

## 磁気乱流をともなう分子雲コアから原始星形成にいたる数値シミュレーション

松本倫明 (法政大学人間環境学部)

利用カテゴリ XT4B

### 1 陰解法を用いたオーム散逸の数値解法の開発

星間磁場は、重力エネルギーと同程度のエネルギーを持つので、星形成の初期段階において星間磁場は重要な役割を担う。また、分子雲コアの重力収縮が進んで高密度になると、オーム散逸により磁場が散逸する。磁場の散逸の時間スケールは密度の増加とともに短くなり、ファーストコアが形成する密度では自由落下時間よりも短くなる。したがって、ファーストコアの形成以降の進化を考えると、磁場の散逸過程を正しく取り扱うことは重要である。

従来、オーム散逸を陽解法で解くことが多く、方程式が放物型のため時間ステップが極端に短くなり、多くの計算時間を浪費していた。そこで、この問題を解決するため、本研究では、オーム散逸を陰解法で解く数値計算法を開発した。

オーム散逸の陰解法では AMR マルチグリッド法を採用した。Crank-Nicolson 法によって時間 2 次精度に、中心差分によって空間 2 次精度を達成した (図 1)。本スキームを自己重力 MHD-AMR コード Sfumato に実装した。

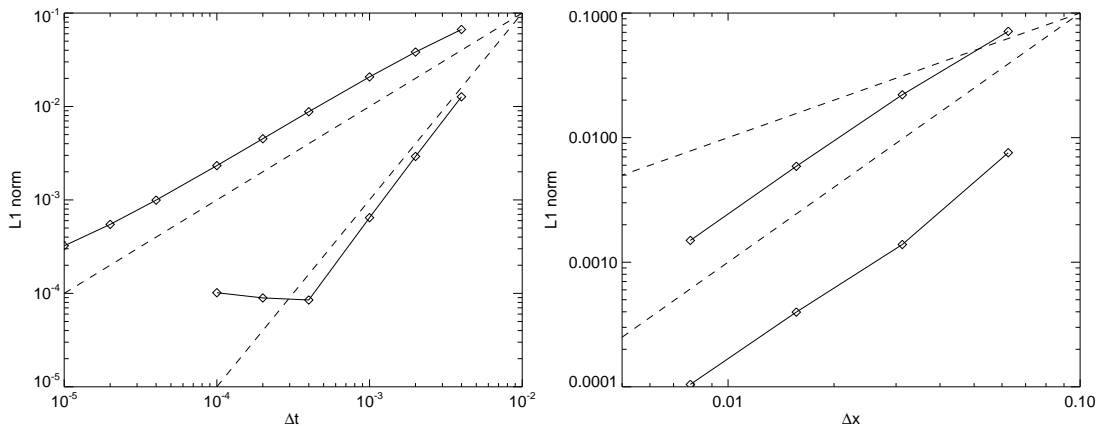


図 1: 磁場の散逸スキームの精度評価。初期に磁場が  $B_z = \sin(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r})$ ,  $\mathbf{k} = 2\pi(1, 2, 0)^T$  の分布を持つときの、磁場の誤差の  $L_1$  ノルムを測定した。(左図) 時間刻み  $\Delta t$  に対する誤差の  $L_1$  ノルム。パラメータによって時間 2 次精度と時間 1 次精度を選択できる。(右図) セル幅  $\Delta x$  に対する誤差の  $L_1$  ノルム。時間精度によらず空間 2 次精度を達成する。

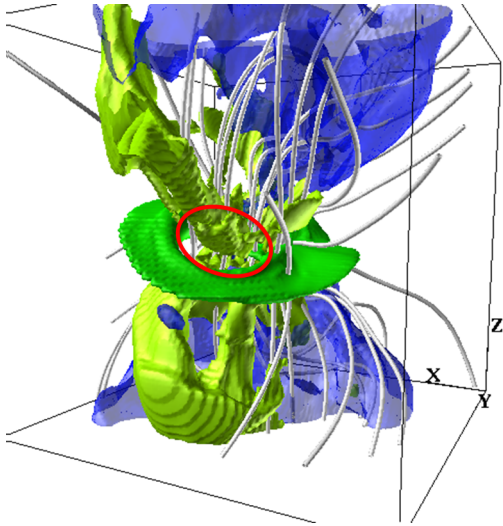


図 2: オーム散逸を考慮したファーストコア形成の様子。中心領域  $(200 \text{ AU})^3$  を示す。緑の等値面は密度を、青い等値面はアウトフローを、黄緑の等値面は磁場が強い領域を示す。チューブは磁力線である。ファーストコアにあいた穴を赤い楕円で示す。

## 2 オーム散逸を考慮した磁気乱流分子雲コアの重力収縮

オーム散逸を考慮して磁気乱流状態にある分子雲コアの重力収縮を研究した。また Sink 粒子によってセカンドコアをモデル化した。計算では自己重力 MHD-AMR コード Sfumato を用い、ファーストコア形成の 1,000 年後までの進化を追跡した。

ファーストコア形成以前はオーム散逸を考慮しない場合 (理想 MHD) とほぼ同じ進化をする。一方、ファーストコアが形成した後はその進化は定性的に異なる。図 2 に示すように、円盤状のファーストコアに穴があき、穴の領域には強い磁場が溜まった。

穴の形成はつぎのように理解できる。質量降着とともにファーストコアの中心部は密度が上昇し、セカンドコア (シンク粒子) にガスが降着する。その際、オーム散逸の効果によって磁場の凍結が解かれ、磁場は取り残された磁束がファーストコアに溜まる。この磁束がガスを押しつけてファーストコアに穴を作る。

このような減少は球対称のもとでは Magnetic wall として、その存在が予言されていた。今回の 3 次元計算では、磁場は壁ではなく、筒状に集まることがわかった。