

国立天文台 天文学データ解析計算センター
成果報告書 (平成17年度)

提出期限：平成18年3月20日(月)17:00 必着

応募カテゴリ B

システム VPP

プロジェクト ID: wea20e

研究代表者 (現在のユーザ ID : asanoej)

氏名	浅野栄治	
所属機関名	千葉大学自然科学研究科	
連絡先住所	〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学理学部物理学科宇宙物理学研究室	
電話番号	043-290-3720	
E-mail	asano@astro.s.chiba-u.ac.jp	
職または学年	博士課程後期3年	
研究代表者が学生の場合には指導教官の氏名	松元亮治	

研究課題名

(和文)	中性子星磁気圏から噴出する相対論的アウトフローの磁気流体数値実験
(英文)	Magnetohydrodynamic Simulations of Relativistic Outflows Emerging from Magnetospheres of Neutron Stars

研究分担者

[illegible]

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

- 学会発表 -

- 「HLL 法に基づく相対論的 MHD コードの開発」
浅野栄治、富高真、松元亮治、日本流体力学会年会 2005
- 「中性子星磁気圏から噴出する相対論的アウトフローの磁気流体数値実験」
浅野栄治、松元亮治、日本天文学会 2006 年春季年会（予定）

- 研究会 -

- 「中性子星磁気圏から噴出する相対論的アウトフローの磁気流体数値実験」
浅野栄治、松元亮治、2005 年度第 18 回理論懇シンポジウム

(2) これまでのプロジェクトの今年度中の成果

- 論文 -

- "Time Evolution of Relativistic Force-Free Fields Connecting a Neutron Star and its Disk",
Eiji Asano, Toshio Uchida & Ryoji Matsumoto, 2005, PASJ, 57, 409

成果の概要

本プロジェクトでは、中性子星とそのディスクが磁力線で繋がれている場合の磁気相互作用とアウトフローの形成過程を、相対論的 MHD 方程式を数値的に解くことによって調べることが目的である。また、計算は特殊相対論の範囲で行ってきたが、近年、中性子星の磁気圏を一般相対論的 MHD で扱う計算が行われ始めたことを考慮して、一般相対論的 MHD コードの開発も行っている。ここでは、中性子星と円盤を繋ぐ磁気ループが、ディスクの回転により膨張し、アウトフローを噴出する場合を、単純化したモデルを用いて計算した結果について報告する。

基礎方程式

基礎方程式は、理想特殊相対論的 MHD 方程式に外力として重力を加えたものを用いた。座標系は 2.5 次元カルテシアン座標。グリッドは $(x, z) = (100, 400)$ 。HLL スキームを用い、反復解法には、Del Zanna et al.(2003) の方法を用いた。想定する中性子星のシュバルツシルト半径と光速と中性子星表面の密度をユニットとして無次元化を行った。

初期条件・境界条件

ダイポール形状をしたカレントフリー磁場

$$\begin{aligned} B_x &= -B_0 e^{-k_1 x} \sin(kz), \\ B_y &= 0, \\ B_z &= B_0 e^{-k_1 x} \cos(kz), \end{aligned}$$

と静水圧平衡プラズマを仮定した。プラズマベータは 10。

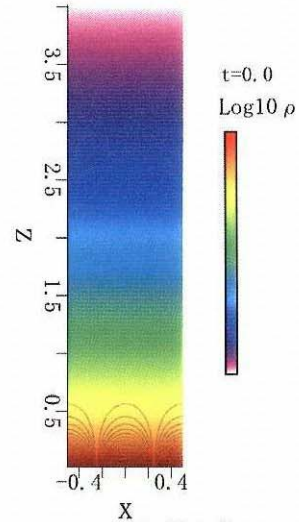


図 1、初期条件

境界条件として、磁場の根元 ($z = 0$) に光速の 30% (v_0) のシアー

$$v_y = -v_0 \sin(2ky),$$

を与え、 x 方向は周期境界、 $z = \max$ は吸収境界とした。

結果

図 2 は時間 $t = 45$ での磁場の時間発展と密度のカラー、そして速度を矢印で表したものである。磁場の根元のシアーにより磁場が捻られ、 $+z$ 方向にプラズマフローが生じる。フローとともに磁力線は引き伸ばされ、中央部が絞られた構造になる。その後、磁気リコネクションが起きプラズモイドが形成され、更に浮上していくと考えられる。図 3 は各物理量をカラーで表したものである。磁気リコネクションが起これと思われるところでは、プラズマの速度は $0.2c$ を超えていることが分かる。

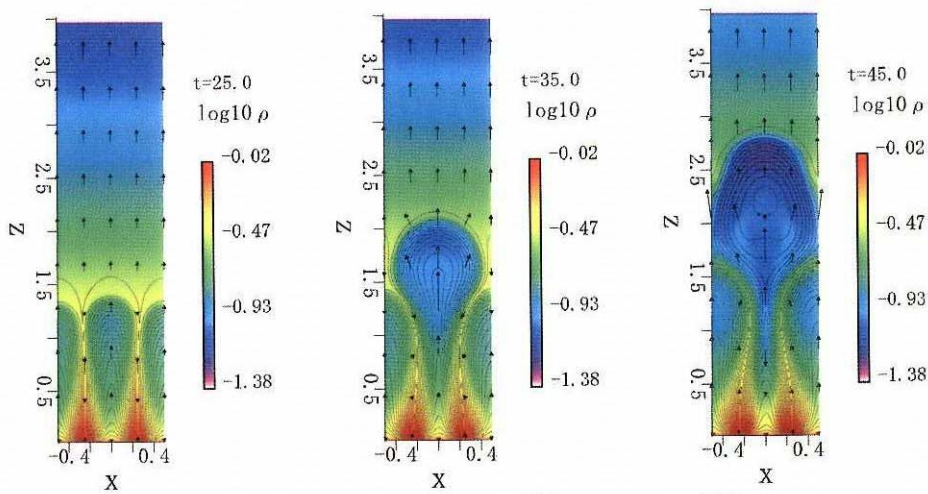


図 2. 磁場の時間発展、カラー：密度

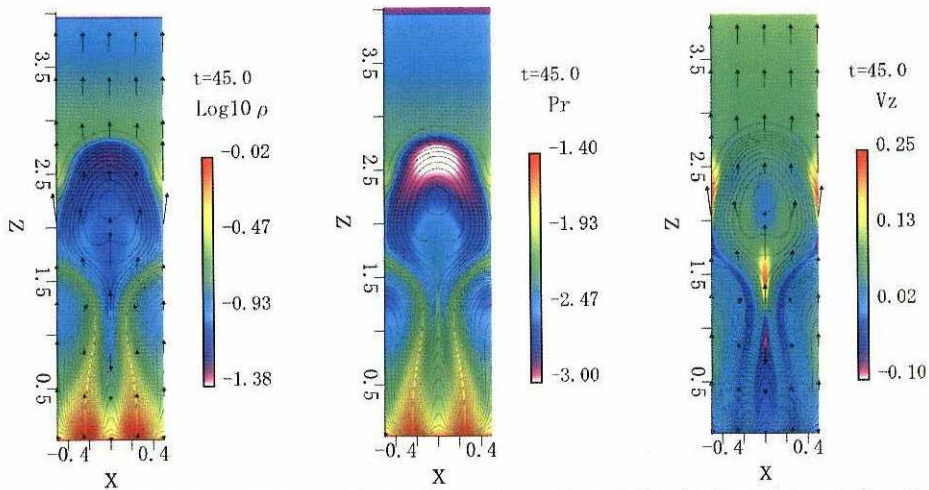


図 3. カラー：密度・圧力・速度 (z)、矢印：速度 (2 倍のスケール)、線：磁力線

今後の課題

今後は、パラメータサーベイを行い、シアーによる磁気エネルギーとアウトフローの関係や磁気ループの膨張との関係などを調べていく予

定である。また、今回扱ったモデルは簡単化したものであったので、球座標で中性子星の双極磁場を仮定した、よりグローバルなモデルについての数値実験と、一般相対論的 MHD コードのテストなども行っていく予定である。