

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006-2009

課題番号：18540254

研究課題名（和文） 宇宙論的観測データを用いた初期宇宙の探求

研究課題名（英文） Research for the early universe using observational data

研究代表者 川崎 雅裕

東京大学・宇宙線研究所・教授

研究者番号：50202031

研究分野：宇宙物理学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理（理論）

キーワード：素粒子の宇宙論、インフレーション、超対称性

#### 1. 研究計画の概要

最近の宇宙論は観測の質と量、両面の急速な進歩によって発展し、宇宙のごく初期について重要な知見が得られるようになってきた。そこで、これまで蓄積された、あるいは、近い将来期待される宇宙論的観測データに基づいて、インフレーションなどの宇宙初期の現象を探求し、その結果によって、宇宙の物質の起源、暗黒物質に対する理解を深めるとともに、それらを予言する素粒子モデルに宇宙論的制限を与えることが本研究の目的である。具体的には以下の項目について研究を進める。

（1）インフレーション宇宙：超対称性理論などの素粒子理論に基づいてインフレーションモデルを構築するとともに宇宙論的観測を用いてインフレーション宇宙モデルに対して制限を与える。

（2）長寿命素粒子の宇宙論的制限：標準理論を超える素粒子理論ではグラビティーノやアクシオンなど、相互作用が弱いため長寿命となり、宇宙論的な影響を持つものが少なからず存在する。それらの粒子が元素合成や宇宙背景輻射などに与える影響を調べることによって、その粒子の特性、さらには、その粒子を予言しているモデルに対して制限を与える

（3）宇宙の物質の起源：宇宙における物質・反物質の非対称性の起源を説明するいくつかのメカニズムについてそれが現在の宇宙に残す痕跡を見いだしその観測可能性を議論する。

#### 2. 研究の進捗状況

研究計画に基づきインフレーション宇宙、長

寿命素粒子（アクシオン・グラビティーノ）物質の起源に関して、様々な理論的研究を行っている。これまでの成果としては

（1）超対称性（超重力）に基づくインフレーション宇宙モデルにおけるグラビティーノの非熱的生成過程を新たに見だし、インフレーション宇宙モデルに制限が与えられることを明らかにした。

（2）超対称性モデルにおいて、スカラー・タウやニュートラリーノなどの超対称性粒子がグラビティーノに崩壊する場合に崩壊によって生成された粒子が宇宙初期の元素合成に与える影響を調べ、軽減その観測と比較することによって超対称性粒子の質量・存在量に対する制限を得た。

（3）超対称性アクシオンモデルに関して、アクシオンの超対称性パートナーであるアクシーノとスアクシオンが宇宙の熱史に与える影響を詳細に調べ、インフレーション宇宙の再加熱温度に厳しい上限があることを明らかにした。

（4）超対称性理論で宇宙の物質・反物質値非対称性を説明するアフleck・ダイン・モデルでは一般に、バリオン非等曲率揺らぎが生じる。従来、アフleck・ダイン場とインフラトンとの相互作用により揺らぎが抑制されると考えられていたが、現実的なインフレーションモデルでは非等曲率揺らぎが抑制されず、観測からモデルに制限が得られることを明らかにした。

（5）アクシオンやアフleck・ダイン場が生成する等曲率揺らぎが大きな非ガウス性を持つ可能性を指摘した。

### 3. 現在までの達成度

当初の計画以上に進展している。

(理由)

長寿命粒子の宇宙論的制限では、グラビティーンノに関し、新しい生成過程とそれによるインフレーション宇宙モデルに対する制限を得ることができ、アクシオンに関しては、その超対称性パートナーを含めた包括的な解析を行い期待以上に厳しい宇宙論的制限を得ることができた。また、宇宙背景放射揺らぎに大きな非ガウス性が存在する可能性があるという WMAP 衛星による観測に基づき、アクシオンやバリオン数生成モデルにおいて大きな非ガウス性をもつ等曲率揺らぎが生成される可能性があることを明らかにすることができた。さらに、これらの研究はインフレーション宇宙モデルと密接に関係しており、観測から揺らぎの性質や再加熱温度を通じてインフレーション宇宙モデルに対して、従来よりも厳しい制限をつけることができた。

### 4. 今後の研究の推進方策

これまで行った様々な研究を引き続き進めていくとともに、今年度初めに、宇宙背景放射を観測する新たな衛星 (Plank 衛星) が打ち上げられる予定なので、Plank 衛星によって得られるこれまで以上に精度の高い観測データを見越して、揺らぎの非ガウス性などからインフレーション宇宙モデルやアクシオン等に対する検証可能性を明らかにする。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 33 件)

M. Kawasaki, K. Nakayama, T. Sekiguchi, T. Suyama, F. Takahashi, "Non-Gaussianity from isocurvature perturbations" JCAP 0811, 019 [21pages] (2008) 査読有

M. Kawasaki, K. Kohri, T. Moroi, A. Yotsuyanagi, "Big-Bang Nucleosynthesis and Gravitino" Physical Review D 78, 065011 [14pages] (2008) 査読有

S. Kasuya, M. Kawasaki, F. Takahashi, "Isocurvature fluctuations in Affleck-Dine mechanism and constraints on

inflation models"

JCAP 0810, 017 [14pages] (2008) 査読有

M. Kawasaki, K. Nakayama, M. Senami, "Cosmological implications of supersymmetric axion models" JCAP 0803, 009 [24pages] (2008) 査読有

M. Kawasaki, K. Kohri, T. Moroi, "Big-bang nucleosynthesis with long-lived charged slepton" Phys. Lett. B 649 436 439 (2007) 査読有

M. Kawasaki, F. Takahashi, T.T. Yanagida "The gravitino overproduction problem in inflationary universe" Physical Review D74 043519 [14pages] (2006) 査読有

[学会発表](計 2 件)

M. Kawasaki "Cosmological Constraints on Gravitino and Axion in the Inflationary Universe" Hot topics in Modern Cosmology Spontaneous Workshop 2 Carese, France, May 12 - 17 (2008)

M. Kawasaki "Moduli Problem, Thermal Inflation and Baryogenesis" Finnish-Japanese Workshop on Particle Cosmology, Helsinki, Finland, March 8-9 (2007)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]  
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]