

学位論文審査の要旨

学位申請者	出川 智香子 理学専攻2021年度生	論文題目	Electroweak baryogenesis in a complex singlet extension of the Standard Model with degenerate scalars
審査委員	主 査: 河野 能知 准教授	インターネット公表	学位論文の全文公表の可否 : 可
	副 査: 曹 基哲 教授		「否」の場合の理由
	副 査: 森川 雅博 教授		<input type="checkbox"/> ア. 当該論文に立体形状による表現を含む
	審査委員: 出口 哲生 教授		<input type="checkbox"/> イ. 著作権や個人情報に係る制約がある
	審査委員: 奥村 剛 教授		<input type="checkbox"/> ウ. 出版刊行されている、もしくは予定されている
学位名称	博 士 (理学)		<input type="checkbox"/> エ. 学術ジャーナルへ掲載されている、もしくは予定されている
(英語名)	(Ph. D. in Physics)		<input type="checkbox"/> オ. 特許の申請がある、もしくは予定されている
			※本学学位規則に基づく学位論文全文のインターネット公表について

学位論文審査・内容の要旨	
<p>【学位論文審査の要旨】</p> <p>当該学位論文において申請者の出川智香子は、宇宙のバリオン数非対称性問題を解決するモデルの構築とその実験的検証可能性について研究した結果についてまとめている。</p> <p>宇宙のバリオンとその反粒子の数密度が非常にアンバランスであることは素粒子物理学・宇宙物理学の未解決問題の一つであり、素粒子標準模型を拡張・修正した新しいモデルの提案が求められている。申請者はこの問題へのアプローチとして、電弱ゲージ対称性の自発的破れに起因する相転移によって粒子・反粒子非対称性が生成される、という機構（電弱相転移と呼ばれる）を採用し、素粒子標準模型のミニマルな拡張としてゲージシングレットの複素スカラー場を導入したモデルを提案した。このモデルでは導入されたスカラー場の成分が標準模型のヒッグス粒子と混合し、質量固有状態をなす。申請者はこれら質量固有状態の質量が、LHC実験で観測されているスカラー粒子の質量125GeVに近い値を持つとき（これを縮退スカラーシナリオと呼ぶ）、既存の実験結果に抵触することなく宇宙のバリオン数非対称性の観測データを再現できることを明らかにした。また、このモデルの特徴的なシグナル（予言）として、電弱相転移に伴い重力波が発生し、それが計画されている次世代重力波観測実験で検証可能であることを指摘した。そしてこのモデルのパラメータ空間に対する電子の電気双極子能率測定実験からの制限が、縮退スカラーシナリオの予言とよく整合することを示した。</p> <p>本審査委員会はこの学位論文の結果を、宇宙のバリオン数非対称性問題について、電弱相転移機構の枠組みの中で現象論的制限と整合する具体的なモデルを構築した優れた研究であると評価した。</p> <p>2023年12月18日に開かれた第1回審査委員会において、提出された学位論文が審査対象として適切であることを認め、口頭発表による審査を行うことを決定した。2024年1月31日に開催された第2回審査委員会では、申請者が博士論文の内容を詳しく説明すると共に、申請者と審査員との間で長時間に渡る質疑応答が行われた。同年2月21日に開催された最終試験では申請者による口頭発表と論文内容ならびに論文の背景に関する質疑応答が行われた。その結果、出川智香子の学位論文の内容は優れており、かつ当該研究分野に関する十分な理解と知識を持っていると評価され、質疑応答による最終試験にも合格したとの結論に至った。</p> <p>以上より本審査委員会は出川智香子に博士(理学) (Ph. D. in Physics)の学位を授与することは妥当であると判断する。</p> <p>【学位論文内容の要旨】</p> <p>当該学位論文において申請者の出川智香子は、素粒子標準模型にゲージシングレットの複素スカラー場を導入して拡張した”Complex singlet extension of the Standard Model”（以下、CxSM）に基づいて、宇宙のバリオン数非対称性の問題について取り組んだ一連の研究についてまとめている。第1章で学位論文の背景や全体像について紹介し、第2章では素粒子の標準模型についてレビューを行った。第3章では宇宙のバリオン数非対称性問題に関する理論的基礎についてまとめ、現在の観測データとの整合性より、素粒子標準模型は不適切であること、つまりモデルの拡張が必要であることを示した。第4章ではバリオン数非対称性問題に並ぶ、素粒子・宇宙物理の未解決問題である暗黒物質の、現在の宇宙で観測される熱的残存量の生成について、主にWeakly Interacting Massive Particle (WIMP)シナリオに基づいて解説した。第5章と第6章は本学位論文の主たる内容である、CxSMの構成とその予言について、スカラーポテンシャルがCP対称性を保つ場合（第5章）とCP対称性を破る場合（第6章）について、それぞれ分析した結果を報告している。特にこの2つの章では、CxSMが実験データとの間で整合性を持つための条件である、「縮退スカラーシナリオ」について詳細に解説されている。モデルが予言する複数のスカラー粒子の質量が縮退している場合、それらの粒子と標準模型粒子との相互作用が持つ特徴から、物理プロセスの遷移振幅間での相殺がおき、LHCなどコライダー実験での新粒子探索結果や、暗黒物質と原子核の散乱実験結果をよく再現することを示した。またそのような相殺が起きる機構について分析した結果も明らかにされている。</p>	