

論文審査結果の要旨

氏名 上杉 忠興

本学位論文は、弦理論（重力を含む統一理論の有力な候補と見なされている理論）のソリトンとして知られているDブレーンの生成消滅のメカニズムに関する研究をまとめたものである。論文は五章からなり、第一章で弦理論全体のなかでのこの仕事の役割を述べ、第二章でDブレーンの生成消滅の出発点となる non-BPS Dブレーンについて、この仕事に至る以前の状況についての説明が行われている。第三章と第四章が本論文の主要部となる部分であって論文提出者（上杉忠興氏）が行った研究について詳細な議論が行われている。第五章は今後の研究の発展すべき方向について考察を行っている。

Dブレーンの生成消滅のプロセスは弦理論の立場から見ると、摂動論を越えた領域であり、その解析には新たな方法論が必要である。この論文の第3章ではその手法として Boundary String Field Theory（境界弦の場の理論、以下 BSFT と略す）を用いている。BSFT はいくつかある弦の場の理論の一つであり、世界面の上の繰り込み群の考え方を用いて弦の off-shell（運動方程式を満たさない部分）について調べる方法である。他の方法と比べると、考察すべき場の数を少なくできる、厳密な結果が得られるなどといった利点がある。この学位論文ではこの方法を non-BPS Dブレーン系に適応したものであり、この手法を超弦理論に持ち込んだ最初の仕事である。

この論文で工夫が行われた点は超弦理論の場合、しかも non-BPS Dブレーンの系にどのような形で境界相互作用を導入するかという点であろう。Bosonic 弦で元々なされていた方法を、そのまま超弦理論に適用するとブレーンの生成消滅のプロセスのプロセスにおいて本質的な役割を果たすタキオン場を導入することができない。本論文ではこの問題を解決するため新たな補助場を導入している。この補助場の導入は決して系統的になされたわけではないようであるが、結果的に正しい non-BPS Dブレーンの作用を導いている。特に Wess-Zumino 項と呼ばれるブレーンの荷電を記述する項については、数学で知られていた、super connection の方法で導かれるのと同じ結果を導出して、この学位論文で導入された補助場が正しいものになっていることを結果的に証明している。

本論文で導かれた non-BPS Dブレーンの作用を用いると、ブレーンと反ブレーンの対消滅のようなプロセスが実際に計算可能となる。例えばこの論文ではこの対消滅によって失われるエネルギーが実際にもともとあったブレーンのエネルギーと厳密に等しいことが証明されている。これは BSFT の方法が正しいブレーンの対消滅の過程を記述している決定的な証拠となっており、この意味で本論文の価値は非常に高いと考えられる。

第4章では、以上に述べた BSFT とは全く異なった手法でブレーンの対消滅を考察している。用いられている手法は Boundary Conformal Field Theory (境界共形場理論、以下 BCFT と略す)であり、off-shell プロセスを追うと言うよりは、むしろ系を on-shell に保ったままブレーンの消滅を見ようというものである。もともとブレーンの対消滅過程は off-shell プロセスであるから、それを on-shell プロセスとして考えるためには工夫が必要である。本論文では時空をコンパクト化し、一方のブレーンに Wilson ラインを導入することによってプロセスを on-shell 化している。いったんこのような系を作ってしまうと、残る解析は境界状態を用いてブレーンの状態がタキオン凝縮に対応する系の変形に対してどのように変更されていくかといプロセスを具体的に追うことになる。この論文では2次元のDブレーン、反Dブレーンの系が0次元のブレーン、反ブレーンの系に連続的につながっていることを上のような状況設定の元に厳密に証明している。

以上で述べたように、本論文でなされているブレーンの対消滅過程に関する考察は、優れた結果をあげていると考えられる。なお第三章および第四章はそれぞれ論文提出者を含めた三人の研究者による共同研究に基づくものであるが、第三章についてはその解析に決定的な役割を果たすことになった境界作用の導入、また第四章ではその基本的な解析の部分を論文提出者が行っている。したがってその寄与は十分であると考えられる。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。