

論文審査の結果の要旨

氏名 中島 寛人

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションであり、この論文のモチベーションが書かれている。階層性の問題やゲージ結合定数の統一の観点から超対称標準模型は素粒子標準模型を超える理論として有望視されている。しかし、この理論において、ゲージ対称性のみではバリオン数、レプトン数保存を破る繰り込み可能な相互作用すべてを禁止できず、そのような相互作用は陽子崩壊等の問題を起こすことが知られている。この問題に対する代表的な解は R パリティの導入であり、その帰結として暗黒物質の候補になり得る安定な超対称粒子の予言がある。その一方で R パリティに変わる提案もなされている。その1つがこの論文で使われている、自発的に破れる U(1)対称性を使った SUSY ゼロ機構である。その機構がヘテロティック E8×E8' ストリング理論のカラビ-ヤオコンパクト化とフィットがいいこと、またそこから期待される理論に現象論的に矛盾がないことことをしらべたことがこの論文で行われたことである。

第2章は、超対称標準模型のレビューである。この模型の素粒子構成、ラグランジアン、R パリティ、超対称大統一模型、バリオンジェネシス、宇宙の元素合成からの長寿命粒子への制限が与えられている。

この論文では、ヘテロティック E8×E8' ストリング理論のカラビ-ヤオコンパクト化の枠組みで SUSY ゼロ機構を実現し、その模型で R パリティの破れの議論をするが、第3章ではその枠組みを紹介している。3.1 章ではヘテロティック E8×E8' ストリング理論のカラビ-ヤオコンパクト化から期待される低エネルギー理論が与えられている。3.2 章で、ある種のコンパクト化の模型において、SUSY ゼロ機構が実現し、R パリティの破れの相互作用が選択的に禁止されることを示している。ファイエ-イリオポウロス項をもつ U(1)ゲージ理論では、プラスの U(1)電荷を持つスカラー場のみによってその自発的破れが実現され、その結果、U(1)電荷の和がプラスである相互作用がスーパーポテンシャルに現れないことが、スーパーポテンシャルの解析性から導かれる。この選択則が SUSY-ゼロ機構と呼ばれるものである。この章では E8 の部分群 SU(5)がコンパクト化で SU(4)×U(1) (4-1 模型) もしくは SU(3)×SU(2)×U(1)(3-2 模型)に破れる場合に着目し、その U(1)を SUSY ゼロ機構の U(1)と同一視し、危険な R パリティの破れの項がスーパーポテンシャルに出てこないことを示した。3.3 章以降では、R パリティの破れを伴わないが陽子崩壊から制限を受ける次元5の相互作用 (3.3 章)、R パリティの破れを伴う双線形項 (3.4 章)、R パリティの破れを伴う次元5の相互作用 (3.5 章) が上記のセットアップから導かれるか、また導かれるのであればそのサイズがどれくらいかを評価している。この章の議論は、この論文の共同研究者が先行して出した論文を元にしていて、3.3

章以降の議論はこの研究で新たに加えられたものである。

第4章では、前章の解析によって動機づけられたケース、すなわち R パリティの破れをもつ相互作用のうち、双線形項および次元5の相互作用が存在する場合の現象論的研究がなされ、この模型が現在の実験と矛盾がないパラメータ領域があることを示した。ここで制限としてつかったものは、ニュートリノ質量からのレプトン数非保存課程に対する制限、宇宙のバリオン非対称性からのバリオン数、レプトン数非保存課程への制限、不安定なもっとも軽い超対称粒子 (LSP) に対する宇宙の元素合成からの制限、陽子崩壊からの制限である。また、この模型の1つの予言として、(B-L) 対称性を破った陽子崩壊が (B+L) 対称性を破った陽子崩壊と同程度の崩壊比で起こりえることがあげられている。これは通常の大統一模型の予言とは異なるものであり、R パリティの破れの模型の特徴である。この4章が、この博士論文のメインの結論であり、論文提出者が主体的に研究したものである。

第5章は本博士論文の結論が述べられている。

本論文第3章および第4章は、栗山実氏、渡利泰山氏との共同研究であるが、この論文の第3章の一部と第4章は論文提出者が主体的になって分析および検証を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。