

# High-velocity jets driven by binary system

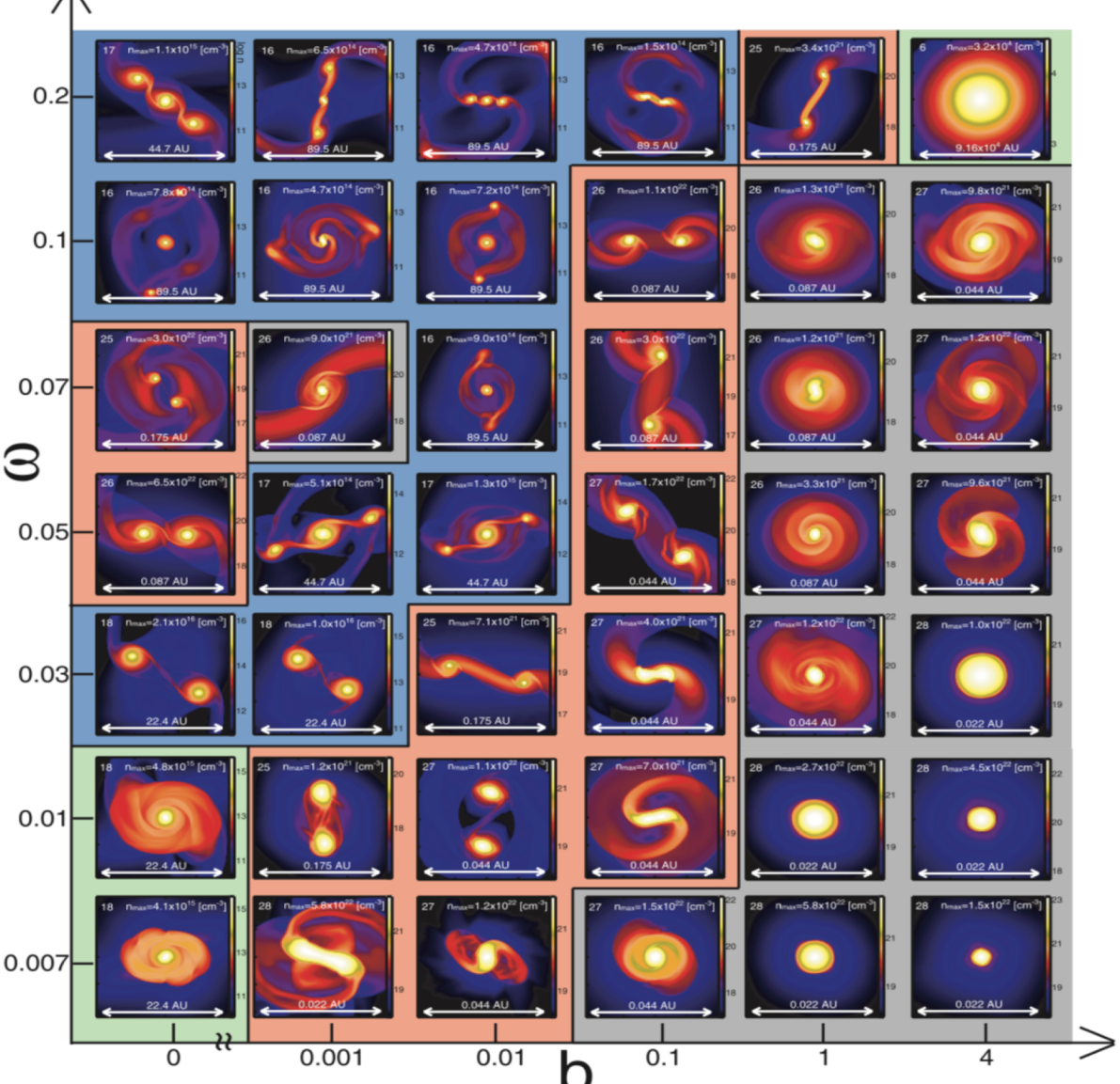
佐伯優、町田正博 (九州大学)

## Introduction

連星は重力収縮する分子雲コアが何らかの影響を受けて分裂し、その分裂片が成長・進化することで形成されると考えられており(Boss & Bodenheimer 1979; Goodwin & Kuroupa 2005)、これまでもその形成過程はされてきた(下図(左))。

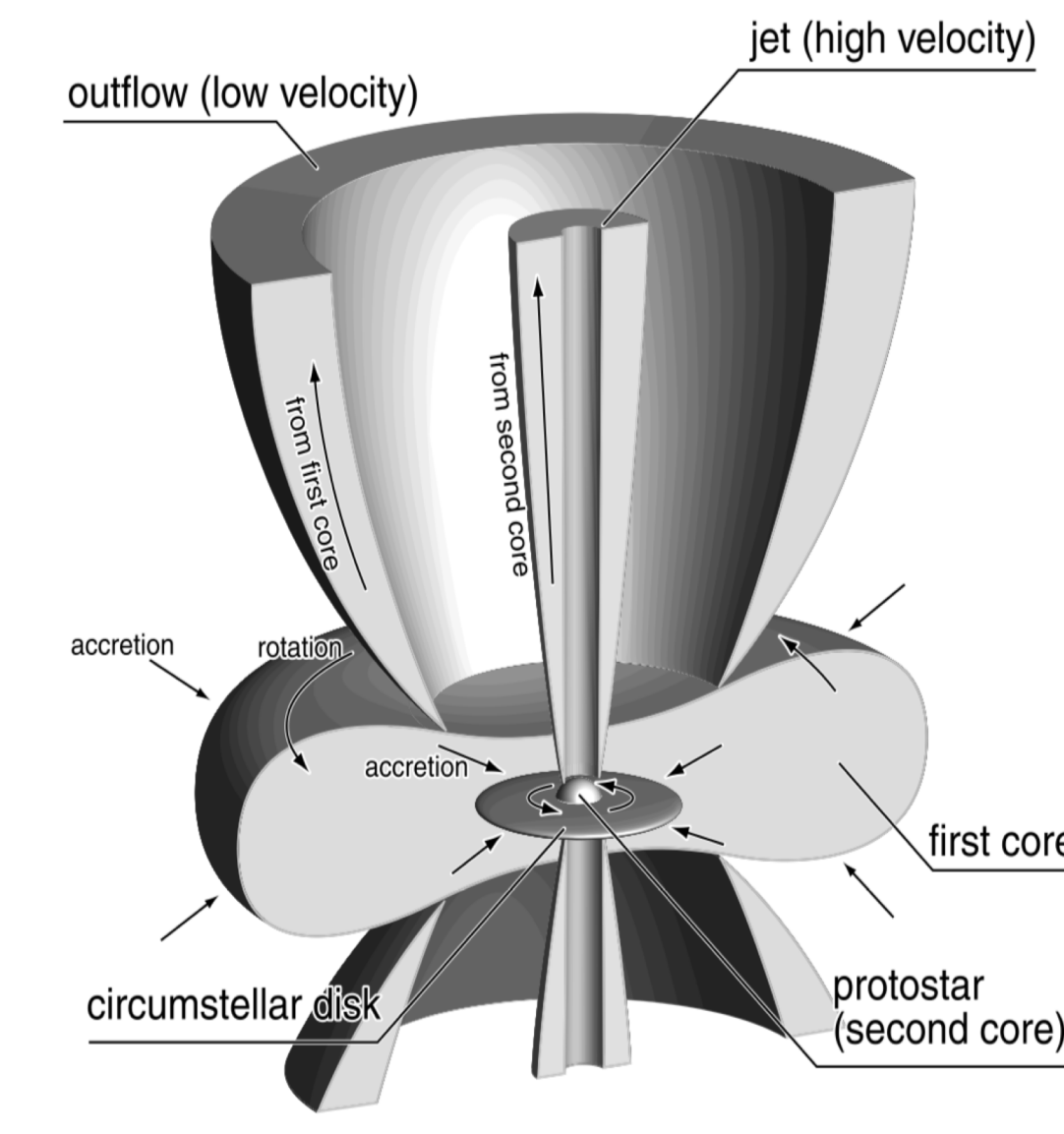
また一方で、“単独星の”アウトフローやジェットの駆動機構についても研究されてきた(e.g., Tomisaka (2002), Machida et al. (2008))(下図(右))。

### 多様なパラメータを用いた連星形成



【Machida et al. 2008】

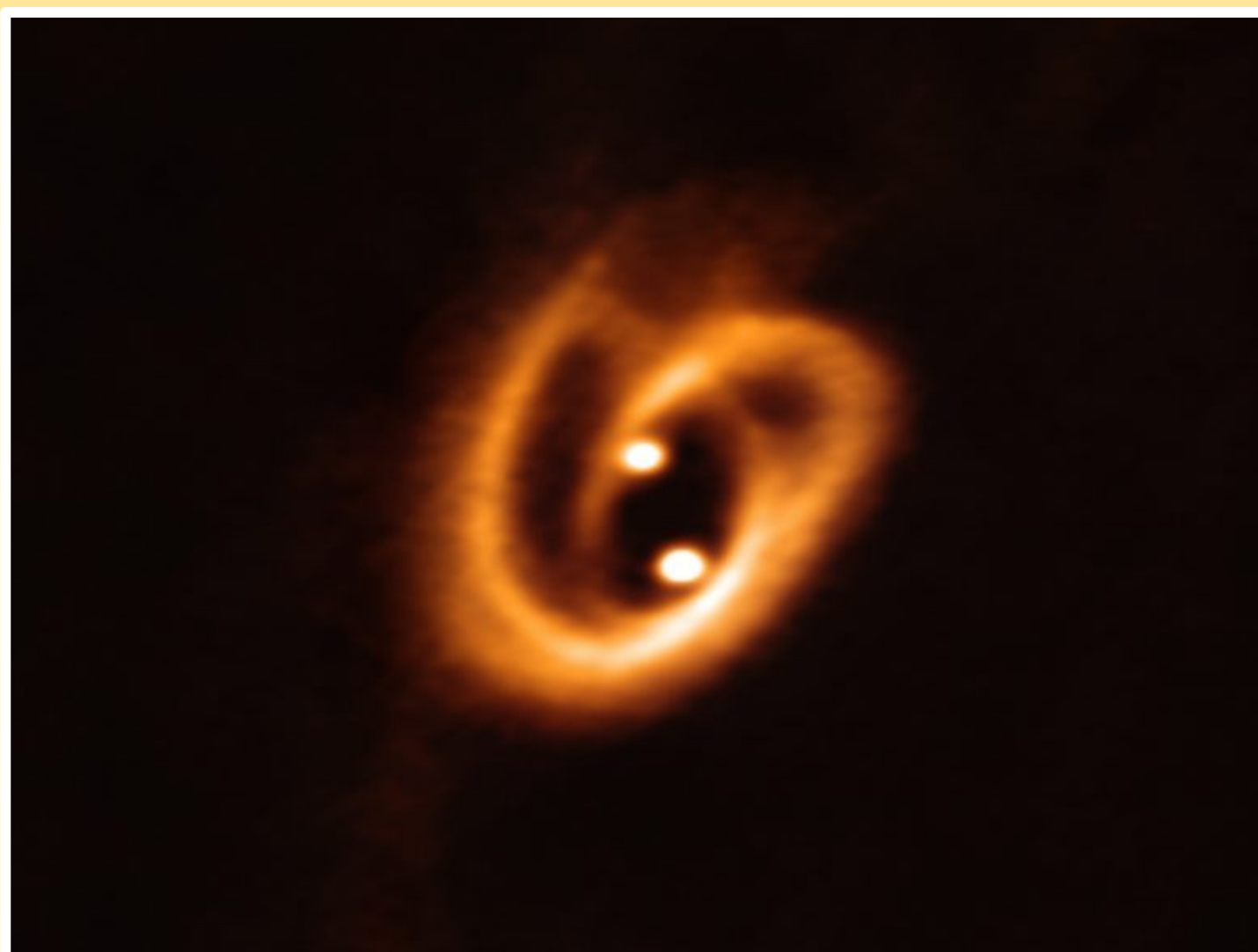
### アウトフロー/ジェットの駆動機構



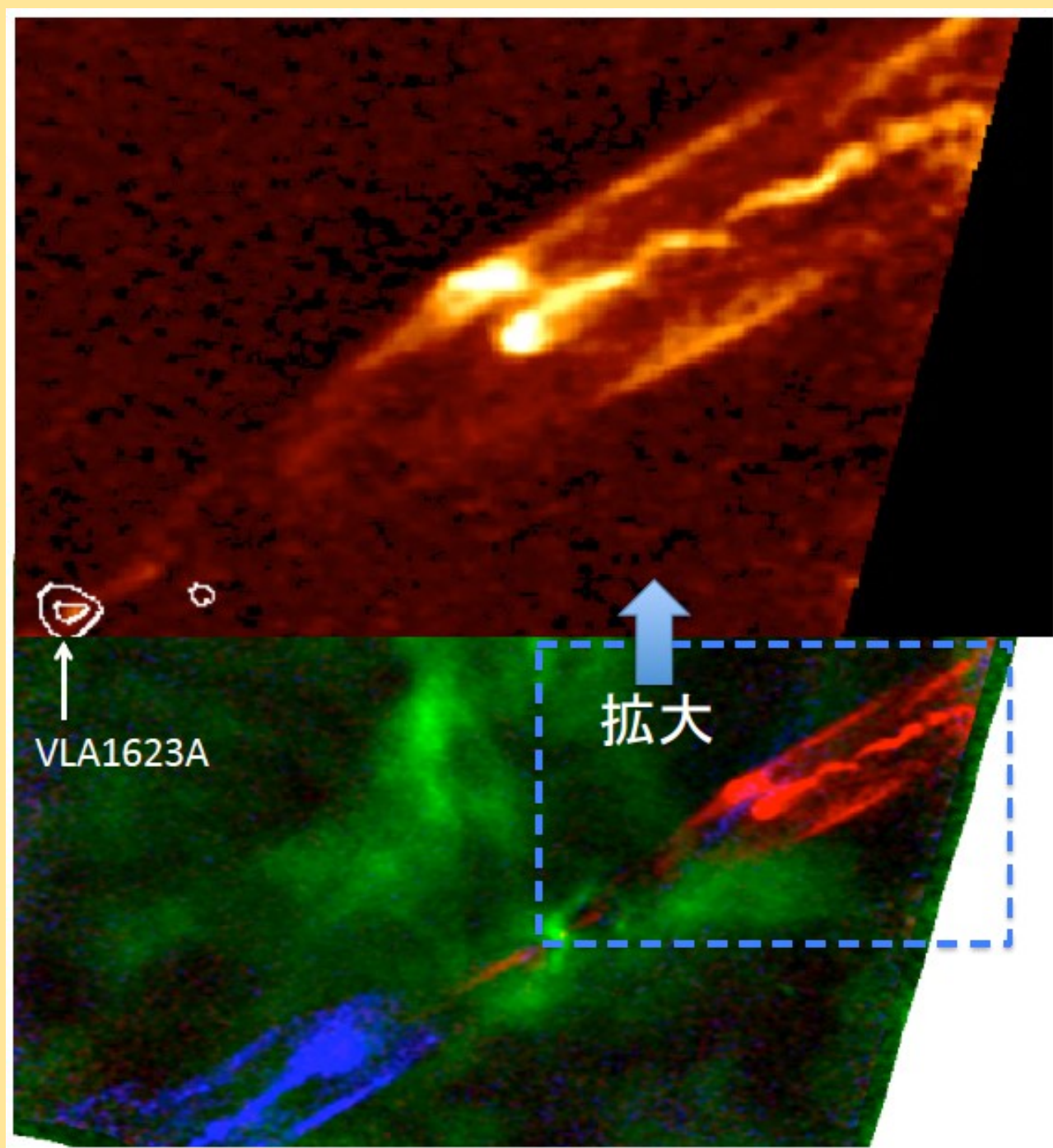
【Machida et al. 2008】

しかし、これまで“連星からの”アウトフローやジェットの駆動についてはほとんど研究が行われていなかった。

→近年、ALMAなどにより連星の検出および連星や周連星円盤からジェットやアウトフローが駆動している様子が観測され始めた！！



【Credit:ALMA(ESO/NAOJ/NRAO)Alves et al.】



【Credit:ALMA(ESO/NAOJ/NRAO), Kawabe et al.】

連星からアウトフローやジェットが駆動している様子を数値計算で再現したい！！

## Method

- 3D non-ideal MHD Nested Grid
- Grid size : (l, j, k) = (128, 128, 128)
- 分子雲コア→second collapse以降まで(できるだけ長く)計算

### Basic Equation

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

$$\rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \rho (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} = -\nabla P - \frac{1}{4\pi} \mathbf{B} \times (\nabla \times \mathbf{B}) - \rho \nabla \phi$$

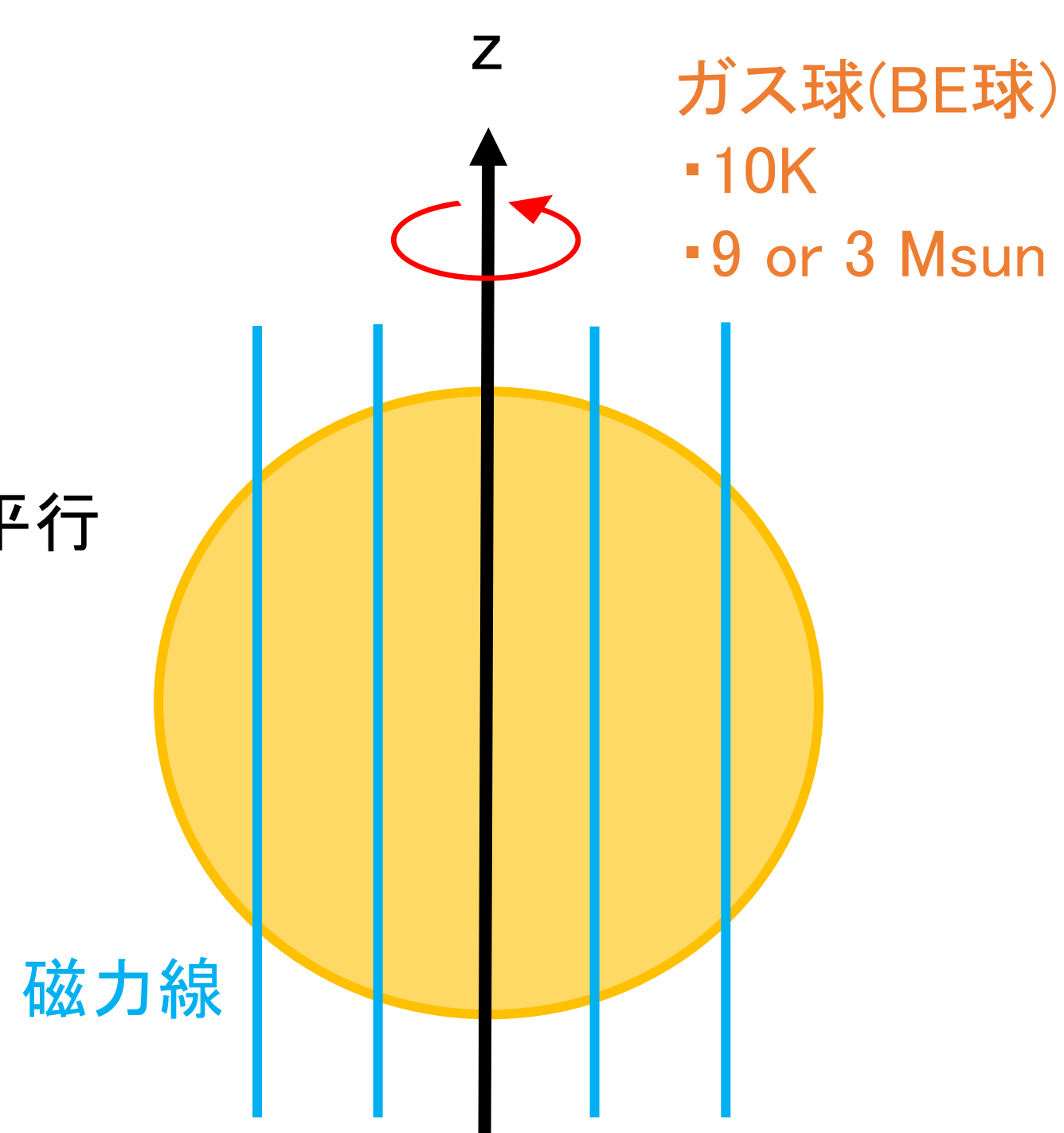
$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) + \eta \nabla^2 \mathbf{B}$$

$$\nabla^2 \phi = 4\pi G \rho$$

$$P = P(\rho)$$

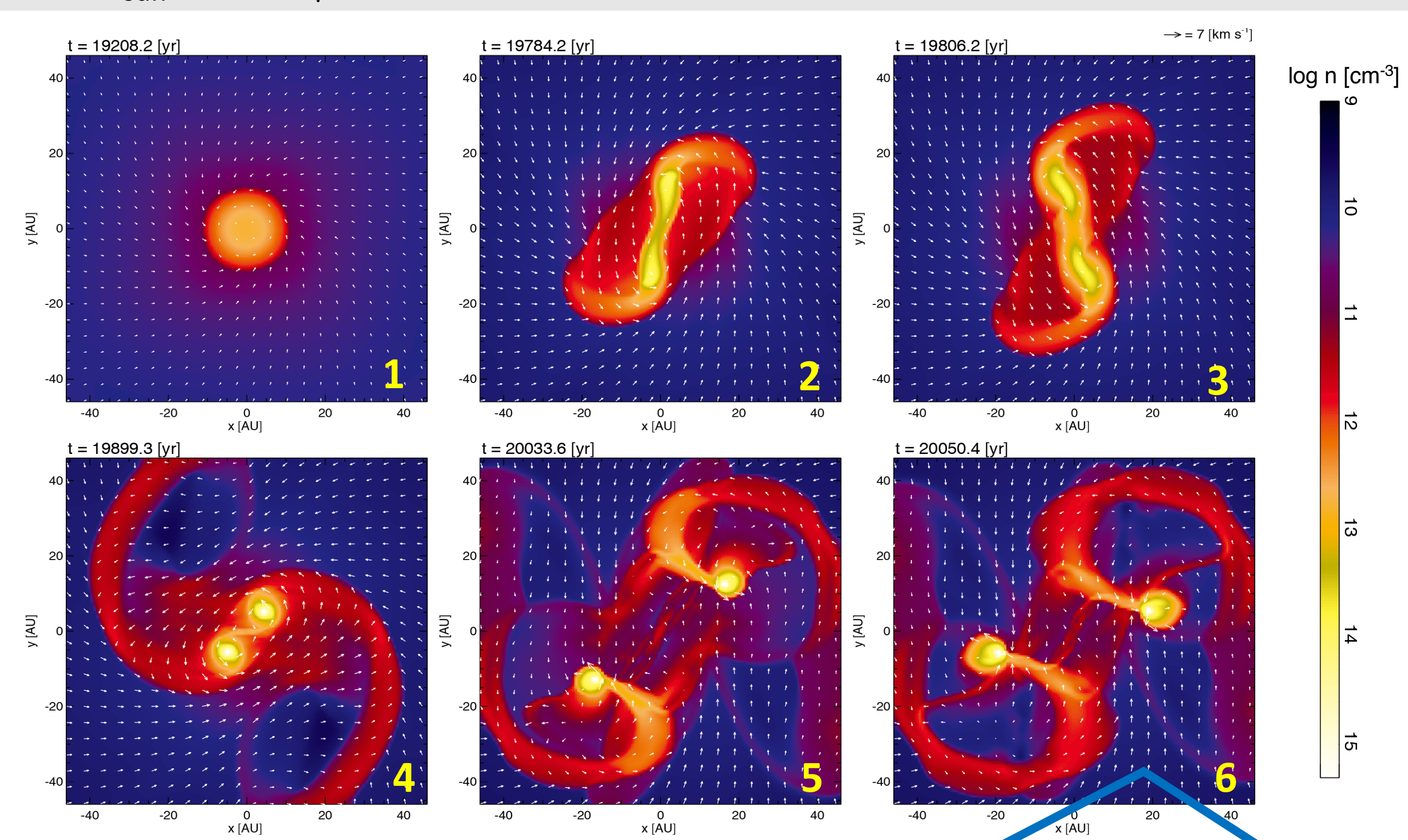
### Initial Condition

- Critical Bonnor-Ebert Sphere
- 磁力線の傾き: 大局磁場と回転軸が平行
- 温度: 10K
- ガス球の質量: 9 or 3 Msun
- $\alpha = 0.1$  (ガス圧/重力)
- $\beta = 0.04$  (回転力/重力)
- $\mu = 1$  or 5 (mass to flux ratio)
- $A_\Phi: 0.01 \sim 0.1$  (密度揺らぎ)

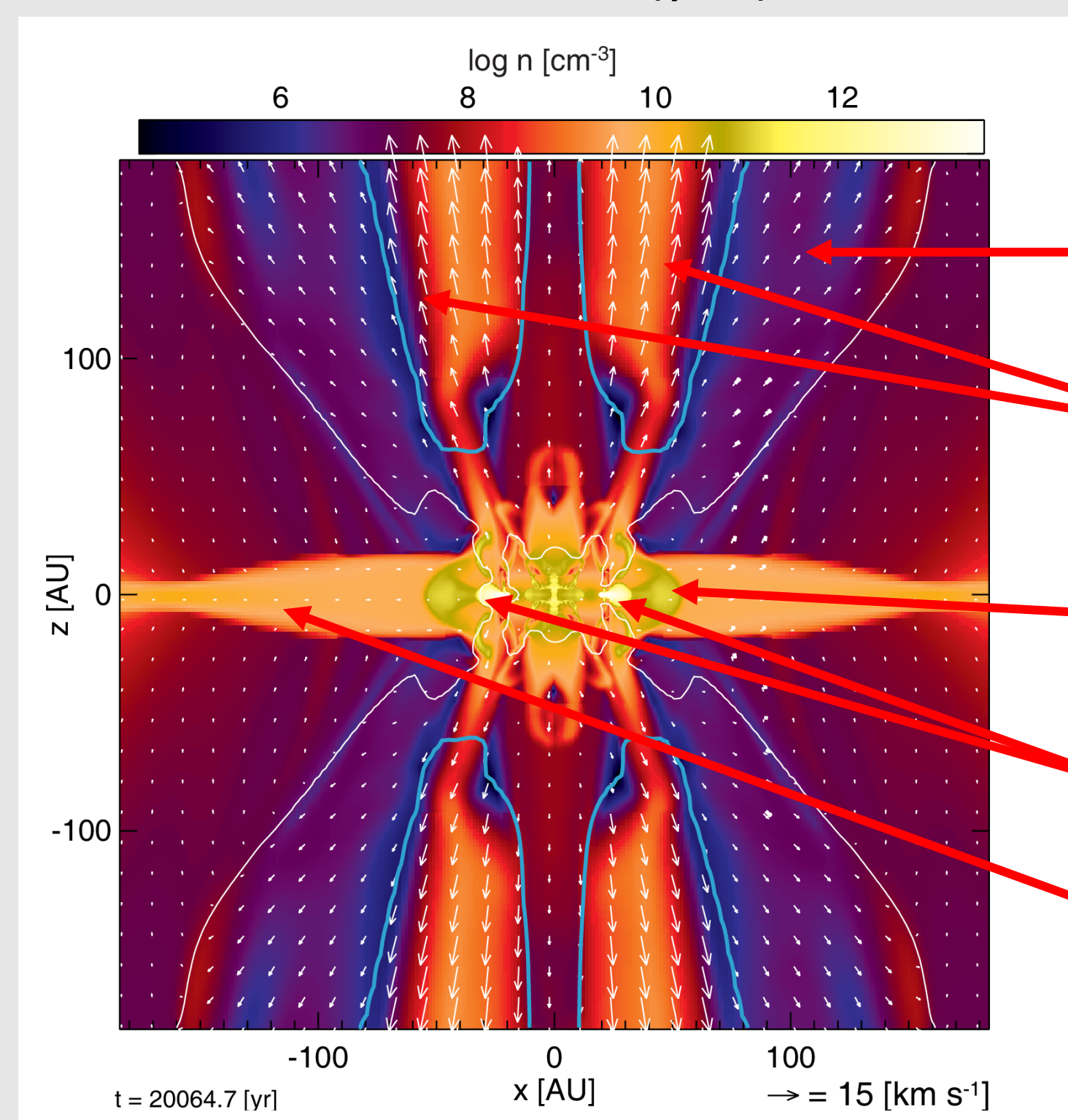


## Result

【M=9M<sub>sun</sub>, μ=1, A<sub>Φ</sub>=0.1連星の時間進化の様子(z=0のxz平面)】

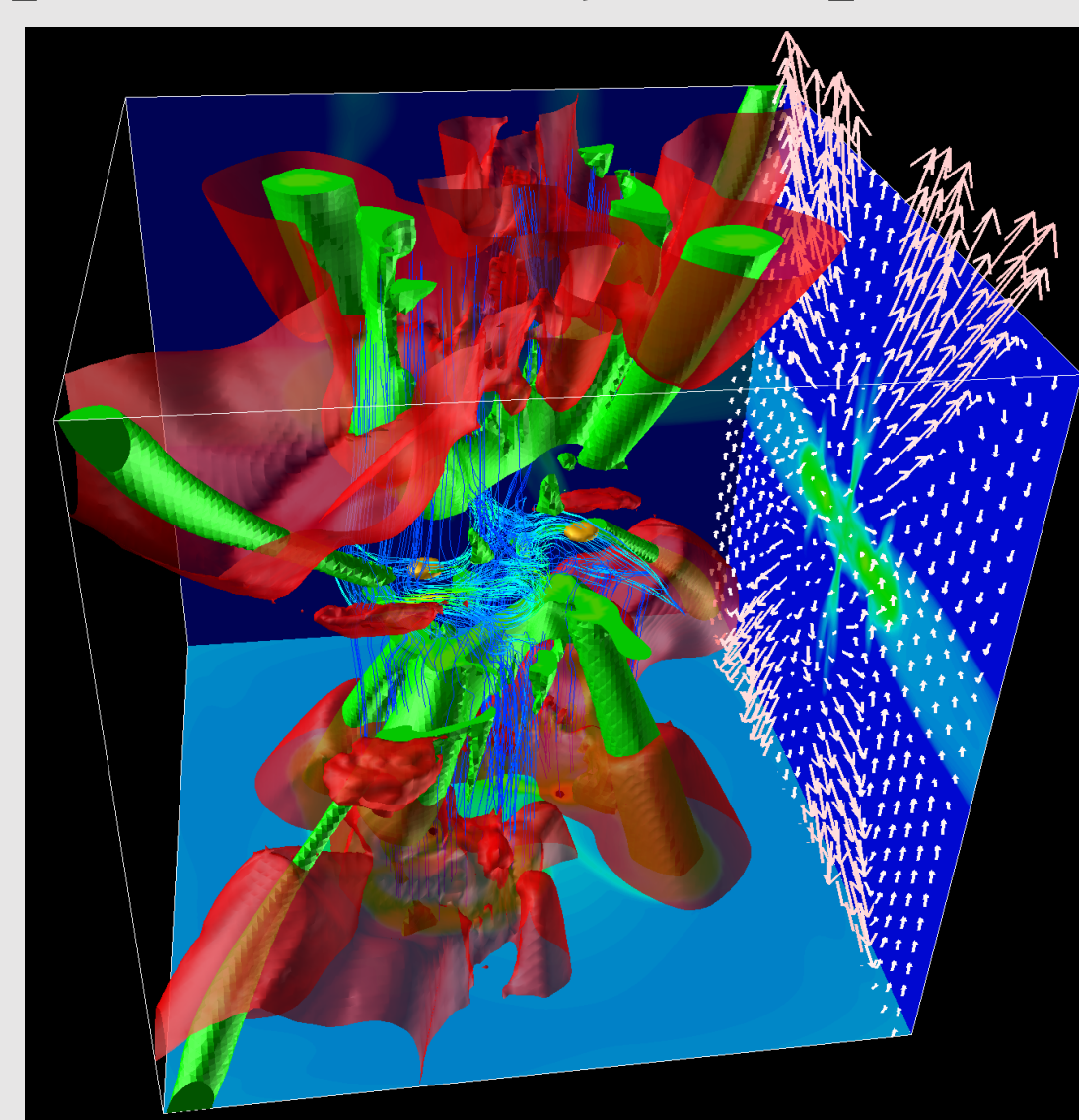


【パネル6におけるxz平面(y=0)の様子】



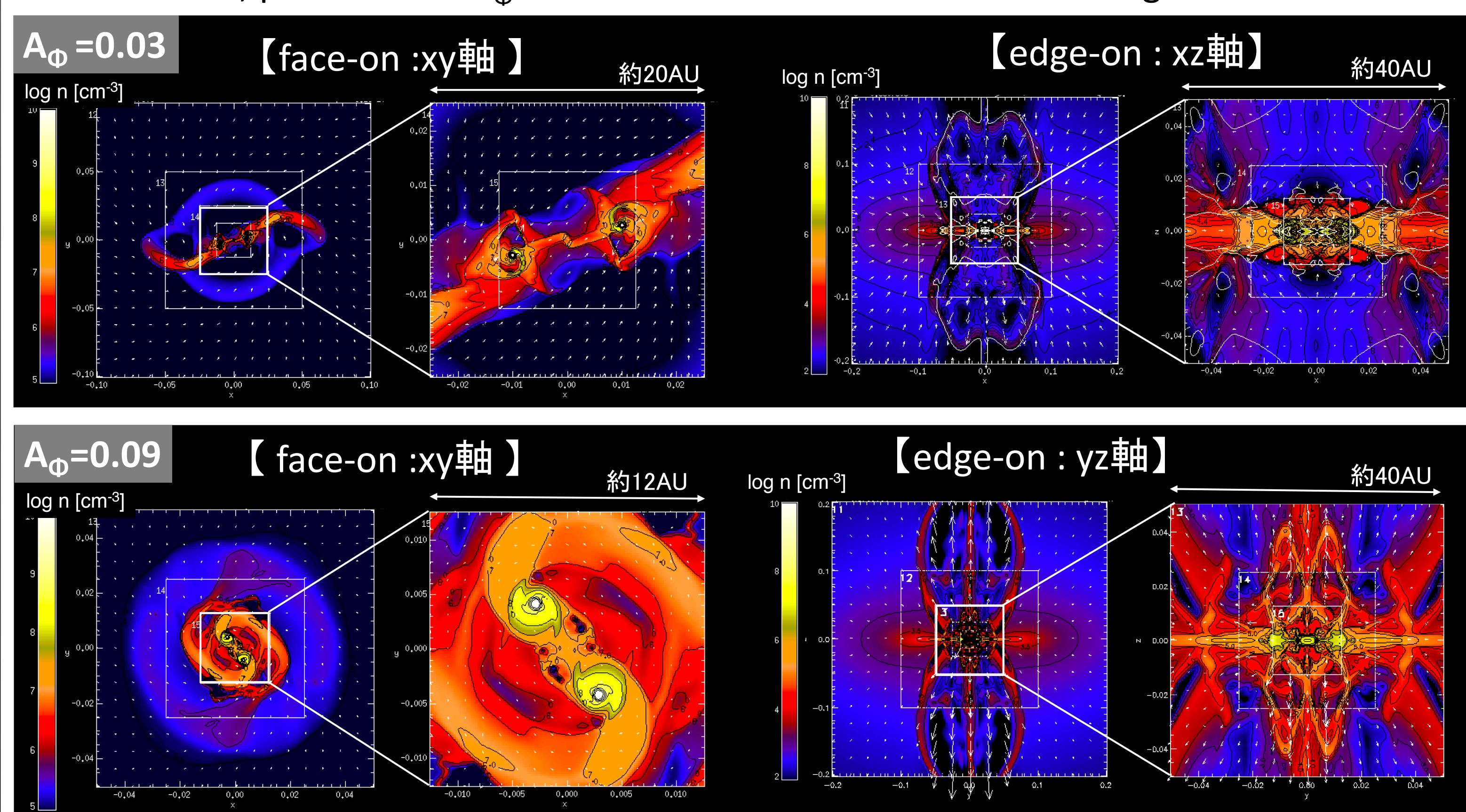
- 低速アウトフロー or 周連星円盤からのアウトフロー
- 高速ジェット、各々の連星からのジェット
- 周連星円盤
- 原始連星+星周円盤
- 擬似円盤(Pseudo disk)

【パネル6を3Dで見た図】



- 赤: アウトフロー(約10km/s)
- 緑: ジェット(約20km/s)
- 青: 磁力線
- 黄: 連星

【M=3Msun, μ=5におけるA<sub>Φ</sub>=0.03および0.07の連星のface-onとedge-onの図】



## Conclusion & Discussion

- ✓ non-ideal MHDで分子雲コアからsecond collapse以降まで計算した(sink粒子なし) → 原始星連星からアウトフローとジェットが駆動する様子を再現できた！！
- ✓ ジェットの finger-like structure は連星の軌道運動が関係している？

## Future Work

- ・軌道進化の解析を行い、アウトフロー/ジェットの構造の詳細を明らかにする
- ・大局磁場と回転軸が揃っていない場合についても調べる