OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Theoretical studies on CP violation in a two Higgs doublet model toward electroweak baryogenesis
Author(s)	久保田, 充紀
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/82002
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（久保田充紀）	
論文題名	Theoretical studies on CP violation in a two Higgs doublet model toward electroweak baryogenesis （電弱バリオン数生成に向けた拡張ヒッグス模型におけるCPの破れに関する理論的研究）

論文内容の要旨

本論文では、宇宙バリオン数生成問題の有力候補である電弱バリオン数生成を実現することを目指す、新しい物理模型を提案し、その将来実験による検証可能性を明らかにしている。

2012年のCERNにおけるヒッグス粒子の発見によって、素粒子の標準模型は確立された。しかしながら、この模型で説明できない諸問題も残されている。例えば、宇宙のバリオン数非対称性は未解決問題であり、標準理論を拡張することで説明されると期待されている。電弱バリオン数生成のシナリオは電弱スケールのヒッグス粒子の物理と密接に関係しており、拡張されたヒッグスセクターが重要な役割を果たす、興味深いシナリオである。しかし、ヒッグスセクター拡張によるCPの破れの模型は、電気双極子モーメントの探索実験によって強く制限されており、これらの実験からの制限を満たしつつ、バリオン数生成を可能にする現実的な模型を構築することは簡単ではないことが知られていた。

本論文では、電気双極子モーメントの実験等からの制限を満たしながら、電弱バリオン数 生成を実現できる新しいシナリオの可能性を探る。具体的には、標準理論のヒッグスセクターに追加のSU(2)２重項ヒッグス場を加えた Two Higgs Doublet Model を取り扱う。現象論的制約からいくつかの仮定を施した後にも残る複数のCPを破る位相の重ね合わせを考慮して電気双極子モーメントを計算する。多くの研究で見過ごされていた複数の位相間の寄与の打ち消し合いを研究した。その結果、電気双極子モーメントからの厳しい制限を満たしながらも、O(1)の大きさの位相が獲得できるシナリオが存在することを明らかにした。この事実は、実験で厳しく制限されつつある電弱バリオン数生成のシナリオを考える上で、極めて大きな意義がある。またこのような打ち消し合いの度合いは電弱スケールより高いエネルギーまで安定的に実現することも確認している。次に、電気双極子モーメントのデータを満足するこのシナリオが将来の加速器実験でいかに検証され得るかについて研究した。シミュレーション解析により、これまであまり注目されてこなかった追加のヒッグス粒子の崩壊の角度分布に着目し、このシナリオにおけるCPの破れの効果を、国際リニアコライダー等の将来加速器を用いることで検証できることを明らかにした。本研究の成果は、実現可能な電弱バリオン数生成のシナリオが、電気双極子モーメントの実験による制限と、将来加速器実験を用いて相補的に検証できることを示すものである。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　久保田　充紀　）	
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	尾田欣也
	副 査　准教授	南條創
	副 査　助教	田中実

論文審査の結果の要旨

博士論文「Theoretical Studies on CP violation in a two Higgs doublet model toward electroweak baryogenesis」（電弱バリオン数生成に向けた拡張ヒッグス模型における CP の破れに関する理論的研究）の論文審査結果の要旨は次のとおりである。

久保田充紀氏は、素粒子物理学、宇宙物理学における重要問題である「宇宙バリオン数生成問題」を、電弱対称性の自発的破れの物理によって解決する可能性に注目して、初期宇宙でバリオン数が生成される為に満たされるべきサハロフの３条件の一つである CP 対称性の破れを深く研究し、以下に述べるような独創的で重要な成果を得た。

現在の宇宙におけるバリオン数の残存量を説明するためには、素粒子の理論が、サハロフの３条件と呼ばれる条件を満たす必要があることが知られている。その条件の一つとして CP 対称性の破れが要請される。標準理論では CP の破れとして小林益川位相があるが、これだけではバリオン数生成には全く十分でないことが判明した。そのため、標準理論を超える新しい理論を考案し、バリオン数生成に寄与できる新しい CP の破れを導入することが、これまで多くの理論研究者により模索されてきた。しかしながら、このような新しい CP の破れの効果は、電気双極子モーメント(EDM)の精密実験の最新の結果から厳しく制限されるようになったため、過去に有望視されていた理論は否定されつつある。そこで、実験結果に抵触することなく、合理的に大きな CP の破れを備える新しい理論のアイデアが求められていた。

久保田氏はヒッグス場が２種類存在するという仮説を立て、この拡張によって導入される新しい大きな CP の破れの効果を理論的に研究し、EDM に影響する２種類の位相、すなわち湯川結合に含まれる CP の破れの位相とヒッグスポテンシャルに含まれる CP の破れの位相が相殺することにより、実験からの厳しい制限を満足する可能性を発案した。久保田氏は詳細な理論的解析により、これまでの実験、特に LHC 実験から得られたヒッグス粒子の物理に関する実験データや EDM の実験値を満たす、十分大きな CP の破れが存在し得ることを示した。さらにこの理論における新しい CP の破れの効果が、将来の加速器実験で、重い付加的なヒッグス粒子の崩壊現象におけるハドロンの角度分布を測定することで検証可能であることを、数値解析により明らかにした。

久保田氏の研究は、今後の電弱バリオン数生成の理論の構築に大きな波及効果を与える独創的な成果であり、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。