

学位申請論文公開講演会

日時：2024年6月18日(火) 10:30~

申請者：須江 祐貴 (N研)

場所：物理会議室 (C207) およびオンライン

題目：Precision measurement of the $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ cross section using initial-state radiation (始状態輻射光子を用いた $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ 過程の反応断面積の精密測定)

主論文の要旨

素粒子標準模型は高い精度で実験事実を予測する素粒子物理学の基盤となる模型であるが、暗黒物質の候補を含まないなどの問題を抱えており、標準模型を超えた物理の発見が目下の課題である。数ある測定の中でも理論予測と実験の両者が百万分の一の精度に達するミュオン異常磁気能率ではその二者間に 5σ の有意差での差がみられており、その特性から新物理の寄与が示唆されている。理論予測と実験の精度は同程度に到達しており、両者の精度向上と検証が重要である。

現在のミュオン異常磁気能率の理論予測の誤差はハドロン真空分極項が支配的である。とくに、低エネルギーでは摂動論的 QCD による解析が不可能なため代わりに入力値として用いている、電子陽電子対消滅におけるハドロン生成過程の断面積の測定値の誤差が起因している。過去にいくつかの電子陽電子衝突型実験でハドロン生成断面積が測定されているが、実験間の差異も系統誤差を生んでおり、独立な実験からの追試が必要である。

本研究ではミュオン異常磁気能率のハドロン真空分極項に二番目に大きな寄与を持つ $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ 過程の 0.62-3.5 GeV のエネルギー領域における反応断面積測定を行った。3.5 GeV 以下のハドロン系エネルギースペクトラムを得る手段として、重心系エネルギー 10.58 GeV の高エネルギーでの電子陽電子衝突事象において始状態輻射光子を含む過程を用いるという手法を導入した。実験は茨城県高エネルギー加速器研究機構の SuperKEKB/Belle II 実験で行い、他測定とは完全に独立なデータセットでの測定となる。

反応断面積の測定にあたっては、種々の制御サンプルを用いた実データ駆動のシミュレーション補正を行った。系統誤差に大きな影響を与える効率補正では、実データとシミュレーション間の効率差が合計で 5.0%以内であることを 1.6%精度で評価し、検出器シミュレーションが精度よく実データを再現していることを確認した。

1.1 GeV 以下に大きな断面積を持つ ω (782) 及び ϕ (1020) の共鳴ピークの断面積は、過去の類似の測定である BaBar 実験の結果と比べて約 7%程度大きな値であること示した。測定値をもとに得た 0.62-1.8 GeV の範囲のミュオン異常磁気能率への寄与は $(48.91 \pm 0.23 \pm 1.07) \times 10^{-10}$ と現在の世界平均より 3.0×10^{-10} 程大きく、 2.5σ の有意度となった。本測定の結果を単独で用いるとミュオン異常磁気能率の現状の理論、実験間の差異がわずかに小さくなることを示した。