Brane-antibrane systems at finite temperature and phase transition near the Hagedron temperature

京都大学理学部素粒子論研究室　堀田健司
E-mail: khotta@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

brane-antibrane 上の open string は、そのモードとして複素スカラーのタキオン場 T を含むことが知られており、近年、このタキオン場の性質が精力的に調べられている。例えば、Minahan-Zwiebach や Kutasov-Marino-Moore 等によって、BSFT に基づいたタキオンポテンシャルが求められている [1]。すると、場の理論における高温での対称性の回復の時のように、$T = 0$ の時、系は低温では不安定であるが高温で安定になるということは起こらないだろうかという疑問が沸いてくる。そこで、我々は BSFT に基づき、D9-$\overline{\text{D9}}$ 対上の open string の有限温度有効ポテンシャルを、T が真空期待値を持つ場合について計算し、その高温での性質を調べた。

open string の弱結合近似でヘルムホルツの自由エネルギー F を求めるためには、松原形式で open string の 1 ループ振幅を計算すればよい。ただし、open string の 1 ループの世界面のトポロジーはシリンダーであり、境界が 2 つあるので、共形不変性を持たない BSFT では、この 2 つの境界でどのようにワイル因子を選ぶかについて任意性がある。そこで、Andreev-Oft が、この open string の 1 ループ振幅の低エネルギー部分が、タキオン場の有効作用の 1 ループと一致するようにワイル因子を決定しているので [2]、それに基づいて F を計算した。正準集合の方法では、有限温度有効ポテンシャルはタキオンポテンシャルに F を足し合わせたものであるが、温度がハゲドロン温度に近い場合、正準集合の方法はエネルギーの揺らぎが大きくて信用できないので、小正準集合の方法で計算しなければならない。そこで、F から逆ラプラス変換により状態密度を求め [3]、小正準集合の方法を用いて有限温度有効ポテンシャルの $|T|^2$ 項を求めた。open string の全エネルギー E が十分大きく、温度がハゲドロン温度に近い時、$|T|^2$ 項は、

$$\left[-16\tau_9 V + \frac{8\pi V}{{\beta_H}^{10}} \log\left(\frac{\pi {\beta_H}^{10} E}{2V}\right)\right] |T|^2 \tag{1}$$

となる。ただし、τ_9 は D9-brane の tension 、V は考えている系の体積、β_H はハゲドロン温度の逆数を表す。この係数が 0 になる時の E を求め、その時の温度 β^{-1} を計算すると、

$$\beta^{-1} = {\beta_H}^{-1} \left[1 + \exp\left(-\frac{{\beta_H}^{10}\tau_9}{\pi}\right)\right]^{-1} \tag{2}$$

となる。弱結合では τ_9 は非常に大きく、この温度はハゲドロン温度に非常に近い。したがって、温度が上昇してハゲドロン温度に近くなれば、$|T|^2$ 項の係数が負から正になる。これは、その温度で D9-$\overline{\text{D9}}$ 対の系への相転移が起こることを示唆している。

参考文献

[1] J. A. Minahan and B. Zwiebach, JHEP **0103** (2001) 038, hep-th/0009246; D. Kutasov, M. Marino and G. Moore, hep-th/0010108.

[2] O. Andreev and T. Oft, Nucl. Phys. **B627** (2002) 330, hep-th/0109187.

[3] S. A. Abel, J. L. F. Barbon, I. I. Kogan and E. Rabinovici, JHEP **9904** (1999) 015, hep-th/9902058.