

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

実験的に高い精度で検証がなされている素粒子の理論として、素粒子標準模型がある。標準模型は $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$ のゲージ対称性をもった理論であり、物質場は 3 世代存在しているなどの特徴がある。しかしながら、標準模型は、自然界に存在している 4 つの力 (電磁気力, 強い力, 弱い力, 重力) のうち、重力を除いた 3 つの力のみを記述している。さらに、上述の世代数やその他の特徴は、標準模型を記述するヤン・ミルズ理論という大きな枠組みの中ではそのようになる必然性がない。加えて、物質場の質量やゲージ結合定数にも不自然な世代間の階層性も存在している。

標準模型に対するこれらの問題を説明する模型として、高次元時空模型が考案された。そのうち、超弦理論と呼ばれる「ひも」の運動の量子化に基づく素粒子標準模型は、重力場を含んでいながら上述の物質場の構造を再現する可能性がある模型として注目されてきた。超弦理論は 10 次元の時空を仮定することにより無矛盾な模型となっており、現実的な模型を得るためには、余分な 6 次元の空間をコンパクト化する必要がある。一般相対性理論によると、時空の計量テンソル、すなわち重力場は力学的な場であり、コンパクト化された余剰空間も力学的な場によって特徴づけられる。これら重力場は、低エネルギーでは真空期待値を獲得し、その値に固定されることが想定される。したがって、高次元の時空を仮定する場合、計量テンソルの余剰空間成分 (モジュライ) の真空期待値を同定し、それらが想定しているコンパクト空間を与えるような値を実現しているか否かを確認することが、高次元模型の構築には不可欠である。

一般に、場の真空期待値は、その場が作るポテンシャルの最小点の値をとることが想定される。上述の重力場も同様で、低エネルギーの余剰空間の構造を決定するためには、モジュライ場の作るポテンシャルを解析し、最小点を求めることが必要になる。このような行程を**モジュライ固定**という。

本研究で、対象とするのは磁化トーラス模型におけるトーラスの面積を決定するケーラーモジュライのモジュライ固定である。磁化トーラス模型とは、余剰空間を 3 つのトーラスにコンパクト化し、加えて、余剰次元方向の背景磁場を想定することによって、標準模型の物質場の世代数や左右非対称な構造を説明する模型である [1]。先行研究では、余剰空間の構造を決定するモジュライの値は、パラメータとして設定されており、モジュライのポテンシャルに基づく真空期待値

の解析はなされていない。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とを目的とする。

2. 研究の内容

本研究では、6 次元余剰空間は 3 つのトーラスにコンパクト化し、それぞれのトーラスのケーラーモジュライの真空期待値を固定する。超弦理論の低エネルギー有効理論の 1 つである 10 次元超対称ヤン・ミルズ理論 (10d SYM) におけるポテンシャルでは、3 つのモジュライの真空期待値の比のみを決定できる。そこで、別の起源をもつと考えられる 4 次元超重力理論 (4d SUGRA) におけるポテンシャルから、1 つのモジュライの真空期待値を決定し、3 つのモジュライの真空期待値の値を決定するという方法をとる。

3. 結論・展望

10d SYM のポテンシャルから、モジュライの真空期待値の比は磁場の値のみで決まる。全ての真空期待値の値を決めるために、基準となるモジュライを決め、その真空期待値を 4d SUGRA のポテンシャルで固定したが、磁場の値によってはモジュライが固定できないことが分かった。

本研究では、4d SUGRA のポテンシャルを考える際、超弦理論に存在するブレーンが 1 つのトーラスにのみ広がったときの非摂動効果のみを考慮した。一般には、そのようなトーラスは 3 つあるため、その場合にモジュライが固定できるか、さらにその値が現実的か否かは非自明である。

参考文献

- [1] D. Cremades, L. E. Ibanez, and F. Marchesano, *Computing Yukawa Couplings from Magnetized Extra Dimensions*, 2004. [Journal of High Energy Physics](#) **2004** (2004) 079–079, [arxiv:hep-th/0404229](#).
- [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](#).