



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Phenomenological and cosmological aspects of string axion and supersymmetric standard models [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	大本, 直哉
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13561号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74269
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Naoya_Omoto_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 大本 直哉

審査担当者	主査	教 授 小林 達夫
	副査	教 授 鈴木 久男
	副査	特任准教授 瀬戸 治
	副査	講 師 末廣 一彦

学 位 論 文 題 名

Phenomenological and cosmological aspects of string axion and
supersymmetric standard models
(弦理論アクシオンと超対称標準模型の現象論的かつ
宇宙論的側面についての研究)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

素粒子物理学を記述する理論は、素粒子標準理論として現在確立しており、様々な実験により検証されている。しかし、素粒子物理学にはまだまだ未解明の謎も多く、素粒子標準理論を超える様々な理論が模索されている。一方、宇宙観測は、近年目覚ましい発展を遂げ、様々な新しい観測データが発表され、精密科学となっている。このような現状を踏まえて、本論文では標準理論を越える理論として、超弦理論と超対称標準模型の素粒子物理学の性質と宇宙論の性質を議論している。

超弦理論は、重力を含めたすべての相互作用とクォーク・レプトンやヒッグス粒子などを統一的に記述する枠組みを与える。超弦理論は、我々の4次元時空に加えて、6次元コンパクト空間の存在を预言する。そのコンパクト空間の幾何学的性質を表す自由度がモジュライ場であり、その虚数部分がアクシオンと呼ばれる場である。このようにアクシオンはコンパクト空間上の超弦理論の特徴的なモードであり、その様々な性質を研究することがコンパクト空間上の超弦理論の間接的な検証へつながる。このアクシオンのモードは、摂動論的には平坦なポテンシャルをもち、インフレーションを引き起こす場であるインフラトンの有力な候補である。アクシオンは非摂動論的效果により、ポテンシャルを生成する。これまではそのような非摂動論的效果により生成されたポテンシャルにより、場の値の移動がプランクスケールを超えるインフレーションのシナリオを研究されてきた。その際、アクシオンの崩壊定数もプランクスケールよりも多きものである。このようなプランクスケールより大きな崩壊定数は、理論面から、問題があるとの指摘があることに加え、場の値の移動がプランクスケールを超えるインフレーションは、宇宙背景輻射の実験から否定されている。本論文の前半では、プランクスケールに比べて小さな崩壊定数をもつアクシオンによる場の値の移動がプランクスケールを超えないインフレーションモデルの性質が解析されている。まずはインフレーションがどのようなパラメータ領域で実現されるかを具体的に示した。また、インフレーションに関する観測値の崩壊定数依存性を解析し、さらにはインフレーション後の宇宙の発展を調べ、再加熱温度などについても崩壊定数の依存性を評価して、ビッグバン軽元素合成が起こるために必要な再加熱温度から、アクシオンの

崩壊定数がプランクスケールの 100 分の 1 倍以上という下限をつけている。このような崩壊定数は超弦理論の観点から自然な値である。とにかく、場の値の移動がプランクスケールを超えないアクシオンインフレーション模型において、上記のような物理量のアクシオンの崩壊定数依存性を系統的に評価した研究はこの研究が初めてで、アクシオンインフレーションにおける重要な成果となっている。

本論分の後半では、標準理論を超対称化した超対称性標準理論の素粒子物理学的性質や宇宙論的性質が議論されている。超対称性はボゾンとフェルミオンの対称性であり、標準模型の粒子のすべてに超対称粒子の相棒がいることを预言する理論である。その超対称性標準模型の中で、 1 重項の場を増やし、 Z_3 対称性を課した模型が盛んに研究されている。この Z_3 対称性が自発的に破れると宇宙において、ドメインウォールを生成し、このドメインウォールが宇宙に残り続けると我々の宇宙とは大きく異なる宇宙へとつながる。本論分では、 Z_3 対称性のあからさまな破れを導入し、ドメインウォールが生成されるものの、崩壊していくシナリオを吟味している。このシナリオにおいては、ドメインウォールの生成・崩壊において、エントロピーの生成が引き起こされ、それまで宇宙に存在した余分なグラビティーノやモジュライなど余分な粒子の残存量を薄めることが定量的に評価され、必要な超対称性の破れのスケールなども解析されている。一方、ニュートリの質量とバリオン数の生成などについても超対称標準模型の枠内で研究がなされている。

このように本学位論文は、標準理論を越える理論として、超弦理論と超対称標準模型の素粒子物理学的・宇宙論的重要な性質を解析し、今後の素粒子標準理論を越える理論の探索と宇宙論の探索に大いに貢献できると期待する。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。