

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 佐藤可直

佐藤氏の学位論文は"Boundary state and dynamics of noncommutative D-brane"と題されており、弦理論の D-brane の力学に関する 2つの研究をまとめた仕事である。論文は 6 章よりなり、第 1 章は簡単な導入と各章で記述されている内容の説明、第 2 章は非可換性を持つ D-brane についてのレビュー、第 3 章は D-brane を記述する状態である境界状態に関するレビューである。第 4 章と第 5 章がこの学位論文の中核をなす部分であり第 3 章までの先行研究のレビューをふまえて筆者が行った研究、すなわち(1) 複数枚の D-brane を記述する境界状態の構築(第 4 章) と、(2) D-brane 上の点状の非可換ソリトンの運動(第 5 章) について詳しい記述がなされている。最後の第 6 章は結論といくつかの将来的な課題についてふれられている。

弦理論において D-brane はそのソリトンの励起として重要であり様々な非摂動的な性質の研究がなされている。特に D-brane が何枚か重なった場合には、非可換なゲージ対称性や非可換幾何学が自然に出現し、弦理論ならではの興味深い性質が現れる。この論文ではこの D-brane が複数枚重なった状況を調べるために重要なツールとなる境界状態の構成がまず最初のテーマとして取り上げられている。この論文ではブレーン上に非可換なゲージ対称性を記述するゲージ場とそれに付随する非可換な空間配位を記述するスカラー場がある時にどのように境界状態を記述するべきかが議論された。既にブレーンが 1 枚の場合にはどのように定義すればよいかが議論されており、この論文では複数枚への拡張が主なテーマになっている。使われている手法は 1 枚の場合とほぼ同じであり、Wilson line と呼ばれる閉弦の境界上のゲージ場の積分の指数を平坦な場合の境界状態に掛け合わせたものを求める境界状態と考える。

境界状態の形を上のように仮定した後、指数部分をスカラー場 (あるいはゲージ場) についてべき級数展開する。Wilson ラインには弦理論の摂動パラメータの一つである  $\alpha'$  が含まれているのでこれは  $\alpha'$  についてのべき級数展開となる。著者はこうして得られる境界状態から計算した弦理論の振幅を既に知られているディスク振幅と比較して一致していることを確認した。また状態の BRST 不変性や発散の消去のためには運動方程式が満たされることなどを確認した。これらはかなりの計算を要する研究であり、境界状態に関する知見を深めることに成功している。

次に第5章で書かれている話題は、その世界体積が非可換である **D2-brane** 上に局在した **D0-brane** をおいたとき、それが時間的にどのように発展するかを研究したものである。局在している **D0-brane** は不安定で最終的に **D2-brane** 上に平均的にチャージを持つ広がった **D0-brane** に行き着くことがポテンシャル関数の計算などを通じて予想されていたが、実際に数値計算を通じて視覚的にどのようにチャージが広がっていくかを示している。この過程は双対変換を通じて **D1** ブレーン同士の組み替え過程などとも関連づけられ、興味深い結果を与えている。

以上をまとめると、この研究では複数枚の **D-brane** の動力学的な性質のツールである境界状態を正確に定め、さらにそれを数値的に解析を遂行を行ったもので十分学位を与えるに値する仕事と判断される。

したがって、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。