

## 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：若手研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20740147

研究課題名(和文) 超弦理論に基づく4次元宇宙論の構築

研究課題名(英文) Construction of the four-dimensional cosmology  
in the string theory

研究代表者

鶴沢 報仁 (UZAWA KUNIHITO)

近畿大学・理工学部・研究員

研究者番号：50378931

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：素粒子論、宇宙物理、相対論・重力(理論)、超重力理論

## 1. 研究計画の概要

本研究では10次元ヘテロ型超重力理論において4次元ド・ジッター時空と内部空間の安定化を実現するモデルを高次元アインシュタイン方程式の解から導くことを目指す。更に、得られた解をもとに4次元時空や内部空間の進化、他の超重力理論のモデルとの関連性について一般相対性理論の手法を用いて明らかにする。また、宇宙定数問題を解決できるかどうかについても調べる。

## 2. 研究の進捗状況

本研究はその研究計画に基づいて超弦理論における宇宙論解を追求した。特に超弦理論の中でも比較的性質の知られた交差ブレーン系での時間依存解の構築を行い、4次元時空及び内部空間の進化について解析を行った。更にこれらの解を参考にして、4次元有効理論の構築やブレーン宇宙論への拡張を試みた。具体的に得られた成果は以下の通りである。

(1)近年素粒子論で頻繁に議論されている10次元超弦理論の及び11次元超重力理論の交差ブレーン解に注目し、時間依存解を構築することを目的に、高次元アインシュタイン方程式の厳密解を導出した。その結果、計量の時間依存性は全て湾曲因子に含まれ、時間の一次又は二次関数として表されることが分かった。更に、コンパクト化により導かれる交差ブレーンの低次元有効理論について解析すると、有効理論から得られる解は元の高次元理論では得られない解を含むことが分かった。従って、低次元有効理論を用いて時

空の時間進化を議論する場合、高次元理論には存在しない解を低次元有効理論で扱う危険性が現れることがこの研究で判明した。また、高次元アインシュタイン方程式の時間依存解の特徴として、ブレーン近傍では4次元時空や内部空間の大きさが殆ど時間変化せず、ブレーンから離れるにつれて計量に対する時間依存性の寄与が大きくなることが分かった。

(2)現在の宇宙観測から示唆される4次元加速膨張宇宙モデルを高次元重力理論から導いた。高次元超重力理論の模型で計量の湾曲因子が時間に依存すると、4次元時空が加速膨張するアインシュタイン方程式の厳密解を得ることが可能であることを初めて指摘した。更に、超重力理論から現実的な宇宙模型を得ることを目的に、時間依存性を考慮したときに得られる交差ブレーン解を、より一般の任意次元の重力理論の模型で追求した。その結果、背景に重力、スカラー場やゲージ場が存在するとき、加速膨張時空を導くアインシュタイン方程式の厳密解が得られることが分かった。

## 3. 現在までの達成度

②概ね順調に進展している

(理由)

当初は10次元ヘテロ型弦理論の模型のみに注目し、宇宙モデルの構築を試みていたが、本研究で用いた手法が他の超弦理論や超重力理論の解析にも適用出来ることが分かり、10次元II型理論や11次元超重力理論の宇宙論解の分類も可能になった点で研究計画に記載した内容以上の成果が得られた。また、超弦理論における加速膨張解の構築、4次元時空や内部空間の進化について明らかにす

ることも研究計画の通り現在まで概ね達成出来ている。

#### 4. 今後の研究の推進方策

今後の研究方針としては、現在までに幾つかの超重力理論のモデルで加速膨張解を得ているので、それ以外のモデルについてもアインシュタイン方程式の厳密解を追求し、現実的な宇宙モデルの構築を目指す。また、これらの宇宙論解が示す内部空間の進化について注目し、それらのスケールが現在の観測と矛盾しないかどうかチェックする。矛盾が生じた場合はそれを解消するために場の量子補正や高次曲率項を背景に導入し、解を模索する。更にこれらの宇宙論解が初期特異点問題に対してどのような示唆を与えることが出来るかどうか調べる。

#### 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 10 件)

- ① 南辻真人、太田信義、鶴沢報仁、Cosmological intersecting brane solutions、Physical Review D、VOL.82、086002-1~086002-30、平成 22 年 (2010 年)、査読有り
- ② 前田恵一、南辻真人、太田信義、鶴沢報仁、Dynamical p-branes with a cosmological constant、Physical Review D、VOL.82、046007-1~046007-10、平成 22 年 (2010 年)、査読有り
- ③ 南辻真人、太田信義、鶴沢報仁、Dynamical solutions in the 3-Form Field Background in the Nishino-Salam-Sezgin Model、Physical Review D、VOL.81、126005-1~126005-13、平成 22 年 (2010 年)、査読有り
- ④ Pierre Binetruy、佐々木節、鶴沢報仁、Dynamical D4-D8 and D3-D7 branes in supergravity、Physical Review D、VOL.80、026001-1~026001-11、平成 21 年 (2009 年)、査読有り
- ⑤ 前田恵一、太田信義、鶴沢報仁、Dynamics of intersecting brane systems - Classification and their applications -, Journal of High Energy Physics、VOL.6、051-1~051-41、平成 21 年 (2009 年)、

査読有り

[学会発表] (計 24 件)

- ① 鶴沢報仁、Cosmological intersecting brane solutions in string theory、PASCOS 2010、平成 22 年 (2010 年) 7 月 19 日、Instituto de Fisica Corpuscular、Valencia、Spain
- ② 鶴沢報仁、Dynamical intersecting branes、CosPA 2009、平成 21 年 (2009 年) 11 月 18 日、University of Melbourne、Melbourne、Australia
- ③ 鶴沢報仁、Dynamics of intersecting brane systems、The 12th Marcel Grossmann Meeting、平成 21 年 (2009 年) 7 月 16 日、Ecole Normale Superieure、Paris、France
- ④ 鶴沢報仁、Dynamical intersecting brane solutions of supergravity、SUSY09、平成 21 年 (2009 年) 6 月 6 日、Northeastern University、Boston、USA
- ⑤ 鶴沢報仁、Classification of dynamical intersecting brane solutions、Miami 2008、平成 20 年 (2008 年) 12 月 18 日、Lago Mar Resort、Fort Lauderdale、USA