宇宙項のあるブレイン宇宙への場の局在化と宇宙項の評価

福岡工大　郷六一生
E-mail: gouroku@fit.ac.jp

Randall-Sundrum [1,2] により提案された 5 次元の brane-world モデルから我々の住む宇宙を理解しようとする試みは、本質的に多次元理論である超弦理論の発展と歩調をそろえて進められてきた。又、今後も超弦理論からの視野に立った方向での発展が期待できる。しかし、この宇宙モデルの中心となる brane は D-brane ではなく重力を閉じこめることのできるもので、むしろ超重力理論から得られるソリトン解のようなものと位置づけられる。従って、このモデルでは先ず brane 内に、我々の 4 次元時空で観測するほぼ Newton Law に近い重力を再現することである。それは、5 次元重力の振動モードの中から 4 次元から見たときのゼロモードを brane に局在化させることである。これは、第 5 方向の空間のゆがみによって、言い換えると重力によって、可能となることが brane 内時空が Minkowski の場合に [2] で示された。このとき、第 5 方向の空間は無限に延びていても差し支えない。

我々は、このアイデアを brane 内時空が小さな宇宙項 ($\lambda > 0$) の存在に起因してインフレーション状態にある、あるいはド・ジッター時空である時にはどうかという点を [2] を少し拡張したモデルで調べてみた。我々のモデルでは、λ は、5 次元重力理論での宇宙項 Λ と brane tension τ によって、$\lambda = \Lambda/6 + 36\kappa^4\tau^2/36$ と与えられる [3]。従って、$\lambda > 0$ を実現するのは Λ が正、負両方の場合があり、この両方について重力の閉じこめを調べた。その結果は、$\tau > 0$, $-1/6 < \Lambda/(\kappa^4\tau^2) < 1/4$ の 2 つの条件が満足されていれば brane に重力が閉じこめられて、望ましい結果が得られる。ここで注目すべき点は、Λ が正、つまり 5 次元が de Sittere の場合も、満足のいく brane-world 解が得られる可能性があることであり、これが超弦模型とどう関連しているかという点は今後の問題として面白い問題である。

一方このようなモデルでは、λ の値は手で自由に設定できるが、観測によればプランク質量に比べて大変小さな値であり、無理なくそのように設定できるか否かは重力理論での難問として知られている。上に与えた、λ を 5 次元理論のパラメターで決める式は、5 次元理論の運動方程式から得られるが、一方で 5 次元から 4 次元の有効作用を求めて λ を知ることもできる。そこで、我々は [4] で、両方から得られる関係式の整合性から λ への制限式を求めて、λ の値を決定できないかどうかを調べてみた。 5 次元から 4 次元の有効作用を求めるには、[5] で提案された経路積分による方法と、gauge theory/string theory 対応を使う方法とがあるが、我々は先ず前者に従い Λ が正、負両方の場合について半古典近似で調べてみた。その結果、$\lambda = 0$ の解しかないことがわかった。そして、$\lambda > 0$ の現実的な結果を得るには 4 次元の有効作用を求める際に 5 次元理論での量子補正を取り入れた結果を用いることが必要であることが指摘される。Λ が負の時は gauge theory/string theory 対応を使って、 4 次元有効作用を求めることができる。しかし、このときも結果は予想されるように経路積分による方法で得られたものと同等であった。ただしこのときは、量子補正としては対応する gauge theory からのものであり、Λ が正のときは space-boundary がないので適用できないと思われる。いずれにしても、λ の値は量子補正から得られそれがどの程度に抑えられて現実的な値が得られるかに関しては、open のままで残されていることは言っておかなくてはならない点である。

参考文献

[1] L. Randall and R. Sundrum, Phys. Rev. Lett. **83** (1999) 3370, (hep-ph/9905221).
[2] L. Randall and R. Sundrum, Phys. Rev. Lett. **83** (1999) 4690, (hep-th/9906064).
[3] I. Brevik, K. Ghoroku, S.D. Odintsov and M. Yahiro, to be published in PRD, (hep-th/0204066).
[4] K. Ghoroku and M. Yahiro, (hep-th/0206128).
[5] S.B. Giddings, E. Katz and L. Randall, JHEP **03** (2000) 023, (hep-th/0002091).