

Title	Noncommutative Gauge Dynamics from D-brane Constructions
Author(s)	富野, 弾
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43600
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	とみ野 だん 富 野 弾
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 6 7 3 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 14 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	Noncommutative Gauge Dynamics from D-brane Constructions (D ブレーンを用いた構成法により示される非可換空間のゲージ理論の性質)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 東 島 清 (副査) 教 授 高 杉 英 一 教 授 佐 々 木 節 助 教 授 太 田 信 義 助 教 授 窪 田 高 弘

論 文 内 容 の 要 旨

非可換空間の超対称ゲージ理論は10次元中に定数 NSNS-B 場が存在する場合の D ブレーンの有効理論としてストリング理論の枠内で構成できる。我々の世界が非可換な構造を持つ可能性を考察することは、非可換空間のゲージ理論がストリング理論の枠内で構成できることから興味深い問題である。しかし非可換空間の場の理論は空間の非可換な構造を反映して非局所性を持ち、このために長距離の理論の振る舞いは短距離の構造から大きな影響を受けて我々が知っている理論とは全く異なった姿となってしまう可能性がある。しかし超対称性を持った非可換空間の理論の場合この困難は理論を非摂動的に扱うことで回避される可能性があるので、理論の非摂動的な性質を知ることが重要な課題となる。

超対称ゲージ理論の非摂動的性質の多くは D ブレーンによってより簡単に理解されるので、非可換空間の超対称ゲージ理論の非摂動的性質を探る手段としても D ブレーンは有用である。本論文では D ブレーンを用いた構成法により示される非可換空間のゲージ理論の性質を研究した。

まず10次元で NS5-D3-D5 ブレーンを組み合わせ、この配位に定数 B-場をかけることによって3次元の $N=4$ 超対称性を持つ非可換空間のゲージ理論を構成しこの理論の真空構造を調べた。結果として通常の3次元超対称ゲージ理論に存在するブレーン生成、サイバーク双対性、ミラー対称性に相当する現象が存在することが予言された。特にミラー対称性においては非可換空間の超対称ゲージ理論のミラーとして対応する理論が非可換空間の場の理論ではなく非可換空間の開弦理論である。

次に4次元の $N=4$ 超対称性を持つ非可換空間のゲージ理論の性質を、双対な記述を与える重力理論の性質と対応させて議論した。重力理論の5次元コンパクト化を実行し、コンパクト化のもとでの粒子のスペクトラムを双対な非可換空間のゲージ理論の性質と対応付けた結果、重力理論の記述が非可換空間のゲージ理論が持つゲージ対称性の情報を矛盾なく含んでいる事を示すことができた。

論文審査の結果の要旨

超弦理論には D-brane と呼ばれる拡がったソリトンのような物が存在し、開弦の端はこの D-brane に付着する。両端が D-brane に付着した開弦は、D-brane の中だけを運動するので、D-brane 上の有効場の理論として記述される。この時、弦の D-brane 方向の振動はベクトル場として、D-brane と直角方向の振動はスカラー場として現れる。D-brane が同じ所に何枚か重なっているときには、両端が色々な D-brane に付着したベクトル場が存在し、超対称 Yang-Mills ゲージ理論となる。D-brane 上に 2 階の反対称ゲージ場 B が存在する場合には、開弦の端点の座標は互いに非可換となり、D-brane 上の有効場の理論は非可換空間における超対称ゲージ理論 (NCSYM) となる。

3 次元の D3-brane が N 枚重なっている場合、brane 内部の 4 次元ミンコフスキー時空は、5 次元の Anti-de Sitter 空間 AdS_5 の境界と見なすことができる。そのため、4 次元 D-brane 上の 4 種類の超対称性を持つ $SU(N)$ ゲージ理論は、 $AdS_5 \times S_5$ における超重力理論と深いつながりを持っている。これまでも $AdS_5 \times S_5$ における超重力理論の古典解を調べることにより、超対称 $SU(N)$ ゲージ理論の非摂動的振る舞いが調べられている。

この研究では、非可換空間における超対称ゲージ理論の非摂動的振る舞いを調べるために、反対称テンソル場が存在する場合の超重力理論の古典解とその周りの揺らぎのスペクトルを解析した。特に、反対称テンソル場がある場合には、超共形代数 $so(4, 2|4)$ の最小の表現である doubleton 多重項が、ゲージ自由度として消失しないことを見いだした。このことは、NCSYM では $U(1)$ ゲージ場を分離することができないため、 $SU(N)$ ゲージ理論が構成できないことに対応している。

本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値があるものと認められる。