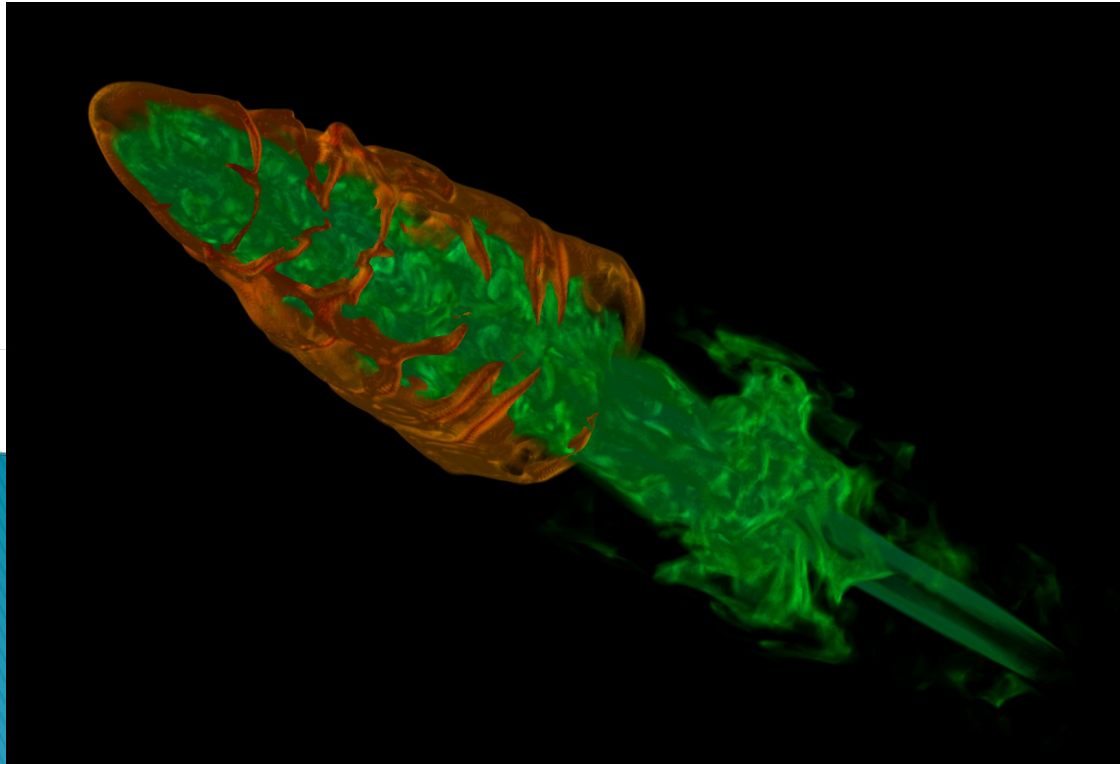
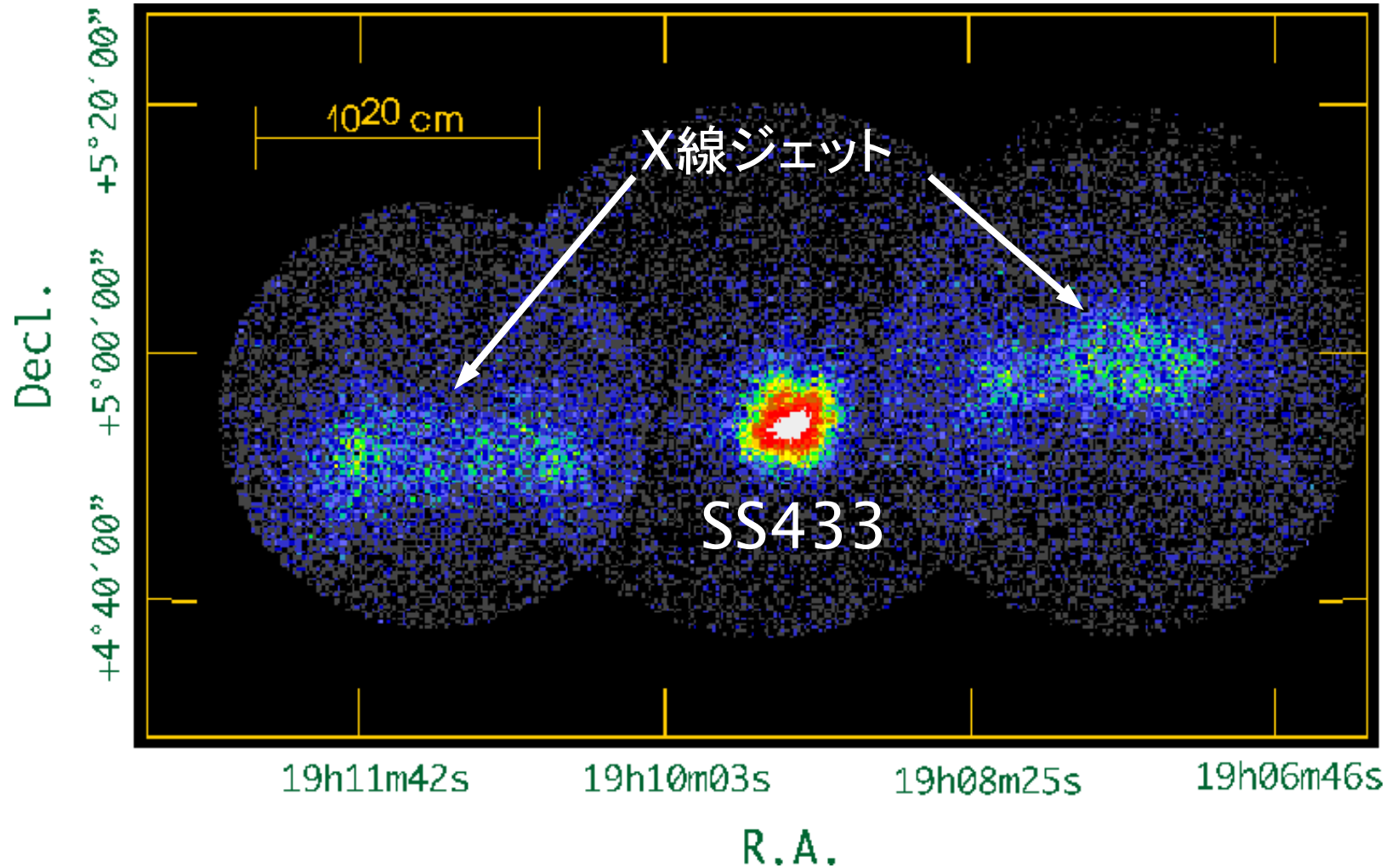


冷却効果を考慮した磁気流体ジェット と星間ガスの相互作用シミュレーション

朝比奈雄太、小川崇之、松元亮治(千葉大学)



SS433近傍のX線強度分布

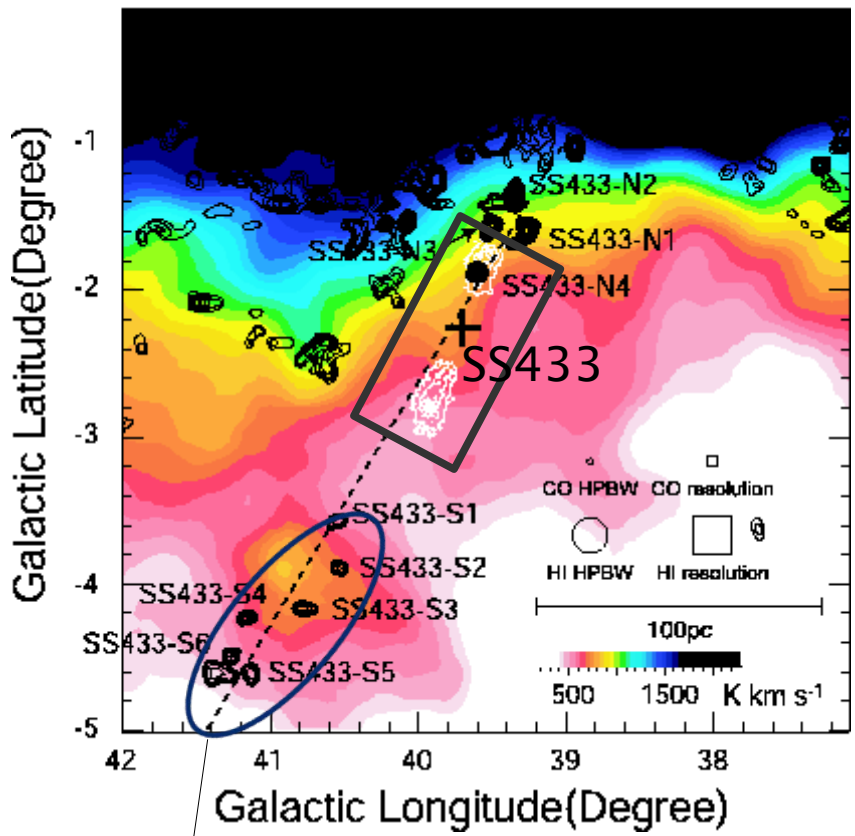


SS433ジェットによって分子雲が作られる？

- 分子雲がジェットの軸上に観測されている
- 分子雲の周囲には高密度なHIガスが分布している



ジェットとHIガスの相互作用のシミュレーションが必要

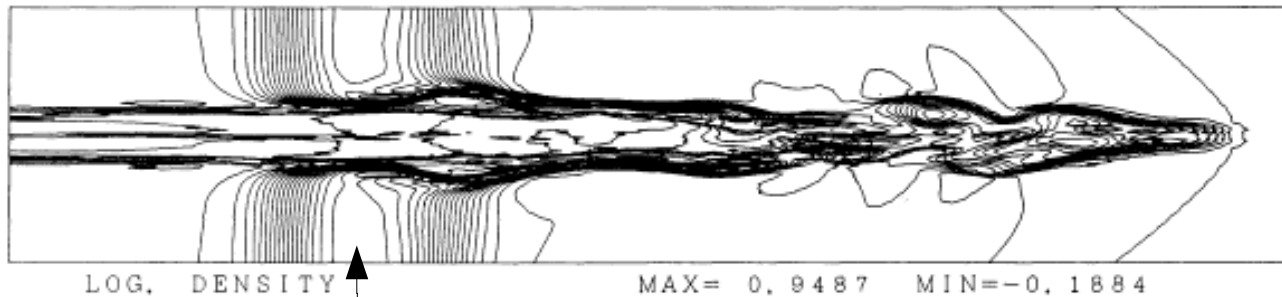


Yamamoto et al. 2008

黒いコントア — 分子雲
カラーコントア — HIガス

ジェット伝播の先行研究

- ジェット伝播の計算は数多く行われている



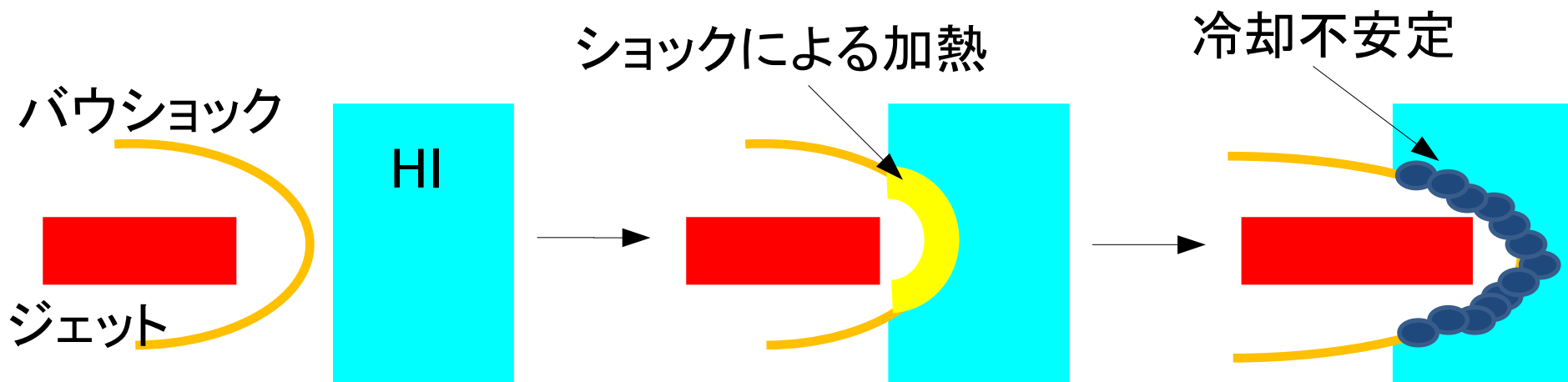
高密度なガス

Todo et al. 1993

- 先行研究では **断熱過程**を仮定しており、高密度なガスは形成されない
- ↓
- 高密度ガスの形成には**加熱・冷却効果**を考慮した計算が必要

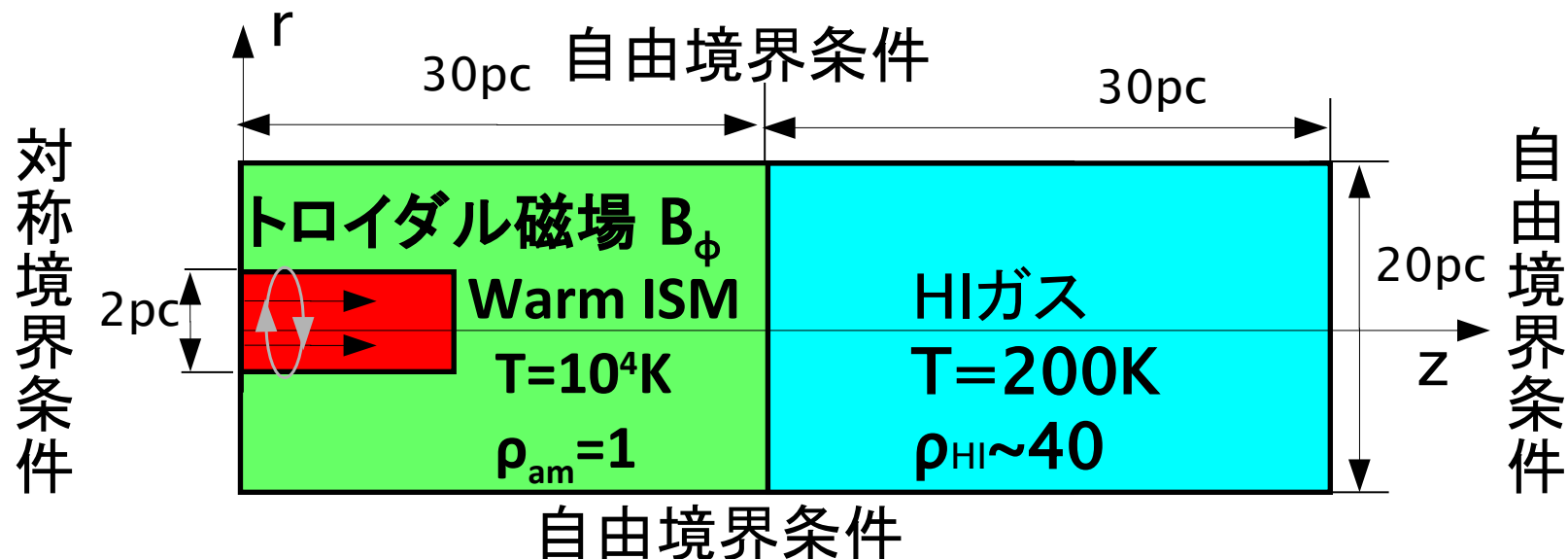
どのようにして分子雲が形成されるか？

- HIガスはバウショックにより圧縮される
- HIガスの温度は上がるが、密度増加により冷却率が高くなる
- 温度が下がり、さらに密度が高くなる
- 冷却不安定により、分子雲が形成される可能性がある



シミュレーションモデル

- 温かいガスとHIガスが圧力平衡



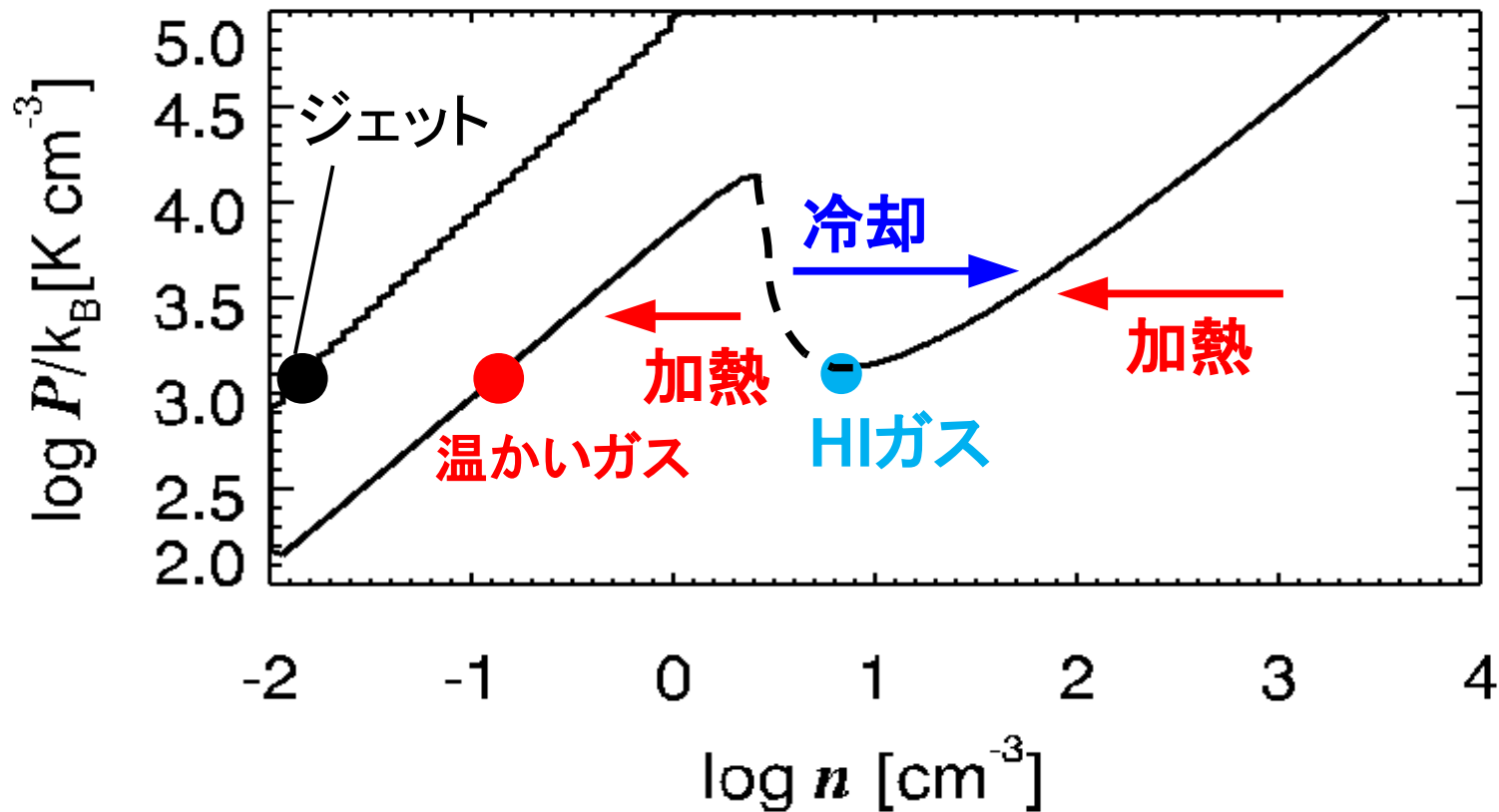
ジェット (Mach6), $\rho_j=0.1$

$\beta=P/(B^2/2)=100$

- 3次元カーテシアン座標系 (x, y, z), HLLD scheme (Miyoshi & Kusano 2005)
- メッシュ $(N_x, N_y, N_z)=(150, 150, 640)$

星間ガスの冷却関数

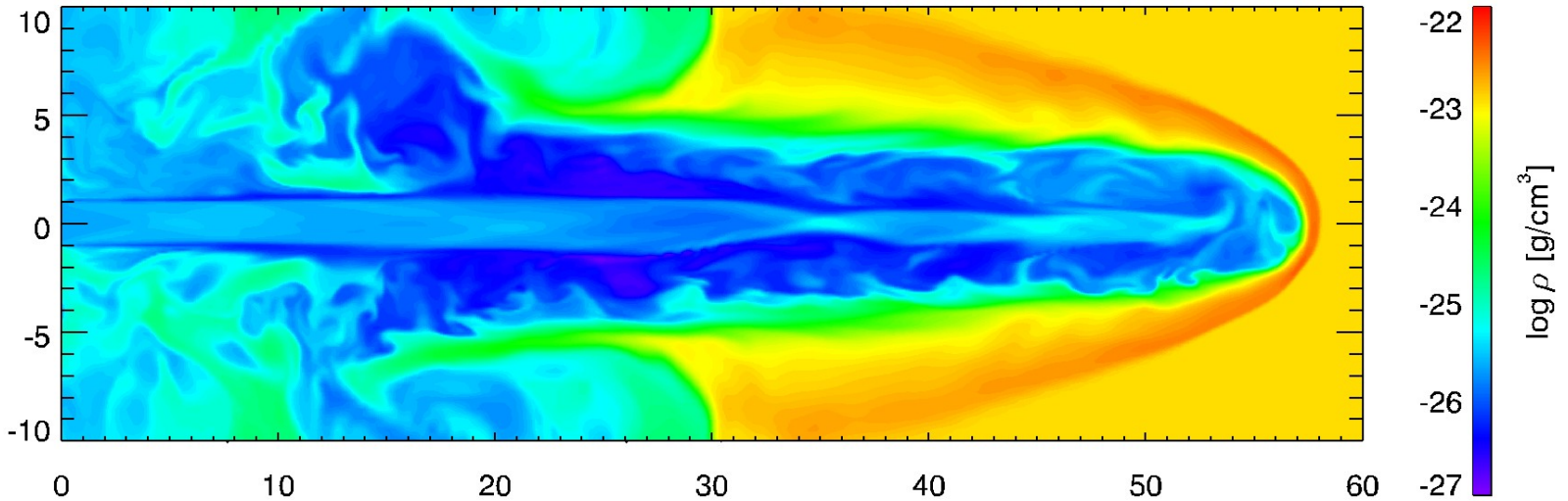
- Inoue et al. (2006) で使われた冷却関数を使用
- 冷却関数 = $-n\Gamma + n^2L(T)$, cut off $T=10^4$
- 黒線は熱平衡曲線を表している



冷却効果による密度の増加

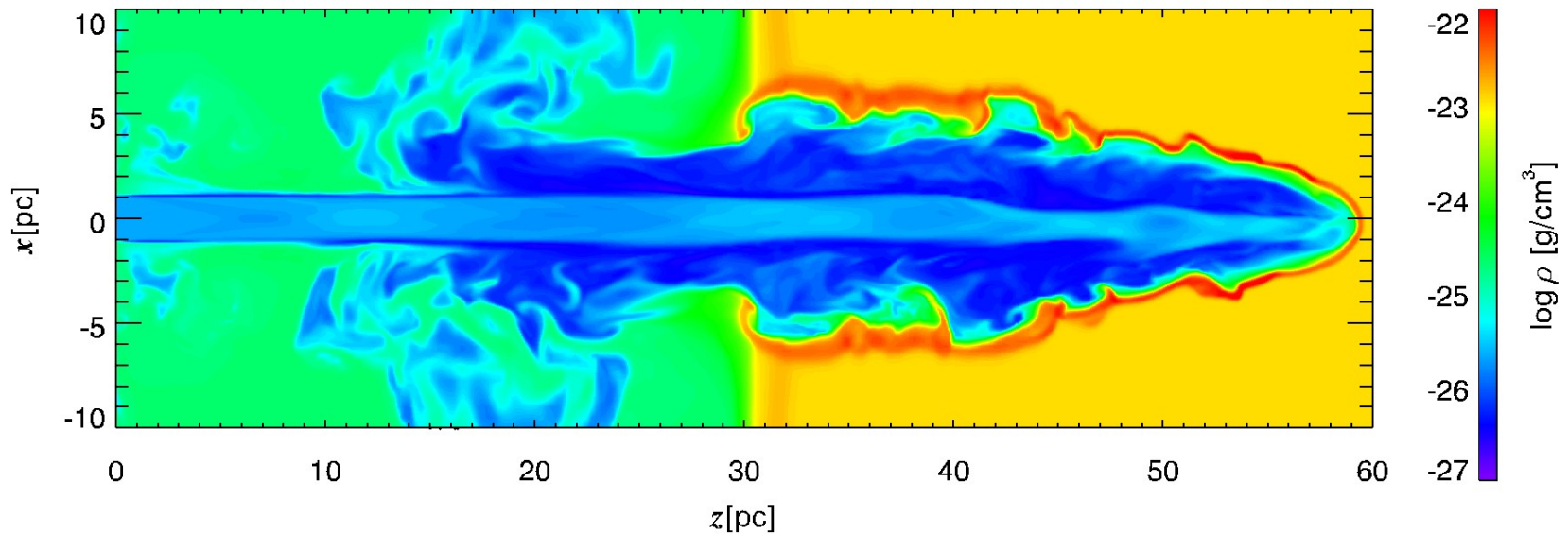
$t = 2.76 \text{ Myr}$

断熱



$t = 3.11 \text{ Myr}$

冷却有り

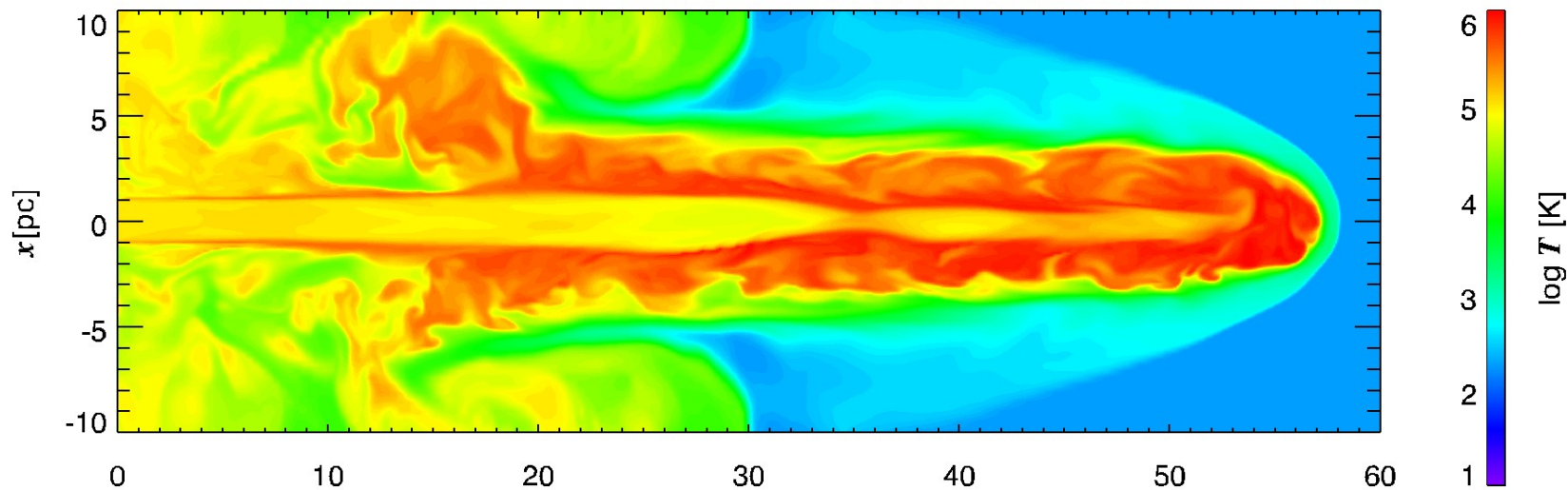


断熱過程では $n \sim 20$ 程度であるが、冷却を考慮すると数密度が $n \sim 100$ 程度まで高くなる

冷却効果による温度の低下

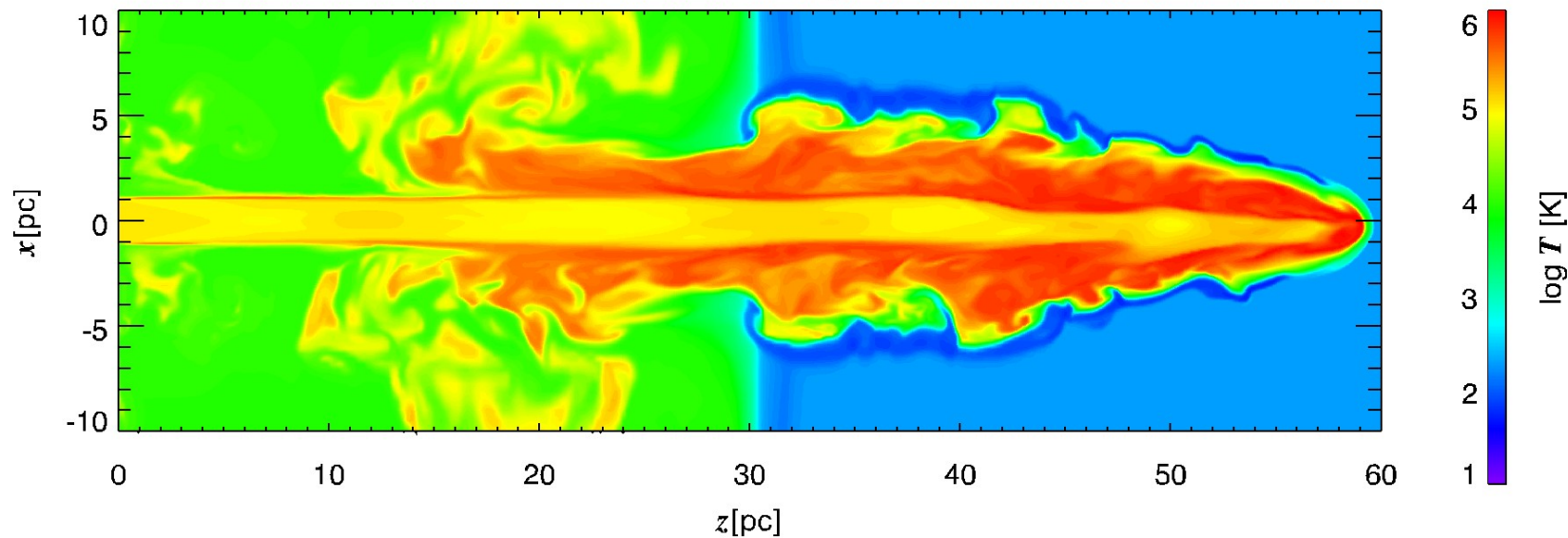
$t = 2.76 \text{ Myr}$

断熱



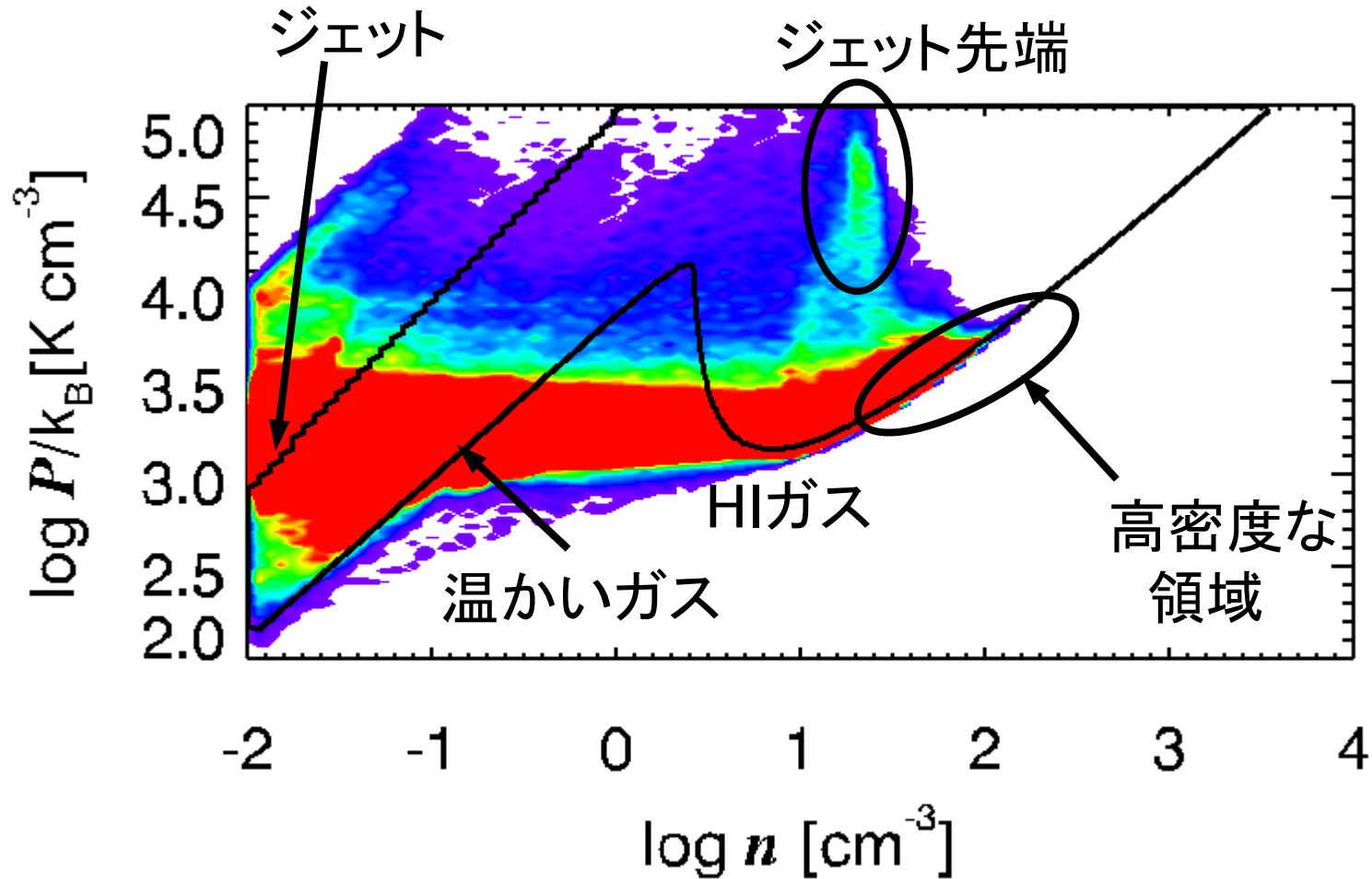
$t = 3.11 \text{ Myr}$

冷却有り



星間ガスは一度加熱されるが冷却効果により $T \sim 50 \text{ K}$ 程度まで温度が下がる

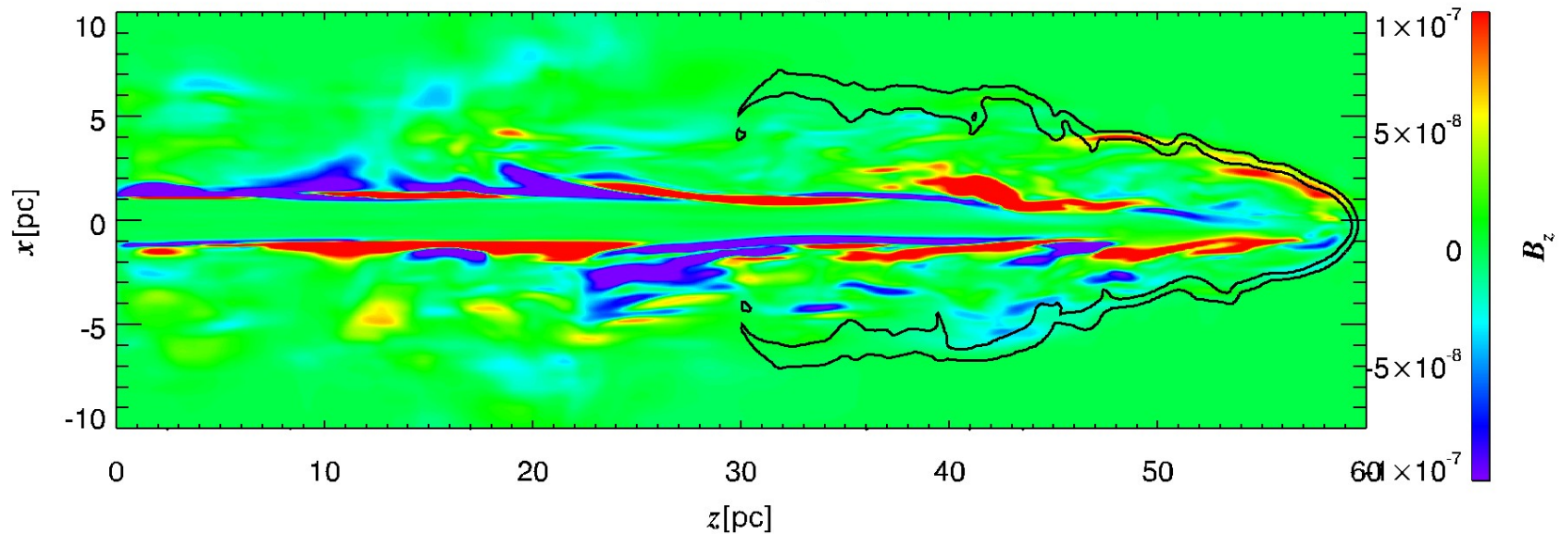
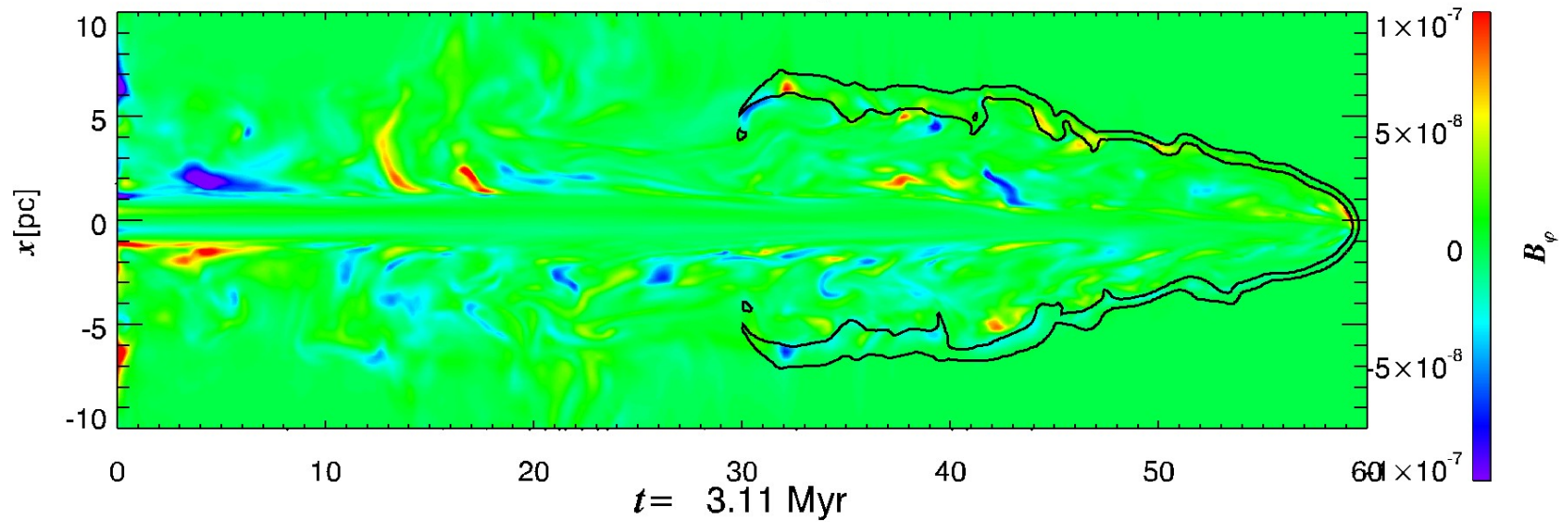
各状態のグリッド数



星間ガスはジェット先端では加熱されているが、冷却効果により熱平衡曲線に近づく

磁場の構造

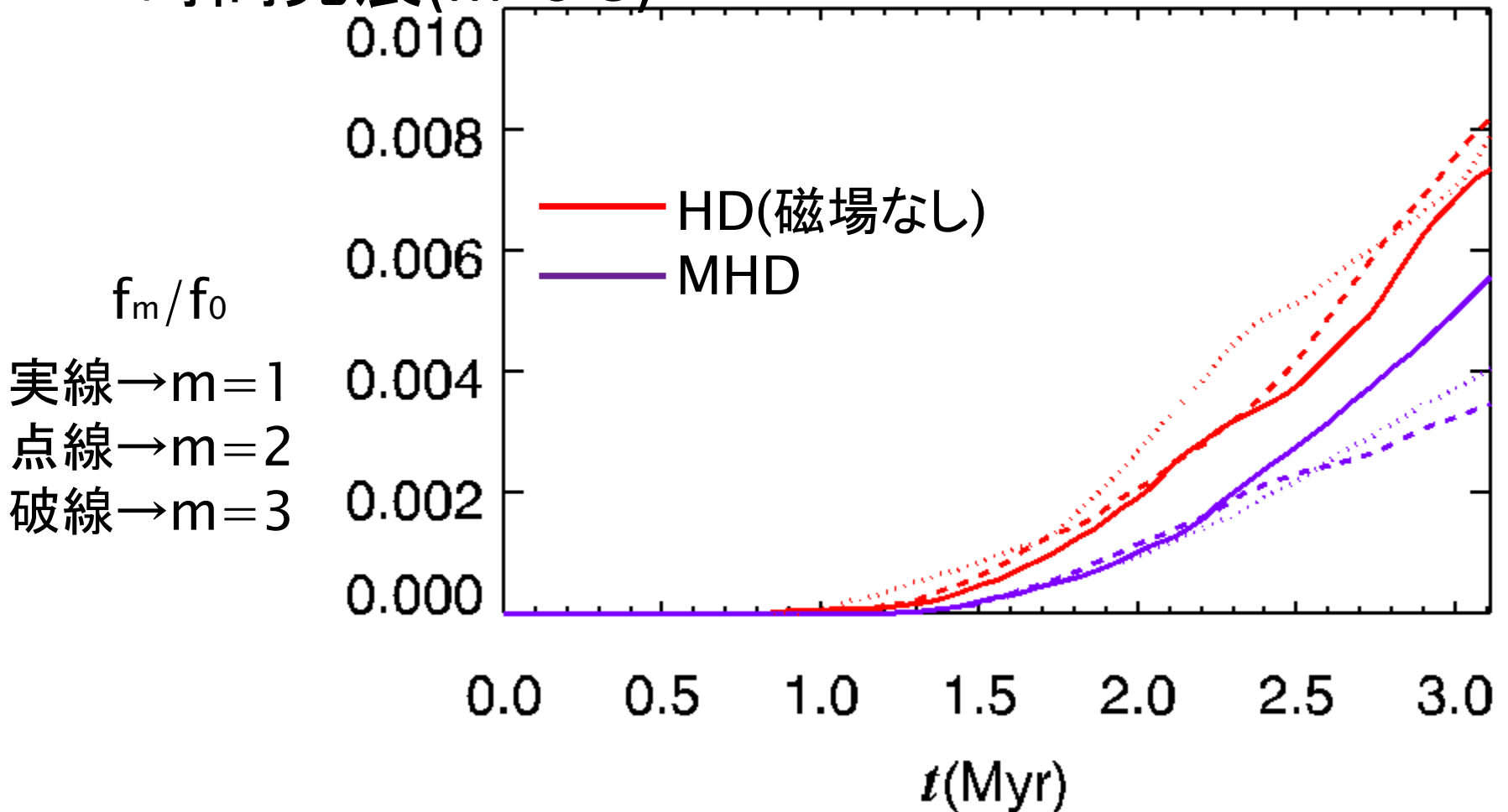
$t = 3.11 \text{ Myr}$



速度シアーによりジェットに沿う方向の磁場 B_z が生じる

非軸対称構造の成長

- 密度の $\exp(im\phi)$ によるフーリエスペクトル f_m の時間発展($m=0-3$)



まとめ

- 冷却効果を考慮したジェットと星間ガスの相互作用の3次元MHDシミュレーションを行った
- ジェットを鞘のように包む巻貝状の低温高密度な領域を形成した
- 注入領域ではジェット軸に垂直な磁場しか持たないが、速度シアーによりジェット軸に沿う方向の磁場を生じた
- ジェットと星間ガスの衝突後、非軸対称な構造が成長した