

氏名(本籍)	ばば <sup>ゆたか</sup> 馬場 裕 (新潟県)		
学位の種類	博士(物理学)		
学位記番号	博甲第4566号		
学位授与年月日	平成20年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	<b>D-branes in OSp invariant closed string field theory</b> (OSp 不変な閉弦の場の理論における D プレーン)		
主査	筑波大学教授	理学博士	青木 慎也
副査	筑波大学教授	理学博士	石橋 延幸
副査	筑波大学教授	理学博士	金谷 和至
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	石塚 成人

### 論文の内容の要旨

近年の超弦理論の研究において D-ブレーンと呼ばれる広がったソリトンが非常に重要な役割を果たしてきた。D-ブレーンは弦理論の非摂動的取り扱いを可能にするだけでなく、D-ブレーンを用いて素粒子のモデルを作る試みも活発になされており、応用上も非常に重要である。しかし、D-ブレーンの研究はこれまで主に低エネルギー近似等の手法でなされてきており、D-ブレーンという対象を根本的に理解することはまだ出来ていなかった。この論文では閉弦の場の理論という弦理論の基本的定式化を用いて D-ブレーンを研究し、D-ブレーンという対象に対する基本的な理解及び新たな知見を得ることを目的としている。

弦の場の理論とは弦の量子論を第二量子化することによって得られる場の理論であり、弦理論の非摂動的定式化になっている。弦には閉じた弦と開いた弦の2種類があり、D-ブレーンが存在すると開いた弦が現れる。D-ブレーンはこれまでこの開いた弦の場の理論を用いて研究されてきた。しかし、D-ブレーンは閉じた弦の場の理論のソリトンと考えられるので、閉弦の場の理論を用いて研究することは自然であり、応用上も重要である。この論文ではボゾン弦の理論の場合に、ローレンツ対称性が明白な閉弦の場の理論である OSp 不変な弦の場の理論を用いて D-ブレーンを研究した。

OSp 不変な弦の場の理論とは光円錐ゲージの弦の場の理論をローレンツ不変性が明白になるように改変したものである。この理論は通常の場合の理論の形式とは異なる形式の理論であるため、これまであまり研究されてこなかった。この論文ではまず、この理論の定式化と確率過程量子化の定式化との類似性に注目し、観測量である S 行列要素をこの理論においてどの様に計算すればよいかを示した。また、その結果が光円錐ゲージの結果と一致することを証明した。これにより、OSp 不変な場の理論はユニタリーでローレンツ不変な正しい S 行列を与えることがわかる。

次に、この理論を用いて D-ブレーンがどの様に表わされるかを議論した。OSp 不変な場の理論には BRST 対称性と呼ばれる対称性が存在しており、観測量は BRST 不変なものに限られる。この論文では OSp 不変な場の理論において D-ブレーンに対応する BRST 不変な状態を構成した。この状態は閉じた弦の BRST 不変なソースと見ることが出来る。このソースの強さは BRST 不変であるという要請から決まるのだ

が、この値がD-ブレーンの張力と一致することを示した。

また、この状態を用いてD-ブレーンが存在する際のS行列を計算し、その結果が第一量子化の結果を再現することを示した。これらの結果より、この論文で構成した状態がD-ブレーンに対応する状態であることがわかる。更に、この状態の構成の際に現れるパラメタが開いた弦のタキオンの定数モードと同一視できることを示した。また、D-ブレーンが複数枚ある状況に対応する状態を構成し、その際現れるべき開いた弦の自由度に対応する行列モデルがこの構成においても現れることを示した。

## 審査の結果の要旨

この論文で提示されたD-ブレーンの描像は全く新しいものである。この描像を用いればD-ブレーンという対象をより基本的に理解することが出来ると考えられる。また、この構成は開いた弦のタキオンモードに関して新しい見方を提供する。これを用いてタキオンのポテンシャルに相当する量を閉じた弦のBRST不変性の要請から決定することが出来る。タキオンは弦理論を宇宙論に応用する際に重要な役割を果たすので、これらの結果は応用上も重要であると考えられる。

O<sub>Sp</sub>不変な場の理論はこれまであまり研究されてこなかったが、この論文はこの理論についても新しい見方を提供している。この理論を超弦理論の場合に拡張することによって、長年研究の進んでいない閉じた超弦の場の理論の研究が進展することが期待される。

この論文は共同研究の結果であるが、馬場氏はその中で非常に大きな役割を果たしてきた。

これらの理由によりこの論文は博士論文として優秀なレベルにあるものと判断する。

よって、著者は博士(物理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。