

研究種目：特定領域研究

研究期間：平成18年度～平成23年度

課題番号：18072004

研究課題名（和文）広視野深宇宙探査によるダークエネルギーの研究

計画研究 B01「銀河分布を用いたダークエネルギーの研究」

研究課題名（英文）Study of Dark Energy by Utilizing Galaxy Distributions

研究代表者

杉山 直 (SUGIYAMA NAOSHI)

名古屋大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：70222057

研究分野：宇宙物理学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：ダークエネルギー、構造形成、密度ゆらぎ、宇宙大規模構造

1. 研究計画の概要

将来行われる超広域銀河探査によって得られる銀河の空間分布から、宇宙のエネルギー密度の大部分を占めているダークエネルギーに関する情報がどれだけ詳細に得られるのかを理論的に調べ、実際の観測へ向けた準備を行う。特に、すばる望遠鏡に搭載される HSC カメラによって得られるデータを意識する。これによって、宇宙の膨張速度を赤方偏移ごとに求めることができれば、そこでの膨張を支配しているダークエネルギー自身の時間進化を決定することができるのである。

具体的には、バリオン振動と呼ばれる物理過程によって特定のスケールの構造が選択的に多く形成されるという現象や、重力レンズ効果、さらには宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎに構造の進化が及ぼす影響を用いることで、宇宙の膨張速度、ひいてはダークエネルギーのエネルギー密度の時間進化の情報を得ることを目指す。現実の観測データが手に入る前に、数値実験によって理想的な銀河分布を再現し、ダークエネルギーの情報を最も効率よく引き出す手法を見つけ出すことを目指す。

2. 研究の進捗状況

HSC が最大の科学的成果を得るために、実際の観測データを模した銀河分布の大規模な数値シミュレーションを実行している。そのために、まず、初期条件となる密度分布の揺らぎを精密に求め、それをもとに数値シミュレーションを行っている。現在、11,000 個のシミュレーション結果をすでに得ており、世界最大規模といえる。

このシミュレーションデータを用いて、宇宙マイクロ波背景放射の温度分布との相関を取ることによってダークエネルギーに対して制限を与えられる可能性についての理論的研究を行い、また、非線形密度パワースペクトル（密度揺らぎの2乗平均）についてのサンプルバリエーションを評価する研究を行った。サンプルバリエーションは、空間領域が限られている現実のサーベイで、どれだけ理論値であるアンサンブル平均から誤差が出るか、というもので、現実の観測での誤差評価に欠かすことはできない。さらに、ダークエネルギーを検証するために用いられる重力レンズ効果について、模擬実験を行うために、銀河からの光をシミュレーションボックス内に飛ばすレイ・トレーシングを進めているところである。

一方で、シミュレーション結果の解析を進める過程で、密度分布の相関関数の時間進化が、解析的に求まる線形成長から期待されるものと大きくずれる現象を見つけた。線形の次の次数の密度揺らぎの成長を考慮することで、この奇妙な揺らぎの成長が、シミュレーションの箱が有限であることに起因していることを突き止めた。この成長は、これまで世界中で行われていたすべての数値シミュレーションに共通に見られる問題点であることもわかった。この問題の対処法も見つけ出すことができ、シミュレーションの精度を上げることに貢献できた。

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)

まず、予定されていた規模の数値計算を順

調に進め、データを蓄積することに成功している。しかし、それのみにとどまらず、数値シミュレーション結果の詳細な解析を進め、解析的な計算結果との比較によって、数値シミュレーションの適用限界、精度などについての知見を得ることに成功し、論文にまとめることができた。また、シミュレーション結果を、関連する大規模構造、宇宙マイクロ波背景放射温度揺らぎの研究に用いて、論文としての成果を得ることもできた。

4. 今後の研究の推進方策

(1) これまで進めてきた、大規模な宇宙大規模構造の数値シミュレーションを、さらに多くの宇宙論パラメータについて実行する。特に、ダークエネルギーが時間発展する場合について、いくつかの時間発展を仮定して、計算を行う。また、その結果をデータベース化し、特定領域の他研究計画などにも提供する。

(2) シミュレーションによって得たダークマターの分布および銀河分布のデータベースを用いて、バリオン振動の観測からダークエネルギーの性質を最も効率よく引き出す方法についての検討を行う。観測する赤方偏移の幅、領域の広さ、銀河のセレクションなどを変えた場合に、どれだけの精度で、ダークエネルギーの値や時間進化を決定できるのか調べる。

(3) ダークエネルギーの進化をさぐる重力レンズ観測のための模擬観測マップを作成する。シミュレーション領域内に光を伝播させるレイ・トレーシング法を用い、実際の観測と同様の条件で、暗黒物質の分布の進化を探るための方法を最適化し、必要なパイプラインを整備する。

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 高橋龍一、吉田直紀、高田昌弘、松原隆彦、杉山直、他(10名)、Simulations of Baryon Acoustic Oscillations II: Covariance matrix of the matter power spectrum、The Astrophysical Journal、in press、査読有り
- ② 高橋龍一、吉田直紀、松原隆彦、杉山直、他(11名)、Simulations of Baryon Acoustic Oscillations I: Growth of Large-Scale Density Fluctuations、Monthly Notices of the Royal Astronomical Society、389、1675-1682、2008、査読有り
- ③ 西澤淳、小松英一郎、吉田直紀、高橋龍一、杉山直、Cosmic Microwave Background - Weak Lensing Correlations: Analytical and Numerical Study of Non-linearity

and Implications for Dark Energy、The Astrophysical Journal Letters、676、L93-L96、2008、査読有り

[学会発表] (計 15 件)

- ① 松原隆彦、Recent progress in theory of BAO with galaxy surveys、Cosmology Near and Far: Science with WFOMS - A Joint Workshop of Subaru, Gemini, NOAO, JSPS and UK STFC、2008年5月20日、米国ハワイ州コナ市

[図書] (計 3 件)

- ① 杉山直、松原隆彦他、現代の天文学第3巻宇宙論 II、2007年、177-233(杉山)、113-176(松原)

[その他]

- ① 杉山直、NHKサイエンスゼロ、2007年7月14日放映、見えない物質ダークマター
- ② 杉山直、宇宙の3つの暗黒問題、第6回自然科学研究機構シンポジウム「宇宙究極の謎：暗黒物質、暗黒エネルギー、暗黒時代」、東京国際フォーラム、2008年9月23日
- ③ 杉山直、宇宙の始まりを見る、日本天文学会一般講演会、岡山理科大学、2008年9月14日
- ④ 杉山直、暗黒に支配される宇宙、平成基礎科学財団、サン・ビーチ岡山、2007年7月21日