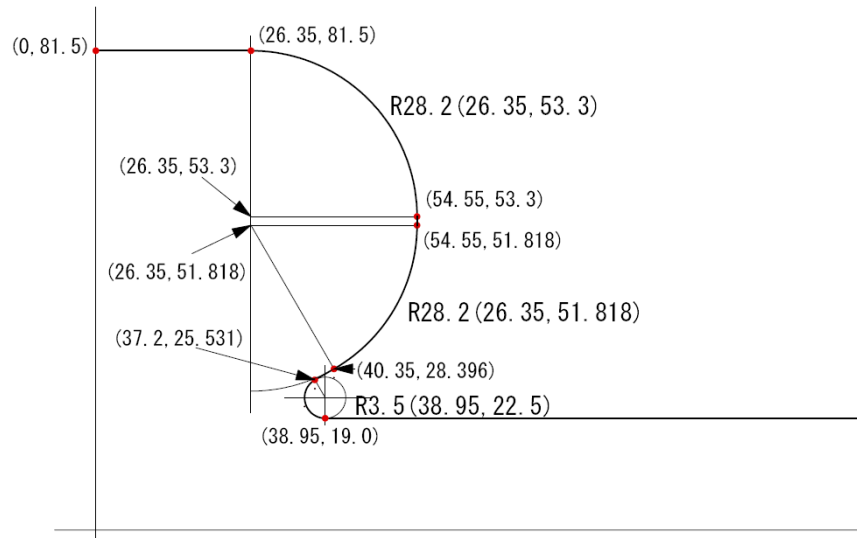


# バンチャー空洞による 横方向キックの検討 (片側チューナーの影響)

坂中章悟、高橋毅 (KEK)

2009/07/23 第39回ERLビームダイナミクスWG

## 検討中のバンチャー空洞（形状は今後変更される）



SuperFish1による計算結果

$$f_0 = 1300.6 \text{ MHz}$$

$$Q_0 = 24309.5$$

$$R_{sh}/Q = 242 \quad (\beta=1)$$

$$R_{sh}/Q = 200 \quad (\beta=0.863; 500 \text{ keV})$$

Qの低下を10%程度とすると、

$$Q_0 = 21800$$

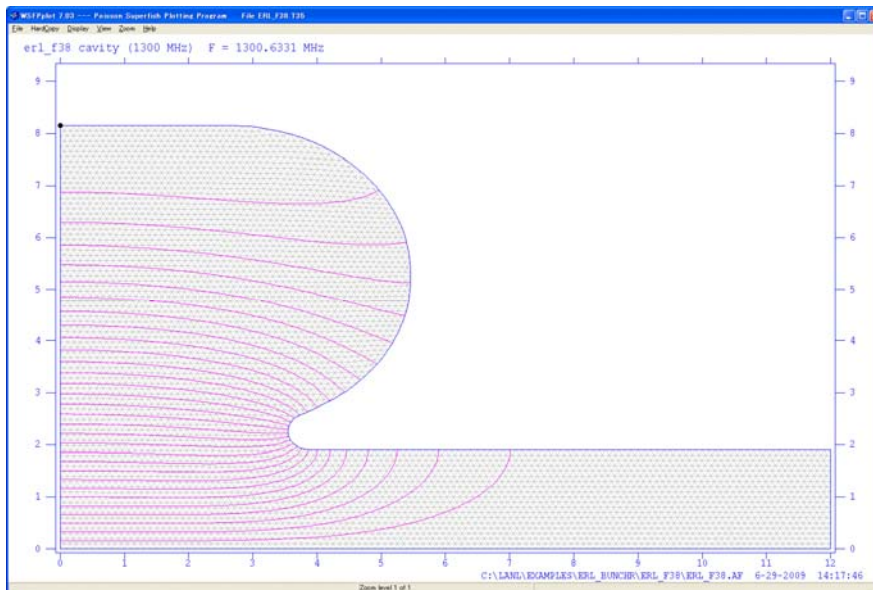
$$R_{sh} = 5.28 \text{ M}\Omega \quad (\beta=1) \quad (V_c^2/P_c)$$

$$R_{sh} = 4.36 \text{ M}\Omega \quad (\beta=0.863)$$

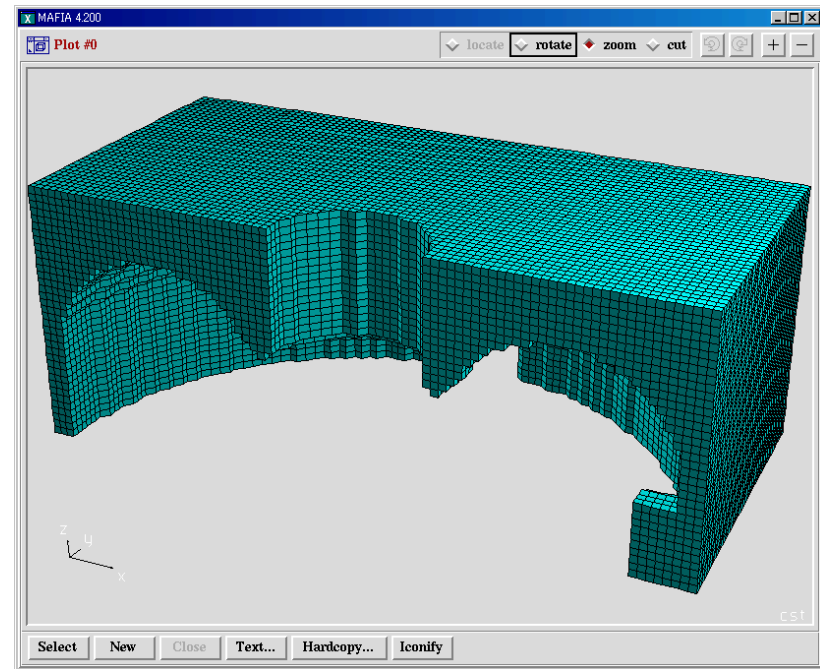
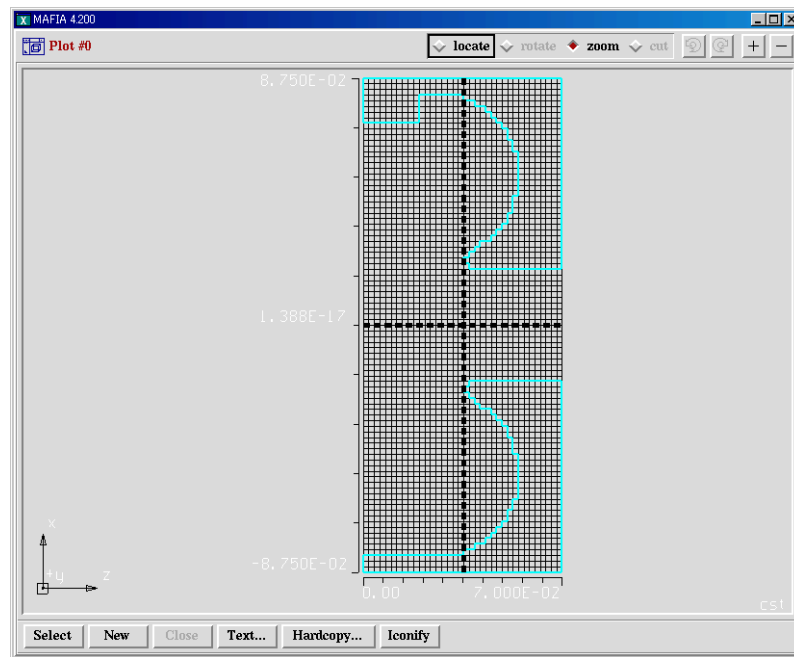
ビームダクトφ38のカットオフ周波数

$$f_c = 4.63 \text{ GHz}$$

最大電場125.8kVに必要なパワーは  
ビームなしの場合で、**3.6 kW**である。



## チューナーの非対称性によるRF kick



チューナーによる非対称性によつて横方向にキックされる可能性

# チューナーの非対称性によるRF kick

Panofsky-Wenzel の定理

(例えば、G. Dome, AIP Conf. Proc. 153, p. 1312.)

$$j\omega \int_0^\ell \vec{F}_\perp \exp(jkz) \frac{dz}{v} = \underbrace{\left[ \vec{E}_\perp \exp(jkz) \right]_0^\ell}_{\substack{\vec{E}_\perp(0) = \vec{E}_\perp(\ell) = 0 \\ \text{の時ゼロ}}} - \int_0^\ell \vec{\nabla}_\perp E_z \exp(jkz) dz$$

単位電荷の粒子に与えられる運動量変化

$\vec{E}_\perp(0) = \vec{E}_\perp(\ell) = 0$   
の時ゼロ

$$k = \frac{\omega}{\beta c}$$

MAFIA を用いて 右辺の第2項を計算

Dissipated power:  $P_{c0} = 6.67\text{E-}6$  (W) で規格化されていた。  
これを  $P_c = 3.0$  kW の場合に規格化する。

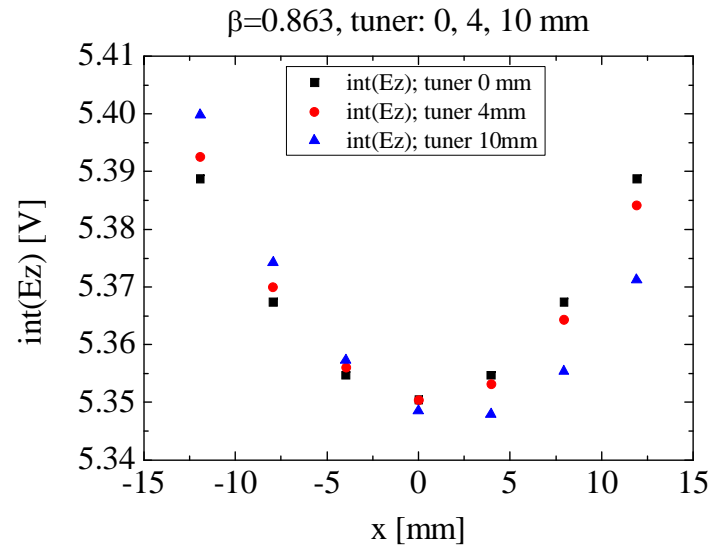
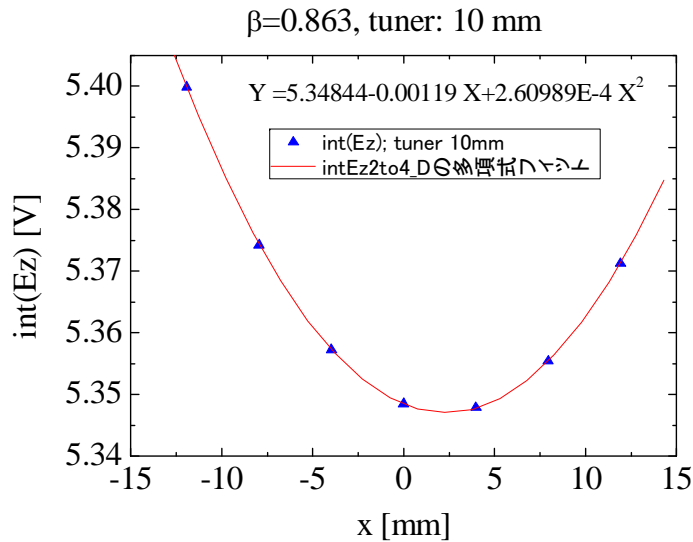
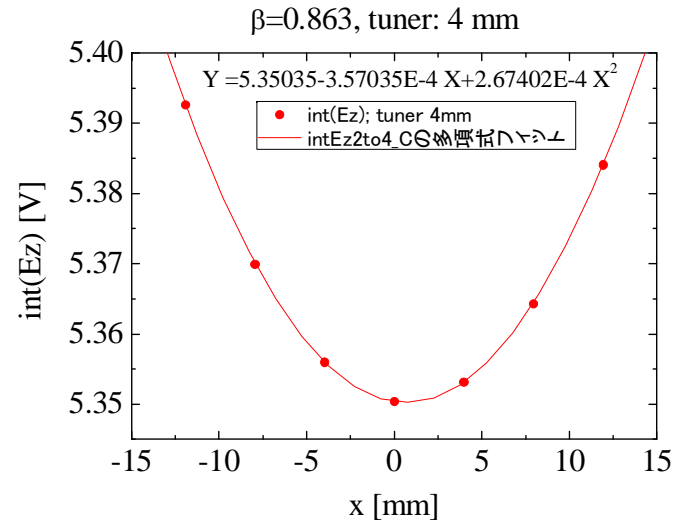
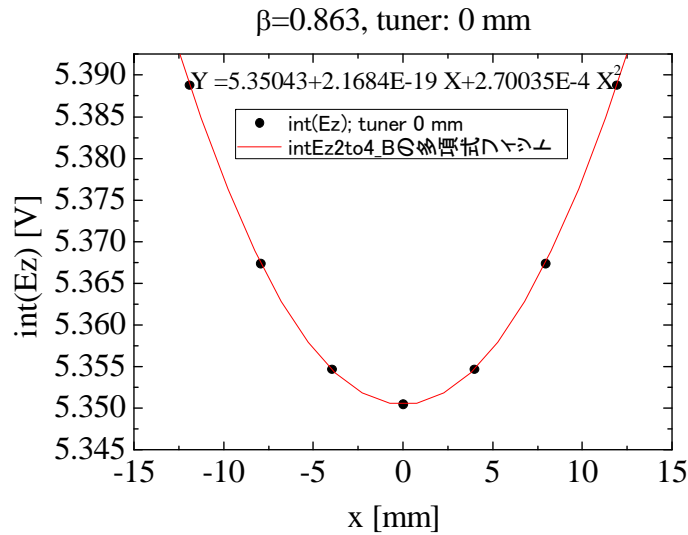
$$\times \sqrt{\frac{P_c}{P_{c0}}}$$

# $E_z$ の積分値の x 依存性

$$\left| \int E_z \exp(jkz) dz \right|$$

$$k = \frac{\omega}{\beta c}$$

$\beta = 0.863$   
(500 keV)



## E<sub>z</sub> の積分値の x 依存性

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

$$\left| \int E_z \exp(jkz) dz \right|$$

Tuner突き出し	a <sub>0</sub> (V)	a <sub>1</sub> (Vm <sup>-1</sup> )	a <sub>2</sub> (Vm <sup>-2</sup> )
0 mm	5.3504	2.168e-16	2.70e2
4 mm	5.3503	-0.357	2.67e2
10 mm	5.3484	-1.19	2.61e2

計算結果:

$$\frac{\Delta p_x}{p_{//}} = -\frac{e}{j\omega p_{//}} \sqrt{\frac{P_c}{P_{c0}}} \frac{\partial}{\partial x} \int_0^l E_z \exp(jkz) dz = j \times \left\{ \begin{array}{l} 1.93 \times 10^{-19} \\ 3.15 \times 10^{-4} \\ 1.06 \times 10^{-3} \end{array} \right\}$$

チューナー

0 mm

4 mm

10 mm

( $cp_{//} = 872$  keV, for  $T=500$  keV)

# コーネル大学の報告

Proceedings of the 2003 Part I

$$\frac{V_x}{V_{acc}} = \frac{\int_{-l}^l (E_x \sin kz + vB_y \cos kz) dz}{\int_{-l}^l E_z \cos(kz) dz} = 2.3 \times 10^{-4} / \text{mm},$$

$$\frac{V_y}{V_{acc}} = \frac{\int_{-l}^l (E_y \sin kz - vB_x \cos kz) dz}{\int_{-l}^l E_z \cos(kz) dz} = 3.5 \times 10^{-4}.$$

(The horizontal kick was calculated for the difference of positions of two tuners of 1 mm).

The values of kicks are small, they are an order of magnitude smaller than the ERL requirement ( $1.6 \times 10^{-3}$ ) [7].

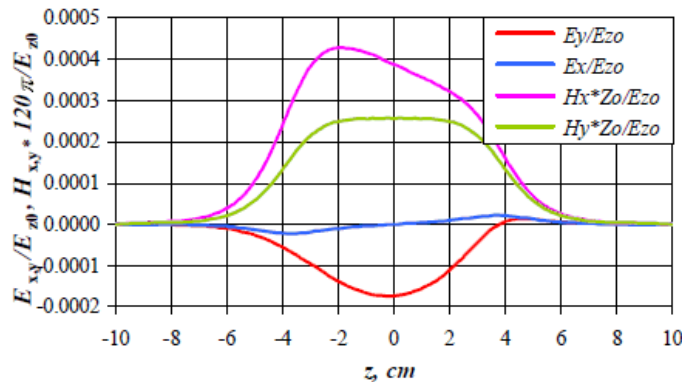


Figure 7: Transverse fields on the cavity axis for 1 mm difference of positions of two tuners.

V. Veshcherevich and S. belomestnykh, PAC03, p. 1198.

$$V_x/V_{acc} \approx 2.3 \times 10^{-4} / \text{mm}$$

(2台のチューナーの差 1mm)

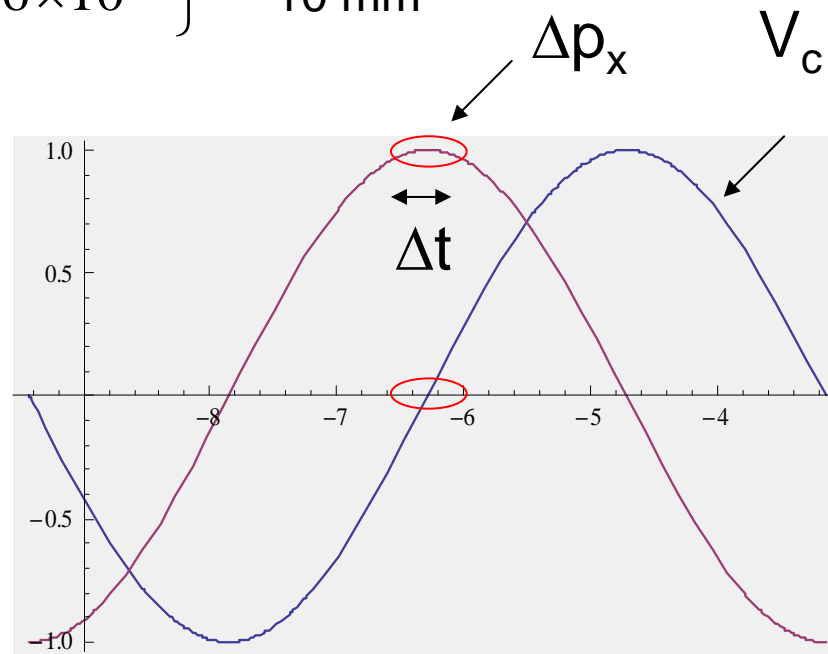
今の見積

$$\frac{\Delta p_x}{p_{//}} = j \times \left\{ \begin{array}{l} 1.93 \times 10^{-19} \\ 3.15 \times 10^{-4} \\ 1.06 \times 10^{-3} \end{array} \right\}$$

チューナー  
0 mm  
4 mm  
10 mm

## Transverse kick は問題か？

$$\frac{\Delta p_x}{p_{\parallel}} = j \times \begin{cases} 1.93 \times 10^{-19} & 0 \text{ mm} \\ 3.15 \times 10^{-4} & 4 \text{ mm} \\ 1.06 \times 10^{-3} & 10 \text{ mm} \end{cases} \quad (E_z)_{\infty} \exp(j\omega t)$$



バンチャー  
空洞の場合

$\Delta t = 25 \text{ ps}$  の時、 $1 - \cos(\omega \Delta t / 2) = 5.3 \times 10^{-3}$

横方向キックは時間的にほぼ一様で、バンチの中央と頭部のキックの差は、 $1.7 \times 10^{-6} \text{ rad}$  (tuner 4 mm の場合)



## まとめ

- チューナーを片側に付けた場合のRF field による横方向キックを見積もった。
- チューナーは両側に付けるつもりだが、カップラーと真空引きポートによる非対称性をどの程度補償するかを目安を付けるため。
- Transverse kick の絶対値は 0.3 ~ 1 mrad の程度である (wall loss 3 kWの場合)。
- ただし、バンチの前後のキックの差は、上記に $5 \times 10^{-3}$  程度のファクターがかかる。