

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20540245

研究課題名(和文) 宇宙シアによる暗黒エネルギーと重力理論、高次元理論の検証

研究課題名(英文) Test on dark energy- and gravitational theory and higher-dimensional theory using cosmic shear

研究代表者

二間瀬 敏史 (FUTAMASE TOSHIFUMI)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：20209141

研究成果の概要(和文)：現在の宇宙は従来の重力理論の枠内では説明ができない加速度膨張をしていることが知られている。その原因として反発力を及ぼす暗黒エネルギーやアインシュタイン重力理論の変更が提案されている。しかしそれらの理論的な研究は進んでおらず、観測的に宇宙膨張の原因を探ることが急務になっている。本研究では、2011年度末に完成予定のすばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラで行われる大規模深宇宙サーベイを用いた弱い重力レンズ効果によって、加速度膨張の原因を調べるために必要な新たな弱い重力レンズ解析法の開発を行った。

研究成果の概要(英文)：It has been known that the expansion of the present universe is accelerating which is beyond the scope of present theory of gravity. The dark energy which causes repulsive force and some modification of Einstein theory of gravity are proposed as the reason for the acceleration. However theoretical understanding of these proposals is still very poor. Thus it is argent to have observational study for the origin of the accelerated expansion. The purpose of this study is to develop a new theoretical method of gravitational lensing in order to study the origin of the accelerated expansion based on large scale galaxy survey using newly developed prime focus camera of Subaru telescope.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：数理系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理(理論)

キーワード：暗黒エネルギー、弱い重力レンズ、宇宙シア、すばる望遠鏡

1. 研究開始当初の背景

現在の宇宙は加速膨張をしていることが2000年ころに発見され、その原因の究明が発見当初から現代に至るまで宇宙論の最大の課題である。その原因として導入されたのが反発力をもたらす暗黒エネルギーであり、アインシュタインの重力理論の変更である。しかしそのどちらに対しても理論的な理解は進んでおらず、またどちらが加速度膨張の原因なのかは全く分かっていない。したがって、観測的に加速度膨張の原因を解明することが研究開始当初および現在に至っても急務であり、現在、日本も含め世界中で観測的に加速度膨張の原因を探る提案がなされている。

その一つが弱い重力レンズを用いた方法である。この方法では、宇宙の大規模構造による遠方銀河に対する組織的な弱い重力レンズ現象の観測を行うことによって、大規模構造の形成速度の情報をえることができる。この情報から宇宙膨張の速度の時間変化を導くために2006年からすばる望遠鏡の新しい超広い視野主焦点カメラが開発されており、2011年度末には完成し、2012年から大規模銀河サーベイによる弱い重力レンズ観測がおこなわれる予定である。しかし重力レンズ効果は非常に弱く、従来の解析方法の精度では暗黒エネルギーの性質を詳細に調べるには不十分であることが徐々に知られるようになってきた。そこで宇宙の加速膨張の詳しい観測のために従来の弱い重力レンズ解析方の高精度化、および新たな解析法の開発が世界的に関心を集めていた。

2. 研究の目的

宇宙の加速度膨張の原因として理論的には暗黒エネルギーの存在、アインシュタイン重力の変更、空間次元の高次元化などが提案されている。本研究の目的は、新たな弱い重力レンズの解析法を開発し宇宙シアと呼ばれる現象を観測し、観測的に暗黒エネルギーの性質の解明、加速度膨張の原因の究明を目指すことである。およびすばる望遠鏡による宇宙シア観測の具体的手順を考察し、強い重力レンズ効果など宇宙シア以外の重力レンズを用いた新たな暗黒エネルギーの観測法を考察することである。

3. 研究の方法

一般相対性理論に基づいた現実的な非一様宇宙のモデルを構成し、その時空における光の伝播を研究することで重力レンズの基礎理論を展開するなかで、重力レンズの理論、

および重力レンズを用いた暗黒物質分布、暗黒エネルギーの研究手法すばる望遠鏡を用いた観測的研究

4. 研究成果

研究成果は以下の通りである。

- (1) HOLIC s と呼ぶ高次モーメントを用いた銀河形状の測定の精密化による新たな弱い重力レンズ解析法を開発し、実際のすばる望遠鏡で観測した銀河団のデータに適用した。その結果、これまでの弱い重力レンズ解析では見えなかった銀河団中心領域における小スケールの構造を見ることができ、この方法の有用性を明確に示した。
- (2) さらに上記の方法を、レンズ信号が銀河団に比べて格段に弱い宇宙シアの観測に直接適用できる形に拡張し、数値シミュレーションおよびすばる望遠鏡の実際のデータを使って、その有効性を示した。
- (3) 赤方偏移が0.02という宇宙論的にごく近傍の髪の毛座銀河団の観測データに対して、弱い重力レンズ解析を実行し、銀河団内の暗黒物質の部分構造を発見した。冷たい暗黒物質に基づく構造形成シナリオの理論的予想では暗黒物質の部分構造は銀河団形成過程の情報を反映しているとされており、本研究はその理論予想の直接的なまったく新しい検証方法を与えるものである。
- (4) X線で観測された銀河団のうち赤方偏移0.15から0.3までである一定以上のX線光度以上の52個の銀河団をすばる望遠鏡で観測し、弱い重力レンズによってその質量分布を決定し、その統計的な性質を調べた。その結果、冷たい暗黒物質に基づく構造形成シナリオが予言する質量分布と一致することが示された。ただし質量と中心集中度を表すパラメータの関係はシミュレーションの予想と一致しなかった。
- (5) 一般相対性理論に基づいた現実的な非一様宇宙のモデルにおいて光の伝播をしらべ、それが観測的宇宙論の基礎概念である距離—赤方偏移関係に及ぼす影響を調べた。その結果、超新星やクェーサーのような点光源に対して距離を高く見積もる傾向があることを指摘し、将来計画されている超新星観測による暗黒エネルギー

一観測への影響を見積もった。

5. 主な発表論文等

(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 14 件)

- ① Y. Okura, T. Futamase, Elliptically Weighted HOLICs for Weak-lensing Shear Measurement”. *Astrophysical Journal*, 査読有、730, 2011, 9
- ② N. Sugiyama, T. Futamase, Non-Gaussianity generated in the inflationary scenario with non-minimally coupled inflaton field, *Physical Review D*, 査読有、81, 2010, 023504
- ③ N. Okabe, Y. Okura, T. Futamase, Weak Lensing Mass Measurements of Substructures in COMA Cluster with Subaru/Suprime-Cam, *Astrophysical Journal*, 査読有、713, 2010, 291-303
- ④ N. Uchikata, S. Yoshida, T. Futamase, Quasinormal modes of Kerr-de Sitter black holes, *Physical Review D*, 査読有、81, 2010, 04400
- ⑤ T. Futamase, 他、LoCuSS: Subaru Weak Lensing Study for 30 Galaxy Clusters, *Publication of Astronomical Society of Japan*, 査読有、62, 2010, 811-870
- ⑥ T. Futamase, 他、LoCuSS: Calibrating Mass-observable Scaling Relations for Cluster Cosmology with Subaru Weak-Lensing Observations, *Astrophysical Journal*, 査読有、721, 2010, 875-885
- ⑦ Y. Okura, T. Futamase, A New Method for measuring Weak Lensing Gravitational Lensing Shear using Higher Order Spin-2 bHOLICs, *Astrophysical Journal*, 査読有、699, 2009, 143-149
- ⑧ K. Fujio, T. Futamase, Appearance of classical Mixmaster Universe from the No-Boundary Quantum State, *Physical Review D*, 査読有、80, 2009, 023504
- ⑨ Y. Itoh, M. Hattori, T. Futamase, A method to measure a relative transverse velocity of source-lens-observer system using gravitational lensing of gravitational waves, *Physical Review D*, 査読有、80, 2009, 044009
- ⑩ T. Okamura, T. Futamase, Distance-Redshift Relation in a Realistic inhomogeneous Universe, *Progress of Theoretical Physics*, 査読有、122, 2009, 511-520,
- ⑪ N. Uchikara, S. Yoshida, T. Futamase, Scalar perturbations of Kerr-AdS black holes, *Physical Review D*, 査読有、80, 2009, 084020

⑫ 二間瀬敏史、井上邦雄、ニュートリノと宇宙、*物理学界誌*、査読有、64, 2009, 20-28

⑬ Y. Okura, K. Umetsu, T. Futamase, A Method for Weak Lensing Flexion Analysis by HOLICs, *Astrophysical Journal*, 査読有、2008, 1-16

⑭ T. Futamase, 他、Equation of Motion in general relativity of a small charged black hole, *Physical Review D*, 査読有、78, 2008, 1034014

[学会発表] (計 4 件)

- ① T. Futamase Flexion measurement by HOLICs, From Pixels to Shear, 27th Jan. 2011, Edinburgh, UK
- ② T. Futamase New Approach to equation of Motion for a Fast-moving particle, 20th JGRG International Conference, 23rd Nov. 2009, Kyoto, Japan
- ③ 二間瀬敏史、重力レンズで探る暗黒宇宙、宇宙究極の謎、自然科学研究機構シンポジウム、2008、9月23日、東京
- ④ T. Futamase、3pN equation of motion using point-particle limit, Post-Newton 2008, 12th June, 2008, Jena, Germany

[図書] (計 6 件)

- ① H. Asada, T. Futamase, P. Hogan, Oxford 大学出版、Equation of Motion in General Relativity, 2011, pp. 5-52、
- ② 二間瀬敏史、綿村哲、朝倉書店、解析力学と相対論、2010、pp.106-167
- ③ 二間瀬敏史、他、日本評論社、天体物理学の基礎 I、2009、pp178-212
- ④ 二間瀬敏史、筑摩書房、時間旅行は可能か？ 2009、121
- ⑤ 二間瀬敏史、他、NTT 出版、カーナビから始める相対性理論、2008、197
- ⑥ 二間瀬敏史、ナツメ社、やさしくわかる相対性理論、2008、191

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 件)

名称：

発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等
http://www.astr.tohoku.ac.jp/~tof/index_tof.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

二間瀬 敏史(FUTAMASE TOSHIFUMI)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：20209141

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：