



Title	The Higgs decay and dark matter in the gauge-Higgs unification
Author(s)	船津, 周一郎
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/56088
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (船津 周一郎)	
論文題名	The Higgs decay and dark matter in the gauge-Higgs unification (ゲージ・ヒッグス統一モデルに於けるヒッグス粒子の崩壊と暗黒物質)
論文内容の要旨	
gauge-Higgs unification モデルは標準モデルを超えるモデルの一つであり、Higgs 粒子の質量の微調整問題を解決する。特に $SU(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification モデルは、標準理論を超えるモデルとして現象論的に有望である。このモデルでは、Higgs 粒子は gauge 場の5次元目の成分として gauge 場と統一される。これにより Higgs 粒子の質量は gauge 対称性により保護され、質量に対する量子補正は有限に抑えられる。2012年に LHC で観測された質量 125 GeV を持つ Higgs 粒子は、quark 及び lepton を含む $SU(5)$-vector multiplet に加え、$SU(5)$-spinor multiplet の fermion を導入する事によって実現される。このモデルに対する制限は LHC での Z' 探索から得られる。実験から許される Z' の質量の領域は 4 ~ 9 TeV である。 この論文では $SU(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification モデルでの Higgs 粒子の崩壊と、このモデルに存在する暗黒物質の候補について研究を行った。崩壊過程 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 及び $H \rightarrow Z\gamma$ は量子効果によって起こり、摂動の最低次の過程でも Kaluza-Klein mode の寄与が存在する。Kaluza-Klein mode は無限に存在するが、$H \rightarrow \gamma\gamma$ 及び $H \rightarrow Z\gamma$ の過程に対する Kaluza-Klein mode による補正は全て足しても有限であり、これらの過程での Higgs 粒子の崩壊確率は標準理論の予言値から0(1)%しかずれない上、崩壊分枝比は標準理論とほぼ変わらない事がわかった。Higgs 粒子の崩壊分枝比の LHC での実験値は、標準理論及び $SU(5) \times U(1)$ gauge-Higgs unification モデルと無矛盾である。そして、暗黒物質の候補である粒子は $SU(5)$-spinor multiplet に含まれる粒子である。$SU(5)$-spinor のうち、最も軽いものは $SU(2)_L$ と非常に弱くしか結合せず、さらに安定な存在である事から、暗黒物質の候補である。これらの粒子の結合は非常に弱いものの、対消滅過程に於いては Breit-Wigner enhancement が起き、観測される暗黒物質の残存量を再現する。直接探索から許される質量の領域は 2.6 ~ 3.1 TeV であり、対応する Kaluza-Klein scale は 9.0 ~ 10.4 TeV である。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (船津 周一郎)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	細谷 裕
	副 査	教授	大野木哲也
	副 査	教授	花垣和則
	副 査	准教授	尾田欣也
	副 査	助教	田中 実

論文審査の結果の要旨

素粒子物理学における標準模型は、現在までの実験データを矛盾なく記述する。しかしながら、ヒッグス粒子質量の量子補正に対する不安定性（ゲージ階層性問題）、クォークレプトンの質量階層性、暗黒物質など未解決の問題が存在する。これらの問題を解決する一つの有望なシナリオとして、高次元ゲージ理論におけるゲージ・ヒッグス統一模型が提唱されている。ヒッグス粒子はゲージ場の5次元目の成分として統一される。 $SO(5) \times U(1)$ ゲージ・ヒッグス統一模型は低エネルギーでは標準模型とほぼ同じになるが、4 - 9 TeV領域に Z' 粒子を予言し、LHCでの検証を待つ。本論文「The Higgs decay and dark matter in the gauge-Higgs unification (ゲージ・ヒッグス統一模型に於けるヒッグス粒子の崩壊と暗黒物質)」では、 $SO(5) \times U(1)$ ゲージ・ヒッグス統一模型でのヒッグス粒子の崩壊と暗黒物質についての詳細な分析を行った。ヒッグス粒子の崩壊過程 $H \rightarrow \gamma\gamma$ 及び $H \rightarrow Z\gamma$ はループを通した量子効果によって起こり、摂動の最低次の過程でも無限個のKaluza-Klein 励起モードの寄与が存在する。この無限和で奇跡的な相殺が実現し、一見、発散するものが有限になり、かつその寄与は標準模型での崩壊幅に対して0(1)%の小さな補正しか与えないことを示した。他のすべての崩壊モードも含めて、崩壊分枝比は標準理論とほぼ変わらないことを結論した。ヒッグス粒子の崩壊分枝比の LHC での実験値は、 $SO(5) \times U(1)$ ゲージ・ヒッグス統一模型と無矛盾である。これは世界で初めて明らかにされた驚くべき結果である。さらに、この模型では $SO(5)$ スピノル表現に含まれる最も軽い粒子（ダークフェルミオン）の W, Z ボゾンやヒッグス粒子との結合は非常に弱く、かつ保存則により安定となることから、現在の宇宙の暗黒物質の候補となる。プランク衛星等の観測から推定される暗黒物質の残存量を再現し、かつ直接探索の実験と矛盾しないためには、このダークフェルミオンの質量は 2.6 ~ 3.1 TeV と見積もられた。これに対応する Kaluza-Klein 質量スケールは 9.0 ~ 10.4 TeV である。これは来る暗黒物質直接探索への重要な予言となっている。本論文は、斬新な模型を提唱し、これからの加速器実験や地下観測で検証可能な予言を与え、標準模型を超えた物理を示唆、新しい自然観、宇宙観を築く礎となり、今後、この分野の発展に大きく寄与すると予想される。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。