

氏名	阿部 裕悟
学位の種類	博士 (理学)
学位記番号	甲 第109号
学位授与の日付	平成28年3月20日
学位授与の要件	信州大学学位規程第5条第1項該当
学位論文題目	高次元理論に基づいたインフレーションモデル
論文審査委員	主査 教授 川村 嘉春 教授 小竹 悟 准教授 奥山 和美 教授 竹下 徹 准教授 丸 信人 (大阪市立大学)

論文内容の要旨

本博士論文は、インフレーション宇宙論において、5次元重力理論・ゲージ理論に基づいた新しいインフレーションモデルを構築することを目的とする。

近年の宇宙の精密観測により、宇宙の始まりに急激な加速膨張(インフレーション)が起きたであろうことが明らかになってきた。宇宙の進化はビッグバン理論を基礎として非常に良く説明出来ているが、ビッグバン理論のいくつかの問題点(平坦性問題や地平線問題)はインフレーション理論を考えることで解決出来る。また問題解決だけでなく、現在の宇宙構造の起源や宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎの起源を与えることが出来るため実験的に検証可能であり、予言能力を有する理論である。従って、インフレーションを説明するモデルを構築することは必要不可欠である。

素粒子論的観点から、インフレーションはインフラトンと呼ばれるスカラー場のポテンシャルエネルギーを用いて引き起こされると考えられている。現在、様々なモデルが研究されているが、そのほとんどのモデルは未だ不完全である。理由として主に以下の2つの問題が挙げられる。

- ・インフラトンの起源が何か分かっていない。
- ・インフラトンポテンシャルに関する微調整問題が未解決である。

本研究では、これらの問題を念頭に置き、我々の存在する4次元時空(空間3次元+時間1次元)の空間次元を拡張した高次元時空の理論を用いることで、インフラトンに関する研究に進展をもたらすことを狙いとした。具体的には、5次元重力を含むゲージ理論に基づき、インフレーションモデルを構築し、天体観測データを正しく再現出来るか解析し、以下に示すような新しい結果を得た：

1) 5次元重力・ゲージ理論に基づくレイディオンゲージヒッグスポテンシャルの安定性

5次元重力・ゲージ理論で S^1 コンパクト化した状況を考え、5次元計量 g_M の余剰次元スカラー成分レイディオン χ と5次元ゲージ場 B_M の余剰次元スカラー成分ゲージヒッグス ϕ に対しての1ループ有効ポテンシャル $V(\chi, \phi)$ を求めた。

得られたポテンシャルは、荷電フェルミオンと中性フェルミオンの影響により安定性が問題になることが明らかになった。余剰次元空間を小さく安定化させ、4次元時空でインフレーションを引き起こすためには、安定した最小値(真空)を持つインフラトンポテンシャルが要求される。我々は、ポテンシャルの安定性がどのような状況で実現出来るかを考察した。

2) レイディオンゲージヒッグスポテンシャルを用いたインフレーションモデル

レイディオンゲージヒッグスポテンシャルを用いて、プランク衛星による宇宙精密測定で得られているインフレーションパラメータの観測値を再現した。量子補正を含めたモデル構築をしたにも関わらず、微調整なしに観測値を再現出来ることは特筆すべきである。

このモデルでは、ゲージヒッグスがインフラトンとしての役割を担う状況があることが確認され、レイディオンとゲージヒッグス、両者のどちらが支配的であるかに部分的な決

着を付けた. また, いくつかのパラメータは換算プランクスケール($2.4 \times 10^{18} \text{GeV}$)付近の値を示し, 高エネルギーの物理に対する重要な示唆を与える可能性がある.

本研究の結果は, 超弦理論を含む宇宙論へのボトムアップアプローチとなることが考えられ, さらに, 開弦(ゲージ場)と閉弦(重力場), どちらがインフラトンの起源であるのかという発展も予見される. 以上の観点からも本研究は, 高次元理論に基づくインフレーション宇宙論がプランクスケールの物理や量子重力の研究に影響を与えるだろう, という将来的な展望を与える.