

宇宙磁気流体・プラズマシミュレーションサマースクール(8/6-8/10)

MHDグループ 太陽活動班

テーマ：光球-コロナへの波の伝播

- cans2d/md_mhdwave/ を使用
- fast mode と slow mode の伝播
- 重力の有無で、波の振幅の変化を比較
(図までは出せてません)

MHD 方程式

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho V_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho V_y) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho V_x) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho V_x^2 + p + \frac{B^2}{8\pi} - \frac{|B_x^2|}{4\pi} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho V_x V_y - \frac{B_x B_y}{4\pi} \right) = \rho g_x$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho V_y) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho V_x V_y - \frac{B_x B_y}{4\pi} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho V_y^2 + p + \frac{B^2}{8\pi} - \frac{B_y^2}{4\pi} \right) = \rho g_y$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(B_x) + \frac{\partial}{\partial y}(E_z) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(B_y) - \frac{\partial}{\partial x}(E_z) = 0$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{p}{\gamma - 1} + \frac{1}{2} \rho V^2 + \frac{B^2}{8\pi} \right) &+ \frac{\partial}{\partial x} \left(\left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} p + \frac{1}{2} \rho V^2 \right) V_x - \frac{B_y E_z}{4\pi} \right) \\ &+ \frac{\partial}{\partial y} \left(\left(\frac{\gamma}{\gamma - 1} p + \frac{1}{2} \rho V^2 \right) V_y + \frac{B_x E_z}{4\pi} \right) = \rho g_x V_x + \rho g_y V_y \end{aligned}$$

$$E_z = -V_x B_y + V_y B_x$$

$$p = \frac{k_B}{m} \rho T$$

$$B^2 = B_x^2 + B_y^2, \quad V^2 = V_x^2 + V_y^2$$

スキーム: Lax - Wendroff

パラメータ

スケールハイトHz $\rightarrow 0.1$

音速 $C_s \rightarrow 1$ (等温とする)

原点のプラズマ $\beta \rightarrow 1$ or 5

磁場

$$B_x(x, y) = B_0(f - 1) \sin(kx) \exp(-ky)$$

$$B_y(x, y) = B_0[(1 - f) \cos(kx) \exp(-ky) + f]$$

擾乱を底の境界に与えた

$$v_y(x, y) = A \sin\left(2\pi \frac{t}{T}\right) \exp\left(-\left(\frac{x}{\delta x}\right)^2\right)$$

$$A = 3 \times 10^{-2} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right)\right),$$

$$T = 1.2 \times 10^{-1}, \delta x = 5 \times 10^{-2}$$

重力なし、垂直磁場

fast mode: 磁気圧(P_m)とガス圧(P)が同位相
slow mode: 磁気圧(P_m)とガス圧(P)が逆位相

重力なし、斜め磁場

Slow mode は磁場の方向に伝播する

重力あり、垂直磁場

波の振幅が増幅

重力あり、光球-彩層間を模した磁場

$j = \nabla \times B = 0$ を満たすような磁場の配置

波の振幅の比較

重力なし&磁場なし、重力あり&磁場なし

重力を入れた場合は、波の振幅が増大することを確認できた
(けど図までは出せてません)









