

磁気タージェットの大局構造と安定性の数値計算 (wyk16a)

加藤 成晃 (筑波大)、大須賀 健 (立教大)、高橋 芳太 (東大教養)

はじめに

これまで我々は、ブラックホール周囲の降着円盤内部で増幅した磁場によって加速する磁気タージェットが噴出し、 $100r_s$ 程度までジェットが伝搬することを明らかにした (Kato, Mineshige, Shibata 2004)。従来の研究では、大局的な磁場に貫かれた降着円盤から噴出する磁気流体ジェットの大局構造とその安定性について調べられて来た。しかし、円盤内部で増幅した磁場によって噴出する磁気タワーの大局構造とその安定性については、これまで全く調べられていない。そこで我々は、前回の計算領域を拡張し、円筒座標系 (r, ϕ, z) において、 $0 < r < 1000r_s, 0 \leq \phi \leq 2\pi, -1000 < z < 1000$ の大規模な磁気流体シミュレーションを行った。ここでは大局的な磁気タージェットの構造とその時間進化について報告する。

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を種磁場とし、トロイダル磁場がダイナモによって増幅される。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、中心から $300r_s$ を越えた距離まで噴出することが分かった (図 1)。

中心からの距離 $z = 300r_s$ における、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勾配力と周囲にあるコロナのガス圧勾配力がつり合っていた (図 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% 以下であることも確認できた。この結果は、これまでの小規模な磁気タージェットシミュレーション結果と同じである。即ち、大局的な磁気タージェットも周囲のコロナの外圧によってコリメーションしていることが分かった。

まとめ

ブラックホール周辺の降着円盤から大局的な磁気タ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。磁気タージェットはダイナモで増幅されたトロイダル磁場によって駆動される為、ダイナモが活発な磁気降着円盤におけるユニバーサルな磁気流体ジェットモデルとなる。

さらに磁気タージェットの噴出により、降着円盤の局所磁場から大局磁場を作る有望なメカニズムとなっていることも確認できた。今後、このようにしてできた大局磁場構造が宇宙磁場の大規模構造形成にどのような役割を担っているのか明らかにしたいと考えている。

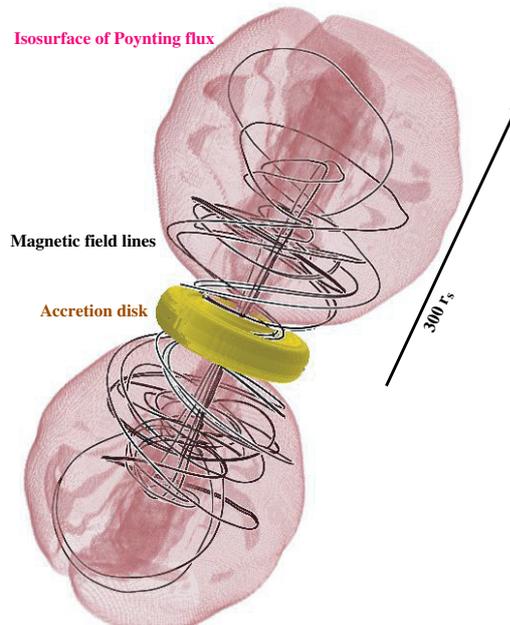


Fig. 1. 磁気タージェットの 3次元スナップショット。それぞれ磁力線 (実線)、密度の等値面すなわち降着円盤 (黄色)、ポインティングフラックスの等値面 (薄い透明な紫) を表している。円盤内部のトロイダル磁場がブラックホール周囲の円盤表面から浮上し、磁気タワーを形成している。同時に、円盤からポインティングフラックスが放出するジェットが噴出している。この時、ジェットは磁気タワー内部で光速の 50%程度まで加速されている。

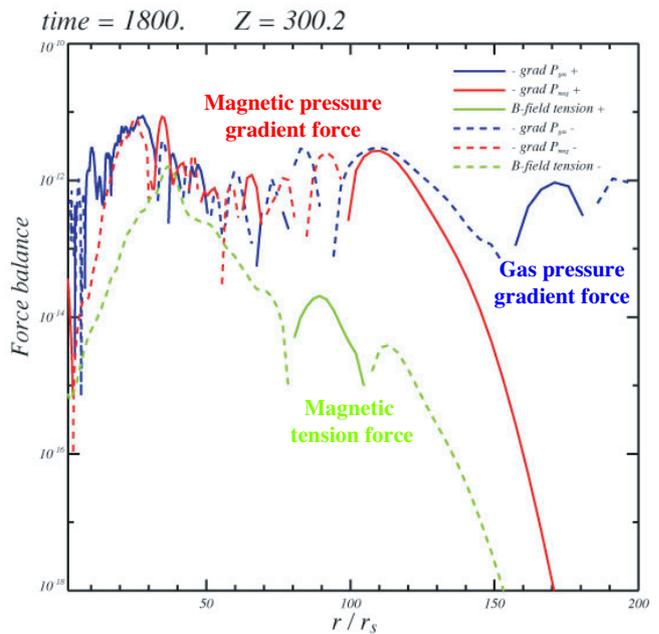


Fig. 2. $z = 300r_s$ での磁気タワーにおける力の分布。実線は膨張力、破線はコリメーション力。青・赤・緑はそれぞれガス圧力勾配力・磁気圧力勾配力・磁気張力を表す。