

M理論から得られるインフレーション模型と大きな余剰次元

阪大理 太田 信義

E-mail: ohta@phys.sci.osaka-u.ac.jp

最近の宇宙背景輻射の観測から初期宇宙でのインフレーションは確立し、現在の宇宙もまだ加速膨張(インフレーション)していることがわかった。そこで素粒子の基本理論と考えられる10次元超弦理論または11次元M理論からインフレーション模型が出せるかということが問題となる。

ところがここに禁止定理があつて、6または7次元内部空間の大きさが時間によらず strong energy condition が満たされていると不可能であることが知られている [1]。しかし実は、内部空間の大きさに時間依存性を持たせると、strong energy condition は破れてインフレーション模型が得られることが昨年わかった。それは S(pace-like) ブレインと呼ばれる超弦理論の解で与えられる。

しかしその後の研究で、Sブレインでは十分なインフレーションが得られないことがわかった。そこで、十分なインフレーションを出すにはどうしたらよいか問題となる。ここでM理論の有効作用には高次補正があることを思い出す。宇宙初期にはそれらの項が重要になって、インフレーションが起こることが議論されてきたが、今までの解析ではスカラー曲率の4乗 R^4 など、M理論では出ない補正項の場合しか検討されていない。そこで本研究ではM理論で出てくるタイプの R^4 の項を取り入れて、インフレーションが出るかどうかを調べた。(ガウスボネ項の係数はII型超弦やM理論では0になる。)

計量を3次元と7次元内部空間は平坦として次のように取る。

$$ds_{11}^2 = -e^{2u_0(t)} dt^2 + e^{2u_1(t)} \sum_{i=1}^3 (dx^i)^2 + e^{2u_2(t)} \sum_{a=5}^{11} (dy^a)^2, \quad (1)$$

解析の結果、場の方程式の解として一般化された de Sitter 解 [2]

$$u_0 = 0, \quad u_1 = \mu t, \quad u_2 = \nu t, \quad \mu \text{ と } \nu \text{ は定数} \quad (2)$$

があることがわかった。M理論の場合3つの解があることを発見した。

またこれらの解の周りの線形摂動を考え、安定性も見た。M理論の場合の3つの解のうち1つは完全に安定で、2つは小さな不安定モードを1つもっていることがわかる。前者ではインフレーションが終わらないのでまずく、後者のうち1つは外部空間と内部空間の大きくなり方が同じでうまくない。残りの1つはちょうど4次元の方が大きくなる解で望ましい。その解の性質として内部空間もある程度大きくなるので、余剰次元の大きさがある程度大きくなるシナリオになることがわかった。

さらに理論を決める作用に不定性があるので、その効果を取り入れるため作用の中の各項のパラメーターを振って解がどのように変化するかも調べた。その結果、M理論から少しずれたところに、大変望ましい解があることも見つけた。結果としては、十分なインフレーション (e-fold が60程度) が得られ、それは自動的に終わる。これらの解に共通する性質として、内部空間の大きさが数 TeV のサイズになり、さらにその100倍ぐらい上のスケールに11次元重力の質量スケールがあり、量子重力の効果が効いてくる可能性があるということになる。

なお以上は早稲田大学の前田恵一さんとの共同研究であり、結果の簡単なまとめは [2] に与えてあるが、さらに詳しい報告を準備中である。

参考文献

- [1] G. Gibbons, *Class. Quant. Gravity* **20** (2003) S321, hep-th/0301117.
- [2] K. Maeda and N. Ohta, *Phys. Lett. B* **597** (2004) 400, hep-th/0405205.