

# 磁気島の合体による電子加速の 2次元 PIC シミュレーション

湯村 翼\*, 田中 健太郎, 篠原 育, 藤本 正樹  
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所本部 ISAS / JAXA



## Summary

- ・多数の磁気島の合体による電子加速を調べるために、2次元 PIC シミュレーションを行った。
- ・2次元計算の結果でも、3次元計算で得られた結果によく一致した特徴を示した。
- ・磁気島4個の合体を含む計算では、磁気島2個の合体を含む計算を比較して非常に多くの高エネルギー粒子が生成された。
- ・磁気島の合体を経由することで、x-line付近での加速を引き起こす誘導電場が持続されることが示された。

## Introduction

地球磁気圏尾部には数 100 keV ~ 数 MeV という非常に高いエネルギーを持った電子が存在することが過去の観測によって知られている。これらの高エネルギー電子の起源及び加熱 / 加速機構については完全には解明されていないが、磁気リコネクションが電子加速 / 加熱の重要な役割を担っていることが強く示唆されている。

リコネクション領域での電子加速に関する過去の研究 (e.g., Hoshino 2005) では

- ・surfatron 加速
- ・meandering / Speiser motion
- ・ $\nabla B$  / curvature ドリフト

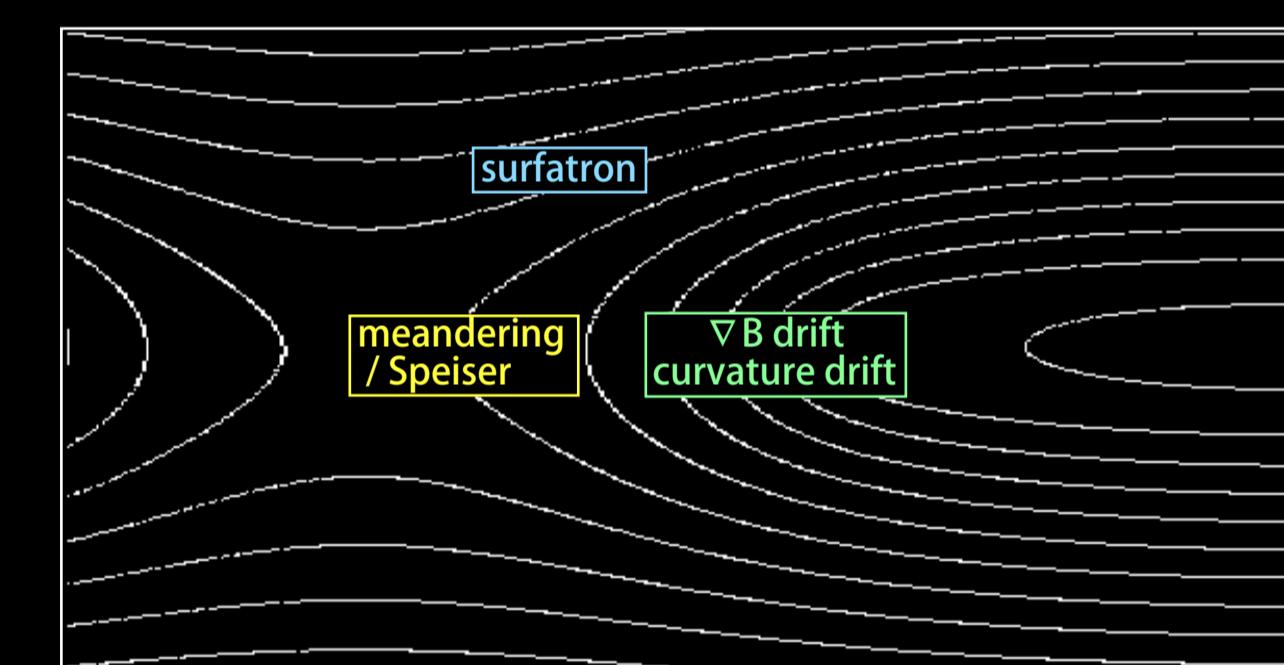


Fig. 1 リコネクション領域における電子加速

によって高エネルギー電子が生成されていると考えられている (Figure 1)。これらに加えて、

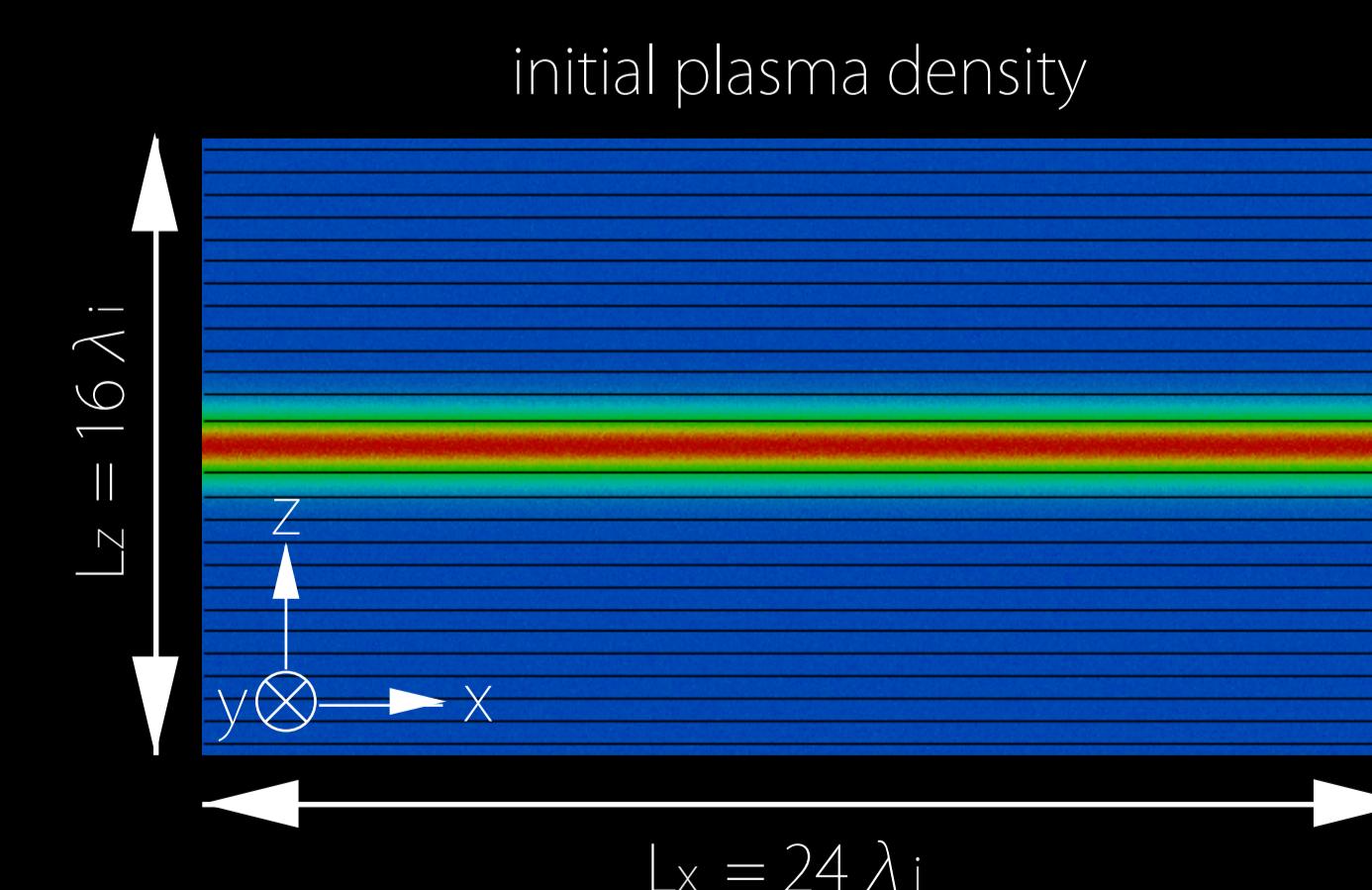
- ・磁気島の合体による加速

が、我々が過去に行った3次元シミュレーションで示された。

## Simulation Model

磁気島の合体による電子加速の詳細を理解するために、2次元 PIC (particle-in-cell) コードを用いて磁気島の合体の過程を含む磁気リコネクションのシミュレーションを行った。シミュレーションに関するパラメータは以下の通りである。

$N_x \times N_z = 1536 \times 1024$
$m_i / m_e = 400$
$D = 0.5 \lambda_i$
$T_{ci} / T_{bo} = 8$
$T_i / T_e = 8$ (at current sheet)
$T_i / T_e = 1$ (at lobe)



初期条件 - Harris 型電流層

$$B_x(z) = B_0 \tanh(z/D) \quad n_{cs}(z) = n_0 / \cosh^2(z/D)$$

境界条件 - x:周期境界, z:固定境界

## Simulation Result

リコネクションが時間発展し磁気島が合体する様子を電子密度のスナップショットで Figure 2 に示す。

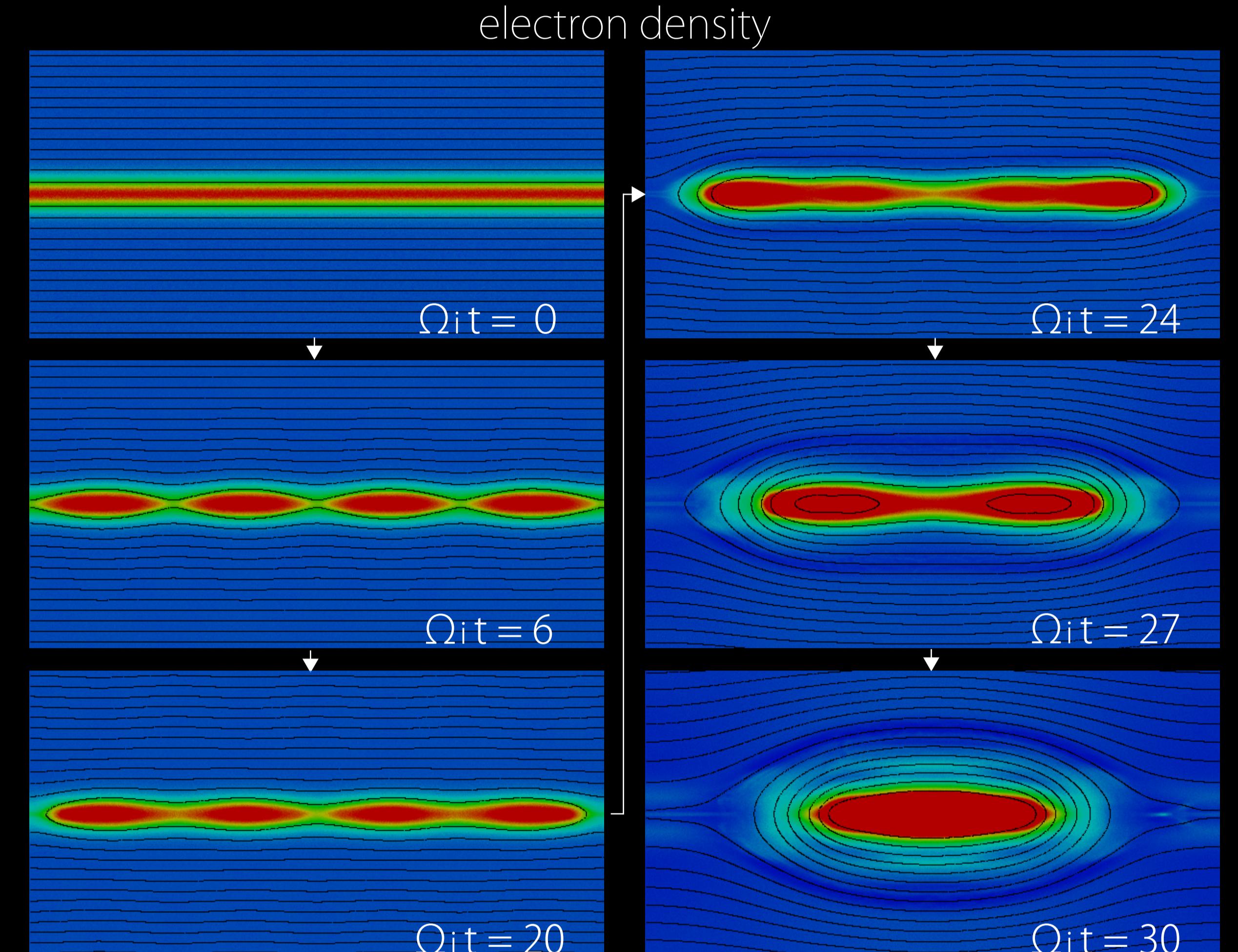


Fig. 2 磁気島の合体過程における電子密度の時間発展

磁気島の合体過程におけるエネルギースペクトルの時間発展を Figure 3 に示す。磁気島の合体前後でスペクトルが大きく変わり、高エネルギー電子が生成されている。

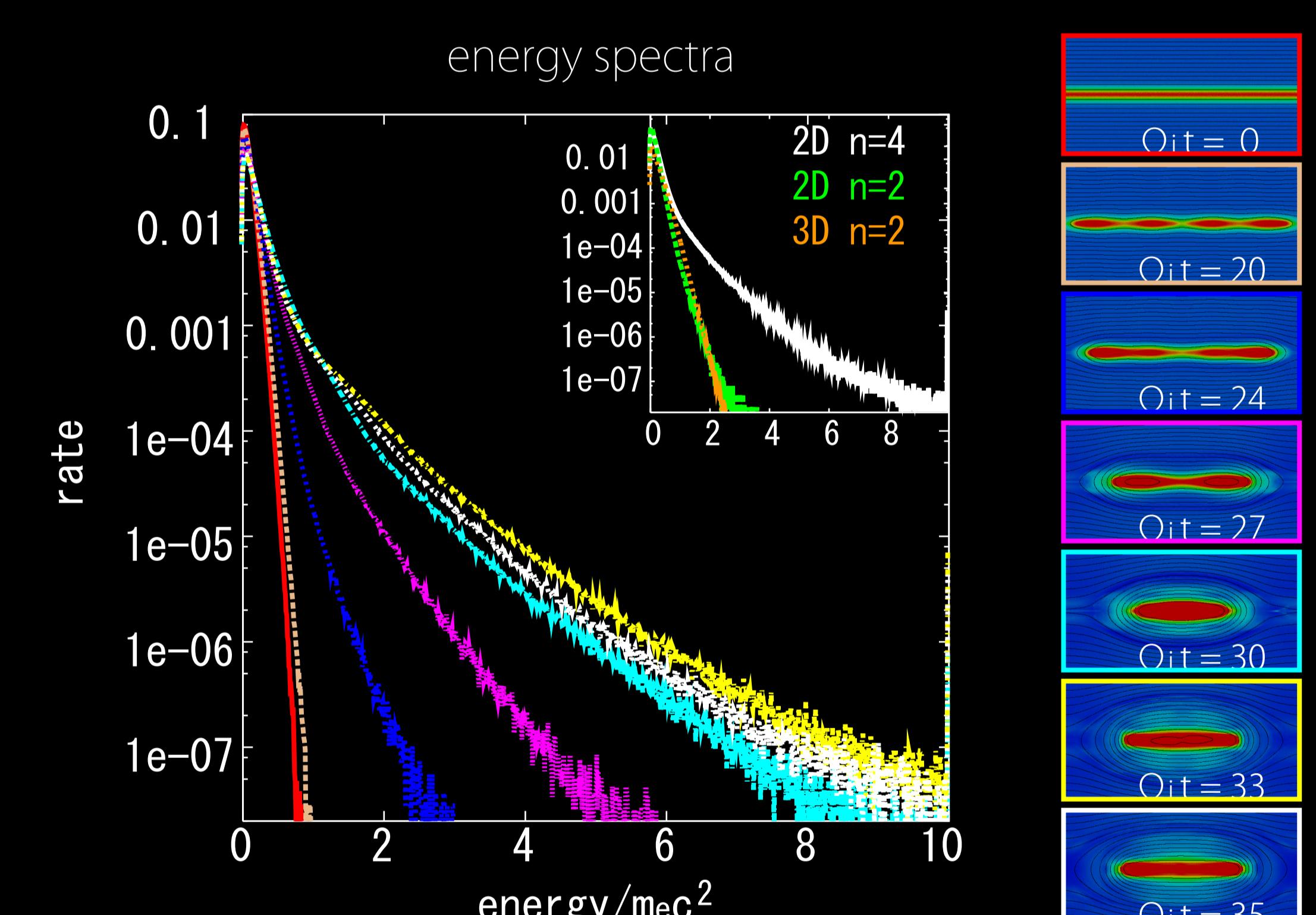


Fig. 3 磁気島の合体過程におけるエネルギースペクトルの時間発展。各スペクトルの色は右側の電子密度のスナップショットの色に対応している。右上は定常状態のスペクトルを比較したものである。

磁場の z 成分の最大値及びの x-point での電場の y 成分の時間発展、及び磁気島合体時の磁気中性線での電場のを Figure 4 に示す。

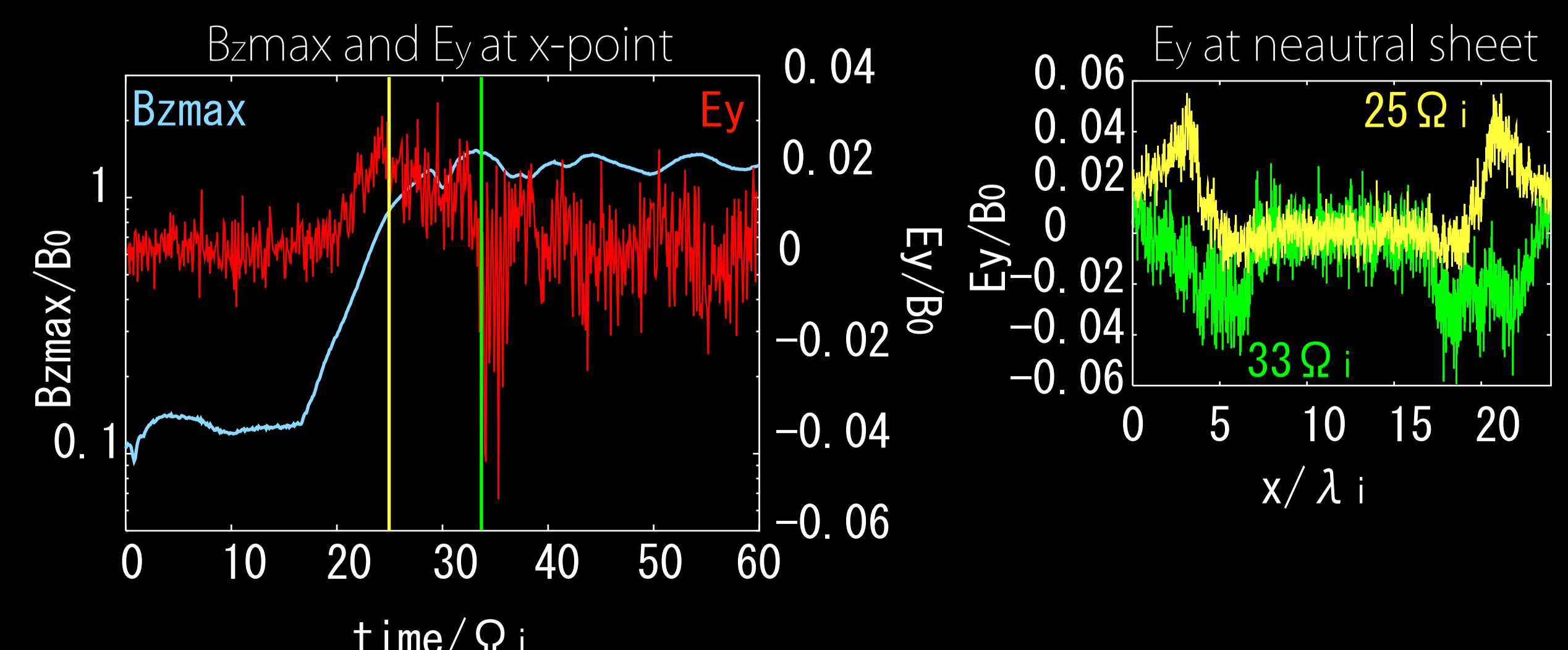


Fig. 4 左図は磁気島の合体過程における電場と磁場の時間発展。縦軸の時刻における磁気中性線での電場の y 成分を右図に示した。