

# Magnetic reconnection associated with a kink-type instability



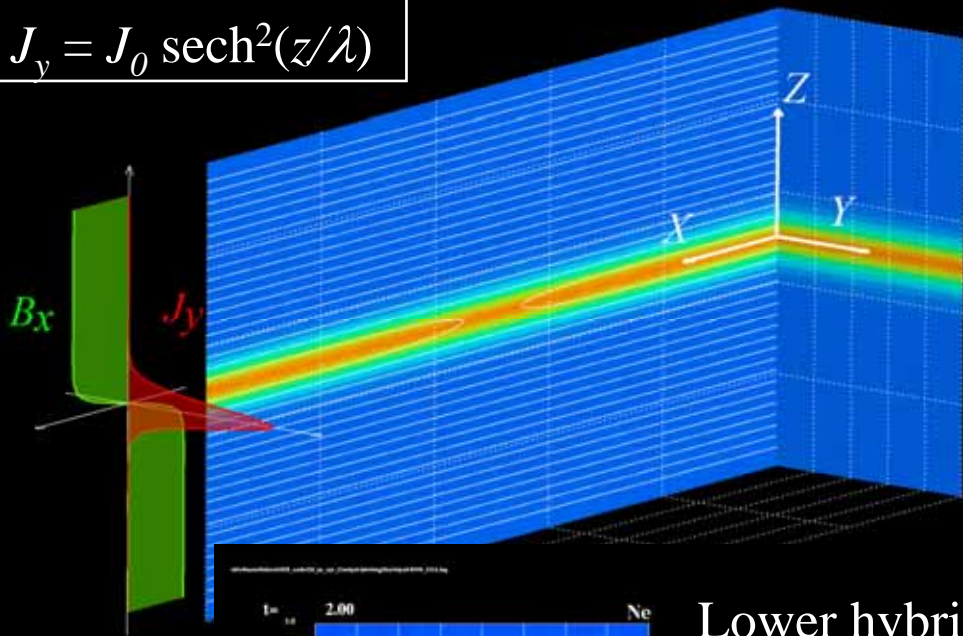
Keizo Fujimoto<sup>1,2,3</sup>, Richard D. Sydora<sup>1</sup>, and Takahiro Obara<sup>2</sup>

1. Department of Physics, University of Alberta
2. Space Environment Group, NiCT
3. JSPS Research Fellow (PD)

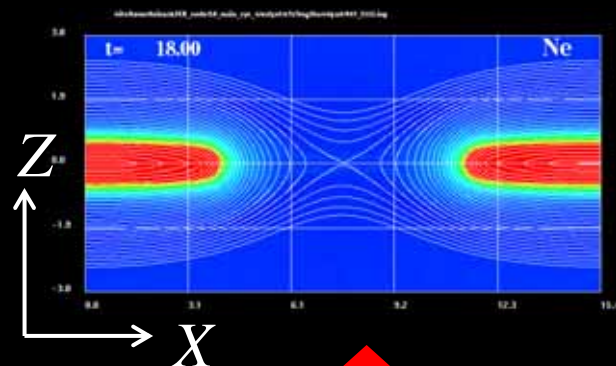
# ハリス電流層における不安定モード

$$B_x = B_0 \tanh(z/\lambda)$$

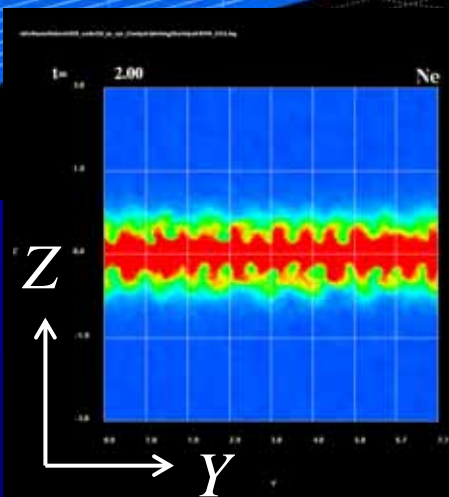
$$J_y = J_0 \operatorname{sech}^2(z/\lambda)$$



## Tearing instability



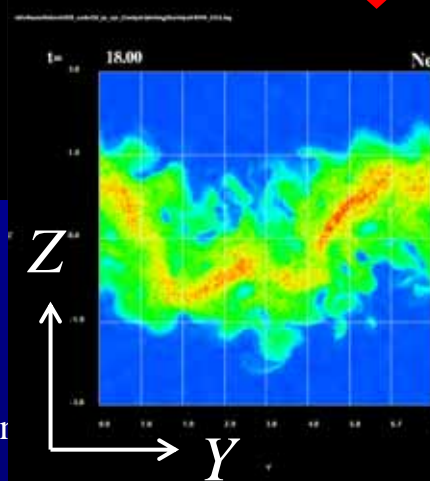
- ✓ 成長率が小さい
- ✓ 小さな磁気島が飽和する
- ✓ 準定常的な状態にならない



## Lower hybrid drift instability (LHDI)

$$k_y r_{Le} \sim 1$$

$$\gamma \sim \omega_{lh}$$



## Kink-type instability

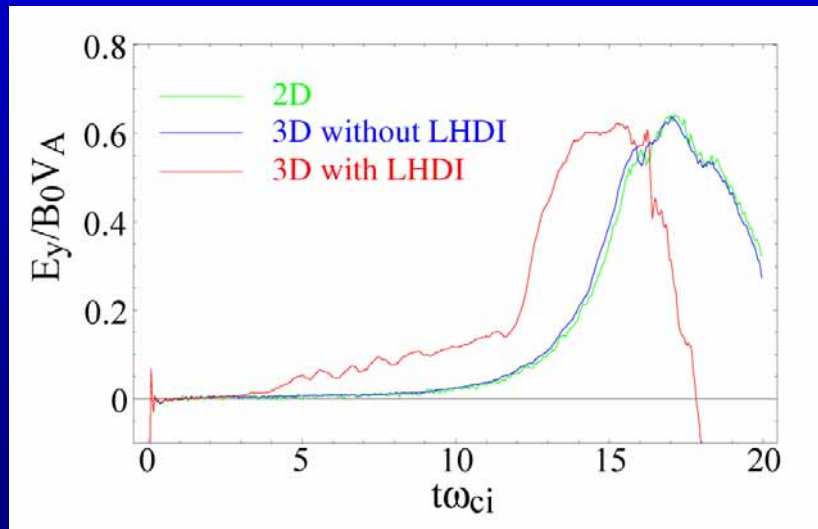
$$k_y \lambda \sim 1$$

# LHDIがTearing instabilityに与える影響

LHDIは電流層を薄くし、電流密度を強化することによって、Tearing instabilityの成長率を上げる効果がある。

[Scholer et al. (2003), Ricci et al. (2004), Shinohara and Fujimoto (2005)]

## Reconnection rate



# Kink-type instabilityと磁気リコネクション

- Drift kink
- Ion-ion kink
- Kelvin-Helmholtz

イオンのドリフトエネルギーを  
自由エネルギーとして励起され  
る

リコネクションを駆動する …… *Scholer et al. (2003)*

リコネクションには影響を与えない …… *Pritchett and Coroniti (2001),  
Karimabadi et al. (2003)*

ローブのプラズマがX-line近傍に流入するにしたがって、イオンのドリフトエネルギーがなくなるので、Kink instabilityは消える。

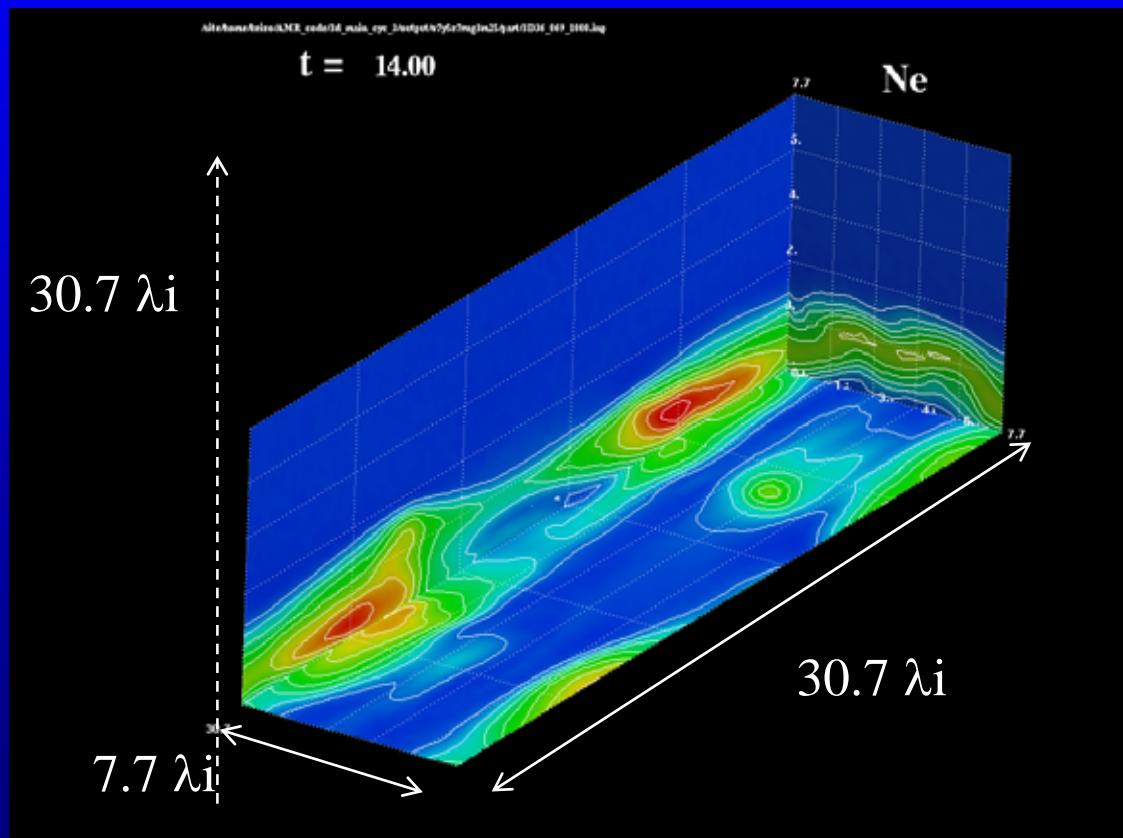
地球磁気圏尾部でKinkした電流層がしばしば観測される。  
(*Runov et al., 2003; 2005; 2006; Sergeev et al., 2006*)

Kinkした電流層でリコネクションが観測された例もある。  
(*Wygant et al., 2005*)

# 計算に用いたシステム

シミュレーションコード:

3次元電磁粒子コード + 適合格子細分化法 (AMR-EMPIC-3D)



$$L_x \times L_y \times L_z$$

$$= 30.7 \lambda_i \times 7.7 \lambda_i \times 30.7 \lambda_i$$

$$m_i/m_e = 25$$

最大解像度:

$$N_x \times N_y \times N_z = 1024 \times 256 \times 1024$$

超粒子の数:

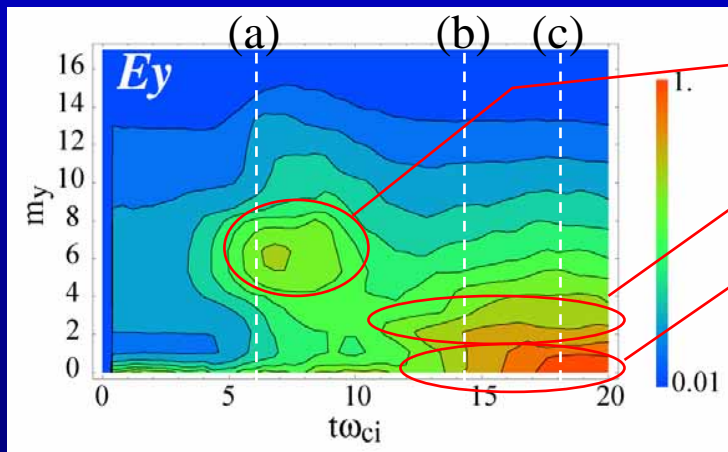
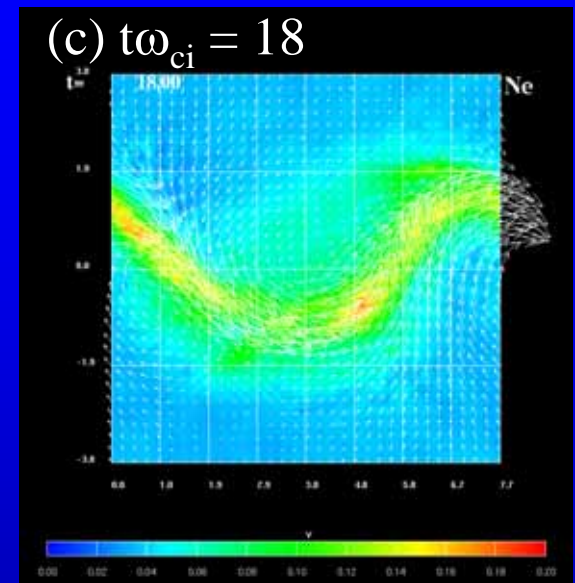
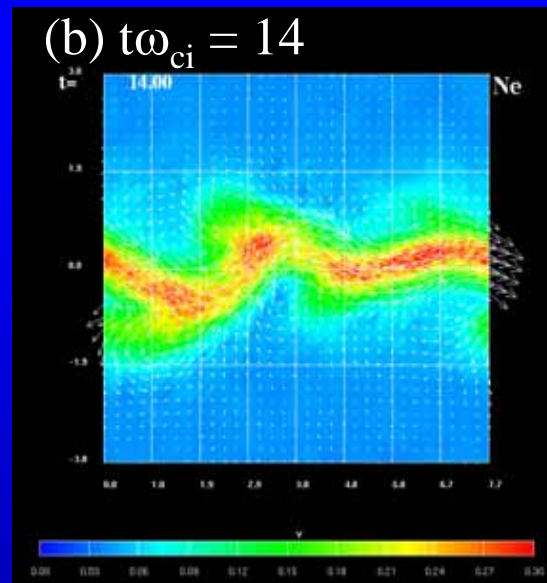
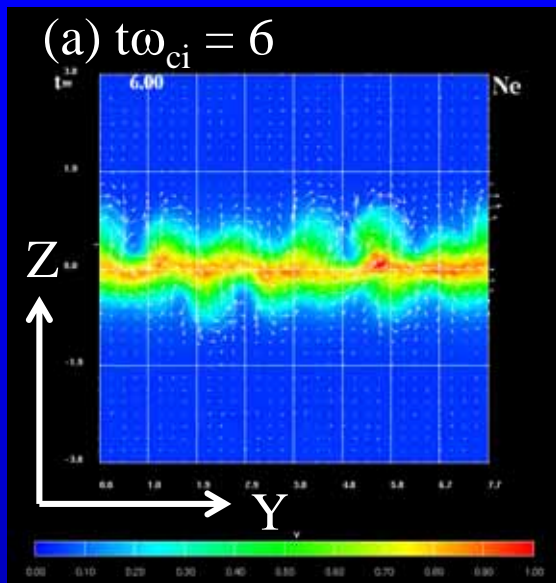
$$< 1.5 \times 10^9$$

スーパーコンピュータ:

Fujitsu PRIMEPOWER HPC2500

(supported by STE研計算機利用共同研究)

# YZ平面における電流層の時間発展



Lower hybrid drift instability (LHDI)

Kink-type instability

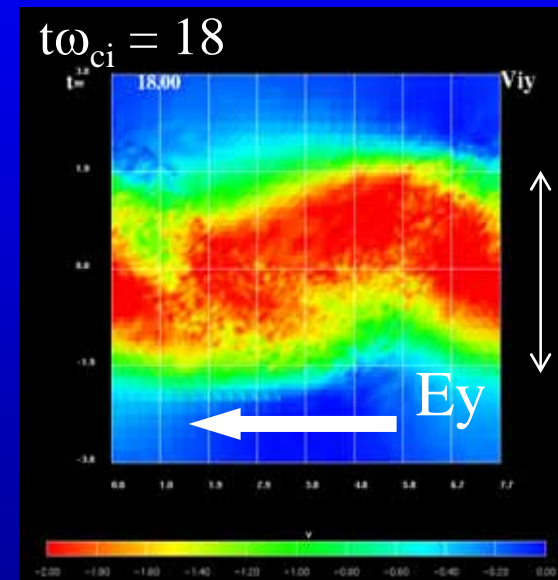
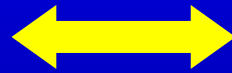
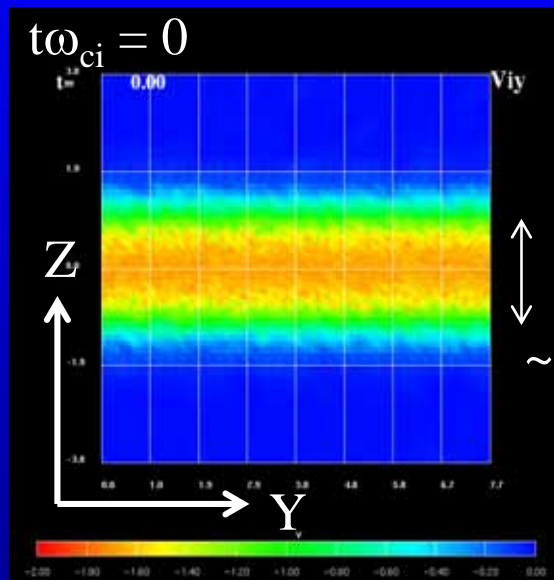
Tearing instabilityに伴う誘導電場

Tearing instabilityが発達しX-line近傍にローブプラズマが流入しているにもかかわらず、Kink instabilityは発達し続ける。

# なぜ Kink instability が維持されるのか？

自由エネルギーは何か？ … イオンのドリフトエネルギー

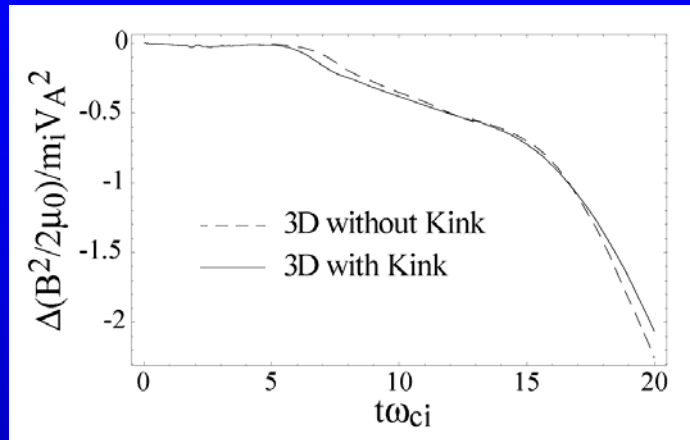
イオンのドリフト速度 ( $V_{iy}$ )



ローブのイオンはTearing instabilityに伴う誘導電場によってY方向に加速される。その結果、Kink instabilityはリコネクションが発達しても維持される。

# Kink-type instabilityと磁気リコネクション

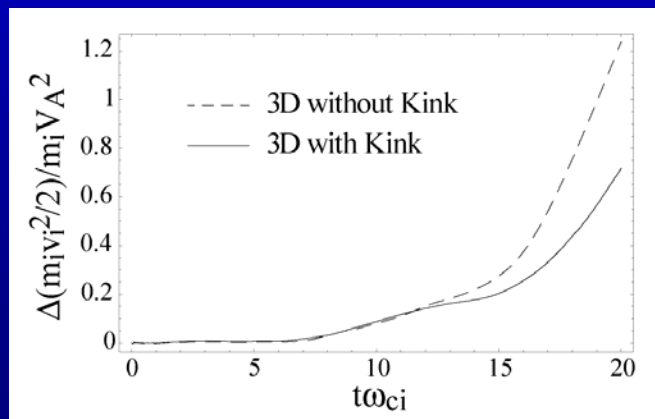
## ➤ 磁気エネルギー [ $\Delta(B^2/2\mu_0)$ ]



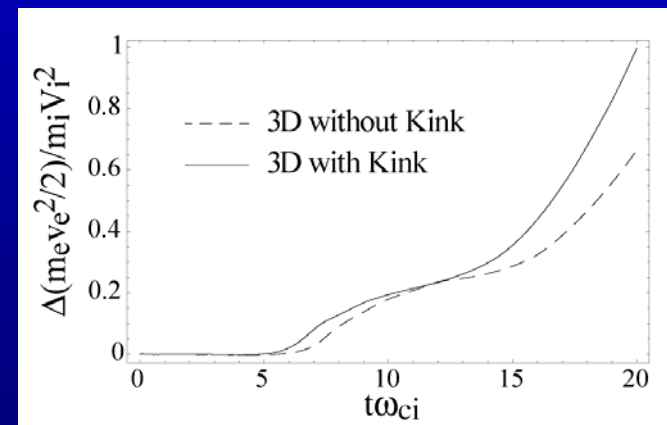
Kink instabilityにはリコネクション過程を促進させるような効果はない。

電子はより強く加速される。

## ➤ イオンエネルギー [ $\Delta(m_i v_i^2/2)$ ]

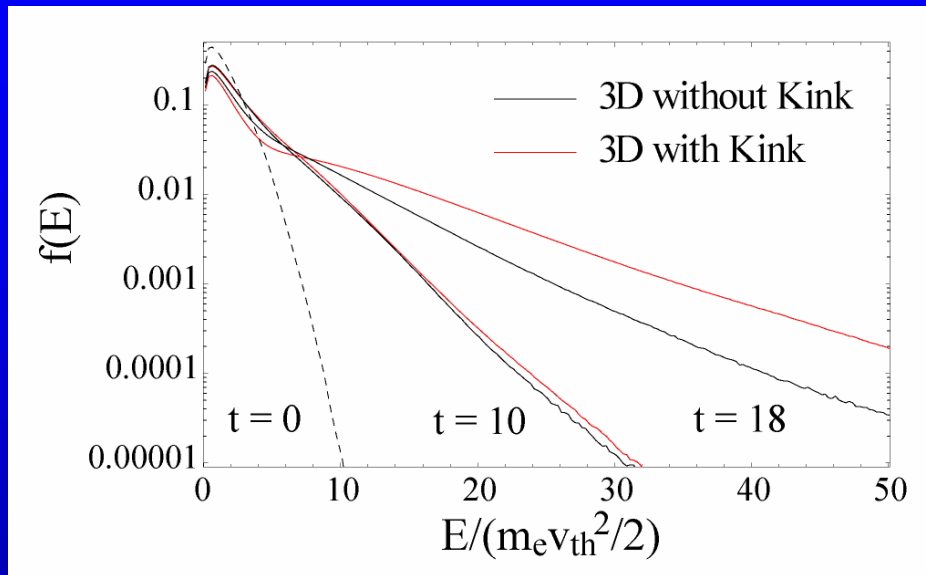


## ➤ 電子エネルギー [ $\Delta(m_e v_e^2/2)$ ]



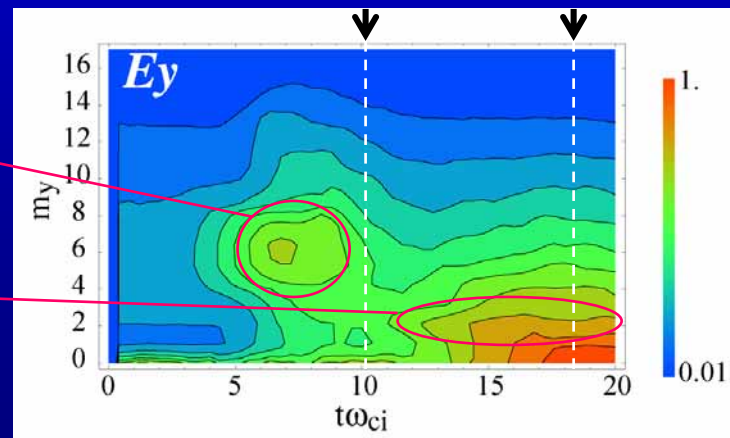


# 電子のエネルギースペクトル



LHDI

Kink



# まとめ

独自に開発した3次元電磁粒子コードを用いて、Kink instabilityが磁気リコネクションに与える影響を調べた。

- Kink instabilityはローブのプラズマがX-line近傍に流入してきても安定化されない。これは、リコネクション電場によってローブのプラズマがy方向に加速され、自由エネルギーが供給されるからである。
- 大局的には、Kink instabilityによって磁気エネルギーの変換効率は変わらない。
- Kink instabilityによって電子が加速されるため、磁気エネルギーの変換過程が変わる。

