

# 論文審査の結果の要旨

氏名 木下 俊一郎

本論文は、6章からなり、第1章は序章として、素粒子の統一理論として有望な超弦理論・M理論においては10次元や11次元の時空が予言され、したがって4次元時空以外の余剰次元はコンパクト化されていると考えられることが述べられ、それを実現する有力なアイデアとして余剰次元方向に入れたフラックスによるコンパクト化があることと、インフレーション期や現在の宇宙の加速度膨張を説明するために4次元宇宙がドジッター時空になるコンパクト化の重要性が述べられ、本研究の物理的動機付けがなされている。

第2章は余剰次元の安定化についてこれまで行われてきた研究がレビューされている。まず、5次元の代表的なモデルである Randall-Sundrum モデルについてその性質が述べられ、さらに、フラックスによるコンパクト化の例として本研究で用いる  $p$  次元ドジッター時空と  $q$  次元球面の直積で記述される Freund-Rubin コンパクト化と6次元ブレーン・ワールドモデルが解説されている。

第3章から6章までは論文提出者による研究に基づいて書かれている。まず、3章において、余剰次元の安定化を議論する上で重要となる時空とフラックスに対する線形摂動論の定式化がスカラー型、ベクトル型、テンソル型の摂動に対してそれぞれ行われている。さらに、この定式化を用いて Freund-Rubin コンパクト化に対する動的安定性の解析を行い、このモデルには内部空間の半径の一樣な変化に対応するモード ( $l=0$ ) と非一樣な変化に対応する多重極モーメントをもつモード ( $l \geq 2$ ) の2つのチャンネルの動的不安定性が存在することが示されている。引き続き第4章では、6次元ブレーン・ワールドモデルで4次

元がドジッター時空の場合について、線形摂動に対する動的安定性の解析が行われ、その結果、ドジッター対称性に関するスカラー型の摂動について、ドジッター時空のハッブルパラメータが大きくなる領域で不安定モードが存在し、背景時空が不安定になることが示されている。

第6章は本論文の最も重要な結果である熱力学的安定性と動的安定性の関係が述べられている。論文提出者は、まず、6次元ブレーン・ワールドモデルについてドジッター時空がもつエントロピーの観点から熱力学的性質を調べ、このモデルを記述する解がエントロピーについて高・低の2つの系列に分かれることを見出し、さらに第4章で述べた動的安定性と比較することにより、熱力学的に安定な高エントロピーの系列が動的にも安定であり、低エントロピーの系列が不安定であることを解析的に示した。次に、Freund-Rubinモデルについての考察を行い、 $l=0$ モードに関しては、6次元モデルと同様に低エントロピーの系列が動的に不安定であるというエントロピーによる議論がこの場合も妥当であることを示した。さらに、熱力学的・動的安定性の対応から  $l \geq 2$  モードの不安定性に関して、この不安定の示唆する内部空間の変形に対応する新しい系列の解を発見し、実際に、 $p=4, q=4$  の場合についてこの新しい解の系列を構成し、パラメータ空間上で2つの解の系列が交わる点に対応する解が、 $l=2$  のモードの動的不安定性が生じ始める解であることを示した。最後に、第6章で本論文のまとめが述べられている。

このように本論文はフラックスによるコンパクト化の安定性についてその動的安定性と熱力学的安定性の間に密接な対応関係があることを初めて明らかにしたものでその物理的意義は高い。なお、本論文3章以降5章までが論文提出者の研究に基づいて書かれており、第5章の後半を除く部分は向山氏と仙道田氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。