

学位申請論文公聴会

申請者：廣瀬 茂輝 (N 研)

日時：2017 年 1 月 25 日 (水) 10:00～

場所：物理会議室 (C207)

題目：Belle 実験における $\bar{B} \rightarrow D^* \tau^- \bar{\nu}_\tau$ 崩壊の崩壊分岐比および τ レプトン偏極度測定

主論文の要旨

素粒子標準理論は、その枠組みに含まれる 3 世代合計 12 種類のクォークおよびレプトン、4 種類のゲージボソンと 1 種類のヒッグス粒子の相互作用を記述する。このうち b クォークを含む B 中間子は、 $5.28 \text{ GeV}/c^2$ の大きな質量と多様な崩壊モードを持つため、標準理論の検証および新物理による量子効果を探るための良いプローブとなる。 $\bar{B} \rightarrow D^* \tau^- \bar{\nu}_\tau$ 崩壊は終状態に τ レプトンを含む B 中間子崩壊の 1 つで、標準理論では仮想 W ボソンが媒介するツリーダイアグラムで引き起こされる。もし、第 3 世代フェルミオンに強く結合する荷電ヒッグス粒子などの新粒子が存在すると、その影響で終状態に電子や μ 粒子をもつ類似の崩壊 ($\bar{B} \rightarrow D^* \ell^- \bar{\nu}_\ell$ 崩壊) に対する普遍性が破れると予想される。これまでの崩壊分岐比の測定結果の世界平均は標準理論による理論予想から 3.3σ ずれており、これは新物理の兆候である可能性がある。

Belle 実験では、電子陽電子衝突型加速器 KEKB において $(7.72 \pm 0.11) \times 10^8$ 個の B 中間子対を含むデータを収集した。本研究では、 τ レプトンのレプトニック崩壊 ($\tau^- \rightarrow \ell^- \bar{\nu}_\ell \nu_\tau$) を用いて行われた先行研究とは独立に崩壊分岐比を測定してその精度を上げるとともに、崩壊分岐比とは独立に新物理への感度が高い変数である τ レプトン偏極度も測定するため、 τ レプトンのハドロニック崩壊 ($\tau^- \rightarrow \pi^- \nu_\tau, \rho^- \nu_\tau$) を用いて $\bar{B} \rightarrow D^* \tau^- \bar{\nu}_\tau$ 事象の解析を行った。

本研究では、以下 2 点の困難を克服した。(1) τ レプトン偏極度を測定するには τ レプトン静止系が必要となるが、 B 中間子崩壊の終状態に存在する 2 個のニュートリノのため、完全な τ レプトン運動量を得ることができない。そこで、崩壊事象の力学的特徴を利用して、 τ レプトン静止系と等価な系を得ることで、偏極度を測定する手法を確立した。(2) τ レプトンのハドロニック崩壊を用いる本測定では B 中間子の多体ハドロニック崩壊が主要な背景事象となる。これらの崩壊は低エネルギー QCD による複雑なハドロニ化現象を経るために、理論計算に基づく定量的予想が困難である。そこで申請者は、実データから主要な背景事象モードを再構成して測定することで、信号領域における背景事象の量を見積もった。

本研究により、 $\bar{B} \rightarrow D^* \ell^- \bar{\nu}_\ell$ 崩壊に対する $\bar{B} \rightarrow D^* \tau^- \bar{\nu}_\tau$ 崩壊の相対崩壊分岐比 $R(D^*)$ と τ レプトン偏極度 $P_\tau(D^*)$ の測定結果を以下のように得た。

$$\begin{aligned} R(D^*) &= 0.270 \pm 0.035 (\text{統計誤差})_{-0.025}^{+0.028} (\text{系統誤差}) \\ P_\tau(D^*) &= -0.38 \pm 0.51 (\text{統計誤差})_{-0.16}^{+0.21} (\text{系統誤差}) \end{aligned}$$

この結果は、標準理論に基づいた理論予想と 0.4σ で一致する。本測定結果を加えることで、崩壊分岐比の測定精度を約 5% 更新し、世界平均と標準理論とのずれは 3.2σ となった。また、 τ レプトン偏極度が $+0.5$ 以上の領域を 90% 信頼度で棄却した。本測定結果にもとづき、荷電ヒッグス粒子やレプトクォークを含む新物理モデルの可能性を考察し、新たな制限領域を設定した。