

氏名(本籍)	藤村佳代子(山口県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第3116号
学位授与年月日	平成15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	物理学研究科
学位論文題目	Interactions between Closed String States and D-branes (閉弦の状態とD-ブレーンの相互作用)
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 宇川彰
副査	筑波大学助教授 理学博士 吉江友照
副査	筑波大学教授 理学博士 石橋延幸

### 論文の内容の要旨

超弦理論の解析において、D-ブレーンと呼ばれるソリトン解は非常に重要な役割を果たしてきた。D-ブレーンとは時空の中で広がった対象であり、弦を放出したり吸収したりするものである。超弦理論は弱結合で摂動論が使える場合には弦が弱く相互作用している理論としての記述がよいが、強結合極限ではD-ブレーンを基本的な自由度だと考えて理論を記述するほうが適当になる。従って、D-ブレーンを量子化しそのダイナミクスを研究することは超弦理論の非摂動的な効果を知る上で非常に重要になる。

ところが、これまでD-ブレーンを量子化するという観点からの研究はほとんどなされてこなかった。これまで計算されてきたのは、止まっている2つのD-ブレーンの間のポテンシャルエネルギー等、D-ブレーンが無限に重いとした近似の範囲での量であり、D-ブレーンが相互作用の結果軌道を変えたりする効果は無視されてきた。これは、このような効果を考え始めると、弦の世界面上の共形不変性を破るような配位を取り入れなければならないからである。弦理論においては世界面上の共形不変性が理論が矛盾を含まないための必要条件であり、これを破るような配位のもとでの計算をどのように行うかというのは非常に難しい問題である。

平野と風間は粒子状のソリトンである。D0-ブレーンを量子化するという問題を考え、D0-ブレーンと弦の相互作用を計算した。カーと風間はこの仕事をD1-ブレーンの場合に拡張した。これらの仕事はボゾン弦の場合に行われたのであるが、ボゾン弦の場合に特徴的なタキオンの存在は無視された。ところが、これらの仕事の後にタキオンが物理的に非常に興味深い現象をもたらすことが認識されてきた。タキオンの存在は系の不安定性を意味し、D-ブレーンの上にタキオンが存在すると、ほとんどの場合そのD-ブレーンが崩壊してしまうことを意味している。実はこのタキオンが様々な配位をとることによって、D-ブレーンが他の様々なD-ブレーンに崩壊させることができることがわかったのである。従って、D-ブレーンの上のタキオンはそのD-ブレーンが遠くD-ブレーンに形を変えるという現象を引き起こすのである。

本論文では風間等の仕事にタキオンの効果を取り入れ、理論がうまく作れるかどうかを確かめた。具体的には量子化されたD0及びD1-ブレーンと弦との相互作用をタキオンの効果を取り入れて計算することを考える。この計算が矛盾なく行われるためには、計算の過程で現れる紫外発散を処理できるかどうかという点と、計算結果が弦の世界面上の共形不変性を保つ形になっているかという点を確かめる必要がある。このような計算を行うに

はまず曲がった世界体積を持つD-ブレーンと弦との相互作用を考え、その結果を世界体積の形状について足し上げることになる。紫外発散や共形不変性についての条件は曲がった世界体積を持つD-ブレーンと弦との相互作用に対する条件として書くことができるので、本論文ではこのような相互作用の形を具体的に計算し、これらの条件を満たしているかどうかを確かめた。

本論文で得られた結果は次のとおりである。タキオンの効果を取り入れても、D0-ブレーンの場合にはタキオンがない場合に平野と風間が行ったのと同じように発散を処理できる。D1-ブレーンの場合にはカーと風間の計算では発散が処理できるかどうか明確ではなかったが、タキオンを取り入れるとこの点を明確に示すことができるようになる。世界面上の共形不変性に関しては、タキオンを入れても最終結果が不変性を破らないということを示した。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、D-ブレーンを量子化するという風間等の試みをタキオンの効果を取り入れた場合に拡張した。タキオンを考えに入れるとD-ブレーンが形を変えるという効果を取り入れることができるようになり、物理的に興味深い現象を記述できるようになる。従って、タキオンを入れても理論が矛盾なく作ることができるかを確かめ、このような記述への第一歩を踏み出したことは評価できる。また、D1-ブレーンの場合にはタキオンを入れることによって初めて紫外発散の問題を明確に解決できるということを指摘した点でも意味がある。以上の観点から、本論文は水準の十分高い独創的研究といえる。

よって、著者は博士（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。