

原始惑星系円盤と磁場の相互作用による アウトフローについてのシミュレーション

京都大学 宇宙物理学教室 修士1年 石本 大貴

参考文献：M. M. Romanova et al. Mon. Not. R. Astron. Soc. 399, 1802-1828 (2009)

1. 概要

ジェットやアウトフローは若い星(Young Stellar Objects)や白色矮星、中性子星、ブラックホールなどの様々な天体から観測されている。若い星の観測により、高速のジェットと、その周りにある低速のアウトフローの2成分が観測されているが、それらの駆動メカニズムは理論的にはよくわかっていない。

また、星形成の重要問題として角運動量問題がある。原始惑星系円盤の降着により中心星の角運動量は増え、自転速度は速くなるが、観測によると星の進化に従って星の自転速度は遅くなっていく。これを説明するためには、星の角運動量を外に輸送するメカニズムが必要である。

本研究では原始惑星系円盤と中心星磁場を考え、長時間のアウトフロー形成を目的としたシミュレーションを行った。

2. モデルと基礎方程式

本研究では3次元、軸対称のMHD方程式を解いた。

初期条件として原始惑星系円盤と中心星磁場を置いて、中心星が速く回っている場合と遅く回っている場合の2つを考えた。Shakura & Sunyaev (1973)の α モデルを仮定し、粘性係数と磁気拡散係数は定数となるように計算した。

3. 計算結果

物理量を変えて計算した結果、粘性係数と磁気拡散係数が0.03以上、粘性係数が磁気拡散係数以上となるとき、円盤からの降着が続く限りアウトフローとジェットが形成されることがわかった。次に、星の自転速度によるアウトフローの違いについて見る。

図1はポロイダル方向の質量フラックスを表した図で、中心星から放出される物質の速度場をオレンジの矢印で表している。自転速度の速い場合は円盤内側からのアウトフローと中心星の極方向からのジェットとの2成分が形成されている。このとき、アウトフローの速度(~100km/s)とジェットの速度(~200-400km/s)は観測ともよく一致していた。しかし、自転速度の遅い場合はアウトフローは形成されるが、ジェットは極方向に加速せず、アウトフローと合流してしまっ

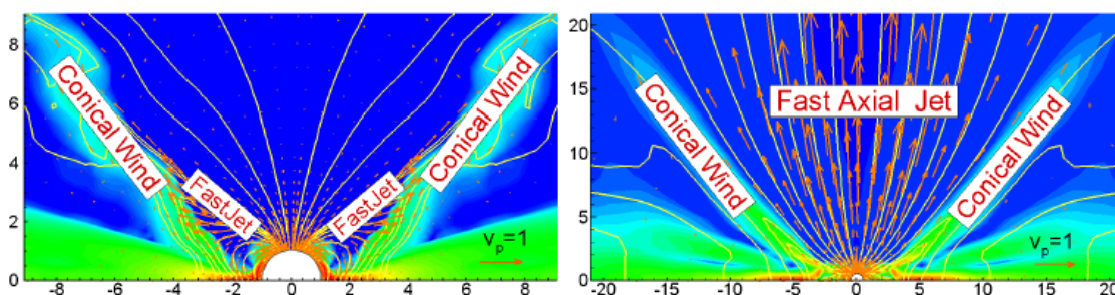


図1 自転速度の遅い場合(左側)と速い場合(右側)

図2は質量フラックスと角速度とトロイダル方向の磁場を表した図である。円盤表面上では内側の方が外側より速く回っている。この差動回転により、磁力線は内側から外側へ行くにつれてトロイダル方向に歪められる。これによって生じるトロイダル磁場によって磁気圧が生じる(右図の白い矢印)。この磁気圧の方向から、アウトフローは時間とともに回転軸方向に collimate することが説明できた。

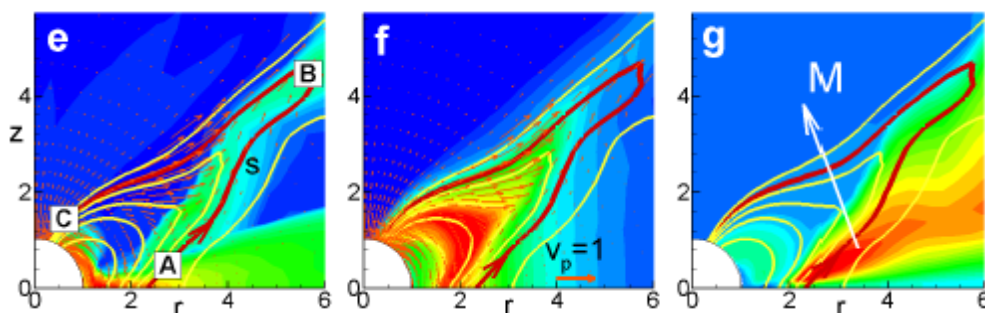


図2 質量フラックス(左側)と角速度(中央)とトロイダル方向の磁場(右側)

4. 結論

本研究により、シミュレーションによる長時間のアウトフローを再現できた。低速のアウトフローは自転速度によらず形成されるが、ジェットは自転速度の速い場合にしか形成されないことが分かった。