

コンパクト天体における磁気流体降着円盤の数値実験 (yyk27b)

加藤 成晃 (千葉大自然／京大基研), 渡会 兼也 (京大基研), 嶺重 慎 (京大基研)

始めに

我々は、ブラックホール周囲の降着円盤で生成・増幅した磁場によって噴出する**新しいタイプの磁気流体ジェット**を示すことに成功した (Kato, Mineshige, Shibata 2004 印刷中). 従来, 大局的な縦磁場が降着円盤を貫いていることを想定した2つの磁気流体ジェットモデルがある. 円盤の回転によって磁力線が振り回された結果, 磁気遠心力で円盤物質を吹き飛ばす**磁気遠心力加速モデル** (Blandford & Payne 1982) と, 円盤の回転によって縦磁場が捻られて作られたトロイダル磁場の磁気圧によって円盤物質を吹き飛ばす**磁気圧加速モデル** (Uchida & Shibata 1985) である. どちらも磁場によって駆動する磁気流体ジェットモデルとして成功を取めているが, その大局的な縦磁場に起源についてはよく分かっていなかった.

新しいタイプのジェットは, 円盤ダイナモによって増幅されたトロイダル磁場が, 円盤内縁付近から浮上し回転軸方向に膨張してできたヘリカル構造の磁気タワーによって加速されている. すなわち, 大局的な縦磁場が無くても, 円盤内部に閉じ込められた磁場だけで噴出するジェットである. これが**磁気タワージェットモデル**である. さらに磁気タワージェットは降着円盤を貫く大局的な縦磁場の起源となる. ここでは磁気タワージェットの構造について報告する.

シミュレーション結果

初期トーラスに閉じ込められたポロイダル磁場を種磁場とし, トロイダル磁場がダイナモによって生成・増幅される. マックスウェル応力によって角運動量が外側へ輸送され, 初期トーラスは角運動量を失ってブラックホールへ降着し磁気流体降着円盤を形成する. さらに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噴出する (Fig. 1).

磁気タワーに加わる力の動径分布を調べたところ, 磁気タワーの磁気圧と周囲にあるコロナのガス圧がつり合っていた (Fig. 2). さらに磁気張力は磁気圧力勾配力やガス圧力勾配力の1%程度である. すなわち磁気タワージェットはコロナの外圧によってコリメーションしている.

まとめ

ブラックホール周辺の降着円盤から磁気タワージェットが噴出することを3次元磁気流体シミュレーションによって明らかにした. 磁気タワージェットはダイナモで生成・増幅されたトロイダル磁場によって駆動される為, 初期磁場構造に依存しない新しいタイプの磁気流体ジェットモデルとなる.

磁気タワージェットは周囲の外圧によってコリメートしており, Lynden-Bell (1994, 1996) が提唱した磁気タワーという概念と整合している. 本研究は磁気タワーの生成と時間進化を示した最初の数値シミュレーションである.

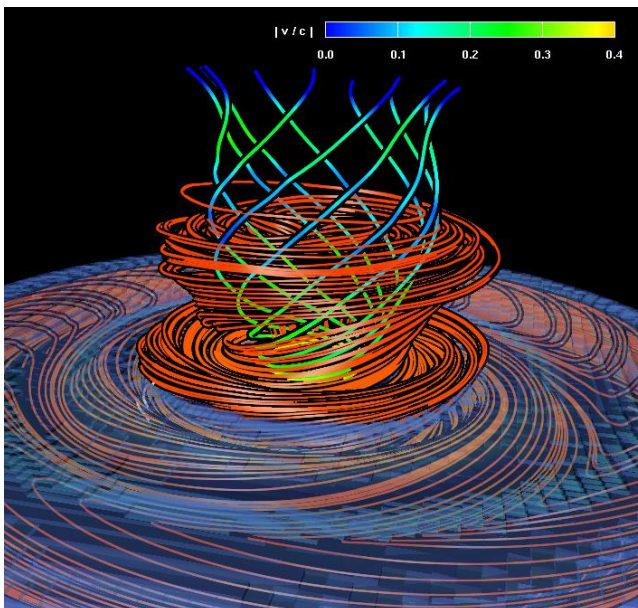


Fig. 1. 磁気タワージェットの3次元スナップショット. 磁力線 (赤い実線), 流線 (青緑黄の実線), 密度等値面 (薄い透明な青) を表している. 円盤内部のトロイダル磁場がブラックホール周囲の円盤表面から浮上し, 磁気タワーを形成している. 磁力線は円盤の回転軸から離れる程きつく捻られている. 流線の色は速さを表し, ジェットは磁気タワー内部で光速の30%程度まで加速されている.

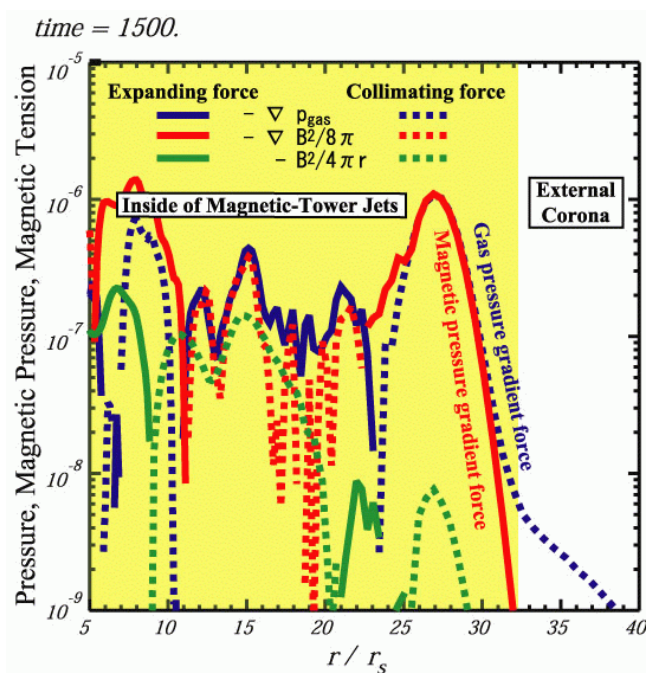


Fig. 2. $z = 50r_s$ での磁気タワーにおける力の分布. 実線は膨張力で破線はコリメーション力を表す. 青・赤・緑はそれぞれガス圧力勾配力・磁気圧力勾配力・磁気張力を表す.