

収縮する磁気雲の分裂とアウトフロー

富阪幸治(国立天文台理論天文学研究系)

ID : nkt47

アウトフロー（分子流や光学ジェットなど）は星形成過程にともなってしばしば観測される現象である。この現象は、回転する星周降着ディスクとそれを貫いている磁場の効果によって加速されて発生すると考えられている。しかし、本現象が星間分子雲コアが収縮し星を形成するプロセスのなかでどのような位置付けを持っているかはいまだ明確ではない。本研究では、ゆっくりと回転している星間分子雲コアが、収縮し星を形成するプロセスを数値計算法で追跡しその過程でアウトフローの発生機構について研究した。

磁場を持ってゆっくりと回転している星間雲コアの重力収縮を中心に星が形成するまで追跡することを目標とした（結果について詳しくは astro-ph/0105527 を参照）

輻射流体力学計算から決定されたリアリスティックな温度－密度関係を（複数のポリトロップで近似し）用いることによって、星間分子雲コアの進化を

(1) 効果的に輻射によりエネルギーが運び去られる等温の密度領域 ($n \approx 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 程度まで)

(2) 断熱的な水素分子コア（第1コアと呼ばれる）が形成される密度領域

(3) 温度が 3000K 程度まで上昇して、水素分子が解離する密度領域

(4) さらに温度が上昇し生成した水素原子のコア（第2コアと呼ばれる）が形成される密度領域

この4つの相を連続して追跡することを行った。これは高い空間分解能を持つ nested-grid 法をもちいて初めて可能になったシミュレーションである。

代表的な進化の図を次頁に掲げた。回転しているが磁場を持たない場合は、磁場によって角運動量が外部に輸送されることがないので、断熱コアが形成された後（2以降の時期）に落下してきた角運動量をもったガスは遠心力と重力が釣り合う位置でリングを形成する（図1）。リングは非軸対称な揺らぎに対して不安定なのでその後分裂すると思われる。次年度以降、3次元計算で行ってこれを明らかにしたいと考えている。

磁場を持っている場合は、同一の磁力線に貫かれているガスどうして角運動量をやりとりすることができる。即ち、円盤の対称面付近のガスは、上方の円盤の表面にあるガスに角運動量を磁場によって輸送することにより遠心力を減少させさらに落下することができる。少量のガスが大きな比角運動量をもって逃げ去れば、大量のガスが角運動量を失い原始星に落下することができる。これは、中心に断熱のコアが形成されそこへ角運動量を持ったガスの降着が始まる（2の時期以降）で起こることに注意したい。

星間雲を貫く磁場の強さが比較的強い場合（図2上）は、上の過程で角運動量を担ったガスが流れ出しU字型の高速なガスの流れを生じる。双極分子流がこれに相当すると考えられる。ここでは、磁場によるトルクで角運動量を得たガスが遠心力で流れ出てゆくプロセスが見られる。回転の効果によってポロイダル (B_z, B_r) 磁場からポロイ

ダル電流 $j_p = (j_z, j_r)$ を生じトロイダル磁場 B_ϕ が形成され、ポロイダル電流 j_p とトロイダル磁場 B_ϕ の間に働く

ローレンツ力がピンチ力として働くことによって、ポロイダル磁場が折り畳まれたような構造が形成される（図2中）。星間雲を貫く磁場の強さが弱い場合（図2下）は、この効果によって、乱流的な構造が形成され、乱れた磁場構造が出現する。その結果生じる平均的な磁気圧勾配でもジェットが加速されることがわかった。これはI型の高速ガスの流れを形成する。

第2コアの密度まで計算を続けることにより、同コアの付近でさらに高速の流出流が発現することが分かった。

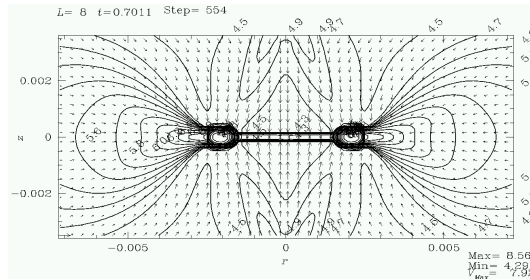
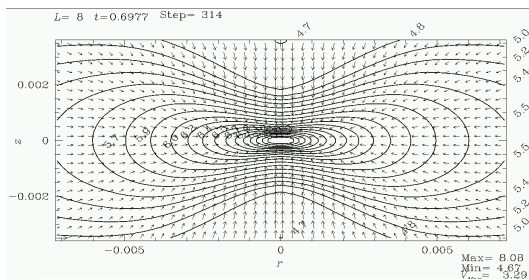
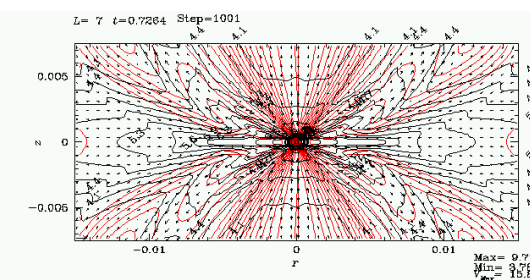
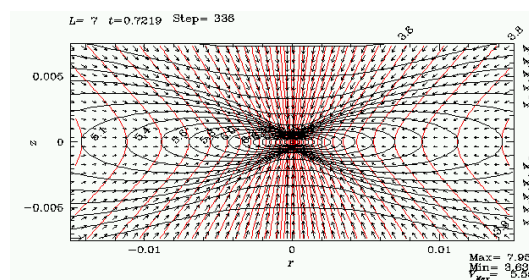
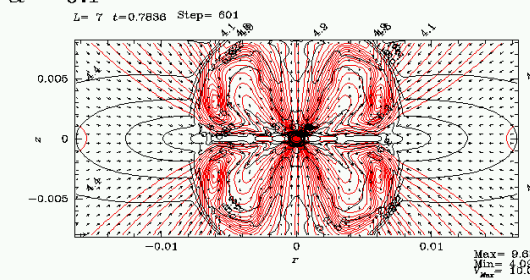
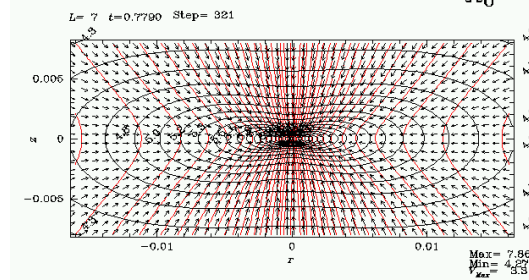


図1：磁場を持たない回転星間雲は、等温の暴走的収縮期では、収縮するディスクを形成するが、中心部でガスが密熱になると、回転するリングが形成される。これは後から落下してくる角運動量を持つガスが回転平衡に達したものである。



$$\Omega_0 = 1 \quad \alpha = 0.1$$



$$\Omega_0 = 1 \quad \alpha = 0.01$$

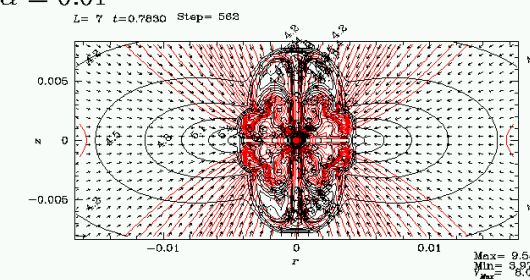
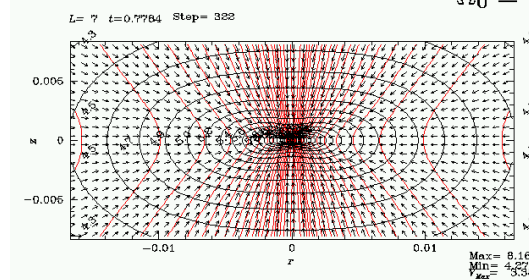


図2：角運動量を一定に保って、磁場の強さのみを変化させたモデルの比較。上は初期の磁気圧とガス圧の比 $\alpha=1$ ，中は0.1、下は0.01の場合。左の列は等温の暴走的収縮期の構造（丸い線は密度の等高線、縦に走っているのが磁力線、矢印が子午面上の速度ベクトルを表す）。右の列はコア形成後8000年後の構造をそれぞれのモデルについて表す。