

相対論的に膨張するマグネター磁気アーケードの 相対論的Force-Free数値実験

浅野 栄治 (国立天文台)

利用カテゴリ XT4B

軟ガンマ線リピータにおけるガンマ線フレアのモデルとして、マグネター表面に現れた磁気ループが相対論的速度で膨張し、磁気ループ中に形成される電流シートで磁気エネルギーが解放されるというモデルが提案されている (Lyutikov, 2006)。昨年度、我々は高橋ら (2009) が求めた磁気ループ膨張の自己相似解とシミュレーションの結果の比較を行った。磁気ループ内部にトロイダル磁場を持ち、ループ前面に接触不連続面と衝撃波を持つ自己相似解を相対論的MHDで扱った特性などの解析を行ってきた。

今年度は、相対論的Force-Freeシミュレーションによる磁気ループ膨張の特性について解析を行った。初期条件として双極磁場、境界条件として中心天体の表面において、赤道面対称で磁場に捻れによるエネルギーを注入。その後の時間発展を追っていった。図1は磁気ループ膨張の電流密度のトロイダル成分を表したものである。はじめに同心円状に磁気ループが膨張し、その後、きのこ型に磁気ループが膨張していく。時間とともに2つのループの速度 (磁力線に垂直な方向) が上昇、赤道面では特にきのこ型の磁気ループ膨張の速度が光速近くになる。電流はきのこ型の磁気ループの表面部分 (同心

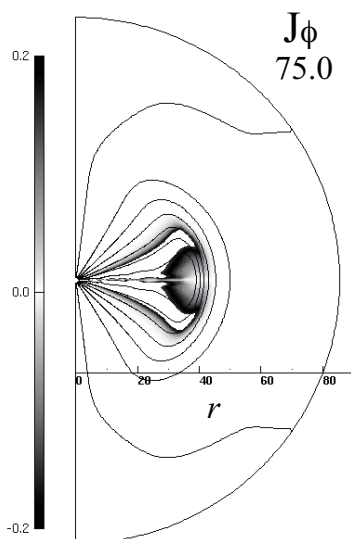


図1：電流のトロイダル成分 ($t=75.0$)。

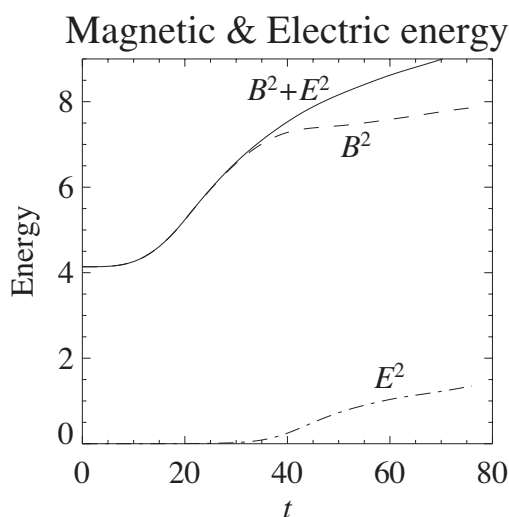


図2：磁場と電場のエネルギーの時間変化。実線は全エネルギー。点線は磁場、破線は電場のエネルギー。

円状の磁気ループとの境界部分) が強い。また赤道面でも大きな電流が流れているのが分かる。磁気ループの全エネルギーは、

$$E_{\text{total}} = 2\pi \int_1^{\text{rmax}} \int_0^\pi \frac{B^2 + E^2}{8\pi} r^2 \sin\theta dr d\theta$$

で与えられる (図2)。 $t=40$ 付近で磁場のエネルギーの増加が鈍るが、その頃から電場のエネルギーが増加し始めるため、全エネルギーは増加していく。それまで磁気ループが膨張 (トロイダル磁場が増加) するためにエネルギーが使われていたものが、 $t=40$ を過ぎた頃から、磁気ループは膨張しつつ動径方向へ飛び出していくステージに移ったと考えられる。

今後は、コードを3次元へと拡張し、マグネターフレアのモデルとして星表面近くにスフェロマック磁場を置き、その膨張と磁気ループの時間変化を追っていく予定である。

参考文献

Lyutikov, M., MNRAS, (2006), 367, 1594

Takahashi, H.R., et al., MNRAS, (2009), 394, 547