別紙2

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名： 増 田 暢

序

本論文のテーマは、開弦の場の理論において一枚より多いブレーンを記述すると思われている解について、正則化を丁寧に行ってその性質を調べるというものである。論文は本文 7 章および付録 5 章よりなり、第 1 章は全般的な導入説明、第 2 章は開弦の場の理論の構造の概説、第 3 章は開弦の場の厳密解を記述する際に重要な sliver 座標系と KBc 部分代数の概説、第 4 章は開弦の場の厳密解でこれまで解析法の確立している摂動真空およびタキオン真空の概説が記されている。第 5 章が申請者自身の研究であり、多重ブレーン解の正則化とその性質の記述にあてられている。第 6 章ではその他の厳密解について述べられている。第 7 章はまとめと今後の展望である。付録 A, B, C, D, E はそれぞれ本文に載せるには煩雑な計算がまとめてある。

内容の詳細

弦理論は一般共変性をもつ重力理論を量子的に解析することのできる枠組であり広く研究されているが、弦の振動のそれぞれのモードが通常の場の理論の意味での1つの場となる。そのため、弦理論を通常の場の理論として書き下す枠組である弦の場の理論は無限個の場を含むのでこれまで解析は煩雑であった。その中でも、ボゾン弦理論の時空内のソリトンであるブレーンに張り付いた開弦を記述する開弦の場の理論は、弦の場の理論の中では比較的扱いやすいため良く研究されている。特に、通常の摂動的真空には不安定なスカラー場があるため、それが真空期待値を持つことによってブレーンが消滅するということが Sen によって 1998 年に予想されていた。

それに対する解は、Schnabl が 2005 年にはじめてまっとうなものを構成した。これを大川が 2006 年に簡潔にまとめて書くために開発したも

のが KBc 代数であり、これを用いて 2011 年に村田-Schnabl が多数枚のブレーンに対応する解を書き下したのであるが、 KBc 代数はあくまで無限個の場を含むものの形式解を簡潔にまとめて書くことができるのみであり、実際の収束性等は個別に判定しなければならない。個々の場は有限の値を取るのであるが、理論に場が無限に存在するため、物理量の評価の際に条件収束する和や積分があらわれるので、物理的に自然な正則化を与えて和および積分の順序を決め、その後に正則化を取り払うという操作をする必要があるのである。

これまで提唱されていた多重ブレーン解は収束性が非常に微妙であった。博士論文提出者は、提出者自身が発見に関与した KBc 代数の自己同型を用いて、まず二重ブレーン解の表式の書き換えを行い、より良く振る舞う解を得た。その上で、この解に収束する正則化された場の配位の列を構成し、正則化した場の配位それぞれについてエネルギー等の物理量を計算したのち、極限をとることによって、確かにこの解が通常のブレーンの二倍のエネルギーを持つこと等を示した。

結び

　以上のように、論文提出者は、これまで形式的に提唱されていた解が期待される性質をもつことを正則化を伴う詳細な数学的解析によって示しており、また、その他の形式解についてもどのように正則化すべきかの指針を与えた。また、論文提出者が発見に関与した KBc 代数の自己同型はそれ自体弦の場の理論の解析に有用なテクニックである。このように、論文提出者は弦の場の理論の解析に複数の意義のある寄与をした。したがって、本審査委員会は 博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。