

超重力理論及び超弦理論に基づいた インフレーション期の宇宙に対する斬新な解法

Novel solutions to the inflationary Universe in supergravity theory and superstring theory

所属機関： 首都大学東京(現東京都立大学)
代表研究者氏名： ケトフ セルゲイ (Ketov Sergey)
研究期間： 2021年9月20日～2022年4月15日
滞在研究機関： Institute for Theoretical Physics, Leibniz University Hannover,
Appelstrasse 2, Hannover 30167, Germany
共同研究者等： Prof. Olaf Lechtenfeld

The basic ideas of our theoretical research are based on the assumptions of importance of cosmological inflation and local supersymmetry in the early universe cosmology. We assumed that dark matter is composed mainly of heavy gravitino particles and primordial black holes, whereas dark energy can be described by a positive cosmological constant. We constructed new models of gravity and supergravity, which realized these ideas, systematically studied those models, both analytically and numerically, and compared our results and predictions to the observational data of the PLANCK satellite mission.

海外研究活動概要

勤務初日に事務机、コンピューター、インターネット、その他仕事に必要なものが提供されました。ライプニッツ大学ハノーファーの国際事務局は私に連絡を取ってくださり、登録や市内の案内などハノーファー滞在での様々な実務的なことを助けてくださいました。

ハノーファーでの研究の最初の数ヶ月は、私の現在の研究テーマである超対称場の理論、超弦理論、超対称宇宙論に特化した最近の文献を参照しました。私はハノーファーにある理論物理学研究所の研究セミナー、物理学と数学科のコロキア、理論物理学の博士課程に数多く出席しました。そのほとんどは対面式かハイブリッド方式で行われました。ハノーファーのO.レヒテンフェルト教授や彼の研究チームとは定期的に連絡を取り合いました。

ドイツの大学に正式に在籍しているということで、ライプニッツ大学ハノーファー校の研究活動だけでなく、ミュンヘンのルートヴィヒ・マクシミリアン大

学、ハノーバーとポツダムのマックスプランク重力物理学研究所などドイツの理論物理学の主要研究機関の研究セミナーに Zoom を使ってオンラインでアクセスすることができました。

2022年2月には、ドイツのポツダム(ベルリン近郊)にあるマックス・プランク協会のアルベルト・アインシュタイン重力物理学研究所を私費で訪問し、研究所の方々と科学的議論を交わしました。アルベルト・アインシュタイン研究所は、私の研究テーマに関する理論的・実験的な研究を行っているドイツを代表する機関です。この研究所で行われたセミナーや社内研究会にも何度か参加しました。

2022年4月15日に日本に帰国しました。

成果

初期宇宙のインフレーション、そして現在のダークエネルギーとダークマターは超重力理論を用いることで理論的に記述することが可能です。我々はこれらに対して現在の宇宙観測の結果全てに一致するいくつかの新たなモデルを超重力理論に基づいて構

築し、それらの数値的解析を行いました。我々のインフレーションに対する理論的アプローチは Starobinsky モデルに基づいており、またダークエネルギーは正の宇宙定数と同一であるとし、ダークマターを重いグラビティーノ粒子と原始ブラックホールを用いて記述しました。

我々はダブルインフレーション中のスカラー場のタキオン不安定性に基づいた原始ブラックホール生成の新たな機構を提案しました。この機構は複数場インフレーションを必要とし、また修正超重力理論から自然と実現できます。我々の研究結果は宇宙マイクロ波背景放射の観測結果と一致しており、さらにはこれらの原始ブラックホールが全ダークマターを構成できることも発見しました。また、これにより引き起こされる重力波は将来的に宇宙基盤の重力波干渉計による観測が期待されます。

今後の展望

我々の超重力理論に基づく宇宙論的モデル及びこれによって得られる新しい結果を超弦理論に拡張することは非常に困難であることが判明しました。この困難な問題は残るものの、国内及び海外のさらに多くの共同研究者を交えた我々の将来的な研究によって取り組まれます。

研究の発表

口頭発表

1. S.V. Ketov, Starobinsky inflation in supergravity, invited seminar talk, Ludwig Maximilian University, online, 5 November 2021, Munich, Germany

2. S.V. Ketov, On the large-field equivalence between Starobinsky and Higgs inflation in gravity and supergravity, invited plenary talk, 3 December 2021, online, Bergen University, Norway
3. S. V. Ketov, Inflation and primordial black holes in gravity and supergravity, two lectures at Leibniz University Hannover, Germany, 19 and 26 January 2022
4. S.V. Ketov, Starobinsky inflation in supergravity theory and superstring theory, invited seminar talk, 10 February 2022, online, Wuerzburg University, Germany
5. S.V. Ketov, Formation of primordial black holes after Starobinsky inflation in supergravity theory, invited seminar talk, 24 March 2022, online, Institute of Physics of the Czech Academy of Sciences, Prague, Czechia

誌上発表

1. S.V. Ketov, On the large-field equivalence between Starobinsky and Higgs inflation in gravity and supergravity, PoS DISCRETE 2020-2021 (2022) 014 (10 pages); <https://pos.sissa.it/405/014>
2. V.E. Ivanov, S.V. Ketov, P.O. Pozdeeva, S. Yu. Vernov, Analytic extensions of Starobinsky model of inflation, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (JCAP) 03 (2022) 03, 058 (30 pages); <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1475-7516/2022/03/058>