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

東京工業大学理工学研究科　堀田健司
E-mail: khotta@th.phys.titech.ac.jp

Dブレーン・反Dブレーン上の開弦は、そのスペクトルに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、クタソフ＝マリノ＝ムーア等によって、ＢＳＦＴに基づいたタキオンポテンシャルが求められている。$T=0$であれば、ブレーン・反ブレーン対が存在すると解釈され、$T=0$でポテンシャルは上に凸であり、これがブレーン・反ブレーンの不安定性を表している。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、低温では$T=0$は不安定であるが高温で$T=0$が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、Dブレーン・反Dブレーン対の有限温度有効ポテンシャルを計算し、その高温での性質を調べた[1] [2]。

有限温度有効ポテンシャルを求めるためには、自由エネルギーを求めなければならない。弱結合近似で自由エネルギーを求めるためには、松原形式で時間方向をユークリッド化して周期化した時空の中で開弦の１ループ振幅を計算すればよい。ただし、ＢＳＦＴには共形不変性がなく、開弦の１ループの世界面のトポロジーはシリンダー（アニュラス）であるので、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り、タキオン場が真空期待値を持つ時の１ループ振幅は確定されていない。そこで、アンドレーフとオフトが、この開弦の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ループ振幅と一致するようにワイル因子を決定しているので、それに基づいて自由エネルギーを計算した。

Ｄ９ブレーン・反Ｄ９ブレーン対の場合、温度が上昇すると、$|T|^2$の係数が、ハゲドロン温度よりも少し低い温度で、負から正になる。これは、その温度でＤ９ブレーン・反Ｄ９ブレーン系への相転移が起こり、この温度より高温側ではＤ９ブレーン・反Ｄ９ブレーン対が安定となることを示唆している。ところが、Ｄｐブレーン・反Ｄｐブレーン対でｐ＜９の場合、ハゲドロン温度近くになっても、$|T|^2$の係数は負のままで、このような相転移は起こらないと考えられる。したがって、温度がハゲドロン温度に近くなると次元の低いブレーンではなく、空間を埋め尽くすＤ９ブレーン・反Ｄ９ブレーン対が生成されるものと思われる。

また、９次元空間のうちのいくつかの次元をトーラスコンパクト化した場合のDブレーン・反Dブレーン対についても、有限温度有効ポテンシャルを計算した。この場合、Dブレーン・反Dブレーン対がトーラスのどれだけの次元に広がっているかには依らず、コンパクトでない全ての方向に広がっている場合のみ、$|T|^2$の係数が、ハゲドロン温度よりも少し低い温度で、負から正になる。これは、その温度でコンパクトでない全ての方向を埋め尽くすDブレーン・反Dブレーン系への相転移が起こることを示唆している。

最後に、N対のＤ９ブレーン・反Ｄ９ブレーンの場合、弱結合近似が成り立つためにはトフーフト結合が十分小さくなければならないが、その条件下でNがより大きい方が、より低いエネルギーで相転移が起こることが分かる。これは、弦の結合定数が十分小さければ、１対ではなく非常に大きな数の９ブレーン・反９ブレーン対が生成されることを示している。

参考文献

[1] K. Hotta, JHEP **0212** (2002) 072, hep-th/0212063.

[2] K. Hotta, JHEP **0309** (2003) 002, hep-th/0303236.