

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2006～2009
課題番号：18540257
研究課題名（和文）超対称標準模型におけるフレーバー対称性の現象論的帰結
研究課題名（英文）Phenomenological consequences of flavor symmetry in the supersymmetric standard model
研究代表者
久保治輔（KUBO JISUKE）
金沢大学・数物科学系・教授
研究者番号：40211213

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：素粒子論，超対称性，フレーバー対称性，ニュートリノ，B の物理

1. 研究計画の概要

超対称フレーバー問題とクォーク・レプトン混合が、非可換な有限群に基づくフレーバー対称性を通して実験的に検証可能な形で結びついていることを定量的に示し、将来計画されている様々な実験で具体的に検証可能であるかを調査することが計画の概要である。

2. 研究の進捗状況

素粒子の標準理論には物質粒子のフレーバーの構造（その種類の仕組み）を決めている湯川相互作用を決定する原理が欠けており、このため、クォーク・レプトンの質量とその混合（小林・益川のクォーク混合と牧・中川・坂田のニュートリノ混合）の構造を決められない。また、標準理論の Higgs 粒子の質量補正が 2 次発散をしているということ、Higgs 場の自己相互作用が漸近自由ではないという二つの理論的事実から、標準理論は Fermi エネルギースケールの約 10 倍以上では理論的・数学的に意味をなさないものであるということも知られている。当研究では、非可換有限群に基づくフレーバー対称性、特に、超対称標準理論への導入を試みた。フレーバー対称性は hard に破れていると、実験的に検証可能な定量的予言を行うのが難しくなる。このため、底エネルギーで（場の量子論的に）hard に破れていないフレーバー対称性に注目してきた。有限群 Q_6 に基づくフレーバー対称性は、陽子の寿命を約一万倍にしたり、実際に各種の崩壊モードが測定された場合、フレーバー対称性を実験的に検証すること

ができることを見いだした。また、ニュートリノの質量が量子補正によって生成される模型に有限群 D_6 に基づくフレーバー対称性を導入すると、電荷を持った Higgs 粒子がほとんど 100% の確率で電子と暗黒物質候補粒子に崩壊することを見いだした。この Higgs 粒子は、CERN の LHC 加速器実験で生成される可能性があり、もし生成されれば非常にクリーンなシグナルが観測されることになることを指摘した。

フレーバーの破れは超対称の破れと密接に関係しており、自然界では超対称は明らかに破れているので、フレーバーの破れの実験的検証は超対称性の間接的な実験的検証であると広く信じられている。当研究では、低エネルギーフレーバー対称性を導入することによって、超対称フレーバー問題を柔らげることができることを指摘することができた。

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）

当研究では、フレーバー対称性を、将来計画されている実験で検証可能であるかを調査することが目的であったが、目的はおおむね達成できたと自己評価する。

4. 今後の研究の推進方策

当研究で対象とした将来の実験以外に、数々の素粒子・宇宙物理学の実験・観測が本格的にスタートする。これらの実験によって、この十数年で、標準理論が果たしてどのように拡張されるべきなのかが明らかになる可能性が非常に高い。低エネルギーフレーバー対称性がフレーバーの構造を決めている原理であるとするれば、標準理論を拡張する上で重要な役割を果たすことは明らかである。従って、底エネルギーフレーバー対称性を導入することに基づいて超対称標準理論の拡張を行った場合、フレーバー対称性をどの実験においてどのような検証が可能かを明らかにするという当研究をさらに推進していくことは、素粒子物理学にとって重要な課題である。

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 6 件)

- ① T. Araki and J. Kubo, Testing Flavor Symmetries by B-Factory, Int. J. Mod. Phys. A, in press
- ② J. Kubo (他 5 名, 3 番目) (Non-)Abelian discrete anomalies, Nucl. Phys. B805, 124-147, 2008, (査読有) .
- ③ N. Kifune, J. Kubo and, A. Lenz, Flavor Changing Neutral Higgs Bosons in a Supersymmetric Extension based on a Q6 Family Symmetry, Phys. Rev. D77, 076010(19), 2008, (査読有)
- ④ Y. Kajiyama, J. Kubo and H. Okada, D6 Family Symmetry and Cold Dark Matter at LHC, Phys. Rev. D75, 033001(11), 2007, (査読有)
- ⑤ Y. Kajiyama, E. Ito and J. Kubo, NonAbelian discrete family symmetry to soften the SUSY flavor problem and to suppress proton decay, Nucl. Phys. B743, 74-103 (2006), (査読有)
- ⑥ J. Kubo, D. Suematsu and E. Ma, Cold Dark Matter, Radiative Neutrino Mass, μ to $e+\gamma$, and Neutrinoless Double Beta Decay, Phys. Lett. B642, 18-23, 2006, (査読有)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 久保治輔, 招待講演: Reduction in the Number of Coupling Parameters and the Yukawa Mission, Symposium "Quantum Field Theory and Beyond", February 3-6, 2008, Ringberg Castle, Tegernsee, Germany.
- ② 久保治輔, 招待講演: Testing family symmetries, 3rd International Workshop on "B Factories and New Measurements", January 24-26, 2008, Atami.
- ③ 久保治輔, 招待講演: Discrete Non-abelian Family Symmetry at Low Energy, KEK 理論研究会「素粒子物理の現状と展望」, March 1-3, 2007, KEK.
- ④ 久保治輔, 招待講演: Flavor Problem and Flavor Symmetry, International Symposium on Neutrino Physics and Neutrino Cosmology, January 24-26, 2007, Hong Kong.
- ⑤ 久保治輔, 招待講演: Flavor symmetries", 3rd International Workshop on "B Factories and New Measurements", December 18-19, 2006, Nara.