

# 論文内容の要旨

論文題目 On Multiple-Brane Solutions and Their Regularization  
in Open String Field Theory

(開弦の場の理論における多重ブレーン解とその正則化について)

氏名 増田 暢

素粒子の標準模型は非常によい精度で現実を記述することが確認されており、これまでに行われたほとんど全ての実験・観測に矛盾しない。しかし、この理論は重力の効果を含まないという点で不満が残る。そこで、一般相対性理論と量子論を統合的に結びつける理論が求められる。そのような理論の候補として弦理論が研究されている。弦理論は点粒子の代わりに一次元的な拡がりをもつ物体を考える理論で、自然界に存在する4つの力を自然な形で統一的に記述する可能性を持つ。また、近年ではゲージ理論の強結合領域の解析などにも応用され、場の理論の性質を解明するための道具として有用であることもわかっている。ところで、弦理論は摂動的にしか定義されておらず、議論の難しい問題が色々ある。非摂動的な定式化が求められる理由としては、まず摂動的な定義では弦理論の真空の安定性について正確な議論ができないことが挙げられる。また別の理由として、強結合領域における理論の様相がもともとの弦の理論とは大きく異なると示唆されていることがある。たとえば、開弦が端をおくことのできるものとして定義されるDブレーンは、典型的な非摂動的物体である。それは弦理論のソリトンであると考えられており、強結合領域においては場の理論における双対性との類推などからこれらの物体を基本的自由度とする記述が自然になるという予想がある。このような事項についてよく理解するためには、素朴には弦を場の理論的に定式化することが役立つと考えられる。

一般に、弦を場の理論的に定式化する際には様々な困難が伴うが、ボゾンの開弦を自由度とする理論に限って言えば、よい定式化が存在する。その一つが Witten の開弦の場の理論である。特に、2000年頃の数値的解析の結果から、この理論の枠内でDブレーンが何もないような真空が記述できていることが確認されている。

本稿の主題は、この理論の枠内でDブレーンが複数枚重なって存在するような背景が記述できるかどうかである。まずこの問題については2011年に Murata-Schnabl により古典解が提案されたが、解は特異性を持っており、運動方程式を満たすような正則化は現在まで知られていない。また、最近、Hata-Kojita によって新しい解の構成法が提案されたが、解はやはりある種の特異性を持ち、特定の計算処方のもとで議論がなされている。

そこで、本論文では新しい正則化法を提案し、2枚のブレーンを表すとされる解に適用した。結果、Hata-Kojita の提案に沿ったタイプの新しい2重ブレーン解について、解自身と内積した場合も、Fock 空間上の元と内積した場合も運動方程式が満たされることがわかった。運動方程式を満たす多重ブレーン解はこれが初めてのものである。

しかし、この解は以下に述べるような問題を持っている。第一に、ゲージ不変量が予想されたものと違った。第二に、解に対応する境界状態が Dブレーン2枚のものではなかった。これらの問題については、ゲージ不変量や境界状態の意味づけと計算方法を考察しなおすことで解決できるのではないかと考えており、最終章において議論を与えている。

以上に加えて、副産物としてDブレーン(-1)枚に相当するエネルギーを持つ新しい解を構成した。この解のゲージ不変量および境界状態を計算した結果、形式的にDブレーンの枚数を(-1)にとったような表式が得られ、一応の整合性が見られた。これは予想外の結果であり、解釈も不明である。この解を物理的なものと見做すべきか否かは現在のところわかっていない。