

研究領域名 なぜ宇宙は加速するのか？
— 徹底的究明と将来への挑戦 —

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任教授

むらやま ひとし
村山 斉

研究課題番号：15H05887 研究者番号：20222341

【本領域の目的】

宇宙は極初期と現在の二つの時期で加速膨張しているという観測的な証拠が得られている。ニュートン・アインシュタイン以来、重力はあくまでも引力であり、宇宙膨張を減速させる働きのみをもつ。いったい何が宇宙膨張を後押しし加速させているのか？インフレーション、アインシュタインの宇宙定数という「理論」が「説明」に使われているものの、様々な不自然さを抱えており、到底満足できる説明とは言えない。宇宙の加速膨張は、現代物理学の根幹を揺るがす問題である。

本領域の目的は、宇宙膨張の加速の原因の究明、また加速膨張に逆らって銀河・銀河団の形成を引き起こすダークマターの引力とのせめぎ合いを理解することを目的とする。本領域では、この未曾有の大問題に迫るべく、超弦理論から観測・実験、統計解析に至る総合的なアプローチを提案し、すばる望遠鏡を始めとするこれまでにない画期的な観測データと新たなアイデア、それを結ぶデータ解析によって当該研究領域の飛躍的な発展を実現する。

【本領域の内容】

この目的を達成するために本領域では、理論班(A01-A03)、実験班(B01-B04)、究極班(C01, D01)の三つの研究項目を実施する。

- A01 重力理論、素粒子物理学に基づき、インフレーションの物理機構を調べ、その物理的観測可能性について多角的に調べる。
- A02 インフレーション後の宇宙初期におけるダークマターなどの未発見の素粒子生成メカニズムを調べ、宇宙構造の種である原始揺らぎの特徴、揺らぎの進化過程、さらに宇宙の構造形成史を調べる。
- A03 現宇宙の加速膨張の起源・物理を調べる。ダークエネルギーの物理モデルを構築し、また修正重力の可能性を調べ、その2つのシナリオの観測的検証を調べる。
- B01-B04 宇宙背景放射（CMB）実験 Simons Array (H29年度から3台で開始)、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) イメージングサーベイ (H26に開始し、H31年度まで)、広天域銀河分光サーベイ (BOSS/eBOSS) のデータを用い、これまでの結果に比べ10倍高い精度でインフレーションモデル、ダークエネルギーモデルを制限する。また、日本が主導して進めている将来計画 LiteBIRD CMB 衛星計画、すばる多天体分光装置 Prime Focus Spectrograph、および30m望遠鏡 Thirty Meter

Telescope 計画による宇宙の加速膨張の物理を調べるために必要な装置、手法、ソフトウェア群の開発を行う。

- C01 超弦理論の観点から、トップダウン的に宇宙の加速膨張の究極理論を調べる。
- D01 多波長宇宙論データから加速膨張宇宙の物理を統一的に制限するための手法、究極的物理解析ツールを開発する。



【期待される成果と意義】

研究期間中に CMB 実験の B モード偏光探索によるインフレーションのエネルギー・スケールについて、HSC による深宇宙のイメージングサーベイからダークエネルギーの時間変化について、また分光銀河サーベイデータからダークエネルギーおよび重力理論の検証の結果を出す。このために、理論・データ解析を分野融合型に発展させ、多波長に渡るデータを結び合わせてサイエンス・アウトプットを最大化する。さらに観測・実験からの結果が理論に跳ね返り、新しい学問分野を創成し、加速膨張の徹底的究明を目指す。本研究は宇宙の創成、運命、構成、法則全てに関わり、何千年にもわたる人類共通の根本的な疑問に答えていくものである。

【キーワード】

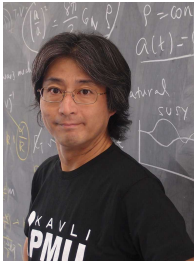
宇宙の加速膨張、量子重力理論、一般相対性理論、インフレーション、ダークマター、ダークエネルギー、ニュートリノ、宇宙の構造形成、宇宙背景放射、すばる望遠鏡、TMT、ライトバード

【研究期間と研究経費】

平成 27 年度～31 年度
1,106,000 千円

【ホームページ等】

<http://acceleration.ipmu.jp>



Title of Project : Why does the Universe accelerate?
-Exhaustive study and challenge for the future-

Hitoshi Murayama
(The University of Tokyo, Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe, Project Professor)

Research Project Number : 15H05887 Researcher Number : 20222341

【Purpose of the Research Project】

There are observational evidences for two periods of accelerated cosmic expansion, at the very beginning and the present. Since Newton and Einstein, gravity is known as an attractive force, hence can only “pull” the expansion to slow it down. What is “pushing” the Universe to speed it up? We often invoke “inflation” and Einstein’s “cosmological constant” as its *theory*, but they have many unnatural features and are far from satisfying explanations. The accelerated cosmic expansion is the mystery that goes to the basic foundation of physics.

The purpose of this research area is to understand the origin of the accelerated cosmic expansion, as well as its interplay with dark matter that competes with the acceleration to build galaxies and clusters of galaxies. To address this problem never encountered before, we propose to conduct research based on a comprehensive approach, ranging from the superstring theory to observation, experiments, and statistical analyses, and realize a quantum leap in this research area based on unprecedented data sets from the Subaru Telescope and others combined with novel data analyses and innovative theoretical ideas.

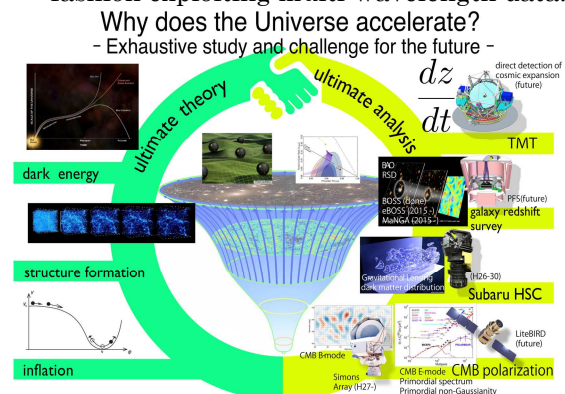
【Content of the Research Project】

To achieve the purpose, we organized theory units (A01-A03), observation units (B01-B04), and ultimate research units (C01, D01).

- A01 studies physical mechanism behind inflation based on gravity and particle theories as well as their testability.
- A02 studies mechanism for creating unknown particles including dark matter after inflation, characteristics and evolution of primordial fluctuations, and the structure formation as their consequences.
- A03 studies the origin of the current accelerated expansion, building the physical models of dark energy, possibilities of modified gravity, and their testability.
- B01–B04 take data at Simons Array CMB experiment (starting in 2017 with three telescopes), HSC imaging survey on Subaru (2014–19), and large-scale galaxy redshift surveys (BOSS/eBOSS), to constrain inflation and dark energy models with a ten-fold higher precision. In addition, we

develop instruments, methodology, and software for future LiteBIRD CMB satellite, multi-object Prime Focus Spectrograph on Subaru, and direct measurement of cosmic acceleration on 30m TMT all led by Japan.

- C01 seeks ultimate theory of accelerated cosmic expansion from the superstring theory with top-down perspective.
- D01 develops ultimate tools of analyzing physical data to constrain physics behind accelerated cosmic expansion in a unified fashion exploiting multi-wavelength data.



【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

During the proposed period, we will improve constraints on the energy scale of inflation with a search for primordial B-mode polarization in CMB, on time-variation of dark energy with a deep imaging survey, and on modified gravity and dark energy theories using the galaxy redshift surveys. We will maximize science by a synergistic development of theory and analyses of multi-wavelength data sets. We will thus create a new research area and aim for a full resolution of the mystery of accelerated cosmic expansion. It addresses age-old basic questions by humankind on the creation, fate, structure, and laws of the Universe.

【Key Words】

Accelerated cosmic expansion, quantum gravity, general relativity, inflation, dark matter, dark energy, neutrino, structure formation, cosmic microwave background, Subaru Telescope, Thirty Meter Telescope (TMT), LiteBIRD

【Term of Project】 FY 2015–2019

【Budget Allocation】 1,106,000 Thousand Yen

【Homepage Address and Other Contact

Information】 <http://acceleration.ipmu.jp>