

氏 名	寺地 秀師
学位（専攻分野）	博士（理学）
学位記番号	総研大甲第 851 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	Supergravity backgrounds in matrix models
論文審査員	主 査 教授 北澤 良久 教授 萩原 薫 教授 岡田 安弘 助教授 磯 暁 助教授 西村 淳 教授 初田 真知子（浦和大学）

論文内容の要旨

In this doctoral thesis, we discuss how the type IIB supergravity is induced in IKKT matrix model. After the establishment of the Standard Model of particle physics, the quantization of gravity is one of the most important problems. Matrix models which propose non-perturbative formulation of superstring theory might become the clue which solves this problem.

IKKT matrix model has the picture that the spacetime is dynamically generated as a discrete object made of N D-instantons ($D(-1)$). It is the important problem what fills the role of the background when we deal with gravity in the matrix model. In this paper, we introduce $(N + 1) \times (N + 1)$ matrices and regard the extra 1×1 block as a background. We may expect that the effective action for N D-instantons is modified by backgrounds so that they live in a curved space-time. This is analogous to a thermodynamic system. In a canonical ensemble, a subsystem in a heat bath is characterized by several thermodynamic quantities like temperature and pressure. Similarly a subsystem of N D-instantons in a “matrix bath” can be characterized by several “thermodynamic quantities”. We call this extra D-instanton a “*mean field D-instanton*”.

We construct wave functions and vertex operators for N D-instantons by expanding a supersymmetric Wilson loop operator. They form a massless multiplet of the $\mathcal{N} = 2$ type IIB supergravity and automatically satisfy conservation laws. The emergence of conservation laws seems to be a sign of the local symmetry.

Next, we discuss the condensation of supergravity modes with the analogy between thermodynamics and the multi-particle system of N D-instantons. The condensation of a mean field D-instanton with an appropriate wave function $f_k(y, \xi)$ represents the background with various terms corresponding to the choice of the wave functions by integrating over off-diagonal blocks of the one-loop effective action. In particular, a Chern-Simons-like term is induced when the mean-field D-instanton has a wave function of the antisymmetric tensor field. A fuzzy sphere becomes a classical solution to the equation of motion for the effective action.

論文の審査結果の要旨

超弦理論は、素粒子に働く相互作用である強い相互作用、弱い相互作用、電磁気相互作用たちと、重力相互作用を統一的に理解できるほぼ唯一の理論として、大きな注目を集めている。この理論は、相互作用を記述するだけでなく、時空の生成や物質場の起源などのより根源的な問いにも答えることのできる理論だと考えられており、ここ20年ほどの間に大きな発展をした。しかし、現在の超弦理論の定式化は、摂動的な手法に基づいており、これらのダイナミクスに答えるためにはより基本的な定式化が必要とされる。このような状況で、超弦理論を非摂動的に、そしてまた構成論的に定式化する手法として行列模型とよばれるものが提案されている。

当博士論文では、超弦理論の非摂動的定式化のひとつとして提案されているIKKT型の行列模型において、タイプ I I 型の超重力多重項の背景場をいかにして取り入れるのか、これらの背景場に対する凝縮をどう記述するか、などを包括的に議論している。特に、超重力場の放出を議論するために、行列模型で超対称なウィルソンループ演算子をつくり、これを展開することで、超重力多重項に対する波動関数と頂点演算子を詳細に決定している。またこの波動関数を使って、行列模型においていかに超重力多重項の場が凝縮するかを議論し、超弦理論におけるマイヤース効果が行列模型においても起こりえることを示している。特に、波動関数として超対称テルソン場の波動関数をとると、これからチャーンサイモン項が生成されることが示されている。

これらの結果は、その一部については求められていたが、このような形で詳細に決定されたのは初めての結果である。さらにこの論文では、この頂点演算子の結果を使って、凝縮の問題を議論したり、large N くりこみ群への適用を議論するなどの将来性も議論されている。

以上をまとめると、当博士論文では、まず超弦理論についての簡単なレビューからはじめ、行列模型の現状、そしてその後で独自の研究結果に対する成果がきっちりとまとめられていて、博士論文に十分に値する労作であると判断される。