

氏名(本籍)	おん じょう よう こ 園 城 陽 子 (滋 賀 県)		
学位の種類	博 士 (理 学)		
学位記番号	博 甲 第 3112 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	D-Branes on Calabi-Yau Manifolds and Their Stability (カラビ・ヤウ多様体上の D-ブレーンとその安定性)		
主査	筑波大学教授	理学博士	金 谷 和 至
副査	筑波大学教授	理学博士	岩 崎 洋 一
副査	筑波大学助教授	理学博士	石 塚 成 人
副査	筑波大学教授	理学博士	石 橋 延 幸

論 文 の 内 容 の 要 旨

超弦理論は10次元の理論であるため、我々が現在実験で観測している4次元時空を記述する理論を作るためには10次元のうち6次元が観測にかからないほど小さく丸まっているとするコンパクト化というアイデアを使う必要がある。4次元で超対称性が残るようにコンパクト化するには、6次元部分としてカラビ・ヤウ多様体と呼ばれる多様体を考える必要がある。また、超弦理論のうちでもタイプIIと呼ばれる理論をカラビ・ヤウ多様体上にコンパクト化して我々が観測しているような4次元でカイラルなフェルミオンを含んだ理論を作るためには、この多様体上にD-ブレーンと呼ばれるものが存在する状況を考えなくてはならない。従って、カラビ・ヤウ多様体上のD-ブレーンの様子を調べることは、超弦理論からどのような素粒子の統一模型を構築できるかを考える上で非常に重要なことである。

カラビ・ヤウ多様体上のD-ブレーンを研究するもう一つの動機は、弦理論特有の物理を探ることである。弦理論は物質の基本構成要素が、今まで考えられていたような点粒子ではなく、長さを持った弦のようなものであるとする理論である。従って、弦理論においては従来の理論が当然のこととして仮定していた時空の幾何学的性質が変更されていると考えられる。カラビ・ヤウ多様体上の弦理論のあるものは厳密に解くことができ、このような弦理論特有の物理を議論することができると考えられる。

本論文ではカラビ・ヤウ多様体の一種で厳密に解ける例であるオービフォールド模型におけるD-ブレーンを考え、それらの性質とともに、弦理論特有の性質がどのように現れるかを議論した。カラビ・ヤウ多様体上の部分多様体に巻きついたD-ブレーンのうち超対称性を部分的に保つものはBPS D-ブレーンと呼ばれている。オービフォールド模型の場合は、BPS D-ブレーンとして分数的なD-ブレーンと呼ばれる、分数のチャージを持ったD-ブレーンが存在していることが知られている。この分数的なD-ブレーンは弦理論の効果を強く受けており、通常の幾何学的な概念で捉えられない性質を持っている。一方、これらのD-ブレーンが巻きついている多様体の体積が大きくなるようにオービフォールド模型を変形していくと、大きさが無限大の極限では弦の長さが無視できて、分数的なD-ブレーンを通常の幾何学的概念でとらえることができるようになると考えられる。従って、D-ブレーンがこのような変形のパラメータの関数としてどのように振舞っているかがわかればD-ブレーンの性質が明らかになるわけである。

BPS D-ブレーンの持つチャージは周期と呼ばれる巻きついた多様体上の積分で表される。周期はピカル・フックス方程式と呼ばれる変形のパラメータに関する確定特異点を持つ常微分方程式を満たしていることが知られている。本論文ではオービフォルド模型においてこのピカル・フックス方程式を解き、解のモノドロミー等の性質から分数的なD-ブレーンが周期のどのような線形結合に対応しているかを同定した。この結果を使って、D-ブレーンが巻きついている部分多様体の大きさを変化させるとベクトル束等のD-ブレーンに付随した幾何学的概念が弦理論によってどのように変更されているかについての情報を得た。また、オービフォルド模型と同じピカル・フックス方程式を与えるデル・ペッツ模型についても同様な議論をした。更にこれらのD-ブレーンの安定性をどのように示すことができるかについて議論した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、オービフォルド模型において基本的であると考えられる全てのD-ブレーンについてその様々な性質を明らかにしている。従って、これらの情報を組み合わせれば、オービフォルド模型で考えられる全てのD-ブレーンについての情報を得ることができると考えられる。従ってこの論文で与えられた結果はカラビ・ヤウ多様体を使って素粒子の統一模型を作る研究において非常に有用になると思われる。また、デル・ペッツ模型についても議論し、同じピカル・フックス方程式を持っていてもD-ブレーンのチャージの同定は異なっていることを示したことは意義のあることである。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。