

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	和田 大樹 (わだ たいき)	
○学位の種類	博士 (理学)	
○授与番号	甲 第 1231 号	
○授与年月日	2018 年 3 月 31 日	
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項	
○学位論文の題名	One Loop Analyses of Superstring Vacua on Asymmetric Orbifolds (非対称オービフォールド上の超弦真空の 1 ループの解析)	
○審査委員	(主査) 菅原 祐二 (立命館大学理工学部教授)	
	藪 博之 (立命館大学理工学部教授)	
	山口 哲 (大阪大学大学院理学研究科准教授)	

<論文の内容の要旨>

素粒子論と宇宙論の大きな未解決問題として、「なぜ観測される宇宙定数 (暗黒エネルギー) が理論の素朴な予測に比べ 100 ケタ以上も小さいか?」という「宇宙定数問題」が有名である。超対称性が保たれた真空では、自明にボース・フェルミ相殺の機構が働き宇宙定数は厳密にゼロとなるが、観測に基づく超対称性は我々の宇宙では必ず (自発的に) 破れているはずであり、非常に小さな宇宙定数を説明することは困難である。

本学位論文の要旨は、超弦理論に基づく宇宙定数問題への一つのアプローチとして、トーラスの非対称オービフォールドを用い、超対称性を破りながら 1-loop の宇宙定数がゼロとなっている新しい超弦真空を構成し、その物理的性質について論ずることである。冒頭で述べたように、宇宙定数問題の解決には「超対称性が破れているにも関わらず、非常に小さな宇宙定数を実現する機構」の解明が重要な役割を果たすと考えられ、本研究は宇宙定数問題の解決につながり得る学術的意義を有すると言える。

論文の構成は、1 章が「導入部」、2 章はレビューと主要部分の解析のための「準備」、そして、3 章が「主要部分」となり、主に 2 本の副論文 (ともに査読学術誌に掲載済み) のまとめと申請者が新たに加えた関連する研究について記述されている。最初に「副論文 1」で提案されたモデルの具体的な構成について述べ、その零質量状態のスペクトル、ユニタリー性と真空の安定性などの物理的性質について詳細な解析を行っている。その後「副論文 2」に基づき、より一般化されたモデルの分類について詳述し、更にこうした非対称オービフォールドによって構成された超弦真空

の一般的な物理的性質について新たな考察を加えている。

<論文審査の結果の要旨>

論文審査の結果、学位審議委員会は本学位論文を学位授与に値すると結論した。以下、その根拠の要点と、本論文の特徴的な点及び学術的評価について述べる。

まずは、「副論文 1」で提案され本論文で詳述されている、超対称性を破りながらボース・フェルミ相殺機構によって 1-loop の宇宙定数が消えている新しいモデルは、オービフォルド群が 1 個の元のみで生成される巡回群となっている点の特徴的である。従来のこうした性質を持つ超弦真空のモデルは、複数の非可換な生成元を持つオービフォルド群によって定義されているため非常に複雑な構造を持つが、この新しいモデルはより単純な構造を持っており、物理量の定量的な解析を行うのが比較的容易であるという利点を持つ。技術的な困難により真空のエネルギーの解析が閉弦の 1-loop の摂動論的解析に留まっている点は今後の課題であるが、用いられている解析手法は高度に専門的なものであり、物理的に重要な情報である零質量粒子のスペクトルやユニタリー性に関する分析は、通常の「幾何学的な」オービフォルドのモデルに比べてはるかに非自明なものとなっている。様々な非対称オービフォルドのモデルにおいて、超対称性が保たれているものと超対称性が破れたものの差異について独自の視点から考察し、超対称性が破れているにも関わらずボース・フェルミ相殺が働くメカニズムについて、「何が origin か？」を明確にしながらか論じている点も高く評価されるであろう。更に、こうしたモデルの拡張について、「副論文 2」で与えられているものに加え申請者が新たに発展させた研究内容や、構成された超弦真空のユニタリー性や安定性について、より一般的・普遍的な見地から与えている考察も高く評価されるものである。

公聴会終了後、審査委員 3 名で協議を行い、以上の論文審査結果について確認を行った。公聴会での口頭試問結果も踏まえ、学位審議委員会は、一致して、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

申請者は 4 編の学術論文を発表し、全て査読誌に掲載されている。この内の 2 編（学位論文の副論文）は、申請者が主要な貢献者である。また、2017 年 12 月 15 日の学位審議委員会において、優れた研究業績に概当することが承認されている。

本論文の主査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科物理学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じて日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文の公聴会は、2018 年 2 月 5 日（月）15 時 00 分～16 時 30 分に数物系会議室 2 において行われた。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者と和田大樹に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、解析の詳細についての専門的・技術的な質問に加え、研究の物理的動機や対称性の自発的破れの概念との関連性、更には本

論文のアプローチによる「宇宙定数問題」の解決に向けて今後どのような課題があるか?等についての質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。学位審議委員会は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していることを確認した。

以上の諸点を総合し、学位審議委員会は、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（理学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。