

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 長岡悟史

弦理論は重力を含む全ての力の統一に向けて最も有望であると考えられている理論であり、現在活発に研究が進んでいる。最近この分野で特に興味を持たれているものとしてブレーンがある。ブレーンは弦理論のソリトンで、一般にはゼロでない次元を有するものであり、宇宙論や現象論も含めて様々な角度から研究されている。

長岡氏の学位論文では交差するブレーンの安定性が詳しく調べられている。このようなブレーンの配位は大統一理論などに応用があると思われるものである。長岡氏の論文ではブレーンが交差する際に現れるタキオンの自由度を通してブレーンの組み替えの力学をあからさまに調べている。論文は本論が7章、補遺が3章に分かれている。このなかで第1章が論文全体の議論の流れについての説明、第2章が交差するブレーンについてのレビュー、第7章がまとめと議論であり、第3章から第6章が著者が導いた独自の結果である。

この論文の主な手法はブレーン上にあるヤン・ミルズ場の自由度に注目し、ブレーンの交差に対応する特殊な古典解の周りで、場を展開し直すことにより、組み替えに対応する力学を特定する点である。この手法はこれまで他で議論されてこなかった新しい方法であり、組み替えの現象を簡明に説明することに成功している。

この方法の一番簡単な例がまず第3章で論じられている。モデルとしてはD弦が小さい角度 θ で交差している状況を考える。この方法では離れたブレーン間の力は記述できないので、角度が小さい場合を考え、特に θ について最低次の寄与を評価する。このような交差する配位はヤン・ミルズ理論の古典解になっており、作用をこの解の周りで展開し直すことが可能である。具体的にモードを調べると時間的に増大するもの(タキオンモード)が一つだけ現れることが容易に示される。つまりこの配置は不安定であり、ブレーンの組み替えが自然に起こることがわかる。

第4章以降はこの手法の拡張が議論されている。まず第4章ではブレーン自身がより高い次元を持つ場合(特に2次元の場合)が考察されている。この場合は2つの異なる角度で交差が定義される。このようなより複雑なシステムでも第3章の手法がそのまま使えることが示されている。

次に第5章では角度 θ が π に近い場合を考える。この場合は物理的には第3章とはかなり異なる状況になり、単なるブレーンの組み替えと言う

よりは、ブレーンと反ブレーンの対消滅に対応するプロセスになる。既に A. Sen によりブレーン上のタキオンの凝縮により対消滅が起こることが予想されているが、それはブレーンと反ブレーンが平行な場合に考察されてきたものである。この学位論文では、2枚のブレーンが少しだけ異なる角度で交わっている場合に、最初に交差点でブレーンが組み替えを起こし、それが対消滅に至る過程をより具体的に示している。

最後に第6章では角度 θ に関する展開の高次の項が考察されている。この場合ヤン・ミルズ理論自身に弦理論から来る補正を導入する必要がある。この補正は作用関数での場の高次項として表現され、6次の項までは具体的な予想がある。この論文では古典解の周りのモードの振動数についての補正を計算し、弦理論の計算から予測されている展開が再現されることを示している。この計算はヤン・ミルズ理論の補正項の予想が正しいものであることを示す一つの例を与えている。

この論文は上で述べたように簡明な計算によりブレーンの組み替え現象を導くことを可能にしたものであり、純粋理論としても応用的観点からも重要な結果である。本論文は東京大学大学院総合文化研究科の橋本氏との共同研究に基づくものであるが、論文提出者の貢献は十分であると判断される。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。