

氏 名 矢田貝 祥貴

学位の種類 博士 (理学)

学位授与年月日 令和5年3月31日

学位論文名 Towards a construction of the realistic model in grand Gauge-Higgs unification

(ゲージ・ヒッグス大統一模型における現実的模型の構築へ向けて)

論文審査委員 主査 教授 丸 信人

副査 教授 清矢 良浩

副査 准教授 西中 崇博

### 論文内容の要旨

SU(6) ゲージ・ヒッグス大統一模型について議論する。この模型では標準模型のヒッグス場が高次元ゲージ場の余剰次元成分と同一視される。この模型で現実的模型を構築するために以下の3つに取り組む。

まず初めに、標準模型のフェルミオンの質量階層の再現に取り組む。これを実現するために、オービフォルドコンパクト化の固定点上に標準模型のフェルミオンを導入し、いくつかの重いバルクフェルミオンを導入することを考える。標準模型のフェルミオンの質量はこの重いバルクフェルミオンを積分することで得ることができる。しかし、このセットアップだとWボソンよりも重いトップクォークの質量が再現できない。これを解決するために、固定点に局在するゲージ場の運動項を導入する。その結果、質量階層が再現できるパラメータ領域を特定することができた。

次に、フレーバー間の混合角とCP位相の再現に取り組む。これらを再現するために、標準模型のフェルミオンとバルクフェルミオンの相互作用を改良し、これらの再現に至った。

最後に、ゲージ結合定数の統一を議論する。通常の4次元での振る舞いと異なり、5次元の理論ではゲージ結合定数はエネルギースケールの一乗に比例して変化する。そのため、理論が漸近自由性を持つかどうかは非自明である。私たちの模型の内の1つが漸近自由性を保つことを示し、大統一スケールを求めた。

### 論文審査結果の要旨

素粒子標準理論では、3つの相互作用(電磁気力、強い力、弱い力)によるクォーク・レプトンの振る舞いを非常に精密に記述している。しかし、これらの相互作用が別々の理論で記述され、クォーク・レプトンの数が12個にも及ぶことから、3つの相互作用を統一し、より少ない素粒子で記述される「大統一理論」を構築する研究が活発に行われている。

本博士論文では、5次元ゲージ理論において、3つの相互作用とヒッグス場を統一的に記述するSU(6)ゲージ・ヒッグス大統一理論を構築し、以下の結果を得た。

1: 5次元目を線分にコンパクト化した理論において、その両端の4次元境界にクォーク・レプトンを配置かつゲージ場の運動項を導入し、有質量の5次元フェルミオン場とクォーク・レプトンを相互作用させることにより、クォーク・レプトン質量階層性の実験データを再現することに成功した。また、電弱相転移が実現され、ヒッグス粒子の質量も再現できることを示した。

2: 1における有質量5次元フェルミオン場の数を減らし、世代間にまたがるクォーク・レプトンと相互作用させることにより、質量階層性だけでなく世代間混合角、CP位相の実験データを再現することに成功した。

3: くりこみ群方程式を解析することにより、ゲージ結合定数が統一されるエネルギースケールを決定した。

これら一連の成果により、現実的な大統一理論を構築する基礎となった。

よって、本論文は博士（理学）の学位を授与するに値するものと審査した。