

(2) これまでの研究成果

上村尚平

研究の背景

現在の素粒子論最大の成果は素粒子の標準模型と呼ばれる模型である。標準模型はこれまでのほとんどの観測結果・地上実験で実現できるエネルギーでの実験結果と矛盾しない理論になっているが、重力の量子論が含まれていないという問題がある。量子重力理論の最有力候補として超弦理論が考えられている。超弦理論は 10 次元の時空上を運動する弦の力学であり、超弦理論が正しい量子重力理論であるならば、あらゆる物質と相互作用は弦によって統一的に記述できることになる。そのため超弦理論は統一理論の候補にもなっている。しかし、超弦理論と標準模型がどのように関係づくのかは自明ではない。私は超弦理論と標準模型の関係や、標準模型における謎を明らかにすることを目指し研究を行ってきた。

代表的な研究成果

標準模型にはクォークとレプトンという粒子が含まれている。クォークやレプトンは 3 世代あり、世代によって質量や相互作用が異なる。その違いはフレーバーと呼ばれており、なぜ観測されているような複雑なフレーバー構造になっているのかは明らかではない。超弦理論が正しい量子重力理論ならば、標準模型はその低エネルギー有効理論になっているはずである。具体的に真空を構成し、低エネルギーで現れる自由度を探る手法として D ブレーン模型が知られている。私は D ブレーン模型に現れる対称性に着目し、標準模型のフレーバー構造と D ブレーン模型のフレーバー構造の関係について研究を行った。より具体的には D ブレーン模型に現れる摂動的な離散対称性と非摂動効果による破れの研究 [1] や、近年注目されている超弦理論のモジュラー対称性についても研究を行い、magnetized torus の有効理論におけるモジュラー対称性について明らかにした [2]。また実際に観測値を再現できる模型を構築した [3]。

対称性の破れとして重要なものに CP 対称性の破れがある。CP の破れは物質/反物質の対称性の破れであり、標準模型では電弱セクターを通じてのみ破れている。この破れの起源は明らかになっておらず、また、現在の物質優勢宇宙を再現するためには現在観測されている以上の CP の破れが必要であると考えられている。この対称性の破れとして一般化された CP 対称性があるのではないかと考えて研究を行い、一般化された CP 対称性のある理論で CP がどのように破れるのか、また自発的に破れる可能性などについて調べた [4]。

[1] Tatsuo Kobayashi, Yoshiyuki Tatsuta, and SU, Phys.Rev. D93 (2016) no.6, 065029.

[2] Hiroshi Ohki, SU, Risa Watanabe, Phys.Rev.D 102 (2020) 8, 085008.

[3] Hitomi Kuranaga, Hiroshi Ohki, SU, JHEP 07 (2021) 068.

[4] Hiroshi Ohki, SU, [arXiv: 2310.16710 [hep-ph]].