

# 博士論文要旨

## 論文題名：非対称オービフォールド上の超弦真空の

### 1 ループ解析

立命館大学大学院理工学研究科  
基礎理工学専攻博士課程後期課程

ワダ タイキ  
和田 大樹

本論文では、1つの元によって生成されるオービフォールド群のツイストによってコンパクト化された非対称オービフォールド上のタイプ II 型の超弦真空について、世界面の共形場理論による方法で研究する。特に左右対称のオービフォールドでは構成が困難とされる、宇宙定数がゼロでかつ超対称性の破れている超弦真空に焦点を当てて議論する。

まず、超弦理論の時空のトーラスの座標に対してカイラルな符号反転をする作用と、時空の左向きか右向きのどちらかのフェルミオンの状態のみに対して符号反転させる作用、さらには、コンパクトでない方向への並進に対応した作用を導入する。そして、それらを組み合わせた作用のオービフォールド群で定義される非対称オービフォールドについて、1ループの真空振幅に対応した世界面の分配関数を計算することによって解析する。このような分配関数は、世界面の2次元トーラスのモジュラー不変性を要請することで求められる。

超弦理論の時空でカイラルな符号の反転は、位数が2のものだけではなく位数が4のものも定義できる。この位数が4のカイラルな符号反転をオービフォールドのツイストに組み込むことで、時空の超対称性が破れながらも、1ループの真空エネルギー密度が同数のボソンとフェルミオンの寄与によって打ち消される超弦真空が実現されることを見る。このような超弦真空は1つのタイプのツイストに限られたものではなく、カイラルな符号反転を修正することで様々なバージョンを構成できる。さらには、これらの反転が作用する軸の選び方によっても、弦のスペクトルの異なった時空を考えることになる。

一般に非対称オービフォールドでは、弦のスペクトルがユニタリであるかどうか非自明になる。本研究で扱うタイプのオービフォールドは、ツイストされたセクターの分配関数を、オービフォールドの射影演算子が挿入されたものと解釈することで、ユニタリ性を示せる。また、このような構成のオービフォールドでは、真空エネルギー密度がボソンとフェルミオンの寄与で打ち消されるとき、タキオンの状態は現れない、すなわち、安定な真空になっていることが示される。

# Abstract of Doctoral Thesis

## **Title: One Loop Analyses of Superstring Vacua on Asymmetric Orbifolds**

Doctoral Program in Advanced Mathematics and Physics  
Graduate School of Science and Engineering  
Ritsumeikan University

ワダ タイキ

WADA Taiki

In this thesis, we study the type II string vacua on asymmetric orbifolds compactified by the twists with the orbifold group generated by a single element by means of worldsheet conformal field theory approach. We focus on the non-supersymmetric string vacua with vanishing cosmological constant, which are difficult to be constructed by symmetric orbifolds.

We introduce the chiral reflection acting on the coordinates of certain tori and the sign inversion of the right or left-moving fermionic states. Combining them with the translation on a non-compact coordinate, we define the orbifold groups. These orbifolds can be analyzed by evaluating the partition function of the worldsheet corresponding to one-loop amplitude of the string. We can find these partition functions by requiring the modular invariance of two-dimensional torus of the worldsheet.

We can define the chiral reflection of order four as well as two. The square of this chiral reflection becomes the chiral sign inversion of states of the spacetime fermion. When the orbifold twist contain this chiral reflection, we find the non-supersymmetric string vacuum where the vacuum energy density is canceled out by the contribution from the same number of bosons and fermions.

We can obtain various asymmetric orbifolds with such characteristics by modifying chiral reflection. Furthermore, the different string vacua are also realized by changing the coordinates where the chiral reflection act.

It is not obvious whether the spectrum of the string is unitary in each vacuum for asymmetric orbifolds generally. We confirm that the asymmetric orbifolds discussed in this thesis are consistent with the unitarity by interpreting the partition function in each twisted sector as the trace where the certain projection is inserted. In addition, we show the stability of these vacua, namely, the tachyonic states do not arise when the vacuum energy density vanishes by the bose-fermi cancellation.