

所属・資格 物理学科・教授

申請者氏名 千葉 剛

研究課題		重力理論と宇宙物理学
報告の概要	研究目的 および 研究概要	重力定数は、重力の強さを決める基本的な物理定数である。しかしながら近年、統一理論や重力理論の変更の可能性の観点から、その時間変化の可能性が考えられている。他の3つの相互作用（電磁気力、弱い力、強い力）と比べて、重力は極端に弱く、長距離・大質量の場合に効果が顕著になる力である。一般相対性理論以外の重力理論においては、重力「定数」 $G$ は時間空間的に変化する力学的な自由度になる。星や宇宙の構造・進化においては重力が決定的に重要な役割を果たす。本研究では、星のサイズから宇宙の地平線スケールにわたり、重力定数の時間変化の制限を、最新の観測データを用いてこれまで得られていなかった精度で与え、重力理論の変更に対する新しい制限をつけることを目指す。
	研究の 結果	ポテンシャル力に従う粒子の運動方程式については Eisenhart lift と呼ばれる手法により、運動方程式を1次元高い空間における測地線方程式に書き換えることができる。測地線のもつ対称性(Killing 対称性)を探ることにより、第1積分を効率的に求めることができる。そこで、膨張宇宙におけるスカラー場の理論に Eisenhart lift の手法を適用することにより、系の持つ Killing 対称性を分類し、系が可積分系となる条件を求めることに成功した。その結果、宇宙論の分野で power-law インフレーションモデルとして知られているインフレーションモデルは可積分系であることが明らかになった。
	研究の 考察・ 反省	今後は、他成分スカラー場やベクトル場の理論についても可積分条件を探りたい。さらには可積分系に対して、量子化を行い、宇宙の波動関数の厳密解を構成したい。
研究発表 学会名 発表テーマ 年月日/場所	研究発表 学会名 発表テーマ 年月日/場所	※この欄は、本報告書提出時点で判明している事項についてご記入ください。 ・千葉 剛, "Eisenhart Lift for Scalar Field Theories: Hidden Symmetries of Power-Law Inflation", 研究会「理論で迫るブラックホール宇宙と時空特異点」(琵琶湖コンファレンスセンター, August 17, 2024). ・千葉 剛、宝利剛, "Hidden symmetry of power-law inflation", 日本物理学会第79回年次大会、北海道大学、2024年9月17日.
研究成果物 テーマ 誌名 巻・号 発行年月日 発行所・者	研究成果物 テーマ 誌名 巻・号 発行年月日 発行所・者	・ Takeshi Chiba and Tsuyoshi Houri, Eisenhart Lift for Scalar Fields in the FLRW Universe, Class. Quantum Grav., 42, 055003 (2025). ・ Takeshi Chiba and Tsuyoshi Houri, Hidden Symmetries of Power-law Inflation, Class. Quantum Grav., 41, 19LT01 (2024).