

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 野海俊文

本学位申請論文のテーマは弦の場の理論と呼ばれるスーパースtring理論の定式化の試みの一つに関するものである。本論文は全部で8章により構成され、第1章は弦の場の理論に関するレビュー、第2章では最近の解析解の手法の発展に関するレビュー、第3章では本人が共同研究者として参加し、本論文とも関連が深い研究の紹介、第4章で共形場理論の変形に関連する厳密解のレビューと、その解を用いたゲージ不変量の具体的な計算、第5章で超対称性がある場合のstring理論の定式化（修正 Witten 型と Berkovitz 型）のレビュー、第6章で修正 Witten 型の定式化から得られる解から Berkovitz 型定式化の解をどのように構成するのか、具体的な構成法を与えている。第7章はこの手法で解を求めた時の問題点のレビュー、最後の第8章はまとめと今後の展望に充てられている。いくつかの appendix では本論文中で説明が尽くされていない事項についての具体的な計算が与えられている。オリジナルな結果は第4章後半と第6章で与えられている。

弦により記述される物理は開いた弦と閉じた弦で大きく違い、後者が一般相対論を含む重力を記述しているのに対して前者は D ブレーンと呼ばれる励起の上に現れるゲージ理論を記述している。弦の場の理論は、弦理論を通常の量子場の理論のように取り扱うことを目指す枠組みであるが、閉弦の取り扱いに比べて開弦の取り扱いがよく発展している。また超対称性がないボゾン弦については、標準的な定式化が知られている。近年のこの分野の主な発展としてはタキオン真空と呼ばれるブレーンの消滅を記述する厳密解が Schnabl などにより与えられた点と、Berkovitz などにより超対称な弦の取り扱いが徐々に発展してきたことがあげられる。

このうち厳密解については Schnabl による Wedge 解を用いた手法が転換点となり、多くの発見が得られてきたが、この論文では第2章でタキオン真空と呼ばれる解についての詳細な解説がなされている。特に KBC 代数と呼ばれる、ゴーストの自由度と Wedge 解の生成演算子を組み合わせた代数により厳密解が簡潔に書かれること、さらに大川准教授や Erler などによる解の一般化とそれにより D ブレーンの生成消滅がどのように記述されているかについて述べられている。

第3章は、これらの発展に関連する申請者の共同研究の内容について解説が行われている。主な結果は KBC 代数を用いた厳密解から出発して D ブレーンを構成した時、どのような D ブレーンが可能であるのかについての解析的な研究である。D ブレーンは共形場理論

の境界状態と呼ばれる状態により記述されることが分かっているが、この章では場の理論の解から境界状態を構成した時、ブレーンの枚数が 1,0, -1 に場合に限り可能であるという議論を行っている。この章の内容は重要であり、申請者による貢献も評価できるが、本論文ではレビューとして扱われ、学位申請の主要部分には含まれない。

第 4 章では境界共形場理論の変形理論に関連する厳密解の構成法をはじめにレビューした後、 KB_σ 代数と呼ばれるより抽象的な代数を用いて解を書き換えられることを示している。さらに、このように作られた厳密解が、境界についているブレーンの性質をどのように反映しているのか、ゲージ不変な相関関数の計算を具体的に行っている。その結果、ここで得られた解がブレーンの変形の性質を実際に記述していることを示した。

以上はボソン弦と呼ばれる超対称性を持たないシンプルなモデルの解析であったが、より現実的な超対称性を持つストリングの量子化には現在でも困難がある。この論文の第 5 章で紹介されている。スーパーストリングのもっとも単純なモデルにおいては、開いた弦の midpoint にある種の演算子を挿入する必要があるが、それが望まれない発散を生むことが知られている。この問題を回避するため主に二つの提案がなされている。それが修正 Witten 型と Berkovitz 型と呼ばれる定式化である。これらの定式化のどちらが正しいのか、あるいはどちらも正しくないのか、現段階でも未解決の状況である。この二つの定式化の間には当然ある種の対応関係があることが予想される。この学位論文では、第 6 章で修正 Witten 型の定式化で得られる運動方程式の解から出発して Berkovitz 型の定式化の解を具体的にどのように構成するのかを導いている。解の対応関係自体はヒルベルト空間の解析によりすでに予想がなされていたが、具体的な構成法は知られていなかった。またこの構成法を用いて、これまで修正 Witten 型で与えられてきた解について、対応する Berkovitz 型定式化における解が実際に存在するのか、特に第 7 章で具体的なレビューを与えている。特にタキオン真空に関連する解が問題を起こすことを議論している。

本論文は最近の弦の場の理論の発展を的確にレビューしたうえで、厳密解の構成に関していくつかの重要な貢献を与えている。本論文の主要部（第 4 章と第 6 章）は総合文化研究科の大川祐司准教授との共同研究にも基づくが、論文の提出者が主体となって分析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって本論文は博士（学術）の学位請求論文として合格と認められる。