



Title	Open-String Interactions in Closed-String Field Theory
Author(s)	大西, 拓
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45086
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	大西拓
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第18373号
学位授与年月日	平成16年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Open-String Interactions in Closed-String Field Theory (閉弦の場の理論における開弦の相互作用)
論文審査委員	(主査) 教授 細谷 裕 (副査) 教授 東島 清 助教授 後藤 竜司 助教授 奏田 高弘 助教授 太田 信義

論文内容の要旨

本論文では、背景非依存な開弦の場の理論の厳密な構成を目標として、超弦理論におけるゲージ場を境界状態を用いて調べた。弦理論の背景場として、平坦計量とブレーン上のゲージ場に加えて定数の二形式場が存在する場合を取り扱った。まず、世界面上の境界上に任意の数のゲージ粒子の外線を持つ境界状態を構成し、それが開弦理論の相互作用を正しく再現することを確かめた。次に、上で得られた境界状態を用いて世界面と任意の配位にあるゲージ場との相互作用を記述する境界状態を構成した。これを境界相互作用と呼ぶ。境界相互作用の構成にあたって、切断定数を導入しゲージ粒子の外線同士の距離がこの切断定数より小さくなる範囲を積分区間から除くことによって、二次元の場の理論における短距離発散を正則化した。この正則化は境界における超対称性を尊重するやり方でなされた。このようにして得られた境界相互作用に対する世界面上の BRST 演算子の作用がゼロになるべしという条件でゲージ場に対する運動方程式を規定した。短距離発散の正則化がこの運動方程式に非線形性をもたらし、低エネルギー極限でそれが非可換ゲージ理論の運動方程式に帰着することが確かめられた。このとき、超対称性を尊重する正則化を採用することによって、非物理的な粒子の伝播に起因する危険な発散が相殺している機構が観察された。また、背景ゲージ場の元でのゲージ粒子を記述する境界状態を構成し、これに対する世界面上の BRST 演算子の作用から非可換ゲージ理論のゲージ変換が導かれた。開弦と閉弦の双対性の見地から、境界相互作用と重力子との線形結合が調べられた。

低エネルギー極限で、これが非可換ゲージ理論のウイルソンラインを用いて記述される事と、境界状態による計算が行列模型による予言を正しく再現することが確かめられた。

論文審査の結果の要旨

開弦のソリトン解である Dirichlet brane (D-brane) の発見が契機となり、超弦理論に関する理解が 1990 年代後半より飛躍的に進んでおり、超対称性に関わる正則性を援用した多くの新しい結果が導かれている。弦が長さ l 程度

に括がりを持つことに起因する開弦と閉弦の双対性の描像が、これらの進歩において基本的である。この双対性は開弦 1-loop と閉弦伝播が modular 変換で等価になることに端的に観察できるものである。弦の粒子極限（場の理論極限）は、弦の掃く面積を有限に留めて極限操作 $l \rightarrow 0$ を施すことにより得られる。閉弦の古典粒子極限は Einstein 重力理論であり、開弦の古典粒子極限はゲージ理論になる。AdS/CFT 対応や超対称ゲージ理論の真空の記述は、粒子極限を取る操作と開閉弦の双対性の描像が、実は相補的であることを示唆している。ここに述べた開閉弦の双対性の描像、および粒子極限操作との相補性に関する厳密な定式化は超弦理論の進歩を確固にする上で重要であり、D-brane を開一閉弦相互作用と捉えて、弦の場の理論の手法を用いる定式化が有効となる。申請者は本論文において、boundary state 形式をさらに発展させ、閉弦の物理的状態空間に古典的開弦の off-shell 状態を構成し、基本的な開一閉弦相互作用 vertex を与えた。さらに、定数に値を持つ反対称場 (NS-NS B 場) と BPS D-brane を背景場に持つ II 型超弦理論を例として、この開一閉弦相互作用 vertex の満足するいくつかの性質を示した。特に、閉弦の BRST 電荷の vertex に対する作用の不变性から、開弦の古典的な非線形運動方程式（非可換時空におけるゲージ理論の非線形運動方程式）が、 l の二乗に関する展開の主要項で得られることを示した。また、開弦の古典的真空からの揺らぎに対する閉弦の BRST 電荷の作用が、非可換ゲージ理論の Batalin-Vilkoviski 量子化の BRST 変換を与えることを示した。これらの結果は、D-brane を開一閉弦相互作用と見なす弦の場の理論による定式化の先駆的な業績と評価することができる。博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。