

Boundary States for Supertubes

東京大学理学部 高柳 博充

E-mail: hiro@hep-th.phys.s.u-tokyo.ac.jp

Type IIA 弦理論には supertube と呼ばれる円筒状の D2 ブレインが存在する [1]。通常円筒状の D ブレインはそれ自身の張力のため不安定だが、supertube の場合は D ブレイン上に適切なゲージ場 (電磁場) が存在していて、その電磁場の作る角運動量で潰れずに安定 (BPS ソリトン) となっている。つまり supertube は D2 ブレイン, D0 ブレイン, 基本弦の束縛状態である。

さて supertube を今回取り扱った動機はこれが基本弦の作る電場の効果で膨らんだ D0 ブレインと解釈できることである。この膨らむ過程は弦理論の非摂動的過程なので非常に興味深い、他の非摂動的過程 … 例えば Myers 効果や開弦のタキオン凝縮等 … に比べて比較的性質が良い。そのため後述の様に boundary state を用いることで膨らむ過程を弦理論的に記述できる [2]。

この膨らむ過程は円筒方向をコンパクト化してその方向に T-dual を取ることで扱いやすくなる。D0 ブレインはこの T-dual の下で D1 ブレイン (直線) となるが、D0 が膨らむ事は直線状の D1 を螺旋状に変形して適切な速度を持たせる事に相当している。 k 個の D0 がある場合は、螺旋状に変形した動いている k 個の D1 (線分) に相当していて、それらの線分が等間隔に並び端が互いに繋がっている [3]。ここでこの動いた螺旋への変形が実は null であることが重要である。Null に変形された D ブレインが boundary state で記述可能 [4, 5] であることを踏まえると、この動いている螺旋 (supertube の T-dual) も boundary state で記述できることがわかる。

この boundary state を用いることで supertube 間を飛ぶ閉弦のツリー振幅が計算できる。これは開弦-閉弦双対性から開弦の 1 ループ振幅に相当しているが、振幅の modular 変換が困難なためそこから開弦のスペクトルを読み取るのは通常の方法では難しい。しかし $k = 1$ の場合 (k は D0 の数) は光円錐ゲージでの開弦の 1 ループ振幅と比較することができるため、supertube 上の開弦のスペクトルが求められた。この開弦スペクトルは低エネルギーではブレインの DBI 作用から予想できる形をしているが、高エネルギーでは非自明な α' 補正がある。この補正は supertube が曲がっていることによる DBI 作用の微分補正に相当しているので、微分補正の形に対する示唆が与えられたと意味でこのスペクトルは非常に興味深い。

一方 $k \neq 1$ の場合は螺旋状に変形された D1 ブレイン上の開弦にとって光円錐方向が多価関数となるため、開弦の光円錐ゲージを取ることができず前述の方法で開弦スペクトルを求めることはできない。しかし $k \neq 1$ の場合は $k = 1$ の場合に比べてより多くの非自明な物理を含んでいて興味深い。特に円筒方向が non compact な通常 supertube は $k \rightarrow \infty$ の極限に相当しているが、この場合 deconstruction に類似したことが起きて自由度が増えることが期待されるため、その様子を弦理論的に調べることは非常に興味深い。

参考文献

- [1] D. Mateos and P. K. Townsend, Phys. Rev. Lett. **87** (2001) 011602, hep-th/0103030.
- [2] H. Takayanagi, JHEP **0312** (2003) 011, hep-th/0309135.
- [3] J. H. Cho and P. Oh, Phys. Rev. D **64** (2001) 106010, hep-th/0105095.
- [4] C. G. Callan and I. R. Klebanov, Nucl. Phys. B **465** (1996) 473, hep-th/9511173.
- [5] Y. Hikida, H. Takayanagi and T. Takayanagi, JHEP **0304** (2003) 032, hep-th/0303214.