

ヒッグスインフレーションにおけるツリーユニタリティの破れに着目した重力理論の拡張による模型構築

粒子系理論物理学研究室 2SC23039P 山本 侑生

指導教員： 小島 健太郎 准教授

概要

本研究では、宇宙初期のインフレーションを説明するヒッグスインフレーションモデルについて、その理論の有効性と限界を探究した。ヒッグスインフレーションとは、標準模型のヒッグス場と重力の非最小な相互作用がインフレーションを引き起こすモデルであり、宇宙背景放射の観測結果をよく説明するため、広く研究されている。しかし、このモデルには「ツリーユニタリティの破れ」という理論的問題が存在する。ツリーユニタリティの破れとは、非最小な相互作用の存在によって理論が有効なエネルギースケール(カットオフスケール)が下がり、その有効理論の典型的なエネルギースケールと同程度になってしまった場合、摂動展開で高次の相互作用項の影響を無視できなくなるという問題である。その結果、インフレーションの予言やその後の再加熱過程における摂動計算の結果の信頼性が失われてしまう可能性が現れる。

本研究では、ヒッグスインフレーションモデルおよびツリーユニタリティの破れについて、インフレーション理論の基礎知識を確認した上でレビューを行った。さらに、正確な摂動計算が可能なヒッグスインフレーションモデルの構築手法として、重力理論の拡張である「パラティニ重力形式」と「 $f(R)$ 理論」を導入した。パラティニ重力形式とは、計量のみを独立な物理的自由度とする一般相対性理論に対して、計量と接続係数を独立した自由度として扱う拡張理論である。また、 $f(R)$ 理論とは一般相対性理論の基本的な作用積分である「アインシュタイン・ヒルベルト作用」に非線形な項を追加する拡張理論である。これらの手法を用いた「パラティニ・ヒッグスインフレーション」、「ヒッグス- R^2 インフレーション」および「パラティニ・ヒッグス- R^2 インフレーション」のレビューを行い、パラティニ重力形式における共形変換後の作用の違いや、 R^2 項によって導入されたスカラー自由度が非最小な結合を吸収されることで、理論のカットオフスケールが上がり、ツリーユニタリティの破れが解消されると結論づけた。