

氏名	矢嶋 耕治
学位の種類	博士 (理学)
報告番号	甲第447号
学位授与年月日	2017年3月31日
学位授与の要件	学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号) 第4条第1項該当
学位論文題目	Suppressing the primordial tensor amplitude without changing the scalar sector in quadratic curvature gravity (スカラー摂動を変えない2次の曲率補正項による原始重 力波の振幅抑制効果について)
審査委員	(主査) 原田 知広 小林 努 内山 泰伸

I. 論文の内容の要旨

(1) 論文の構成

第一章は本論に入るための導入部分である。第二章ではインフレーション宇宙論に関する基礎的な事項とゆらぎの生成・ゆらぎの非 Gauss 性および K インフレーションとよばれるインフレーション理論の枠組みが短くまとめられる。第三章では、本論文の主要な結果を理解する上で必要となる ADM 形式について説明される。第四章は、非相対論的な二次曲率重力理論に基づいたインフレーション理論においてゆらぎのスカラー部分を変えずにテンソル部分を抑えることに関する研究で、著者による独自の研究である。第五章は、第四章の結果に関する物理的な議論が行われる。付録では、宇宙論的摂動論がまとめられている。

(2) 論文の内容要旨

標準的なインフレーション理論は一般相対論に基づいており、観測とよく一致する曲率ゆらぎすなわちスカラーゆらぎを予言する。本論文は、重力理論を修正することによって、曲率ゆらぎを変更することなくテンソルゆらぎを修正することができるのか、できるとしたらどのようにすればできるのかという問いに答えている。著者らは、これが実際可能であるということを示した。そして、不安定性がなく、線形摂動の水準ではテンソル部分だけを変更するような二次曲率補正項を二つ決定し、かつこれらが一意であることを示した。これらは両方ともテンソル振幅を小さくすることができるが、その内の一つは曲率ゆらぎに大きな非 Gauss 性を生成してしまう。もうひとつの補正項は Lorentz 対称性を破る Weyl 重力とよばれる重力理論に対応していることがわかる。この補正項を用いた場合、標準的なテンソル振幅の最大で約 65% まで小さくすることができる。著者らは、この効果を用いると、比較的大きなテンソルゆらぎを予言するため観測的に得られている上限との整合性がとれないと考えられていた冪則インフレーションでさえも、Planck の結果との整合性の 2σ の等高線以内に入ることが可能であることを示した。

II. 論文審査の結果の要旨

(1) 論文の特徴

本論文は、標準的な宇宙論であるビッグバン理論の初期条件を与える上で最も有力な仮説であるインフレーション宇宙論に関する研究である。インフレーション理論の最も驚嘆すべき理論的帰結は、地平線問題等を解決するために導入された加速的宇宙膨張が自然にゆらぎを生成する機構を内包し宇宙の構造形成の種となるゆらぎを与えうることである。通常インフレーション理論では重力理論として一般相対論を採用するのであるが、本論文で著者は一般相対論からの変更を含んだいわゆる修正重力理論を採用して、ゆらぎの生成の問題に取り組んでいる。特に、標準的なインフレーション理論で大きな成功を収めているスカラーゆらぎの予言を変えることなく、まだ観測的には上限しか決まっていないテンソルゆらぎに対する予言を変えることができるのかという視点は、理論的にも観測的にも興味深いものである。

特に、通常の二次曲率重力理論で現れる不安定性を避けるため、非相対論的な二次曲率重力理論の範疇で宇宙論的ゆらぎを計算し、スカラーゆらぎに対する二次の作用関数を変更せずにテンソルゆらぎに対する二次の作用関数を変更するような理論が二つしかないことを示したことは本論文の第一の特徴であると言える。また、一般の slow-roll インフレーションにおけるゆらぎのパワースペクトルを計算し、上述二つのうちの一つについて、宇宙背景マイクロ波放射の温度ゆらぎの非 Gauss 性に対する観測的上限からテンソルゆらぎに対する変更が強く制限されることを示して、残った一つのみがテンソルゆらぎを大きく変更しかつ観測的に許される唯一のものであることを示したことは本論文の第二の特徴である。

(2) 論文の評価

本論文での研究によって、修正重力理論におけるインフレーション理論について、上述のように従来にはなかった新しい観点から独創的な計算を行い、これまで知られていなかった新しい知見が得られた。また、本論文の前半においては、インフレーション宇宙論・宇宙論的ゆらぎ・修正重力理論等に関して、独自の研究の理解に必要な概観が述べられている。このようなことから本論文は非常に高く評価される。