

# 学位申請論文公開講演会

申請者: 井黒 就平 (素粒子論研究室 E 研)

日時: 2021 年 1 月 28 日 (木) 9:00

場所: 物理会議室 (C-207) および 審査員以外の方は Zoom によるオンライン参加  
Zoom の問い合わせ先: 戸部 和弘 [tobe\\_@eken.phys.nagoya-u.ac.jp](mailto:tobe_@eken.phys.nagoya-u.ac.jp) ( \_@ は@に置き換える)

題目: Phenomenology of  $b \rightarrow c\ell\bar{\nu}$  within the Standard Model and beyond ( $b \rightarrow c\ell\bar{\nu}$  過程における素粒子標準模型および新物理 模型による現象論)

## 主論文の要旨

素粒子標準模型は 2012 年、CERN(欧州原子核研究機構)の Large Hadron Collider (LHC) 実験による Higgs 粒子発見によって一応の完成をみた。その一方で、新粒子の直接的な兆候は見られていないことから、新粒子探索には間接探索実験の重要性も相対的に高まっている。例えば、近年 B 中間子のセミレプトニック崩壊 ( $B \rightarrow D\tau\bar{\nu}$  および  $B \rightarrow D^*\tau\bar{\nu}$ ) に関する崩壊分岐比を用いた物理量  $R_{D^{(*)}} = \text{BR}(B \rightarrow D^*\tau\bar{\nu}) / \text{BR}(B \rightarrow D^*\ell\bar{\nu})$  (ここで  $\ell = e, \mu$  とする) では標準模型の予言と実験結果に統計的に優位な食い違いが指摘されている。標準模型において  $B \rightarrow D^*\tau\bar{\nu}$  および  $B \rightarrow D\tau\bar{\nu}$  遷移過程を記述するには、非摂動的な QCD の関与する  $B \rightarrow D$  および  $B \rightarrow D^*$  の中間子遷移行列 (以下 Form Factor と呼ぶ) を決定する必要がある。従来は Form Factor を決定する理論および実験的な制限が限られていたため、Caprini, Lellouch, Neubert によって提唱された Unitarity からの制限を用いて現象論的に Form Factor のパラメータ数を減らした CLN 方式が使われていた。しかし、Belle 実験の CLN 方式を仮定しない一般的なデータの公開や格子計算を含む理論計算の発展により、Heavy Quark Effective Theory に基づいた、より一般的な方式の Form Factor を用いることが可能になった。本研究では、Belle 実験から公開された  $B \rightarrow D^*\ell\bar{\nu}$  の終状態粒子の崩壊角度依存性に関するデータや QCD 和則の理論的制限の改善を行い、これらを基に Form Factor を決定した。この Form Factor を用いて、Cabibbo-Kobayashi-Maskawa 行列要素  $V_{cb}$  を計算した結果、 $|V_{cb}| = (39.7 \pm 0.6) \times 10^{-3}$  という結果を得た。これは Particle Data Group が公開している従来値、 $|V_{cb}| = (39.5 \pm 0.9) \times 10^{-3}$  と不定性の範囲内で一致し、不定性が減少した。また、決定した Form Factor を用いて  $R_{D^{(*)}}$  を再計算し、SM において  $R_D = 0.289 \pm 0.004$ ,  $R_{D^*} = 0.248 \pm 0.001$  という結果を得た。これは Heavy Flavor Average Group が公開している従来値  $R_D = 0.299 \pm 0.003$ ,  $R_{D^*} = 0.268 \pm 0.006$  と比較して、それぞれに  $1-2\sigma$  小さい値であり、この結果  $R_{D^{(*)}}$  における実験結果の世界平均と標準模型予言のずれが  $4\sigma$  へ拡大した。さらにこの結果を新物理模型が説明する場合の  $B \rightarrow D^{(*)}\tau\bar{\nu}$  過程の終状態  $\tau$  粒子の偏極や  $D^*$  粒子の偏極への影響を解析した。その結果として、現在  $R_{D^{(*)}}$  を説明する候補として好まれている 3 種類のレプトクォーク (LQ) を区別するためには  $B \rightarrow D\tau\bar{\nu}$  における  $\tau$  粒子偏極測定が有用であることを示した。これらの LQ に対する LHC 実験からの制限を高運動量を持つ  $\tau$  粒子と高運動量欠損を含む事象に関する結果から導出し、将来の高輝度 LHC 実験でのこれらのシナリオに対する検証可能性を明らかにした。