

論文審査の結果の要旨

氏名 紺谷 健一郎

近年、素粒子の統一理論の候補として超弦理論が活発に研究されているが、この理論は時空が 10 次元であることを予言する。高次元時空中でわれわれの住む 4 次元世界がどのように実現しているかを明らかにするのは重要な問題である。それに関して、我々のこの 4 次元時空が高次元時空中に埋め込まれた 4 次元の面（ブレーン）であるという考え方が、ここ数年大きな注目を集めてきた。このモデルでは標準模型にある物質はブレーンに閉じ込められているが、重力は余剰次元方向に伝播することができる。これは一般相対論的な時空の幾何学、動力学として大変興味深いシナリオであり、高次元におけるブラックホールや宇宙論等盛んに研究されている。

ブレーンワールドモデルを超弦理論の一つの帰結として捉えると、超弦理論のもう一つの帰結である、重力の作用の高次補正の効果を取り入れることが必要になる。このような観点から、本論文はランドール・サンドラム・タイプのブレーンに、超弦理論や AdS/CFT 対応で一次の補正項として表れる二次の曲率の項（ガウス・ボンネ項）を付け加えたモデルを解析した研究である。

本論文は本文 5 章と付録 2 章からなり、各章の構成は以下の通りである。

第 1 章はイントロダクションであり、上述のような本研究の背景が論じられている。第 2 章は本論文が用いる、ランドール・サンドラム・タイプのブレーンモデルの紹介に宛てられている。

第 3 章と第 4 章は著者自身の研究成果の報告である。

第 3 章では、ガウス・ボンネ項入りのブレーンワールドの一般化として、 Z_2 対称性をはずしたモデルが解析されている。この Z_2 対称性は M 理論から導かれたモデルに由来するものであるが、近年の多くのモデルは M 理論から直接導かれたものではないし、また非対称性が生じるモデルもあり、この対称性を外してブレーン宇宙論を調べることは重要だと考えられる。アインシュタイン重力に基づくランドール・サンドラム・タイプのブレーンワールドでは、バルク中に存在するブラックホールのエネルギー差から、ブレーンにインフレーションのような指数関数的膨張が起こりうるということがわかっているが、ガウス・ボンネ・ブレーンモデルの場合、アインシュタイン方程式に解が二つ存在することを今

回著者は見出した。

一つはガウス・ボンネ項が無くなる極限でランドール・サンドラム型になる解である。この解の場合、 Z_2 対称性を破る項が支配的になると、ブラックホールのエネルギー差から生じる補正項によって、放射優勢であっても宇宙はインフレーション膨張を示すことを見出した。しかし、ビッグバン元素合成からの制限を考えると、我々のブレーンがバルクの地平線の外側に出ている限り、 Z_2 対称性を破る項が支配的になることはなく、通常のガウス・ボンネ・ブレーン宇宙論の進化と同じにならざるを得ないことがわかった。

もう一つの解はガウス・ボンネ項が無くなる極限でランドール・サンドラム型にならない解である。この場合、 Z_2 対称性を破る項が支配的になると、宇宙が崩壊してしまうことがわかった。このように、著者は、 Z_2 対称性のないより一般的なモデルを考えても、現実的な宇宙論を展開する限りは、 Z_2 対称性のある場合と変わらないことを示した。本章の内容は、単著論文として **Classical and Quantum Gravity** 誌に刊行されている。

第4章は、ブレーンからの重力子放出に関する報告である。初期宇宙は非常に高温高密度の状態であるため、粒子の相互作用によって五次元時空を伝播する重力子が生成されることが考えられる。ブレーンから重力子が放出されると宇宙の膨張率が変化するため、ビッグバン元素合成等によってこの放出量は制限される。著者はこのようなブレーンからの重力子放出の計算を、ガウス・ボンネ項を含めてはじめて行った。その結果、ガウス・ボンネ項を含めるとブレーンからの重力子放出はランドール・サンドラム型の場合と比べて劇的に少なくなることを見出した。これはガウス・ボンネ項によりブレーン上の粒子とカルツァ・クライン重力子の相互作用が弱くなったためである。従って、ガウス・ボンネ項を含めると元素合成からの制限を簡単に満たすことが出来ることがわかった。本章の内容も単著論文として、Physical Review D 誌に刊行されている。

このように、著者は、ガウス・ボンネ項を加えるとブレーンモデルの特徴が小さくなり、通常の宇宙論に近づくことを見出した。この結論は第5章にまとめられているが、これは超弦理論においてブレーンワールドシナリオをより現実的な見地から考察した、有意義な研究であると認定された。

さらに、本委員会は、著者が本学博士に相応しい学識を持っているかを口頭にて試問したが、その結果審査員全員一致にて合格と認定した。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。