

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	素粒子標準模型を超える物理の宇宙論的相転移について
Title(English)	Cosmological Phase Transitions in Physics Beyond the Standard Model of Particle Physics
著者(和文)	藤倉 浩平
Author(English)	Kohei Fujikura
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11879号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 昌英,伊藤 克司,慈道 大介,今村 洋介,須山 輝明
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11879号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	藤倉 浩平		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	山口 昌英	教授	審査員	須山 輝明	准教授
	審査員	伊藤 克司	教授			
		慈道 大介	教授			
		今村 洋介	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

素粒子標準模型が抱えている困難の解決を動機として、近年、多くの標準模型を超える新たな模型が提唱されており、それらの模型を検証することが重要な課題となっている。その具体的な手法の一つとして、初期宇宙で起こりえる宇宙論的一次相転移により生成される重力波を調べることが挙げられる。本論文では、標準模型を超える新たな模型として、Twin Higgs 模型並びに Scotogenic 模型において、宇宙論的一次相転移によって生成された重力波の観測という立場から、それらの模型に制限を与えた著者の貢献をまとめたものである。

第 1 章「Introduction」では、素粒子標準模型を超える新しい模型を考える動機、並びに、宇宙論的一次相転移により生成される重力波観測の意義が述べられている。

第 2 章「Physics beyond the Standard Model」では、素粒子標準模型とそれが抱えている困難である階層性問題、暗黒物質、ニュートリノの質量について説明されている。階層性問題の解決を動機として提案された Twin Higgs 模型が説明された後、暗黒物質並びにニュートリノ質量を説明可能な Scotogenic 模型の基本的な事柄が述べられている。また、両者の模型について、加速器並びに標準模型の精密測定によって得られた制限などがまとめられている。

第 3 章「The Early Universe」では、標準宇宙論を簡潔に説明し、初期宇宙において有限温度効果が重要であることが述べられている。Scotogenic 模型の暗黒物質の候補が初期宇宙において熱的に生成され、その残存量は、膨張宇宙を背景としたボルツマン方程式を解くことにより計算できることが説明されている。また、熱的有効ポテンシャルの一般的な計算手法が説明されており、自発的対称性の破れに伴う宇宙論的相転移が宇宙初期に起きることが説明されている。一次相転移の条件が述べられた後、その一次相転移によって生成される重力波の計算手法が簡潔にまとめられている。

第 4 章「Phase Transitions in Twin Higgs Models」では、まず、Twin Higgs 模型で実現される宇宙の熱史について解説されている。この模型では、従来の電弱相転移と $U(4)$ 対称性から $U(3)$ 対称性の破れに伴う相転移の二つの相転移が存在することが述べられている。Twin Higgs の枠組みにおいて、両者は一般に一次相転移ではなく、重力波は生成されることが指摘された。超対称化した Twin Higgs 模型において twin scalar top quark が十分軽い場合については、 $U(4)$ 対称性から $U(3)$ 対称性の破れに伴う相転移が一次相転移となることが示された。また、この場合に生成される重力波の最大の振幅が評価され、近い将来の観測では検出できないことが示された。

第 5 章「The Electroweak Phase Transition in the Minimal Scotogenic Model」では、Scotogenic 模型の枠組みで起きる一次電弱相転移によって生成された重力波の検証可能性と暗黒物質の残存量の関係性について考察されている。暗黒物質の候補がこの模型に導入された新たなスカラー場であるとき、一次電弱相転移によって生成された重力波が近い将来観測可能であると同時に、観測されている暗黒物質の残存量を再現するパラメータ領域は、暗黒物質の直接検出による制限により棄却されることが示された。また、暗黒物質が右手型のニュートリノである場合については、全ての制限と矛盾なく、観測されている暗黒物質の残存量を説明可能であると同時に、一次電弱相転移によって生成された重力波が将来観測可能であることが示された。

以上をまとめると、本論文は、標準模型を超える新たな模型として、Twin Higgs 模型並びに Scotogenic 模型について焦点を当てた。それらの模型で起きる宇宙論的相転移のダイナミクスを明らかにした上で、一次相転移の場合には、それにより生成される重力波の振幅を評価し、その検証可能性について論じた。また、すでに公表されている論文の質の高さからも、本人の学識の深さとこの研究分野の活性化への貢献が大きいことが分かり、博士（理学）を与えるのに十分であると判断できる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。