

Nested Grid を用いた高解像度数値シミュレーション

松本倫明 (法政大人間環境) ytm07a

1 はじめに — プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、nested grid 法を用いた数値シミュレーションによる 3 課題と、解適合格子 (AMR) を用いた新しい数値シミュレーションコードの開発を行った。

Nested grid を用いた数値シミュレーションでは、(1) 分子雲コアの重力収縮と連星系形成、(2) 分子雲コアの重力収縮とアウトフローの形成、(3) 銀河団ガスの冷却と粘性加熱の 3 つの課題を行った。それぞれの成果を以下に述べる。

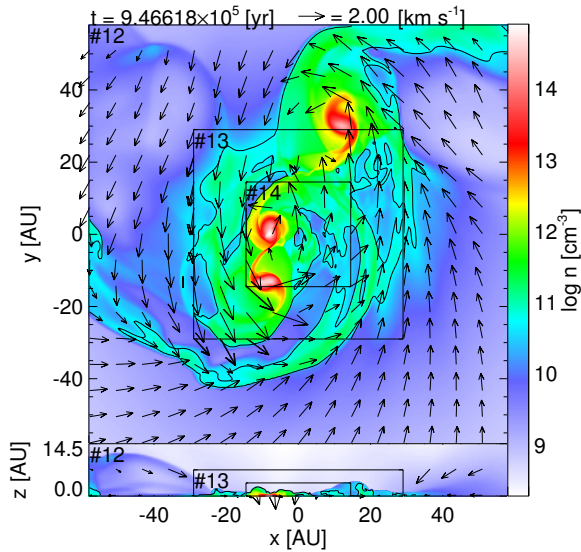


図 1: 衛星型分裂によって形成した原始連星。分子雲コアの中心部に第 1 コアが形成し、周囲の星周円盤が分裂する。

2 分子雲コアの重力収縮と連星系形成

図 1 に分子雲コアの中心部で原始連星が形成したモデルを示す。このモデルは衛星型分裂をする典型的な計算結果である。観測によって示唆されるような平衡状態に近い分子雲コアは、最初の星のコア (第 1 コア) が形成するまで重力収縮中には分裂しない。形成直後の最初の星のコアは、中心天体と回転ガス円盤から構成される。回転ガス円盤は重力的に不安定であり、いくつかの分裂片に分裂する。分裂片 ($\approx 0.01 M_{\odot}$) は、

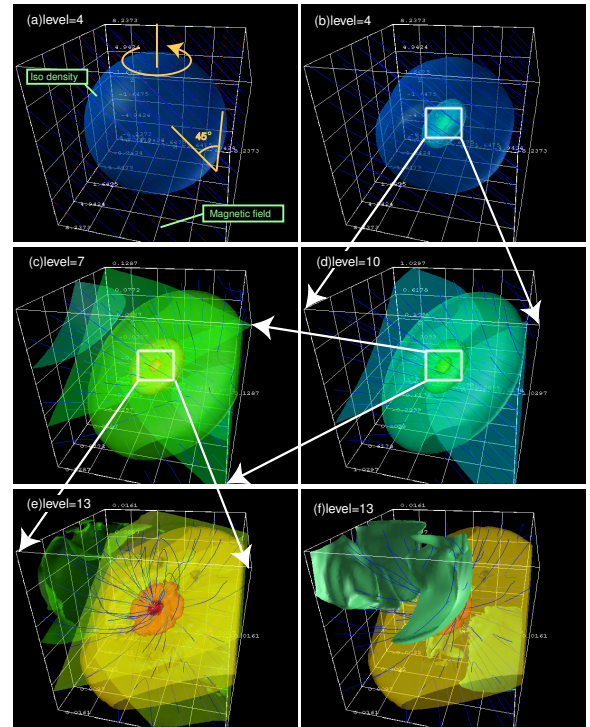


図 2: 初期の磁場が回転軸に対して 45° 傾いている場合の分子雲コアの重力収縮と双極分子流の形成の様子。初期の磁場の強度は約 $20 \mu\text{G}$ 、回転の速さは $\beta_0 = 0.02$ 。

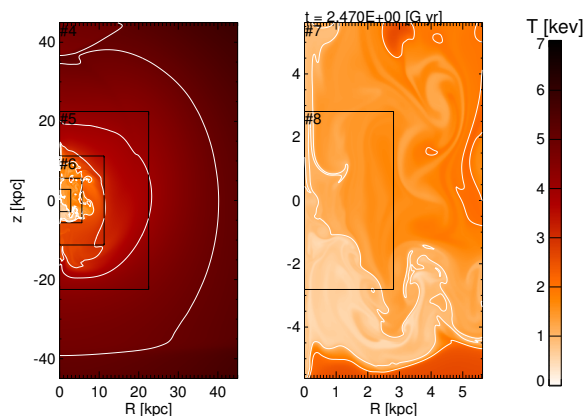


図 3: 津波によって乱流状態になった銀河団ガス。右図は左図の中心部の拡大図である。色は温度 (keV) を示している。

中心天体 ($\simeq 0.01 M_{\odot}$) のまわりをまわりながら、合体したり、新たに形成されたりする。結果は論文に掲載された (ApJ, 595, 913)。

共同研究者：花輪知幸（千葉大）

3 分子雲コアの重力収縮とアウトフローの形成

この研究では、分子雲コアの回転軸と星間磁場が初期に平行でない場合について、アウトフロー、中心天体、星周円盤の形成について調べた。図 2 は初期に回転軸と星間磁場の角度が 45° の場合のアウトフロー形成の様子を示す。分子雲コアの自己重力収縮によって回転が微分回転し、微分回転によって星間磁場が曲げられる一方、磁気トルクによって星間磁場に垂直な角運動量が選択的に分子雲コアの外側へ輸送される。その結果、星の周辺の磁場と回転軸は星周円盤に垂直になる。結果の一部は論文に受理された (Computer Physics Communications journal, 2004)。

共同研究者：富阪幸治（国立天文台）

4 銀河団ガスの冷却と粘性加熱

銀河団の中心部のガスを温度 1 keV 程度に保つメカニズムとして、「津波」（銀河団の外側から伝播する音波）によって、中心部を加熱するモデルが提唱されて

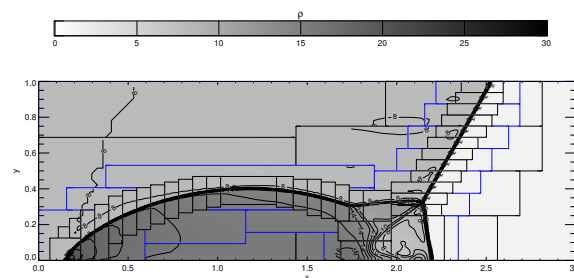


図 4: 解適合格子を用いた Mach reflection 問題。グレースケールは密度を、矩形はサブグリッドの位置を表す。衝撃波を細かい格子でシャープにとらえている。

いる。そこで、我々は数値シミュレーションによってその効果を検証した。図 3 は典型的な計算結果である。津波によって励起される流れは、中心部に Rayleigh-Taylor 不安定を励起し、乱流状態になる。今後は粘性加熱の効果について調べる。

共同研究者：藤田裕、和田圭一（国立天文台）、鈴木建（京都大）

5 解適合格子の開発

Nested Grid 法は、高解像度領域の位置があらかじめ固定されたいた。そこで、高解像度の領域の位置を計算結果にあわせて逐次移動させる計算方法である解適合格子法を用いた計算コードを開発中である。

現在、並列・ベクトル化された解適合格子流体コードが完成している。図 4 は解適合格子を用いて、Mach reflection 問題を解いた結果である。反射した複雑な衝撃波の構造をシャープにとらえている。

今後は、自己重力部分を開発し、連星系形成の研究をはじめ、様々な自己重力ガス雲の問題に適用する。