インフレーションのアイデアと
カォティックインフレーションモデル

地平線問題

- $z \geq 3500$では、宇宙は放射優勢

    →初期宇宙に遡ると、長さのスケールが
    地平線より大きくなる。

- 宇宙マイクロ波背景放射の温度が、どの天空上を見ても等方的。

    →かつて因果関係を持たなかった領域も
    我々と同じ性質を持つという不思議

平坦性問題

- 現在の宇宙は、空間的に平坦

- 現在の曲率をハッブル半径程度と考えると、初期宇宙の曲率の初期値を非常に精密に設定しなければならない。

インフレーションによる解決

- インフレーション
  →宇宙を指数関数的に膨張させる。
  (ハッブル半径一定)

- フリードマン方程式により、曲率項の方がエネルギー項より早く減少
  →平坦性問題の解決

インフレーションによる解決

- 指数関数的膨張によりハッブル半径は一定。

→ハッブル半径内の点は一度外に。

→放射・ダスト優勢時に再び因果関係を持てる範囲内に。

→背景放射が等方的という疑問も解決

インフレーションの終了･再加熱

- インフレーションは続いてはいけない
  - インフラトンのエネルギーを放射のエネルギーに転化させる。

→これを再加熱と呼ぶ。

- インフレーションは指数膨張と再加熱を起こさせなければならない。

カオティックインフレーション

- インフレーションのポテンシャルのモデルとして、

$$V(\varphi) = \frac{\lambda\varphi^n}{nM_p^{n-4}}$$

を考える。初期値は、量子重力を考えなくて良い程度の、

$$V(\varphi) \sim M_p^4$$

とする。

カオティックインフレーション

- 指数関数的膨張を起こすため、“スローロール近似”を考えなければならない。

- するとフリードマン方程式とφに関しての式、

$$H^2 + \frac{k}{a^2} = \frac{8\pi}{3M_p^2} V(\varphi)$$

$$3H\dot{\varphi} = -\frac{dV}{d\varphi}$$

カオティックインフレーション

以下では、ポテンシャルの例として$n = 4$、

つまり、$V(\varphi) = \frac{\lambda}{4}\varphi^4$*を考える。*

- これらより、

$$\varphi(t) = \varphi_0\, exp\left(-\sqrt{\frac{\lambda}{6\pi}}M_p t\right)$$

$$a(t) = a_0\, exp\frac{\pi}{M_p^2}\left(\varphi_0^2 - \varphi^2(t)\right)$$

と、指数関数が出てくる。

インフレーションを起こすポテンシャル

- ポテンシャルとインフレーションの関係について、同様に$V(\varphi)=\frac{\lambda}{4}\varphi^4$を考えると、$M_p/3 \leq \varphi \leq \lambda^{-1/4}M_p$では、インフレーションが起き、$\varphi \leq M_p/3$の時、量子的な振動が起き、この時再加熱が起きる。