

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006～2011

課題番号：18071001

研究課題名（和文）フレーバー混合における標準理論を超える物理の理論的研究

研究課題名（英文）Theoretical studies on physics beyond the Standard Model with flavor mixing

研究代表者

日笠 健一 (Ken-ichi HIKASA)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：20208739

研究分野：物理学

科研費の分科・細目：

キーワード：素粒子理論，素粒子実験，宇宙論

1. 研究計画の概要

素粒子の標準理論は、強・弱・電磁相互作用の3つを統一的に記述することに成功したが、質量とフレーバー混合の起源は未解明のままである。標準理論に代わるものとして有力な超対称理論においてもこの事情は変わらず、標準理論にはないフレーバー混合の新しい原因を含むためむしろ複雑になっている。また高次元理論においては、フレーバーの理解がモデルの構築に対するひとつの手がかりとなっている。このような状況下でフレーバー混合の理解を進めるには、実験からの新しいデータは貴重である。フレーバー混合の基礎定数を精度良く測定することとともに、標準理論の枠内では理解できない現象を探求することにより、超対称理論等に対して高エネルギーフロンティアの実験からは得られない、質量の非対角成分についての情報を得ることができる。

本研究は、本特定領域計画研究の唯一の理論的研究であり、超対称理論などにおいて予測されるフレーバー混合現象を解析し、実験に対する指針を提供すること、及び実験から得られたデータの分析によって、新しい物理への手がかりを探っていくことを目的とする。これにより、素粒子の世代構造の理解が深まることが期待される。

2. 研究の進捗状況

超対称模型や余剰次元模型の研究、関連する初期宇宙論の研究を進めている。

(1) 超対称理論において、トップクォークのフレーバーを変える中性カレントによって引き起こされるさまざまな崩壊過程および LHC コライダーにおける生成過程の計算

を系統的に行った。全部で 11 のチャンネルを評価し、それに対し現存の種々の実験からくる超対称理論のパラメータに対する制限を適用した。このうちチャームクォークとグルオンからトップクォークが生成される過程、およびトップクォークがチャームクォークとヒッグスボソンに崩壊する過程が LHC における実験で観測できる可能性があることを示した。

(2) ボトムクォークがストレンジクォークとニュートリノ対に崩壊する過程を超対称標準理論において、真空期待値の比である $\tan\beta$ が大きい場合について調べた。標準理論の予想と比較して、既知のチャージノのループによる寄与以外に、グルイノおよび荷電ヒッグスボソンのループの寄与が大きくなる可能性があることが示された。しかし、ボトムクォークがストレンジクォークと光子に崩壊する過程の実験値によって、可能な寄与の大きさが制限されることを見出した。また、Bs メソンの μ 粒子対への崩壊分岐比からくる制限を吟味した。

(3) 超対称 SU(5)大統一理論におけるフレーバーの破れに関して、スフェルミオン質量の混合に対する制限を調べた。スフェルミオン質量全体が小さい場合は、 $\mu \rightarrow e\gamma$ 崩壊が右巻きダウンスクォーク混合について強い制限を与えるが、大きい場合には B メソン混合やハドロン電気双極子が重要であることを見出した。

また、テバトロンにおける Bs 混合の測定結果を用いると、レプトンフレーバーを破る μ や τ の崩壊が測定可能な範囲内で起こりうるということが分かった。

(4) 3 サイトのヒッグスレス模型において、

電弱精密測定 of 物理量である S , T パラメータに関する 1 ループのくりこみ群方程式をリストアップし、実験結果と矛盾しないためにこの模型に含まれるカルザ・クラインフェルミオンとゲージボソンの質量がみたすべき条件を導出した。

(5) 宇宙初期においてニュートリノに崩壊する長寿命の粒子が存在したとして、その粒子存在量に対する原初元素合成、宇宙背景輻射などによる制限を導いた。これは粒子の寿命およびそのハドロン終状態、電磁的終状態への崩壊分岐比によって大きく変化する。

3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

(理由)

研究の柱としている超対称模型、余剰次元模型、および初期宇宙論のそれぞれについて、相当程度の研究の進展が達成された。LHC 実験の開始が遅れているため、実験データとの比較は期待したよりも若干遅れる見込みであるが、大きな問題とはなっていない。

4. 今後の研究の推進方策

現在までの研究の進展に特に問題はないので、引き続き各項目の研究を続行する。研究補助者として雇用していた者が外部で評価され助教の職を得て転出したため、後任を公募により雇用する予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件 : すべて査読あり)

(1) P. Ko, J. Park, and M. Yamaguchi, Sflavor mixing map viewed from a high scale in supersymmetric SU(5), Journal of High Energy Physics 0811, 051 (2008).

(2) T. Abe, S. Matsuzaki, and M. Tanabashi, Does the three site Higgsless model survive the electroweak precision tests at loop?, Physical Review D 78, 055020 (2008).

(3) S. Matsumoto, T. Moroi, and K. Tobe, Testing the littlest Higgs model with T-parity at the Large Hadron Collider, Physical Review D 78, 055018 (2008).

(4) K. Choi, K.S. Jeong, and K. Okumura, Flavor and CP conserving moduli mediated SUSY breaking in flux compactification, Journal of High Energy Physics 0807, 047 (2008).

(5) K. Ishiwata, S. Matsumoto, and T. Moroi, Cosmology of gravitino LSP scenario with right-handed sneutrino NLSP, Physical Review D 77, 035004

(2008).

(6) Y. Yamada, $b \rightarrow s \nu \nu$ decay in the MSSM: implication of $b \rightarrow s \gamma$ at large $\tan \beta$, Physical Review D 77, 014025 (2008).

(7) J.J. Cao, G. Eilam, M. Frank, K. Hikasa, G.L. Liu, I. Turan, and J. M. Yang, Supersymmetry-induced flavor-changing neutral current top-quark processes at the CERN Large Hadron Collider, Physical Review D 75, 075021 (2007).