

Title	Slow-roll Inflation with the Gauss-Bonnet and Chen-Simons Corrections(Abstract_要旨)
Author(s)	Satoh, Masaki
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2011-03-23
URL	http://hdl.handle.net/2433/142369
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

学 位 審 査 報 告 書

(ふりがな)	さとう まさき
氏 名	佐藤 真希
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位 授 与 の 日 付	平成 年 月 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	理学研究科 物理学・宇宙物理学 専攻

(学位論文題目)

Slow-roll Inflation with the Gauss-Bonnet
and Chern-Simons Corrections

(Gauss-Bonnet 項及び Chern-Simons 項による補正を考慮した
Slow-roll Inflation)

論 文 調 査 委 員	(主査) 早田 次郎 准教授
	白水 徹也 准教授
	国広 悅二 教授

理 学 研 究 科

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	佐藤 真希
論文題目	Slow-roll Inflation with the Gauss-Bonnet and Chern-Simons Corrections		

(論文内容の要旨)

観測技術の発達に伴い、現代宇宙論は精密科学として大きな発展を遂げた。特に、宇宙背景輻射観測のもたらした精密で膨大なデータは誕生直後の宇宙の姿を我々に教えてくれた。その結果、宇宙初期に指数関数的な膨張時期があるとするインフレーション理論は大まかには実証されたと信じられている。さらに、宇宙背景輻射観測衛星 WMAP のデータを詳細に解析することにより、より精密なインフレーション理論のチェックが可能となりつつある。また、新たな宇宙背景輻射観測衛星プランクがすでに打ち上げられ、より精密なデータが数年以内に得られることが確実となっている。いまや、インフレーション理論のより詳細な研究の重要性は非常に高くなっている。

インフレーション理論の最も重要な理論的予言は、銀河や銀河団の集合としての宇宙の大規模構造の起源がインフレーション中のインフラトンと呼ばれるスカラー場の量子揺らぎに起因するというものである。インフレーション理論は、スケールにほとんど依存しない振幅を持った、初期温度揺らぎと原始重力波の存在を予言している。実際には、数パーセント程度のスケール不変性からの温度揺らぎのずれが観測されており、これもインフレーション理論の計算とよく一致している。一方で、インフレーションの起きるエネルギーのスケールでは今まで考慮していなかった小さな理論的な補正が存在し得ることも分かっている。特に重要な効果は Gauss-Bonnet 項と Chern-Simons 項による補正である。もちろんこれらの小さな補正がインフラトンがスローロールすることを仮定している標準的なインフレーション理論の大まかな予言に対して影響を与えることは無い。しかし、数パーセントの精度の補正が観測可能であることを考慮すると、必ずしも無視できる効果であるかどうかは自明ではない。

本論文は、インフレーション理論の理論的な精密化という極めて重要な課題に取り組み、その結果として達成した世界的な業績をまとめたものである。

第 2 章ではビッグバン宇宙論からインフレーション理論へ至る道筋が要領よくまとめられている。第 3 章ではインフレーション理論の基礎的な部分が説明されている。第 4 章では、理論と観測を如何に結び付けるかが描かれている。第 5 章では、インフレーション宇宙における揺らぎの生成理論がまとめられている。第 6 章から第 8 章が本論文の主要部であり、高エネルギー補正を考慮したインフレーション理論の詳細な解析がなされている。特に、Gauss-Bonnet 項による高エネルギー補正によって、短波長で原始重力波の振幅が段々と大きくなる可能性を世界で初めて具体的に示すことに成功している。標準的なインフレーション理論においては短波長では必ず振幅が小さくなっていくことが知られており、本論文の結果は大きなインパクトを持っている。また、具体的なモデルを構築して Chern-Simons 項のつくりだす円偏極の予言も行っている。

(論文審査の結果の要旨)

現代宇宙論は、観測技術の発達に伴い、精密科学として大きな発展を遂げた。特に、宇宙背景輻射観測のもたらした精密で膨大なデータは誕生直後の宇宙の姿を我々に教えてくれた。その結果、宇宙初期に指數関数的な膨張時期があるとするインフレーション理論は大まかには実証されたと信じられている。さらに、宇宙背景輻射観測衛星 WMAP のデータを詳細に解析することにより、より精密なインフレーション理論のチェックが可能となりつつある。また、新たな宇宙背景輻射観測衛星プランクがすでに打ち上げられ、より精密なデータが数年以内に得られることが確実となっている。いまや、インフレーション理論のより詳細な研究の重要性は非常に高くなっている。

インフレーション理論の最も重要な理論的予言は、銀河や銀河団の集合としての宇宙の大規模構造の起源がインフレーション中のインフラトンと呼ばれるスカラー場の量子揺らぎに起因するというものである。インフレーション理論は、スケールにはとんど依存しない振幅を持った初期温度揺らぎと原始重力波の存在を予言している。実際には、数パーセント程度のスケール不変性からの温度揺らぎのずれが観測されており、これもインフレーション理論の計算とよく一致している。一方で、インフレーションの起きるエネルギーのスケールでは今まで考慮していなかった小さな理論的な補正が存在し得ることも分かっている。特に重要な効果は Gauss-Bonnet 項と Chern-Simons 項による補正である。もちろんこれらの小さな補正が、インフラトンがスローロールすることを仮定している標準的なインフレーション理論の大まかな予言に対して影響を与えることは無い。しかし、数パーセントの精度の補正が観測可能であることを考慮すると、必ずしも無視できる効果であるかどうかは自明ではない。

本論文は、インフレーション理論の理論的な精密化という極めて重要な課題に取り組み、その結果として達成した世界的な業績をまとめたものである。Gauss-Bonnet 項と Chern-Simons 項による高エネルギー補正を考慮したインフレーション理論の解析を世界で初めて詳細に行なったことは高く評価できる。なかでも、Gauss-Bonnet 項による高エネルギー補正によって、短波長で原始重力波の振幅が段々と大きくなる可能性を世界で初めて明確に示すことに成功した点は学位論文として十分な価値があるものである。標準的なインフレーション理論においては短波長では必ず振幅が小さくなっていくことが知られており、本論文の結果は大きなインパクトを持っている。これ以外にも、円偏極した重力波の存在を示すなど重要な成果をあげている。本論文の成果は、インフレーション宇宙の研究を通して、高エネルギー物理学理論への窓を開いたことにある、と言えよう。

以上のように、本論文の研究結果はインフレーション宇宙論研究に対して重要な貢献をした。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 23 年 1 月 18 日、論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行った結果、合格と認めた。