



Title	Theoretical studies on electroweak baryogenesis with extended Higgs sectors
Author(s)	村, 勇志
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/101917
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 (村 勇 志)	
論文題名	Theoretical studies on electroweak baryogenesis with extended Higgs sectors (拡張ヒッグス模型における電弱バリオン数生成の理論的研究)
論文内容の要旨	
<p>ヒッグス粒子の発見によって標準模型は確立した一方で、標準模型では解決できないいくつかの問題、例えばニュートリノ微小質量の問題、ダークマター問題、宇宙のバリオン数非対称性の問題などが残っている。これら未解決の問題に加えて、標準模型のヒッグスセクターは完全に解明されたとは言えず、未だ謎に包まれている。本博士論文では、標準模型のヒッグスセクターを拡張した拡張ヒッグス模型におけるこれらの未解決問題について議論する。特に、宇宙のバリオン数非対称性問題に注目し、拡張ヒッグス模型における電弱バリオン数生成と呼ばれるシナリオについて議論する。</p> <p>宇宙におけるバリオン数の非対称性を宇宙誕生後に生成する機構はバリオン数生成と呼ばれる。電弱バリオン数生成はバリオン数生成の一つのシナリオであり、電弱スケールの物理によって非対称性を生み出すシナリオである。電弱バリオン数生成は標準模型で実現することが出来ないが、拡張ヒッグス模型においては可能になる。電弱バリオン数生成の模型は将来の実験で検証することが可能であり、標準模型を超える物理を探る上で重要なモチベーションの一つとなっている。特に、電弱バリオン数生成においては、電弱一次相転移と新しいCP対称性の破れが必要とされ、それらを引き起こす新物理の効果が多くの物理観測量に現れる。</p> <p>本博士論文においては、現在の実験データのもとで実現可能な電弱バリオン数生成の模型を提示し、それに関連したさまざまな現象論について議論を行った。拡張ヒッグス模型における電弱一次相転移とCP対称性の破れの帰結としての観測量を用いて、将来実験において検証可能であるかについて議論した。特に、ヒッグスセクターの大局的対称性と密接に関連した観測量 ($H^\pm W^\pm Z$ vertex) に着目し、これがCPの破れを見る新しい観測量であることを明らかにした。また、電弱バリオン数生成の理論的問題として知られる、電弱一次相転移の帰結として現れるランダウ極の問題についても研究を行った。改善された繰り込み群方程式を用いることでこの問題が弱められることを明らかにした。宇宙のバリオン非対称性の問題に加えて、ニュートリノ微小質量問題およびダークマター問題を同時に解決し得る拡張ヒッグス模型についても本博士論文中で議論を行った。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (村 勇 志)			
論文審査担当者	(職)		氏 名
	主 査	教授	兼村晋哉
	副 査	教授	大野木哲也
	副 査	准教授	佐藤亮介
	副 査	准教授	増渕達也
	副 査	助教	柳生慶

論文審査の結果の要旨

博士論文 Theoretical studies on electroweak baryogenesis with extended Higgs sectors の 論文審査結果の要旨は、以下のとおりである。

素粒子の標準理論は高エネルギー現象の多くを説明できる優れた理論である一方、暗黒物質、ニュートリノ振動、宇宙バリオン数非対称性等を説明することができない。これらの未解決諸現象を説明するために標準理論を超える新理論が必要であり、その探究に多くの研究者が従事している。また電弱ゲージ対称性の自発的破れにより素粒子の質量起源を説明するために標準理論に導入されたヒッグス粒子は 2012 年に発見されたものの、その構造や性質は依然として未知であり、今後のヒッグスセクターの解明が新物理に至る重要な鍵と考えられる。

本博士論文では、標準理論のヒッグスセクターを拡張した拡張ヒッグスモデルを導入し、これらの未解決問題を解決する可能性を議論している。特に、拡張ヒッグスモデルに基づいて電弱バリオン数生成と呼ばれるシナリオで宇宙バリオン数非対称性問題を解決する具体的な理論を提案し、その様々な理論的側面について研究している。

まず、各種電気双極子モーメントに関する実験や、LHC 実験等の実験データに抵触せず、宇宙バリオン数非対称性を説明することができる具体的な理論モデルをトップ輸送シナリオとその拡張としてのトップチャーム輸送シナリオに基づいて提案し、具体的な理論解析を行い、バリオン数非対称性を説明するとともに、将来実験による検証可能性を議論した。

次に、これらの理論で要求されるヒッグスポテンシャルの CP の破れを測ることができる物理量として、荷電ヒッグス粒子と W ボソンと Z ボソンのバーテックス (HWZ バーテックス) の重要性を明らかにした。HWZ バーテックスはヒッグス 2 重項が複数ある理論模型では量子補正によって現れる特殊なバーテックスであり、理論の大局的対称性 (カストディアル対称性) と密接に関係していることが知られていたが、この博士論文では、CP の破れを含む理論でこのバーテックスを研究し、実行可能な電弱バリオン数生成のシナリオで鍵となる CP の破れを、このバーテックスを通じて将来実験で測る可能性を明らかにした点が新しい。先行研究で知られていた結果を CP の破れを含む場合に拡張し、ヒッグスポテンシャルに CP の破れがあると必ずカストディアル対称性の破れを伴うなどの関係を明らかにするとともに、このバーテックスを摂動の高次の効果を入れて計算して CP の破れを含んだより一般的な新公式を導き、さらに高輝度 LHC 実験および電子陽電子リニアコライダー等の次世代の衝突器実験における荷電ヒッグス粒子の WZ 対への崩壊現象を用いた CP の破れの検証に向けた現象論的解析を行った。

本博士論文は、素粒子物理学と宇宙物理学の未解決問題である宇宙バリオン数生成問題を解く電弱バリオン数生成シナリオの具体的な理論モデルを提案し、詳細な理論的解析によって問題を解決できることを明らかにするとともに将来実験での検証法を明らかにした。また、バリオン数生成で鍵となるヒッグスポテンシャルの CP の破れを HWZ バーテックスを通じて検証することができることを世界で初めて明らかにしたこと等、重要で独創的な成果も多数含んでいる。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。