非対称電流シートでの 磁気リコネクション

XC-Trial, XC-B

〇和田 智秀1

新田 伸也1

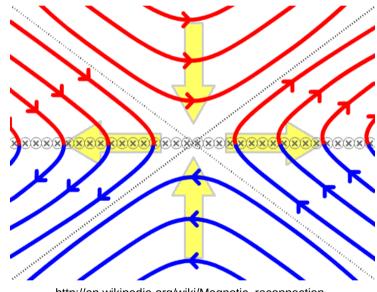
淵田 泰介2

近藤 光志2

1:筑波技術大、2:愛媛大学

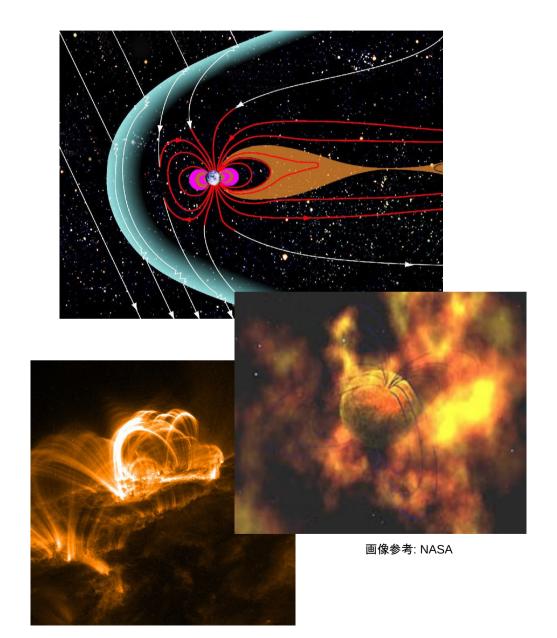
磁気リコネクションとは

磁力線がつなぎ変わり、磁場のエネルギーが運動エネルギーや熱エネルギーに変換される



http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_reconnection

- -Sweet-Parker型(遅いリコネクション)
- -Petschek型(速いリコネクション) 現実では多くの場合、非対称

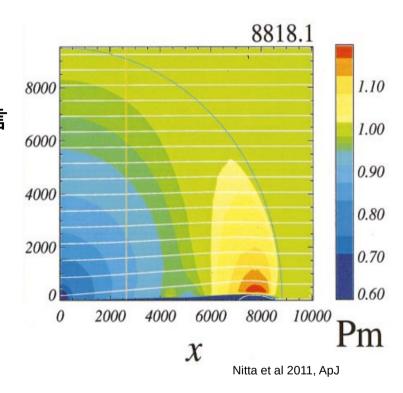


先行研究

非対称リコネクション

-Lin & Lee 1993 ジェット部分に着目、ジェット断面構造を自己相似 解で議論 非対称性の強さにより、作られるショック構造を予言 -Cassak & Shay 2007 拡散領域に着目 リコネクション点(x-point)と淀み点(stagnation point)が分離する

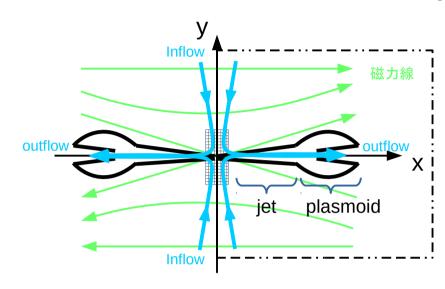
Petschekリコネクションの自己相似モデル
-Nitta+01,02, Nitta04,06,07
全体構造について議論
流入領域にてfast-mode波が作る構造がジェット
にも強く影響する

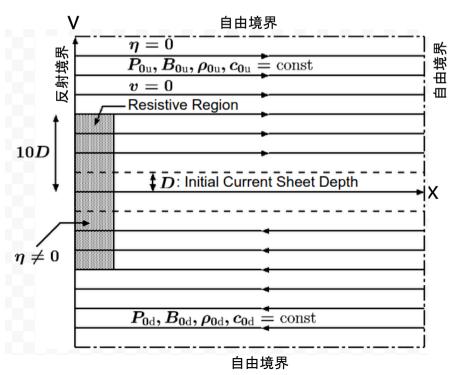


非対称リコネクションでの自己相似モデルへと拡張する その全体構造について理解するため、

HLLD法を用いたコードによって、長時間、高解像度の2次元MHDシミュレーションを行う

初期設定







シオマネキ: エビ目(十脚目)・スナガニ科・シオマネキ属 Uca に分類されるカニの総称。学術名は Uca arcuata (De Haan, 1833) 画像参考・

http://yaeyama.ne.jp/2010/05/post 104.php

2次元ハリス電流シート $B_{x,u}=B_{0u} tanh(y/D)$ D:電流シートの厚さ $B_{y,u}=0$

-----> X軸

 $B_{x,d} = B_{0d} \tanh(y/D)$

 $B_{y,d} = 0$

※上側:u、下側:d

電流シートの下側の漸近磁場強度を基準としてB_{ou}=B_{od}/k

k=1(対称)、1.1(弱非対称)、2(強非対称)

理想気体: P=pT

温度一定(音速一定)の平衡状態

基礎方程式:

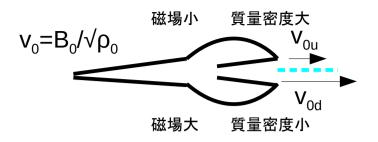
理想MHD方程式+原点近傍の局所異常抵抗 (ex. Ugai & Tsuda 1977)

 $D=v_{Ad0}=\rho_{Od}=1$, $v_{Ad0}=B_{Od}$ $/\sqrt{\rho}$

R_m=24.5(η=1/24.5)=const, β=0.2 (Nitta et al 2001と同じ)

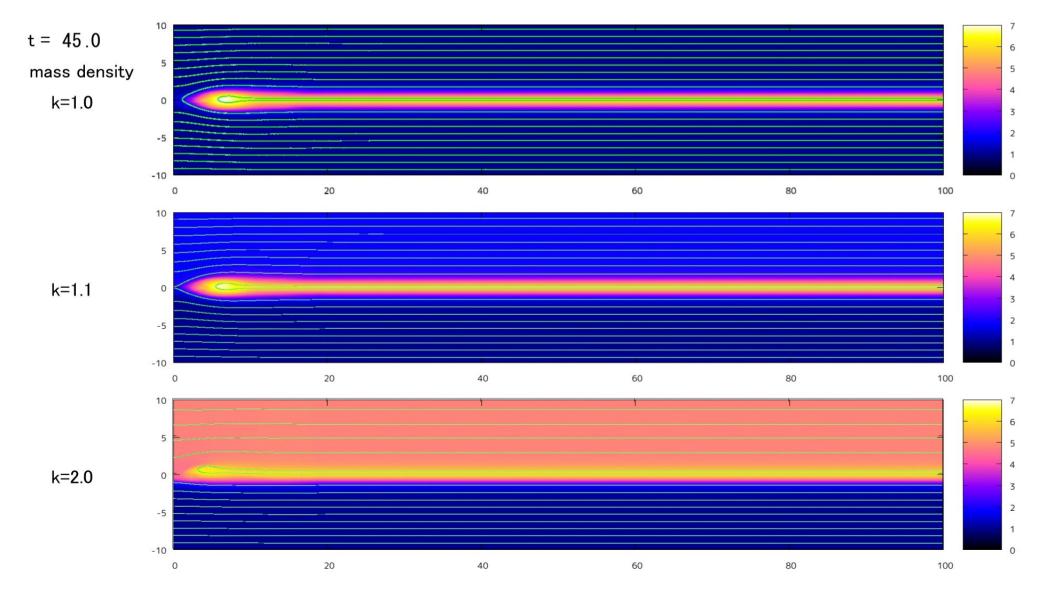
 $L_x \times L_v = 2560Dx5120D$ or 1280Dx2560D

二次元の一様直交座標 12800x25600セル dx=0.1D or 0.2D XC-B 640コア(dx=0.2、CFL=0.3、t=2400まで計算して、~2日)



Test run

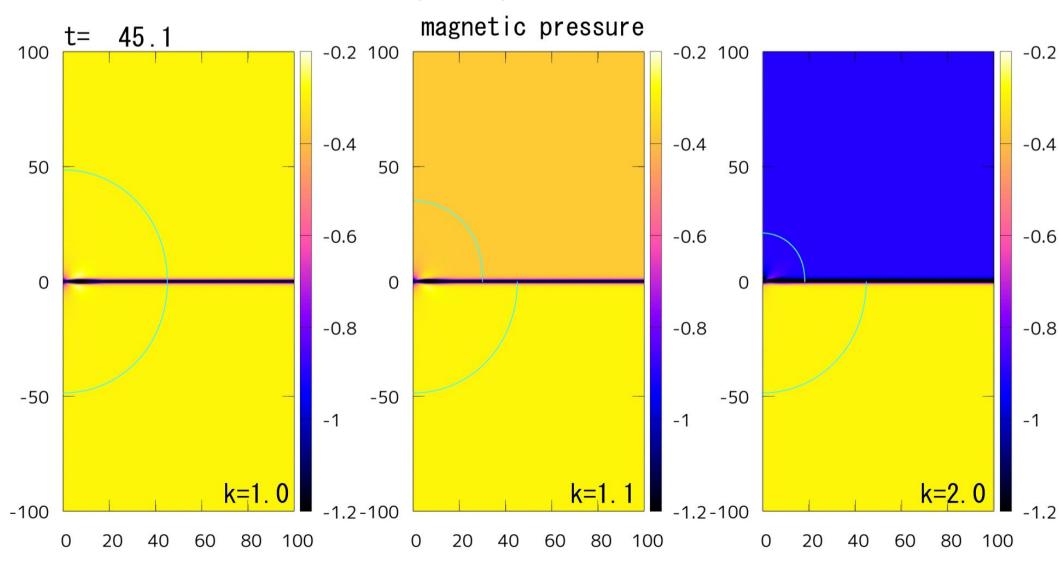
 $d_x = d_y = 0.1$, $n_x = 1920$, $n_y = 3840$, $L_x = 192D$, $L_y = 384D$ $\beta = 0.2$, $\eta = 1/24.5$



全体の概観

$$v_{0u}=B_{0u}/\sqrt{\rho_{0u}}$$
 初期電流シート $v_{0d}=B_{0d}/\sqrt{\rho_{0d}}$

 d_x = d_y =0.2 (or 0.1), n_x =12800, n_y =25600, L_x =2560D (1280D), L_y =5120D (2560D) ※グリッドを粗め(dx=0.2)にしても大局的な構造は同じことは確認済み。 β =0.2, η =1/24.5



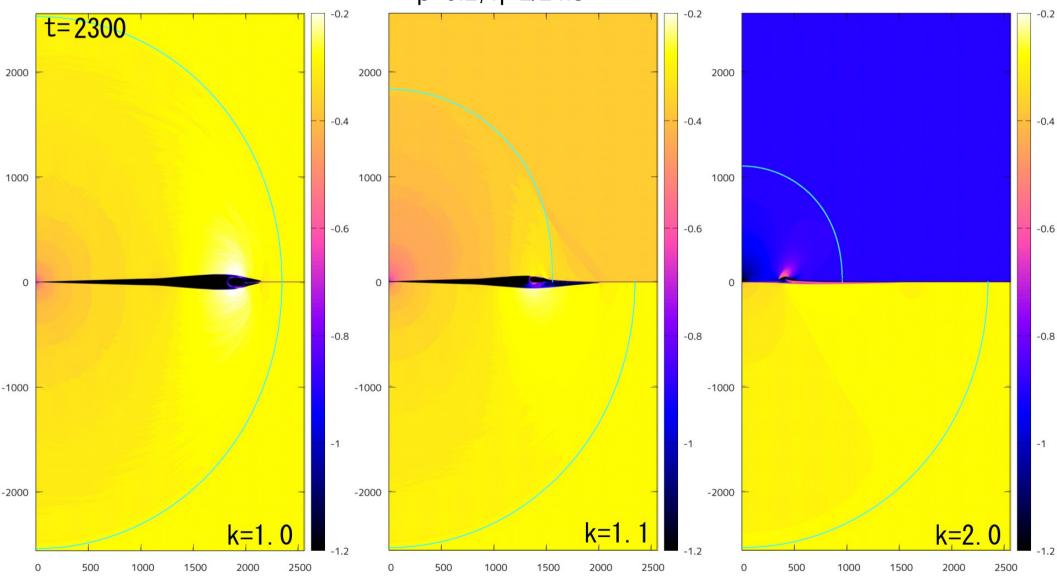
全体の概観

 $v_{0u}=B_{0u}/\sqrt{\rho_{0u}}$ 初期電流シート $v_{0d}=B_{0d}/\sqrt{\rho_{0d}}$

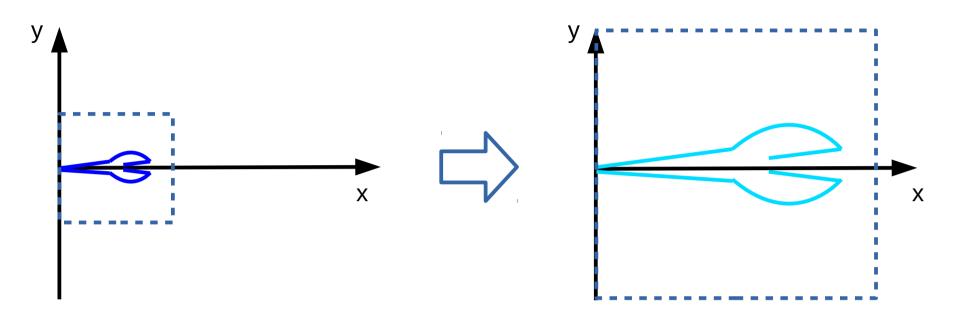
 $d_x=d_y=0.2$ (or 0.1), $n_x=12800, n_y=25600,$ $L_x=2560D$ (1280D), $L_y=5120D$ (2560D)

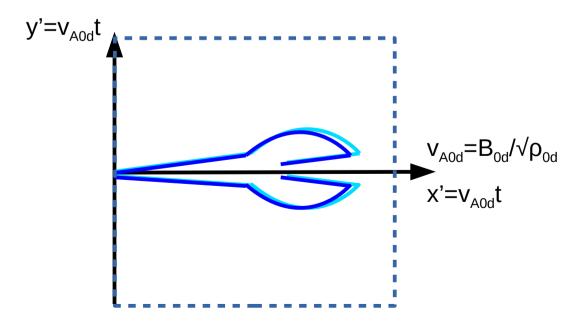
※グリッドを粗め(dx=0.2)にしても大局的な構造は同じことは確認済み。

 β =0.2, η =1/24.5

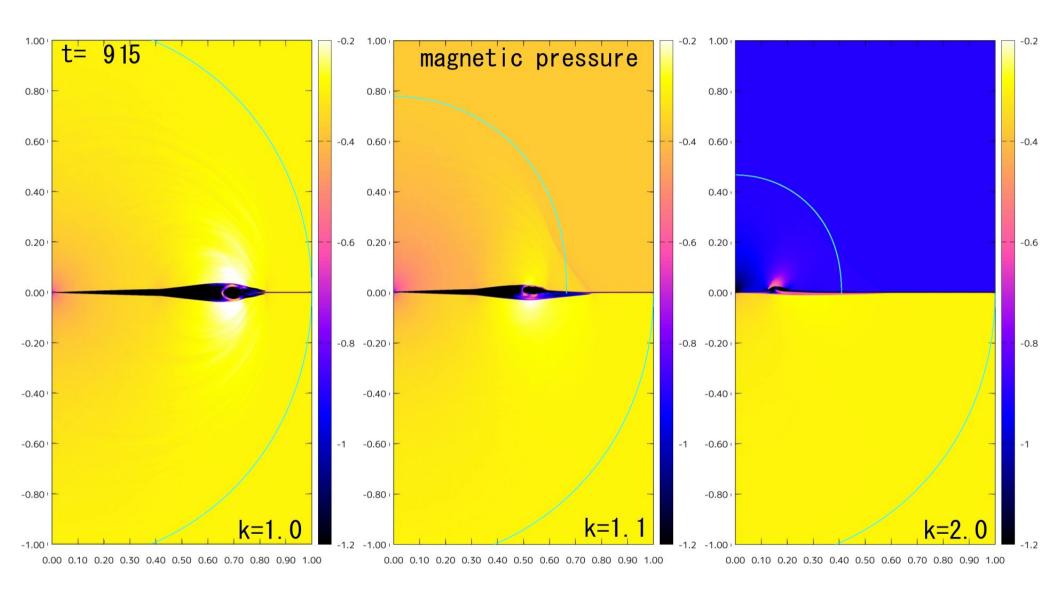


自己相似的な時間進化





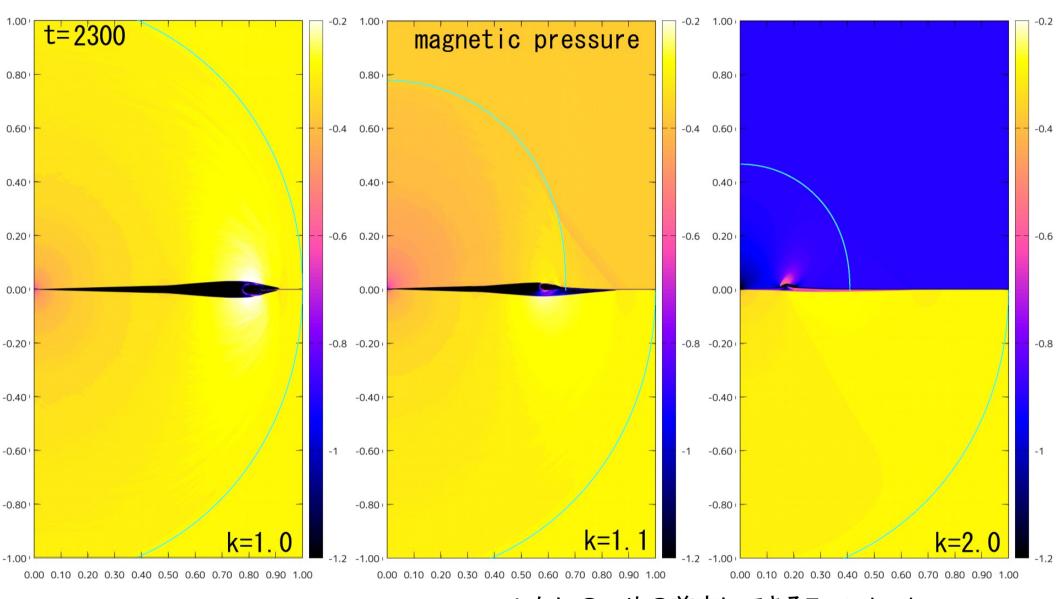
全体の概要:自己相似的な時間進化



非対称効果に大局的な構造について

1.プラズモイド前方にできるFast shock 2.プラズモイド内でのプラズマ混合 3.ジェットの構造の遷移

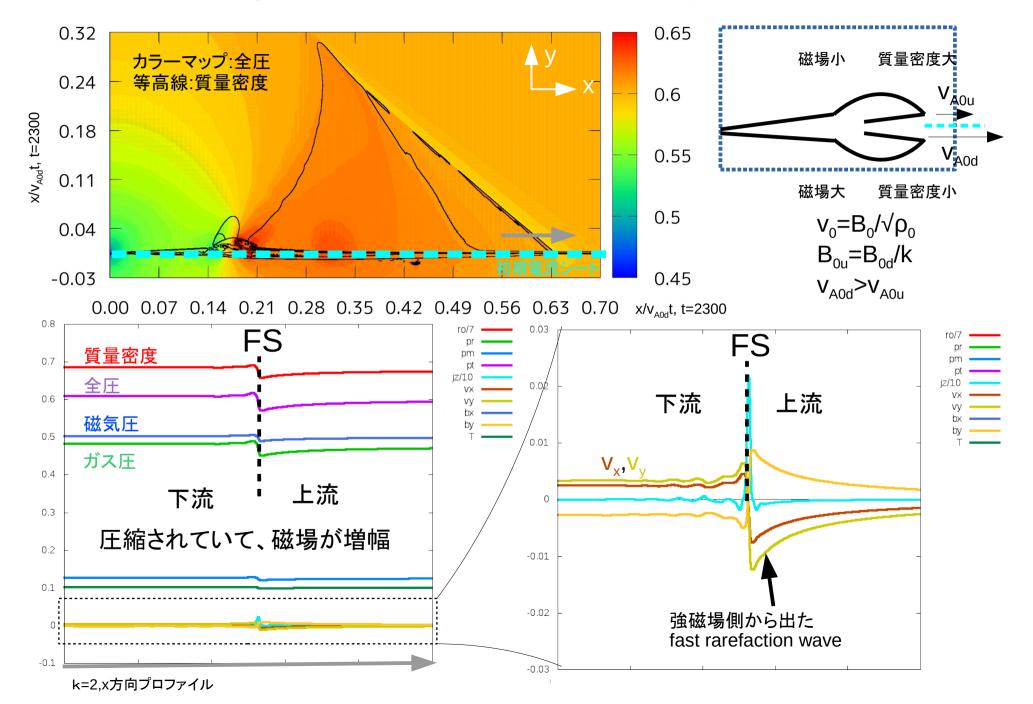
全体の概要:自己相似的な時間進化



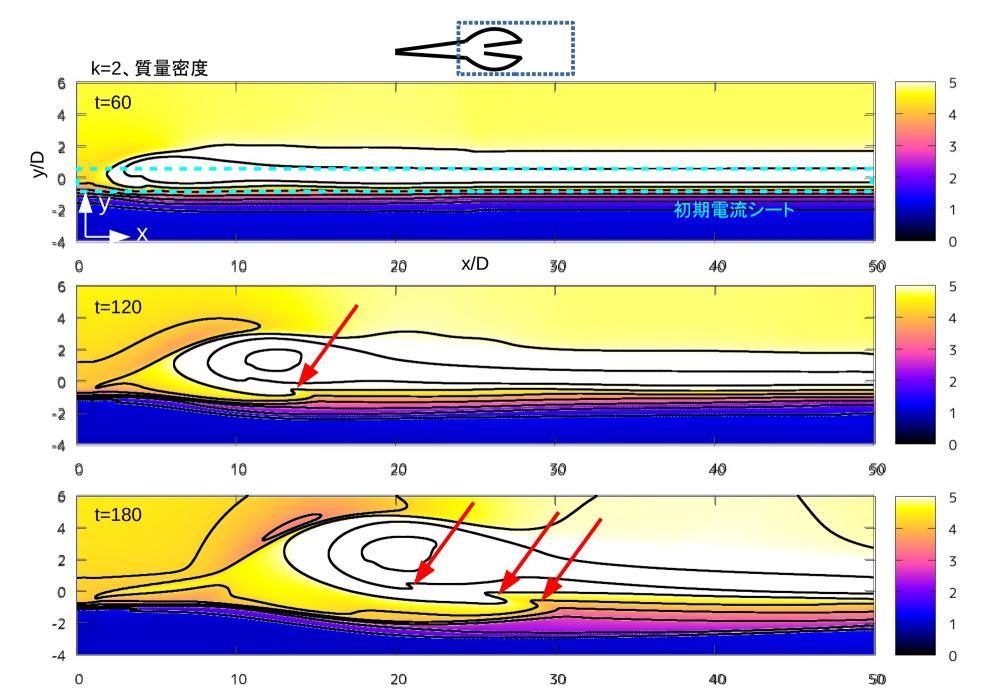
非対称効果に大局的な構造について

- 1.かにのつめの前方にできるFast shock
- 2.プラズモイド内でのプラズマ混合
- 3.ジェットの構造の遷移

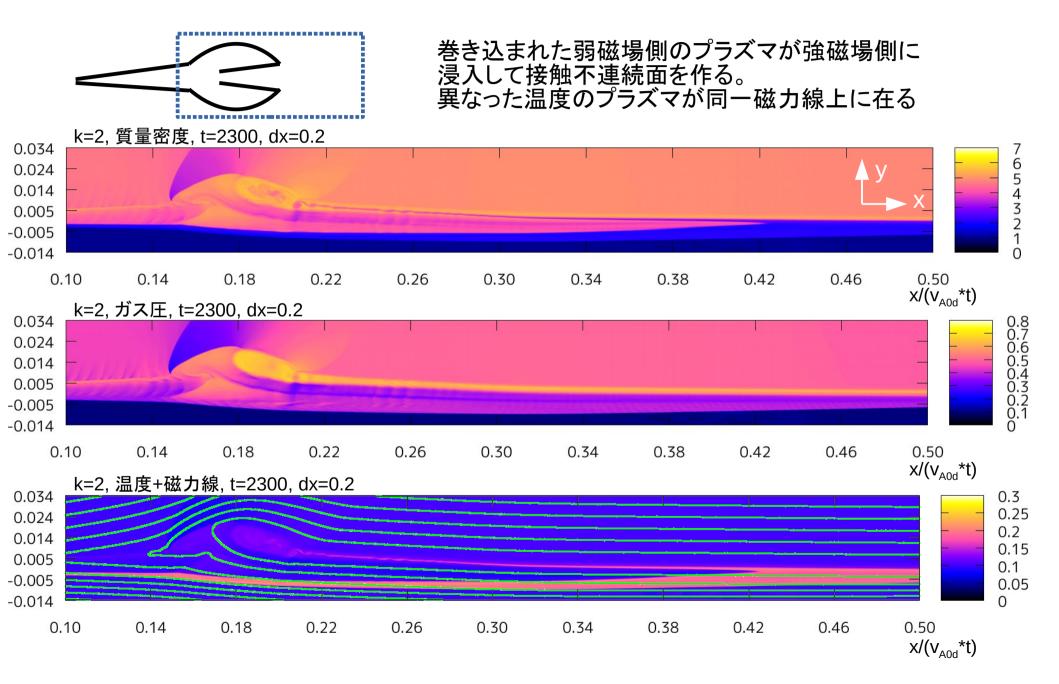
非対称効果1:プラズモイド先端部のFast shock



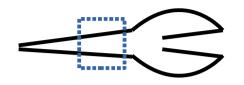
非対称効果3:弱磁場側物質の巻き込み



非対称効果3:弱磁場側物質の浸入

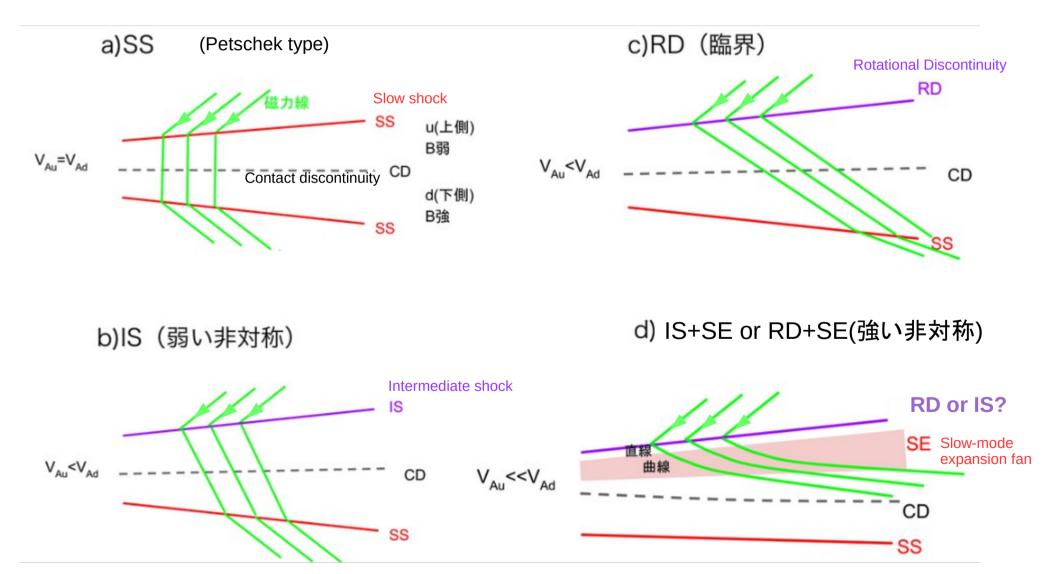


非対称効果3:期待されるジェットの構造

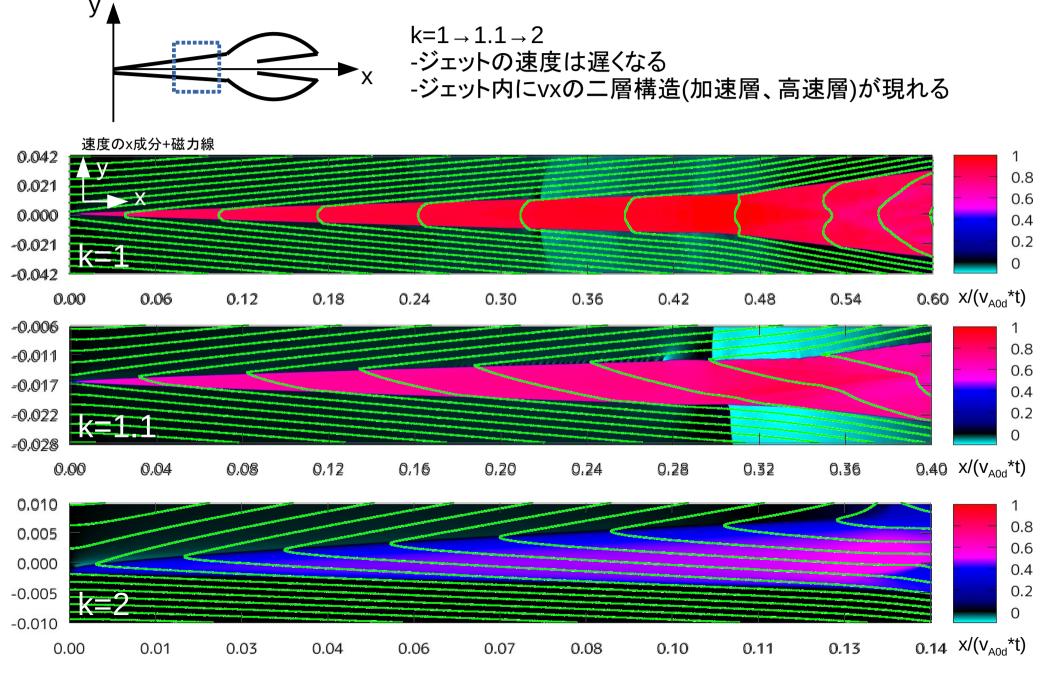


非対称性 k=1→2

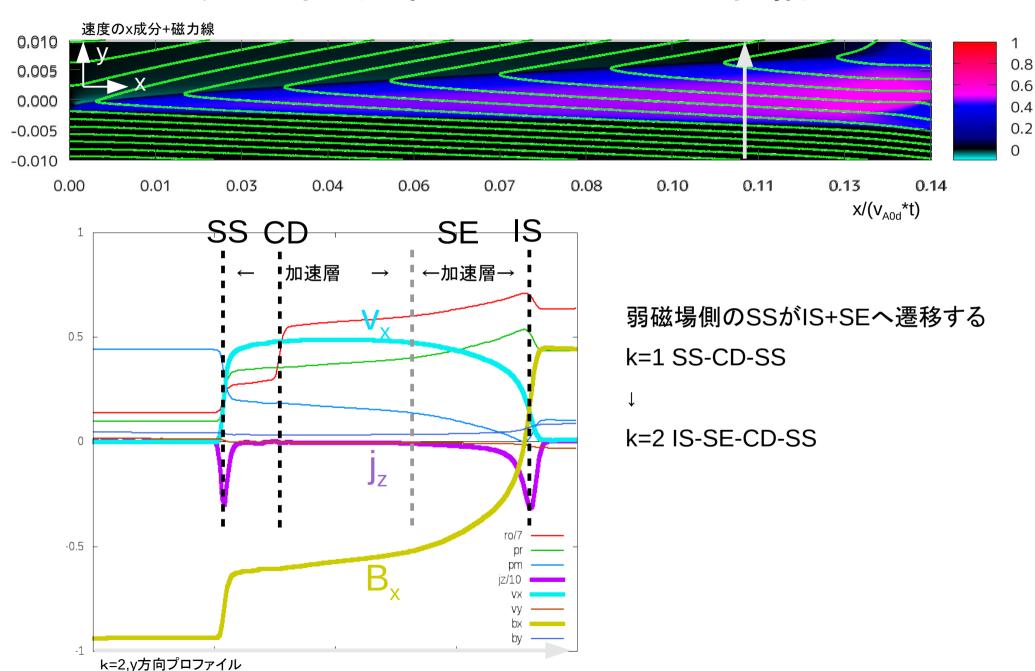
$$(v_{Au} < v_{Ad})$$
: a) < b) < c) < d)



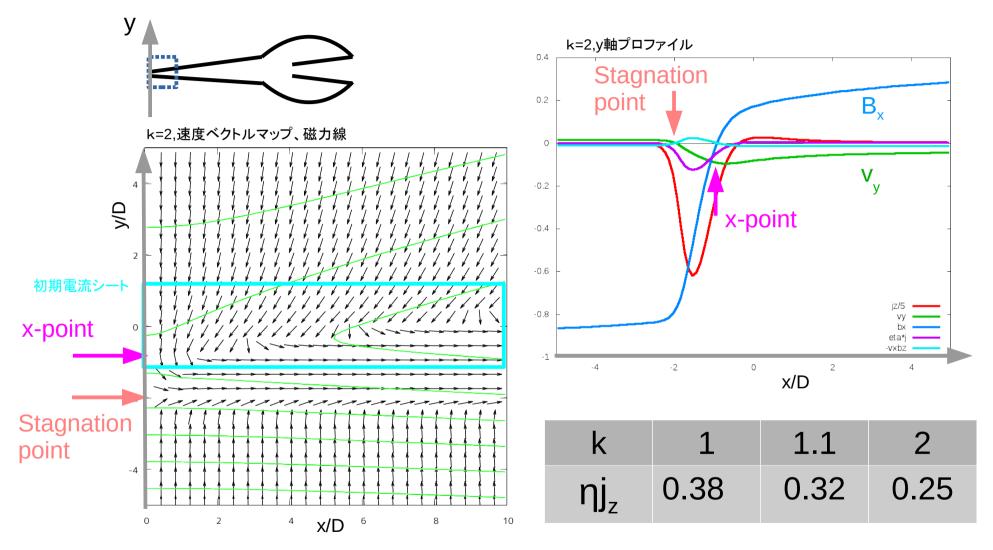
非対称効果3:ジェットの構造の遷移



非対称効果3:ジェットの二層構造



x-point\(\gamma\) stagnation-point



- -x-pointとstagnation-pointは分離した、Stagnation-pointは強磁場側へ移動
- -k=2モデルでX-pointの弱磁場側への上昇は見られない ⇔ Cassak & Shay 2007
- -リコネクションレートは非対称性が強まると減少する傾向

まとめ

HLLDスキームによる高解像度な二次元MHDシミュレーションによって非対称磁気リコネクションについて調べた。

- 1.プラズモイド前方にできるFast shock
 - →新たな衝撃波加速の現場となるかもしれない
- 2.プラズモイド内でのプラズマ混合
 - →異種プラズマをより効率的に混合させる
- 3.ジェットの構造の遷移(強非対称の場合に二層構造)

今後の課題

- -拡散領域近傍の構造の調査
- -時間発展するプラズモイドの構造の詳細な調査
- -非対称モデルで高解像度シミュレーション(dx=D/100) <参考: 銭谷さんの講演
- -ガイド磁場の効果の調査
- +FFSによる粒子加速
- +有限サイズの境界(反射する壁)を設置し、物質混合の効果の調査

謝辞と報告

- -openmhd+銭谷さんのサポート 参考: http://th.nao.ac.jp/MEMBER/zenitani/research-e.html
- -大規模計算機に直結したネットワークストレージ+解析サーバー

