様式８

令和６年度（2024）　共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名　和文：宇宙の進化と素粒子模型
英文：Evolution of the universe and particle physics

研究代表者　伊部昌宏
参加研究者　東京大学宇宙線研究所•教授•川崎雅裕
名古屋大学・教授・久野純治　京都大学工学部・講師・瀬波大土、
神奈川大学理学部・教授・粕谷伸太　金沢大学・教授・青木真由美
国立天文台・教授・郡和範　東北大学理学部・教授・高橋史宜
金沢大学・准教授・石渡弘治　金沢大学・助教・斎川賢一
東京大学宇宙線研究所・研究員　浅井健人、Ｄ３渡邊圭一、Ｄ２笠井健太郎、Ｄ１千歳彬文、根田俊輔、Ｍ２青木隆史

研究成果概要

本年度は、昨年度に精密化を行った準安定な宇宙ひもの崩壊率の解析に引き続き、その宇宙ひもを自然に生成するインフレーション模型の構築を行った。特に、近年のパルサー・タイミング・アレイ（PTA）観測によって示唆される nHz 帯の統計的重力波信号が、準安定な宇宙ひもに由来する可能性があるという状況を踏まえ、本研究ではこの現象を理論的に説明し得るＲ対称性を持つ新しい超対称インフレーション模型を提案した（arXiv:2411.13299）。

本研究で構築した模型は、2 段階の対称性の破れ SU(2) → U(1) → なし を含み、この過程を通じて準安定な宇宙ひもが形成される。第 1 段階の対称性の破れを担うスカラー場はインフラトンとしても機能し、インフレーション終了後に第 2 段階の破れが生じ、磁気モノポールの生成を伴わずに宇宙ひもネットワークが形成される。このような構造により、宇宙ひもの生成とインフレーションを統一的に記述できる。

本模型で誘導される宇宙ひもの張力は $G_N\mu \sim 10^{-5}$ と見積もられ、PTA 観測により示唆される値と整合的である。また、インフラトンセクターの崩壊によって非熱的に生成されるグラビティーノの量を抑制するために、再加熱温度を十分低く保つ必要がある。この設定は、LIGO-Virgo-KAGRA 等の高周波重力波実験による制約を回避しつつ、将来の PTA および干渉計型重力波実験で検出可能な特徴的な重力波シグナルを予測する。加えて、本研究では本模型が非熱的レプトジェネシスや超対称暗黒物質候補との整合性も保つことを示しており、初期宇宙論、素粒子論、重力波天文学の接点にある理論的に整合的な枠組みを提供する成果となった。

整理番号　H02