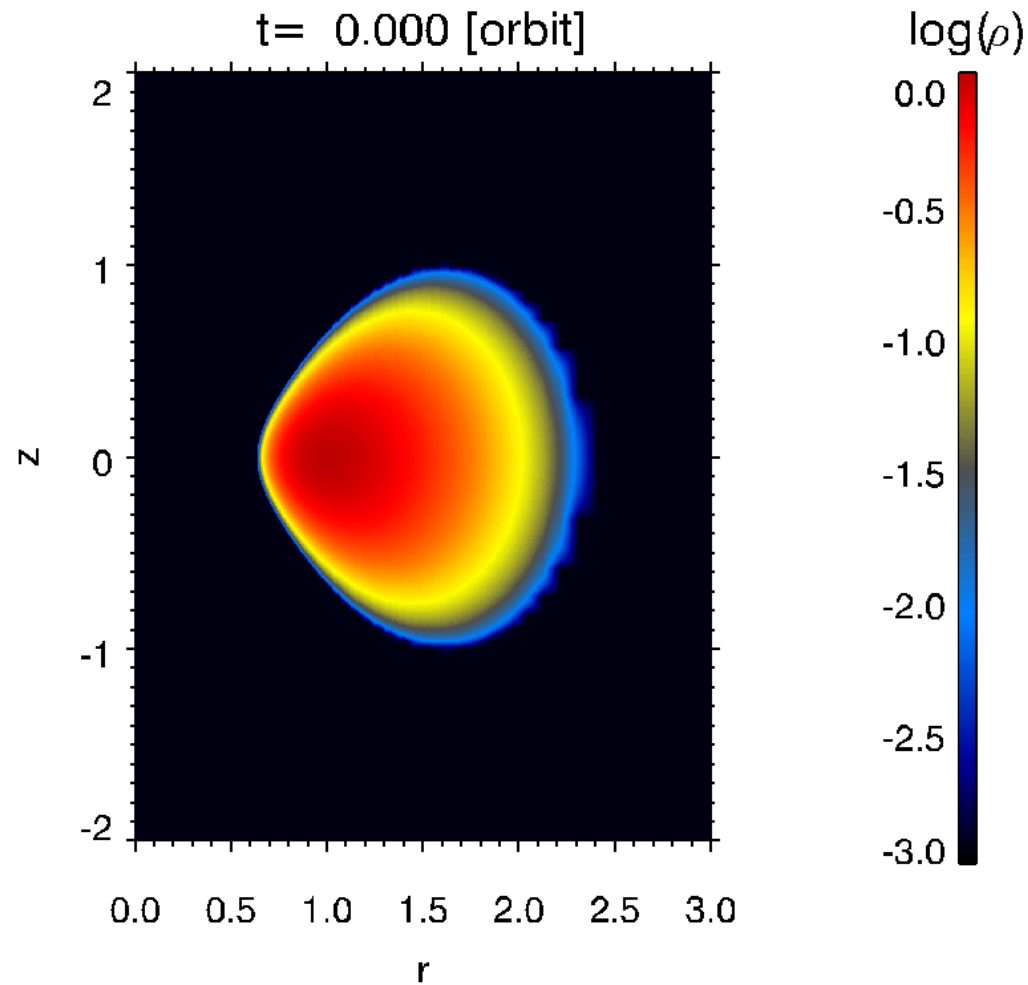


降着円盤における磁気回転不安定性



メンバー

岩澤, 谷川, 大野, 小川, 西野, 三宅, 森田, 谷田部, 山崎

降着円盤とは？

- コンパクト天体に角運動量を持ったガスが降り積もり形成する円盤
- ブラックホールが付随するような高エネルギー現象ではエネルギーのエンジンとして非常に重要

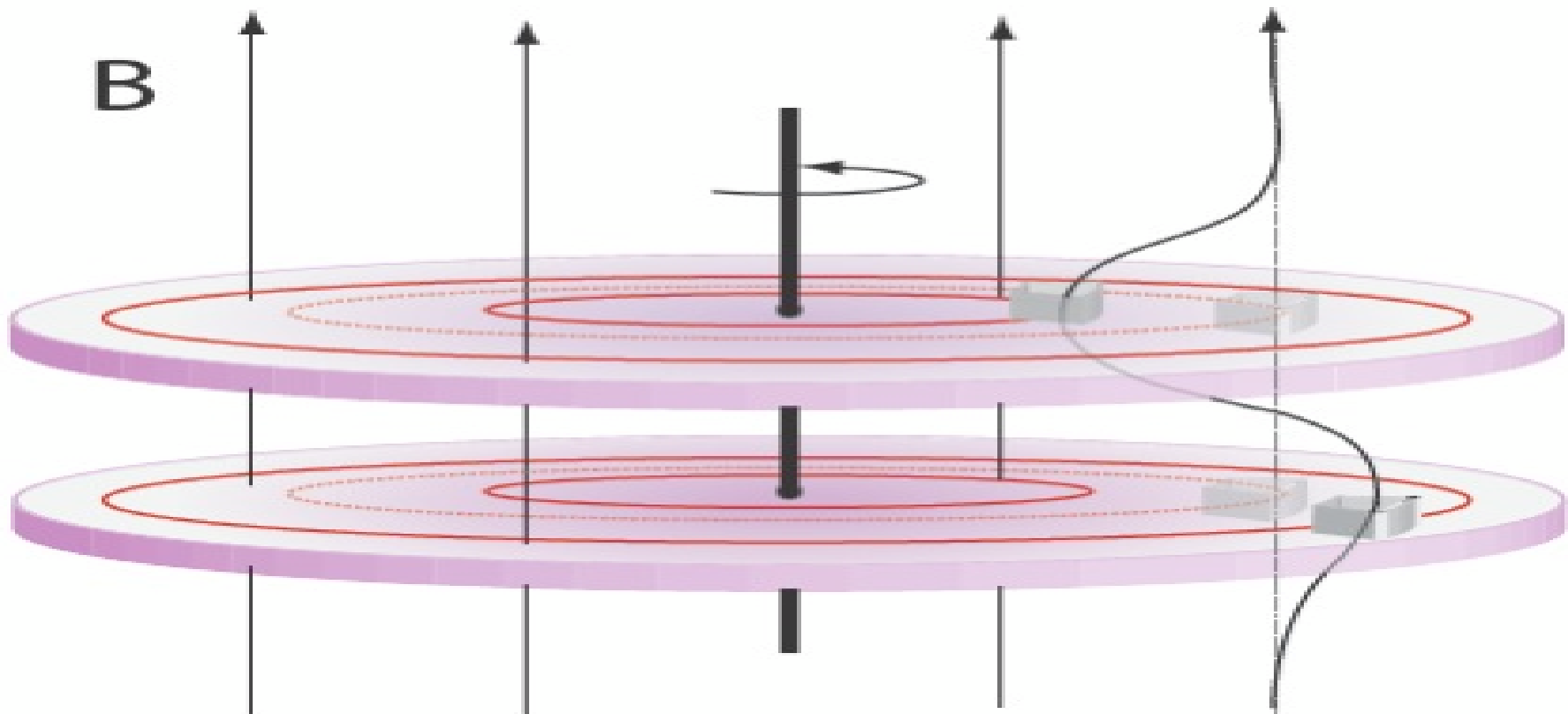
Shakura & Sunyaev, 1973 では α 粘性を導入 →標準円盤モデル
しかし、粘性の起源については触れていなかった・・・

その後、発見されたのが・・・

磁気回転不安定性 (MRI)

(Balbus & Hawley 1991)

- 差動回転をしている円盤に磁場があると磁気張力による力が不安定を起こして磁場の増幅と角運動量の輸送が起こる。



課題

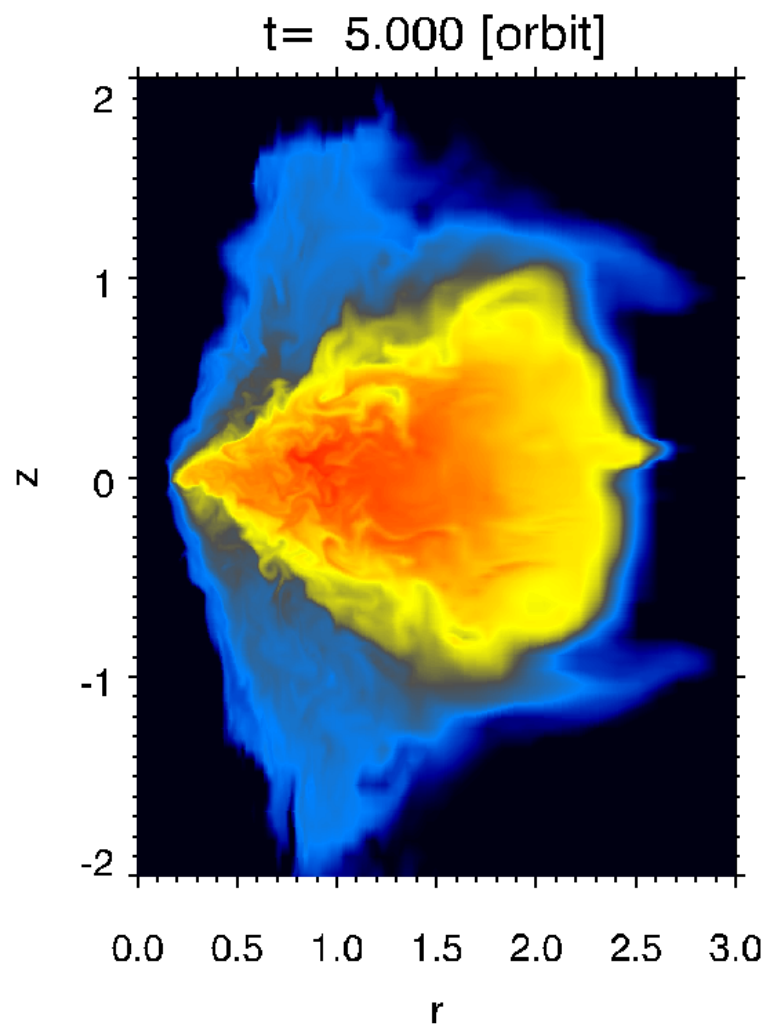
円盤と磁場の関係を調べるために次のような課題に取り組んだ

課題1: 粘性係数 (α 粘性にあたる項) の時間発展をみる。標準円盤モデルでは α は時間によらず一定としていたが、磁場の粘性を考慮するとどのように振る舞うか。また、初期の磁場とコロナの圧力を変えたときに円盤はどのように振る舞うか。

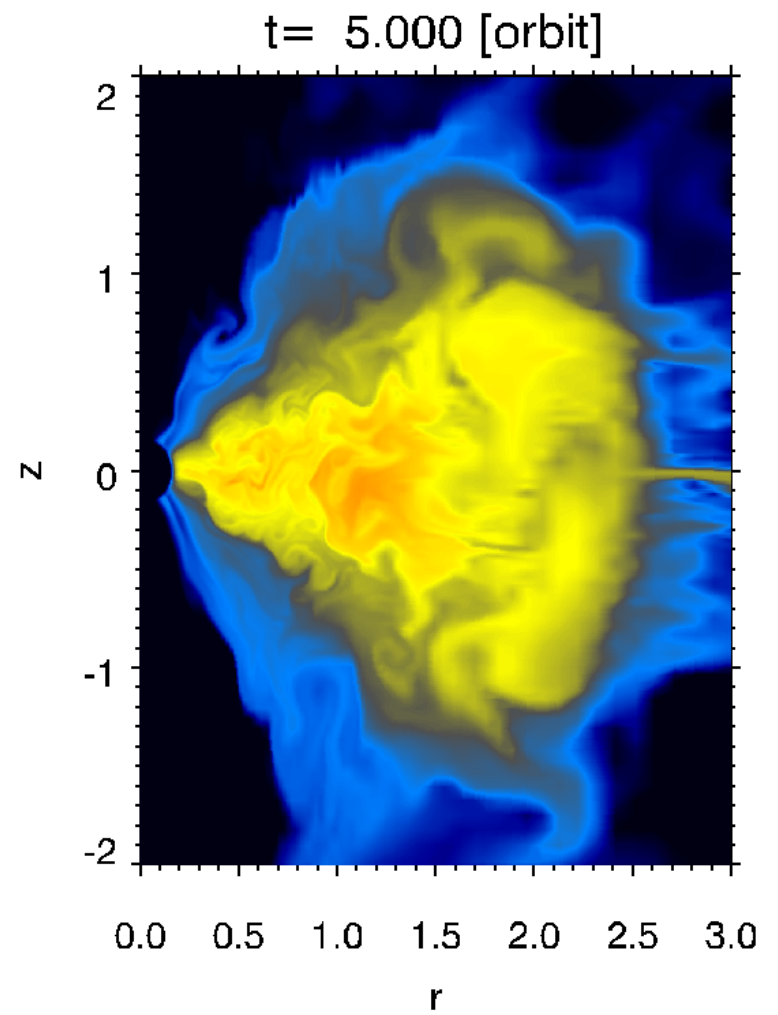
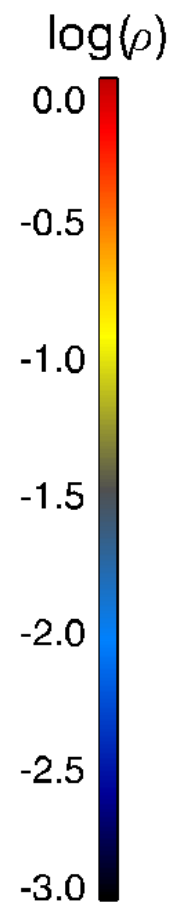
課題1.5: 磁場の形状を変えたときに円盤はどのように振る舞うか

課題2: 放射冷却を考慮すると円盤はどのように振る舞うか。

密度分布

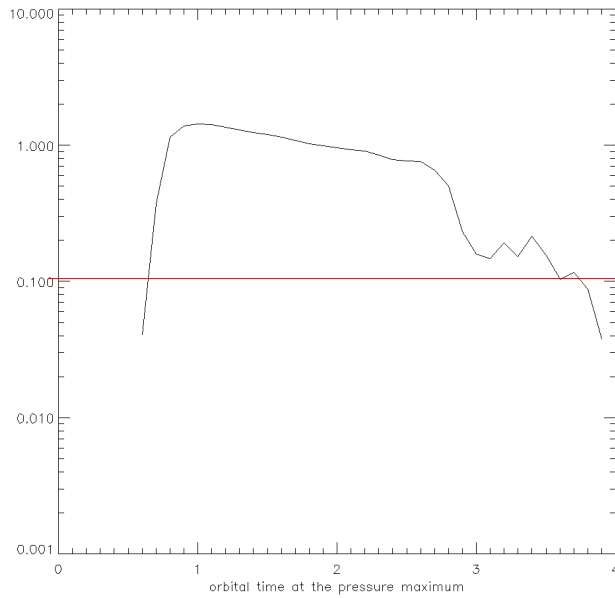


$\beta=100, T_{\text{co}}=1.5$

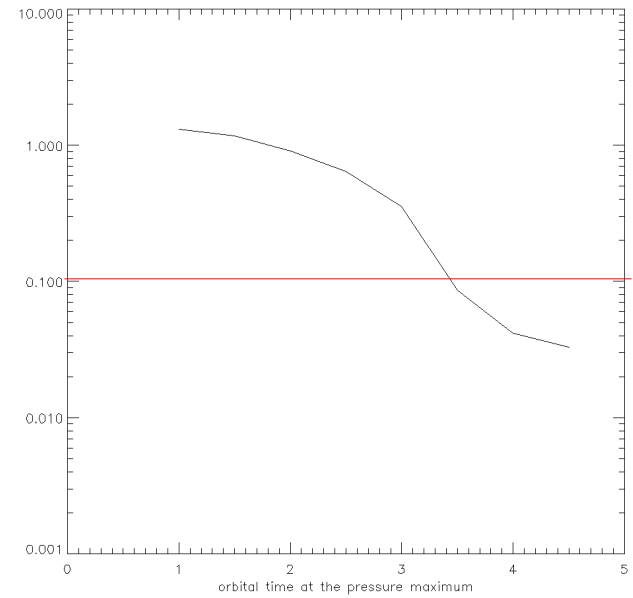


$\beta=30, T_{\text{co}}=1.5$

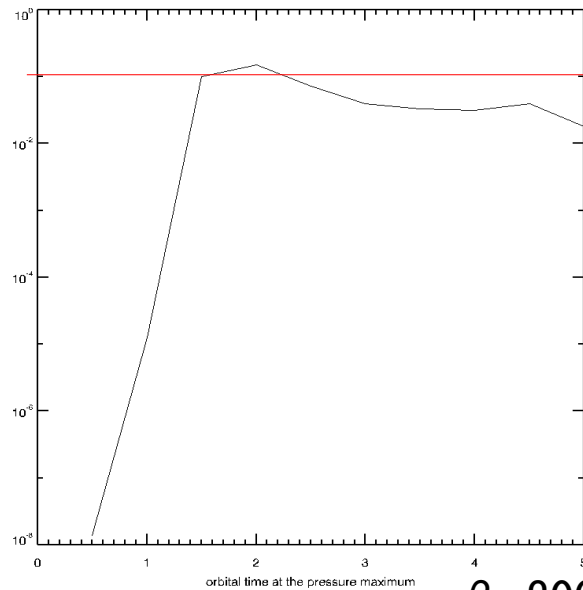
粘性係数の時間進化



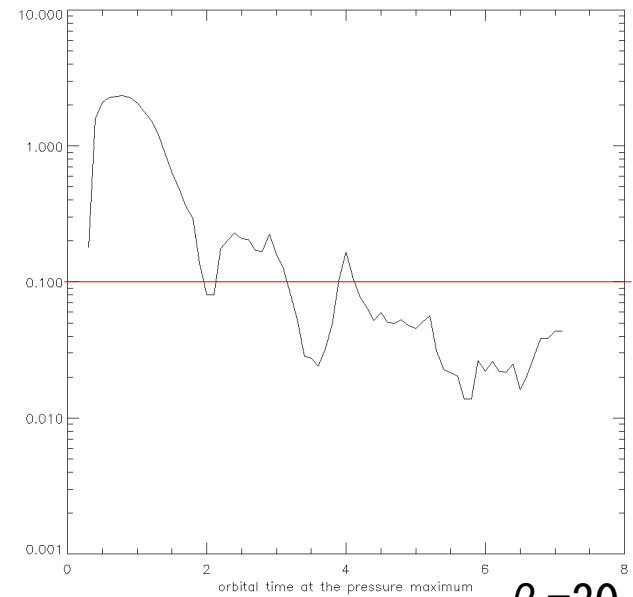
$\beta=100, T_{co}=8$



$\beta=100, T_{co}=30$

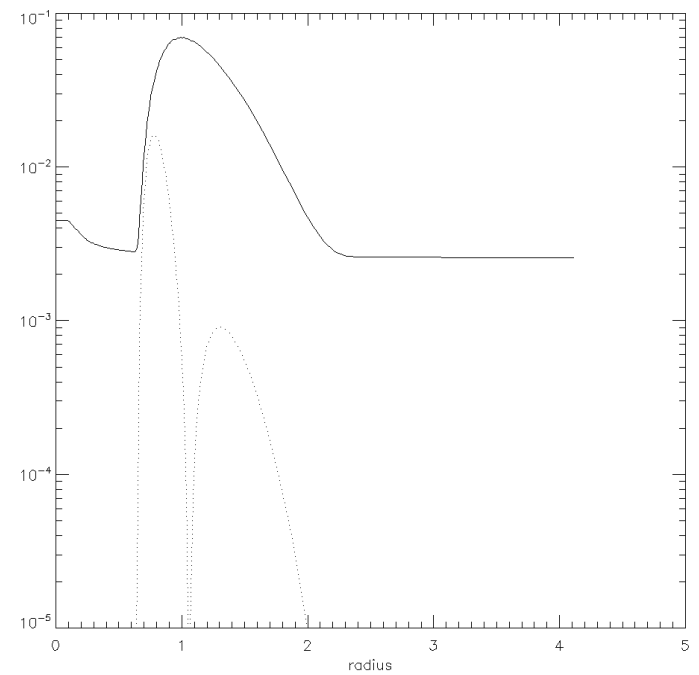
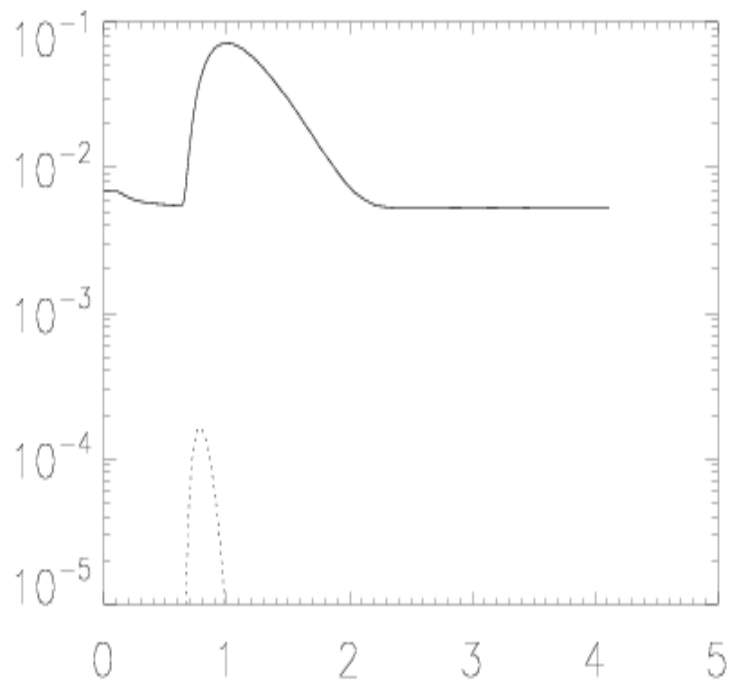
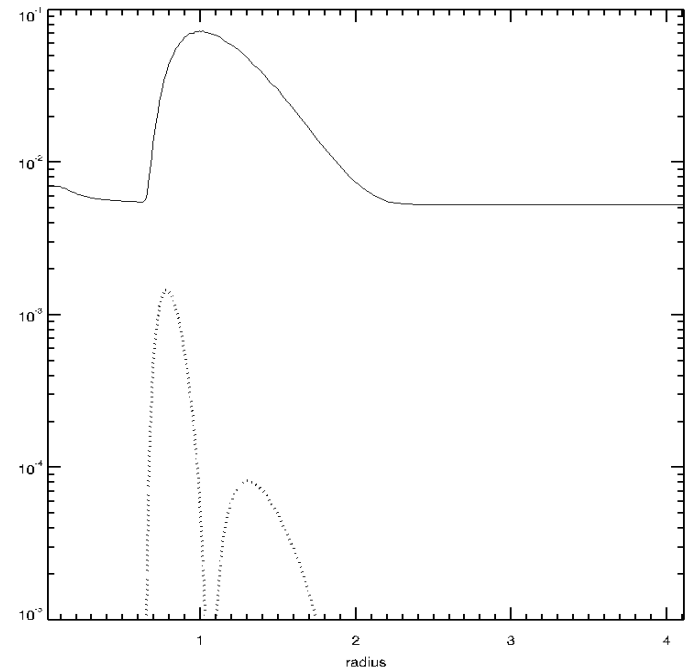
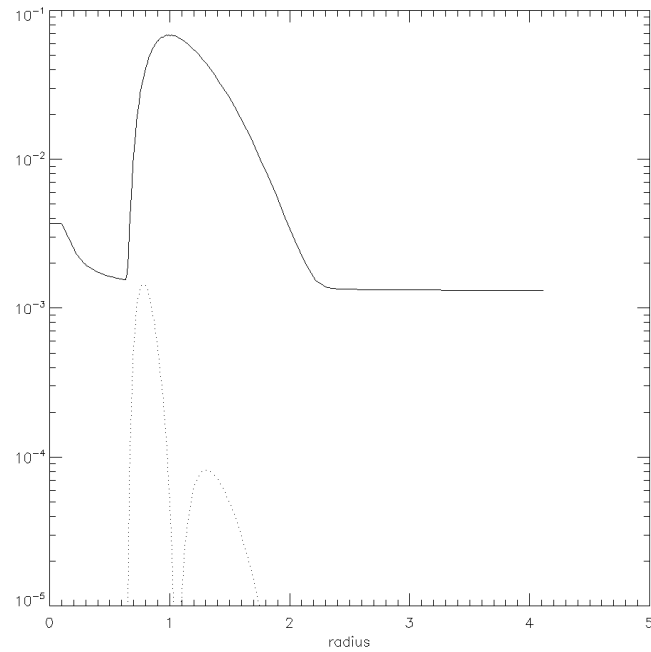


$\beta=300, t_{co}=30$

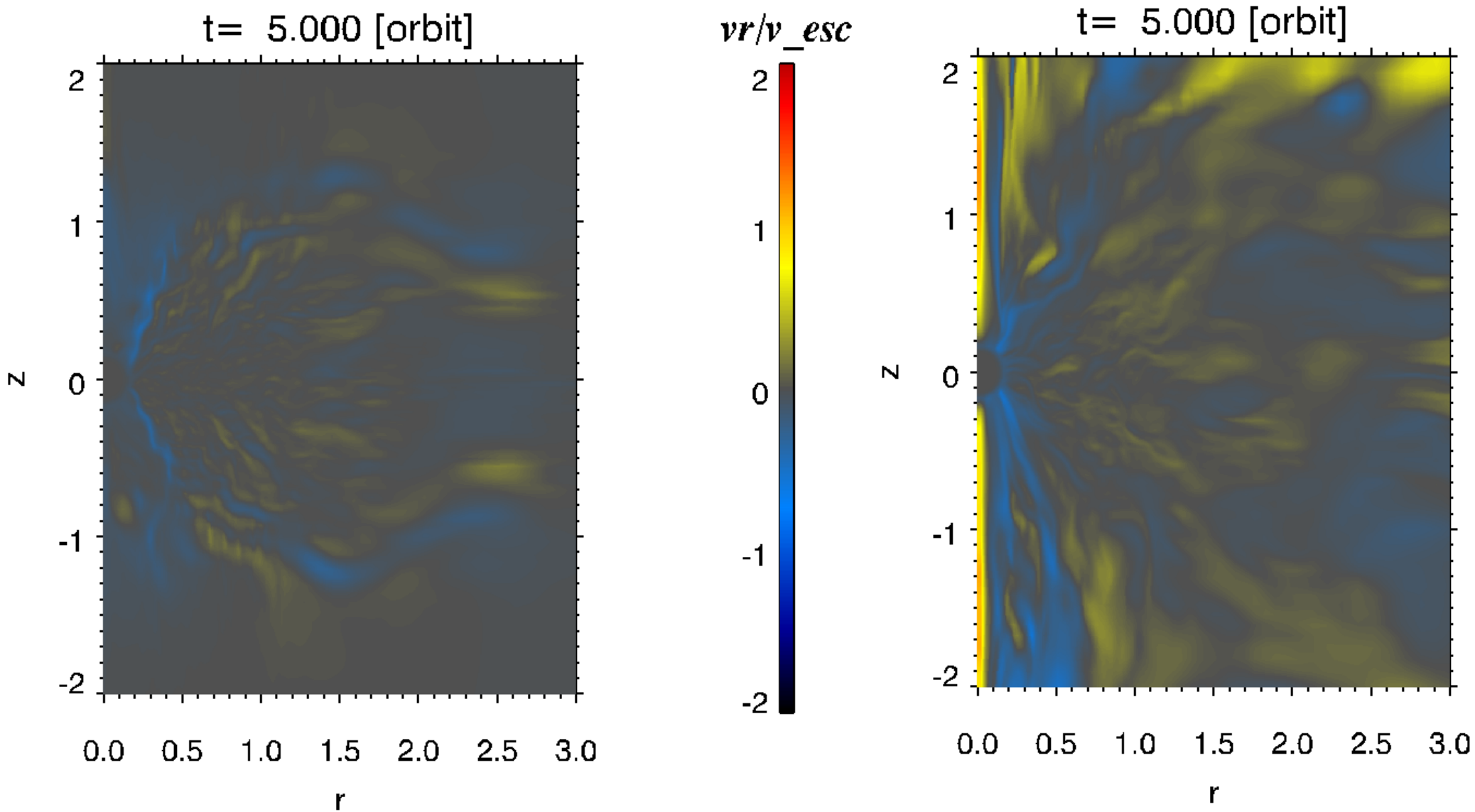


$\beta=30, t_{co}=15$

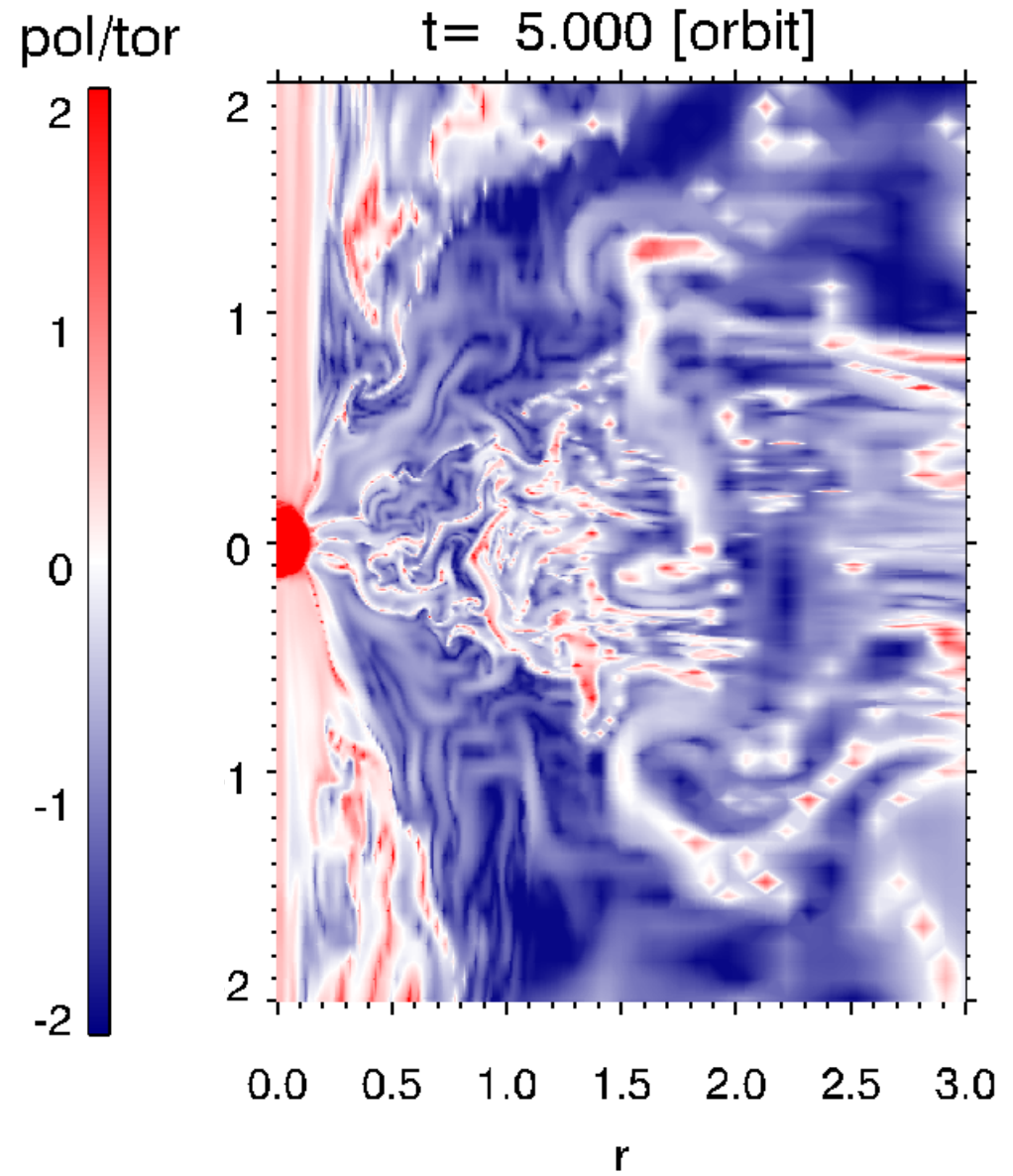
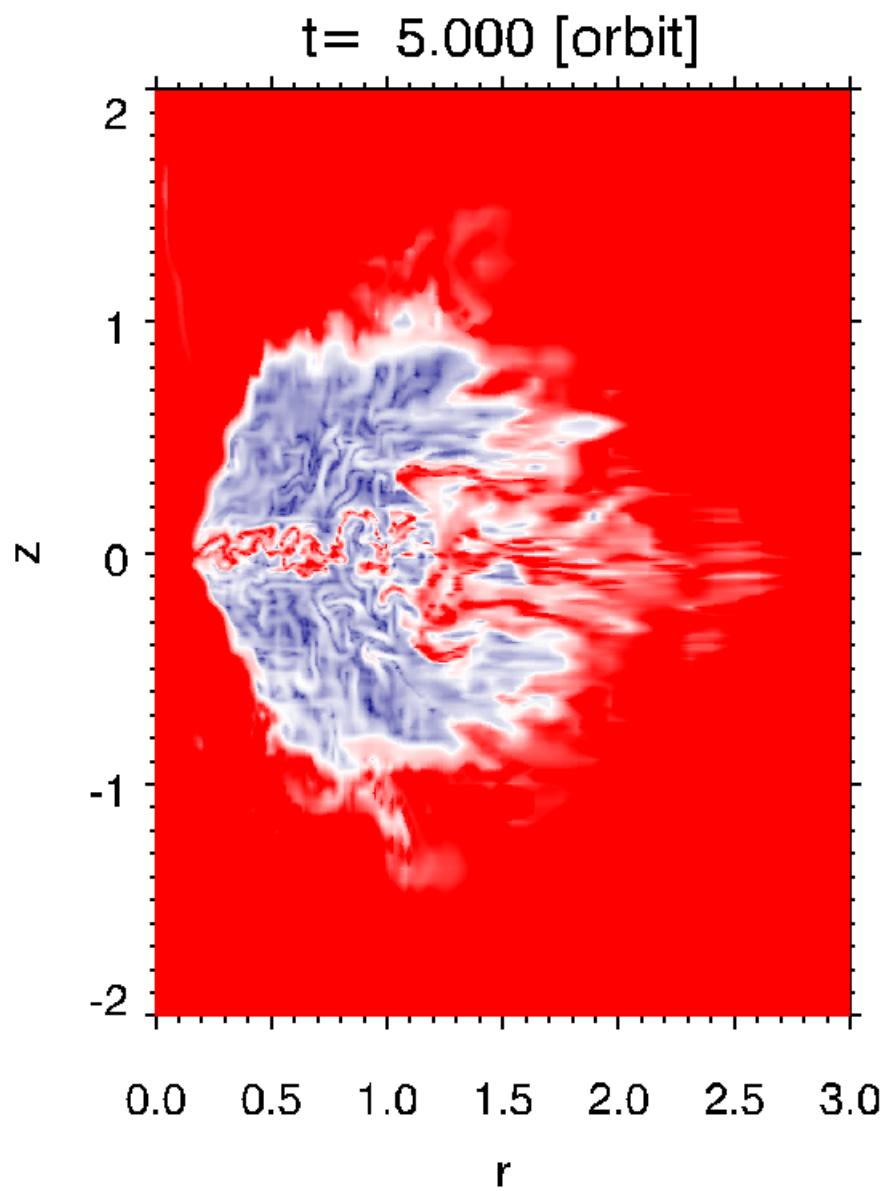
初期のコロナのガス圧と磁気圧との比



アウトフロー・インフローの様子

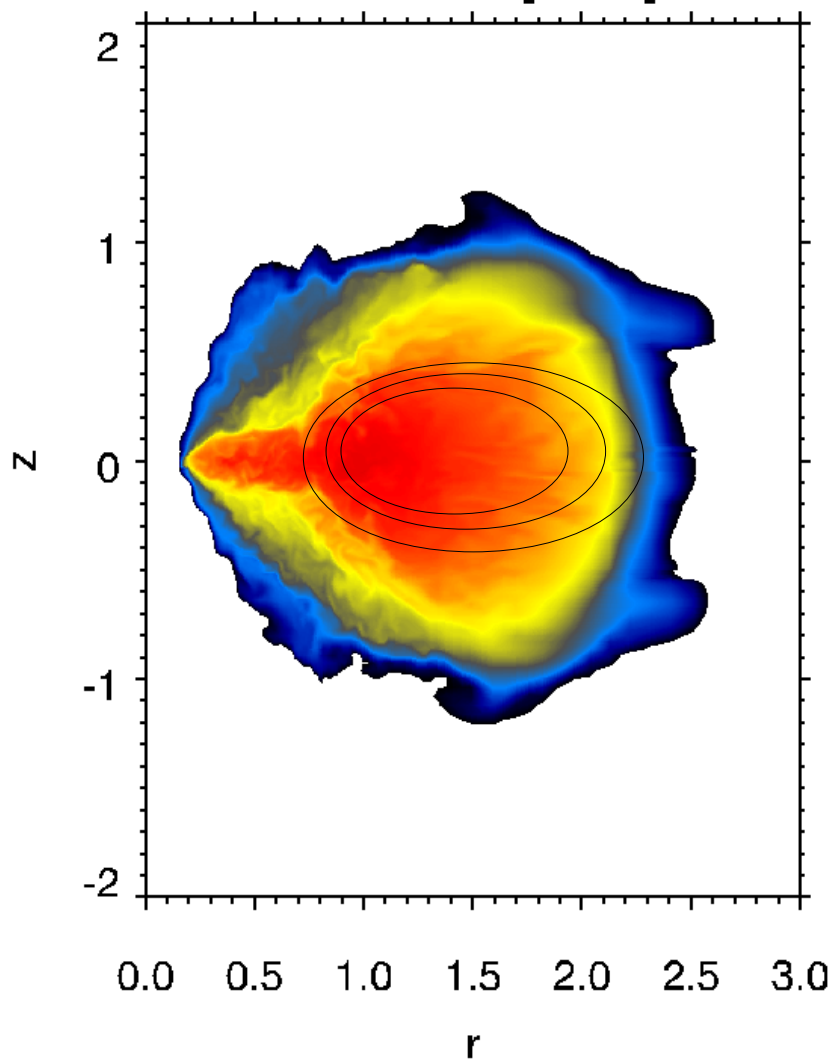


磁場の形状



磁場の形状を変えると・・・

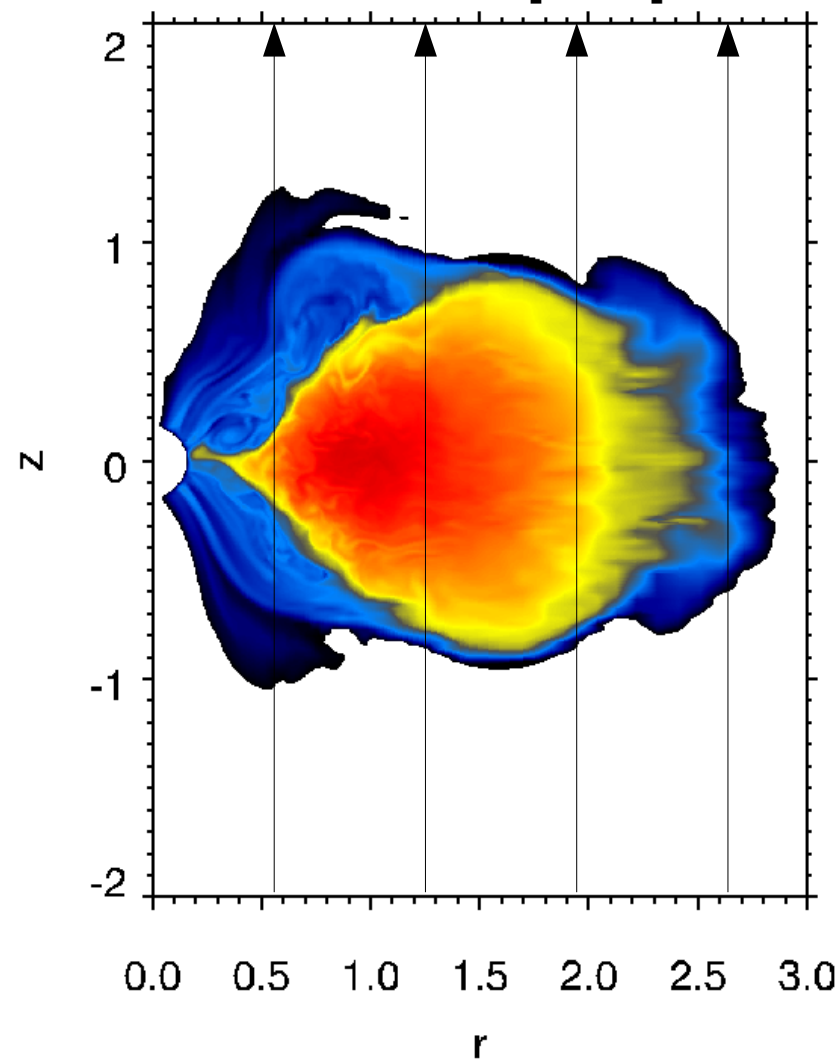
t= 5.000 [orbit]



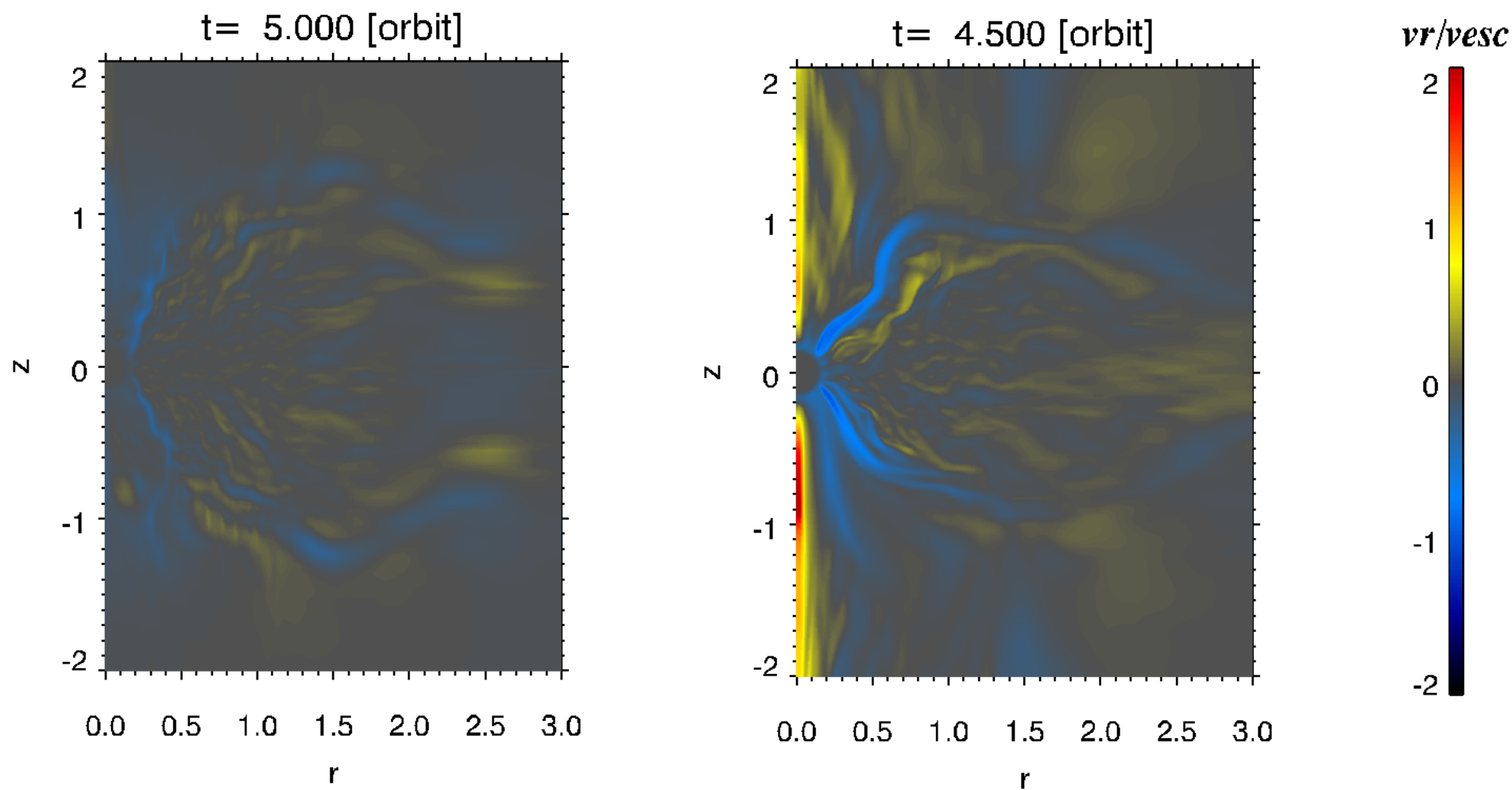
$\log(\rho)$



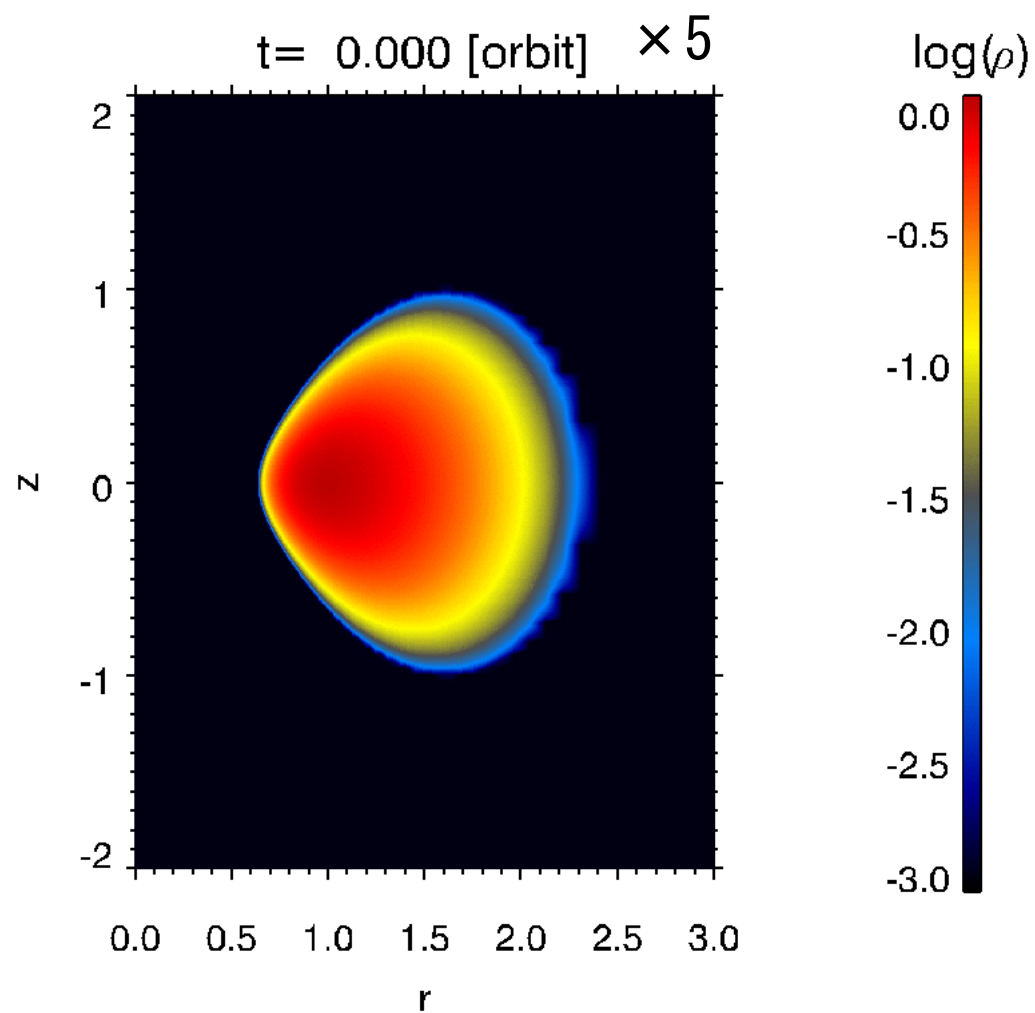
t= 4.500 [orbit]



速度の分布



冷却入り (5回転～)

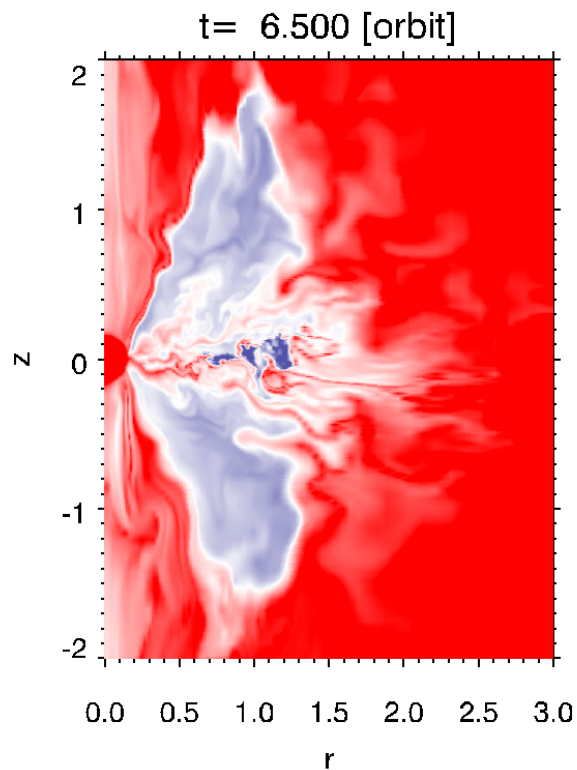


プラズマ β

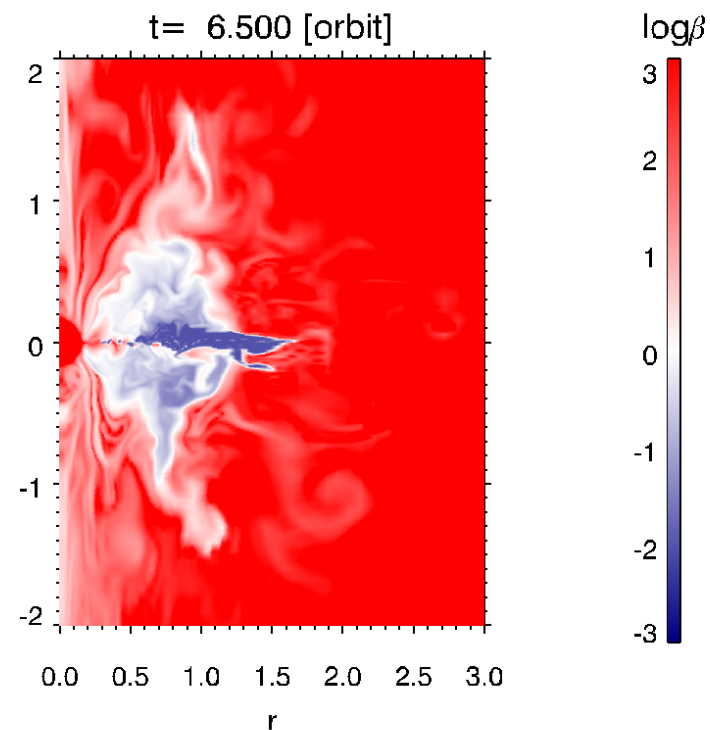
$$\beta = \frac{\text{ガス圧}}{\text{磁気圧}}$$

$$t = \frac{E}{\Lambda(\rho, T)}$$

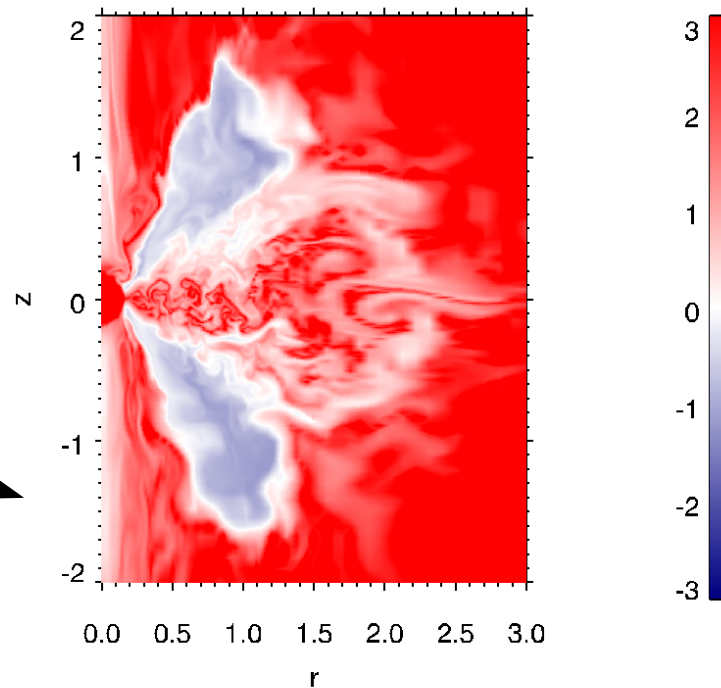
密度が大きいモデルでは、
冷却が強いために圧力が下がり重力
によりつぶれる



密度 大



密度 小

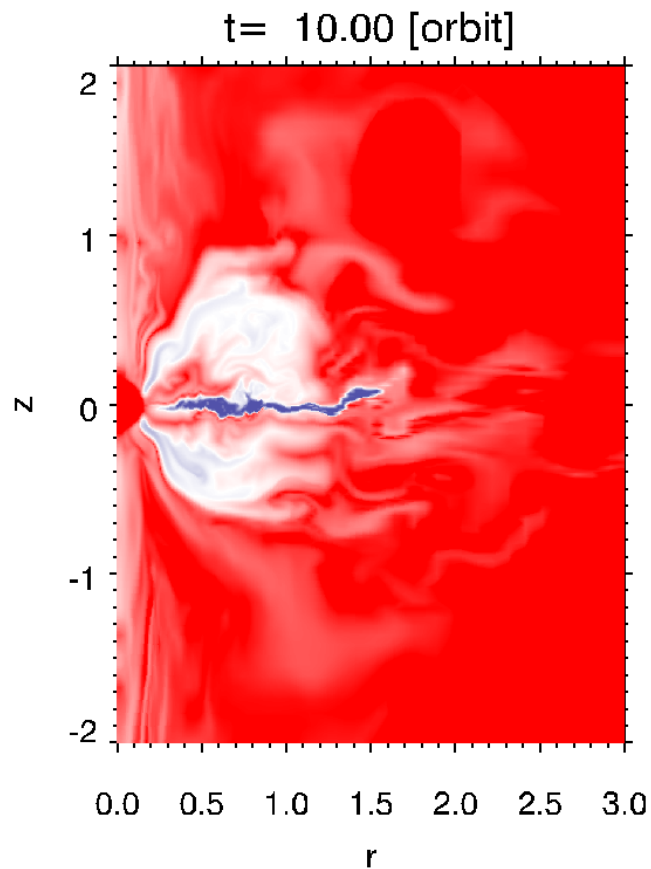


プラズマ β

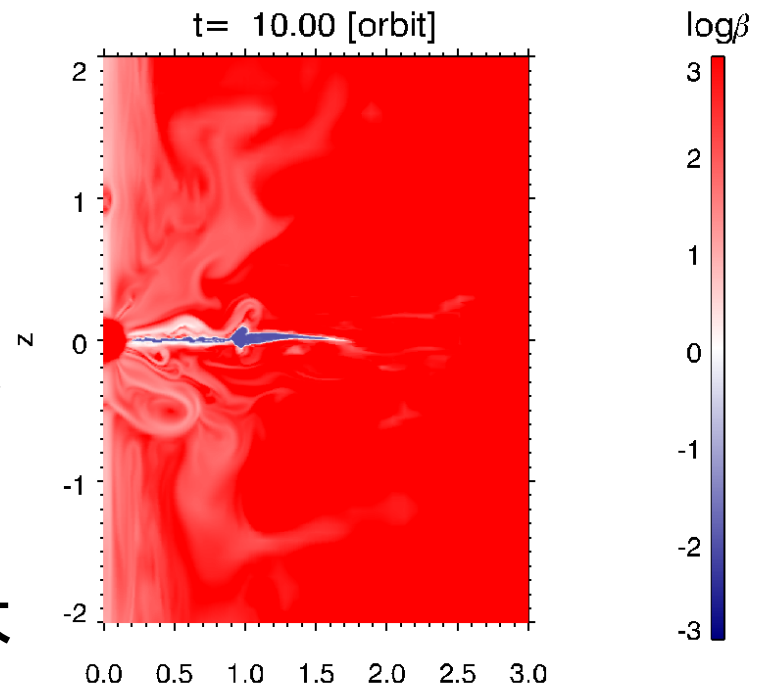
$$\beta = \frac{\text{ガス圧}}{\text{磁気圧}}$$

$$t = \frac{E}{\Lambda(\rho, T)}$$

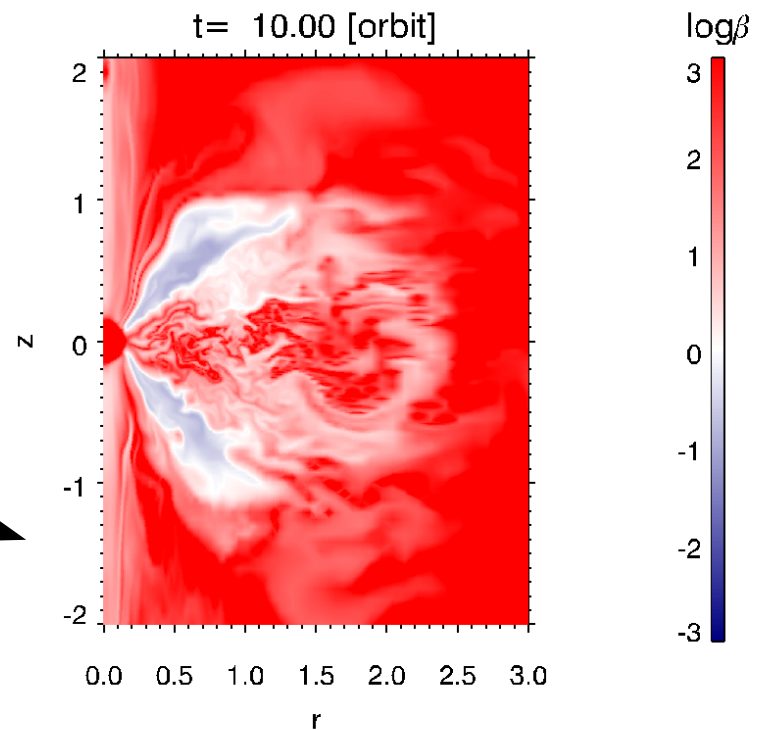
密度が大きいモデルでは、
冷却が強いために圧力が下がり重力
によりつぶれる



密度 大

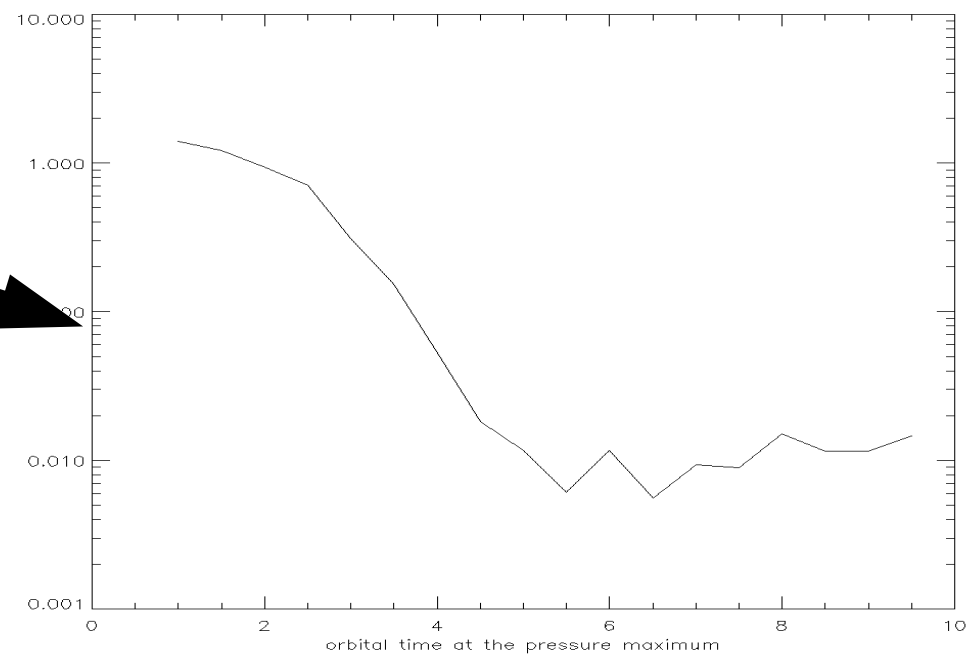
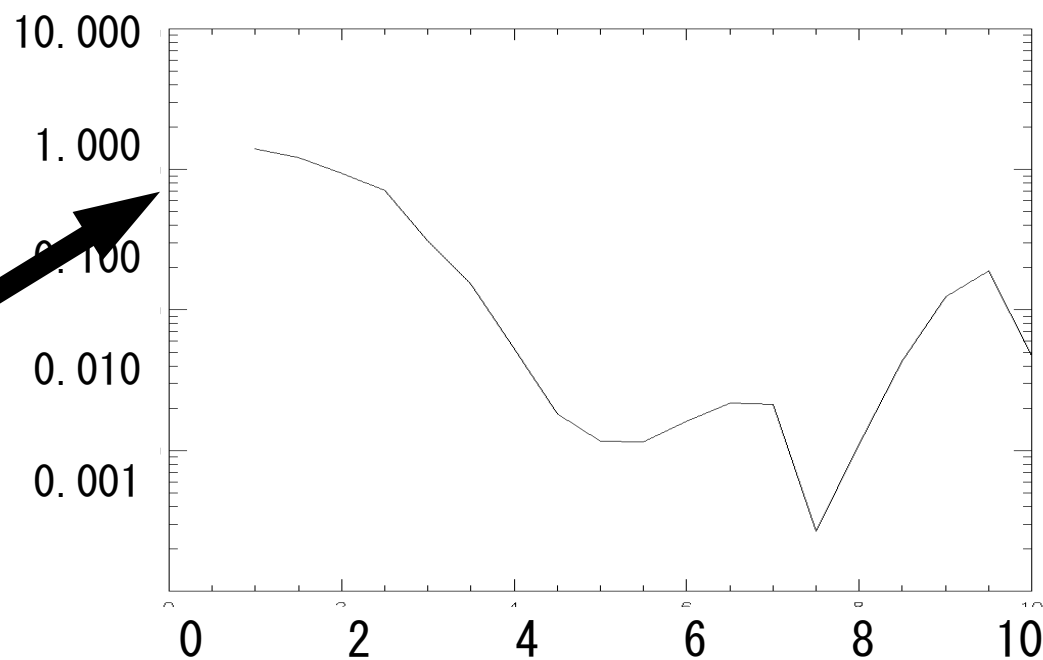
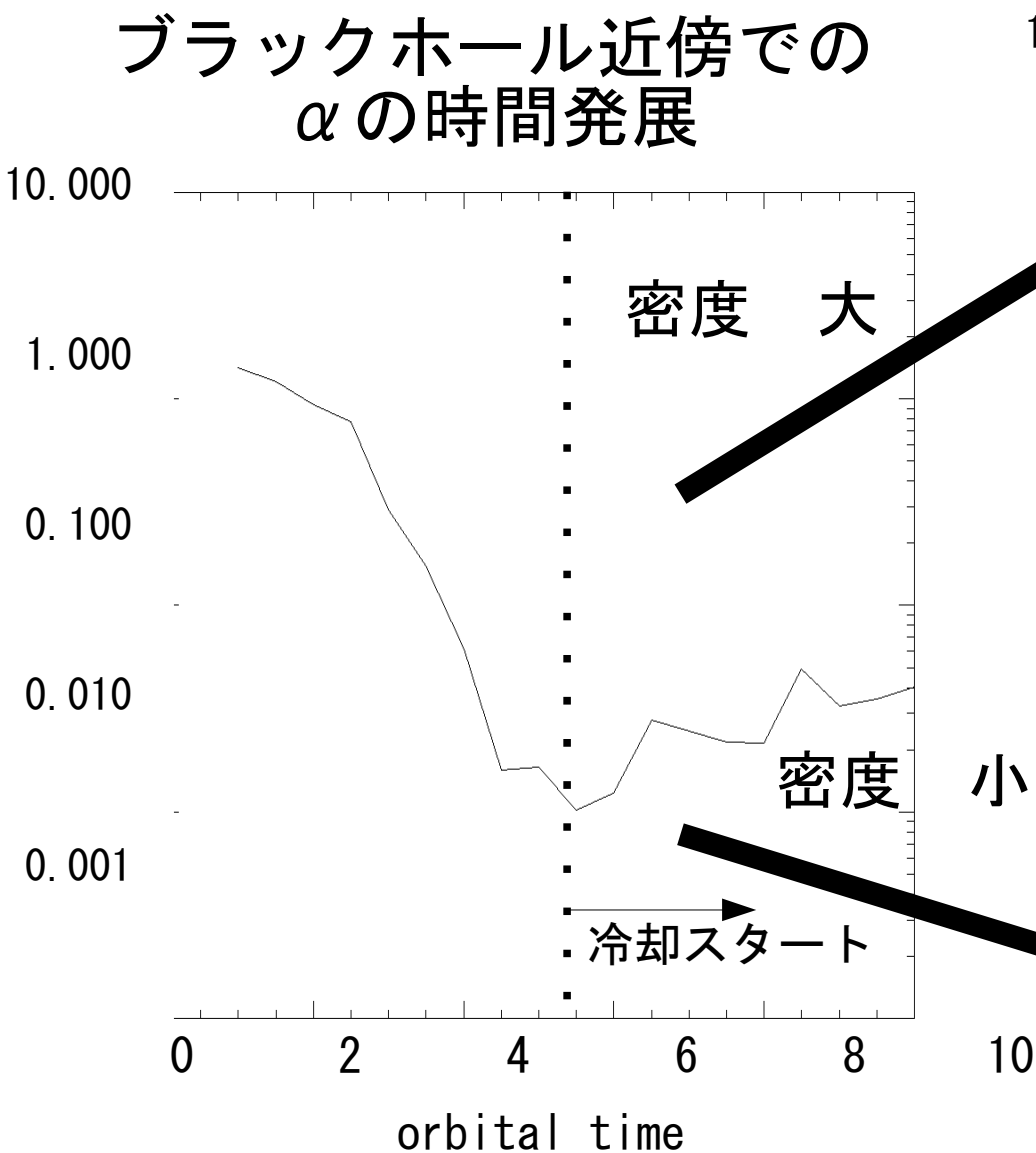


密度 小



冷却 (5回転～)

ブラックホール近傍での
 α の時間発展



まとめ

- ・ 降着円盤のMHDシミュレーションを実施した。
(課題1: 初期条件依存性)
- ・ α の値は0.01-0.1程度の値になった。
- ・ 初期コロナの圧力を増やし、初期トーラスの磁場を弱くするとジェットが噴出しにくくなることがわかった。
- ・ 鉛直磁場の場合、ジェットは比較的に出やすくなった。
(課題2: 輻射冷却を考慮したシミュレーション)
- ・ 制動輻射による冷却で鉛直方向に円盤が収縮した。
- ・ 磁力線の凍結により磁場は赤道面付近に集中し、一方で圧力は冷却により低下。→ 低 β 円盤の形成。
- ・ より長時間のシミュレーションを行う必要あり。

メンバー

岩澤 全規 (理化学研究所粒子系シミュレーター開発チームPD)
谷川 衝 (理化学研究所計算科学研究機構PD)
大野 由紀 (名古屋大学大学院理論宇宙物理学研究室M1)
小川 拓未 (京都大学理学研究科物理学・宇宙物理学専攻M1)
西野 裕基 (京都大学大学院天体核研究室M1)
三宅 智也 (名古屋大学大学院理論宇宙物理学研究室M1)
森田 一平 (九州大学大学院惑星形成進化学M1)
谷田部 紘希 (千葉大学大学院宇宙物理研究室M1)
山崎 健太郎 (筑波大学大学院宇宙理論研究室M1)