

Title	The electroweak couplings and anomaly cancellation in $S0(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification
Author(s)	野田, 周作
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58024
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	野田周作
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 23560 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	The electroweak couplings and anomaly cancellation in $SO(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification ($SO(5) \times U(1)$ ゲージヒッグス統一モデルにおける電弱結合とアノマリ キャンセルについて)
論文審査委員	(主査) 教授 細谷 裕 (副査) 教授 大野木哲也 教授 久野 良孝 准教授 波場 直之 准教授 山口 哲

論文内容の要旨

標準モデルの電弱相互作用は、これまで観測されたすべての実験結果をうまく説明している。しかし、標準モデルのヒッグスセクターに関しては完全に満足できるものではない。まず、第一にヒッグス粒子は実験で発見されていない。また、輻射補正の二次発散の問題なども議論されている。これに対して、電弱相互作用のヒッグスセクターに関して多くのモデルが提案された。なかでも、ゲージヒッグス統一モデルは、ヒッグス場の結合定数やゲージ場の結合定数について標準モデルとは異なる様々な性質を予言することが出来る。

最近、ゲージヒッグス統一シナリオについて重要な進歩があった。ゲージヒッグス統一モデルでは、4次元のヒッグス場はゲージ場の余剰次元成分としてゲージ場と統一され、電弱対称性は細谷機構により破れる。ランドール-サンドラム時空上の $SO(5) \times U(1)$ ゲージ群の現実的なゲージヒッグス統一モデルが作られた。

この論文では、まず、4次元の有効理論の量子異常がキャンセルされていることを見る。さらに量子異常がキャンセルする為の条件から、ブレーンフェルミオンのコンテンツが一意的に決まり、クォークとレプトンが軽い粒子として自然に現れることが分かる。また、ゲージ結合定数を決める唯一のフリーパラメーターであるワーブファクター z_L (プランクスケール)(1TeV) を 10^{15} と 10^{17} ととり、ゲージ結合定数を次の通りに予言出来ることが分かった。どちらのワーブファクターの場合でも、ゲージ結合定数の標準モデルからのずれは、トップクォークとの結合を除いて 1%以下と小さい。 Z_{LL} , Z_{ttr} , Z_{bl} , Z_{brr} の結合定数は標準モデルから、それぞれ 7.4%(6.5%)、18.3%(16.0%)、0.28%(0.23%)、0.88%(0.78%)とずれる。荷電カレントの μ_e , τ_e , ν_e ユニバーサリティーは、 $O(10^{-8})$ ($O(10^{-9})$)、 $O(10^{-6})$ ($O(10^{-6})$)、2.3%(2.1%)と破れることが分かった。ただし、ここで括弧内の値は $z_L=10^{17}$ のときの値を表している。また、ゲージ結合定数は、モデルのインプットパラメーターであるワーブファクターと粒子の質量にそれほど敏感には依っていないことが分かった。このモデルは、ゲージ結合定数の標準モデルからのずれ、ユニバーサリティーを予言可能であることが分かった。

論文審査の結果の要旨

電磁相互作用と弱い相互作用を統一する標準理論ではヒッグス粒子が対称性の自発的破れを引き起こす。しかし、ヒッグス粒子はまだ発見されておらず、その正体は不明である。本論文「The electroweak couplings and anomaly cancellation in $S0(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification ($S0(5) \times U(1)$ ゲージヒッグス統一モデルにおける電弱ゲージ結合とアノマリーキャンセルについて)」では、5次元ワープ空間でヒッグス場とゲージ場を統一する $S0(5) \times U(1)$ ゲージヒッグス統一モデルを構築し、その詳細な解析をした。W ボソン、Z ボソンだけでなく、クォーク・レプトンの5次元空間での波動関数を決定し、クォーク・レプトンの電弱ゲージ結合を決め、標準理論からのずれは微小であるが、将来の実験で検証可能であることを予言した。特に、ボトム・クォークの Z ボソンとの電弱ゲージ結合の標準理論からのずれは1%以下であるが、トップ・クォークの Z ボソンとの電弱ゲージ結合の標準理論からのずれは7%から18%になることを示した。レプトンと W ボソンとの結合（荷電カレント）の普遍性は、非常に高い精度で成立するが、トップ・ボトム・クォークと W ボソンとの結合は2%ずれることが示された。これらは、ゲージヒッグス統一理論の検証可能な予言であり、実証されれば、余剰次元の存在を強く示唆する事になる。また、このモデルにおける、クォーク・レプトンとブレーン・フェルミオンの入れ方が、アノマリーの相殺の観点からもユニークであることが示され、モデルの必然性を示唆しているのは興味深い。標準理論を超える物理の具体的な予言であり、大きな意義がある。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。