

15. Sep. 2020 @ JPS in Tsukuba (online)

Escape from the swamp with spectator



多田 祐一郎 (名古屋大学)

w/ 小粥一寛 PRD 101, no.10, 103514 (2020)

Q. インフレーションは UV完全？

弦理論の低エネルギー-有効理論の分類



By Diego Delso, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=69468045>

弦理論から降りてくる “landscape”
UV 完全

弦理論から降りてこない “swampland”
UV 不完全

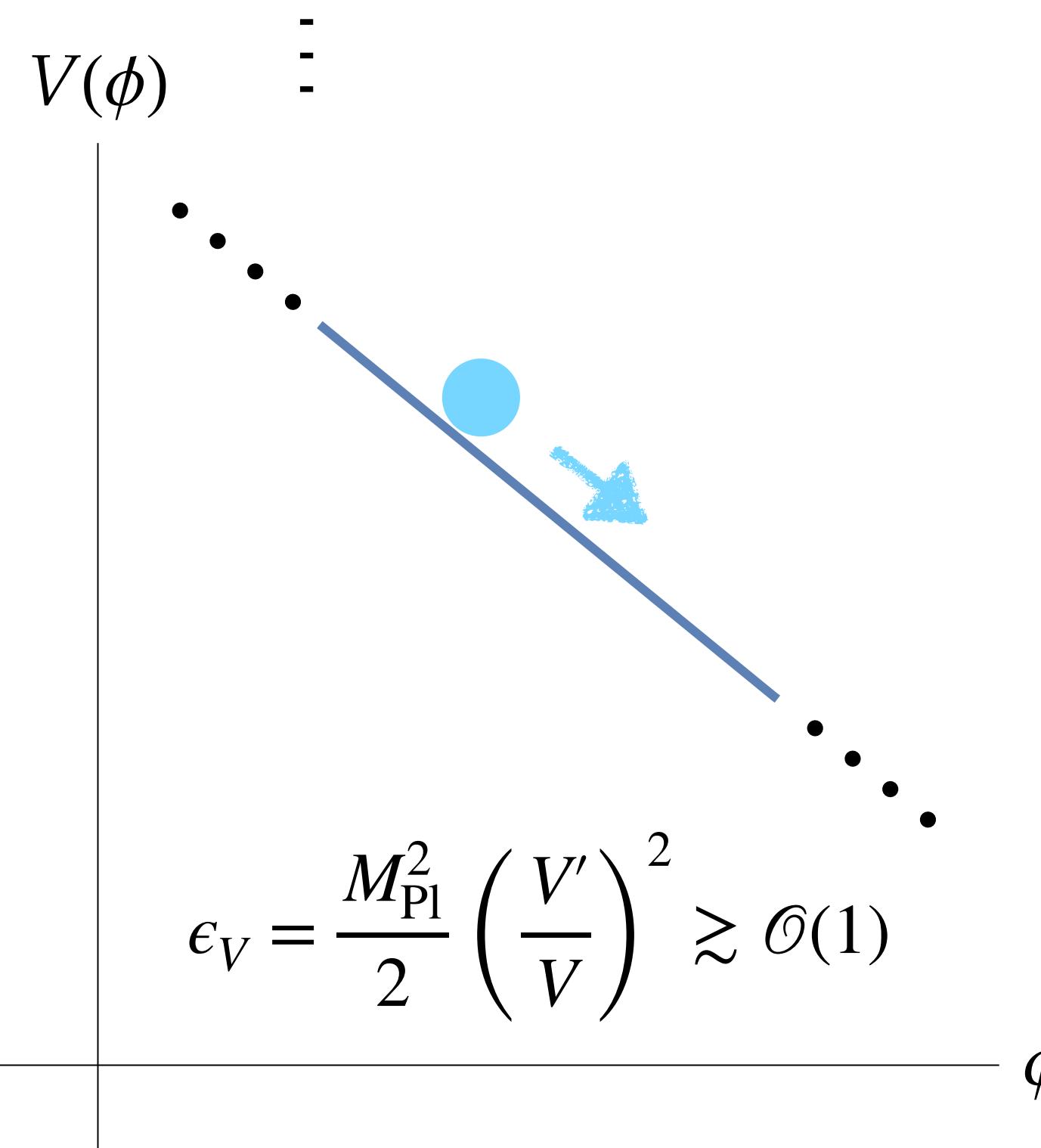
有効理論が “landscape” にいるべき条件

“swampland conjecture” Vafa '05

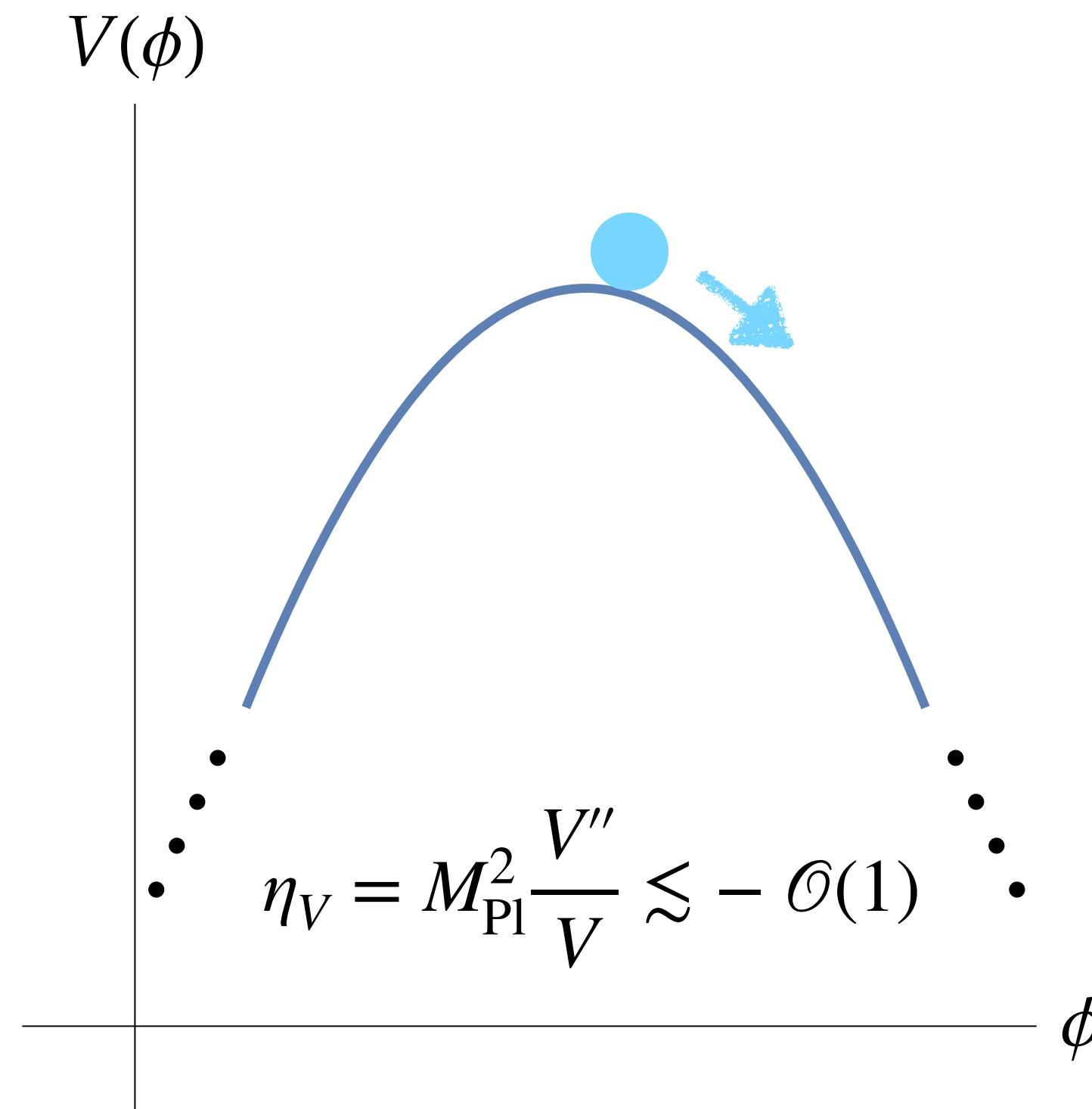
Q. インフレーションは UV完全?

インフレーションに関する swampland conjecture

- distance conjecture Ooguri & Vafa '06
- dS conjecture Obied+ '18, Garg & Krishnan '18, Ooguri+ '18
- trans-Planckian censorship conjecture Bedroya & Vafa '19, Bedroya+ '19



or

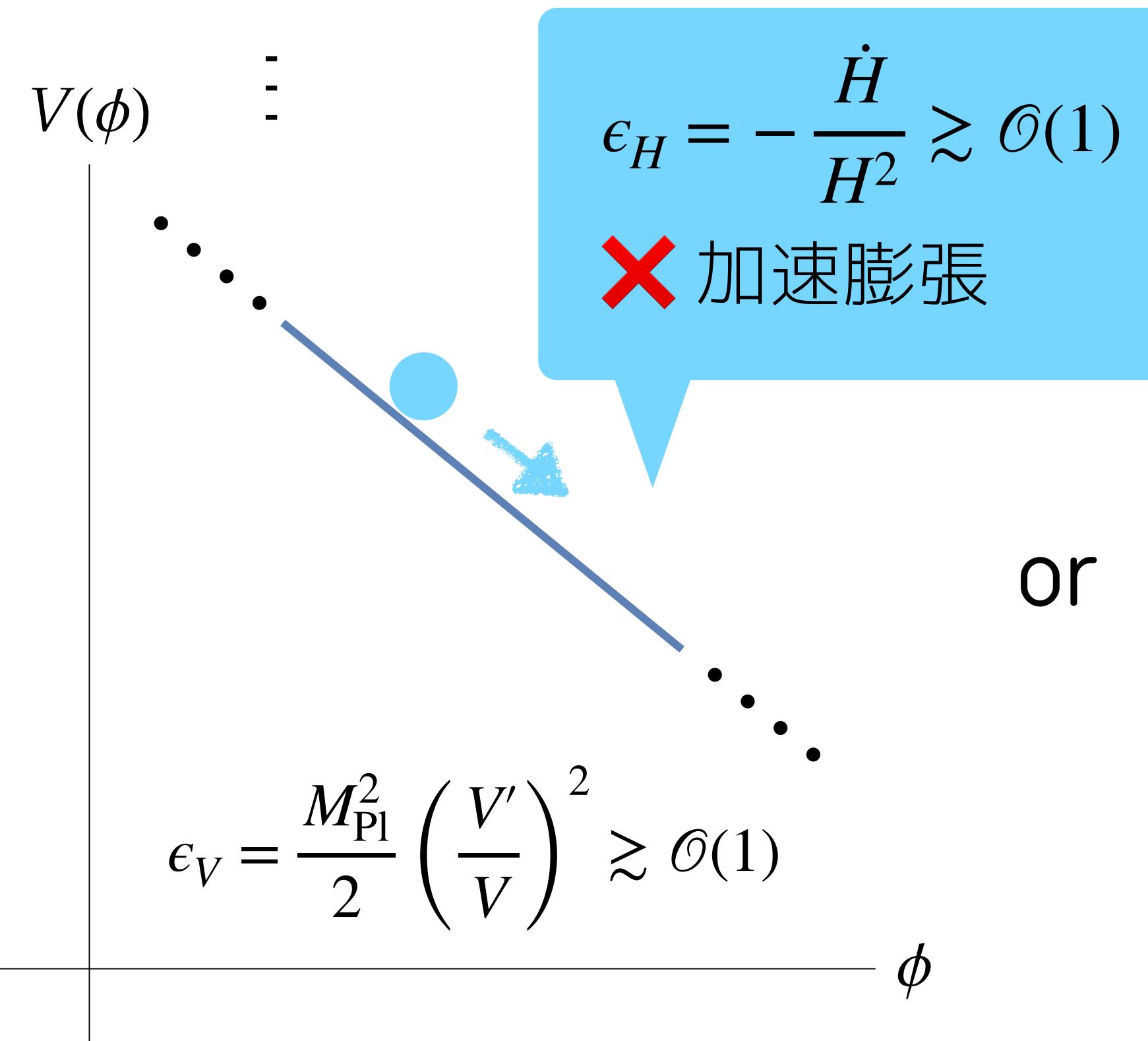


となる direction が1つはある
→ no (quasi-)stable dS

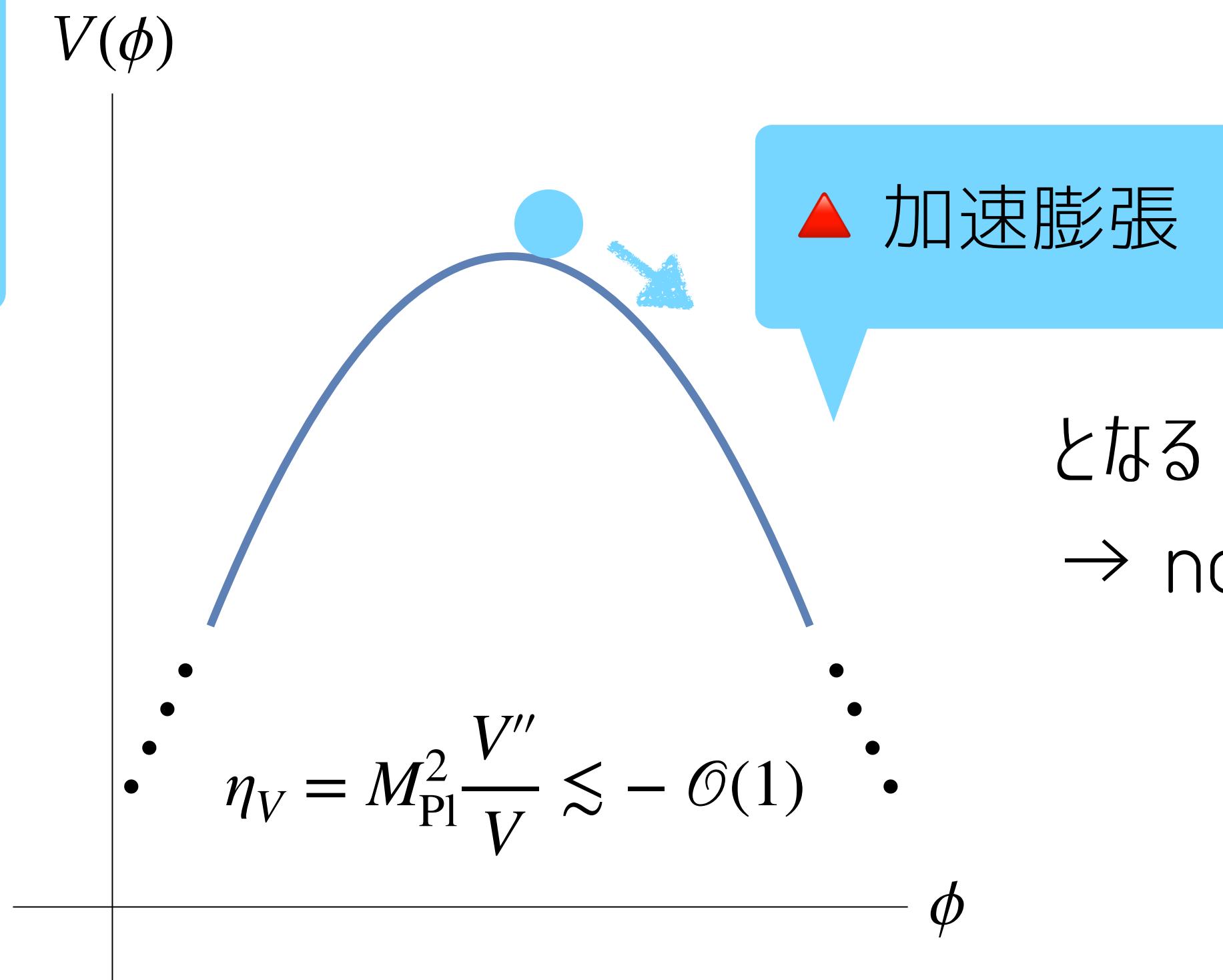
Q. インフレーションは UV完全？

インフレーションに関する swampland conjecture

- distance conjecture Ooguri & Vafa '06
- dS conjecture Obied+ '18, Garg & Krishnan '18, Ooguri+ '18
- trans-Planckian censorship conjecture Bedroya & Vafa '19, Bedroya+ '19

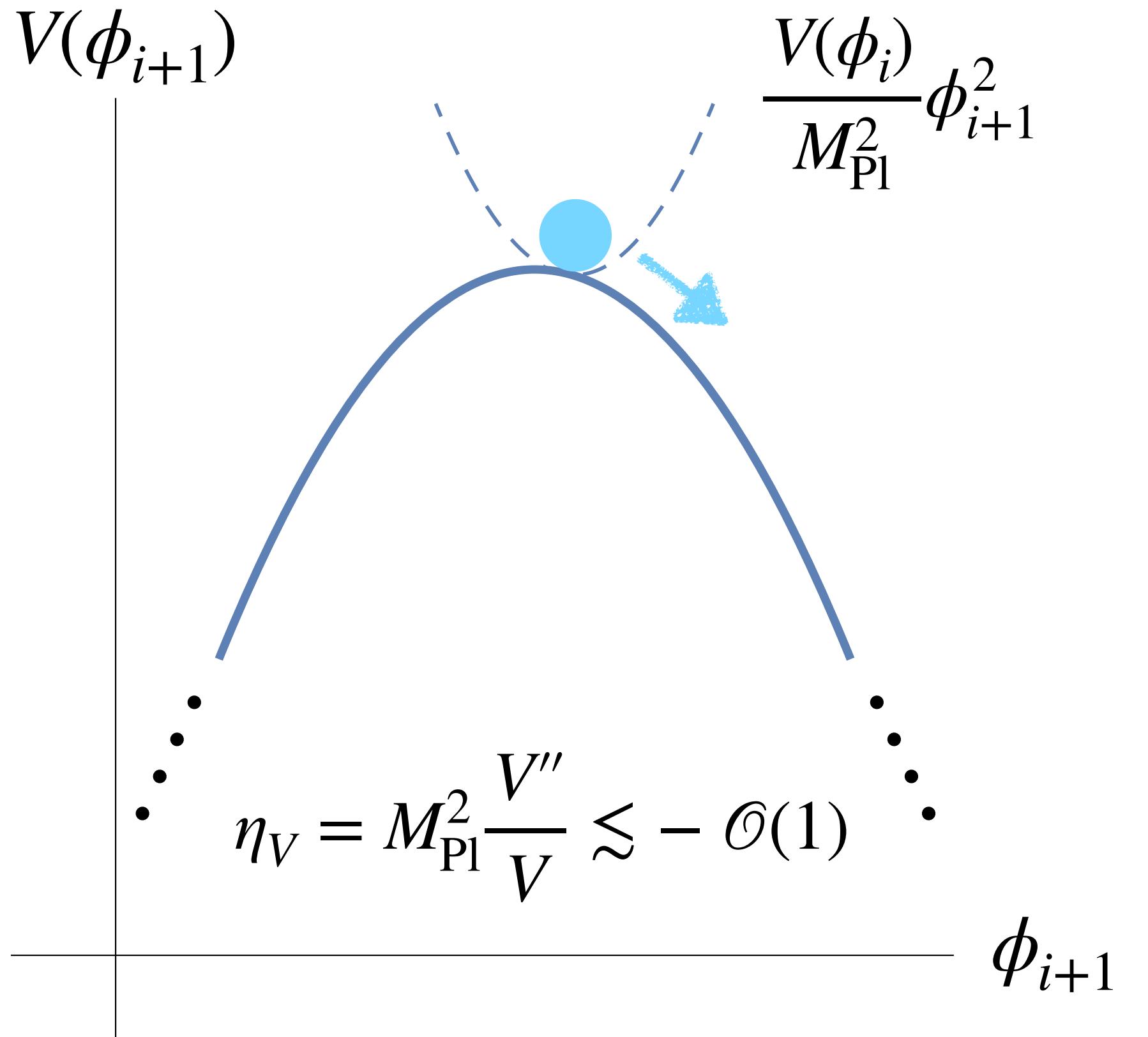


or



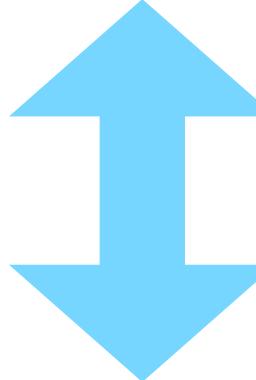
となる direction が 1 つはある
→ no (quasi-)stable dS

多段階インフレーション



最低限の観測的制限

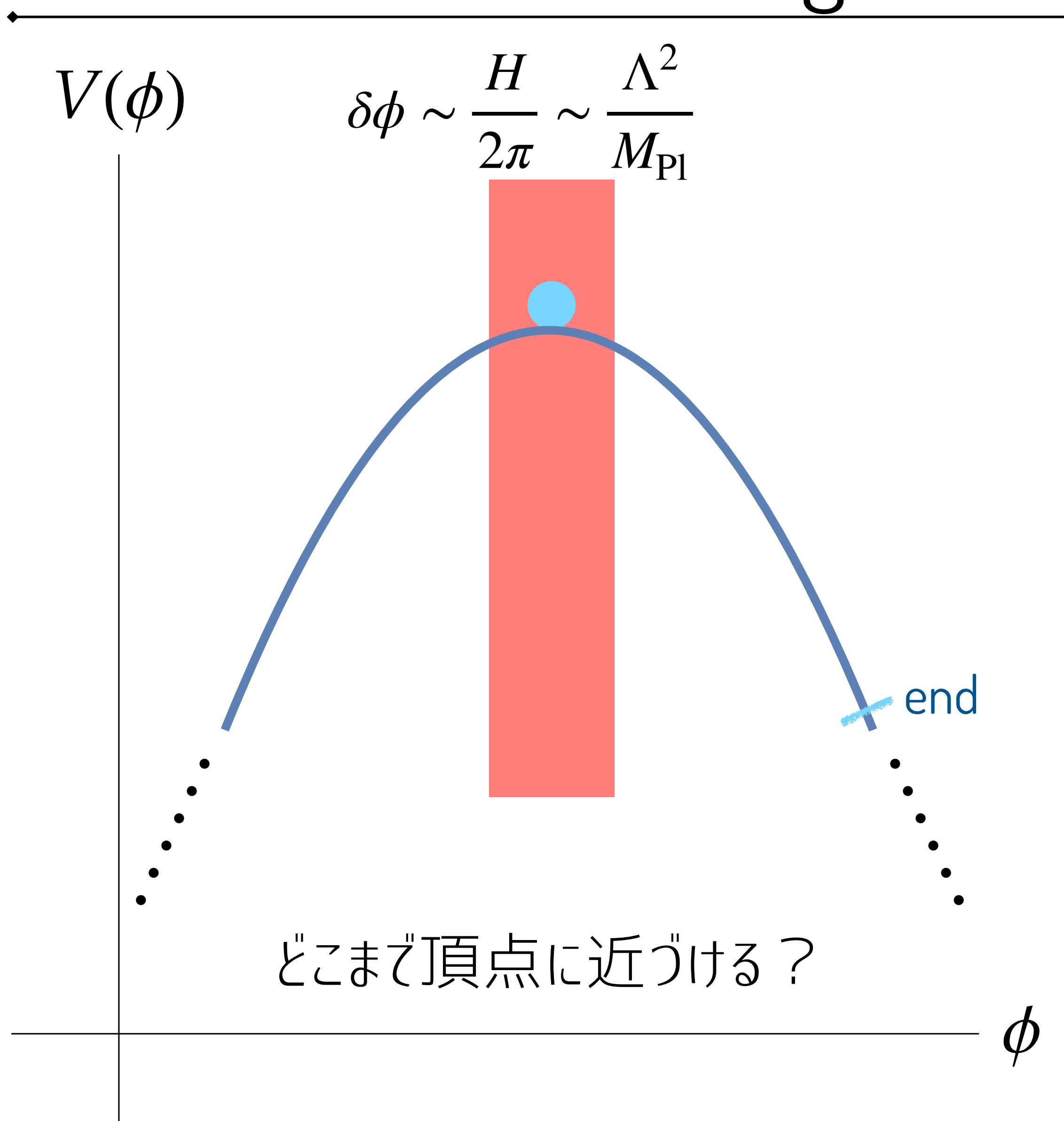
- CMB スケールの ~ 10 e-folds は1つのインフレーション
- CMB スケールの ζ はフラット : $n_s - 1 \simeq -0.035$



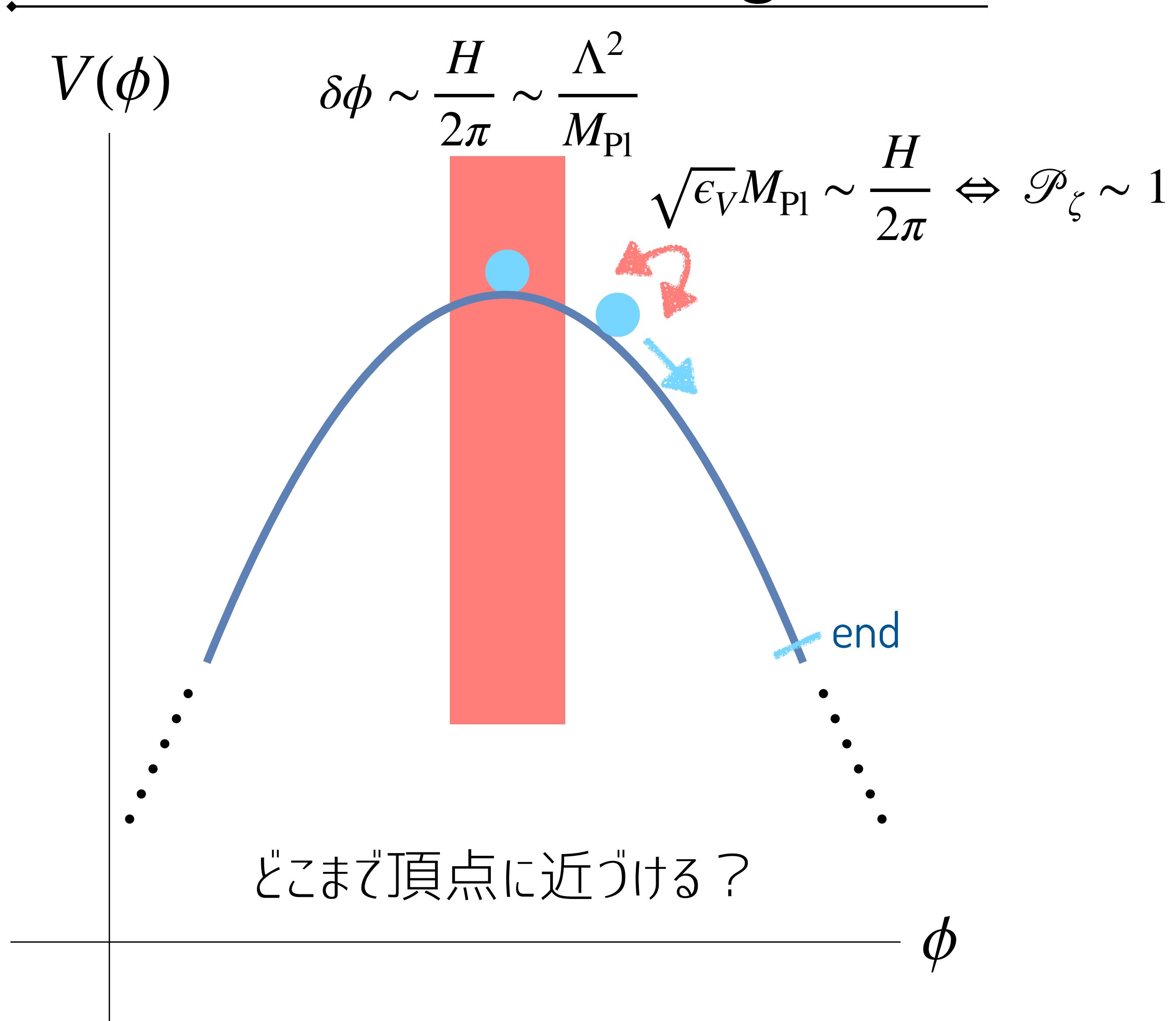
dS conjecture と無矛盾？

数 e-folds なら可能
→ 繰り返して total 60 e-folds

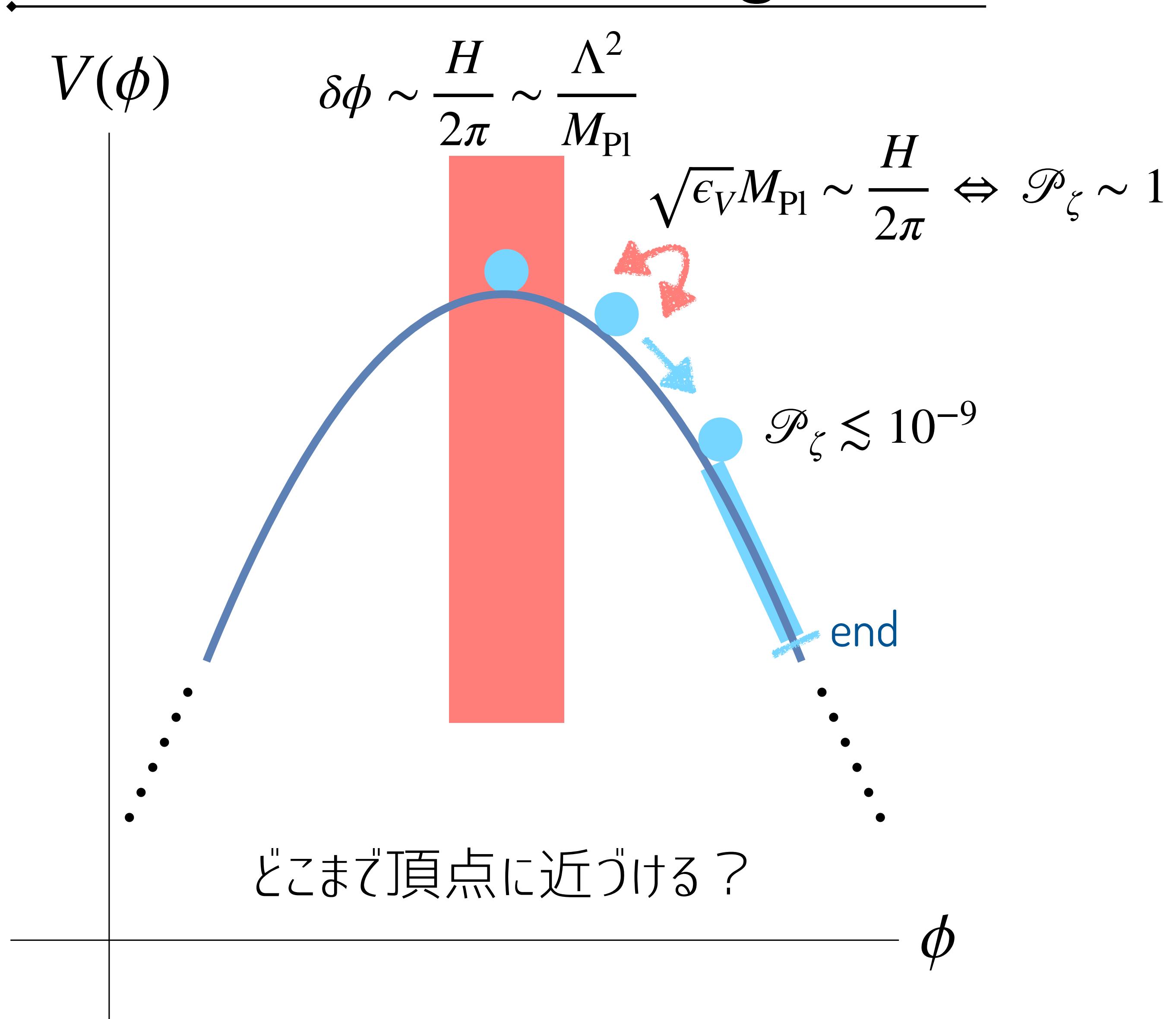
Background



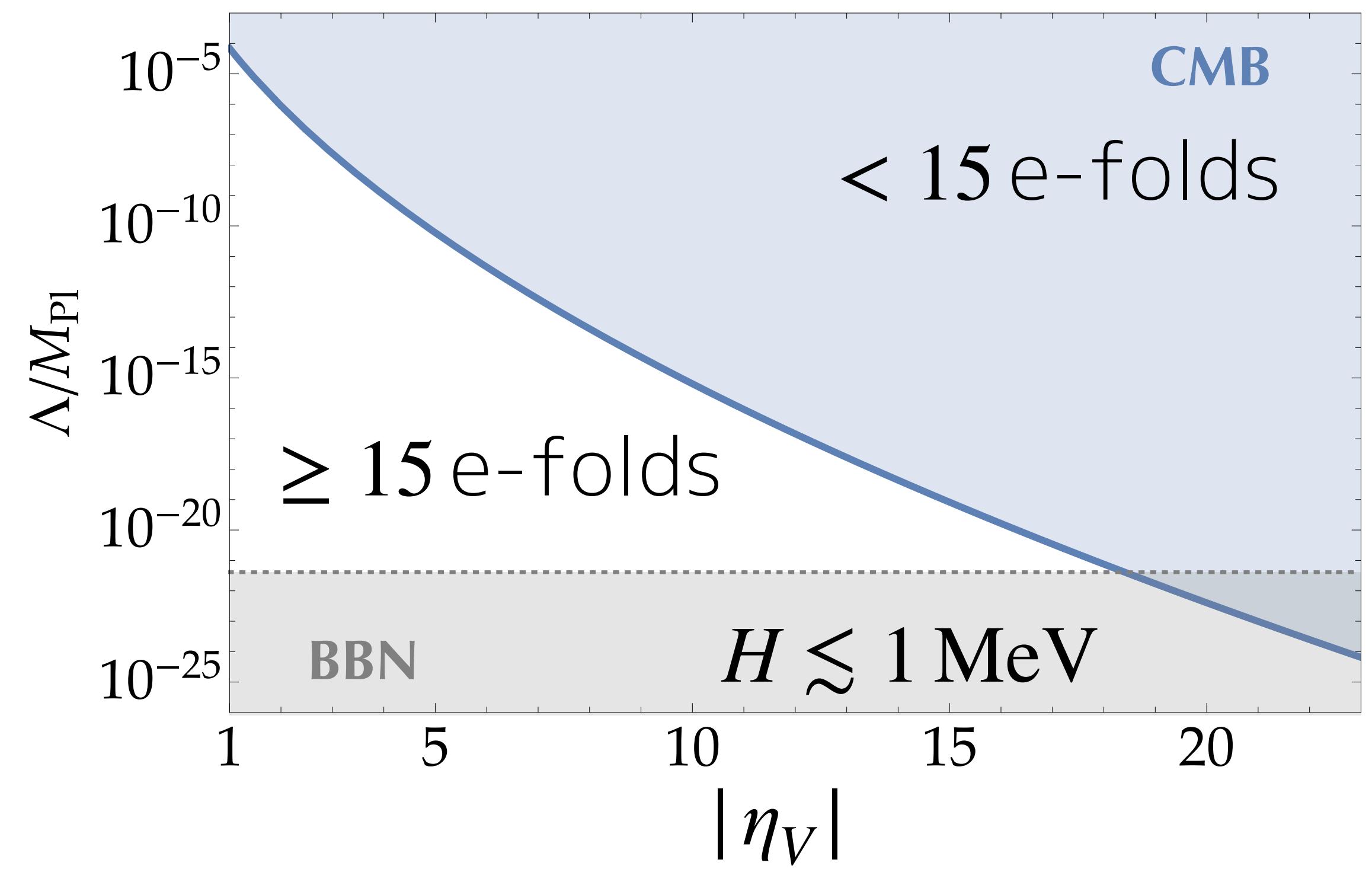
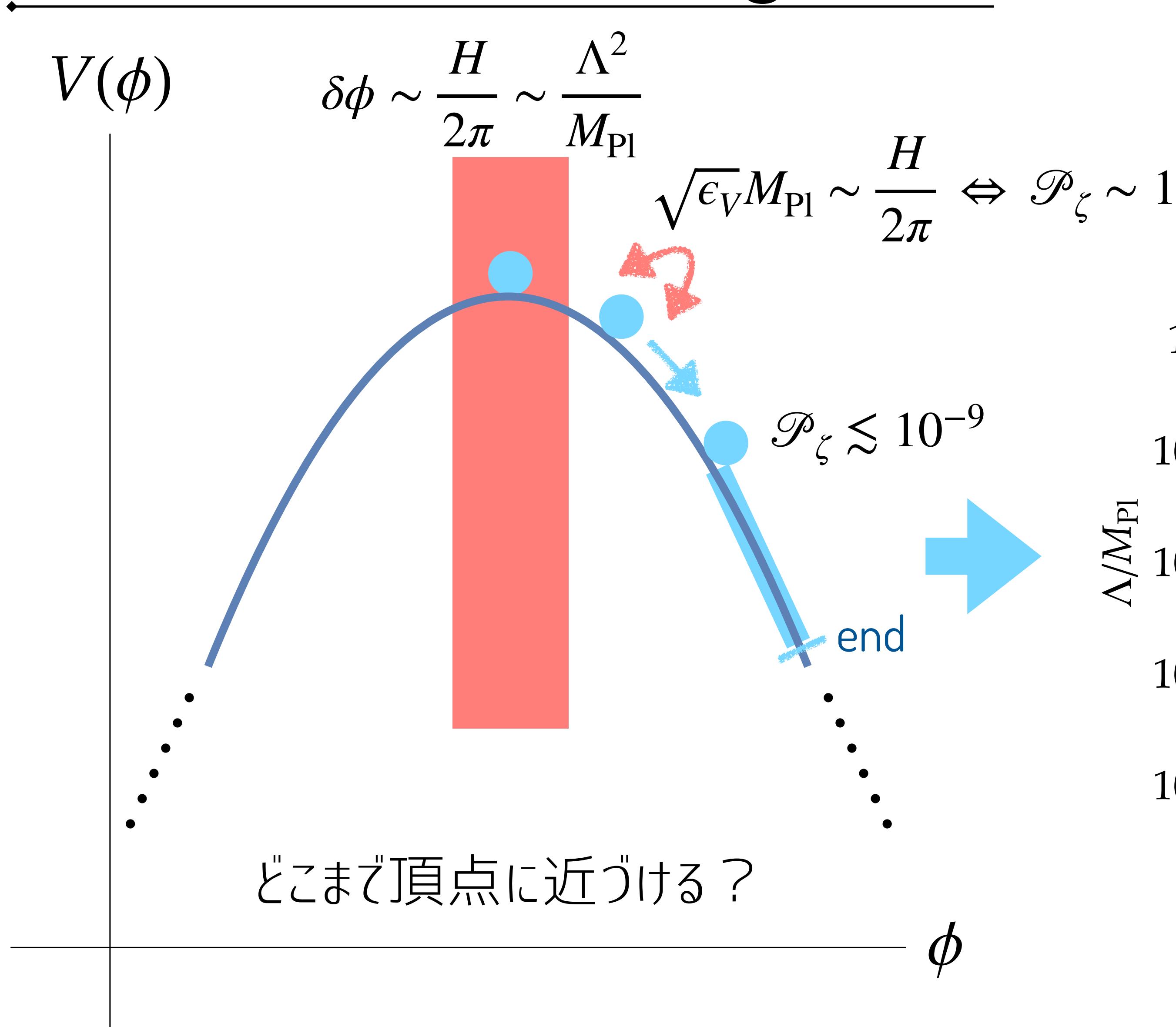
Background



Background



Background



Perturbation

inflaton ϕ : ζ_ϕ

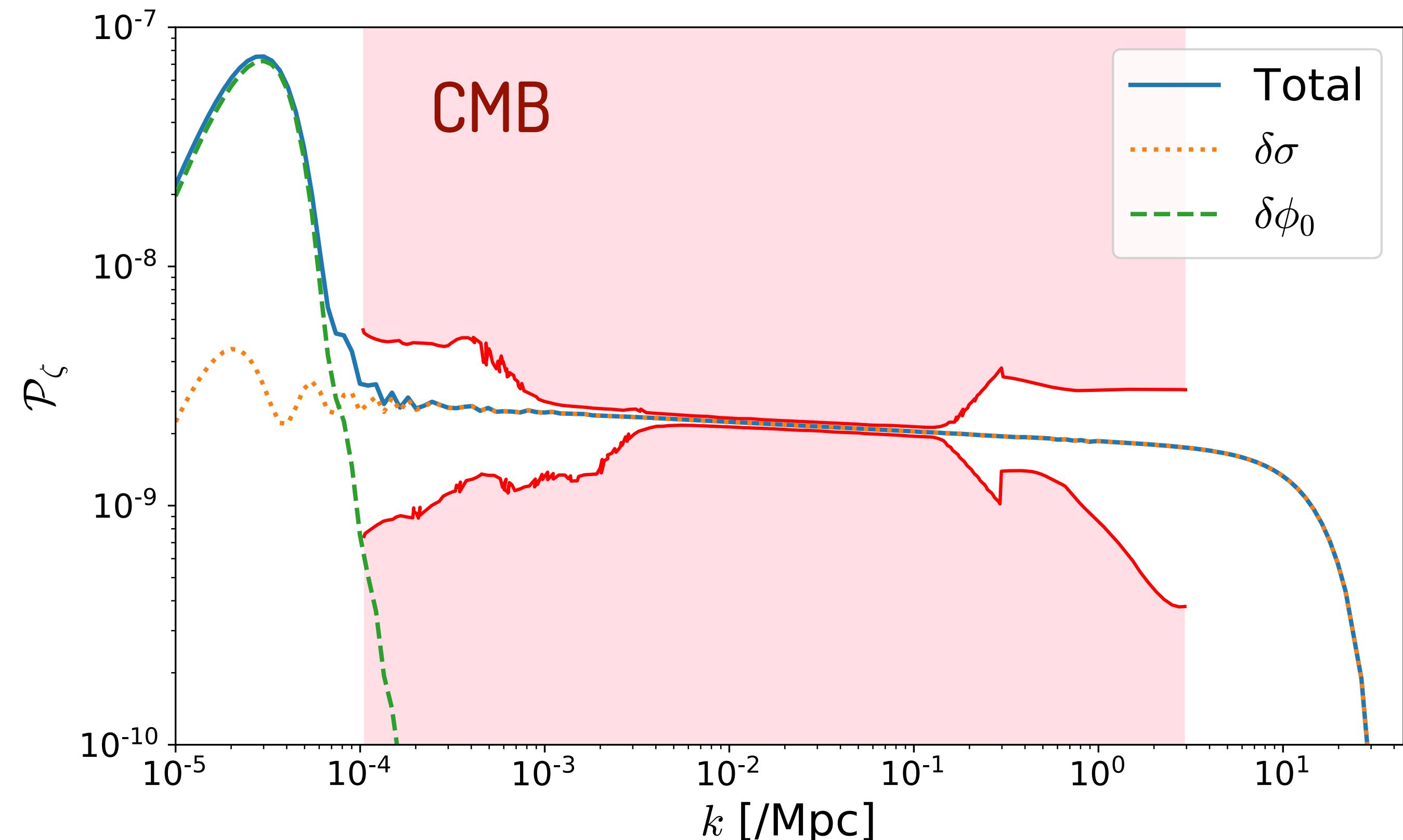
$$n_s - 1 \simeq -6\epsilon_V + 2\eta_V \stackrel{!}{=} -0.035$$

どちらかは $\gtrsim \mathcal{O}(1)$

spectator σ : ζ_σ

$$n_s - 1 \simeq -2\epsilon_H + \frac{2}{3} \frac{m_{\sigma,\text{eff}}^2}{H^2} \stackrel{!}{=} -0.035$$

$\ll 1$ $\sim -\mathcal{O}(0.01)$ ✓



❖ σ が留まるために CMB インフレーションの後に $m_{\sigma,\text{eff}}$ は消える

$$\rightarrow \mathcal{L} \supset -\frac{c}{2} \frac{V(\phi_{\text{CMB}})}{M_{\text{Pl}}^2} \sigma^2, \quad c \sim -\mathcal{O}(0.01)$$

Discussion

How $\delta\sigma \rightarrow \zeta$?

1. curvaton $\delta\rho_\sigma \rightarrow \zeta$

f_{NL} が大きくなりすぎたために ρ_σ は宇宙を支配

$$\begin{cases} \rho_r \propto a^{-4} \\ \rho_\sigma \propto a^{-3} \end{cases} \rightarrow \text{低エネルギーインフレーションすぎて } \rho_\sigma \text{ が宇宙を支配できない} \dots$$

2. modulated reheating

$$\Gamma_\phi(\sigma) = \Gamma_0 \left(1 + \alpha \frac{\sigma}{M} + \dots \right)$$

ただし cutoff scale $M \sim 10^3 \Lambda^2 / M_{\text{Pl}}^2 \sim \mathcal{O}(1 \text{ TeV})$
e.g.

Conclusions

- ❖ 多段階インフレーション + スペクテータは swampland conjecture (dS) と無矛盾
- ❖ curvaton は低エネルギーすぎてダメ
- ❖ modulated reheating は OK. ただし低エネルギーにカットオフスケールが必要