

学位請求論文要旨

Phenomenology for the Lepton Flavor Mixing (レプトン世代混合の現象論)

氏名 高木 堅太

素粒子の理論は標準模型という偉大な成果がある一方で、いまだ完全ではない。標準模型から導かれる多くの予言は、精度よく実験的に確かめられてきた。しかし、ニュートリノがゼロでない質量をもつことは標準模型によって説明することはできない。

本論文では、ニュートリノが有限の質量をもつメカニズムを議論する。ニュートリノの質量は電子等のレプトンやクォークと比較して、はるかに小さいという事実があるので、ディラック型ニュートリノのみならず、マヨラナニュートリノやI型シーソー機構を用いた模型構築を行う。

さらに我々の模型では、フレーバー対称性と呼ばれる素粒子の世代混合を説明する理論を仮定することにより、模型をニュートリノ振動実験結果と比較している。またマヨラナニュートリノの探索実験（ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊）に対する予言を行う。本論文では3つの模型について上述の現象論を展開する。

第一の模型は $A_4 \times Z_3$ によるフレーバー対称性を仮定する。先行研究で新たに導入されたフラボンと呼ばれる新粒子の性質を一部変更することにより、現行の実験結果を精度よく再現する模型へと拡張した。

第二の模型は理論のパラメータ数が最小限に抑えられている。右巻きニュートリノを2つだけ導入した上で、人為的に粒子間の結合法則を規定することで模型を制限し、ミニマルな模型を構築する。このような操作はフレーバー対称性によって再現されることを想定しているが、本論文で扱ったミニマルな模型は S_4 によるフレーバー対称性によって再現される。特にCPの破れについて深く議論し、CPの破れを決める位相 δ_{CP} の符合と模型のパラメータの関係を明らかにした。

第三の模型はモジュラー群を起源とするフレーバー対称性を考える。この模型は超弦理論における4+6次元のコンパクト化を想定しており、モジュラー群は2次元トーラスによるコンパクト空間で定義することができる。湯川結合定数は2次元トーラスの幾何構造を決める modulus パラメータ τ に依存しており、フラボンを導入しない模型構築も可能である。本論文では、モジュラー群によるいくつかのフラボンを含まない模型を数値的に解析し、そのうち実験結果と無矛盾な模型を特定した。