

# 卒業論文概要書

CD

2024 年 1 月提出

学籍番号 1Y20A054 - 1

所属学科	物理学科	氏名	宮根 一樹	指導員	安倍 博之	印
研究 題目	磁化トーラス上にコンパクト化した超対称模型におけるモジュライ固定					

## 1. 導入

素粒子標準模型は、実験的に高い精度で検証がなされているが、いくつかの未解決問題が含まれており、それらを解決する有力な理論として超弦理論がある。超弦理論は 10 次元時空を仮定することにより無矛盾な理論となっており、現実的なモデルを得るためには、6 次元の余剰空間を観測と矛盾のないように小さくコンパクト化する必要がある。コンパクト化のスケールは力学的な場である余剰空間計量の真空期待値によって決定される。したがって、余剰空間計量場 (モジュライ) に真空期待値を与える機構 (モジュライ固定) を確立することは、高次元理論から現実的な素粒子モデルを構築するうえで必要不可欠である。モジュライ場の真空期待値は、そのポテンシャルの最小点により決定されるため、モデルごとに決定されるモジュライポテンシャルを解析し、得られた低エネルギー有効理論の実験との整合性を検討することは重要な課題である。

## 2. 研究の内容

本研究では、余剰空間を 3 つのトーラスにコンパクト化した 10 次元超対称ヤン・ミルズ理論 (10d SYM) を考える。さらに、余剰空間方向に背景磁場を導入することにより、標準模型の物質場の左右非対称性や世代構造を説明する可能性が知られている [1]。しかし、先行研究では余剰空間の構造を決定するモジュライの真空期待値は、パラメータとして扱われていた。そこで、本研究ではそのような磁化トーラス模型におけるモジュライ固定を議論する。この模型には、各トーラスの面積に対応する自由度 (ケーラーモジュライ) が存在し、その固定を主に検討した。

3 つのトーラスの面積  $\mathcal{A}^{(i)}$  の磁場  $M_a^{(i)}$  にともなうポテンシャル

$$V^{(D)} = \sum_a \left( \sum_i \frac{\pi M_a^{(i)}}{\mathcal{A}^{(i)}} \right)^2 \times \prod_i \mathcal{A}^{(i)} \quad (1)$$

を解析することにより、その面積比

$$\frac{\mathcal{A}^{(2)}}{\mathcal{A}^{(1)}} = \frac{M_1^{(2)} M_2^{(3)} - M_1^{(3)} M_2^{(2)}}{M_1^{(3)} M_2^{(1)} - M_1^{(1)} M_2^{(3)}}, \quad (2)$$

$$\frac{\mathcal{A}^{(3)}}{\mathcal{A}^{(1)}} = -\frac{M_1^{(2)} M_2^{(3)} - M_1^{(3)} M_2^{(2)}}{M_1^{(2)} M_2^{(1)} - M_1^{(1)} M_2^{(2)}} \quad (3)$$

が決定される。さらに、対応するモジュライの質量が非常に重くなることが明らかになった。このように、面積比は決定される一方で、6 次元空間全体の体積は固定されず、また対応するモジュライは磁場ポテンシャルにより質量を獲得しないことが分かった。全体積を表すモジュライ  $T$  は、3 つのトーラスのケーラーモジュライ  $T_1, T_2, T_3$  の線形結合で与えられ、その係数は磁束により決定される。磁場ポテンシャルにより拘束されないモジュライ  $T$  に対し、超弦理論の非摂動効果として現れるポテンシャルを加え、それを固定するモデルを提案した。特に、特定のパラメータ領域について先行研究 [2] の解析手法を適用した。

## 3. 結論・展望

10d SYM を磁化トーラスにコンパクト化した際のモジュライ固定を議論し、磁場で面積比が固定された際の全体積の揺らぎを表すモジュライ  $T$  と、各トーラスの面積を与えるモジュライとの関係式を得た。このモジュライ  $T$  は磁場では固定できないが、超弦理論の非摂動効果を考えることで、これが固定される可能性も示した。

展望として、モジュライ  $T$  の質量が小さくなることが分かったため、これが素粒子現象論や宇宙論に与える影響を調べることが重要である。ただし、本研究では非摂動効果の特定のパラメータに対して結論を得たため、モジュライ固定の議論を一般のパラメータに拡張することが先決と考える。

## 参考文献

- [1] H. Abe, T. Kobayashi, H. Ohki, and K. Sumita, *Superfield description of 10D SYM theory with magnetized extra dimensions*, 2012. **Nuclear Physics B** **863** (2012) 1–18, [arxiv:1204.5327 \[hep-ph, physics:hep-th\]](#).
- [2] H. Abe, T. Higaki, T. Kobayashi, and Y. Omura, *Moduli stabilization, F-term uplifting and soft supersymmetry breaking terms*, 2007. **Physical Review D** **75** (2007) 025019, [arxiv:hep-th/0611024](#).