



## 成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

- Machida, M. N., Inutsuka, S.-i., and Matsumoto, T. (2007) "Magnetic Fields and Rotations of Protostars", ApJ, submitted.
- Machida, M. N., Inutsuka, S.-i., and Matsumoto, T. (2006) "Outflows Driven by Giant Protoplanets", ApJ, 649, L129-L132.
- Machida, M. N., Inutsuka, S.-i., and Matsumoto, T. (2006) "Second Core Formation and High-Speed Jets: Resistive Magnetohydrodynamic Nested Grid Simulations", ApJ, 647, L151-L154.
- Machida, M. N., Omukai, K., Matsumoto, T., and Inutsuka, S.-i. (2006) "The First Jets in the Universe: Protostellar Jets from the First Stars", ApJ, 647, L1-L4.
- Machida, M. N., Matsumoto, T., Hanawa, T., and Tomisaka, K. (2006) "Evolution of Rotating Molecular Cloud Core with Oblique Magnetic Field", ApJ, 645, 1227-1245.

# 3次元 Resistive MHD 多重格子法による 第二コア形成と高速ジェット

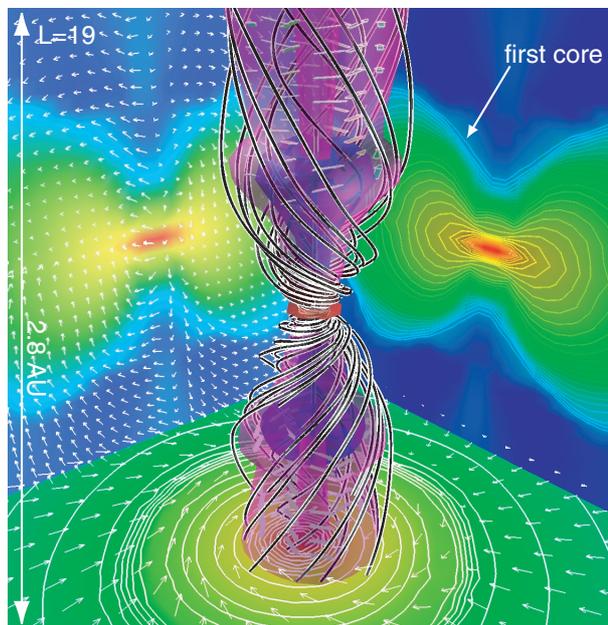
町田正博 (京都大)、松本倫明 (法政大)

## 1 概要

アウトフローとジェットの駆動メカニズムを解明するために、分子雲から原始星が形成するまでの計算を行った。観測から、星形成過程でアウトフローとジェットというタイプの異なるフローが中心部のガスの濃い領域から駆動することが分かっている。しかし、何故このような異なるフローが駆動するのは、ほとんど理解されていない。これらのフローを駆動するドライバーは濃い分子雲ガスに埋もれているために直接観測することが出来ない。このような状況下では、数値シミュレーションが最も効果的である。しかしながら、星形成過程では、ダイナミックレンジが広いために、今まで、直接シミュレーションをすることが出来なかった。我々は、3次元 MHD Nused Grid 法を用いて、初めて、磁場を考慮して星間分子雲から原始星が形成するまでの計算を可能にした。その結果、ガスの収縮中に形成したファーストコアから開口角が広く低速のフローが、また、原始星から非常に良くコリメートした高速のフローがそれぞれ駆動することが分かった。この研究により、我々は、従来の考えられていた「原始星から駆動したジェットにより周りのガスが引きずられてアウトフローが駆動する (entrainment 説)」ではなく、「異なるコアから異なるフローが駆動する」ということを示した。

## 2 モデル

Bonner-Ebert Sphere を仮定して、この球に回転と磁場を与えた。初期の中心の数密度を  $10^4 \text{ cm}^{-3}$  として、温度を 10K と仮定して、磁場の強さと回転の大きさをパラメータとして計算を行った。分子雲コアが崩壊して、中心密度が  $\sim 10^{11} \text{ cm}^{-3}$  に達するとファーストコアが形成する。その後、中心密度が上昇するとオーム拡散により中心で磁場の散逸が起こる (Nakano et al. 2002)。我々はこの効果を計算に取り入れるために、従来使用していた理想流体 MHD コードに新たに拡散項を実装して、磁場の散逸の計算を可能にした。計算は、 $64 \times 64 \times 32$  のグリッドを最大で 30 段用意し、中心密度が増加してジーンズ条件が破れる前に新たにグリッドを生成するようにした。



## 3 結果

計算の結果、 $n \simeq 10^{12} \text{ cm}^{-3}$  でファーストコアが、 $n \simeq 10^{21} \text{ cm}^{-3}$  で原始星が形成した。フローは、ファーストコアと原始星の両方から駆動した (Figure)。ファーストコアからのフロー (アウトフロー) は、開口角が広く低速であるのに対して、原始星からのフロー (ジェット) は開口角が狭く高速だった。解析の結果、この開口角 (コリメーション) の違いは、各々のコアの周りの磁場の強さとその形状に依存することが分かった。ファーストコアの周囲は、磁場が強いために、磁気遠心力風メカニズムによりフローが駆動する。また、トロイダル成分とポロイダル成分がほぼ同等であるために、外側に広がる。他方、原始星の周りでは Ohmic dissipation を経験したために、磁場が弱く、磁気圧風メカニズムによって駆動する。また、ポロイダル成分が優勢であるために、外側に広がることなく、垂直方向に広がった。また、アウトフローとジェットの速度の違いは、各々のコア (ファーストコアと原始星) の重力ポテンシャルの違いに起因することが分かった。

## 参考文献

- [1] T. Nakano, R. Nishi, R. and T. Umebayashi, 2002, ApJ, 573, 199