

氏 名 金子 弘道

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 945 号

学位授与の日付 平成 18 年 3 月 24 日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 素粒子原子核専攻  
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Stability of homogeneous spaces in II B type Matrix  
models

論文審査委員	主 査	助教授	西村 淳
		教授	岡田 安弘
		助教授	筒井 泉
		教授	北澤 良久
		助教授	橋本 省二
		教授	石橋 延幸（筑波大学）

## 論文内容の要旨

In this thesis, we study the effective actions on fuzzy spacetime manifolds in IIB type matrix models at two loop level. IIB matrix model is a candidate of a non-perturbative formulation of string theory. It generates the spacetime dynamically. We use this property to study the stability of fuzzy homogeneous space backgrounds. In this thesis, we investigate  $S^2 \times S^2$ ,  $S^2 \times S^2 \times S^2$ ,  $CP^2$  and  $SU(3)/U(1) \times U(1)$  as backgrounds. The main purposes are to investigate the dimensionality of stable spacetimes and scaling behavior of the effective actions. We believe that these investigations may shed light on the origin of the universe.

First, we study the stability of fuzzy  $S^2 \times S^2 \times S^2$  backgrounds in three different IIB type matrix models with respect to the change of the spins of each  $S^2$ . We find that  $S^2 \times S^2 \times S^2$  background is metastable and the effective action favors a single large  $S^2$  in comparison to the remaining  $S^2 \times S^2$  in the models with Myers term. On the other hand, we find that a large  $S^2 \times S^2$  in comparison to the remaining  $S^2$  is favored in IIB matrix model itself.

Next, we study the stability of fuzzy  $S^2 \times S^2$  background in detail in IIB matrix model with respect to the scale factors of each  $S^2$  as well. In this case, we find unstable directions which lower the effective action away from the most symmetric fuzzy  $S^2 \times S^2$  background.

Finally, we study fuzzy  $CP^2$  background in IIB matrix model. The background is stable and its effective action is comparable to  $S^2 \times S^2$ . Furthermore, we find that scaling behavior in large  $N$  limit is universal such that effective action scales as  $N$  in 4d compact manifolds and scales as  $N^{4/3}$  in 6d ones.

## 論文の審査結果の要旨

本博士論文は、金子弘道氏が共同研究者と本専攻博士課程において行った研究を集大成したものであり、Stability of Homogeneous Spaces in IIB Type Matrix Models と題する。

本論文は5つの章で構成され、4つのappendixを含む。近年明らかになった宇宙の特徴（4次元deSitter的宇宙）を理解するためには、重力の量子化が不可欠である。超弦模型の非摂動論的定式化として提唱された行列模型は、最も確からしい宇宙を決定する可能性がある。行列模型において、コンパクトな等質空間が構成できるが、それらはdeSitter空間（をユークリッド化した空間）と同じ種類の空間に属する。この種の空間を、IIB行列模型の背景場として導入することによって、特定の時空に対するIIB行列模型の有効作用を計算することができる。有効作用は、ループ展開によって摂動論的に計算できるが、ループ展開係数は、背景場のスケールファクターと関係し、ゲージ理論の't Hooft 結合定数と同定できる。2ループ近似において、有効作用を極小化する非自明な解が存在する事が明らかになった。球面は、 $SU(2)/U(1)$ として群論的に構成可能であり、 $SU(2)$ 代数はよく調べられていることから、球面およびその直積空間は、詳細に研究することが可能である。金子さんは三つの球面の直積空間に付随する有効作用を、各球面の大きさ（表現の次元）を変えて研究し、4次元的な二つの球面の直積空間が最も安定である事を示した。しかしながら、2つの球面のスケールファクターと表現の次元の双方を変化させたときに、最も対称的な配位に比べて有効作用がより小さい不安定な方向がある事を見いだした。このような不安定性は、より対称性の高い空間には存在しないと予想される。その例として $SU(3)$ 対称性を持つ $CP^2=SU(3)/U(2)$ がある。 $SU(3)$ 対称性を持つ非可換な空間である $CP^2$ は $(p, 0)$ 表現、 $SU(3)/U(1) \times XU(1)$ は $(p, p)$ 表現から構成され、前者は4次元の後者は6次元的空間である。金子さんは、各表現に付随した2ループレベルの有効作用を、有限次元行列に対して数値的に評価し、行列次元 $N$ を無限大に外挿した場合の有効作用の $N$ 依存性を研究した。

結果として、4次元の時空においては $N$ 、6次元の時空においては $N^{4/3}$ に比例することを見いだした。この結果は球面の直積空間等と同様であり、非可換等質空間上の有効作用が、空間の次元に依存するユニバーサルなスケール則を示すことを強く支持する。ユニバーサルなスケール則は、宇宙の特徴の説明を与える可能性があり、今後の研究が期待される。結論として本論文は、素粒子理論に関する金子氏の深い学識と研究能力を実証したものであり、審査員全員一致で十分博士論文に値すると判定された。