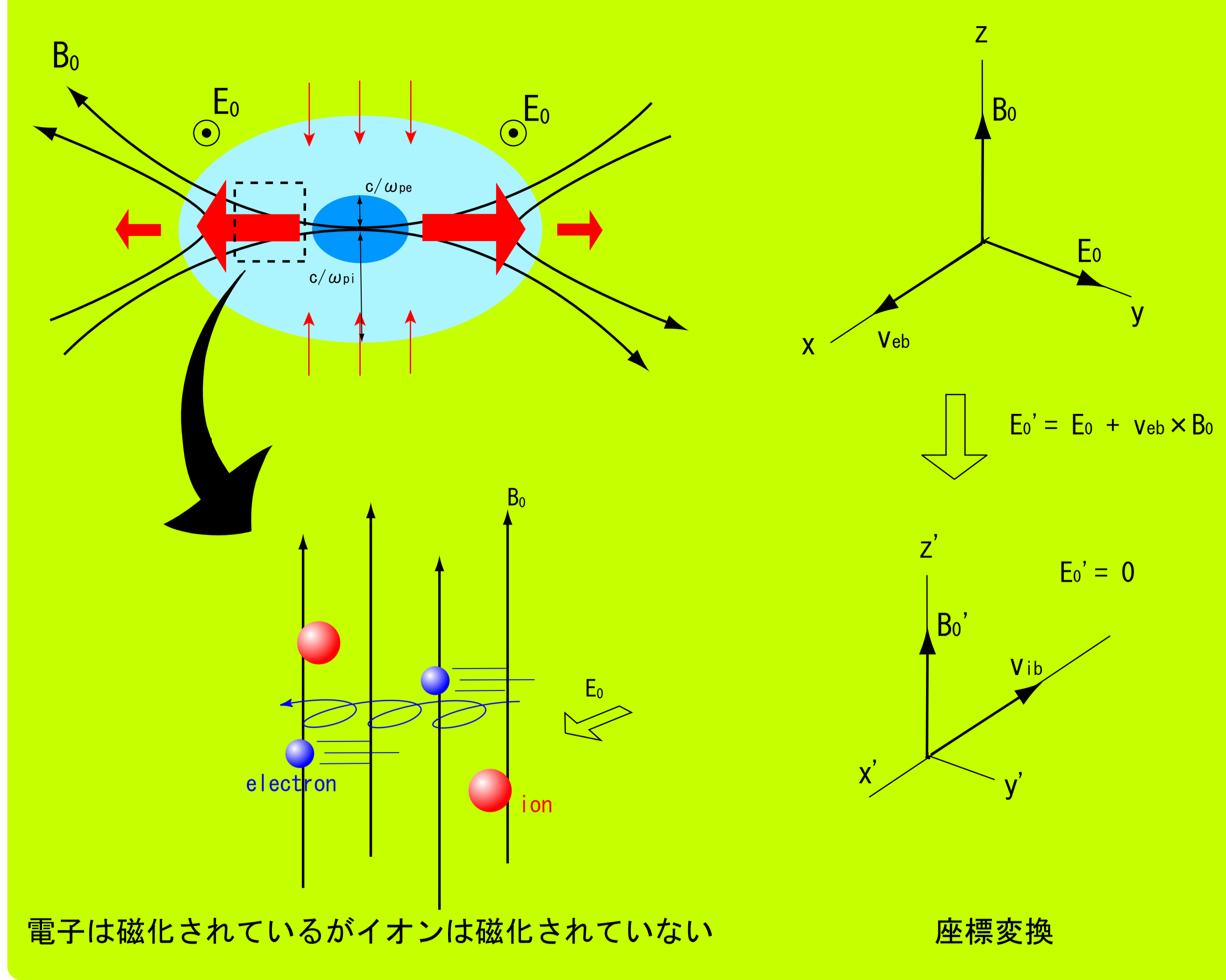


Nonlinear Evolution of Unstable Waves Excited by Cross-field Ion Beam

藤本 桂三、 町田 忍 (京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

<< Motivation >>



<< Summary >>

磁力線を横切るイオンビームによって励起される不安定波動について調べた。その結果、 $V_b/V_A = 1.5$ を境にして励起される波動モードが異なることが分かった。

- $V_b/V_A < 1.5$... 変形2流体不安定性の励起
周波数は ω_{UH} 程度
位相の伝播方向は磁力線にほぼ垂直 ($\theta = 76^\circ$)
電子は磁力線に平行な方向に加熱
- $V_b/V_A > 1.5$... ?
周波数は ω_{UH} 程度
位相の伝播方向は磁力線にほぼ垂直 ($\theta = 81^\circ$)
電子は磁力線に垂直な方向に加熱

今回のシミュレーションでは低域混成周波数帯の波動を的確に再現できていない可能性もある。

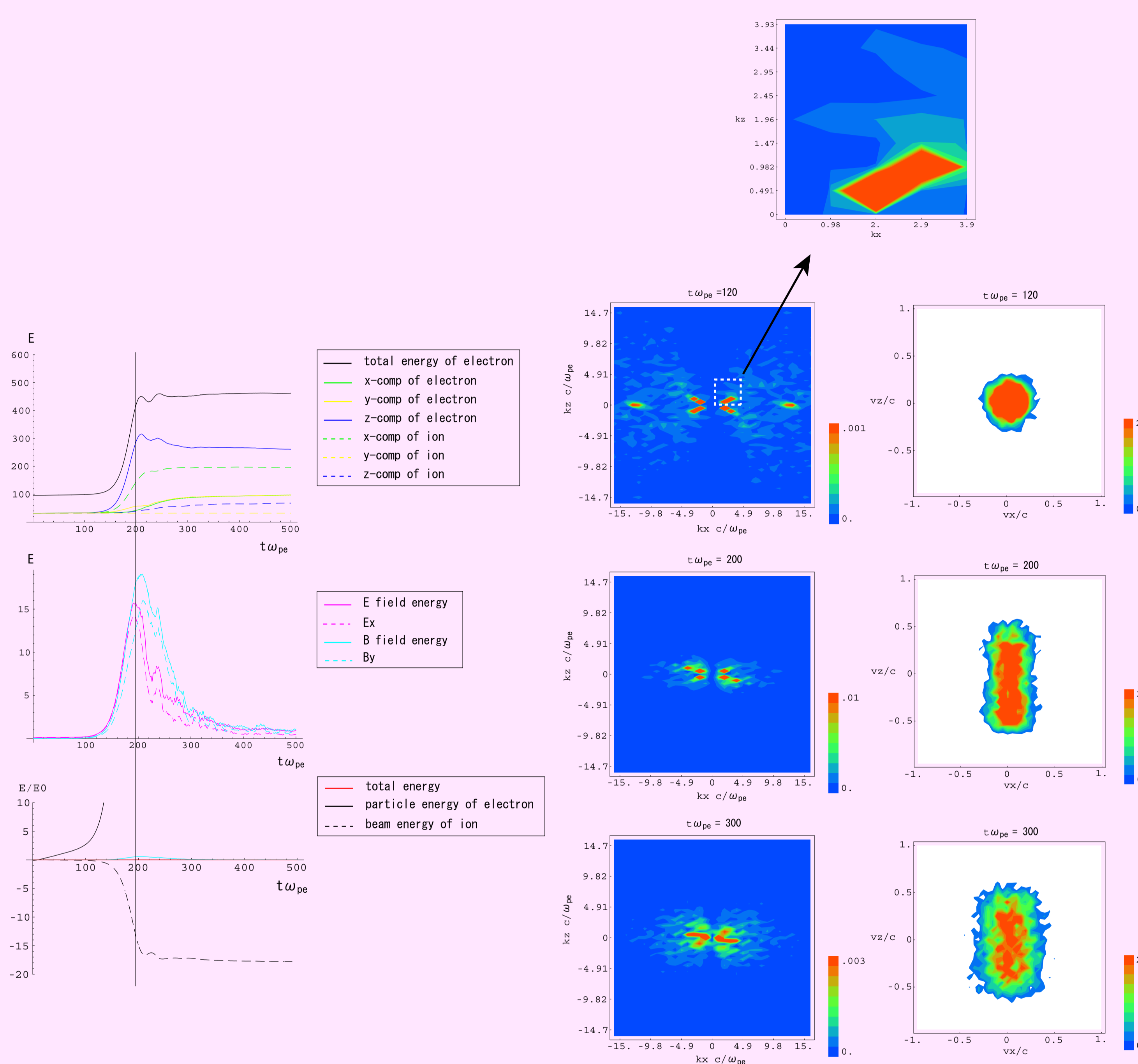
<< Study in the Future >>

- $V_b/V_A > 1.5$ に励起される不安定波動を特定する。
物理的に意味のあるものなのか？数値的なエラーなのか？
- より現実的なパラメータを用いる。
 $\beta_i \rightarrow 1.0$, $m_i/m_e \rightarrow 1800$

<< Simulation Results >>

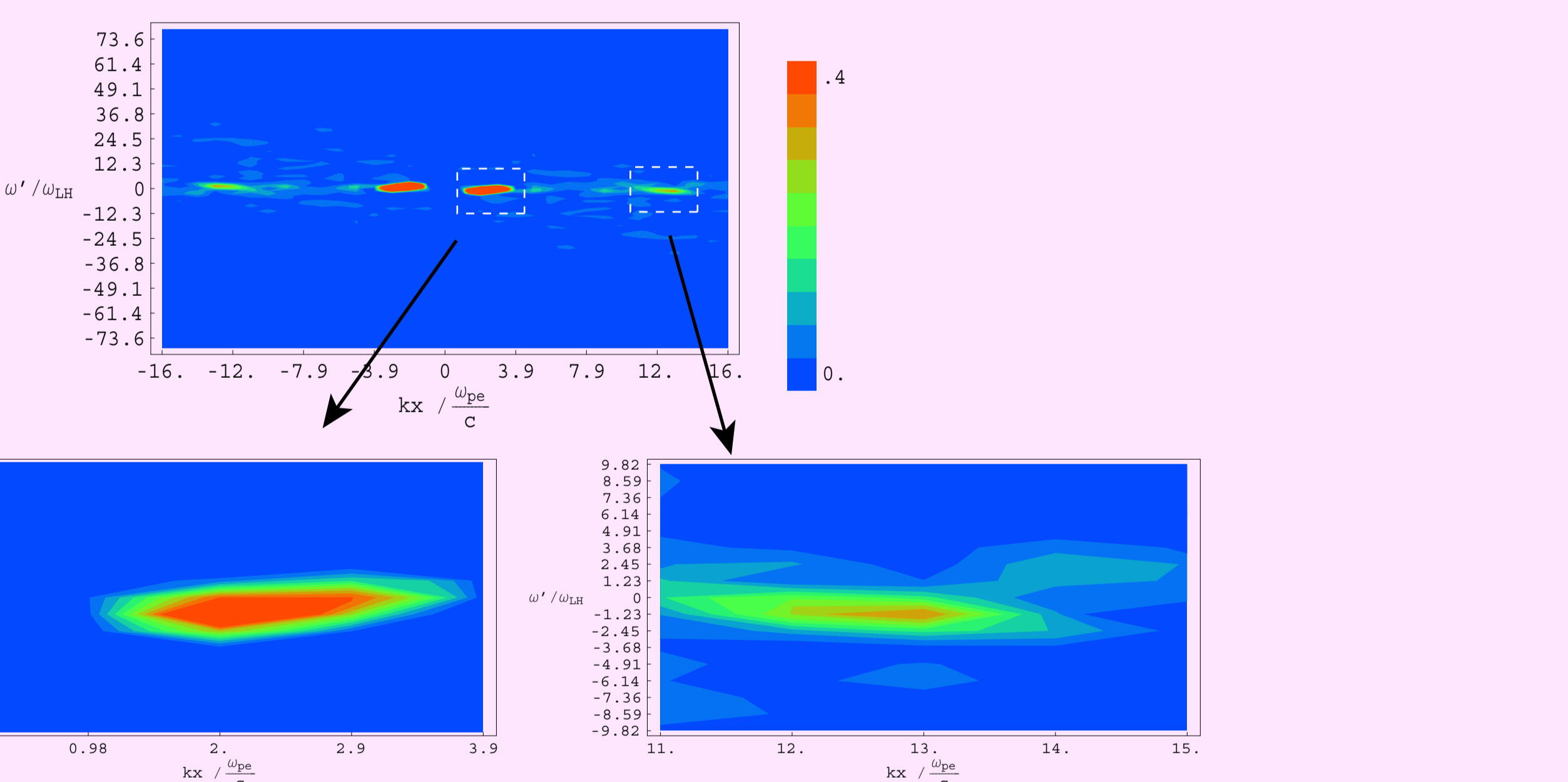
Simulation 1

$\omega_{ce}/\omega_{pe} = 1.$, $T_e/T_i = 1.$, $\beta_i = 0.02$, $m_i/m_e = 100$, $V_b/V_A = 1.$

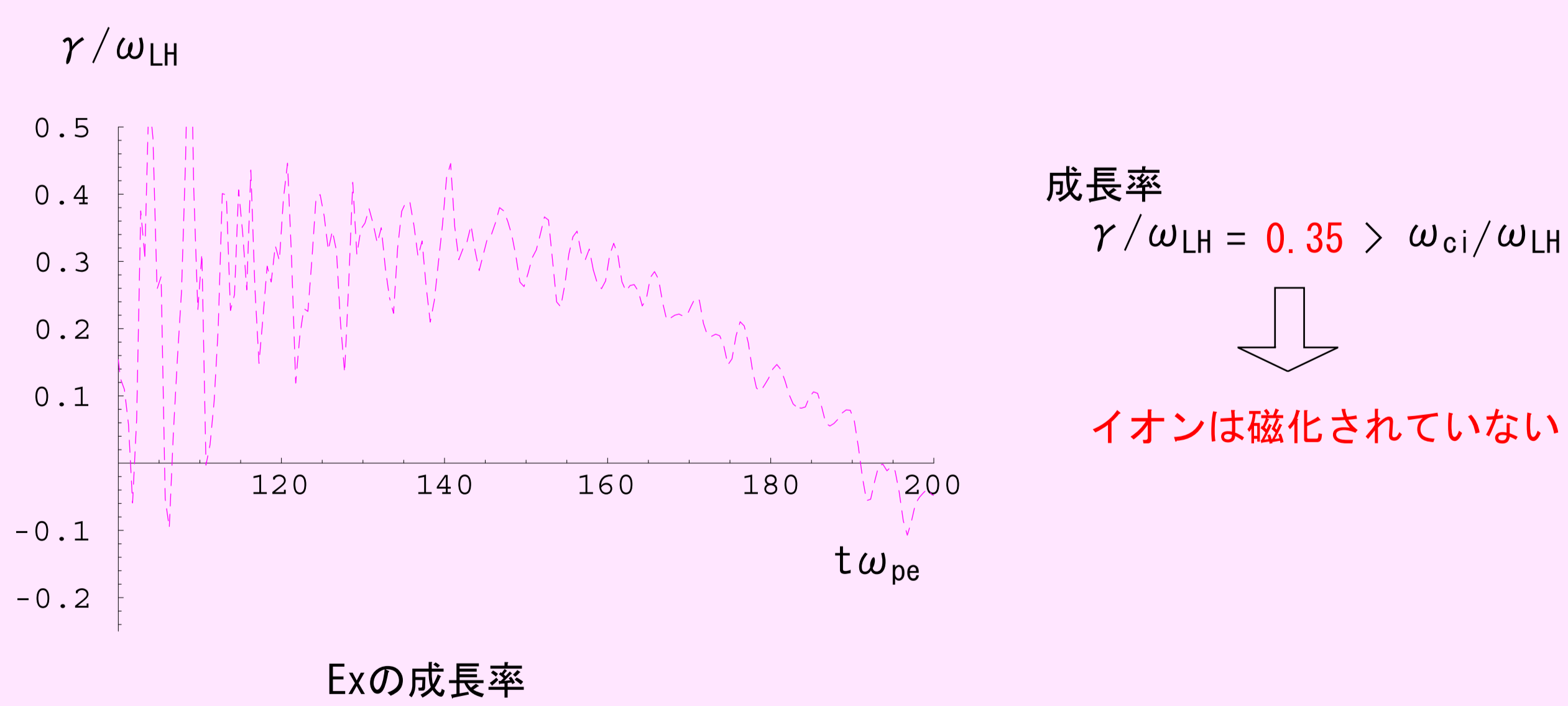


上から粒子のエネルギー、場のエネルギー
初期エネルギーとの比(%)
→エネルギーの保存は成り立っている

Exの波数スペクトルと電子の分布関数
→位相の伝播は磁力線にほぼ垂直
電子の加熱は磁力線に平行

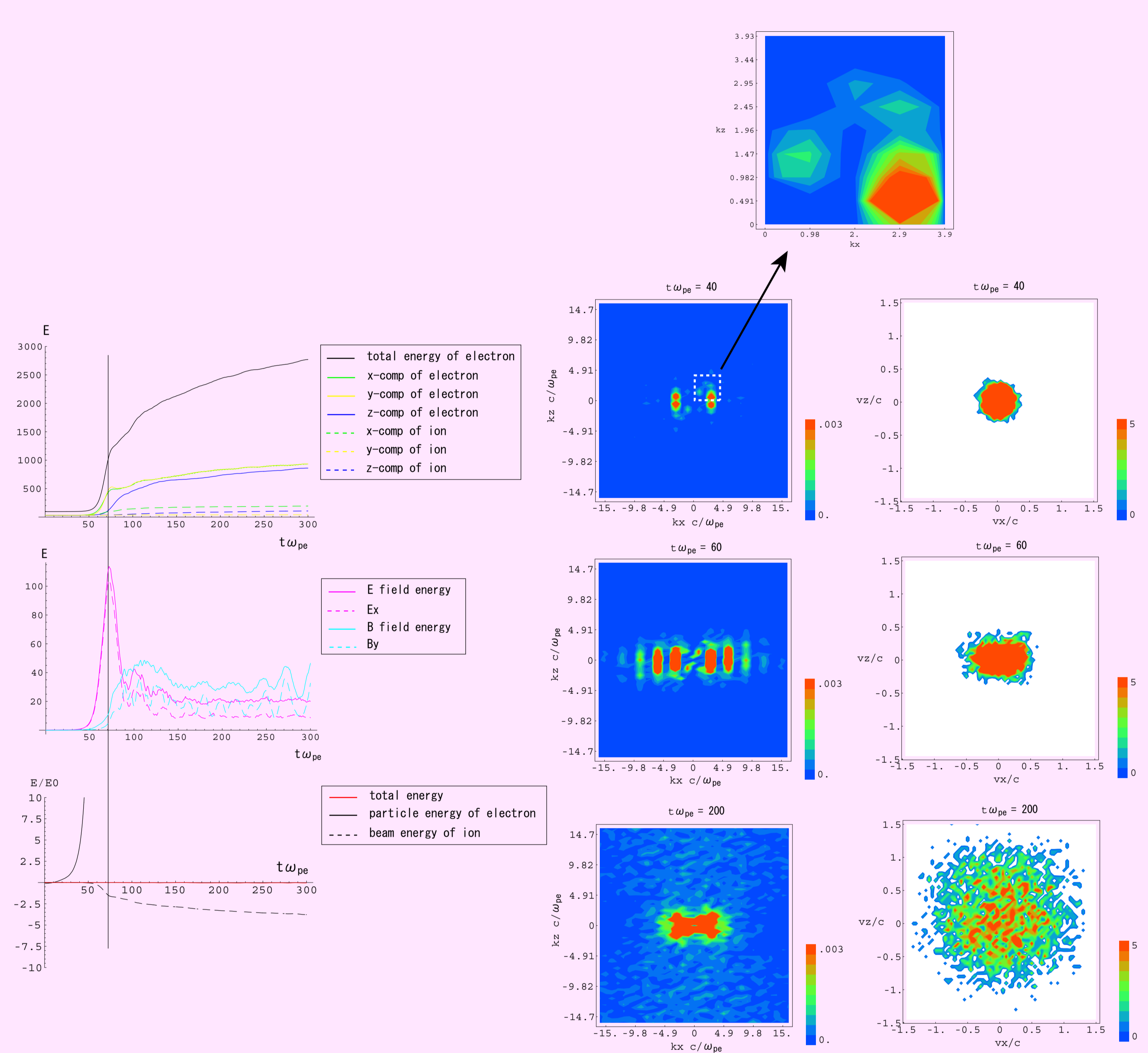


シミュレーションの初期 ($100 < t\omega_{pe} < 150$) における周波数スペクトル ($\omega' = \omega - k_x V_{ib}$) → 低域混成周波数帯



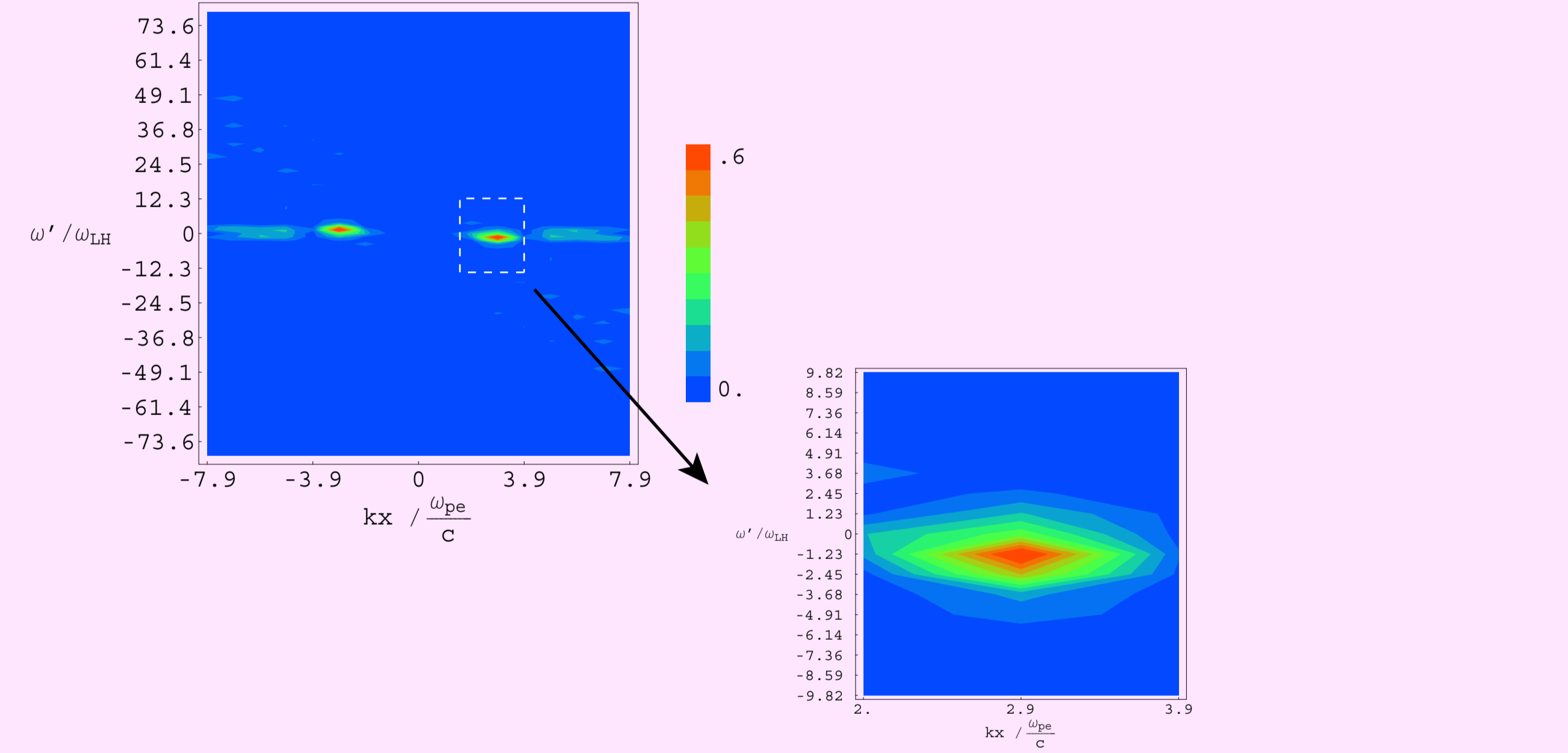
Simulation 2

$\omega_{ce}/\omega_{pe} = 1.$, $T_e/T_i = 1.$, $\beta_i = 0.02$, $m_i/m_e = 100$, $V_b/V_A = 5.$



上から粒子のエネルギー、場のエネルギー
初期エネルギーとの比(%)
→エネルギーの保存は成り立っている

Exの波数スペクトルと電子の分布関数
→位相の伝播は磁力線にほぼ垂直
電子の加熱は磁力線に垂直



シミュレーションの初期 ($0 < t\omega_{pe} < 50$) における周波数スペクトル ($\omega' = \omega - k_x V_{ib}$) → 低域混成周波数帯



波動モードは、 $V_b/V_A = 1.5$ を境にして異なっている

<< Linear Theory >>

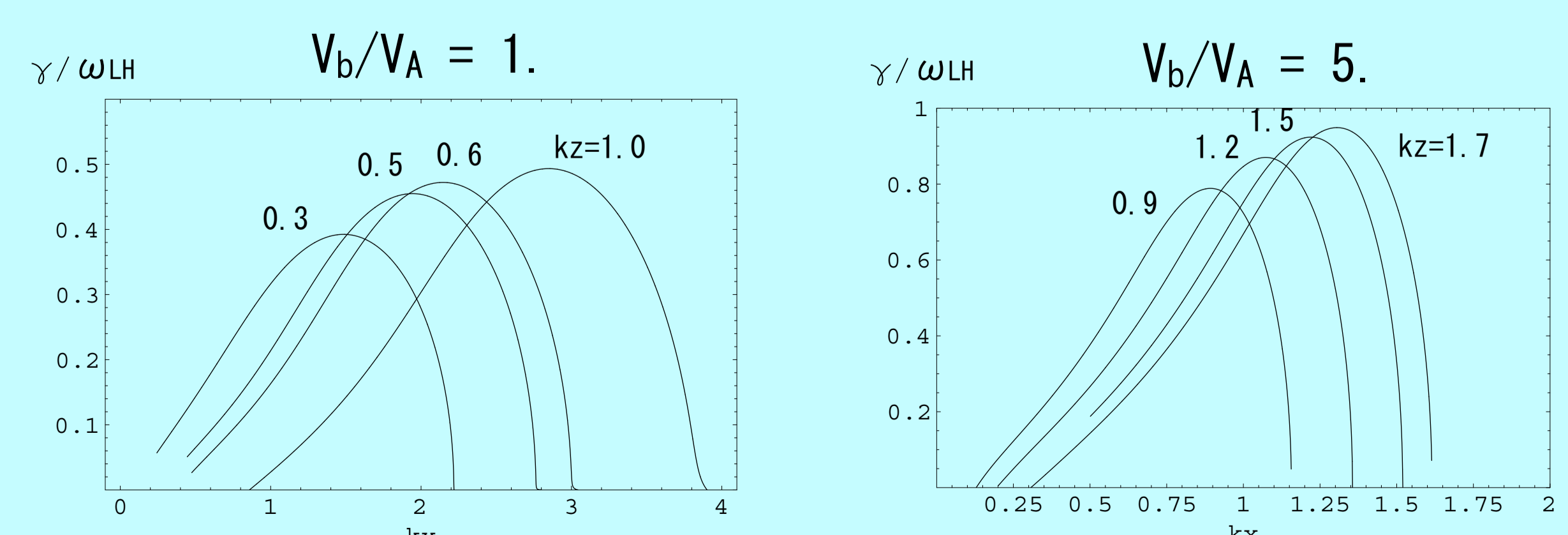
「電子は磁化されているがイオンは磁化されていない」という条件のもとで成り立つ分散関係式 (Wu et al., 1983)

$$1 + \frac{2\omega_e^2}{k^2 v_e^2} [1 + \zeta_i Z(\zeta_i)] + \frac{2\omega_e^2}{k^2 v_e^2} (1 - \Phi_3) - \frac{4\omega_e^4}{k^2 c^2 v_e^2} \left\{ -\frac{4\omega_e^2/c^2 k^2 \Phi_2 \Phi_3 \Phi_0 + \Phi_1^2 [1 + (2\omega_e^2/c^2 k^2) \Phi_1] + \Phi_2^2 [1 + (2\omega_e^2/c^2 k^2) \Phi_0]}{[1 + (2\omega_e^2/c^2 k^2) \Phi_0] + [2\omega_e^2/c^2 k^2] \Phi_1} - \frac{4\omega_e^4/c^2 k^4}{[1 + (2\omega_e^2/c^2 k^2) \Phi_0]} \right\} = 0$$

$$\Phi_1 = -\zeta Z(\zeta) \mu e^{-\mu} (I_0 - I_1), \quad \Phi_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \zeta Z(\zeta) \sqrt{\mu} e^{-\mu} (I_0 - I_1), \quad \Phi_3 = -\zeta Z(\zeta) e^{-\mu} I_0$$

$$\Phi_4 = -\zeta [1 + \zeta Z(\zeta)] e^{-\mu} I_0, \quad \Phi_5 = \frac{1}{\sqrt{2}} [1 + \zeta Z(\zeta)] \sqrt{\mu} e^{-\mu} (I_0 - I_1), \quad \Phi_6 = -\zeta^2 [1 + \zeta Z(\zeta)] e^{-\mu} I_0$$

$$\zeta = \frac{\omega}{k v_e}, \quad \mu \approx \frac{k_x^2 v_e^2}{2\Omega_e^2}, \quad \zeta_i = \frac{\omega - k_x V_0}{k v_i}$$



成長率が最大となる波数とシミュレーションで励起される波数がほぼ一致する。

成長率が最大となる波数とシミュレーションで励起される波数が一致しない。