

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006～2009

課題番号：18540265

研究課題名 (和文) 高次元超重力理論における超対称解の大域的構造と安定性の研究

研究課題名 (英文) Investigation of the large scale structure and stability of supersymmetric solutions in higher-dimensional supergravity theories

研究代表者

小玉 英雄 (KODAMA HIDEO)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授

研究者番号：40161947

研究分野：数物系科学

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：高次元統一理論，超重力理論，高次元宇宙論，ブラックホール，安定性

### 1. 研究計画の概要

高次元超重力理論における超対称解の分類プログラムを具体化し、それにより得られた解の具体的な表式を用いて解の表す時空の大域的構造を調べることににより、コンパクト化と超対称性の関係、宇宙モデルとなりうる超対称解の可能性、4次元有効理論との関連、高次元ブラックホール解の分類を組織的に研究する。さらに、申請者がこれまでに開発した高次元時空におけるゲージ不変摂動論を拡張することにより、これらの解の安定性を調べる。これらを通して、高次元理論における様々な解の中で特別の解が宇宙進化により選ばれる可能性、超対称性と宇宙進化の関連および高次元ブラックホールの安定性について明らかにする。

### 2. 研究の進捗状況

(1) 高次元ブラックホールの研究については大きな進展があり、具体的には次のような成果を得た。

(ア) 高次元球対称ブラックホール解の加速解を摂動論的に構成し、それを用いて高次元では4次元と異なり一様な張力のひもに対応する加速ブラックホール解がブレインブラックホール解とならないこと、4次元では無限個のブレインブラックホール解が存在することを示した (論文を Prog. Theor. Phys. 誌に発表)。

(ア) ゲージ不変摂動論および数値計算を用いて、単純回転をしている漸近的に反 de Sitter 的高次元ブラックホールのテンソル型摂動に対する安定性を組織的に調べ、角運動量が宇宙項から決ま

る臨界値より小さいときは安定であることを解析的に示し、さらにこの臨界値を超える場合はブラックホールが不安定となることを数値的に示した (論文を Phys. Rev. D 誌に発表)。また、この不安定性と回転ブラックホールによる増幅散乱との関係を明らかにした (論文を Prog. Theor. Phys. 誌に発表)。

(イ) すべての角運動量成分が等しい高次元回転ブラックホール解の内部構造を調べ、それに基づいて、5次元以上の奇数次元の時空では、負の質量を持ち漸近的に平坦で因果律の破れた真空ソリトン解が存在することを示した (論文を Prog. Theor. Phys. 誌に発表)。

(2) 超対称解の研究では、M 理論において光的 Killing スピノールを含む 16 超対称をもつ解のトーラスコンパクト化により動的なコンパクト化の起きる超対称解を構成することに成功した (論文を Prog. Theor. Phys. 誌に発表)。また、コンパクト化と4次元有効理論の研究については、ヘテロ型理論における高次補正に関するこれまでの研究結果の調査を行った。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

高次元重力理論の研究、特に回転ブラックホールの安定性、ブレーンワールドブラックホールに関しては、当初の計画以上の成果があった。一方、超対称解に関する研究では、宇宙論的問題への応用で重要な成果を得たが、

分類問題については、準備調査に時間がかかり当初計画より遅れている。

#### 4. 今後の研究の推進方策

- (1) 高次元ブラックホールに関しては、漸近的に平坦な高速回転ブラックホール解のテンソル摂動安定性の解析へと研究を進め、さらにまだ誰も調べたことのないスカラ型摂動安定性の問題に挑戦する。
- (2) 本来の計画の柱であった超重力理論の超対称解分類プログラムの実行という課題を6次元理論で具体的に実現する。特に、未だ誰も知らない6次元以上のブラックホール位相について具体的な情報を得ることを主要な目標とする。
- (3) II型超重力理論の超対称フラックスコンパクト化解はすべて分類されているが、その近傍での有効理論の研究はまだ始まったばかりである。申請者は2005年度の研究で世界で初めてワープを取り入れた有効理論の構成を単純化された設定で行い、4次元有効理論ともとの高次元理論が同等でなくなるという問題が生じることを指摘した。最近、この仕事に対して、compensatorの概念を用いることにより、この困難が回避できるという研究がDouglasらにより発表されたが、十分適切な取り扱いがなされていないように思われる。この点を明らかにするために、一般的な摂動論を用いてフラックスコンパクト化の有効理論を構築することに挑戦する。

#### 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 5 件)

- ① G.W. Gibbons and H. Kodama, “Repulsons in the Myers-Perry Family”, Prog. Theor. Phys. 120, 掲載決定, 2009, 査読有り.
- ② H. Kodama, R.A. Konoplya and A. Zhidenko, “Gravitational instability of simply rotating Myers-Perry-AdS black holes”, Phys. Rev. D79, 044003(1-15), 2009, 査読有り.
- ③ H. Kodama, “Accelerating a Black Hole in Higher Dimensions”, Prog. Theor. Phys. 120, 371-411, 2008, 査読有り.

④ H. Kodama, “Superradiance and Instability of Black Holes”, Prog. Theor. Phys. Suppl. 172, 11-20, 2008, 査読有り.

⑤ H. Kodama and N. Ohta, “Time-dependent supersymmetric solutions in M theory and compactification-decompactification transition”, Prog. Theor. Phys. 116, 295-318, 2006, 査読有り.

[学会発表] (計 7 件)

① Hideo Kodama, “Probing Higher-Dimensions in Cosmology”, 日本物理学会第64回年次大会宇宙線・宇宙物理領域・素粒子論領域合同シンポジウム: Prospects of string cosmology 招待講演, 2009

[図書] (計 2 件)

① H. Kodama, “Perturbations and Stability of Higher-Dimensional Black Holes”, Lect. Notes Phys. 769, 427 (2009).