

# 宇宙ジェット的一般相対論的電磁流体力学数値シミュレーションとガンマ線バーストへの応用

グループ：ysa31b  
研究代表者：青木成一郎

宇宙ジェットは原始星、マイクロクェーサー、活動銀河核など多様な天体で観測されている。我々は特にマイクロクェーサーや活動銀河核等のブラックホール磁気圏から噴出するジェットに興味を持っている。近年、マイクロクェーサーにおける X 線の時間変動と電波の時間変動の間の相関が観測されており、ブラックホールの周りの降着円盤とジェットの時間変動の間に時間相関がある可能性が高い。我々は、マイクロクェーサーにおける high-frequency quasi-periodic oscillation (QPO) に注目した。この現象が降着円盤起源であると考えて数値シミュレーションの結果を行い、新しいモデルを提案した。

数値シミュレーションは、1次元軸対称を仮定した一般相対論的流体力学を用いて行った。初期条件として、回転するブラックホールの周りに降着円盤を置いた。今回のシミュレーションでは、ブラックホールのスピンパラメータが  $a=0.0, 0.99$  の場合について行った。降着円盤には粘性を入れず、円盤の回転をサブケプラー(ケプラー速度の95%)とした。図1に  $a=0.0, 0.90, 0.95, 0.99$  の場合の圧力の時間発展及び radial velocity の時間発展のパワースペクトルを示す。特徴的な頻度でブラックホールから降着円盤へ準周期的に伝播する衝撃が生成される様子がわかる。この生成頻度は各スピンパラメータについてのエピサイクリック振動数の最大値程度である。準周期的衝撃波生成のメカニズムを調べるため、ケプラー円盤に線形摂動を与えた数値シミュレーションも行った。その結果、この準周期的衝撃波は、エピサイクリック振動数分布が音波の伝播に対してフィルターの効果を果たすために生じることが分かった(図2)。さらに、エピサイクリック振動数の最大値と QPO の振動数を比較することで、マイクロクェーサーである GRS 1915+105 及び GRO J1655-40 について、ブラックホール候補天体のスピンパラメータはそれぞれ、 $0.0 \leq a < 0.4$  及び  $0.85 < a < 1.0$  と予測できた。

また、我々はガンマ線バーストの中心エンジンのモデルとして fare/CME モデルを提唱しており、このモデルの検証を目的とした一般相対論的電磁流体力学数値シミュレーションを本プロジェクトで行う予定であったが、今回は行うことができなかった。これについては今後の課題とする。

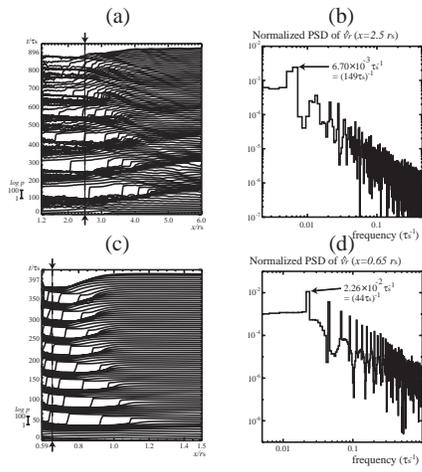


図1

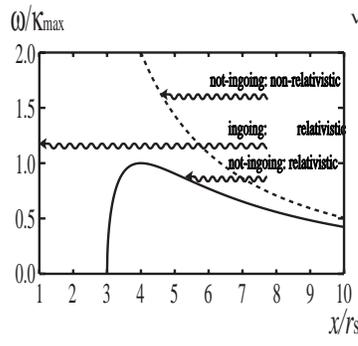


図2

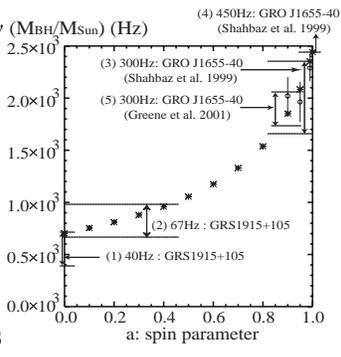


図3

図1：  $a=0.0$  の場合の (a) 圧力の時間発展及び (b)  $x = 2.5 r_s$  での radial velocity の時間変動のパワースペクトル。  
 $a=0.99$  の場合の (c) 圧力の時間発展及び (d)  $x = 0.65 r_s$  での radial velocity の時間変動のパワースペクトル。  
 図2：ブラックホールの周りの降着円盤での音波の伝播に対するエピサイクリック振動数分布に対するフィルター効果  
 図3：エピサイクリック振動数の最大値 (印) とマイクロクェーサーにおける high-frequency QPO の振動数との比較