OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Inflationary Universe : Power Spectra in Single-Field Inflation and Adiabatic Regularization
Author(s)	Alinea, Allan Lambit
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61492
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (Alinea, Allan Lambit)	
Title	Inflationary Universe: Power Spectra in Single-Field Inflation and Adiabatic Regularization (インフレーション宇宙論：単一スカラー場インフレーションにおける パワー・スペクトルと断熱正則化)

Abstract of Thesis

The power spectrum of primordial cosmological perturbations is one of the most important physical quantities in inflationary cosmology. From a mathematical and field-theoretic perspective, self-consistency requires that two-point function of these perturbations and the power spectrum are divergence-free. In this work, we characterize the divergences present in one implementation of a promising semi-analytical method for calculating the ("bare") power spectrum, namely, uniform approximation. Our analysis indicates that all divergences in the calculation in minimally coupled general single-field inflation, are logarithmic in nature, and that the power spectrum is only finite up to second order in the slow-roll parameters. In addition to this, we perform adiabatic regularization of the power spectrum in two generalizations of the canonical inflation model covering minimally and nonminimally coupled cases. In both of these cases, we find that the physical power spectrum converges to the "bare" power spectrum. This justifies the use of the "bare" power spectrum in standard calculations in inflationary cosmology.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	(Alinea, Allan Lambit)		
	(職)		氏　名
論文審査担当者	主 査	教授	細谷　裕
	副 査	教授	窪田高弘
	副 査	教授	長峯健太郎
	副 査	准教授	尾田欣也
	副 査	助教	田中　実

論文審査の結果の要旨

宇宙初期に起こったとされる宇宙の指数関数的膨張，インフレーションの研究は、COBE, WMAP, PLANCK といった観測衛星によるデータの蓄積のお蔭で、今や精密科学の領域に入りつつある。3度K背景輻射の温度揺らぎの起源は，インフレーション期におけるインフラトンと総称される未知の場の量子揺らぎに起因すると考えられている。本論文「Inflationary Universe: Power Spectra in Single-Field Inflation and Adiabatic Regularization（インフレーション宇宙論：単一スカラー場インフレーションにおけるパワー・スペクトルと断熱正則化)」では初期宇宙論の基礎となる量子揺らぎのパワー・スペクトルを理論的に解析した。特に(1)パワー・スペクトルを評価する際の基礎となる Mukhanov-Sasaki 方程式の解析方法，及び(2)揺らぎの 2 点相関関数で 2 つの点が近づいたときの特異性を除去した場合，観測データと比較すべき理論計算に影響があるか否かを研究した。(1)の研究の主眼は，Mukhanov-Sasaki の時間に関する 2 階の微分方程式を出来る限り正確に解くことにあり一様近似で考察した。解から得られる情報は (a)scalar power spectrum, (b)tensor power spectrum, (c)tensor to scalar ratio, (d)scalar index, (e)tensor index, (f)scalar running, (g)tensor running の 7 つの量である。この解法の妥当性は，共形時間が零における対数的特異性が相殺することによって確認される。先行研究では 2 次までの近似ならば対数的特異性は相殺することが確認されていた。本論文では近似をさらに上げると，(d),(e),(f),(g)については全次数で特異性が消えることを示し，(a),(b),(c)については特異性が残ることをあらわな計算によって確認した。この事実は，一様近似の使用方法に欠陥があることを示しており，この分野の研究者に再検討を迫るものとなっている。(2)の研究で用いている方法は，断熱正則化と呼ばれる。この方法は、宇宙膨張が十分にゆっくりと進行する（仮想的な）状況のもとでの零点振動との差が観測されるパワー・スペクトルであると主張するものであり，この仮想的な状況での零点振動を引き算項としている。本論文では二つの場合についてこの引き算項を調べた。ひとつはKインフレーションでかつ重力との結合が最小限の場合，もうひとつは正準運動項にポテンシャルを付加したモデルで重力との結合が拡張された場合である。引き算項は時間の関数であるが，いずれの場合も地平線（horizon）を超える時期には十分に小さくなって，観測量の予言には影響を及ぼさないという結論を得た。本論文は，これまでの計算方法の問題点を指摘し，その適用に警鐘をならすものであり，パワー・スペクトル解析に与える影響は大きい。さらに、場の量子論の立場から原則に忠実な計算方法を与え、従来の計算方法を合理化するという意味でも価値が高い。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。