

論文審査の結果の要旨

氏名 清水 信宏

本論文は10章からなる。第1章はイントロダクションであり、本研究の背景となる標準模型とその限界を述べ、荷電レプトン、特に τ 粒子の崩壊観測を用いた標準模型を超えた物理の探索を行う意義、特に本研究で行った τ 粒子の輻射レプトニック崩壊 ($\tau \rightarrow l\nu\gamma$) を用いたミシェルパラメータ測定の意義について述べている。ミシェルパラメータは、荷電レプトンのレプトニック崩壊のダイナミクスを特徴付ける。 τ 粒子のレプトニック崩壊の観測では4つのミシェルパラメータ (ρ, η, ξ, ξ_k) を決定することができる。終状態に輻射を許したレプトニック崩壊の観測を行えば、崩壊後の荷電レプトンの偏極の情報が得られることから、前述の4つに加え $\bar{\eta}$ と ξ_k 2つのミシェルパラメータを測定することができる。一般的に標準理論では $\bar{\eta}$ と ξ_k はともに0であるが、未知の粒子の存在などによりその値が有限となることが予想されることが述べられている。第2章では、本研究の測定対象である τ 粒子の輻射レプトニック崩壊について、およびその測定原理について述べている。電子陽電子衝突から生成する $\tau^+\tau^-$ 対を用いる。これら2つの τ 粒子のスピンには相関があるため、 τ^+ のハドロニック崩壊である $\tau^+ \rightarrow \rho^+\nu \rightarrow \pi^+\pi^0\nu$ を用いることで、 τ^+ のスピンを決定、これにより τ^- のスピンを得る。この情報と、 τ^- の輻射レプトニック崩壊から生成した γ および荷電レプトンの情報を用いることでミシェルパラメータの測定を行ったことを述べている。第3章では本研究で解析するデータを取得した Belle 実験について、加速器や検出器、その運転、そしてモンテカルロシミュレーションについて述べている。解析に用いたデータは1999年から2010年にかけて取得された 703fb^{-1} であり、 $\tau^+\tau^-$ 生成事象数としては約 6×10^9 があることが述べられている。第4章では解析に用いる事象の選択方法、信号事象の選択効率、および背景事象についての詳細を述べている。最終的に、事象選択効率は約4%、信号純度は、電子への崩壊モードで約30%、 μ への崩壊モードでは約60%を達成したことを述べている。第5章ではミシェルパラメータ $\bar{\eta}$ と ξ_k の測定方法について述べている。パラメータの測定には観測から得られる粒子の運動学パラメータ (12次元) を用いる。この12次元の位相空間の中で確率密度関数を信号と背景事象に

ついてそれぞれ定義、その正当性を評価した。ミシエルパラメータの測定はこれらの確率密度関数と実験データを用い、**unbinned maximum likelihood** 法によって行ったことが述べられている。第6章では実際のデータ解析において、特に必要な補正について述べている。確率密度関数を求める際にモンテカルロ法を用いているが、実際の検出器から得られる実験データとモンテカルロ法による分布にはズレがあることが知られており、これを補正する必要がある。このために必要な補正係数を実験データから抽出する方法及びその補正効果を述べている。第7章では統計誤差および系統誤差について述べている。系統誤差は、検証の対象となる各々の不定性について入力要素を変化させ、その結果によってミシエルパラメータが変化する量を系統誤差としている。第8章ではミシエルパラメータ測定の結果とその評価、ならびに得られたミシエルパラメータを用いた物理パラメータへの制限、特に標準模型を超える物理モデルとの関連について述べている。 $\bar{\eta} = -1.3 \pm 1.5 \pm 0.8$ と、 $\xi\kappa = 0.5 \pm 0.4 \pm 0.2$ となった。また、このとき **likelihood** 分布が最尤値を基準に対称な二次関数となっていることも確認されている。また、複素結合定数についても $|g_{R,L}^T| < 0.6$ および $|g_{R,L}^V| < 0.8$ という結果が得られた。また τ が右巻きヘリシティを持つ荷電レプトンに崩壊する規格化確率についても $Q^T_R < 2.4$ という結果を得た。第9章では、 τ 粒子の輻射レプトニック崩壊の分岐比について述べている。分岐比を求めるにあたってはミシエルパラメータ測定に用いた事象選択条件よりも厳しい条件を課すことにより信号純度を高めた。これにより電子に崩壊するモードについては $(1.82 \pm 0.016 \pm 0.10) \times 10^{-2}$ 、 μ に崩壊するモードについては、 $(3.68 \pm 0.02 \pm 0.15) \times 10^{-3}$ となったことが述べられている。この結果は **BaBar** 実験における測定結果と無矛盾である。第10章で将来への展望と結論を述べている。ここでは、本測定結果の持つ意義と、今後の新たな実験における展望を述べている。

本論文は論文提出者が **Belle** 実験グループのメンバーとして行った研究であるが、ミシエルパラメータや崩壊分岐比を求める解析、系統誤差評価など研究の主要な部分については自らが行ったものである。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。