

氏 名	高山 靖敏
学位（専攻分野）	博士（理学）
学位記番号	総研大甲第 850 号
学位授与の日付	平成 17 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	Correlators of supersymmetric matrix models & supersymmetric Yang-Mills theory
論文審査員	主 査 助教授 磯 暁 教授 岡田 安弘 教授 北澤 良久 助教授 筒井 泉 助教授 西村 淳 教授 石橋 延幸（筑波大学）

In this thesis we discuss bosonic and supersymmetric matrix models and the IIB matrix model on coset spaces.

We investigate correlators $\langle \text{Tr} A_\mu A_\nu \rangle$ in matrix models up to two loop level. We develop a procedure to evaluate them through one particle irreducible diagrams and determine the large N scaling behavior of them.

On the two dimensional coset space S^2 , we find that the correlator is given by a unique tensor just like the classical one. This fact shows that the eigenvalues of matrices are always distributed as S^2 .

For the IIB matrix model on the four dimensional coset space $S^2 \times S^2$, it is found that the correlators consist of two independent tensors. Although the first tensor is due to a distribution of $S^2 \times S^2$, the second tensor indicates a distributions of a four-dimensional fractal. This implies that the fuzzy $S^2 \times S^2$ acquires a four dimensional fractal structure due to NC gauge theory on it in contrast to fuzzy S^2 . We also give another interpretation of the correlator. We see that the correlator consists of the two parts, one of the parts belongs to the $S^2 \times S^2$ directions, the other one does extra-dimensions other than $S^2 \times S^2$. It may seem that the correlator gives the information of the extra-dimensions of spacetime. This information would lead to a holographic picture, that is, results from the IIB matrix model on $S^2 \times S^2$ in the large N limit will be reproduced by some dual gravitational theory.

Secondly we investigate the operators with vanishing vacuum expectation values which are the Wilson lines carrying the minimum momentum. We investigate the two point functions of these Wilson lines on S^2 and $S^2 \times S^2$. We find logarithmic scaling violations (or finite anomalous dimensions) of the Wilson lines.

Finally we investigate the BPS operators in IIB matrix model on $S^2 \times S^2$. We find that these operators are free from divergence, which is similar to the BPS ones in $\mathcal{N}=4$ super Yang-Mills theory. We also find that even in the IR region the behavior of these operators are not the same but the similar behavior. This work is an important step to clarify SUGRA/NCYM correspondence.

論文の審査結果の要旨

本博士論文は、高山靖敏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、Correlators of supersymmetric matrix models & supersymmetric Yang-Mills theory と題する。本論文は6つの章で構成され、6つのappendixを含む。

第1章は、Introduction と題し、重力を含めた素粒子の相互作用の統一理論として有望な超弦理論の現状を概観し、本研究の意義を説明している。

第2章では、超弦理論の非摂動的定式化として有望な行列模型と行列模型を用いた非可換時空上のゲージ理論を解説している。IIB行列模型は超対称性をもつ興味深い行列模型である。IIB行列模型の基底状態は古典的に高度に縮退しており、その決定には量子効果の理解が不可欠である。非可換な球面は、最も簡単な非可換等質空間であり、SU(2)を用いて群論的に構成される。2個の球面の直積空間は、2ループレベルにおいてIIB行列模型の有効作用を停留させる量子的な解となる事を論じている。

第3章では、時空の幾何学的特徴を図るゲージ不変なオペレーターを導入しその期待値を計算している。古典的にはオペレーターの期待値は2個の球面の直積空間に対応する値を示すが、量子論的には10次元的に球面と同程度の広がり示すと論じている。非可換時空上のゲージ理論のゲージ不変なオペレーターは、Wilson lineと呼ばれるが第4章においてはWilson lineの2点関数の研究に関して論じている。Wilson lineは、弦理論的には閉弦的自由度であり、その相関関数の理解は行列模型による重力理論構築の進展に不可欠である。

第5章において高山氏は非可換時空上のゲージ理論理論の、超重力多重項に対応するオペレーターを構成しその相関関数を研究した。弦理論と共通するUV/IR混合効果を見いだすなど、行列模型の重力理論としての理解を進展させる結果を得た。

第6章は結論にあてられている。

以上述べた様に、本論文は超弦理論の非摂動的定式化として有望な行列模型を用いて構成した非可換時空上のゲージ理論の相関関数を研究した論文であって、行列模型と重力の関係を理解する上で大きな成果を上げている。

本論文は、素粒子理論に関する高山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。