

Orientifolding the cascading gauge theory and its gravity dual カスケードゲージ理論のオリエンティフォールド化と重力理論による記述

小山 文一

論文要旨

弦理論において、時空に重ねて置かれたブレインの系は、開弦理論で記述するとゲージ理論が得られ、閉弦で記述すると重力理論が得られる。この2つの記述を比較することによりゲージ重力対応と呼ばれる双対性が得られる。この博士論文の目的は、07 プレインによってオリエンティフォールドされたコニフォールドの特異点上に置いた p 枚の D3 ブレインと M 枚のフラクショナル D3 ブレインの系を考え、開弦理論による記述である $\mathcal{N} = 1$ 超対称 $Sp(p+M) \times Sp(p)$ ゲージ理論のモジュライ空間と、対応する重力理論の重力解を比較することである。

まず、コニフォールド上のブレインをゲージ理論を用いて記述することを考える。フラクショナル D3 ブレインを導入したことに対応して、 $Sp(p+M) \times Sp(p)$ ゲージ理論は共形対称性を持っていない。高エネルギーから低エネルギーにフローさせることを考えることを考えてみる。電氣的な $Sp(p+M) \times Sp(p)$ ゲージ理論は Seiberg によって発見された双対性を用いて磁氣的な $Sp(p) \times Sp(p-M)$ ゲージ理論を用いて記述することができる。磁氣的な理論は理論において重い粒子を積分して得られた理論は、電氣的な理論と同じ形をしていてゲージ群のランクだけが減っているように見えることが分かる。よって、ゲージ群のランクが正である限りサイバーク双対性を何度もとり続けながら

$$Sp(p+M) \times Sp(p) \rightarrow Sp(p) \times Sp(p-M) \rightarrow Sp(p-M) \times (p-2M) \rightarrow \dots$$

と、低エネルギーにフローさせることができる。この現象はデュアリティーカスケードと呼ばれている。低エネルギー極限では閉じ込めが起きゲージノが凝縮し、その結果カイラル対称性が破れる。我々が $Sp(p+M) \times Sp(p)$ ゲージ理論のモジュライを解析する際にも、このデュアリティーカスケードは重要な役割を果たす。ゲージ理論のモジュライには $[p/M]$ 個のブランチが存在し、それぞれのブランチの中にはカイラル対称性の破れの結果生じた M 個の真空が存在することが分かる。各ブランチにおいて、先端の特異点は3次元球面に置き換わることで解消されていて、3次元球面の大きさはブランチによって異なる。

次に、オリエンティフォールド上のブレインを重力理論を用いて記述することを考える。デフォームされたコニフォールドにコンパクト化された時空を考え、D3 ブレインとフラクショナル D3 ブレインが作るフラックスを導入する。そして、オリエンティフォールドによってコニフォールドの2点を同一視する。ゲージ理論の各ブランチに対応した重力解は、カットオフを定めて境界条件を与え、プローブの D3 ブレインがデフォームされたコニフォル

ドを運動しているような背景として与えられる。デフォームされたコニフォルドの先端の3次元球面の大きさはやはり各々重力解によって異なることがわかる。

我々は、ゲージ理論の量子的なモジュライに現れた3次元球面の大きさと、重力解のデフォームされたコニフォルドの先端の3次元球面の大きさが一致することを確認する。また、ゲージ理論において異なるブランチの真空をつなぐドメインウォールと、重力理論において3次元球面に巻いた5ブレインが対応していることについても議論する。