

氏 名	菅 野 優 美
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2979 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Towards String Cosmology (弦理論的宇宙論に向けて)

論文調査委員	(主 査) 助教 早 田 次 郎	教授 中 村 卓 史	教授 畑 浩 之
--------	---------------------	------------	----------

論 文 内 容 の 要 旨

重力を含めて、自然界に存在する全ての力を統一的に説明することは理論物理学の重要課題である。超弦理論はそのような統一理論として最も有力であると信じられている。特に最近、D ブレーンの発見に代表されるように理論的な発展には目覚ましいものがある。今後は、実験的な検証の可能性を探ることが重要となる。一方、宇宙論は宇宙背景輻射探査衛星 WMAP による精密観測などによって標準宇宙論を確立し、観測主導の新たな段階に入った。しかし、宇宙の初期特異点問題、宇宙のエネルギー密度のほとんどを占める、ダークエネルギーやダークマターの正体、インフレーション等、理論的な未解決問題が山積み状態である。統一理論である超弦理論の実験的・観測的証拠を求めて、あるいは初期特異点をはじめとする宇宙論の難題の解決を求めて、弦理論的宇宙論は現在盛んに研究されている分野である。

申請論文は最近の弦理論的宇宙論の展開を、弦理論、相対論、宇宙論の3つの観点からの研究として位置付けることで体系化し、包括的に解説している。弦理論的な立場からの研究として、2枚のD ブレーンの間の距離をインフラトンとするD ブレーンインフレーション理論が取り上げられている。この理論では、4次元の有効理論を得るためにモジュライ近似が使われている。この近似の妥当性については従来きちんとした議論がなされていなかった。申請論文では、この近似の妥当性を申請者自身の開発した微分展開法を使って示している。相対論的な立場からの研究においては、ブレーン世界における宇宙論的な揺らぎの進化が大きな課題であった。これは高次元での時間発展の時間スケールとブレーン上の時間発展の時間スケールが違うため数値的にも取り扱いが困難であった。申請者は、ブレーン世界における自己重力を相対論的に取り扱う方法として微分展開法を駆使し、低エネルギー有効理論を導出することに成功した。宇宙論の立場からの研究として、申請者はストリング・ガスが宇宙に満ちているというモデルに基づき内部空間の安定性を示した。

このように、申請者は弦理論、相対論、宇宙論3つの観点の全てにおいて重要な寄与をしている。これらの研究を踏まえることで得られたのが、本論文の主たる成果である幾何学的インフレーション宇宙モデルの提唱である。これは、弦理論的な研究の特徴を備え、相対論的な立場から自己重力を正しく取り入れたインフレーションモデルとなっている。このシナリオによると、インフレーションを引き起こす役割を果たすのはバルクを満たしているフラックスであり、ブレーンの衝突によってインフレーションが終了する。申請者はこのシナリオに基づいた原始揺らぎの計算も行っており、観測と矛盾しない宇宙背景輻射の温度揺らぎをつくれること、原始背景重力波が存在しないことを予言している。これは非常に興味深い結果である。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者は、最近の弦理論的宇宙論の展開を、弦理論、相対論、宇宙論の3つの観点からの研究として位置付けることで体系化し、包括的な研究を行ってきた。特に、この包括的研究を基に、本論文の主たる宇宙論的成果である幾何学的インフレーション宇宙モデルを提唱した。これは、弦理論的な研究の利点であったインフラトンの幾何学化と相対論的な立場の長所

である自己重力の取り扱いを両方とも取り入れたインフレーションモデルとなっている。このシナリオによると、インフレーションを引き起こす役割を果たすのはバルクを満たしているフラックスであり、ブレーンの衝突によってインフレーションが終了する。学位申請者はこのシナリオに基づいた原始揺らぎの計算も行っており、観測と矛盾しない宇宙背景輻射の温度揺らぎをつくれること、原始背景重力波が存在しないことを予言している。このように体系的研究に基づいて、新しい宇宙のシナリオを提唱し、観測可能な予言をした点は高く評価できる。

学位申請者は、微分展開法と呼ばれる近似法の開発という重要な貢献もしている。これによってブレーン世界の低エネルギー有効理論を体系的に導く方法が定式化され、ブレーン宇宙論における観測的な予言が可能になった。この業績は本学位論文申請者の寄与として特に高く評価できる。また、この結果を使って、D ブレーンインフレーション理論で使われているモジュライ近似の妥当性を示した単名の論文は、弦理論的観点からの宇宙論研究への貢献として評価できる。

宇宙論的観点からの研究として、ストリング・ガス宇宙論が注目されている。このアプローチでのモジュライの安定性の問題は明らかではなかった。申請者は、ストリング・ガス宇宙論の枠組みで、全てのモジュライの安定性を示した。この研究はストリング・ガス宇宙論の基礎に関する重要な結果であると評価できる。

以上のように、本論文の研究結果は弦理論に基づいた新しい宇宙像の研究に対して重要な貢献をした。また、本学位申請論文は、理学研究科物理学・宇宙物理学専攻にふさわしい内容を備えたものと言える。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認められるものである。

主論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。