



Title	String cosmology in a torus universe
Author(s)	堀田, 健司
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41537">https://hdl.handle.net/11094/41537</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	堀 田 健 司
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 3 8 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 11 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学 位 論 文 名	String cosmology in a torus universe (トーラス宇宙における弦宇宙論)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 吉川 圭二
	(副査) 教 授 高杉 英一 教 授 佐々木 節 教 授 東島 清 助教授 糸山 浩

## 論 文 内 容 の 要 旨

弦理論には $T$ -双対性と呼ばれる対称性がある。この性質を用いた弦宇宙模型の一つとして Brandenberger-Vafa の模型が挙げられる。この模型では、トロイダル宇宙模型を採用し、運動量に共役な座標 $x$ で記述される空間に加えて、巻き数に共役な座標 $\tilde{x}$ で記述される空間が導入されている。このとき、弦のスケールよりも大きな宇宙は座標 $x$ で記述され、小さな宇宙は座標 $\tilde{x}$ で記述される。結果として、標準ビッグバン模型で現れるような特異点は現れず、座標 $x$ で記述される宇宙は座標 $\tilde{x}$ で記述される宇宙からの発展として理解される。この模型でもっとも興味深い現象は宇宙のサイズが弦のスケール程度のときに起きる、 $\tilde{x}$ 空間から $x$ 空間への遷移である。そこで、我々は運動量量子数 $m$ と巻き数 $w$ の両方を持つ状態が存在するか否かの統計的指標として、その積の分散によって運動量と巻き数の‘相関’を定義し、トーラス上の弦の統計力学を用いてこれを高温極限と低温極限で計算した。もし弦が巻き数 $w$ と運動量量子数 $m$ の両方を持つ状態が多く存在したなら、その状態を通じて座標 $\tilde{x}$ で記述される宇宙から座標 $x$ で記述される宇宙へ情報が伝達する可能性があり、その痕跡が現在観測される可能性も考えられ、弦理論が正しいことの証拠となり得るからである。そして、弦の低エネルギー有効理論に基づいた Tseytlin の宇宙模型を用いて、この痕跡が現在の宇宙で観測される可能性を考察したが、結果は否定的である。

次に、トーラスのモデュライの効果を考慮に入れた場合、 $T$ -双対性からどのような効果が得られるかを考察するための簡単なモデルとして、メトリックの非対角成分を入れた場合の $(2+1)$ 次元トーラス宇宙の時間発展を弦理論の低エネルギー有効理論を用いて調べた。 $T$ -双対変換に含まれるトーラスのモデュライ変換を考慮に入れると、低エネルギー有効理論から求まる解は、2つの独立なサイクルの比を表わすパラメーター  $\sqrt{G_{11}/G_{22}}$  ( $G_i$  はメトリックの各成分) の漸近的な振る舞いで特徴づけられる。このパラメーターが漸近的に有理数となる場合、各サイクルの長さが最も短くなるようにモデュライ変換すれば、一方のサイクルが拡張し続け、他方のサイクルが一定の長さとなる。パラメーターが漸近的に無理数となる場合、同様にモデュライ変換したとしても、両方のサイクルとも拡張し続ける。また、メトリックが対角成分しか持たない場合の逆数変換に対応する $T$ -双対変換を解に施した場合についても調べた。この場合、パラメーターが漸近的に有理数になるならば、一方のサイクルの長さが 0 に近づき、他方のサイクルが一定の長さとなる。これらの議論は、標準超弦理論における 4 次元宇宙空間が漸近的な時間領域で空間の一部がプランクサイズにコンパクト化して、3 次元空間のみが拡がるという現実的な宇宙の時間発展の存在を探索する

模型として大きな意義がある。

### 論文審査の結果の要旨

堀田君は、String Cosmology in a Torus Universeというタイトルのもとで、弦理論における宇宙模型について研究を行った。素粒子像に基づく宇宙像と異なって、弦理論においては、トーラス宇宙に弦が巻きつく自由度が生じるため、通常の運動量に正準共役な座標 $x$ で記述される $x$ -空間のほかに、巻き数に共役な $\tilde{x}$ -空間も現れる。堀田君は、 $2+1$ 次元トーラス空間模型に於いて、 $\tilde{x}$ -空間から $x$ -空間へのシグナルの伝達可能性、インフレーション過程に至るまでの宇宙の時間発展の様子、などの詳しい解析を行い、粒子説の宇宙発生時に見られる一点に収縮した空間のような特異点は存在しないことを確認した。これらの結果は今後の宇宙論へ大きな示唆を与えるものと考えられるので、この論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値が在るものと認める。