

# X 線連星における降着円盤の 2 次元軸対称磁気流体数値実験 (myk18b)

加藤 成晃 (京大基研/千葉大自然)

## 1. イントロダクション

Sco X-1 は典型的な低質量 X 線連星に分類され、中心天体は中性子星であると考えられる。Sco X-1 では、これまで RXTE 衛星によって X 線強度の短い準周期的な振動現象 (QPO) が幾つか発見されており、その振動の起源は降着円盤であると考えられる。近年、Fomalont ら (2001) の VLBI による観測によって、Sco X-1 から電波フレアと連動した超高速なジェット現象も発見された。

本研究では、上記のような双極子磁場を持つ中性子星のまわりの降着円盤におけるジェット生成や X 線強度の短時間変動などの高エネルギー活動現象について調べた結果を報告する。我々は降着流がどのように時間変動するか、また双極子磁場のように初期に閉じた磁場構造からジェットが生成され得るのかについて、pseudo-Newtonian ポテンシャルによって一般相対論的効果を近似的にとり入れた 2 次元軸対称 MHD 数値実験に基づいた磁気流体モデルを構築した。

## 2. 数値実験モデルと結果

初期に力学平衡状態の回転トーラスが中性子星の双極子磁場に貫かれているとし、その外側に回転していない等温で高温な静水圧平衡状態の球対称コロナを仮定する (Fig. 1)。シュバルツシルト半径  $r_g$  と光速  $c$  が  $r_g = c = 1$  となるような単位系を用いる。計算領域は円筒座標において  $0 < r, z < 100r_g$  である。2つのモデル A, B を用意し、それぞれ初期トーラスの中心が  $40r_g$  と  $13r_g$  とする。

モデル A では、中性子星から十分遠方に降着物質の供給源である回転トーラスを置き、降着流が中性子星磁気圏に流入する様子を調べた (Fig. 2)。その結果、 $7r_g$  付近に磁気圏が形成され磁気リコネクションによって磁気圏境界の上では  $0.1c$  程度のアウトフローが発生した。さらに降着流は激しく時間変動することがわかった。

モデル B では、中性子星近傍まで降着流が到達した場合を想定し、回転トーラスの中心を  $13r_g$  とした (Fig. 1)。その結果、中性子星とトーラスを結ぶ磁気ループが回転トーラスによって捻られて磁気ループが膨張し、回転トーラスの回転軸に沿って伝播しながら、ヘリカル状の磁気タワーを形成することがわかった (Fig. 3)。

## 3. 議論とまとめ

本研究によって、Sco X-1 のような中性子星を中心天体とする低質量 X 線連星における X 線強度の激しい時間変動やジェット現象は、磁気流体モデルによって統一的に理解することができることがわかった。しかしながら、時間変動のタイムスケールを決定する物理機構、観測されているジェットの速度を説明することができていない。今後は、計算領域の拡大と解像度の向上によって磁気流体降着円盤の内部構造を詳細に調べること、特殊相対論に基づいた磁気流体数値実験によってジェットを定量的に調べたことを課題にしている。

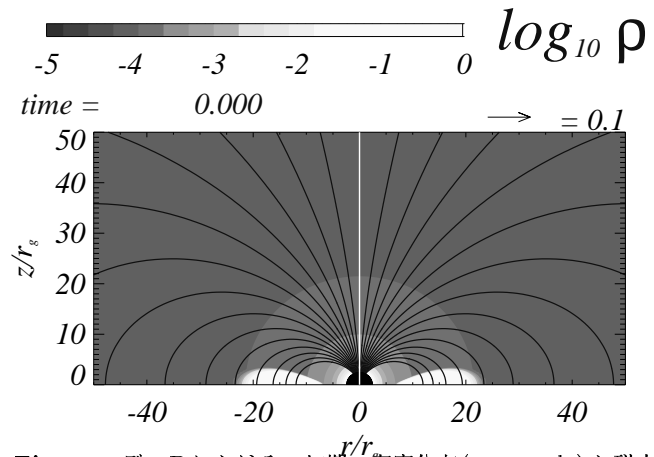


Fig. 1. モデル B における、初期の密度分布 (gray-scale) と磁力線 (実線) と速度 (矢印) を表している。長さの単位は  $r_g$ 。図右上矢印は光速の 0.1 倍を表す。単位時間は  $r_g/c$ 。

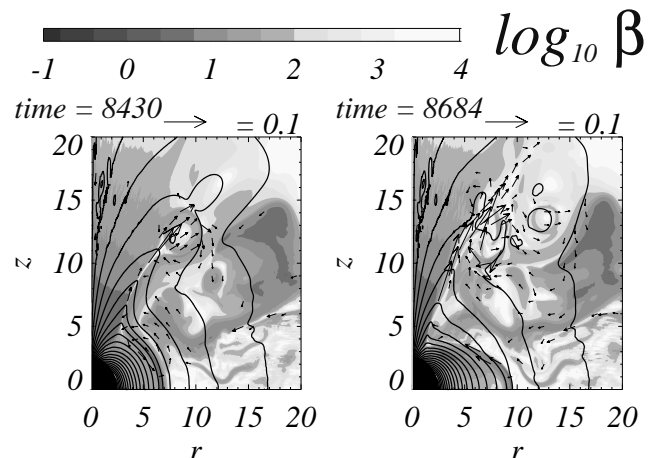


Fig. 2. モデル A の計算結果：磁気圏の形成と磁気フレアの発生する様子。ガス圧と磁気圧の比 (プラズマ  $\beta$ ) の分布 (グレースケール) と磁力線 (実線) と速度 (矢印) を表している。磁気フレアによって  $0.1c$  程度のアウトフローが発生している。

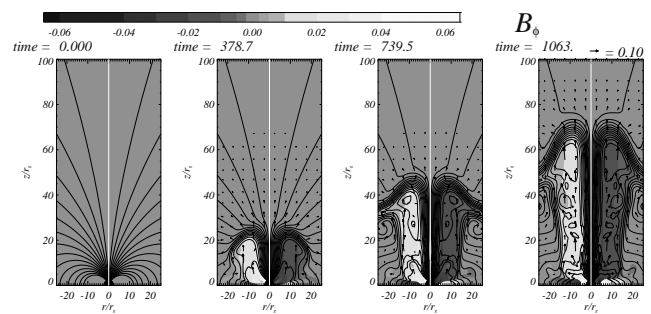


Fig. 3. モデル B の計算結果：磁気タワーが形成されていく様子。回転角方向 (紙面に垂直方向) の磁場強度分布 (グレースケール) と磁力線 (実線) と速度 (矢印) を表している。この磁気タワーの速度は最大  $0.2c$  で、そのタワーの中を磁気フレアによって放出されたプラズマモードが伝播している。