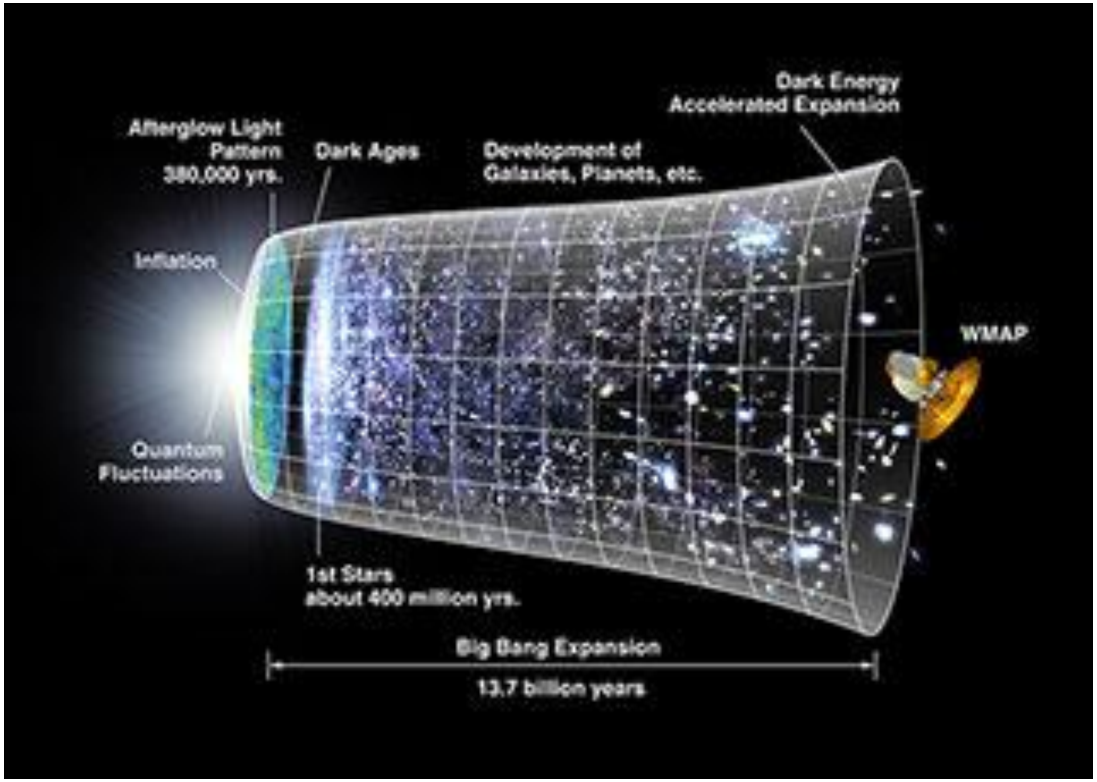
two-scalar場の場合での
ガリレオン重力理論における
ド・ジッター解の解析

早稲田大学　M1
前田 惠一研究室
水島 高志

宇宙の加速膨張



（WMAPより）

２つの時期

- **初期⇒インフレーション**
- **現在⇒ダークエネルギー**

一般相対性理論＋標準の物質⇒加速膨張を説明できない

宇宙の加速膨張を説明するアプローチ

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

Ⅰ．右辺を変更する

⇒Λ CDMモデル、ダークエネルギーなど

Ⅱ．左辺を変更する

⇒一般相対性理論の修正（例．ｆ(R)重力理論、ガリレオン重力理論）

Ⅱの手法で加速膨張を説明する

Ⅱ←太陽系近傍の観測から強い制限を受ける

ガリレオン重力理論は、この問題を回避

(Vainshtein機構)

ガリレオン重力理論

　ガリレオン重力理論＝場の方程式において、重力場とスカラー場の微分が２階以下のみのスカラーテンソル重力理論の総称

G-inflation (Tsutomu Kobayashi, Masahide Yamaguchi, Jun'ichi Yokoyama)

　ガリレオン重力理論を使って、新しいインフレーションモデルの構築

$$S=\int d^4x\sqrt{-g}\left(\frac{M_{pl}^2}{2}R-X+\frac{X^2}{2M^3\mu}-\frac{X}{M^3}\Box\phi\right)\quad\cdots①$$

インフレーション解(ド・ジッター解)があるとわかっている作用　$X\equiv-\frac{\nabla_\mu\phi\nabla^\mu\phi}{2}$　ガリレオン場⇒　$X\Box\phi$

２つのガリレオン場

- 素粒子統一理論→複数のスカラー場を示唆
- 本研究→２つのガリレオン場における解析をする

解析する作用

$$S = \int d^4x\sqrt{-g}\Big[\frac{M_{pl}^2}{2}R-(X+Z)+\frac{1}{M^4}(C_X X^2+C_Z Z^2+\ldots) + \frac{1}{M^3}\{C_{X\Box u}X\Box u+C_{Z\Box v}Z\Box v+\ldots\}\Big]$$

$$X=-\frac{1}{2}g^{\mu\nu}\nabla_\mu u\nabla_\nu u \quad , \quad Z=-\frac{1}{2}g^{\mu\nu}\nabla_\mu v\nabla_\nu v$$

一様等方宇宙を考える。⇒　$u=u(t), v=v(t)$

平坦な一様等方時空のメトリック

⇒　$ds^2=-dt^2+a(t)^2(dx^2+dy^2+dz^2)$

- **基礎方程式**

$m_{pl} = M_{pl}/M, h = H/M, \xi = \dot{u}/M^2, \eta = \dot{v}/M^2$ とすると、

$$12m_{pl}^2 h^2 + 2(\xi^2 + \eta^2) - 3(C_X \xi^4 + C_Z \eta^4) + 12h(C_{X\Box u}\xi^3 + C_{Z\Box v}\eta^3) = 0$$

$$-4m_{pl}^2(2\dot{h} + 3h^2) + 2(\xi^2 + \eta^2) - (C_X \xi^4 + C_Z \eta^4) - 4(C_{X\Box u}\dot{\xi}\xi^2 + C_{Z\Box v}\dot{\eta}\eta^2) = 0$$

$$2(\dot{\xi} + 3h\xi) - 6C_X(\dot{\xi}\xi^2 + h\xi^3) + 6C_{X\Box u}(2h\xi\dot{\xi} + 3h^2\xi^2 + \dot{h}\xi^2) = 0$$

$$2(\dot{\eta} + 3h\eta) - 6C_Z(\dot{\eta}\eta^2 + h\eta^3) + 6C_{Z\Box v}(2h\eta\dot{\eta} + 3h^2\eta^2 + \dot{h}\eta^2) = 0$$

ド・ジッター解を考えるために $\dot{h} = \dot{\xi} = \dot{\eta} = 0$ とする。

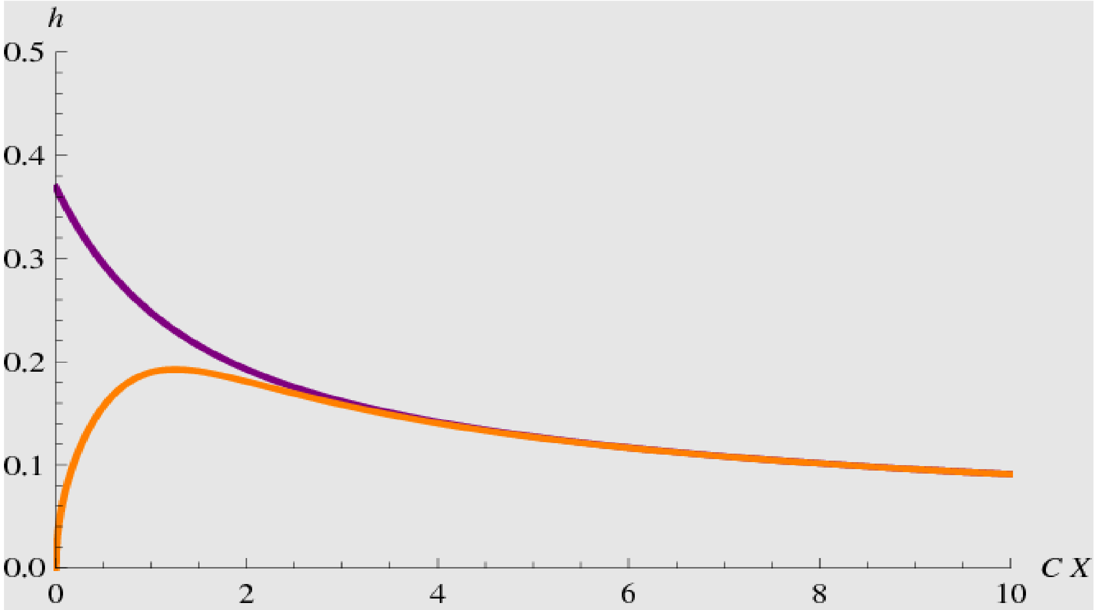
- **まずガリレオン場１つの場合のド·ジッター解を再確認、安定性の確認**

←２つにした場合と比較するため

C_X と $C_{X\Box u}$ 以外が 0, かつ $v=0$ の場合を考える

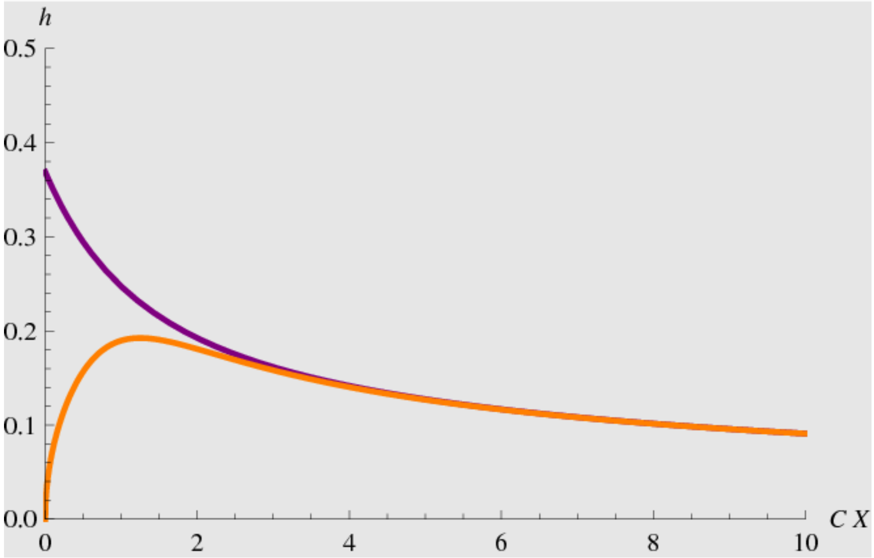
$-10 < C_X < 10$ **で解析**

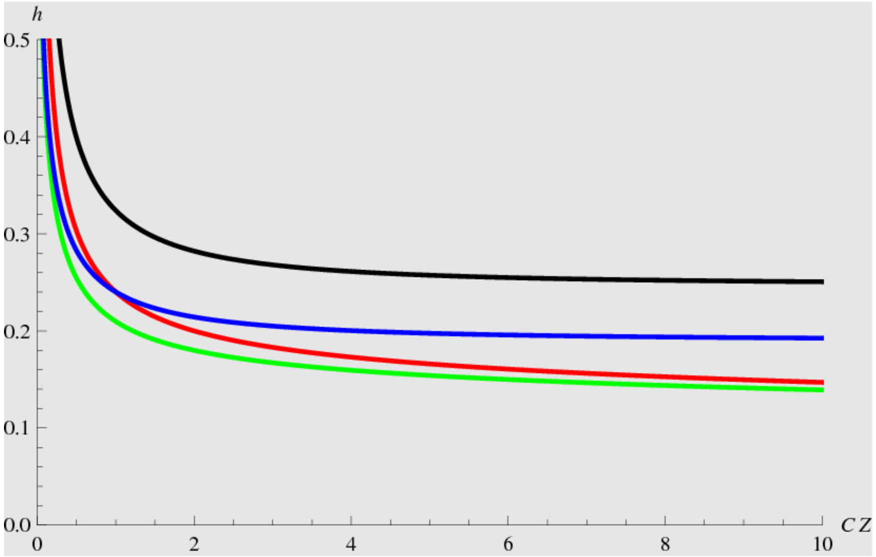
$\Rightarrow$ $0 < C_X$ の時は 2 つの解, $C_X < 0$ の時は 1 つの解。どれも安定。



- ２つのガリレオン場が共存していて、インタラクションが無い場合←解析は途中

$m_{pl} = C_X = C_{X\Box u} = 1$、$C_Z = C_{Z\Box v}$ とした時の結果





まとめと今後の課題

まとめ

①今回は２つのインタラクションの無いガリレオン場を考えた

② この時、１つのガリレオン場のみを考えた時には無い解を発見

今後の課題

① まとめ①の場合の解析の続行

②解のダイナミカルシステムを考える

③作用に２つのガリレオン場の相互作用項を入れて解析　　例、 XZ 、$Y\Box u + X\Box v$

※ $Y = -g^{\mu\nu}\nabla_\mu u \nabla_\nu v$

ご清聴ありがとうございました