

氏 名 今 井 孝 明

学位（専攻分野） 博士(理学)

学 位 記 番 号 総研大甲第745号

学位授与の日付 平成16年3月24日

学位授与の要件 数物科学研究科 素粒子原子核専攻

学位規則第4条第1項該当

学 位 論 文 題 目 Effective Actions of the IIB Matrix Model

論 文 審 査 委 員 主 査 教授 岡田 安弘  
教授 北澤 良久  
助教授 磯 暁  
助教授 西村 淳  
助教授 橋本 省二  
教授 石橋 延幸 (筑波大学)

## 論文内容の要旨

Our interest is what kind of spacetime is realized in the IKKT IIB Matrix Model, which is considered to be a constructive definition of superstring theory.

We interpret the vacuum expectation value of  $A_\mu$  as spacetime and the quantum fluctuation as matter and gauge field.

In this thesis, we calculate effective actions perturbatively up to the two loop level around the 2 dimensional fuzzy  $S^2$  spacetime, the 4 dimensional fuzzy  $S^2 \times S^2$  and the 6 dimensional fuzzy  $S^2 \times S^2 \times S^2$ .

A fuzzy  $S^2$ ,  $S^2 \times S^2$  and  $S^2 \times S^2 \times S^2$  spacetime are the simplest 2, 4 and 6 dimensional spacetime. We hope that they capture the general feature of 2, 4 and 6 dimensional spacetime respectively.

Based on the power counting and SUSY cancellation arguments, we can identify the 'tHooft coupling and large N scaling behavior of the effective actions to all orders in the case of 2, 4, 6 dimensional spacetimes. We discussed the effective actions of the IIB matrix model around the 2 dimensional fuzzy  $S^2$  spacetime, the 4 dimensional fuzzy  $S^2 \times S^2$  and the 6 dimensional fuzzy  $S^2 \times S^2 \times S^2$ . We show the followings:

- The effective action around 2 dimensional fuzzy  $S^2$  has no minimum so it is not realized.
- The effective action around 4 dimensional fuzzy  $S^2 \times S^2$  has a minimum and  $O(N)$ .
- The effective action around 6 dimensional fuzzy  $S^2 \times S^2 \times S^2$  has a minimum and  $O(N^{\frac{3}{2}})$ .

Among the  $2(S^2)$ ,  $4(S^2 \times S^2)$ ,  $6(S^2 \times S^2 \times S^2)$  dimensional spacetimes, the effective action around 4 dimensional fuzzy  $S^2 \times S^2$  is favored.

In 4 dimensional fuzzy  $S^2 \times S^2$  cases, more symmetrical spacetime is favored.

## 論文審査結果の要旨

今井孝明氏の博士論文は、超弦理論の非摂動論的定式化をめざす IIB 型行列模型において様々な次元の非可換等質空間上の有効作用を研究した論文である。超弦理論は、重力理論を含む素粒子の統一理論として有力であるが、我々の時空に対する認識を根本的に革新する理論であると期待される。実際超弦理論には、様々な次元の広がった物体（ブレーン）が存在し、ブレーンワールド等の新しい宇宙像を啓発している。超弦理論の非摂動論的理解のためには、様々なブレーンを統一的に量子化する必要があると予想される。行列模型は、ブレーンの有効作用として最初に登場したが、行列の次元を無限大に拡大する事（ラージ N 極限）によって弦論理論の根本的な定式化を与える可能性があると考えられている。

超弦理論の行列模型の一つとして、IIB 型行列模型があげられる。この模型は KEK グループによって提唱されたが、IIB 超弦理論と同様 10 次元の超対称性を持つ興味深い行列模型である。行列模型においては、時空と物質場が同じ行列自由度に由来して生ずると期待される。その具体例として、非可換時空とゲージ理論があげられる。特に非可換球面とその高次元版は、有限次元の行列模型で構成可能である。行列模型においては、有効作用を最小化する時空が最も確からしい時空と考えられる。今井氏は、有限次元の IIB 型行列模型において、様々な非可換球面に対応する背景場に対して有効作用を計算し、どの種の時空が小さな有効作用をもつか研究した。具体的には、背景場として 2 つの球面の直積空間に着目した。二つの球面の半径の比を変えることによって、2 次元的空间と 4 次元的空间を外挿することができる。今井氏は、球面の半径の比の関数としてラージ N 極限の有効作用を 2 ループレベルまで計算した。その結果、同一半径の球面の直積空間（4 次元的空间）が最小の有効作用を有する事を高い精度で示した。

当博士論文は、今井氏が共同研究者と遂行した、非可換等質時空上の行列模型の有効作用の研究をまとめたものである。その核心部分は、彼の独創性と豊かな学識によって成功に導くことができた、2 次元的空间と 4 次元的空间を外挿する 2 つの球面の直積空間に対する IIB 型行列模型の有効作用の計算に関するものであり、4 次元時空を予言するという興味深い結論を導いている。

当博士論文は、3 つの論文の内容をまとめたものであり、そのうち 2 つは、Nucl. Phys. B に掲載され、1 つは投稿中である。3 章は高山氏との共同研究であるが、Wigner 近似を用いる発想は、今井氏によるものであり、その点で彼の貢献を第一に評価する。

本博士論文は、今井氏の素粒子論研究者としての高い資質を示したものであり、十分博士論文として認められると結論した。