

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	むらた けいじゅ 村 田 佳 樹
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 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) Stability Analysis of Higher Dimensional Rotating Black Holes (高次元回転ブラックホールの安定性解析)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 早田次郎 准教授 白水徹也 准教授 国広悌二 教授

(続紙 1)

京都大学	博士（理 学）	氏 名	村 田 佳 樹
論文題目	Stability Analysis of Higher Dimensional Rotating Black Holes （高次元回転ブラックホールの安定性解析）		
（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な課題である。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。そして、超弦理論の最も顕著な予言は時空が 10 次元という高次元であるというものである。我々の時空は 4 次元であることが経験的に分かっているので、何らかの方法で理論と現実の間の折り合いをつけなくてはならない。これまでは余分な次元が小さくコンパクト化されて我々の 4 次元時空が実現されているという描像が主流であった。しかし、D ブレーンの発見による近年の超弦理論の発展はブレーン世界という新しい時空の描像をもたらした。この描像によると、我々の 4 次元時空は 10 次元に浮かぶ 4 次元超曲面とみなされる。 ブレーン世界では余分な次元はかなり大きなものが許される。その結果、基本的な理論のスケールが 1TeV ぐらいとなり、素粒子論における階層性問題が解決される。これが正しいとすると、LHC などの加速器でブラックホールが生成される可能性が生まれてくる。ゆえに、ブレーン世界というアイデアが正しいことを証明するために最も有効な手段は、加速器で生成されるブラックホールを見つけることである。このようにして加速器で生成されるブラックホールは高次元のブラックホールであり、一般には角運動量を持った回転するブラックホールであると予想される。従って、高次元回転ブラックホールの研究は非常に重要なテーマとなっている。4 次元では回転するブラックホールはカーブラックホールしか存在しないという唯一性定理が知られている。しかし、高次元では回転するブラックホールは 4 次元と違ってユニークではなく、球状の回転するブラックホール以外にトーラス型のブラックリングと呼ばれるものをはじめとして、多様なブラックホール解が知られている。そこで、どのようなブラックホールが実際に生成されるのかを明らかにするために、どのようなブラックホールが力学的に安定であるのかを知ることが重要となる。 本論文は、高次元回転ブラックホールの安定性という極めて重要な課題に取り組み、その結果として達成した世界的な業績をまとめたものである。 第 2 章では安定性解析の考え方が要領よくまとめられている。第 3 章では 5 次元ブラックホールの角運動量が等しい場合に群論的な手法を使ったマスター方程式の導出法が説明されている。第 4 章では、この方法を応用して角運動量の等しい 5 次元回転ブラックホールの安定性が示されている。第 5 章では、AdS/CFT 対応を応用して、負の宇宙項がある場合の回転するブラックホールの安定性と 4 次元ゲージ理論の対応を詳しく調べゲージ理論の相図に対して新たな知見を得ることに成功している。第 6 章では、1 つの角運動量だけを持つ場合の安定性を調べるための数値解析の方法が論じられている。その応用として、6 次元ブラックホールの不安定モードを世界で初めて発見することに成功している。 本論文の主たる成果は、角運動量が等しい場合の 5 次元回転ブラックホールの安定性を示したことで 6 次元回転ブラックホールの不安定モードを発見したことにある。			

(論文審査の結果の要旨)

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な課題である。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。そして、超弦理論の最も顕著な予言は時空が 10 次元という高次元であるというものである。我々の時空は 4 次元であることが経験的に分かっているので、何らかの方法で理論と現実の間の折り合いをつけなくてはならない。これまでは余分な次元が小さくコンパクト化されて我々の 4 次元時空が実現されているという描像が主流であった。しかし、D ブレーンの発見による近年の超弦理論の発展はブレーン世界という新しい時空の描像をもたらした。この描像によると、我々の 4 次元時空は 10 次元に浮かぶ 4 次元超曲面とみなされる。

ブレーン世界では余分な次元はかなり大きなものが許される。その結果、基本的な理論のスケールが 1TeV ぐらいとなり、素粒子論における階層性問題が解決される。これが正しいとすると、LHC などの加速器でブラックホールが生成される可能性が生まれてくる。ゆえに、ブレーン世界というアイデアが正しいことを証明するために最も有効な手段は、加速器で生成されるブラックホールを見つけることである。このようにして加速器で生成されるブラックホールは高次元のブラックホールであり、一般には角運動量を持った回転するブラックホールであると予想される。従って、高次元回転ブラックホールの研究は非常に重要なテーマとなっている。4 次元では回転するブラックホールはカーブラックホールしか存在しないという唯一性定理が知られている。しかし、高次元では回転するブラックホールは 4 次元と違ってユニークではなく、球状の回転するブラックホール以外にトーラス型のブラックリングと呼ばれるものをはじめとして、多様なブラックホール解が知られている。そこで、どのようなブラックホールが実際に生成されるのかを明らかにするために、どのようなブラックホールが力学的に安定であるのかを知ることが重要となる。

本論文は、高次元回転ブラックホールの安定性という極めて重要な課題に取り組み、その結果として達成した世界的な業績をまとめたものである。5 次元ブラックホールの角運動量が等しい場合に群論的な手法を使ったマスター方程式の導出法を開発し、その方法を応用して角運動量の等しい 5 次元回転ブラックホールの安定性を示した点は高く評価できる。さらに、AdS/CFT 対応を応用して、負の宇宙項がある場合の回転するブラックホールの安定性と 4 次元ゲージ理論の対応を詳しく調べゲージ理論の相図に対して新たな知見を得ることに成功している。未発表ではあるが、1 つの角運動量だけを持つ場合の安定性を数値的に調べ、6 次元ブラックホールの不安定モードを世界で初めて発見することに成功している。

以上のように、本論文の研究結果は高次元ブラックホール研究に対して重要な貢献をした。

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る。また、平成 22 年 1 月 15 日、論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行った結果、合格と認めた。