

学位論文要旨

Analysis of Model with Vector-like Quark through Standard Model Effective Field Theory

(標準模型有効理論による Vector-like クォーク模型の解析)

氏名 高橋 隼也

本研究では、 $SU(2)_L$ 一重項に属するダウンタイプ vector-like クォーク (VLQ) を一つ含む模型について議論する。VLQ は左巻き成分と右巻き成分が同じ量子数を持つクォークで、素粒子の標準模型には含まれない新しい粒子である。VLQ は様々な標準模型を超える物理 (新物理) の模型で導入される。例えば、実験的に知られている標準模型クォークの質量の階層的な構造を説明する模型 (universal see-saw 模型) が挙げられる。

大型ハドロン衝突型加速器 (LHC) 実験の ATLAS、CMS グループによって、VLQ の探索が行われている。現在のところ VLQ は未発見であり、VLQ の質量の下限は約 1200 GeV であることが報告されている。つまり VLQ は標準模型の典型的なエネルギースケール (~ 100 GeV) に比べ 10 倍以上重い可能性が示唆されている。このような重い新粒子について解析するのに有用な方法として、標準模型有効理論 (SMEFT) がある。SMEFT を用いることで、異なる実験からの新粒子のパラメータへの制限を比較することが可能になる。本研究では、SMEFT の枠組みで VLQ を含む模型の解析を行う。

標準模型に VLQ を加えると、標準模型のクォーク間にツリーレベルのフレーバーを変える中性カレント (FCNC) が生じる。ツリーレベルの FCNC は、中性 B 中間子系の FCNC 過程の観測量に新たな寄与を与える。本研究では、VLQ のパラメータに対する制限を明らかにするために、中性 $B_{d,s}$ 中間子系における $b \rightarrow s$ 遷移に関する FCNC 過程である、 B_s^0 - \bar{B}_s^0 混合と $\bar{B}_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ 過程、 $\bar{B}_d^0 \rightarrow X_s \gamma$ 過程の解析を行う。これらの過程を解析するために、VLQ を含む模型からループレベルで SMEFT を構築する。

本研究から、 $\bar{B}_s^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ 過程の崩壊分岐比は $\bar{B}_d^0 \rightarrow X_s \gamma$ 過程の崩壊分岐比よりも強い制限を VLQ のパラメータに与えることが明らかになった。また本研究では $b \rightarrow s$ 遷移に関する FCNC 過程に注目したが、ここで構築した SMEFT は $b \rightarrow d$ 遷移や $s \rightarrow d$ 遷移の解析に応用できる。加えて、輻射崩壊過程 $b \rightarrow s \gamma$ に関する Wilson 係数は、輻射崩壊過程における CP 非対称性や、 $b \rightarrow sl^+ l^-$ 過程に対しても適用できる。