

BファクトリーではB中間子と同程度の τ 粒子対が生成されるので、すぐれたタウ・ファクトリーでもあり、Belle 実験は世界最大の τ 粒子のデータを蓄積している。しかし、実験的には、 $\tau^- \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ 崩壊の50倍以上大きな崩壊分岐比をもつ $\tau^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ 崩壊の π^- を K^- と誤って同定した事象のバックグラウンドが大きな問題となる。大量のデータにより得られる十分小さい統計誤差の有利性を生かすには、系統誤差をできるだけ小さく抑えることが重要である。そのため、本研究では $\tau^- \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ と $\tau^- \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ の二つの崩壊モードの事象を同時に再構成・選別し、 K と π 粒子の同定効率および誤認率の影響を厳密に考慮することにより両崩壊モードの分岐比例を測定する方法が開発され採用されている。 K と π 粒子の同定効率および誤認率を較正用のデータを使って詳細に調べ、モンテカルロ・シミュレーションを補正することにより二つの崩壊モード間の混合の割合を正しく推定することが可能となった。また、すでに崩壊分岐比が精度よく測定されている純粋レプトニック崩壊モード事象との比をとることにより一部の系統誤差が相殺され、系統誤差を小さくする工夫をしている。

その結果、本研究ではこれまでの実験測定より良い精度で $\tau^- \rightarrow K^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ 崩壊の崩壊分岐比を得ることができた。これは、Belle 実験の大量の τ 粒子のデータにより 粒子の崩壊の詳細な測定が可能であり、従来の測定精度を改善できることを示すものである。また、本研究の崩壊モードだけではなく、将来さらに多くの τ 粒子崩壊の系統誤差を小さくする可能性も示しており重要な意義をもつ。

本論文では、上に述べた物理的意義、データ解析、測定結果を使つての考察評価等が要領よくまとめられている。本論文の結果をはじめとする Belle 実験での τ 粒子崩壊測定の結果は学術論文に投稿する予定である。以上のことから判断して、本論文の結果は物理的に重要であり学位論文としてふさわしいものとして審査委員全員一致で合格と判定した。