

第4章 演習課題

4.4 ジェット伝播

4.4.1 理想磁気流体方程式

以下に今回解く理想磁気流体方程式を挙げる。上からそれぞれ密度の連続の式、運動量保存の式、誘導方程式、エネルギー保存の式を表す。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0 \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial (\rho \mathbf{v})}{\partial t} + \nabla \cdot \left(\rho \mathbf{v} \otimes \mathbf{v} + p + \frac{B^2}{8\pi} - \frac{\mathbf{B} \otimes \mathbf{B}}{4\pi} \right) = 0 \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial e}{\partial t} + \nabla \cdot \left\{ \left(e + p + \frac{B^2}{8\pi} \right) \mathbf{v} - \frac{(\mathbf{B} \cdot \mathbf{v}) \mathbf{B}}{4\pi} \right\} = 0 \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (4.4)$$

$$e = \frac{p}{\gamma - 1} + \frac{\rho v^2}{2} + \frac{B^2}{8\pi} \quad (4.5)$$

ここで、 ρ 、 $\mathbf{v}$ 、 $\mathbf{B}$ 、 e はそれぞれ密度、速度、磁場、エネルギー密度を表す。計算コードは近似リーマン解法的一种である HLLD 法に基づく2次元円筒座標系の磁気流体コードを用いている。

4.4.2 計算モデル

図 4.1 は計算モデルの模式図である。 $\rho = 1, p = 1/\gamma$ の一様なガス中に半径 1 の超音速ジェットを注入している。ジェットは $\rho = 0.1, p = 1/\gamma$ の低密度ジェットを仮定している。

図 4.2 は計算結果の密度分布である。ジェットの前方には弧状の衝撃波 (バウショック) やジェットを包み込むバックフロー (コクーン) などの構造が見られる。

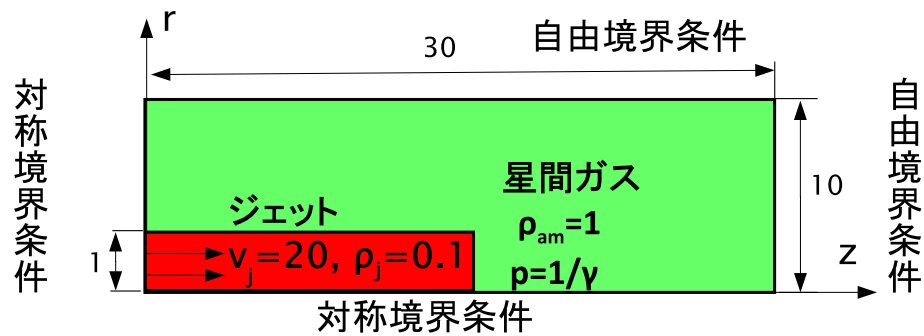


図 4.1: 2次元シミュレーションモデルの模式図。

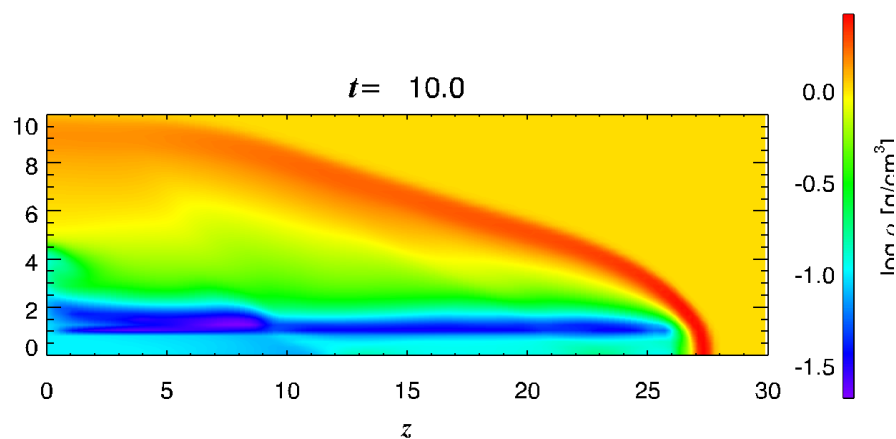


図 4.2: 2次元シミュレーション結果の一例。カラーは温度分布を表す。

4.4.3 課題

- model_jetprop.f90 内のジェットのパラメータ (速度、密度等) を変更し、構造の変化を調べる
- 初期状態を変更し、ジェットの前方に高密度な平板状のガスを配置し、ジェットが高密度なガスを突き抜ける様子を調べる
- 高密度なガスの密度分布をさまざまに変え、モデル間の構造変化などを比較する