

宇宙ジェットの3次元非軸対称 MHD シミュレーション

木暮 宏光、内田 豊、広瀬 重信、中村 雅徳 (東京理科大学)

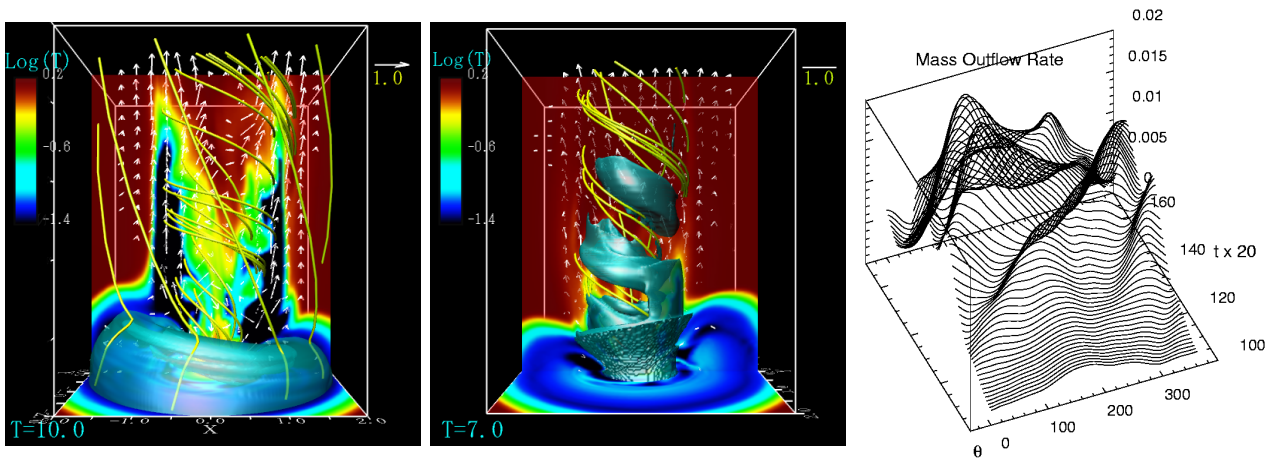
1 目的

VLBA などの電波干渉計では、複数の電波望遠鏡で得たデータを干渉させることにより高解像度を得ている。そのような高解像度望遠鏡を用いたジェットの観測により、現在ではジェットの根元近傍の様子までが分解されるようになっている。これまでは観測でよく受かっていた Tail での大きな空間スケールでの Wiggle 構造が、基本的には円筒形であると考えらるジェットの、特性的な形状変形であり非軸対称構造であった。しかし電波干渉計により、ジェットの根元近傍での非軸対称構造が見えるようになって来ている。例えば 3C120 の電波観測において、AGN 近傍でのジェット内の Total-flux、Polarized-flux 等の分布は不均一構造を持っており、それらは超光速運動を示している (Gómez et al. 2000)。このように AGN 近傍でのジェットの非均一な様子が実際に見えるようになり、またスーパーコンピュータの性能向上により、軸対称の仮定を置かずにフルに 3 次元計算をする事が出来るようになって来ている状況であるので、非軸対称な状況での降着円盤と大局磁場の相互作用を解く 3 次元計算を行い、ジェットの構造にどのような影響が出るかを調べる事を目的とした。

2 手法と初期条件

3 次元円柱座標系を採用し、理想 MHD 方程式を 2 段階 Lax-Wendroff Scheme と人口粘性を用いて数値的に解いた。初期条件としては、静水圧平衡にあるコロナ、重力+ガス圧勾配+回転による遠心力でほぼ力学的平衡にある降着円盤を考え、円盤- 磁場構造の非軸対称性として、降着円盤に斜めに持ちこまれた大局磁場を考えた。これまでは、角運動量の磁場に垂直な成分はより早く失われる (Mestel 1972)、という事が言われているので、磁場と降着円盤の回転軸とが平行な 2.5 次元のシミュレーションが行われて来たが、我々は取り扱いをさらに進めて、3 次元のシミュレーションを行った。

3 結果



上左図は $t = 10.0[L_0/V_{k0}]$ (L_0 は典型的な長さ、 V_{k0} は $(r, z) = (L_0, 0)$ でのケプラー速度) での系の様子を示している。カラーマップは温度 (Log スケール) を、チューブは磁力線を、矢印は子午面での速度場を、等値面は降着円盤内のある密度の面を表している。上中図は $t=7.0$ での z 方向への質量流束 (ρv_z) の等値面を示している。2

本の腕がからみ合ったようなヘリカル構造がジェット内に形成されていた。上右図は大局磁場に垂直な $z = 3.0$ 平面での、時間 t 、方位角 θ の関数としての質量放出率 $(\dot{M}_w(\theta, t) = [\Delta\theta \int_0^1 \rho v_z r dr]_{z=3.0})$ を示している。横軸に方位角 $[\theta(\text{degree})]$ と時間 $[t/(r_0/V_{k0}) \times 20]$ を、縦軸には質量放出率 $[\dot{M}_w(\theta, t) = \dot{M}_{jet}(\theta, t)/\rho_{0c} V_{k0} r_0^2]$ を表示している。質量放出率は方位角方向に 2 つのピークを持っていて、ピークに対応する方位角は時間と共に変化している。その変化のしかたは規則的で、ピーク位置の回転を意味している。