

氏 名 竹内紳悟

学位（専攻分野） 博士（理学）

学位記番号 総研大甲第 1143 号

学位授与の日付 平成 20 年 3 月 19 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 Numerical study of non-perturbative supersymmetric
gauge theory at finite temperature dual to black holes

論文審査委員	主 査	准教授	磯 暁
		教授	北澤 良久
		教授	小玉 英雄
		准教授	橋本 省二
		准教授	西村 淳
		教授	初田 真知子(浦和大学)

論文内容の要旨

In this thesis, we study a non-perturbative dynamics of both bosonic and maximally supersymmetric quantum mechanics by Monte Carlo simulation.

In the bosonic case, following Aharony et al., one can view the same model as describing the high temperature regime of $(1+1)d$ $U(N)$ super Yang-Mills theory on a circle. In this interpretation, an analog of the deconfinement transition was conjectured to be a continuation of the black hole/string transition in the dual gravity theory. Our detailed analysis in the critical regime suggests the existence of the non-uniform phase, in which the eigenvalue distribution of the holonomy matrix is non-uniform but gapless. We also specify the order of phase transition from the non-uniform phase to both the gapped phase and uniform phase.

In the supersymmetric case, on the other hand, it is conjectured that the model has the dual description in terms of the gravity theory through the gauge/gravity correspondence. To study its non-perturbative dynamics, we advocate a novel Monte Carlo simulation to study supersymmetric matrix quantum mechanics more efficiently, which is independent of the lattice regularization. Our results reproduced the black hole energy by solving the strongly coupled dynamics. This result not only imply that the microscopic origin of the Bekenstein-Hawking entropy has been identified from first principles, but also provides highly nontrivial evidences for the conjectured duality.

論文の審査結果の要旨

超弦理論の最近の発展において、超対称性を持ったラージNゲージ理論の重要性が高まっている。例えば、ラージNゲージ理論の強結合における振る舞いが、古典的な重力解によって記述できるという驚くべき予想がある。この「ゲージ/重力対応」と呼ばれる予想は、1997年に提唱されて以来、10年にわたり精力的に研究されてきた。また、1996年には、ラージNゲージ理論を用いた超弦理論の非摂動的定式化が提唱されている。本論文の研究対象である超対称行列量子力学は、この両側面、すなわち「ゲージ/重力対応」の最も基本的な例の一つとしての側面、および、超弦理論の非摂動的定式化という側面において、素粒子理論の研究において重要な役割を果たすモデルである。本論文では、この超対称行列量子力学の有限温度における性質が、ガウス展開法、高温展開、数値シミュレーションという3つの解析手段を用いて明らかにされている。

特に本研究では、超対称行列量子力学の非摂動的な研究を可能にする新しいシミュレーション法が提唱され、その方法を用いることにより、16個の超電荷を持つ系の強結合領域における振る舞いが、初めて明らかにされた。これにより、「ゲージ/重力対応」が初めて第一原理に基づいて検証され、また、ブラック・ホールのエントロピーが、ゲージ理論により記述される開弦の自由度により微視的に記述される事が明確に示された。これらの研究成果は、既に2編の論文にまとめられ、ともにPhysical Review Letters誌での掲載が決定している。

本論文は、これらの重要な業績を含む一連の研究成果を集大成し、背景となるアイデアや計算の詳細をまとめあげた労作であり、竹内さんの高い研究能力を証明している。よって本委員会は、博士論文審査に合格と判定する。