平成 20 年度国立天文台天文シミュレーションプロジェクト成果報告書

磁気乱流で誘発される連星系形成の研究

松本倫明 (法政大学)

利用カテゴリ　XT4B・ SX9A

研究の概要

本研究は、磁気乱流分子雲コアにおける連星系ならびに多重星系の形成のメカニズムを明らかにする。適合格子細分化 (AMR; Adaptive Mesh Refinement) 法を実装したコード SFUMATO を用いて高解像度のシミュレーションを遂行した。計算機には主に XT4 システムを用いた。一方、SX-9 システムは、共同研究者が利用する nested grid コードのメンテナンス・開発のために用いた。

研究の目的

本研究は、星間磁場によって励起された乱流下で、連星系や多重星系がどのように形成するのかを明らかにする。初期の乱流の強さやスペクトルによって、形成される連星や多重星の性質（連星間距離・質量比・多重度）がどのように決定されるかを明らかにし、連星系と多重星系の性質の起源にせまる。

また、磁場を考慮した適合格子細分化法シミュレーションを行うので、連星系や多重星系から放出されるアウトフローも再現され、アウトフローと分子雲コアの相互作用が再現されることも期待される。さらに、乱流下を伝播するアウトフローを再現することにより、観測と対応可能な状況が再現されると期待される。

一方で、連星系と多重星系の形成では、星間ガスの冷却（輻射）の正確な見積もりも必要になる。さらに、大質量形成領域では、大質量星から放射される紫外線が、星形成領域全体に大きなインパクトを与える。残念ながら我々の AMR コードは輻射流体を実装していないため、輻射冷却を状態方程式に取り込んでモデル化し、紫外線が比較的重要ではない小質量星形成に焦点を当てる。

研究の成果

本年度は Larson 則を持った乱流を、一様磁場 (18.6 μG) に貫かれた分子雲コアに与えた。初期に与える乱流場の平均速度をマッハ数を 0.5 から 5 まで変えて計算を行った。

その結果、マッハ数が 4 以下の場合には、分子雲コアは重力収縮をして、高密度部に原始星（ファーストコア）が形成した（図 1）。形成したファーストコアは円盤状のエンベロープを伴い、ファーストコアの両極からは、磁場と遠心力で駆動されたアウトフローが放出した。

一方、マッハ数が 5 の場合、分子雲コアは重力収縮しなかった。これは、速い乱流場により分子雲コアが重力に対して支えられたと理解できる。

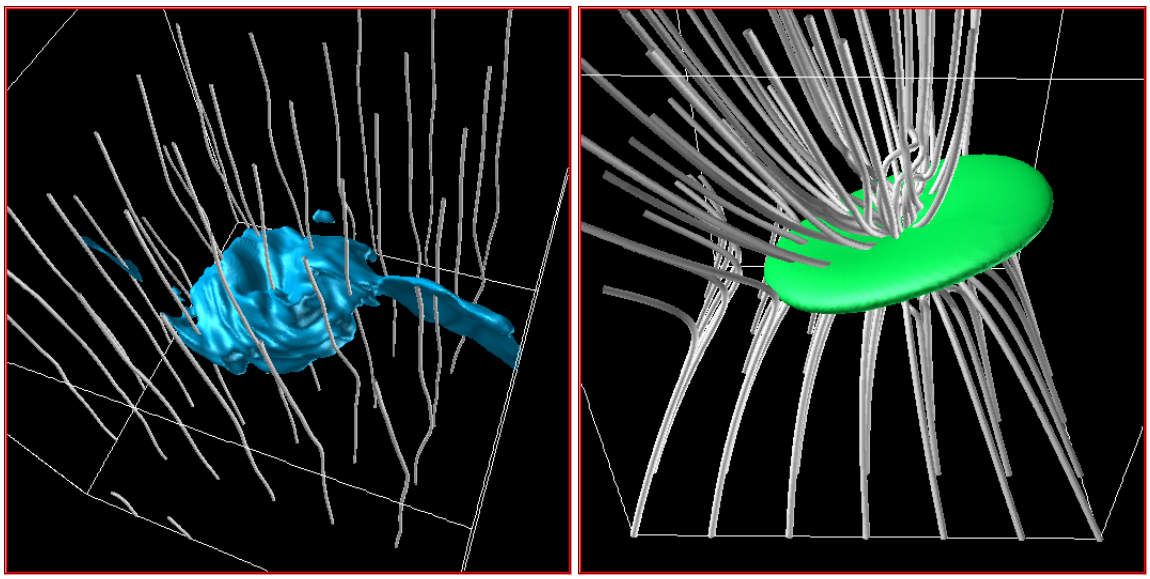

図 1: マッハ数 1 のモデルにおける最終状態。等値面は密度分布を、チューブは磁力線を示す。(左図) ボックスの 1 辺の長さは 0.7 pc である。このスケールでは、分子雲コアは乱流によって激しく乱される。(右図) ボックスの 1 辺の長さは 500 AU で程度である。このスケールでは、高密度部はほぼ軸対象になる。

つぎに、収縮した分子雲コアの分裂の可能性を調べた。分裂には回転が重要な役割を果たす。本もモデルでは、回転は乱流場モデルの中に取り込まれている。つまり、初期に人為的な回転を仮定しなくても、乱流運動が持つ角運動量がファーストコアの回転の源になる。

シミュレーションでは、高密度部にひとつのファーストコアが形成し、ファーストコア形成期には分裂を確認できなかった。また、分裂を診断する Magnetic-spin relation の平面上では、分子雲コアの高密度部は磁場優勢の領域に収束し、分裂の可能性は否定された。磁場を持ったガス雲がファーストコア形成期に分裂するためには、Magnetic-spin relation の平面上で回転優勢の領域に収束する必要があることが報告されている。

さらに、分子雲コアを初期に速く回転するために、初期の乱流を速くしたが、分裂の有無に影響はなかった。マッハ数を 5 まで増やすと、上記の通り、分子雲コアは重力収縮しなかった。

この結果は、現実的な磁場強度を仮定したとき、乱流はファーストコア形成期の分裂を促進できないことを示唆する。