



Title	Non-Abelian discrete flavor symmetries from modular symmetry in string compactification [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	立石, 卓也
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13564号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74293
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takuya_Tatsuishi_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 立石 卓也

学 位 論 文 題 名

Non-Abelian discrete flavor symmetries from modular symmetry in string compactification

（超弦理論におけるモジュラー対称性由来の非可換離散フレーバー対称性に関する研究）

素粒子標準模型は自然界に存在する 4 つの相互作用のうちの 3 つの相互作用（電磁気力・弱い相互作用・強い相互作用）を説明する理論であり、実験的に高い精度でその正しさが確かめられている。一方で、標準模型には残る一つの相互作用である重力が含まれていないため、全ての相互作用を説明する理論としては不十分である。また、ニュートリノ振動現象など標準模型の範囲では説明できない現象も確認されている。これらの理由から、標準模型をその一部に含んだ、あるいは含むと期待されているより大きな理論（標準模型を超えた物理）の研究が盛んに行われている。

超弦理論は標準模型を越えた物理のひとつであり、重力を含んだ統一論の有力な候補である。超弦理論は 10 次元時空の理論であり、余剰 6 次元空間は観測されない程度に小さな空間である（コンパクト化されている）と仮定される。コンパクト化には様々な方法が存在し、その一つにトーラスコンパクト化がある。さらに、単なるトーラスではなくトーラス上に磁場を課したコンパクト化やトーラスに回転対称性による同一視を施したトロイダルオービフォールドによるコンパクト化は、標準模型に含まれる複数世代のカイラルフェルミオンを導出する方法の一つとして知られている。

ニュートリノ振動現象は標準模型の範囲では説明できない現象の一つであり、ニュートリノが軽い質量を有していることを示している。実験事実として、ニュートリノは世代間の混合が大きいことが知られている。特に、混合の程度を表す 3 つの混合角のうち、 θ_{23} は混合が極大となる 45° に近い値を示している。このことから、レプトンの世代間の混合対称性（フレーバー対称性）を仮定した理論が研究されてきた。多くの先行研究においては、フレーバー対称性として S_3, A_4, S_4, A_5 といった非可換離散対称性を仮定し、その対称性を自発的に破るためにフラボンと呼ばれる新しい場を導入していた。

本研究では、トーラスの持つ対称性であるモジュラー対称性が S_3, A_4, S_4, A_5 といったフレーバー対称性に用いられる群をその有限部分群として有していることに着目した。本研究では、はじめに超弦理論のコンパクト化とモジュラー対称性やその部分群との関係を調べ、次にモジュラー対称性由来の S_3, A_4 群を持つレプトンフレーバー対称モデルの構築を行った。

超弦理論でトーラスコンパクト化を行うと、その有効理論は一般にトーラスの持つ対称性に由来するモジュラー対称性を有する。本研究では、磁場中のトーラスコンパクト化やトロイダルオービフォールドコンパクト化を行なった場合に、モジュラー群の全体ではなくその部分群の S_3 と A_4 が現れる具体例を発見した。

続いて、モジュラー群の部分群である S_3 や A_4 対称性をもったレプトンフレーバーモデルの構築を行なった。ただし、ここでは超弦理論のモデル構築はせず、4 次元の有効理論を仮定し

ている。フレーバー対称性が単なる離散対称性ではなくモジュラー群の部分群としての離散対称性である場合には、場だけではなく結合定数もまたフレーバー対称性の非自明な表現となるため、通常導入されるフラボン場を必要としないモデルを構築することが可能となる。そのため、このモデルは新しい場の導入を避けて必要最小限の場によってモデルを構築するという観点からも意義深いものである。本研究では、 S_3 対称性ではフラボン場を導入したモデルを、 A_4 対称性ではフラボン場を導入しないモデルをそれぞれ構築し、理論に含まれるパラメータ領域に実験結果を再現することのできる領域が含まれていることを数値的に明らかにした。