

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19540305

研究課題名 (和文) 大域的に非自明な漸近平坦性をもつ高次元ブラックホール

研究課題名 (英文) Higher-Dimensional Black Holes with Non-trivial Asymptotic Structure

研究代表者

石原 秀樹 (ISHIHARA HIDEKI)

大阪市立大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：80183739

研究代表者の専門分野：相対論的宇宙物理学

科研費の分科・細目：物理学，素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：宇宙物理，統一理論，ブラックホール，高次元時空

1. 研究計画の概要

高次元ブラックホール解を用いて余剰次元の存在を検証するために、大域的に非自明な漸近平坦性をもつ高次元ブラックホールの物理的性質を明らかにする。

特に、次の3つの点に着目して研究する。

- (1) Kaluza-Kleinブラックホールの厳密解の構成
- (2) Kaluza-Kleinブラックホールの安定性
- (3) Kaluza-Kleinブラックホールを用いた余剰次元の検証

2. 研究の進捗状況

- (1) Kaluza-Klein的な漸近構造をもつブラックホール解を構成することは、一般には困難であるが、ツイストされた余剰次元を考えることによって、厳密解を構成することができることを明らかにした。本研究では、この方法を用い、電荷をもつブラックホール、回転するブラックホールなどの厳密解を作り、その幾何学的な性質を調べることによって、ブラックホールのホライズンが一般に、レンズ空間のトポロジーをもつことができることを見出した。また、ブラックホールが合体する過程で、ホライズンのトポロジーが変化することを厳密解を用いて示した。
- (2) Kaluza-Klein的な漸近構造をもつブラックホールが自然界に存在するためには、それを記述する解が安定でなければならない。解の安定性を調べるため

に、ブラックホール時空の線形摂動を調べ、解析的な手法と数値的な手法によって、線形安定性が強く示唆される結果を得た。また、ブラックホールの熱力学的を定式化することにも成功した。

- (3) Kaluza-Klein的にコンパクト化された余剰次元をもつブラックホールを用いた余剰次元の検証にむけての研究を行った。まず、粒子が衝突する時、ブラックホールが形成される断面積を求め、そのエネルギー依存性より、余剰次元の数やサイズの情報が得られることを示した。また、Kaluza-Kleinブラックホールを周回するジャイロスコープの向きの変化を調べ、余剰次元による、4次元の一般相対論に対する補正より、余剰次元のサイズに関する情報が得られることを示した。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。
(理由)

Kaluza-Klein 的な漸近構造をもつブラックホールの厳密解を構成することにより、幾何学的構造の解明が進んだ。近似解ではなく、厳密解が存在することにより、摂動などの解析を実行することができた。ブラックホールに関する様々な物理現象を考えることにより、余剰次元についての情報を得るための研究が進んだ。

4. 今後の研究の推進方策

高次元ブラックホール解の周りの試験

粒子や光の測地的運動を解析することによって時空構造を明らかにし、余剰次元の存在を検証する実験を提案する。

- (1) 高次元ブラックホール時空の幾何学的対称性を利用して、テスト粒子やテストストリングの定常安定軌道の存在可能性を研究する。
- (2) 高次元ブラックホール時空における波動場の振る舞いを、解析的および数値的な手法によって明らかにする。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件)

- ① Thermodynamics of Squashed Kaluza-Klein Black Holes and Black Strings
Yasunari Kurita, Hideki Ishihara.
Class.Quant.Grav.25:085006,2008.
査読有り
- ② Charged Rotating Kaluza-Klein Black Holes in Five Dimensions.
Toshiharu Nakagawa, Hideki Ishihara,
Ken Matsuno, Shinya Tomizawa.
Phys.Rev.D77:044040,2008 査読有り
- ③ On the Stability of Squashed Kaluza-Klein Black Holes.
Masashi Kimura, Keiju Murata,
Hideki Ishihara, Jiro Soda.
Phys.Rev.D77:064015,2008 査読有り
- ④ Hawking radiation from squashed Kaluza-Klein black holes: A Window to extra dimensions.
Hideki Ishihara, Jiro Soda.
Phys.Rev.D76:064022,2007 査読有り

[学会発表] (計 15 件)

- ① Hideki ISHIHARA,
“Physical Properties of Squashed Kaluza-Klein Black holes”,
12th Marcel Grossmann Meeting on
General Relativity and Gravitation,
July 13th-18th 2008, Paris