



Title	Flavor structure in magnetized orbifold and blow-up manifold compactification [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	内田, 光
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第15275号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89520
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hikaru_Uchida_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 内田 光

学 位 論 文 題 名

Flavor structure in magnetized orbifold and blow-up manifold compactification
(背景磁場入りオービフォールドおよびブローアップ多様体コンパクト化における
フレーバー構造に関する研究)

素粒子標準模型は多くの実験結果と非常に良く整合しているが、標準模型でも説明できない課題も多く残されている。そのうち、3 世代クォークやレプトンの質量階層構造の起源や世代混合（フレーバー混合）の起源などフレーバーに関する謎を紐解くことは重要な課題の一つである。それらを紐解くために、世代間に非可換離散群によるフレーバー対称性を課したモデルが長年注目されている。近年では、超弦理論などで予言されるコンパクト空間の幾何学的性質、特にモジュラー対称性、由来のフレーバー対称性を仮定したモデルが注目されている。しかし、そのようなモデルで使われているフレーバー群は仮定として用いられており、そのフレーバー対称性を導出するには至っていない。

本研究は、超弦理論の有効場の理論として得られる 10 次元 $M=1$ 超対称 $U(N)$ Yang-Mills 理論を出発点とし、10 次元時空が 4 次元時空と 3 つの背景磁場の入りの、特にモジュラー対称性を持つトーラスおよびそのオービフォールドを中心とした、2 次元コンパクト空間の直積空間から成るとして、モジュラー対称性などコンパクト化が持つ性質を用いて、そのコンパクト化から得られる場の性質について探究した。その結果、背景磁場入りのトーラスおよびそのオービフォールドコンパクト化から得られる複数次世代カイラル場は、背景磁場の大きさにより決まる特定のモジュラーフレーバー対称性を持ち、その表現およびモジュラーウェイトも特定されることを明らかにした。特に、背景磁場入り 2 次元トーラスオービフォールドコンパクト化から得られる 3 世代カイラル場は、背景磁場の大きさを M とするとき、モジュラー変換のもとでモジュラーウェイト $1/2$ を持つ $\Delta(6M^2)$ 群の四重被覆群または $PSL(2, \mathbb{Z}_M) \times \mathbb{Z}_8$ 群の 3 次元表現として変換されることを明らかにした。

また、超弦理論の 6 次元コンパクト化として、カラビヤウ多様体によるコンパクト化が有望視されているが、カラビヤウ多様体上で物理量を解析的に求めることが困難であることが知られている。一方、6 次元トーラスオービフォールドはあるカラビヤウ多様体の曲率をいくつかの特異点に集約させた幾何だと考えられている。そこで、トーラスオービフォールド特異点を丸く滑らかに変形（ブローアップ）した多様体を考えることで、カラビヤウ多様体上の物理量をトーラスオービフォールド上の物理量から間接的に求めることができると考えられる。

そのために本研究では、第一段階として一つの 2 次元トーラスオービフォールドに注目し、その特異点近傍を球面の一部に置き換えることで得られた滑らかな多様体（ブローアップ多様体）を構成して、その背景磁場入りブローアップ多様体コンパクト化について探究した。特に、ブローアップ多様体上の Atiyah-Singer の指数定理を通して、またそのオービフォールド極限を採ることで、ブローアップ多様体およびオービフォールド上のカイラルゼロモード数がオービフォールド特異点に入る局在磁場も含む背景磁場の値で与えられることを明らかにした。さらにその指数定理により、その局在磁場の自由度が新たなカイラルゼロモードを生むことが示唆され、それがオービフォールド特異点に局在する局在ゼロモードとなることを明らかにした。