

氏名・(本籍)	新 田 大 輔
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	理博第 2 5 5 1 号
学位授与年月日	平成 22 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科, 専攻	東北大学大学院理学研究科 (博士課程) 天文学専攻
学位論文題目	CMB bispectrum from the second-order cosmological perturbations (宇宙論的 2 次摂動による宇宙背景放射のバイスペクトル)
論文審査委員	(主査) 教授 二間瀬 敏 史 教授 千 葉 柁 司 准教授 服 部 誠 助教 吉 田 至 順

## 論 文 目 次

Chapter 1. Introduction

Chapter 2. Inflationary universe

Chapter 3. Physics on CMB

Chapter 4. CMB bispectrum

Chapter 5. Conclusion

Appendix A. Einstein equations up to second-order

Appendix B. Boltzmann equations up to second-order

Appendix C. Special functions

Appendix D. Rotation group

Appendix E. Wigner symbols

## 論 文 内 容 要 旨

We calculate the bispectrum of the Cosmic Microwave Background (CMB) temperature anisotropies induced by the second-order fluctuations in the Boltzmann equation. In this thesis, we consider the terms that are products of the first-order perturbations. We show that the bispectrum has the maximum signal in the squeezed triangles, similar to the local-type primordial bispectrum, as both types generate non-linearities via products of the first-order terms in position space. However, detailed calculations show that their shapes are sufficiently different: the cross-correlation coefficient reaches 0.5 at the maximum multipole of  $l_{\max} \sim 200$ ,

and then weakens to 0.3 at  $l_{\text{max}} \sim 2000$ . The differences in shape arise from (i) the way the acoustic oscillations affect the bispectrum, and (ii) the second-order effects not being scale-invariant. This implies that the contamination of the primordial bispectrum due to the second-order effects (from the products of the first-order terms) is small. The expected signal-to-noise ratio of the products of the first-order terms is  $\sim 0.4$  at  $l_{\text{max}} \sim 2000$  for a full-sky, cosmic variance limited experiment. We therefore conclude that the products of the first-order terms may be safely ignored in the analysis of the future CMB experiments. The expected contamination of the local-form  $f_{\text{NL}}$  is  $f^{\text{local}}_{\text{NL}} \sim 0.9$  at  $l_{\text{max}} \sim 200$ , and  $f^{\text{local}}_{\text{NL}} \sim 0.5$  at  $l_{\text{max}} \sim 2000$ .

## 論文審査の結果の要旨

宇宙初期に急激な加速度膨張が存在したというインフレーション理論の予言は、多くの研究者が信じており宇宙論のパラダイムとなっている。しかし現在までインフレーションを起こす詳細なメカニズムは不明であり、その解明は宇宙初期の理論に不可欠である。この問題を解決する方法として宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の温度揺らぎの詳細な観測が期待されている。それはインフレーション理論の詳細によって生成される密度揺らぎの性質が異なり、その違いが CMB の温度揺らぎ、特にその非ガウス性に現れるからである。この目的のため現在、詳細な CMB の非ガウス揺らぎの観測プロジェクトが議論されている。しかしここで問題になるのが、2 次的な非ガウス揺らぎである。CMB は赤方偏移が 1100 の時点で放射された電磁波であるが、現在に届くまでに宇宙の大規模構造によって揺らぎの性質が変形を受け新たな非ガウス揺らぎを作り出す。したがってこの 2 次的ガウス揺らぎの詳細な情報を知ることなしにはインフレーション起源の非ガウス揺らぎを取り出すことができず、したがって初期宇宙の知見も得られない。

新田大輔君の博士論文は、まさにこの 2 次的な CMB の非ガウス揺らぎを、高度な理論と現実的な条件での数値計算によって明らかにしたもので、世界で初めての結果である。彼の結果によって 2 次的ガウス揺らぎの統計的な性質、特に 3 点相関関数の形や振幅が分かり、インフレーション起源の非ガウス揺らぎとの区別が容易にできる可能性が明らかになった。

このように本論文は、宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎの非ガウス性から宇宙初期の物理を引き出すためにはなくてはならない研究であり非常に高く評価される。またその研究の一部はすでに査定ありの学術論文 1 本が掲載されている。以上のことは、筆者が自立して研究活動を行うに必要な研究能力と学識を有することを示している。したがって新田大輔提出の論文は博士 (理学) の学位論文として合格と認める。