

Gravitational Background of Spacetime-Filling Branes

東京大学総合文化研究科 堀田健司

E-mail: khotta@hep1.c.u-tokyo.ac.jp

我々は以前、Dブレーン・反Dブレーンの有限温度系について調べた。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 を含み、BSFTに基づいて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。ところが、BSFTに基づいて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ると、ポテンシャルが持ち上がり、 $T = 0$ が安定になる場合があることが分かった。タイプII B理論で考えると、D9ブレーン・反D9ブレーン対の場合、温度が上昇すると、ハゲドロン温度よりも少し低い温度で相転移が起こって、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。ところが、Dpブレーン・反Dpブレーン対で $p < 9$ の場合、このような相転移は起こらない。したがって、温度がハゲドロン温度に近くなると、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調べ、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にのみ相転移が起こることが分かった。この場合もD9ブレーン・反D9ブレーン対は相転移する方に含まれる。したがって、宇宙初期の高温な時期には、D9ブレーン・反D9ブレーンが存在した可能性が高い。

そこで、D9ブレーン・反D9ブレーンが存在したとき、重力も考慮に入れると、どのような宇宙の時間発展が期待されるかについて調べたのが今回の仕事である。具体的には、一様等方で空間方向の曲率がゼロであるようなメトリックを仮定し、アインシュタイン=ディラトン重力に‘物質’としてD9ブレーン上の開弦の有限温度系、あるいはD9ブレーンの張力エネルギーを加えたような重力場方程式を考え、いくつかの簡単な古典解を求めた。まず、開弦の有限温度系を‘物質’として入れる場合であるが、完全流体のエネルギー運動量テンソルの形で導入する。圧力を P 、エネルギー密度を ρ とすると、開弦のハゲドロン温度付近での状態方程式は、 $P \propto \sqrt{\rho}$ と表せる。しかし、この場合の重力場方程式は連立非線型微分方程式であるのでの厳密解を求めるのは非常に難しい。ところが、ハゲドロン温度付近では、圧力がエネルギーのスケールに対して非常に小さいので、状態方程式を $P \simeq 0$ と近似することが出来る。この近似での重力場方程式については、ツェイトリンとバッファにより一般解が求められていて、膨張解は2種類あり、スケール因子が無限の過去に有限値から始まり、有限時間で無限大に発散するようなインフレーション解と、有限の過去にスケール因子がゼロから始まり、一定の値に漸近的に近づく解がある。インフレーション解を考えた場合には、宇宙膨張により開弦の密度が低くなり、ブレーンの張力エネルギーの方が効いてくるので、上手く解を接続しなければならない。ちなみに、もしディラトンが固定されているとすると、状態方程式を $P \propto \sqrt{\rho}$ としたままで、一般解を求めることが出来て、膨張解は、有限の過去にスケール因子がゼロから始まって、一定の値に漸近的に近づく解のみとなる。次に、D9ブレーンの張力エネルギーを‘物質’として入れる場合について考える。ただし、D9ブレーンの張力はディラトン ϕ に $\exp(-\phi)$ の形で依存している。この場合は簡単な特解を求めることが出来て、膨張解は、スケール因子が無限の過去にゼロから始まり、有限時間で無限大に発散するようなインフレーション解となる。ガスパーリーニとヴェネチアーノにより提唱されたプレ・ビッグバン模型の時と同様、ディラトンの時間変化を考慮した場合にはいずれもスケール因子が発散する前にどのよ、にしてインフレーションを終了させるかが問題となってくる。上で述べたような場合について一般解を求めることや、タキオンを含めた場合はどうなるか、どのような宇宙論が構成できるか等について考察することは、今後の課題である。