

光学的に薄い磁気流体降着円盤と磁気タワージェットの数値計算 (iyk09a)

加藤 成晃 (筑波大)、大須賀 健 (立教大)

はじめに

我々は、中心天体の持つ双極子磁場や降着円盤内部に存在する円盤磁場のような天体磁場から、磁気タワーと呼ばれる大局的な磁場構造が形成され、その磁気タワーによって噴出する新たな宇宙ジェットの研究を進めている。前回のプロジェクトでは、計算領域を拡大し 300 シュバルツシルト半径以上にも達する大規模な磁気タワージェットが噴出できることを明らかにし、宇宙ジェットの有力な理論モデルとなることが分かった。しかし磁気タワージェットが観測されているジェットのパワーを説明できるかどうか、明らかになっていない。そこで本プロジェクトでは、大規模な磁気タワージェットが放出する力学的エネルギーと磁気エネルギーを 3次元磁気流体シミュレーション計算から算出し、観測データと比較した結果について報告する。

シミュレーション結果

初期トラスに閉じ込められたポロイダル磁場による磁気回転不安定性の結果、角運動量が外側へ輸送され、初期トラスがブラックホールへ降着し磁気流体降着円盤を形成する。円盤内部で増幅されたトロイダル磁場が、ブラックホール近傍の円盤内縁から浮上・膨張し、磁気タワーを形成する。その結果、磁気タワーの磁気圧によって加速されたジェットが、中心から $300r_s$ を越えた距離まで噴出する。このような磁気タワージェットの力学的エネルギーと磁気エネルギーの放出率を、図 1 にあるようなサンプリング領域で算出した。

磁気流体シミュレーションから算出したジェットのパワーは、密度とブラックホール質量で規格化されている為、図 2 により磁気タワージェットのスケーリング関係を図示した。磁気エネルギーの放出パワーは、力学的パワーの約 1% 程度であった。低光度活動銀河中心核の場合には、観測されるパワーを十分に説明できることが分かった。しかし高光度活動銀河中心核、マイクロクェーサー、コラプサー領域では、パワーが足りないことが分かった。これらのパラメータ領域では、輻射によるエネルギー輸送等が無視できないことが原因であろう。

まとめ

ブラックホール周辺の降着円盤から噴出する大局的な磁気タワージェットのパワーを算出し、観測値と比較して検証した結果、低光度活動銀河中心核からのジェットのパワーを説明できることが分かった。しかし輻射輸送が重要となるパラメータ領域では、ジェットのパワーを説明するには不十分であることを確認した。

今後、磁気流体シミュレーションの輻射特性に関する研究を下地にして、3次元輻射磁気流体シミュレーションコードの開発を進める予定である。

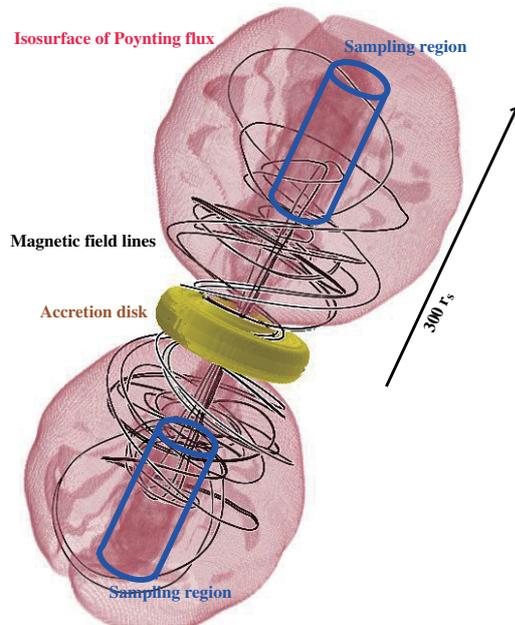


Fig. 1. 磁気タワージェットのスナップショット。磁力線 (実線)、密度の等値面 (黄色)、ポインティングフラックスの等値面 (薄い透明な紫) を表している。青の実線は、パワーを算出するおよその領域 ($|z| > 100r_s$, $r \leq 100r_s$) である。サンプリング領域は、降着円盤の半径よりも高く離れていて、且つ磁気タワー内部の磁気圧と周囲の外圧が釣り合う半径としている。

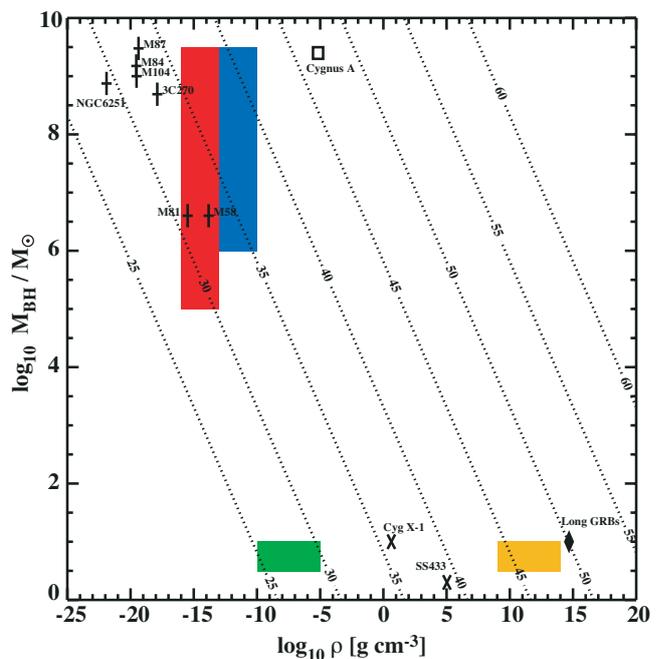


Fig. 2. 磁気タワージェットの力学的パワーのスケーリング関係図。横軸が規格化された密度の絶対値、縦軸はブラックホールの質量。赤は低光度活動銀河中心核、青は高光度活動銀河中心核、緑はマイクロクェーサー、黄はコラプサーに対応するパラメータ領域を示す。その他のシンボルは、観測値である。