

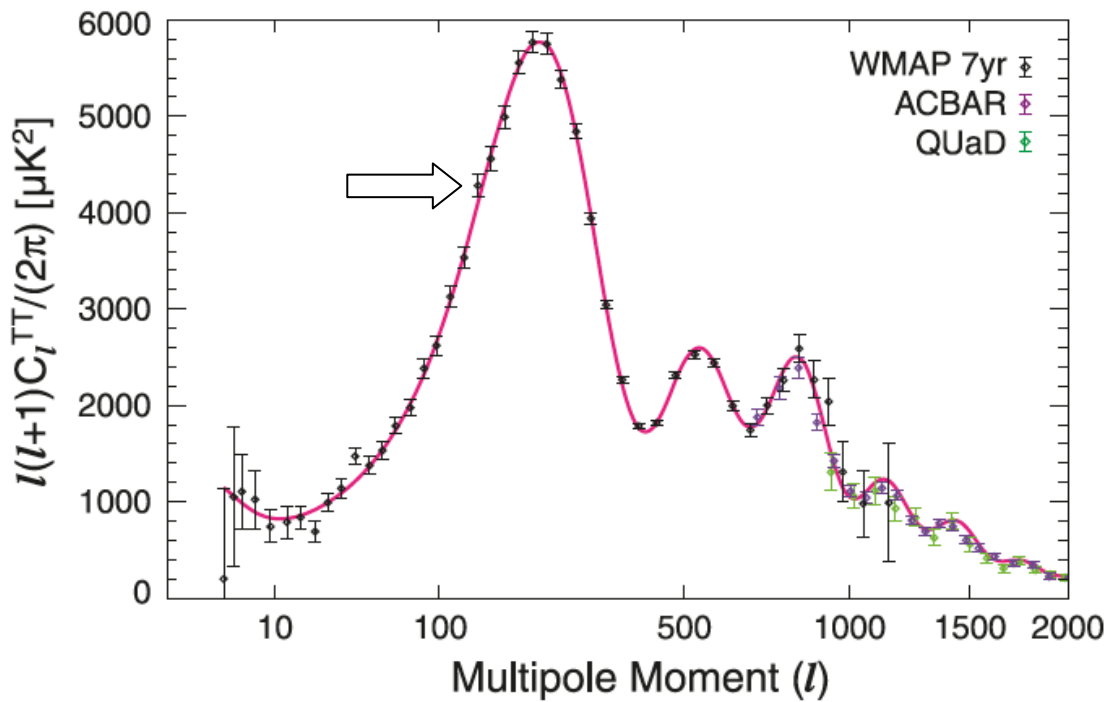
インフレーションにおける粒子生成

京都大学天体核研究室M1 藤田翔

Ref: Neil Barnaby,

Journal-ref: Advances in Astronomy, Volume 2010 (2010), Article ID 156180 and Phys.Rev.D80:126018,2009

宇宙が初期に加速膨張していたとするインフレーションモデルにおいて単一のインフラトン（インフレーションを引き起こすスカラー場）の作用だけを考えると、そこから計算される CMB（宇宙の非一様性から生まれる温度ゆらぎ）の値が実際に観測されている値と比べて僅かにずれている。

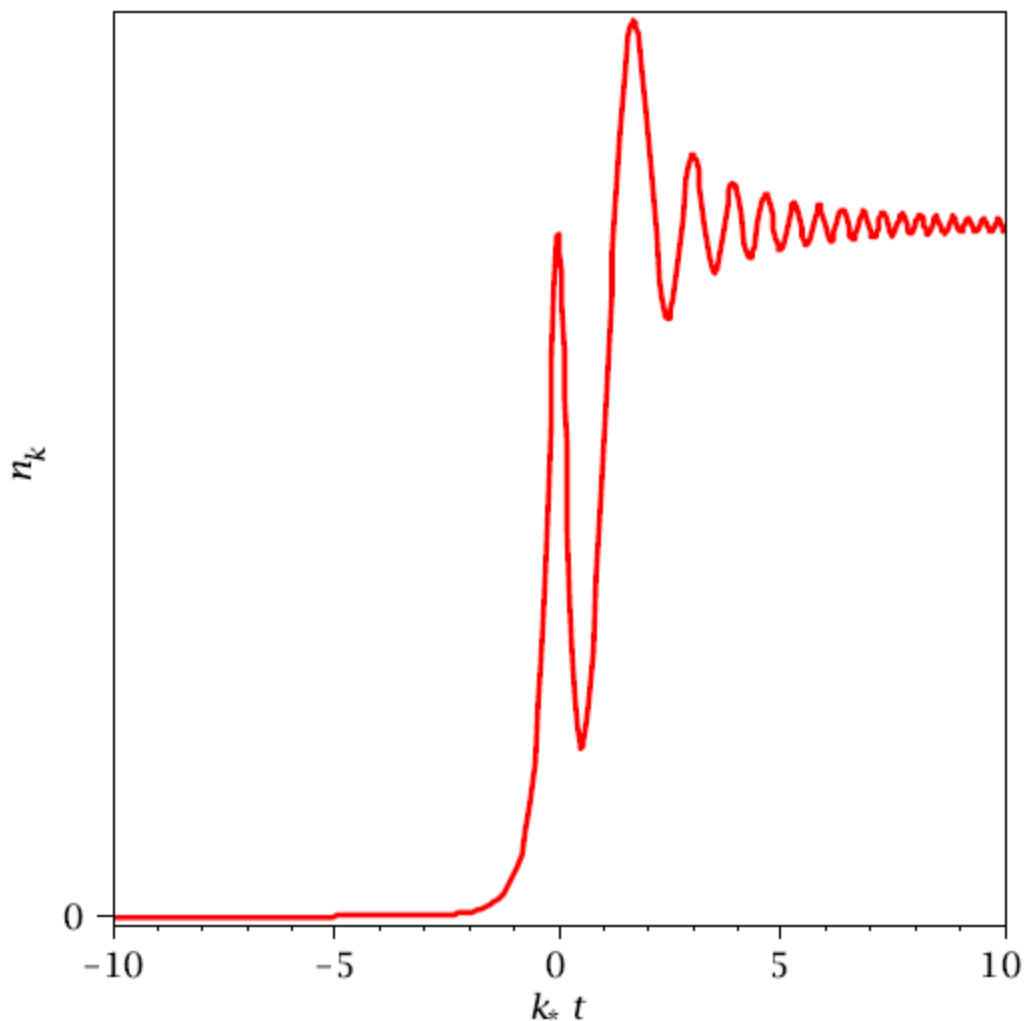


その中で角度方向 $l=200$ 近傍のズレを修正するために（他にもズレているポイントはいくつかあるが、今回はピーク時近傍のズレに着目している。）インフラトン Φ に以下のように相互作用する新たなスカラー場 χ を導入する。

$$\mathcal{L}_{int} = -\frac{g^2}{2}(\phi - \phi_0)^2 \chi^2 \quad (g \text{ は定数})$$

こういった相互作用の中でインフラトンは通常通りインフレーションを引き起こすが Φ がある値 Φ_0 を取る時に χ の係数が 0、すなわち massless 粒子が生成され、その結果、 Φ にゆらぎが生じ、理論値が従来と比べて変わるということである。実際に作用より運動方程式を解くと、時間 $t=0$ で Φ が Φ_0 の値を取るとすれば粒子数を n とおくと、 n は調和振動

子の解にある程度近似出来て、各モード k の粒子数は次のグラフのように t が 0 付近で急激に生成される。そしてある値に収束していくが、この粒子生成によって生じるゆらぎが重要なポイントとなる。

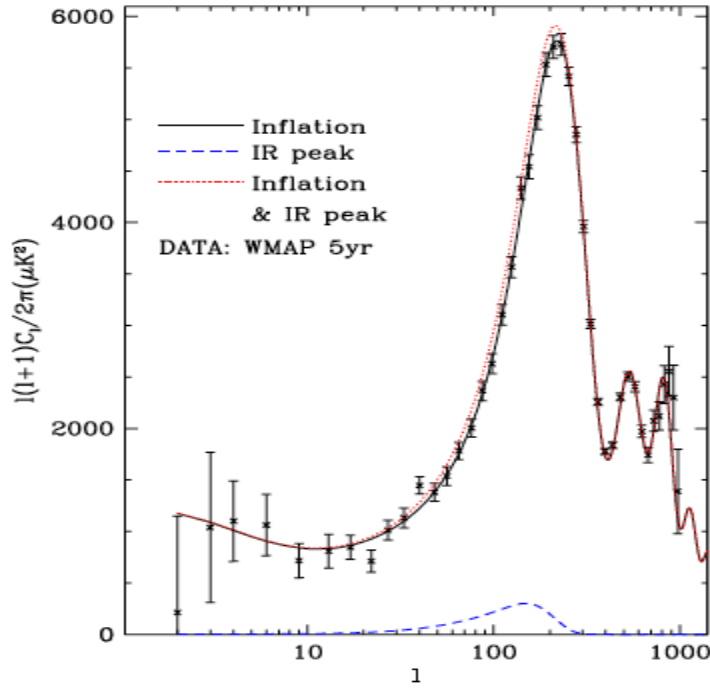


摂動に関する運動方程式を解いて、 Φ のパワースペクトルを求めると

$$P_\phi = A_s \left(\frac{k}{k_0} \right)^{n_s-1} + A_0 \left(\frac{k}{k_*} \right)^3 \exp \left(-\frac{\pi}{2} \left(\frac{k}{k_*} \right)^2 \right)$$

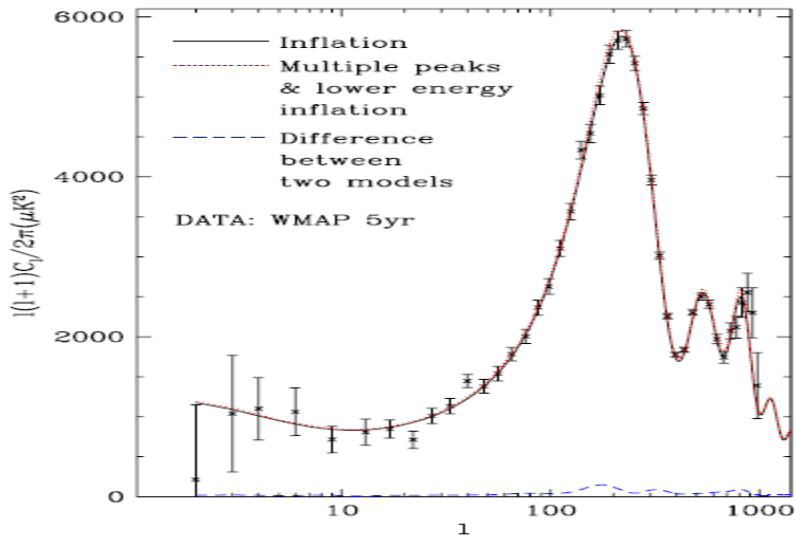
となって第 1 項が通常の真空状態（相互作用が無い時）でのパワースペクトル、2 項目が相互作用により、すなわち粒子生成により生じる項である。ここで A_s 、 k_0 、 A_0 、 k_* はそれぞれ

れ定数（パラメータ）である。このパラメータをうまく選んでやると、以下の赤い点線のグラフのようになり、最初に上げた問題のズレの部分は補正されている。しかし、これが単一のスカラー場 χ を考えた時の実験結果に最も近くなるように選んだ補正であり、結果として他にもズレが見受けられる。そこで複数のスカラー場 χ_i とインフラトン場 Φ による相互作用項を考えることによってより実験結果に近い補正を与えたい。



以下のような相互作用項を入れてゆらぎの方程式を解くと

$$\mathcal{L}_{int} = - \sum_{i=0}^n \frac{b_i^2}{2} (\phi - \phi_i)^2 \chi^2 \quad (b \text{ は定数})$$



上のグラフのような結果となる。同じく赤い点線が理論補正值であるが、この場合だとパラメータが多数あることもあり、最初に挙げたズレポイントが解決出来る上に従来の理論値とも大きくずれることはなくより正確に補正出来たと考えられる。こういった相互作用はストリング理論等でも取り上げられている。今後の展望としてこの考察で得られたデータを下に物理量の非ガウス性を調べることも出来るだろう。その非ガウス性により、宇宙の物理の様々な問題に新しい発見があるかもしれない。