

自己評価報告書

平成 23 年 3 月 31 日現在

機関番号 : 34419

研究種目 : 基盤研究 (C)

研究期間 : 2008 年度 ~ 2011 年度

課題番号 : 20540283

研究課題名 (和文)

超弦理論による高次元ブラックホールと特異点の研究

研究課題名 (英文) Study of higher-dimensional black holes and their singularities by superstrings

研究代表者

太田 信義 (OHTA NOBUYOSHI)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号 : 90167304

研究分野 : 素粒子論、重力理論

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 : 超弦理論、ブラックホール、特異点

1. 研究計画の概要

重力の量子論を解明することは、理論物理学において解決を迫られている最も重要な問題の1つです。その有力な候補として、世界的にも国内でも超弦理論が活発に研究されていますが、その現実的な検証可能性を探る試みはあまりされておりません。この理論を検証できる数少ない状況がブラックホールを含む重力解の研究です。超弦理論は高い次元で定義されていますが、高次元の重力理論には、4次元では考えられなかった非常に面白い未知の性質がたくさんあることがわかっています。本研究計画では、超弦理論の非摂動的解としてのブレイン及びブラックホール解を調べると同時に、その物理的な応用としてこれらの解に含まれる特異点の性質を解明することを目的とします。超弦理論または M 理論の低エネルギー有効理論である超重力理論には、大変面白い交差したブレイン解を構成するかなり系統的方法があることがわかっています。このような一連の解を詳しく調べ、超弦理論の性質を解明していくことが主要な課題です。また、超弦理論には超対称性を持つ時間に依存した解があることが最近わかりましたが、これは宇宙初期の特異点の問題を解明するのに役立つことがわかりました。本研究計画では、これをさらに拡張して、超弦理論による特異点解消の機構の解明を探求することも第2の課題としています。

2. 研究の進捗状況

(1) 重力からの寄与がアインシュタインテンソルに限らず、量子効果によるアインシュタイン曲率テンソルの高次項 (たとえばガウスボネ項) とディラトンが入ったときのブラ

ックホール厳密解を一般的に解析した後、それを数値的に求めた。このような理論は超弦理論の低エネルギー有効理論として重要なものである。宇宙項が無い場合で空間が球対称な場合、宇宙項が負で、空間の曲率が0の場合の解を調べ、さらに宇宙項が負で曲率が0でない場合、宇宙項が正の場合、宇宙項なしで空間の曲率がある場合の解を求め、それらの性質について詳しく調べた。また、考える座標系を変えて同じ解を解析し、定量的な差があるが、定性的にはあまり差がないことを見た。

(2) 重力を繰り込み可能とするが、ユニタリー性を破らない可能性として、ローレンツ不変性を破ったHorava重力理論が考えられた。その理論におけるブラックホール解を構成し、その熱力学について考察を行った。この結果は、学術誌Physical Review DおよびPhysics Letters Bに掲載された。一方で、時間に依存したブレイン解を系統的に構成、分類し、その中に遠方では宇宙論の標準的な解になっているが、原点近傍はブラックホールになっている興味深い解を発見した。それと違った時間依存性を持つブレイン解で、超対称性を持つ一群の解も発見した。宇宙論的解でブラックホールを持つ厳密解は初めて発見されたものであり、さらに多様な解とあわせ、これらの解は今後の研究に刺激を与えると考えられる。

(3) 重力がエントロピーによる力であって、基本的な相互作用というよりは、ゲージ理論から生じる力であるという考え方にに基づき、宇宙の発展を記述する基本方程式を導いた。重力理論に対する大きなパラダイムの変換

に導くと考えられる。

(4) 現在存在すると考えられている宇宙項の起源について、新しい機構を与えた。

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)

超弦理論の有効理論である超重力理論において、当初の目的であった解の構成、大域的解析に成功し、その特異性が高次補正項によって大きく変わることを示した。これは今まで知られていなかった大きな成果である。さらに繰り込み可能であると期待される Horava 理論の新しいブラックホール解や、新奇な重力の定式化などの方向へ研究が進展している。

4. 今後の研究の推進方策

今後の研究方向としては、繰り込み可能な重力理論や新奇な重力の定式化に力を入れ、それによって重力の特異点の問題がどのような変更を受けるかを調べていく。関連して、宇宙項の問題が解決される可能性が出てこないかに注目して研究を進めたい。

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 23 件)

- ① Z. K. Guo, N. Ohta, T. Torii, Black Holes in the Dilatonic Einstein-Gauss-Bonnet Theory in Various Dimensions I, Prog. Theor. Phys. 120, 581-607, 2008, 査読有
- ② K. Maeda, N. Ohta, M. Tanabe, R. Wakebe, Supersymmetric Intersecting Branes in Time-dependent Backgrounds, JHEP, 0906, 036-1 – 036-26, 2009, 査読有
- ③ K. Maeda, N. Ohta, K. Uzawa, Dynamics of intersecting brane systems -- Classification and their applications --, JHEP, 0906, 051-1—051-42, 2009, 査読有
- ④ R. G. Cai, L. M. Cao, N. Ohta, Topological Black Holes in Horava-Lifshitz Gravity, Phys. Rev. D, 80, 024003-1 — 024003-7, 2009, 査読有
- ⑤ N. Ohta, T. Torii, Global Structure of Black Holes in String Theory with Gauss-Bonnet Correction in Various Dimensions, Prog. Theor. Phys., 124, 207—225, 2010, 査読有

[学会発表] (計 24 件)

- ① 太田信義, Black Holes in the Dilatonic

Einstein-Gauss-Bonnet Theory in Various Dimensions, Summer Institute 2008, 2008年8月3日, 人材開発センター富士研修所(富士吉田市)

- ② 太田信義, Black Hole Solutions with Dilaton and Gauss-Bonnet term, Brainstorming on higher dimensional black holes, 2008年10月20日, 京都大学基礎物理学研究所
- ③ 鳥居隆, 太田信義, Einstein-Gauss-Bonnet-dilaton系におけるブラックホール解の大域的構造, 日本物理学会, 2010年3月20日, 岡山大学
- ④ 太田信義, 重力理論と熱力学, 基礎物理学研究所研究会, 2010年7月20日, 京都大学
- ⑤ 太田信義, Accelerating cosmologies and inflation in string theories with higher order corrections, The 20th workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (JGRG20), 2010年9月21日, 京都大学

[図書] (計 1 件)

N. Ohta, Tomsk State Pedagogical University Press, “The Problems of Modern Cosmology”, “Accelerating Cosmologies and Black Holes in Dilatonic Einstein-Gauss-Bonnet Theory”, 2009, pp. 233-244.