

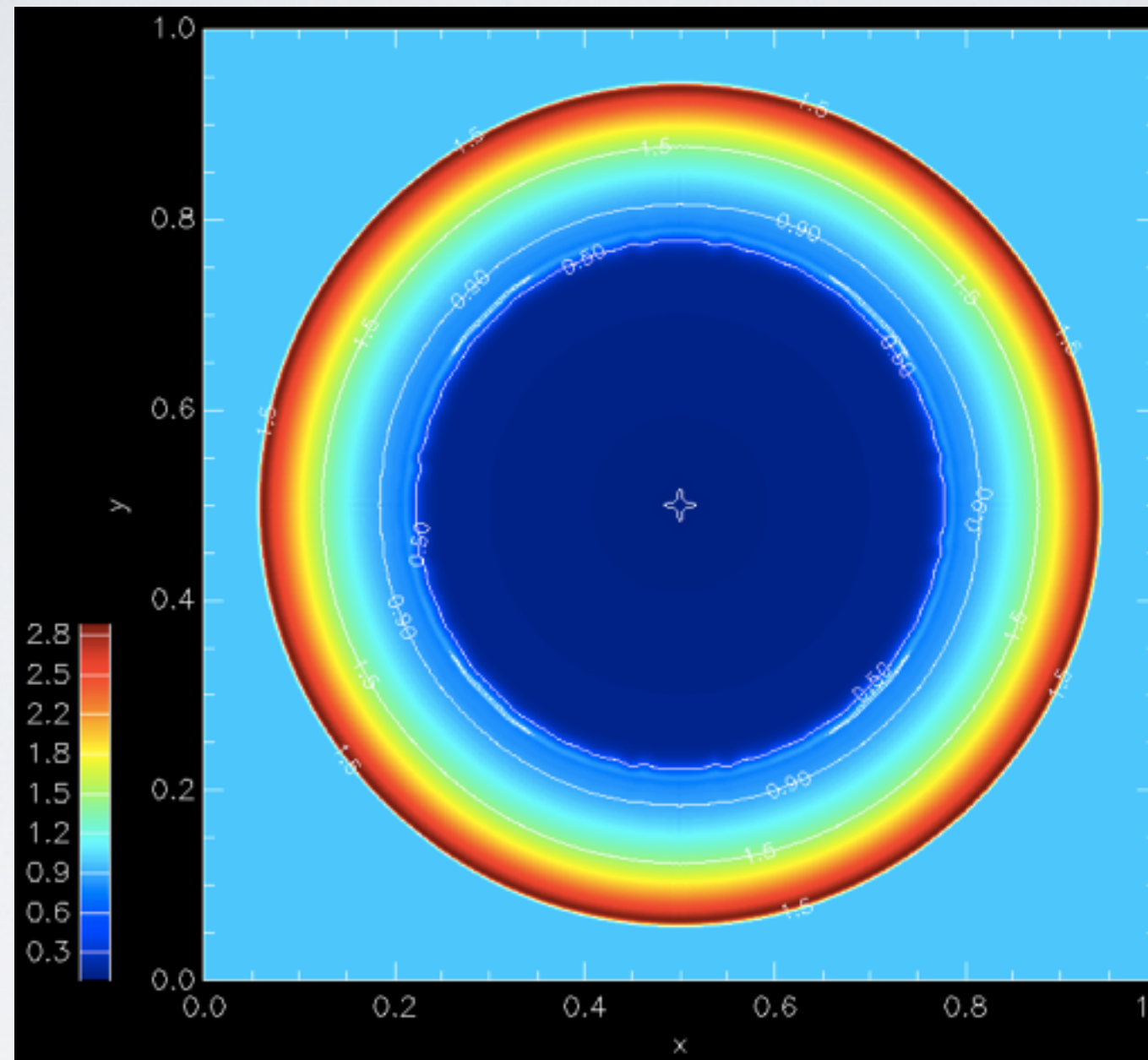
円筒座標系磁気流体計算による 銀河円盤の長時間シミュレーション

中村翔(東北大学天文学専攻)

2013 Feb. 18-19 : 宇宙磁気流体・プラズマワークショップ@千葉大学

座標系

適切な座標系



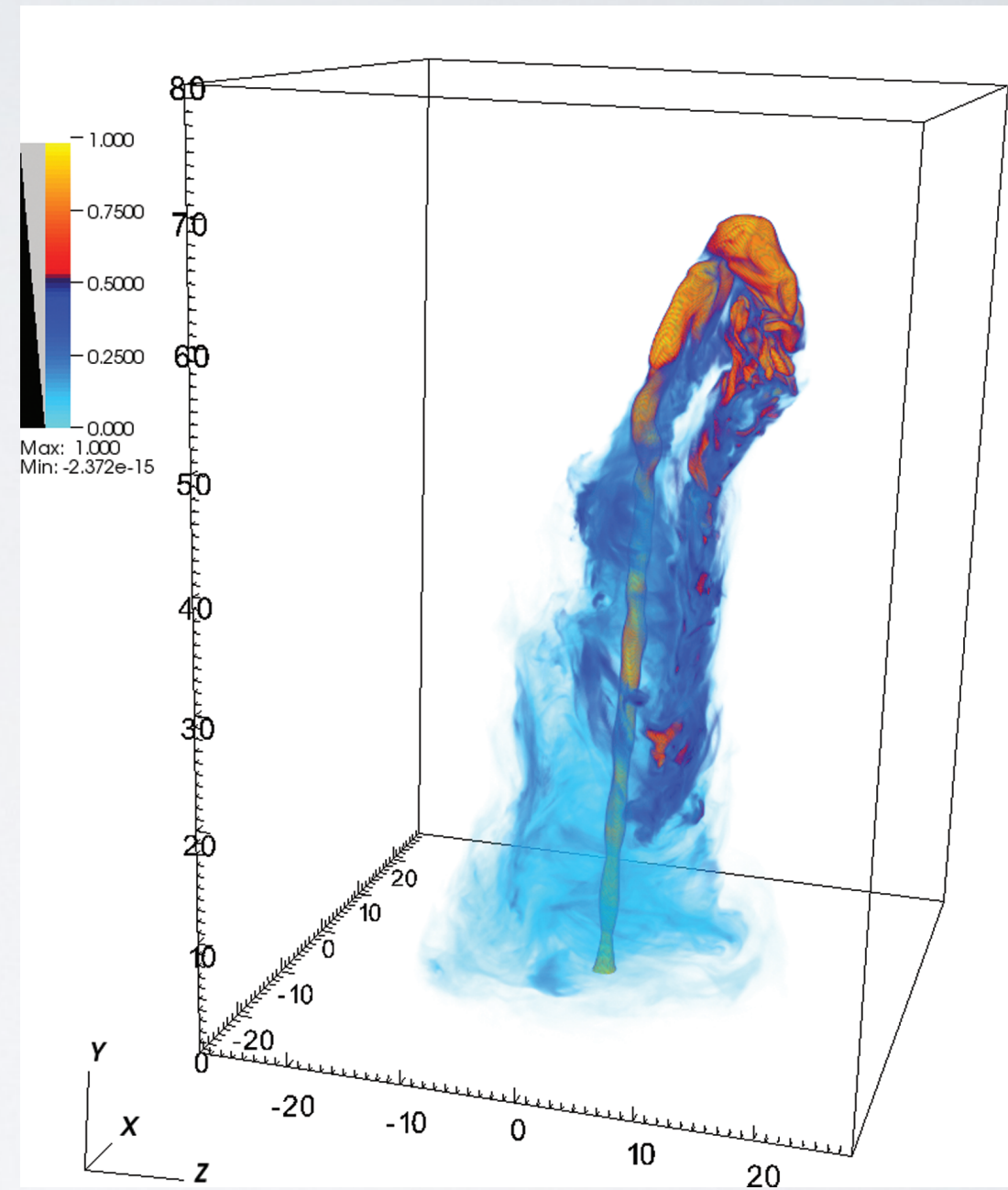
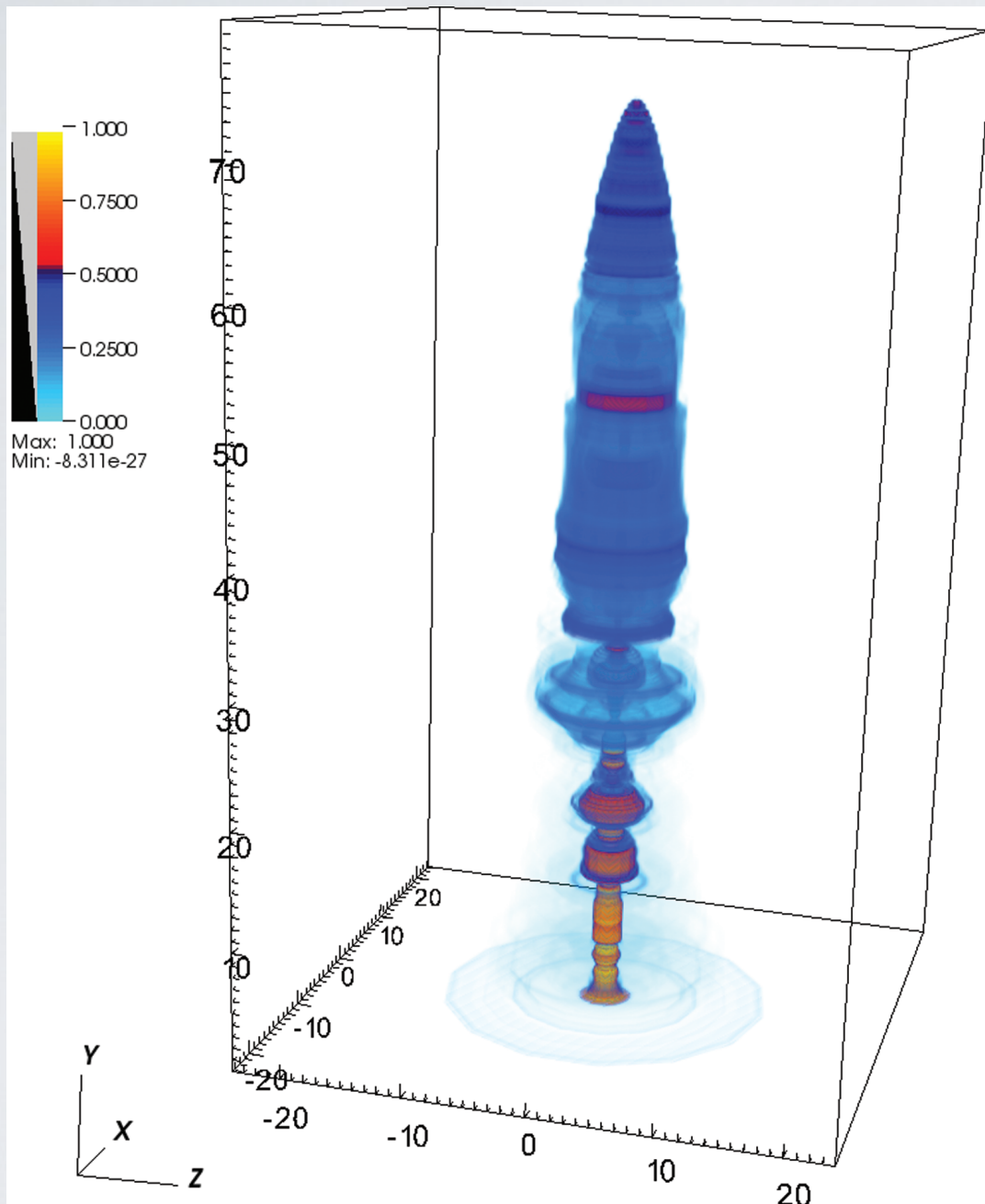
e.g. Carbuncle instability(適切な座標系を選ばない例)

円柱爆発(スライドに垂直な方向には周期境界)

2nd order, HLLD(Miyoshi & Kusano, 2005), hydro計算

適切な座標系

Mignone et al.
(2010)

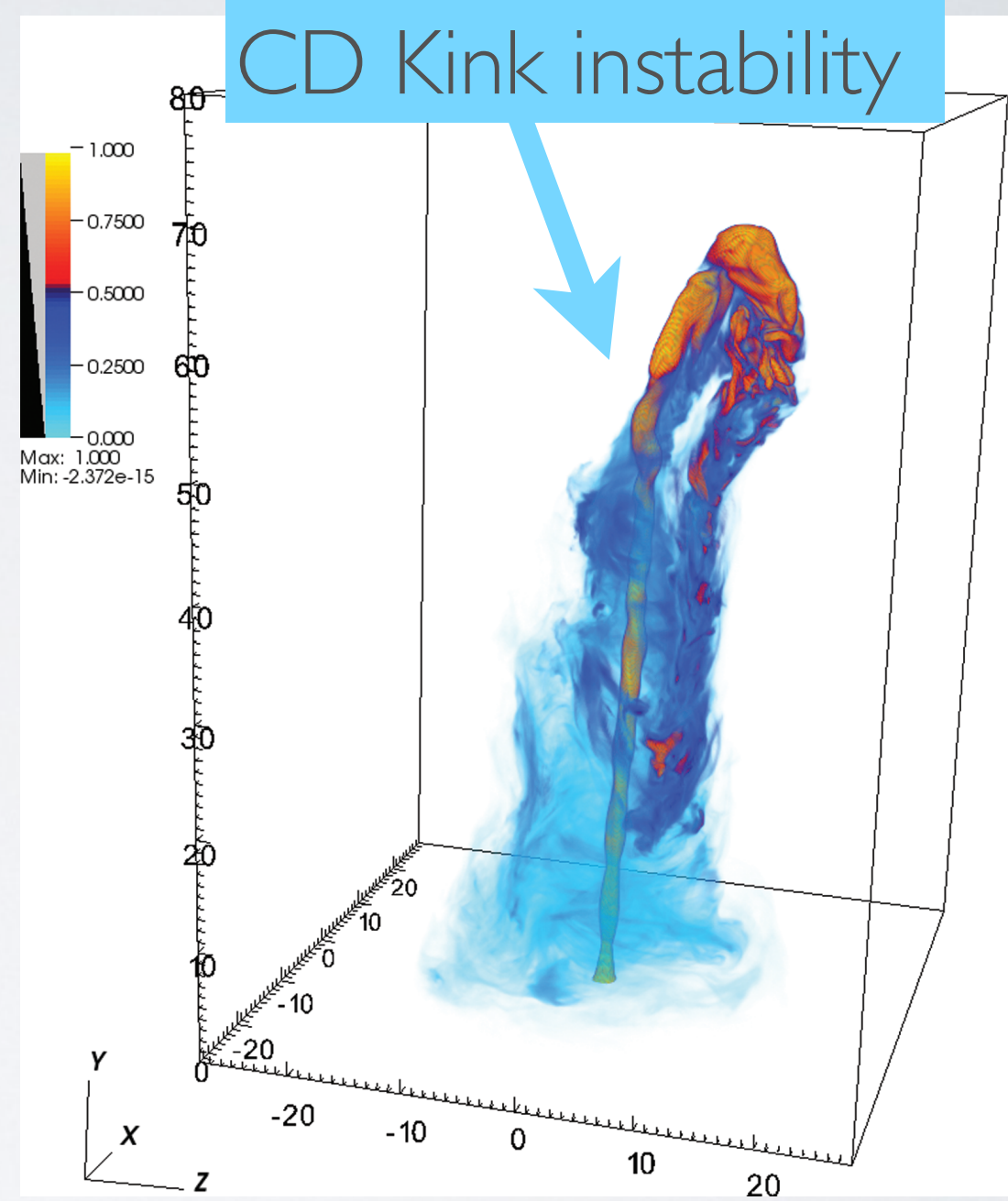
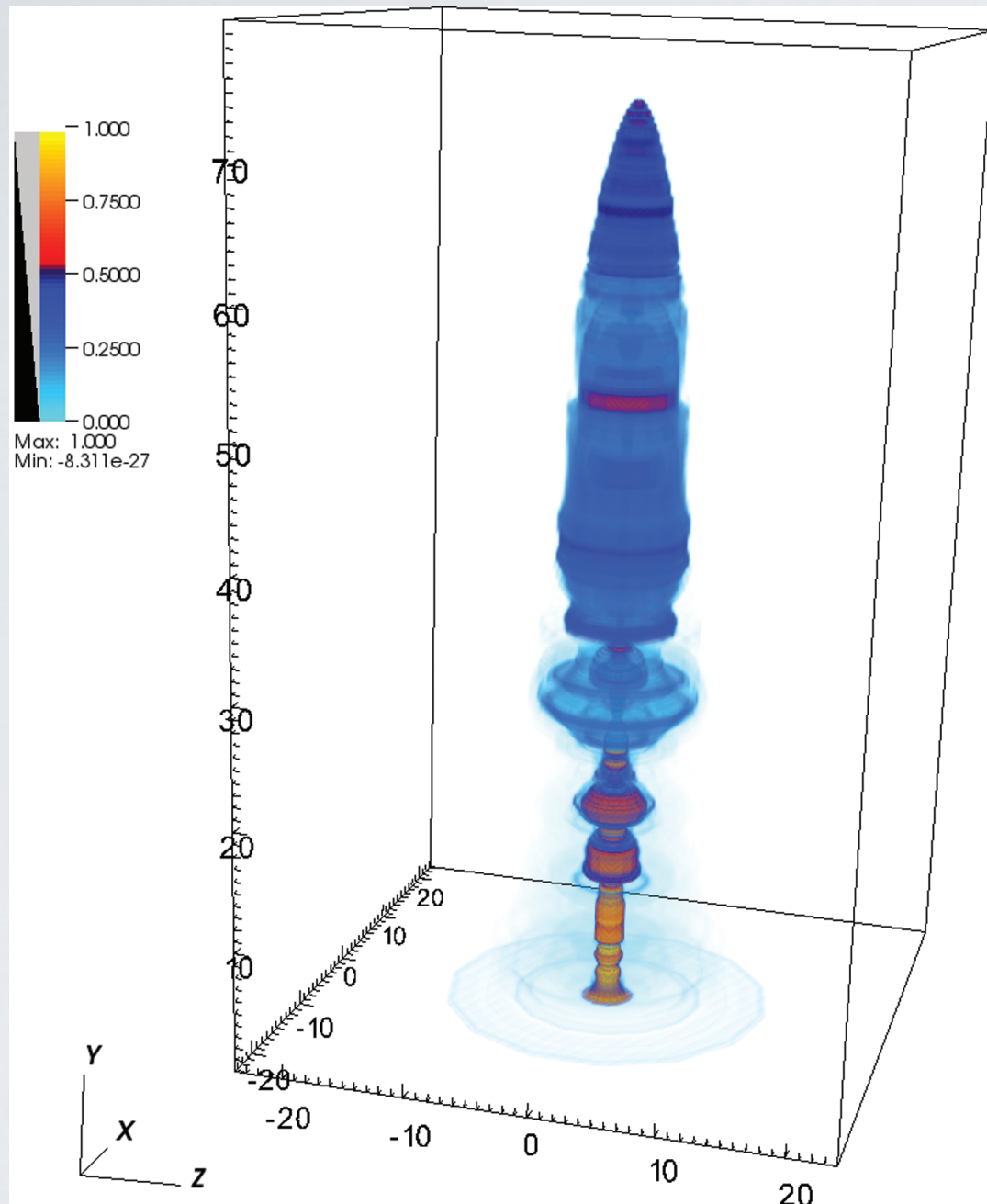


toroidal磁場をともなった相対論的jetの伝搬(color:density)

left : 2D-axisymmetric, right : 3D Cartesian

適切な座標系

Mignone et al.
(2010)



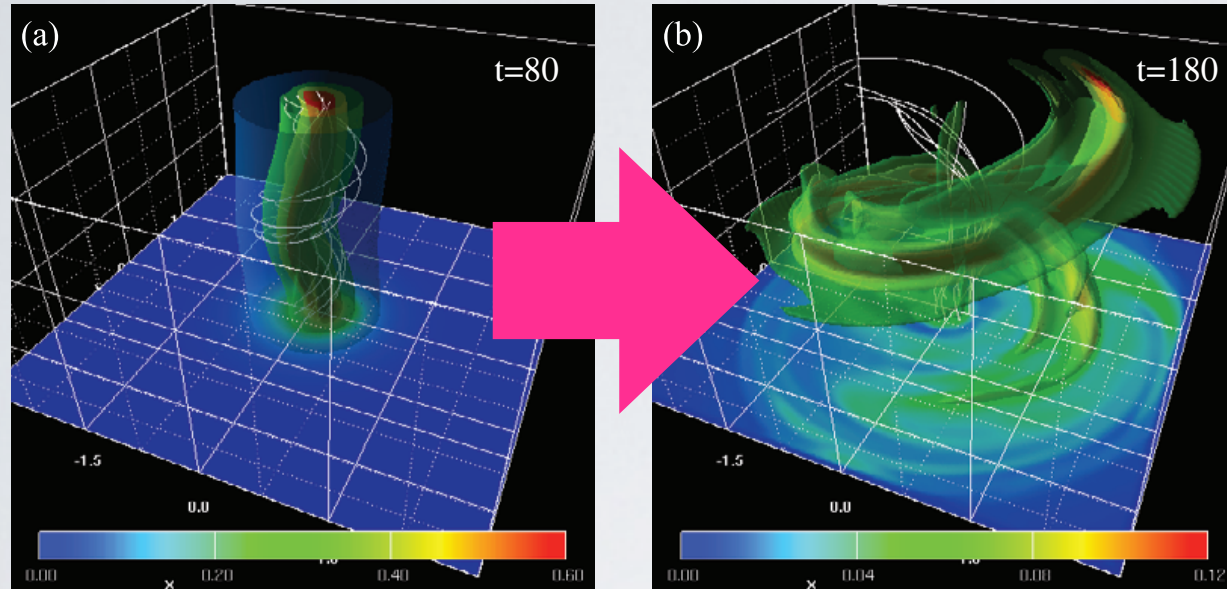
toroidal磁場をともなった相対論的jetの伝搬(color: density)

left : 2D-axisymmetric, right : 3D Cartesian

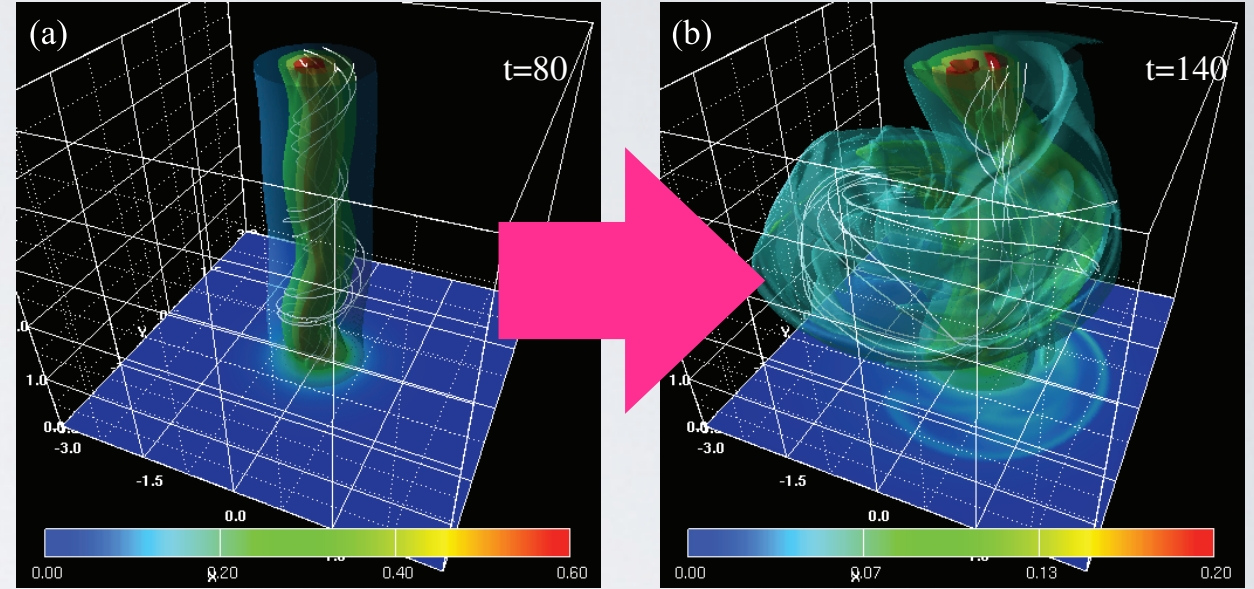
計算領域

適切な座標系&計算領域

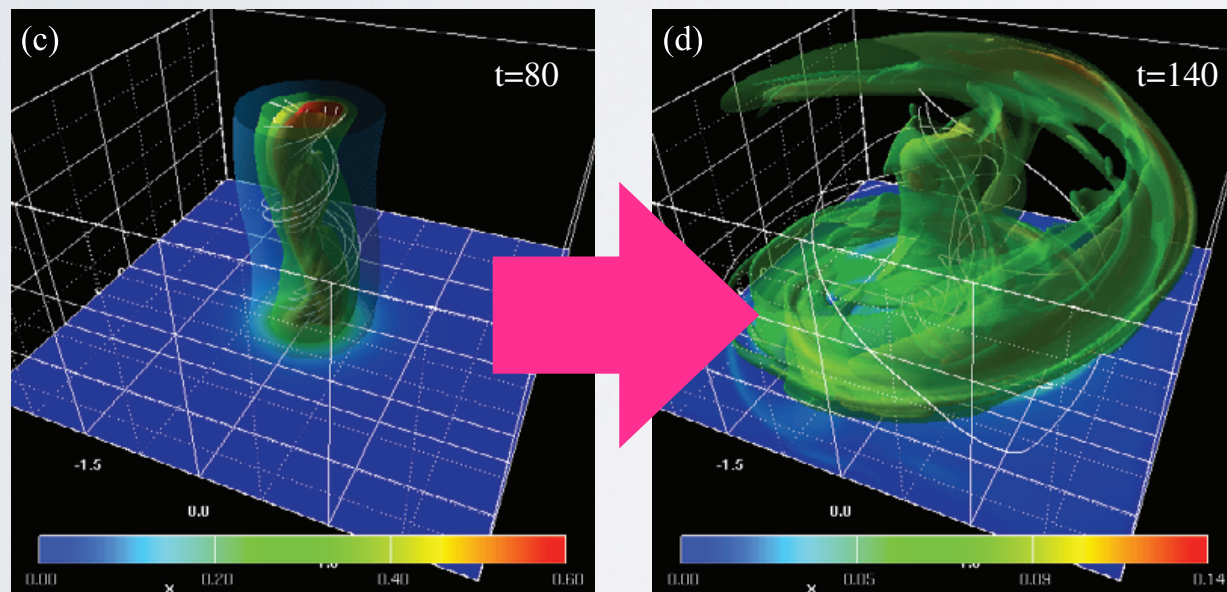
$\Omega=2.0$



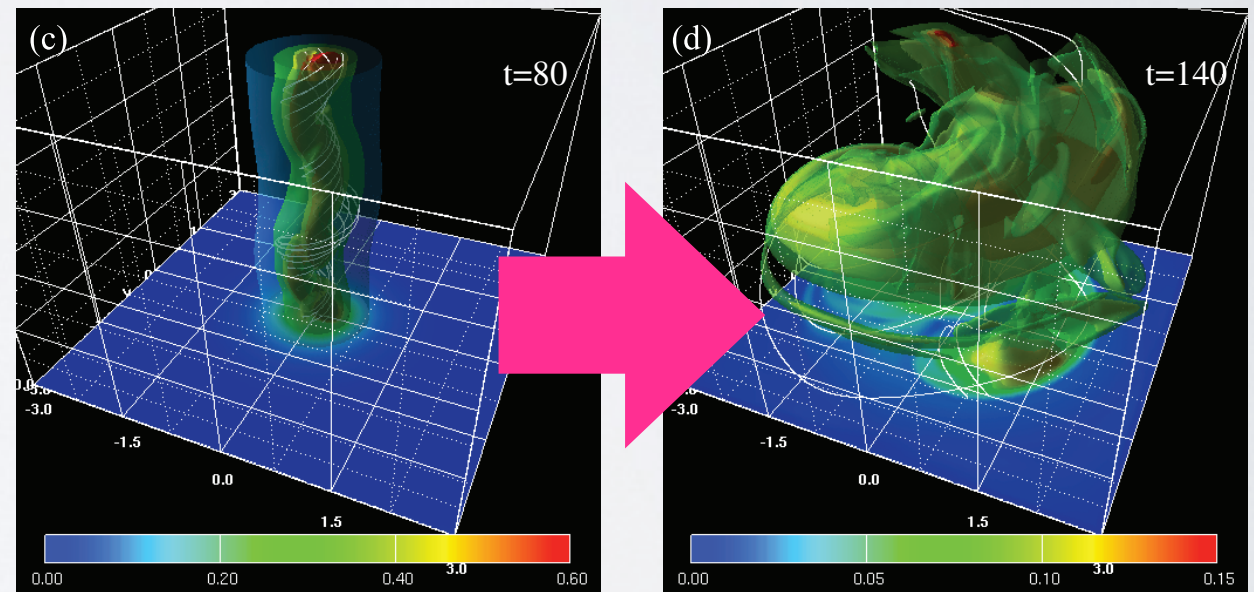
$\Omega=2.0$



$\Omega=4.0$



$\Omega=4.0$

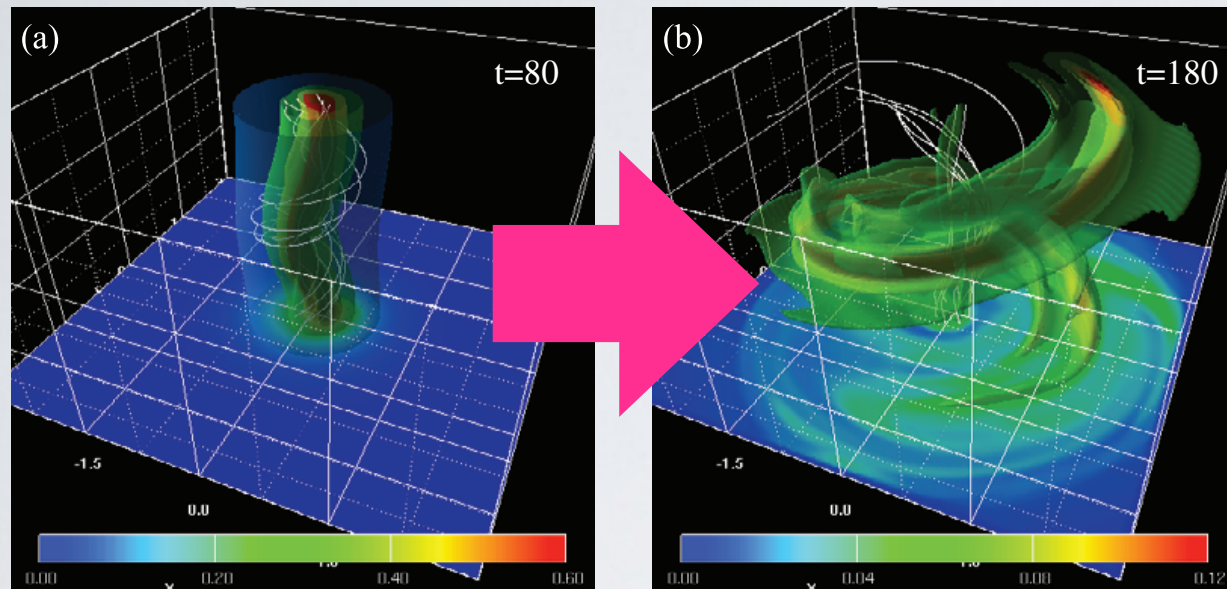


右側2つのパネルはjet方向の計算領域を広くとっている

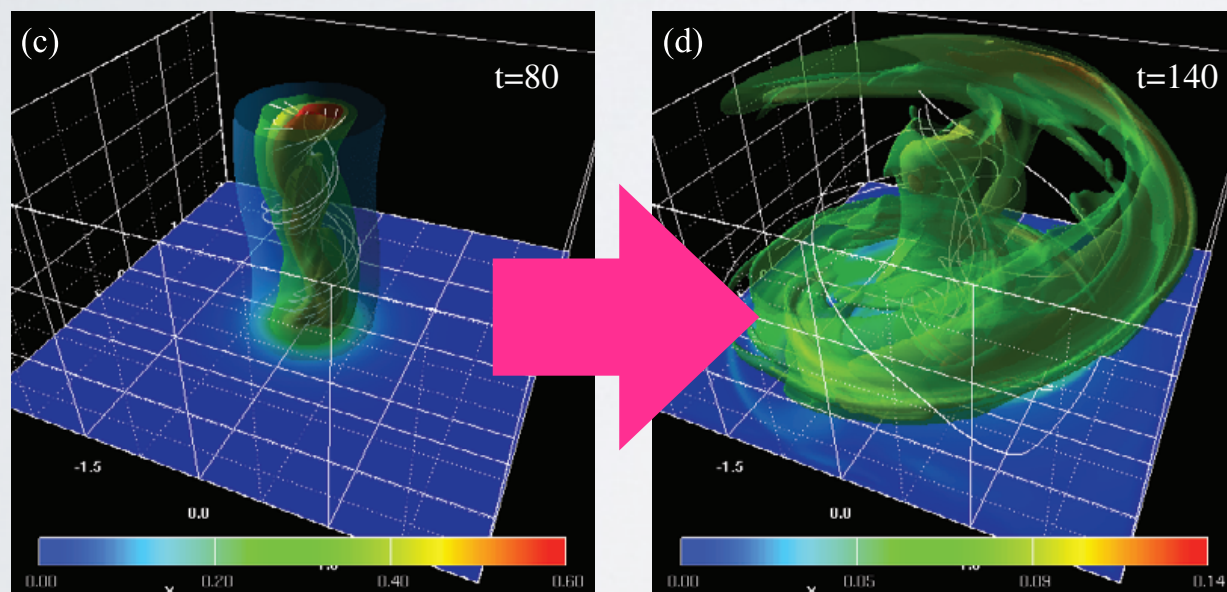
Mizuno et al.
(2012)

適切な座標系&計算領域

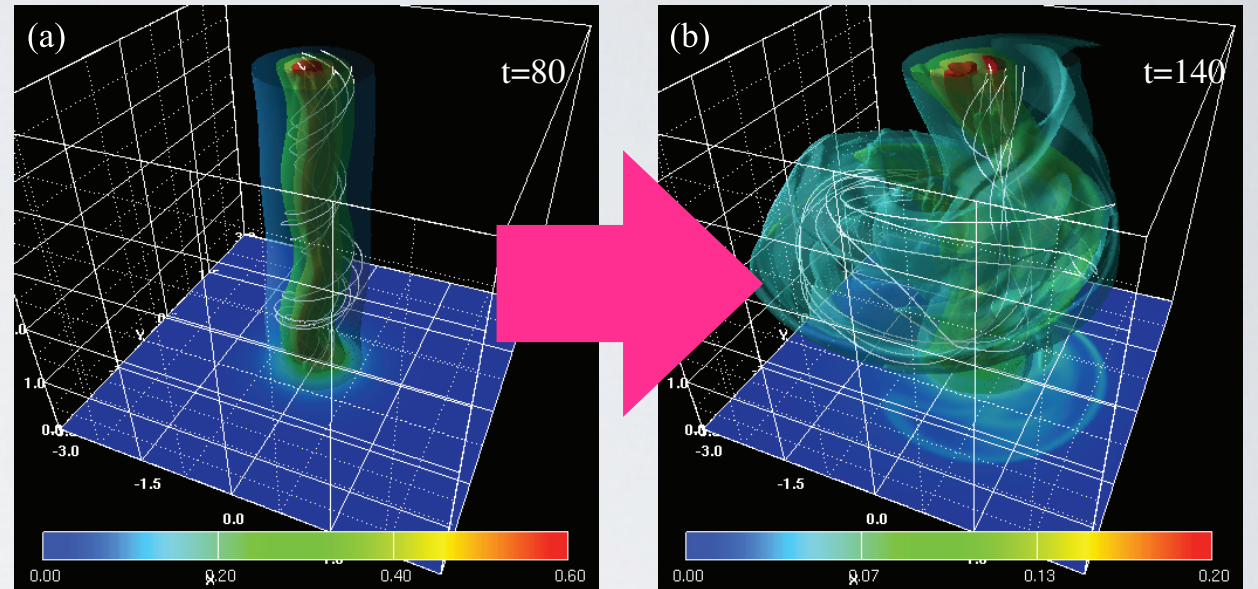
$\Omega=2.0$



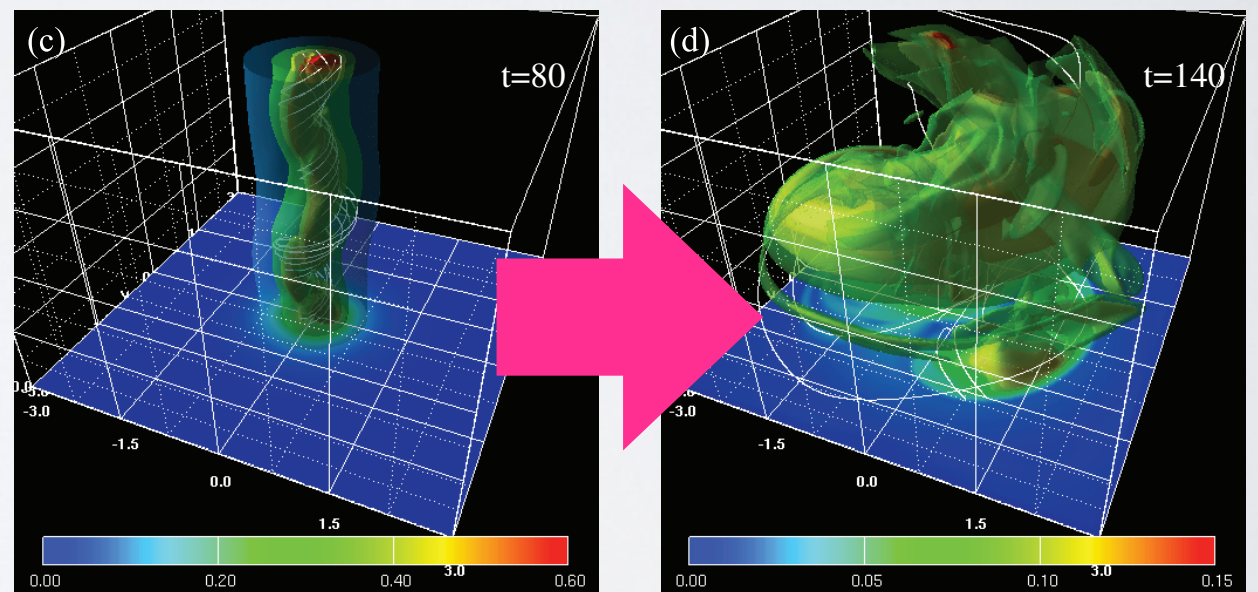
$\Omega=4.0$



$\Omega=2.0$



$\Omega=4.0$



右側2つのパネルはjet方向の計算領域を広くとっている

CD Kinkの複数のmode coupleによるjet破壊

Mizuno et al.
(2012)

まとめ 1

見たい物理を再現するために・・・

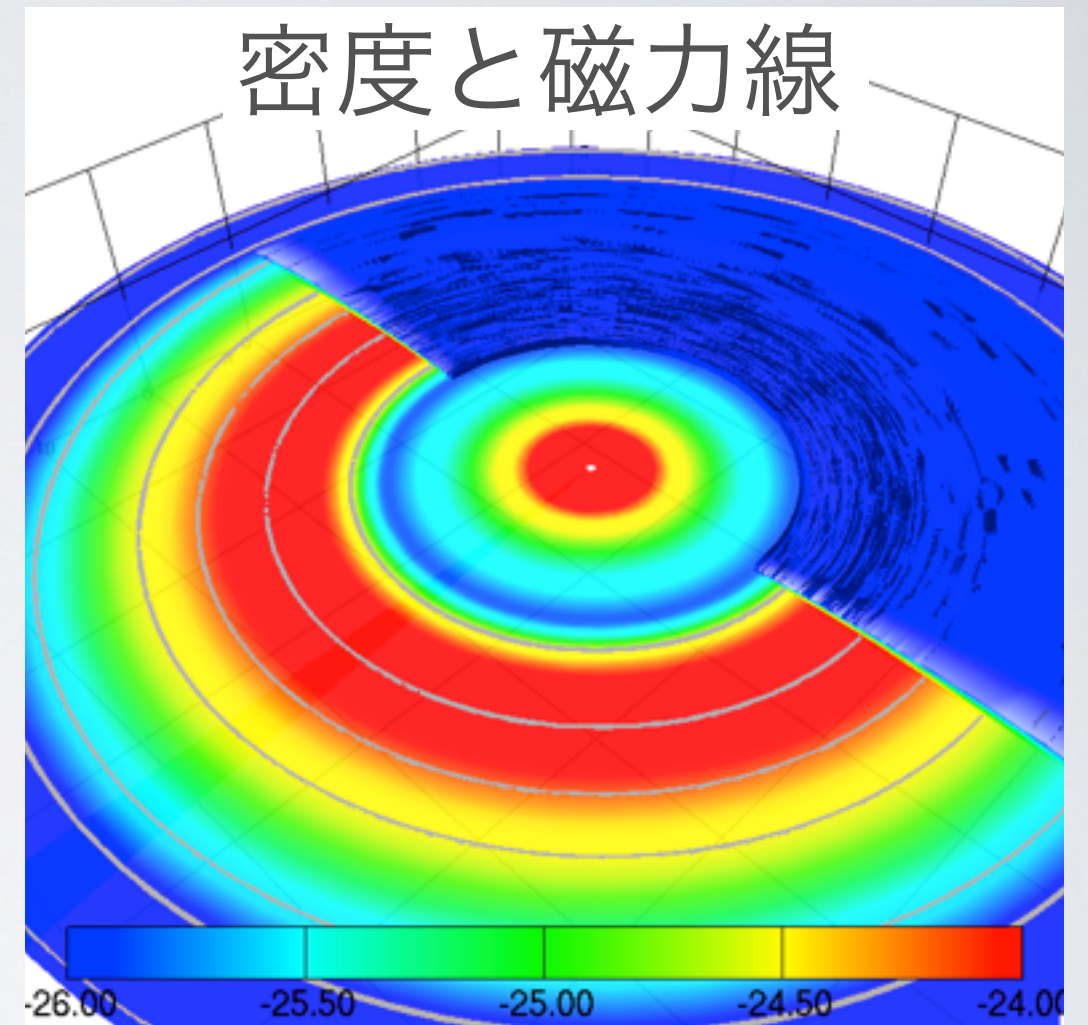
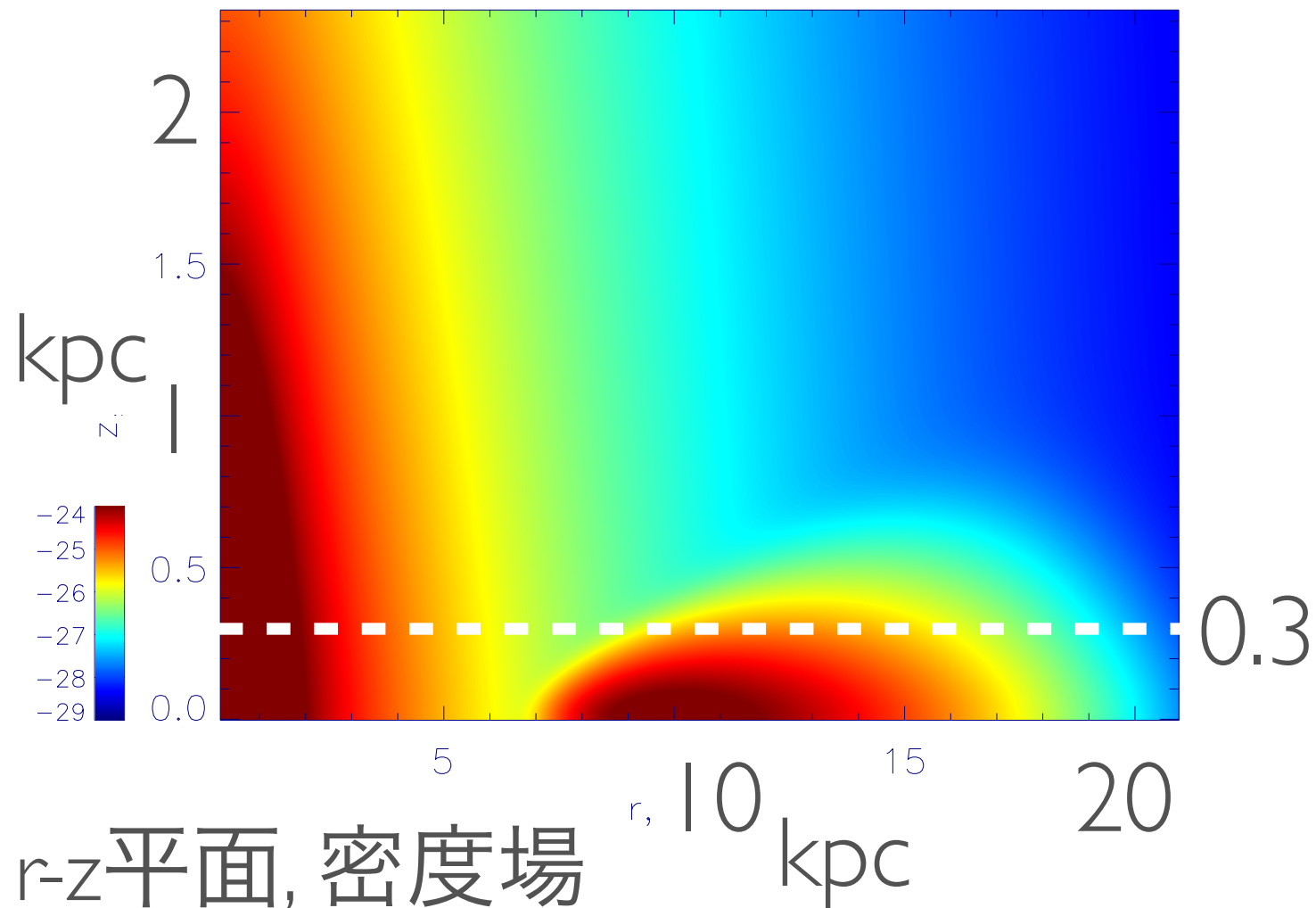
- ①座標系を正しく選ぶ。
- ③広い計算領域が必要なこともある。

円筒座標系磁気流体計算による 銀河円盤の長時間シミュレーション

中村翔(東北大学天文学専攻)

2013 Feb. 18-19 : 宇宙磁気流体・プラズマワークショップ@千葉大学

初期条件



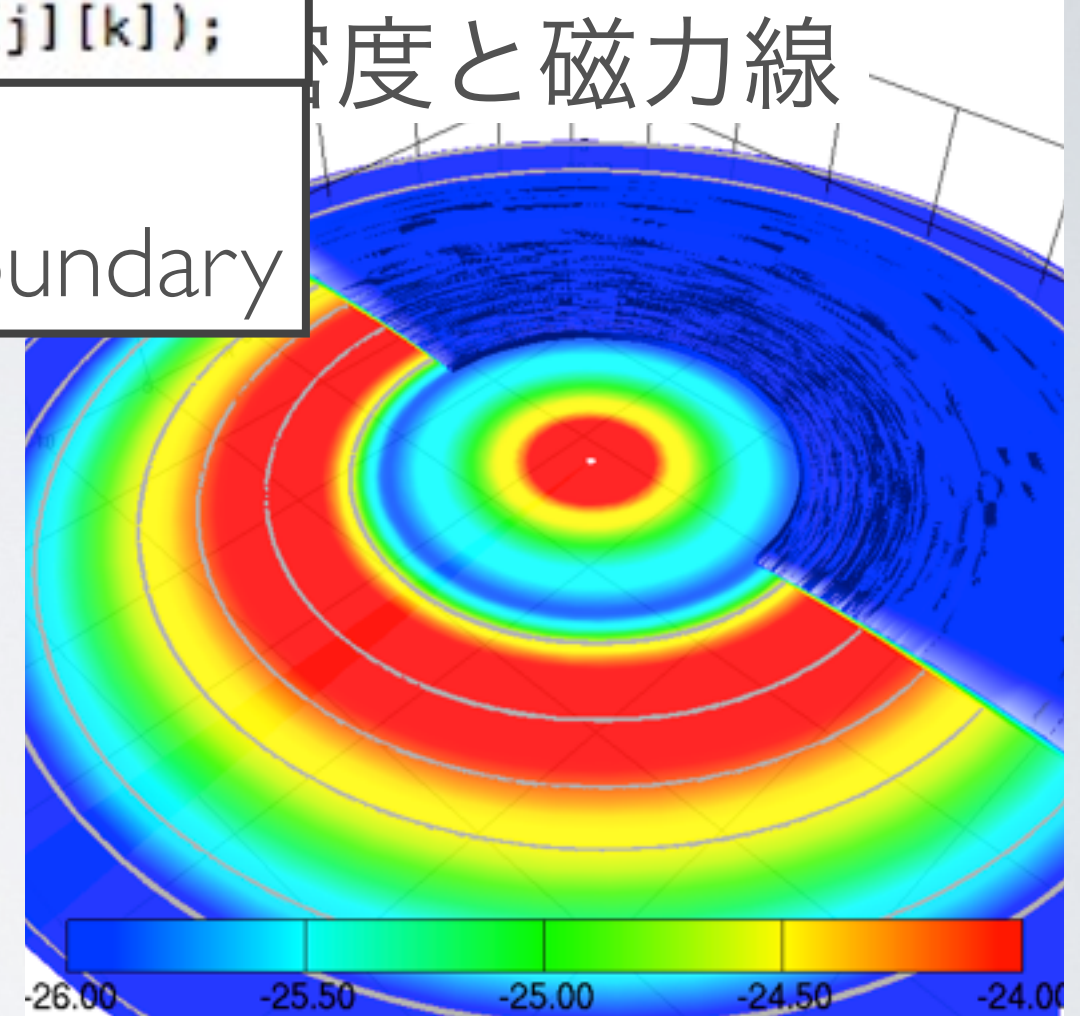
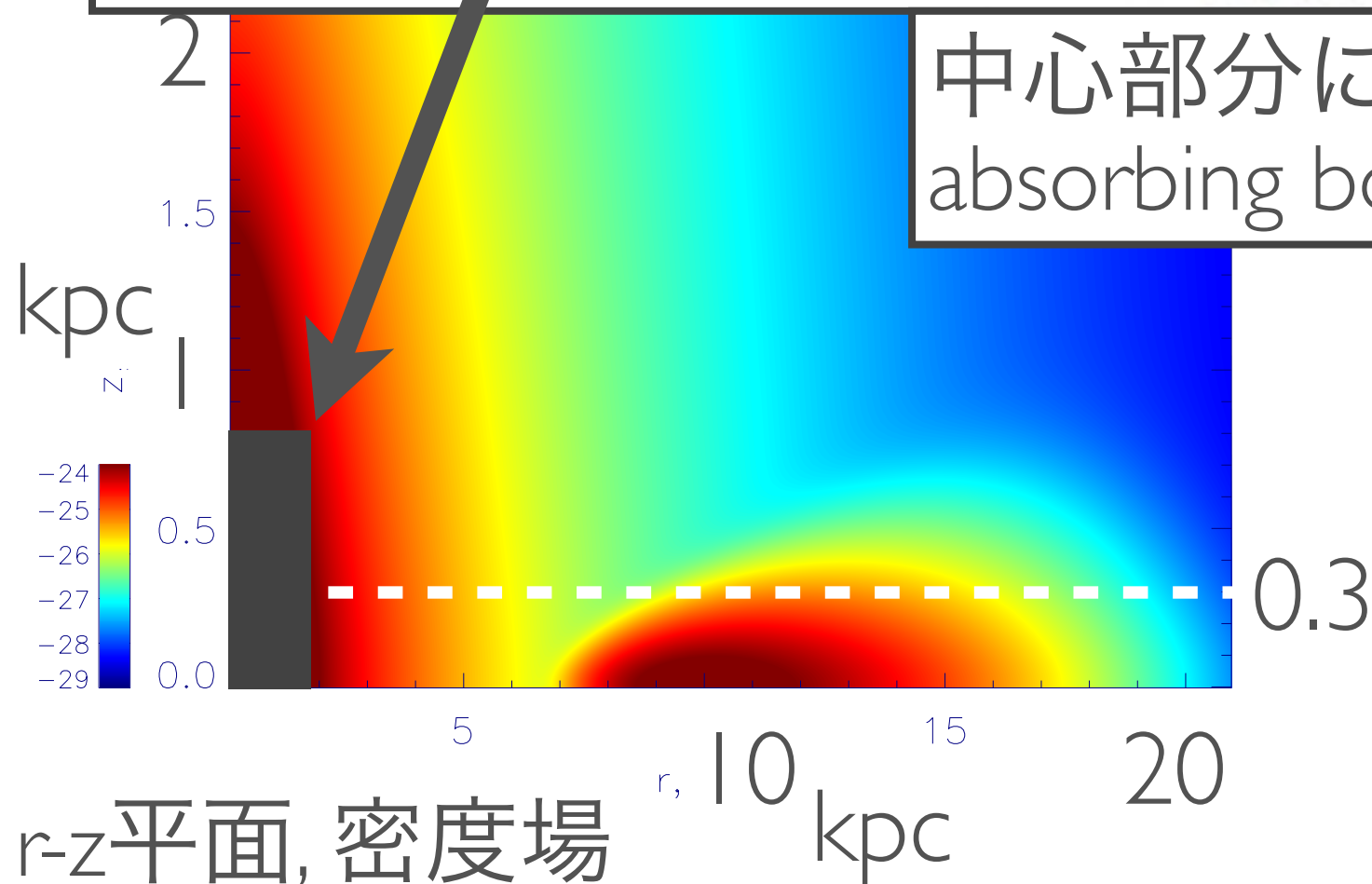
- MacCormack+人工粘性,
- $(N_r, N_\phi, N_z) = (290, 64, 300)$, $0 < r < 56 \text{ kpc}$, $0 < \phi < 2\pi$, $0 < z < 5 \text{ kpc}$
- bulge, disk, haloの作る軸対称な重力ポテンシャル中で、
静水圧平衡halo+弱円形磁場が貫くトーラス($\beta \sim 100$)
トーラスにランダムな摂動を加えてスタート

```

rr=sqrt(x[i]*x[i]+z[k]*z[k]);
absorb=0.1*(1.0-tanh(((rr-rin+5.0*dx0)/(2.0*dx0))));

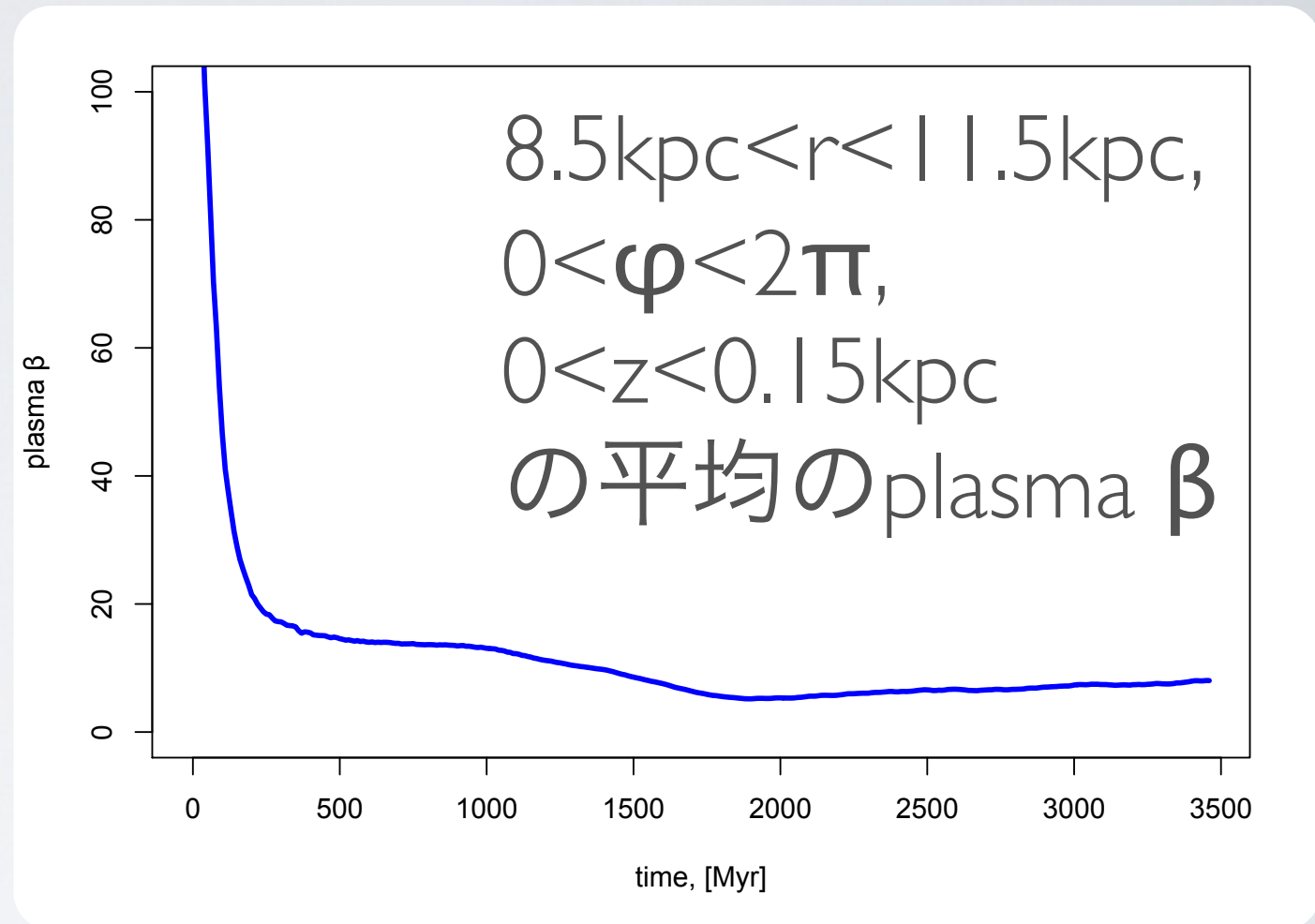
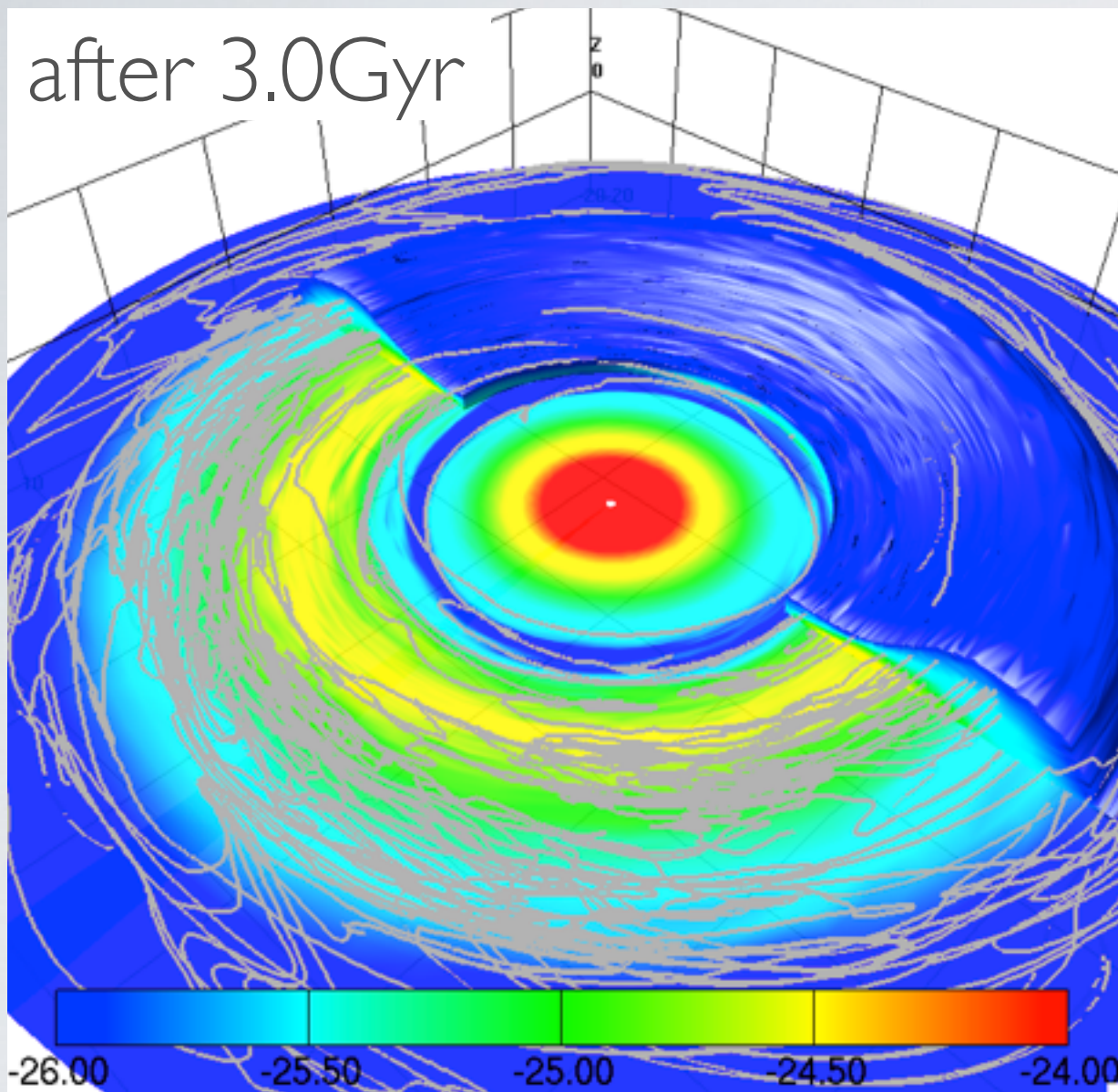
dummyU[m][i][j][k]-=absorb*(dummyU[m][i][j][k]
-Uinitial[m][i][j][k]);

```



- MacCormack+人工粘性,
- $(N_r, N_\phi, N_z) = (290, 64, 300)$, $0 < r < 56 \text{ kpc}$, $0 < \phi < 2\pi$, $0 < z < 5 \text{ kpc}$
- bulge, disk, haloの作る軸対称な重力ポテンシャル中で、
 静水圧平衡halo+弱円形磁場が貫くトーラス($\beta \sim 100$)
 トーラスにランダムな摂動を加えてスタート

計算結果(途中...)

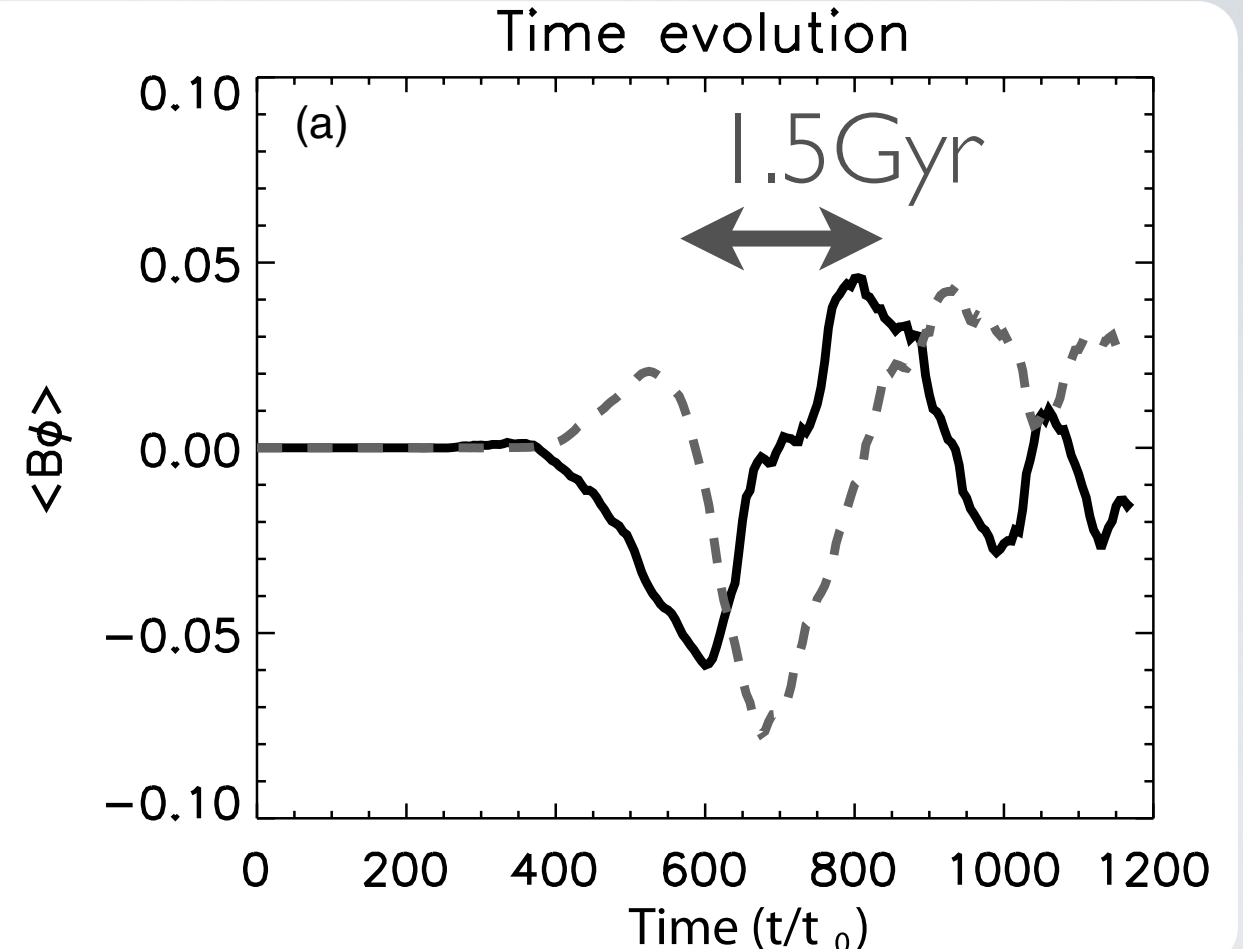
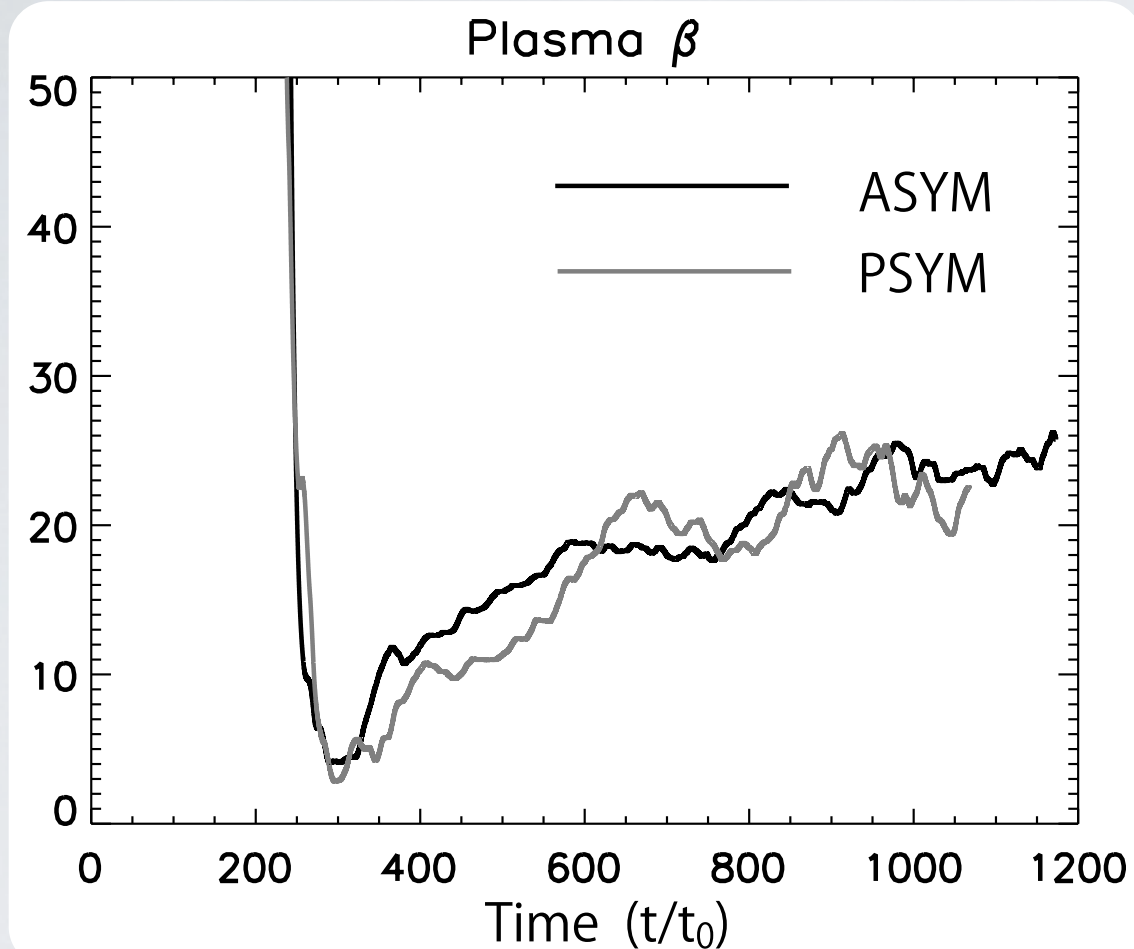


MRI(磁気回転不安定性)による磁場の増幅

Parker不安定性による磁束浮上

要したtime step・・・数百万step以上

先行研究



Machida et al. (2013)

銀河ダイナモ

MRI+Parker instabilityによる磁場の反転

少なくとも10回転($\sim 2-3$ Gyr)以上計算しないと見えない

まとめ 2

見たい物理を再現するために・・・

③長時間計算が必要なこともある。

3次元磁気流体数値実験による 渦巻き銀河の大局的磁場構造モデルの構築

中村翔, 服部誠, 森嶋隆裕(東北大学天文学専攻)

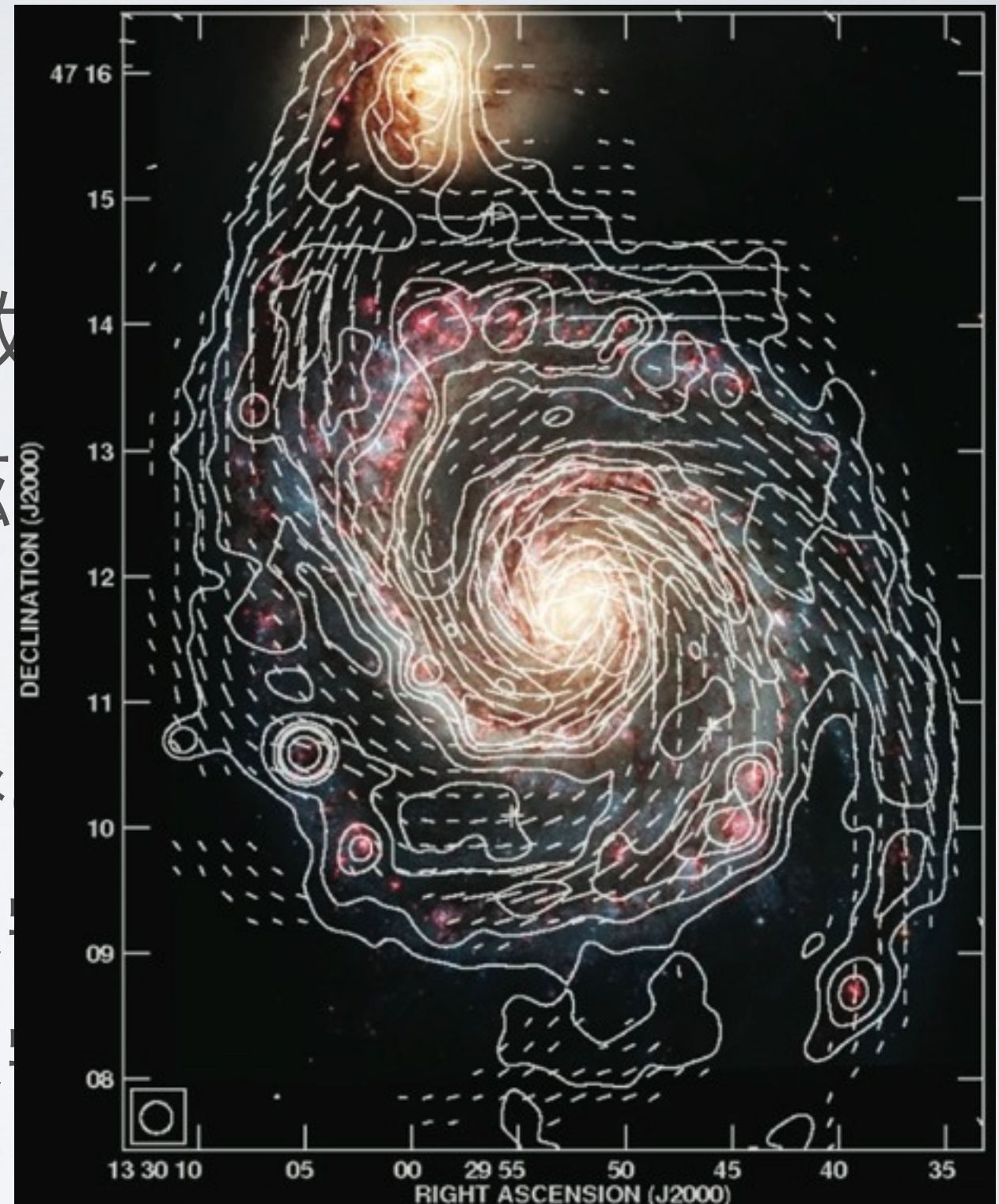
松元亮治(千葉大学理学研究科)

町田真美(九州大学理学研究院)

2013 Feb. 18-19 : 宇宙磁気流体・プラズマワークショップ@千葉大学

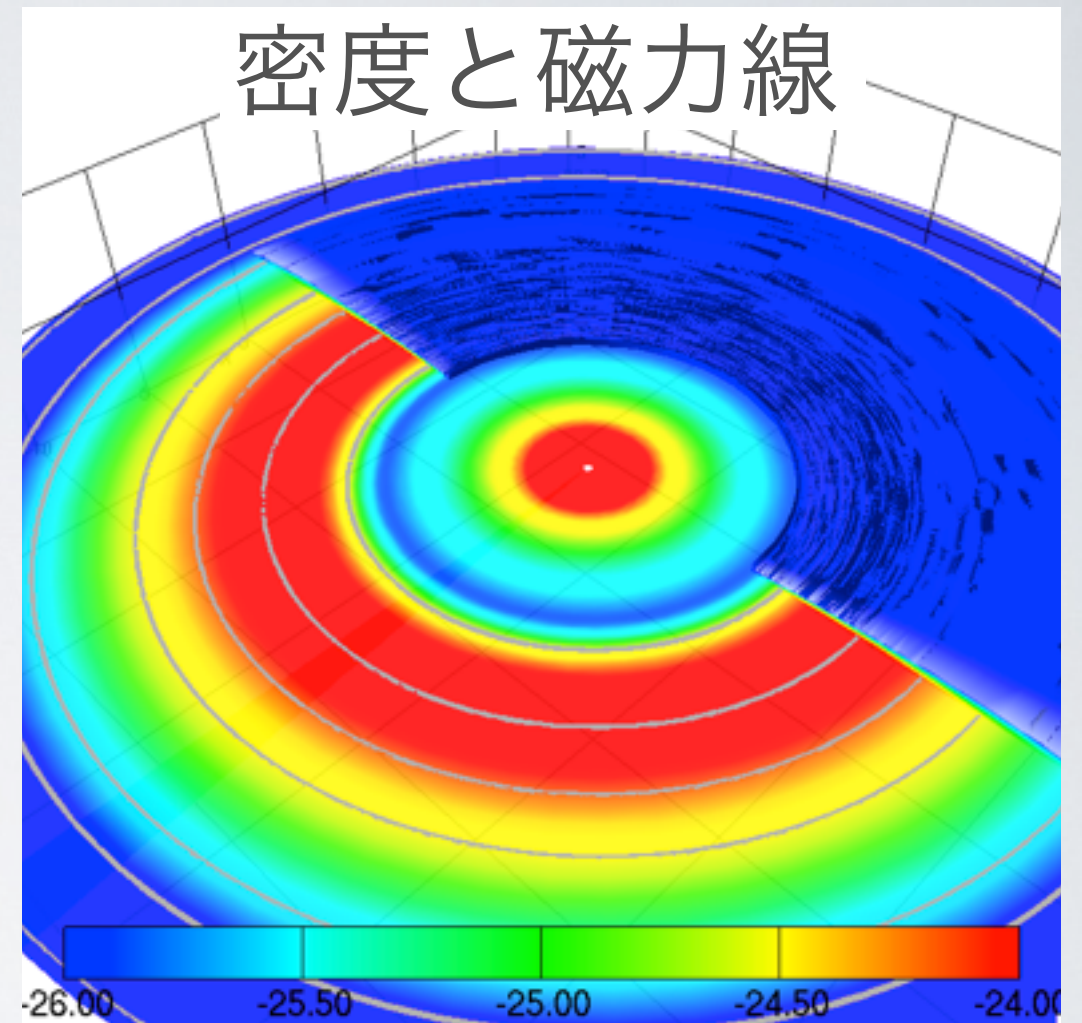
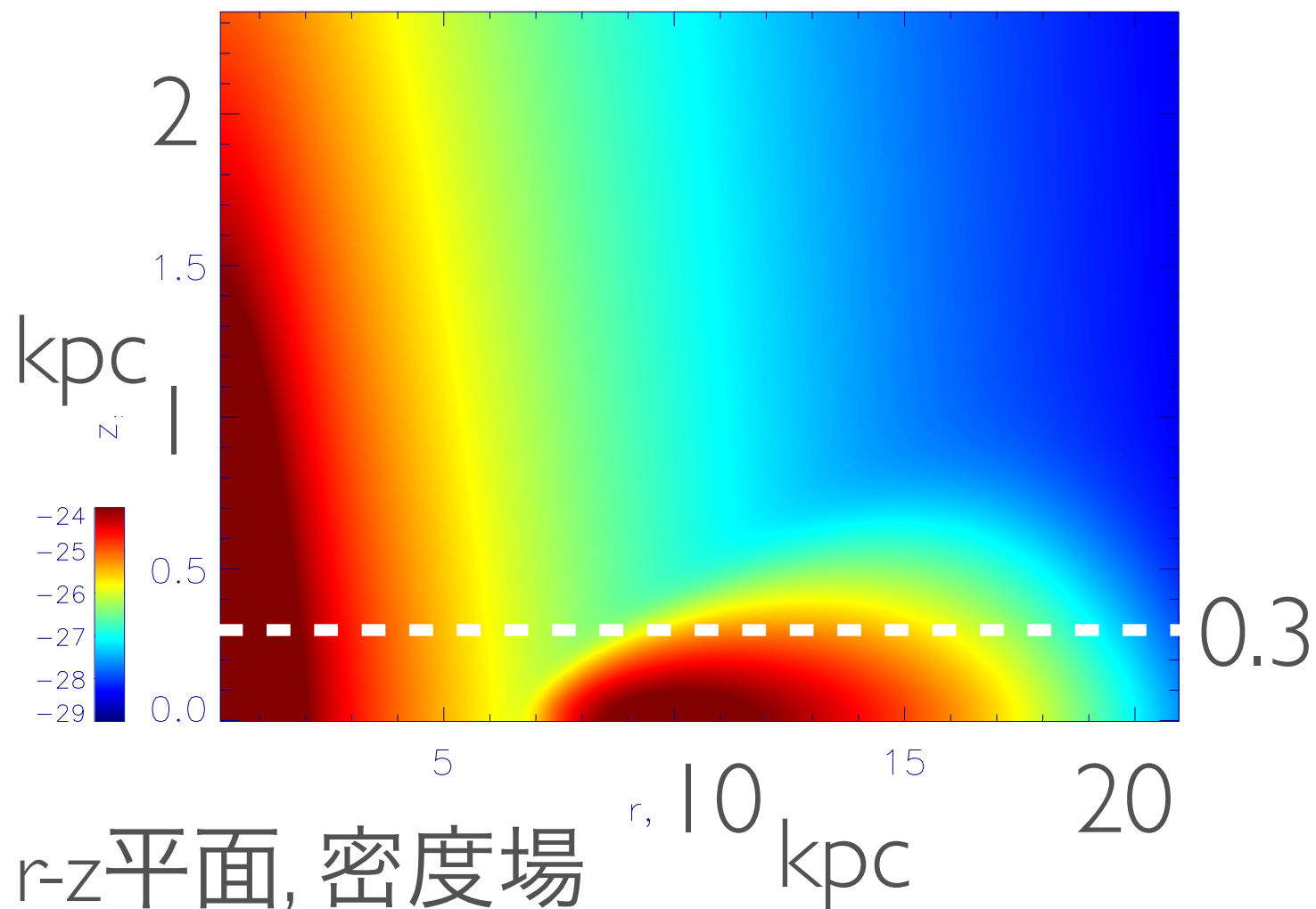
3次元磁気流体数 渦巻き銀河の大局的磁

中村翔, 服部誠, 森嶋隆裕
松元亮治(千葉大)
町田真美(九州大)



2013 Feb. 18-19 : 宇宙磁気流体・プラズマワークショップ@千葉大学

Numerical Setup

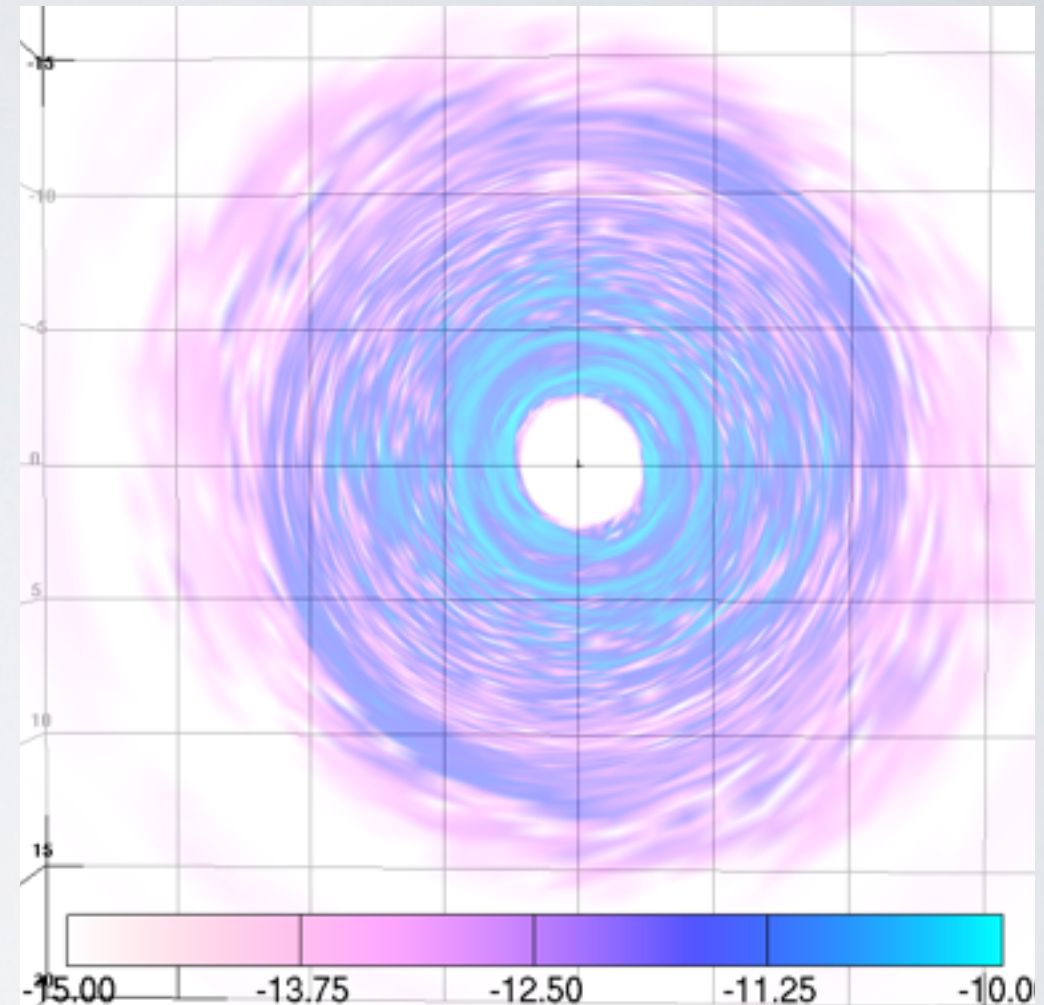
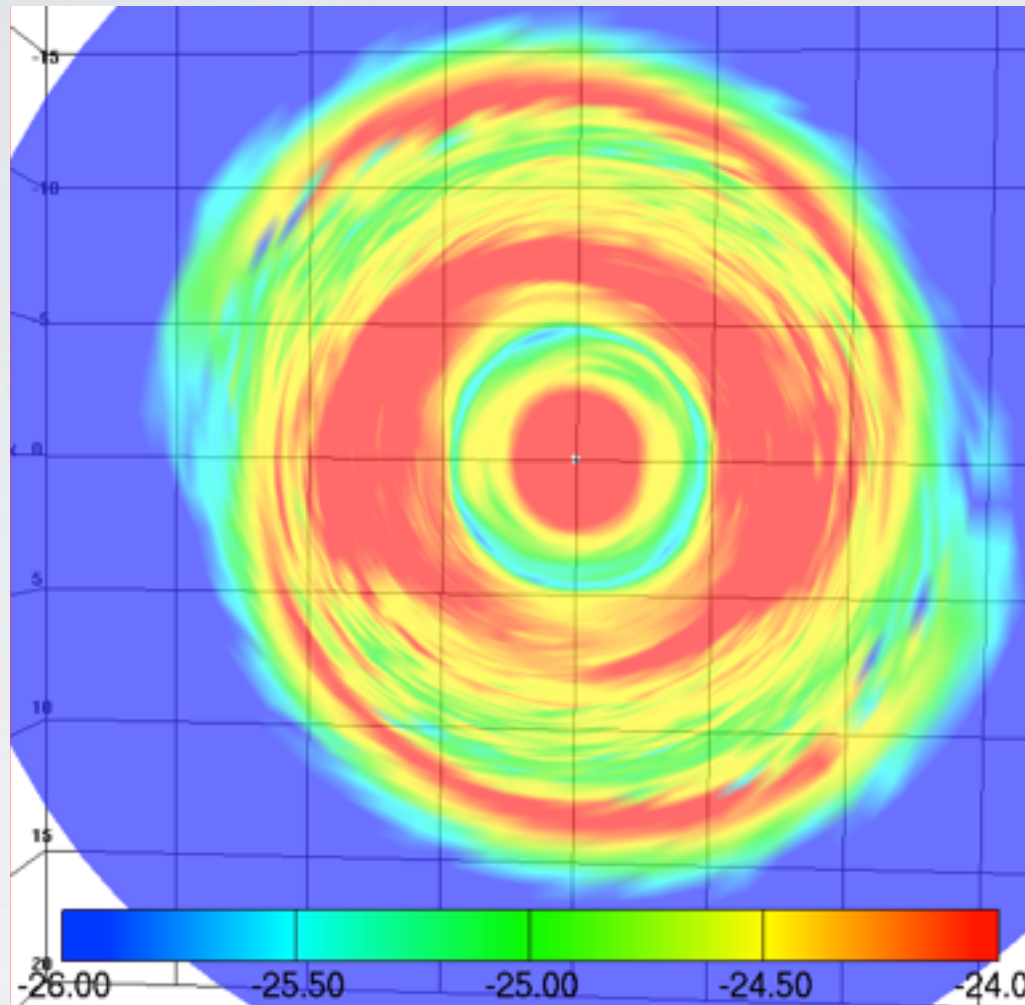


- MacCormack+人工粘性,
- $(N_r, N_\varphi, N_z) = (290, 64, 300)$, $0 < r < 56 \text{ kpc}$, $0 < \varphi < 2\pi$, $0 < z < 5 \text{ kpc}$
- 初期条件はさきほどと同じ

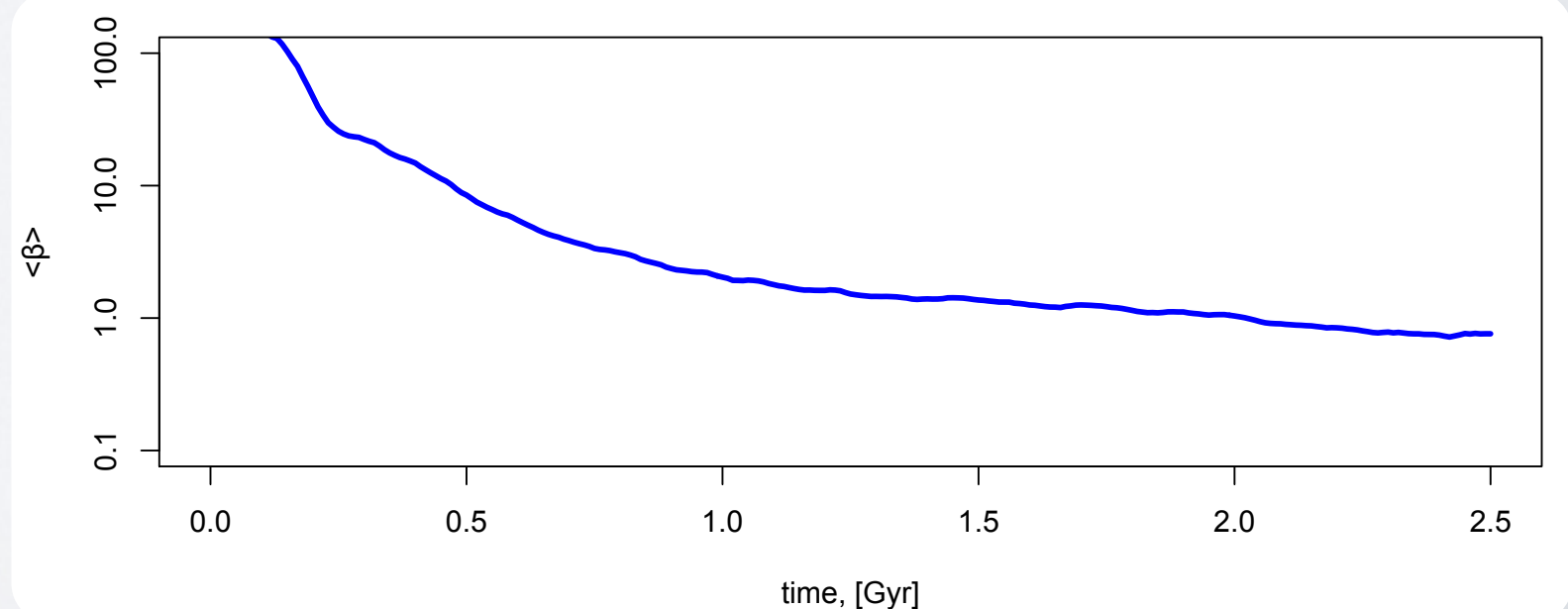
$$\Phi_{\text{bulge}}(r, z) + \Phi_{\text{disk}}(r, z) \left[1 + \epsilon_{\text{sp}} \frac{z_0}{\sqrt{z^2 + z_0^2}} \cos \left\{ m \left(-\varphi - \Omega_{\text{sp}} t + \cot i_{\text{sp}} \ln \frac{r}{r_0} \right) \right\} \right] + \Phi_{\text{halo}}(r, z)$$

現在、誠意計算中

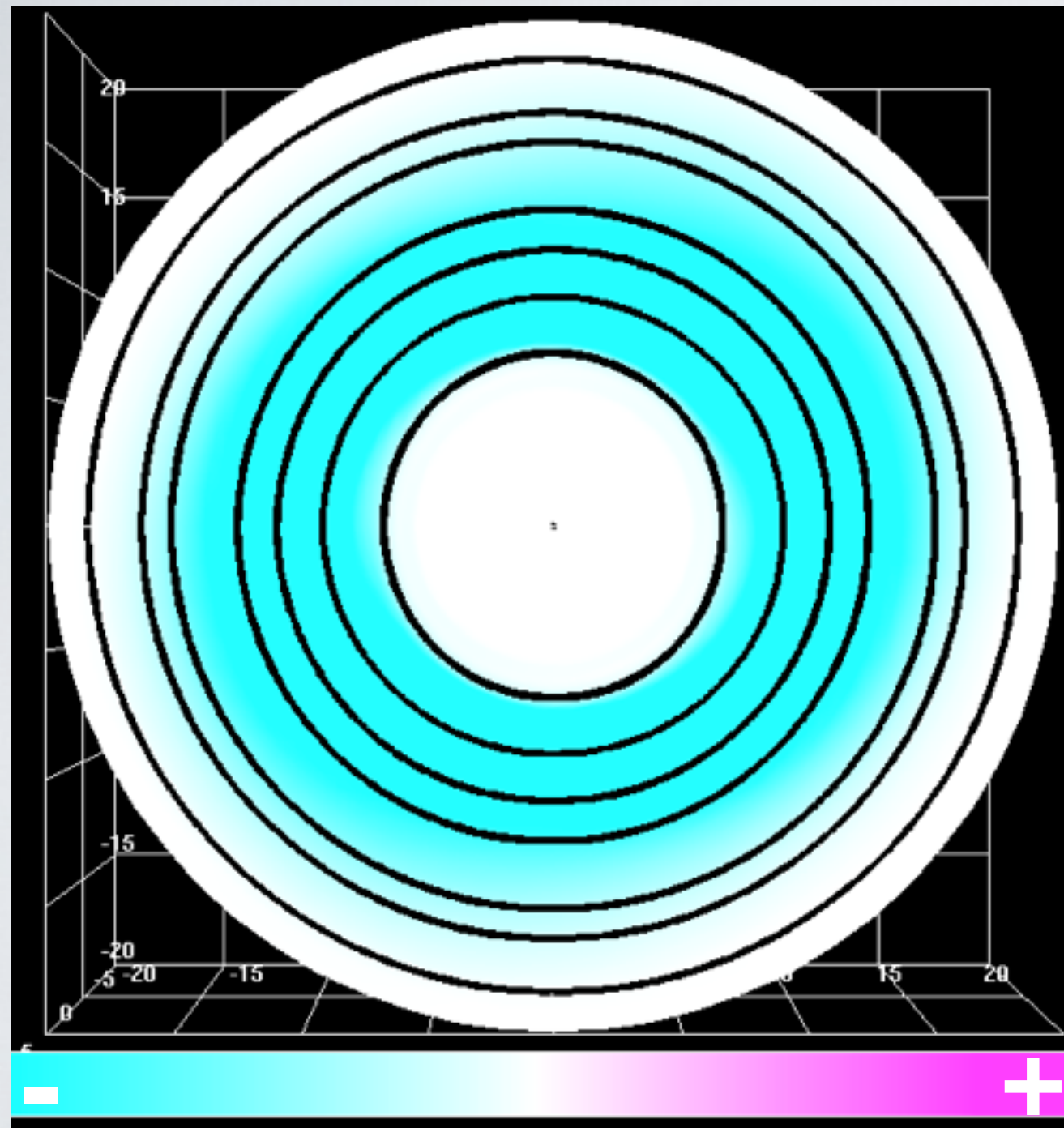
after 2.0Gyr



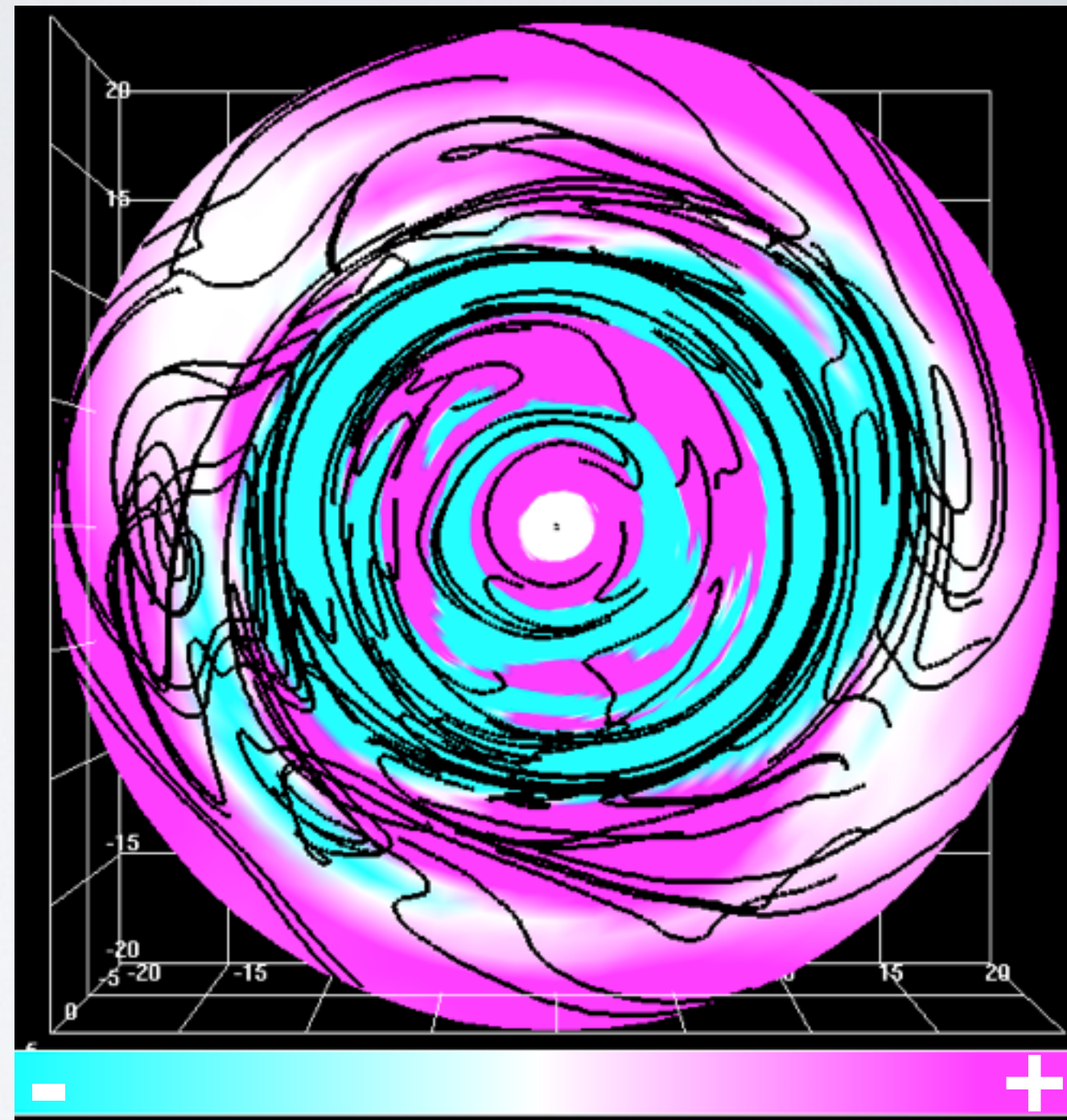
$8.5\text{kpc} < r < 11.5\text{kpc}$,
 $0 < \varphi < 2\pi$,
 $0 < z < 0.15\text{kpc}$ の
平均の plasma β



磁場の反転($z=0$ 面内)

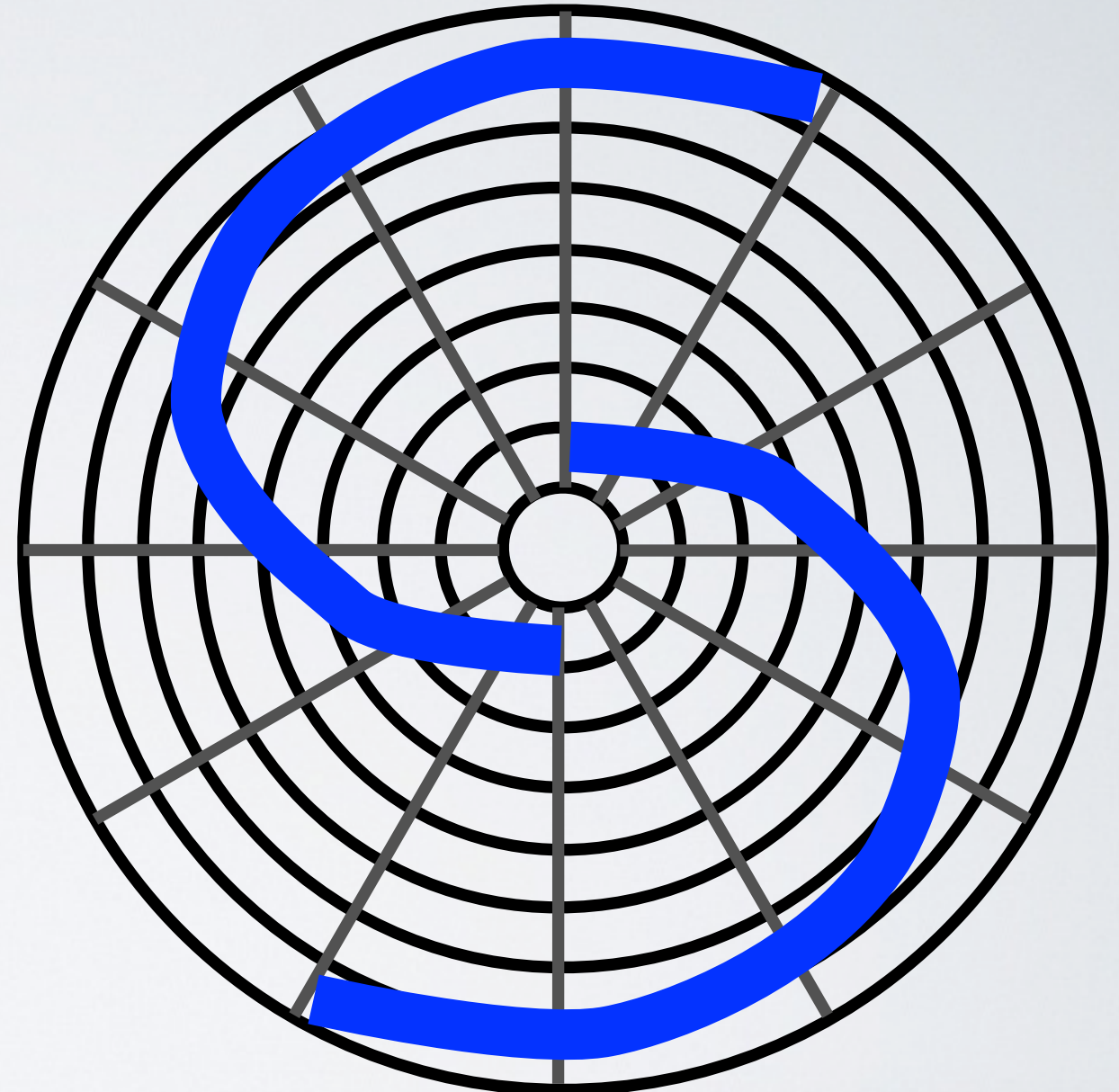
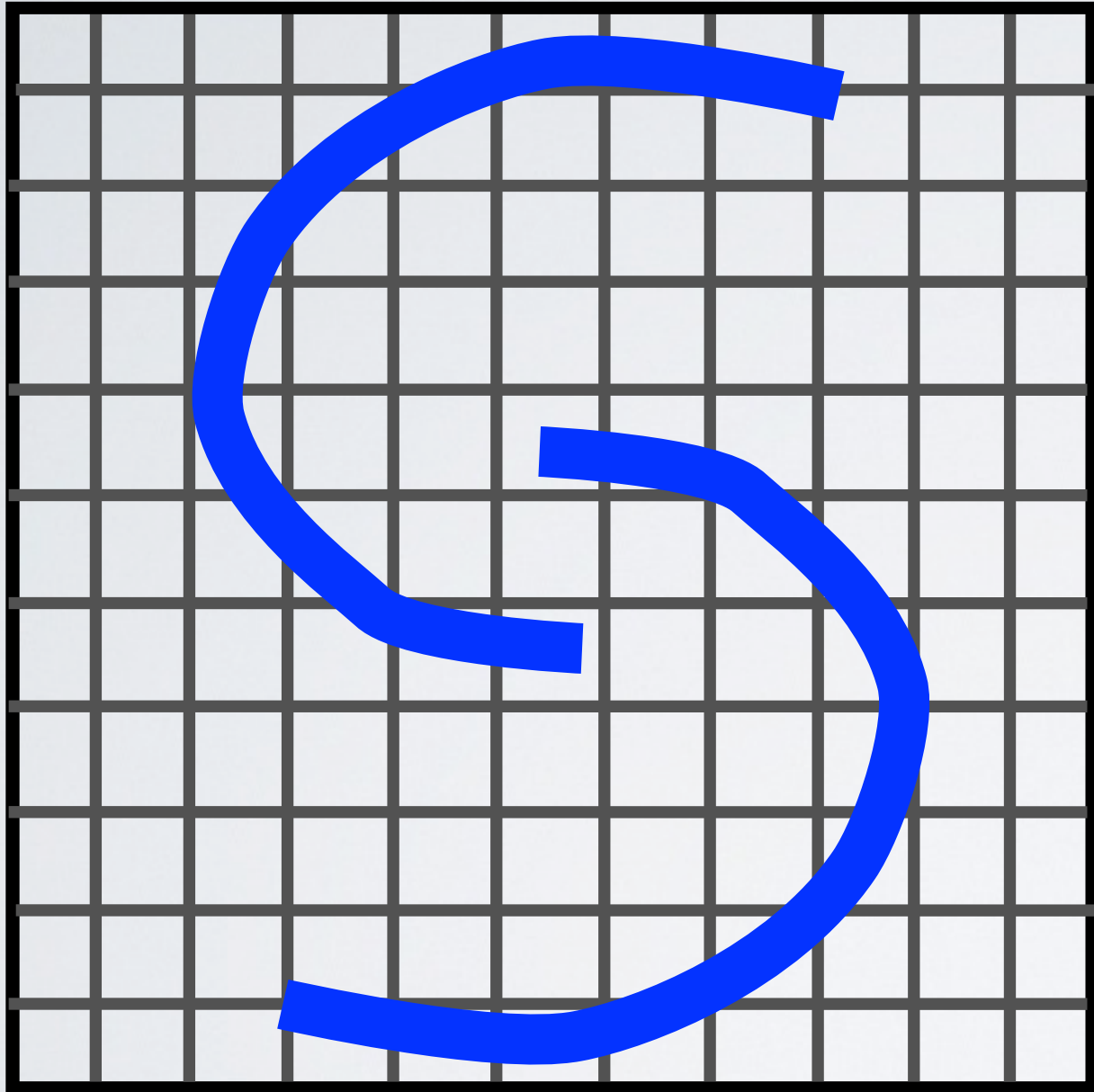


Initial $\langle B_\phi \rangle$



after 2.0Gyr

どちらが良いだろうか？



end.