

Sweeping Magnetic Twist Model から予測される FRM 分布

木暮 宏光 (京都大学)、 中村 雅徳 (ジェット推進研究所)、 浅野 栄治 (千葉大学)

1 目的

宇宙空間でもっとも大規模なエネルギー解放現象の 1 つである宇宙ジェットの生成機構は依然として明らかではない。生成機構に対するモデルのうちで有力なものの 1 つが MHD モデルである。Sweeping Magnetic Twist Model では降着円盤の回転により大局的な磁場が捻じられ、変形を受けた磁力線のローレンツ力によりガスは双極方向に加速を受け、磁場の捻じれ成分が Torsional Alfvén wave として磁場に沿って伝播することにより、ジェットはコリメートされる。この時、磁場分布はヘリカル形状となる。

一方 AGN ジェットの観測では、電波観測により電波源での磁場構造が調べられている。それは電波源と観測者との間に存在する磁場と自由電子によるファラデー回転の効果、ファラデー回転量度 (Faraday rotation measure: FRM) を用いて補正することにより、電波源での intrinsic な電場 (それに垂直な方向として磁場) 方向を知ることである。つまり電波源の電場 (磁場) を天球面に投影した情報が得られるのである。ここでファラデー回転量度は磁場の視線に平行な成分と電子密度の積を線積分した量である。つまり磁場の視線に平行な成分の情報を持っている。線積分であるので、積分経路中のどの部分がどれ程の寄与を与えているかを知ることは原理的には不可能である。しかし、ジェットの形状に related FRM 分布を示す場合 (Feretti et al. 1999) や、3C273 のジェットのように FRM のシャープな勾配を示す場合もある (Foreground Faraday screen ではそのような FRM のシャープな勾配は作れない: Taylor 1998, Asada et al. 2003)。このような場合にはジェットに related プラズマ (emission を出しているプラズマの回りの熱的プラズマ) によって FRM の勾配が作られている可能性が高い。こうして FRM (磁場の視線に平行な成分) と投影磁場 (磁場の視線に垂直な成分) とをあわせて考えることにより、ジェット周辺の 3 次元磁場構造が推定できる可能性がある。しかし投影磁場には 180 度の不定性があり、また視線に平行な成分も大小関係しか推定できない。そこでモデルサイドから観測量を計算し、観測と比較を行うことによりジェット周辺の 3 次元磁場構造、ひいてはその生成機構を検証する。

2 方法

MHD シミュレーションの結果の 3 次元数値データを用いる。3 次元データ空間中の任意の場所に観測面を設定し、その各グリッド点から線積分を行う。具体的にはシンクロトロン放射の放射係数と (ローカルな) 偏波角からストークスパラメータを、磁場の視線に平行な成分とプラズマの密度から FRM を計算する。そして観測面の位置を変えることによる各量の分布の変化を調べる。

3 結果

ディスク込みの 2.5 次元軸対称シミュレーション (e.g. Uchida & Shibata 1985, Kudoh et al. 1998) の結果を用いた場合 (直線状ジェットの場合)、ヘリカル磁場の存在により FRM 分布はジェットの軸に垂直な方向に勾配を持つ。これは 3C273 のジェット (Asada et al. 2003) や幾つかの BL Lac 天体 (Gabuzda & Murray 2003) でも観測されている。また Torsional Alfvén wave の伝播、電流駆動型ヘリカルキンク不安定性の成長によるウィグル構造の生成を解いた 3 次元シミュレーション (Nakamura et al. 2002) の結果を用いた場合、3C449 のジェットの一部に見られる、ジェットの変型に related FRM 分布を再現することに成功した。電流駆動型ヘリカルキンク不安定性が磁場の捻じれ成分の蓄積により成長したことをあわせて考えると、Torsional Alfvén wave の伝播の重要性、つまり磁場の捻じれ成分の dynamics に対する重要性が示唆される。

4 参照

Uchida, Y., Kigure, H., Hirose, S., Nakamura, M., and Cameron, R. 2004, ApJ, 600, 88

Kigure, H., Uchida, Y., Nakamura, M., Hirose, S., and Cameron, R., ApJ in press