

Q46a 磁気乱流の減衰による乱流スペクトルの時間変化

杉本 香菜子 (名大理、千葉大自然)、花輪 知幸 (千葉大先進)、福田 尚也 (岡山理大)

星形成の場である分子雲の内部は、超音速の磁気乱流状態である。この乱流は力学的な時間尺度で減衰するが、その際に典型波数やスペクトルも変化するはずである。この変化を調べるために、磁気乱流の3次元MHDシミュレーションを行い、乱流速度場 v_{turb} を圧縮性成分 v_c と非圧縮性成分 v_s とに分解して ($v_{\text{turb}} = v_c + v_s$, $\nabla \times v_c = 0$, $\nabla \cdot v_s = 0$) それぞれのスペクトル進化を求めた。

シミュレーションでは、密度変化の緩やかな分子雲を想定して、密度と磁場が一様な領域 (プラズマ $\beta = 1$) に非圧縮性の速度ゆらぎ v_s を加えた。速度ゆらぎは波数幅 $k_{\text{min}} \leq k \leq 2k_{\text{min}}$ ($k_{\text{min}}/k_J = 1/3, 2/3, 1, 2, 3$, ここで k_J はジーンズ波数) の範囲で、振幅をトップ・ハットで与えた。シミュレーションでは初期の速度ゆらぎを $\langle v_{\text{turb}}^2 \rangle / c_s^2 = 10, 25$ とした (c_s は音速)。初期に非圧縮性の速度ゆらぎ v_s から磁場のゆらぎを介して、密度ゆらぎや圧縮性の速度ゆらぎ v_c が生成する。非圧縮性成分のスペクトルは非線形相互作用によって初期の波数幅に対して大小の $1 \leq k_i(L/2\pi) \leq N/2$ の領域に両側に広がる ($i = x, y, z$, L : 計算空間の一辺、 N : 計算格子数)。それに伴い圧縮性成分も同様の波数幅に広がって現われる。このとき、スペクトルのピークは v_c の方が v_s に比べて大きな波数を持つが、時間と共に v_c の波数はより急激に減少する。初期に $\langle v_{\text{turb}}^2 \rangle / c_s^2 = 10$ のモデルでは、初期の乱流の波数域によらず、乱流の典型的な波数 $\langle k \rangle$ は v_c, v_s とも $\approx 3k_J$ に収束する。典型波数は、一旦増加した後減少に転ずる。減少に転ずるまでの時間は、初期波数が小さいモデルほど遅い。典型波数の減少は、圧縮性成分の方が早い。Mac Low (1999, ApJ, 524, 169) の次元解析によると、典型波数の時間変化は $k \propto v_{\text{turb}} \propto t^{-1/2}$ であると予想できるが、本研究では圧縮性成分、非圧縮性成分ともより緩やかに減少した。