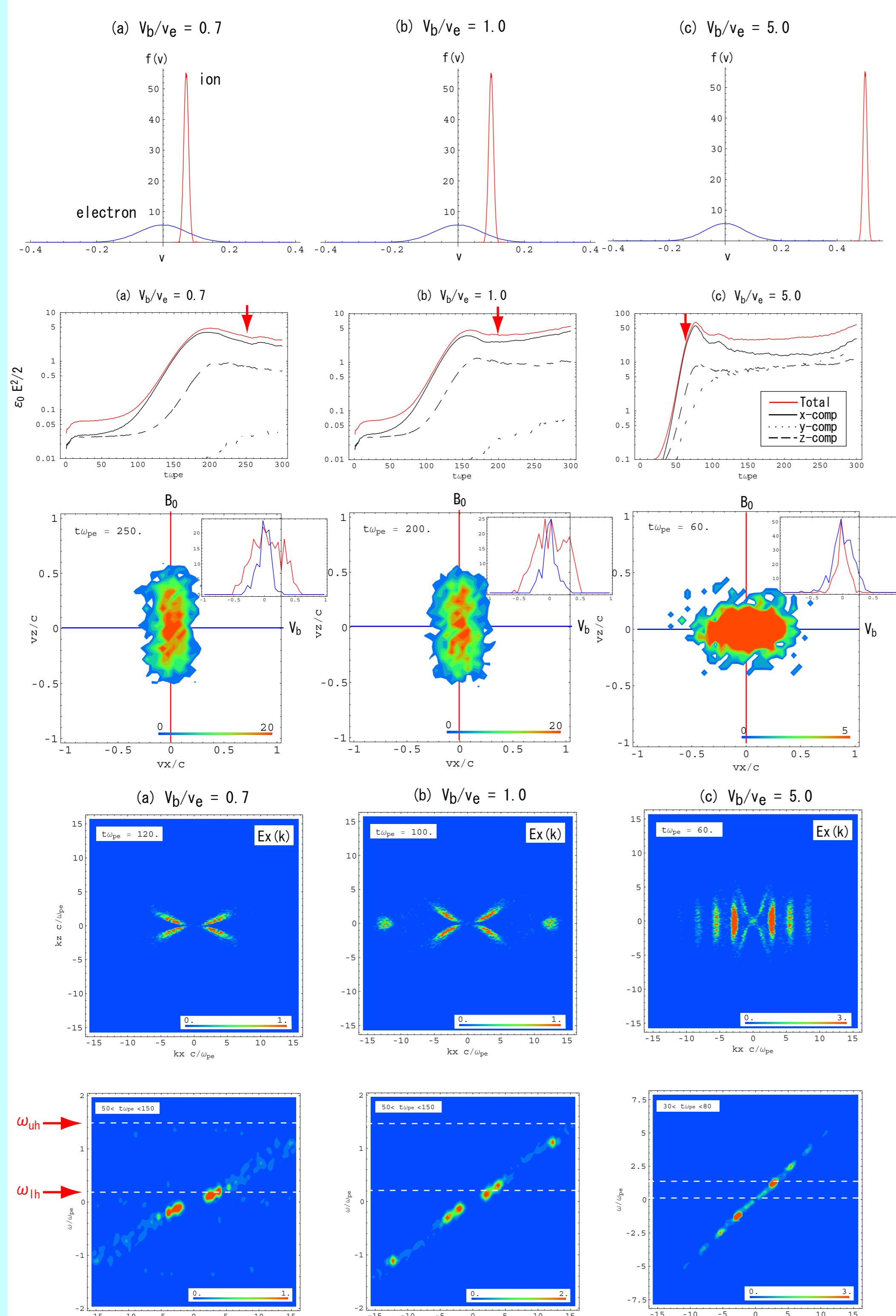
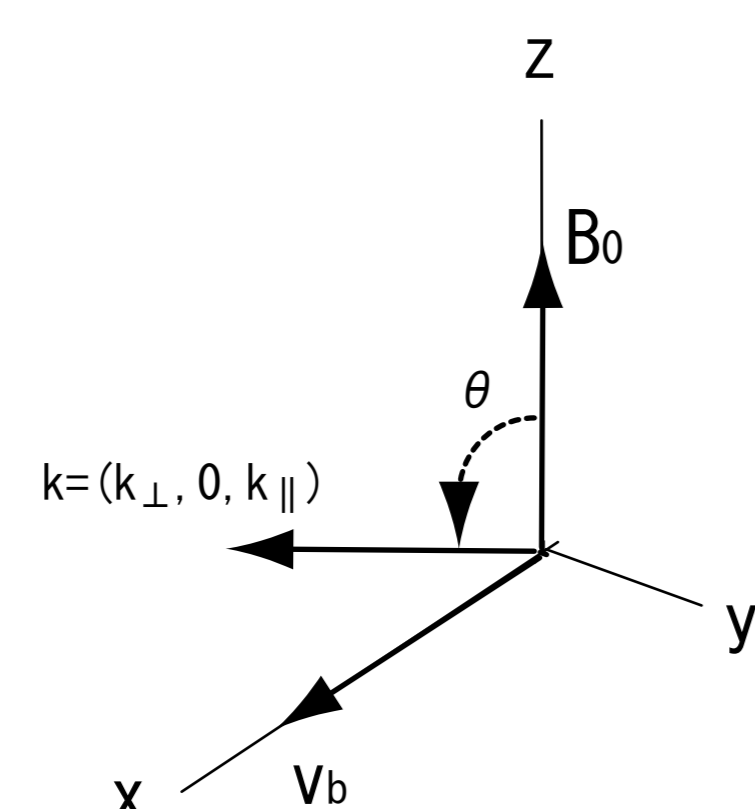


# Electron Cyclotron Drift Instability Excited by Cross-Field Ion Beam

藤本 桂三、町田 忍  
(京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

## Numerical Simulations

- 2次元電磁粒子コード
- 周期境界条件
- $N_x \times N_z = 256 \times 512$ ,  
 $\Delta x = \Delta z = 0.1c/\omega_{pe}$ ,  
36 particles a grid
- $\omega_{ce}/\omega_{pe} = 1$ ,  $T_e/T_i = 1$ ,  
 $m_i/m_e = 100$ ,  $\beta_i = 0.02$



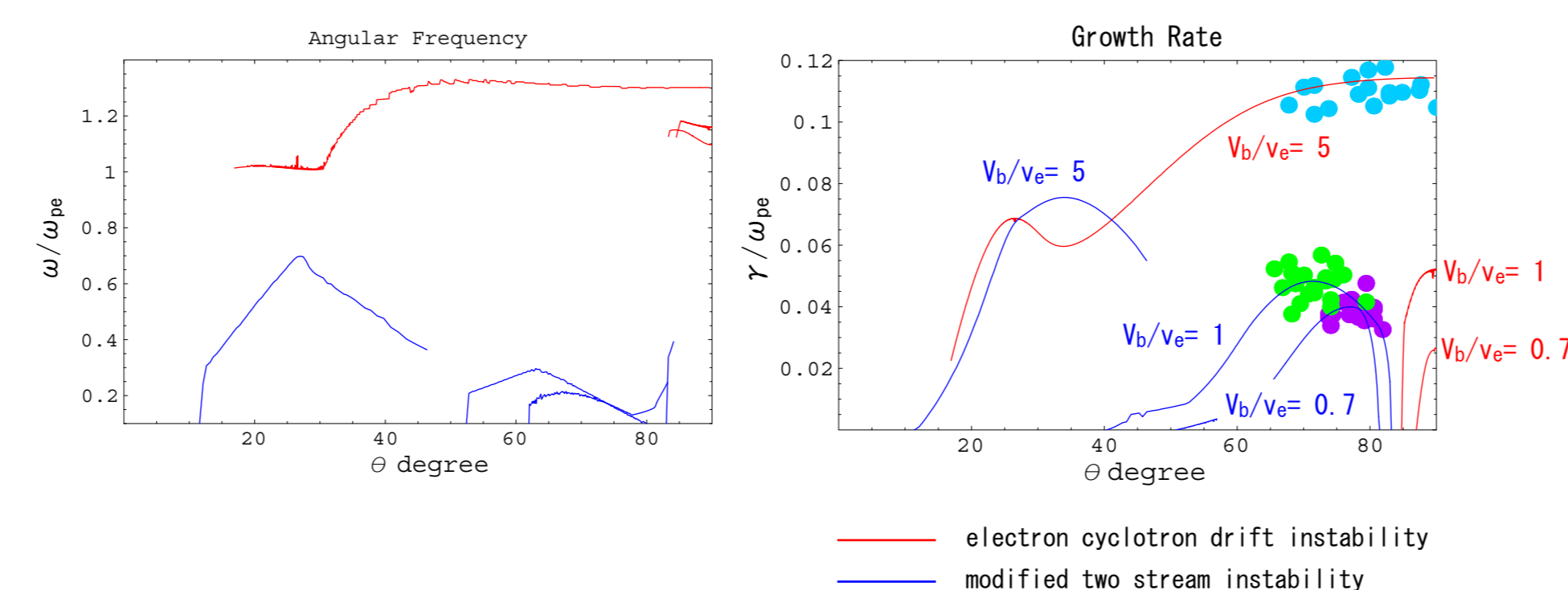
$V_b/v_e < 1$ では低域混成周波数 ( $\omega_{lh}$ ) 帯の波動が卓越  
 $V_b/v_e > 1$ では高域混成周波数 ( $\omega_{uh}$ ) 帯の波動が卓越

## Introduction

磁気再結合領域の中心付近では磁場が弱いために、電子のみが磁化されていてイオンは磁化されていない。このような領域では、電子は $E \times B$ ドリフトによって電子のAlfven速度まで加速が可能になると考えられる。そこで、本研究ではこのようなSuper Alfvenicな高速電子ビームが磁力線を横切る場合に励起される不安定性について調べることにした。この問題は、電子ビーム系で考えると、一様電場の無い空間でSuper Alfvenicな高速イオンビームが磁力線を横切る場合に励起される不安定性を調べることに等価である。

## Linear Theory

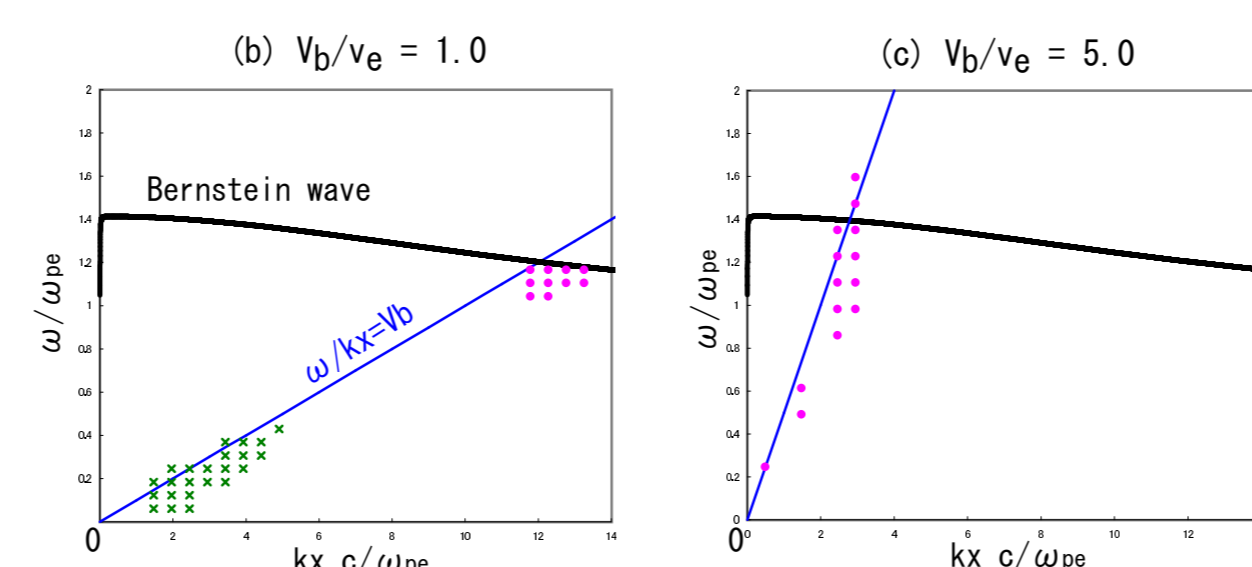
### Generalized Dispersion Relation



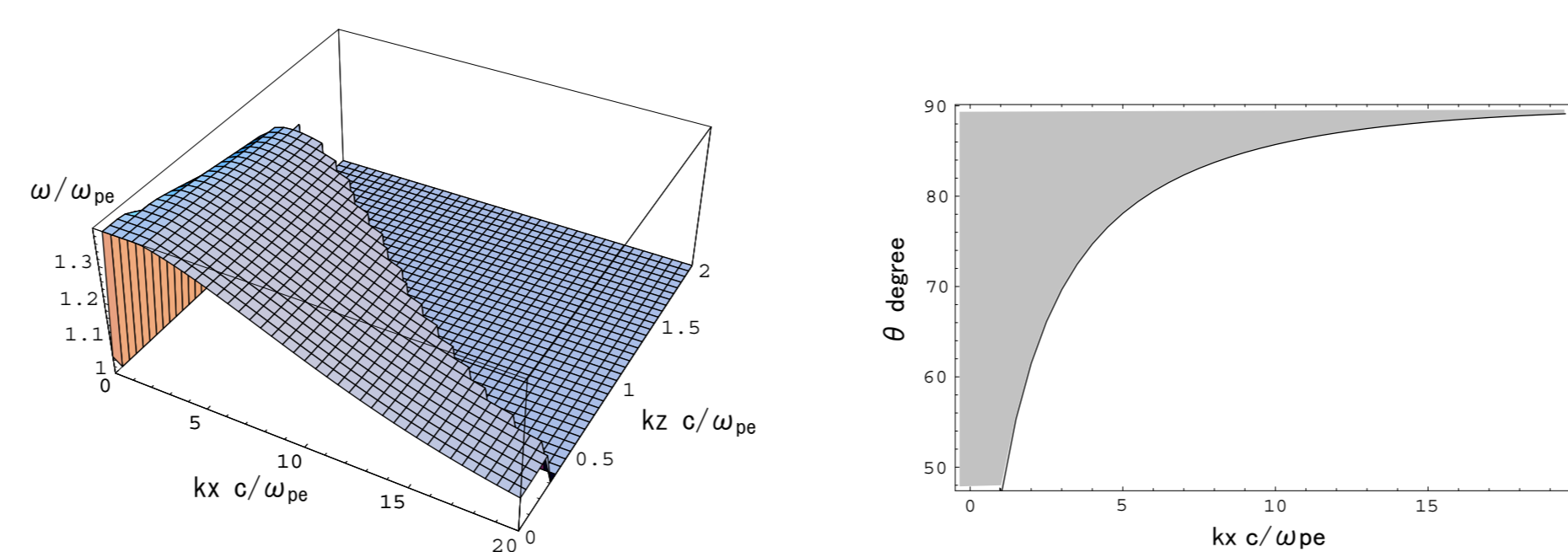
- $V_b/v_e < 1$ ではMTSI、 $V_b/v_e > 1$ ではECDIが卓越
- $V_b$ の増加とともにECDIの励起領域が広がる

### Mechanism of ECDI

ビームイオンによる電子バースタイン波の逆ランダウ減衰 (Forslund et al., 1970)



### Mechanism of ECDI broadening



電子バースタイン波の伝播特性で説明できる

## Conclusion

- $V_b/v_e < 1$ では modified two stream instability (MTSI)、 $V_b/v_e > 1$ では electron cyclotron drift instability (ECDI)がそれぞれ卓越する。
- ECDIはビーム速度が増加するにつれて励起領域が広がる。
- 電磁的効果によって MTSI は安定化するが ECDI は不安定化する。
- 高速ビーム領域では ECDI が大きな異常抵抗を発生させる。

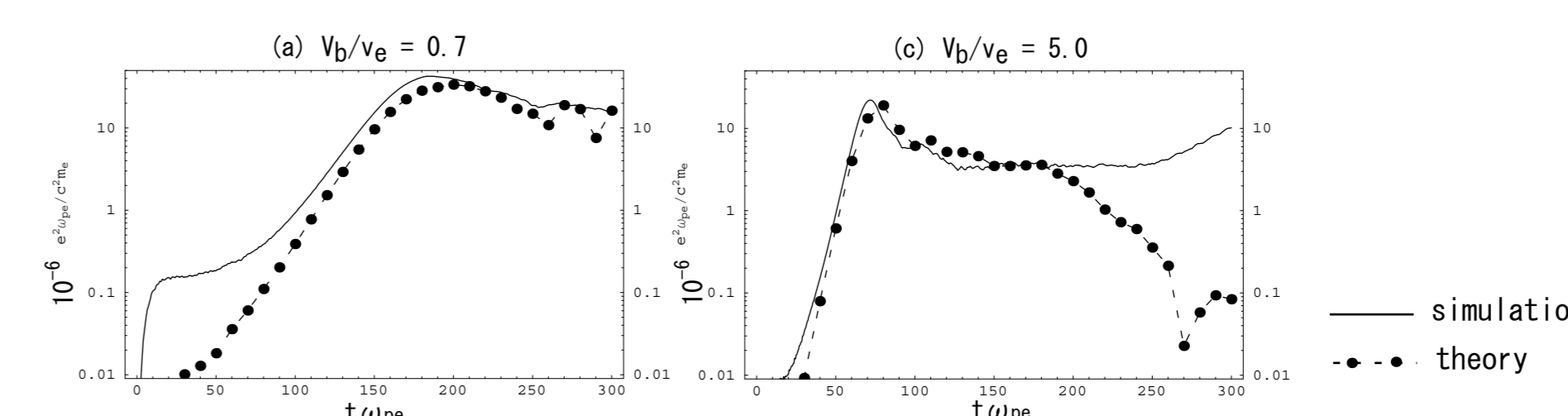
## Quasilinear Theory (Anomalous Resistivity)

$$\eta = -\frac{1}{\epsilon_0 \omega_{pi}^2} \frac{e < \delta N_i \delta E >}{N_i m_i (U_i - U_e)} \rightarrow \text{シミュレーション結果}$$

$$\eta = -\frac{1}{\epsilon_0 \omega_{pi}^2} \int_{-\infty}^{\infty} dk \frac{\mathcal{E}_k \mathcal{S}[k \chi_i(\mathbf{k}, \omega(\mathbf{k}))]}{N_i m_i (U_i - U_e)} \rightarrow \text{理論値}$$

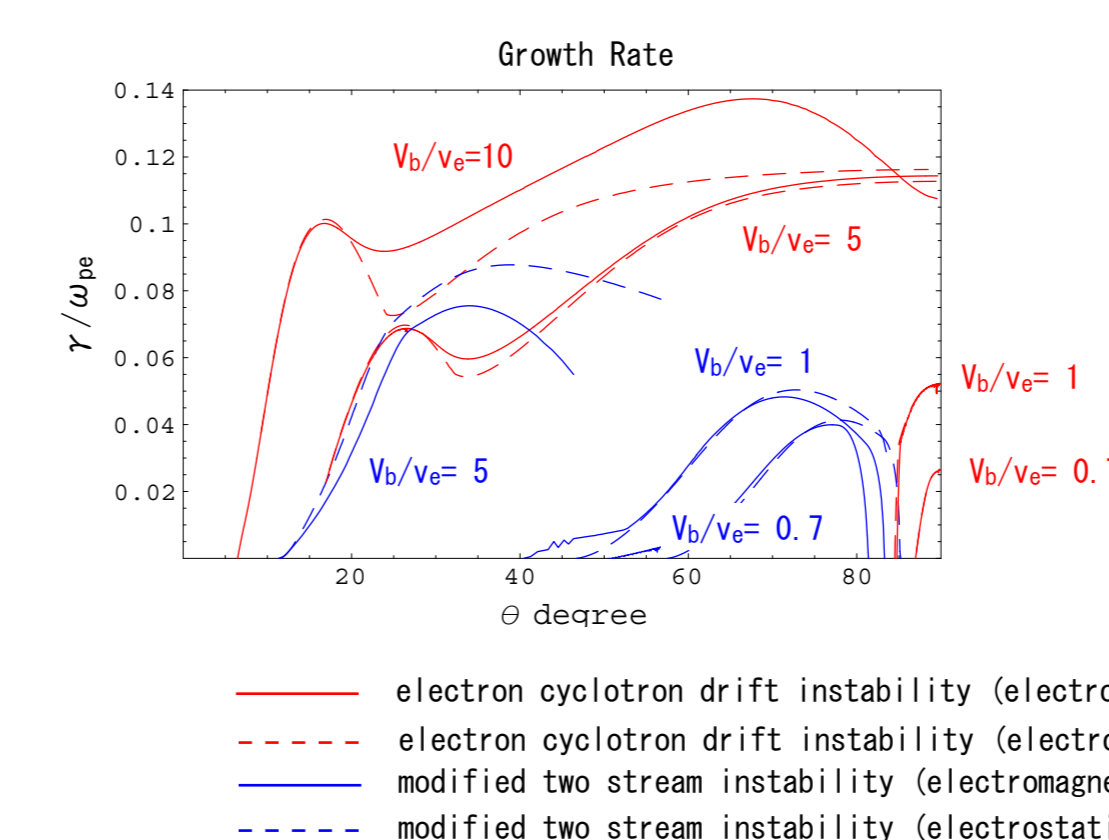
$$\mathcal{E}_k = \frac{\epsilon_0 |\delta E(\mathbf{k})|^2}{8\pi^2 L_x L_z}$$

$$\chi_i(\mathbf{k}, \omega) = \frac{2\omega_{pi}^2}{k^2 v_i^2} [1 + \xi_i Z(\xi_i)]$$



- 理論値とシミュレーション結果が良く一致している
- ECDIによる異常抵抗はMTSIと同程度に大きい

## Electromagnetic Effects



MTSIは安定化するが ECDIは不安定化する