

# バンチャー空洞形状の影響(1)

2009年7月23日(木)14時～  
第39回cERL入射器打ち合わせ  
KEK 3号館5F会議室

高エネルギー加速器研究機構  
加速器研究施設 加速器第七研究系  
宮島 司

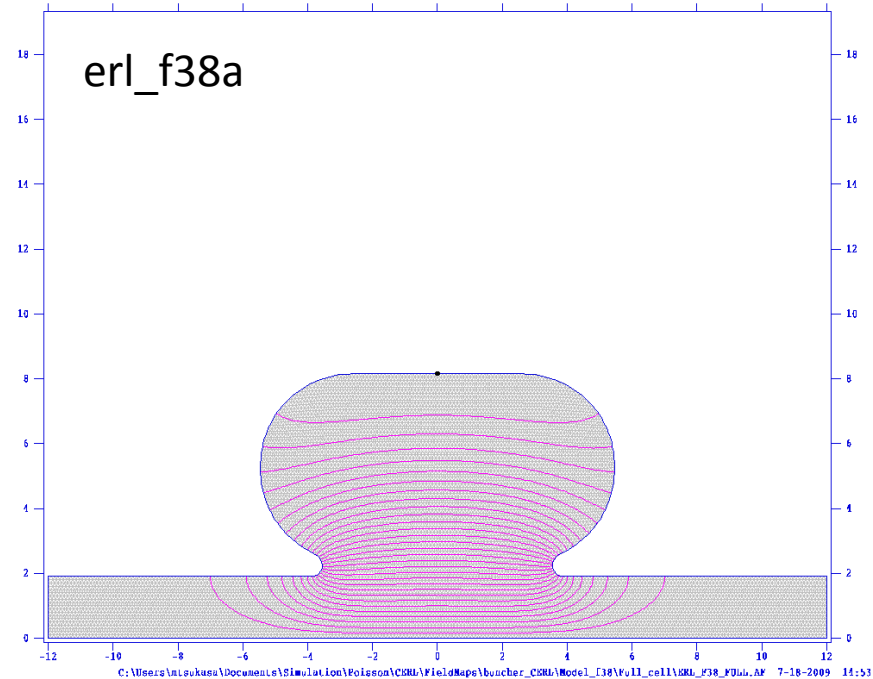
# バンチャー空洞の形状の影響

- cERL用バンチャー空洞のデザイン
- コーネル大学のバンチャー空洞を元にして、cERL用の空洞をデザイン(高橋さん)
- 長さの異なる2つの空洞がデザインされた
  
- 計算の目的:  $\beta=1$ でないビームの場合、空洞の長さの影響がどのようになるかを調べる
- 計算結果より、最適なバンチャー空洞形状を選択したい
  
- 計算項目
  - AR南棟ビームラインに沿った計算(空間電荷効果あり)
  - バンチャー空洞のみにビームライン(空間電荷効果なし、純粹にRF電磁場による影響を調べるため)
  
- 計算にはGPTを使用

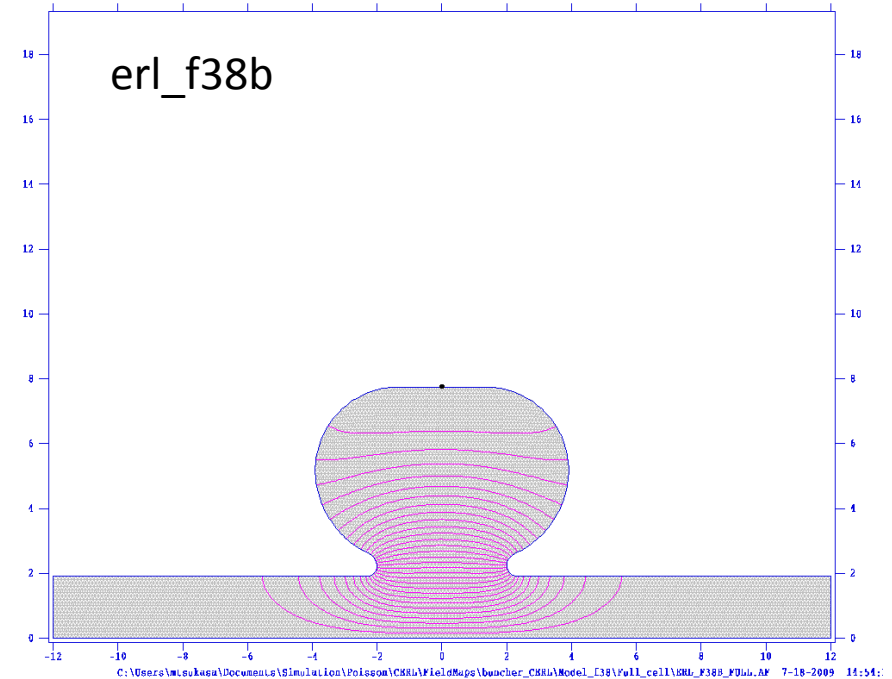
# バンチャー空洞の形状

- 2つバンチャー空洞の形状を提案(高橋さん)
- erl\_f38a: コーネル大学バンチャー空洞形状を元にデザイン
- erl\_f38b: erl\_f38aを元に、進行方向の長さを短くする

erl\_f38 cavity (1300 MHz), full length P = 1300.6856 MHz



erl\_f38b cavity (1300 MHz), full length P = 1300.3479 MHz



# 電磁場分布

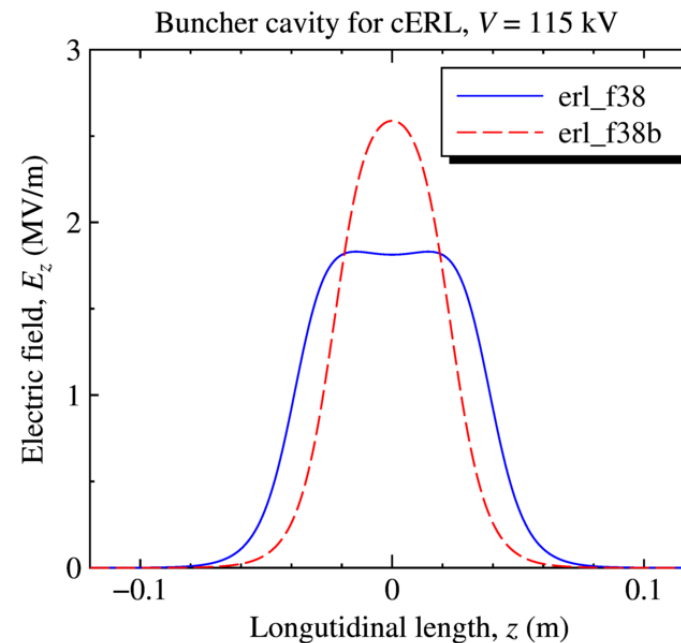
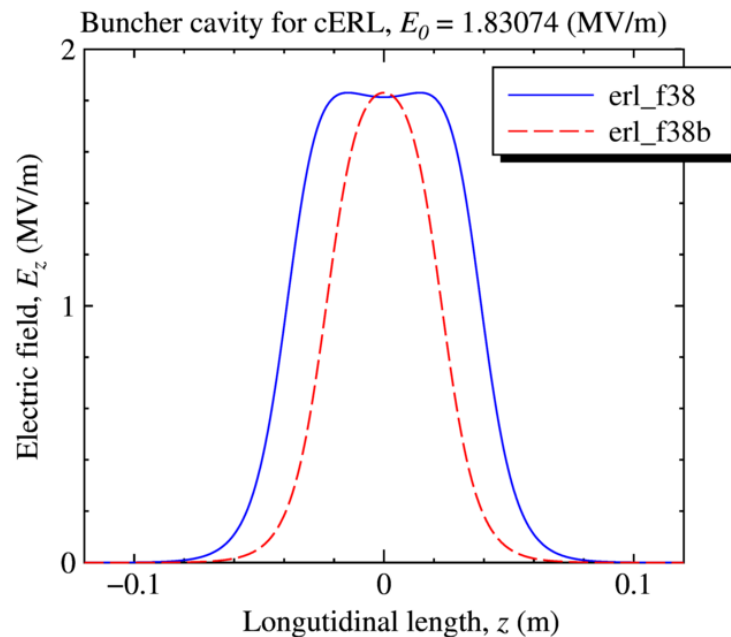
Z軸上の $E_z$ のピーク値を一定にした場合の電場分布

この場合、erl\_f38bの方がビームが感じる加速電圧は低くなる

$\beta = 1$  のビームに対して、 $V = 115$  kVの加速電圧を与える場合の分布

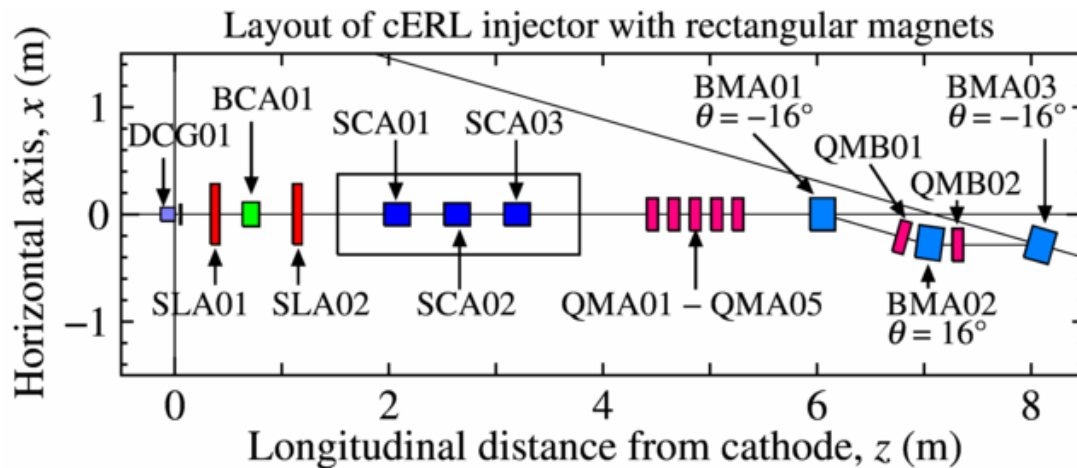
空洞の中心軸(z軸)に沿った、進行方向の電場分布  $E_z$

z軸上での $E_z$ のピーク値を $E_0$ とする



# AR南棟ビームラインでの影響 空間電荷効果あり

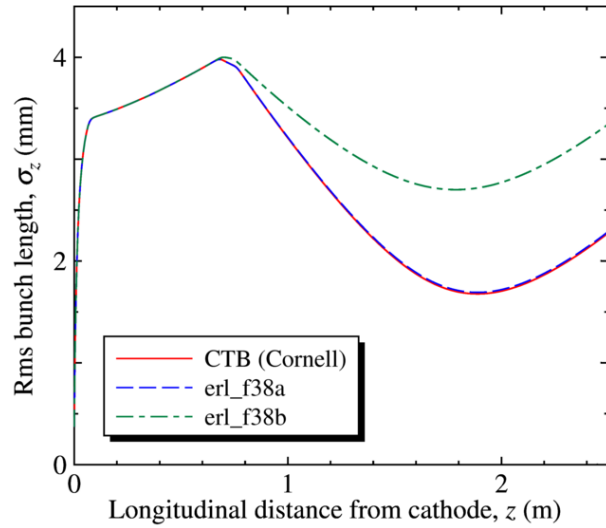
- 3つの形状について計算
  - CTB: コーネル大学のバンチャー空洞形状
  - erl\_f38a
  - erl\_f38b
- $E_0 = \text{const.}$  (電場のピーク値一定) と  $V = \text{const.}$  (加速電圧一定) の2つのケースについて計算



この区間で計算 (超伝導空洞の部分はドリフトスペースとした)

## E0一定

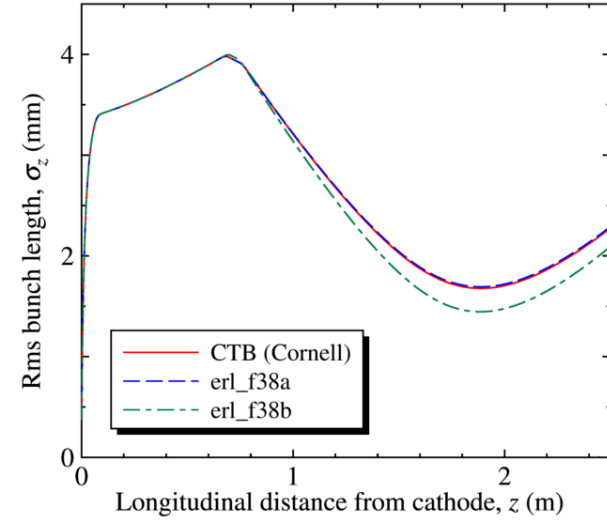
nps = 100 k,  $E_0 = 1.83074$  (MV/m)



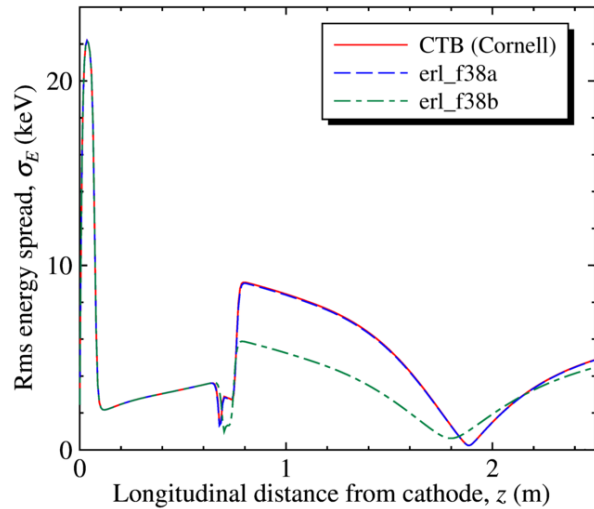
## (1) バンチ長

## V一定

nps = 100 k,  $V = 115$  (kV)

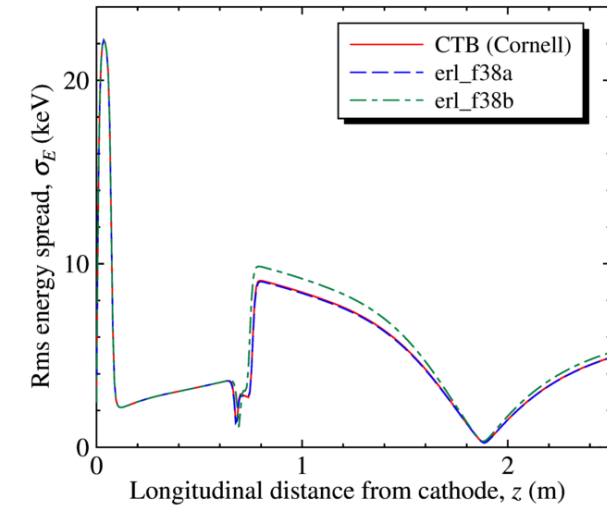


nps = 100 k,  $E_0 = 1.83074$  (MV/m)



## (2) rms エネルギー 拡がり

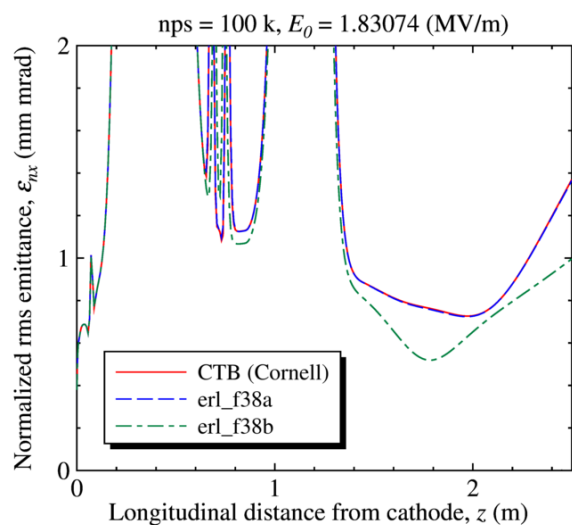
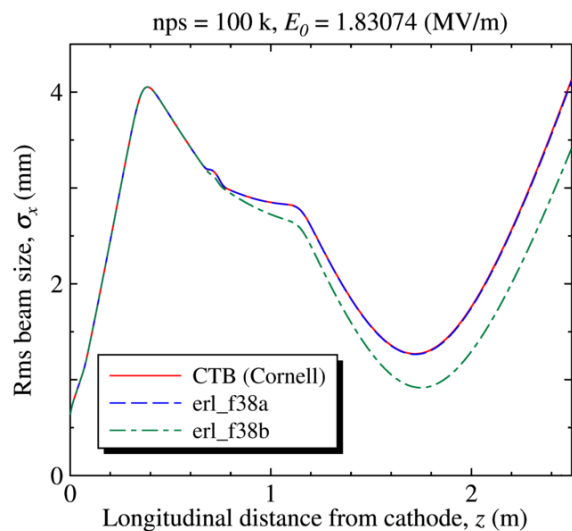
nps = 100 k,  $V = 115$  (kV)



erl\_f38aはCTBとほぼ同じ  
erl\_f38bは他に比べて圧縮が弱い( $E_0$ 固定だと、 $V$ が小さくなるため)

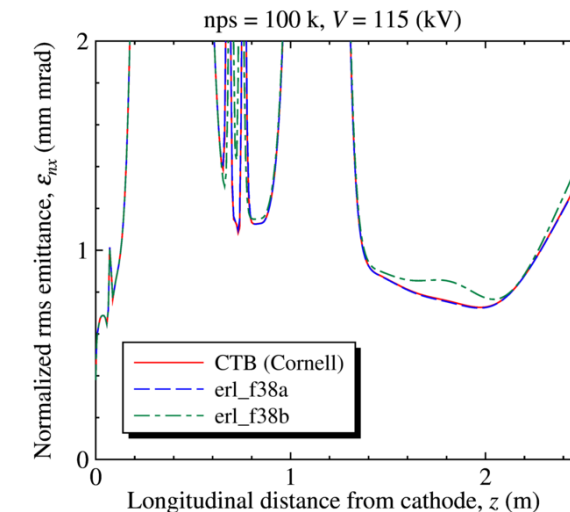
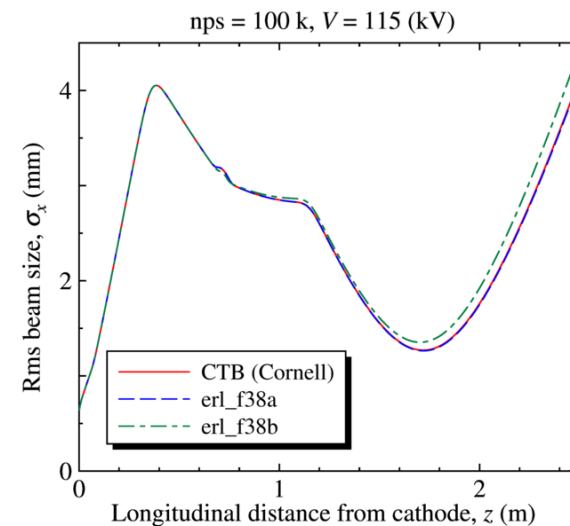
erl\_f38aはCTBとほぼ同じ  
erl\_f38bは他に比べて少し圧縮が強くなる

### E0一定



erl\_f38aはCTBとほぼ同じ  
erl\_f38bは他に比べて発散作用が弱い(E0固定だと、Vが小さくなるため)

### V一定

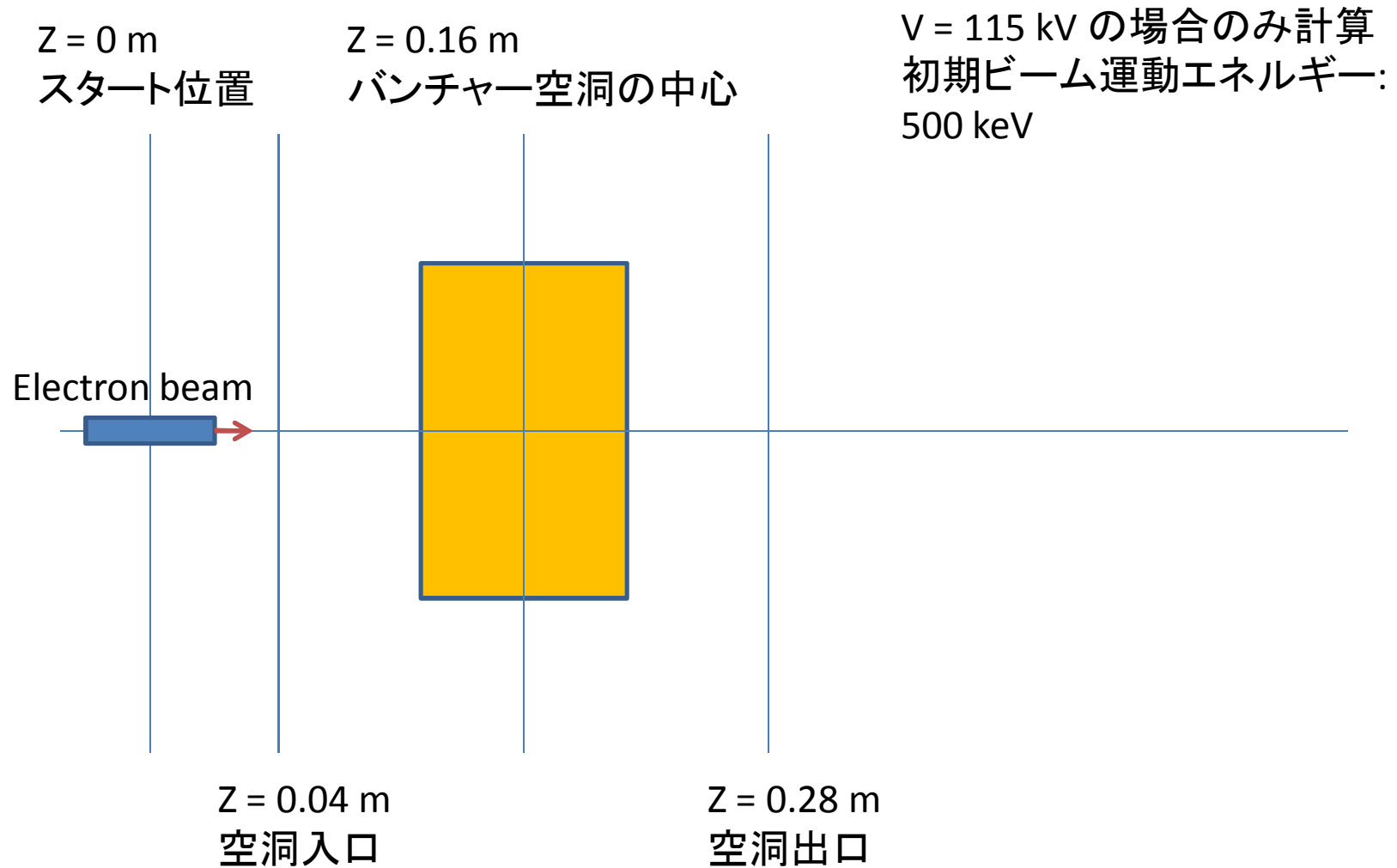


erl\_f38aはCTBとほぼ同じ  
erl\_f38bは他に比べて発散作用が強い

### (3) ビームサイズ

### (4) 規格化rmsエミッタンス

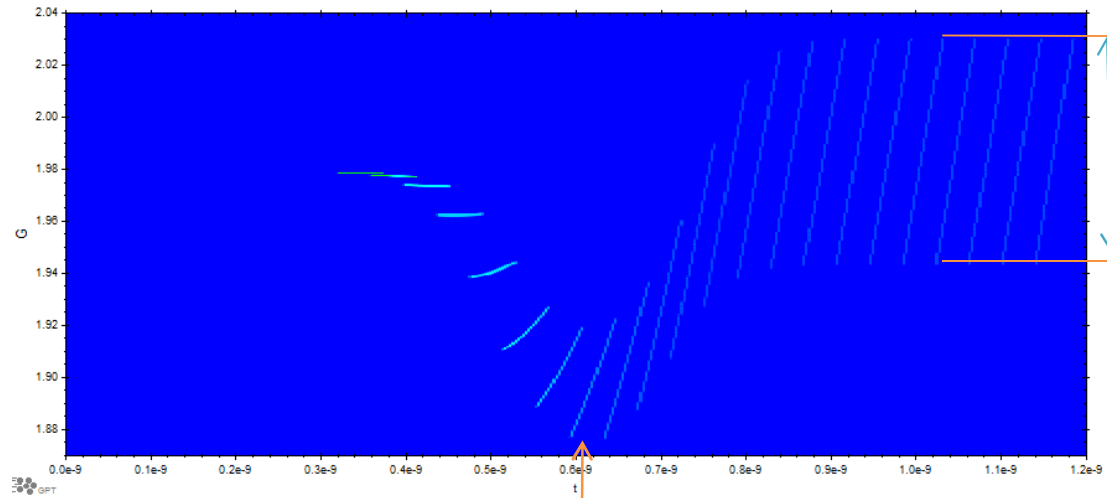
# レイアウト(空間電荷効果なしの場合)





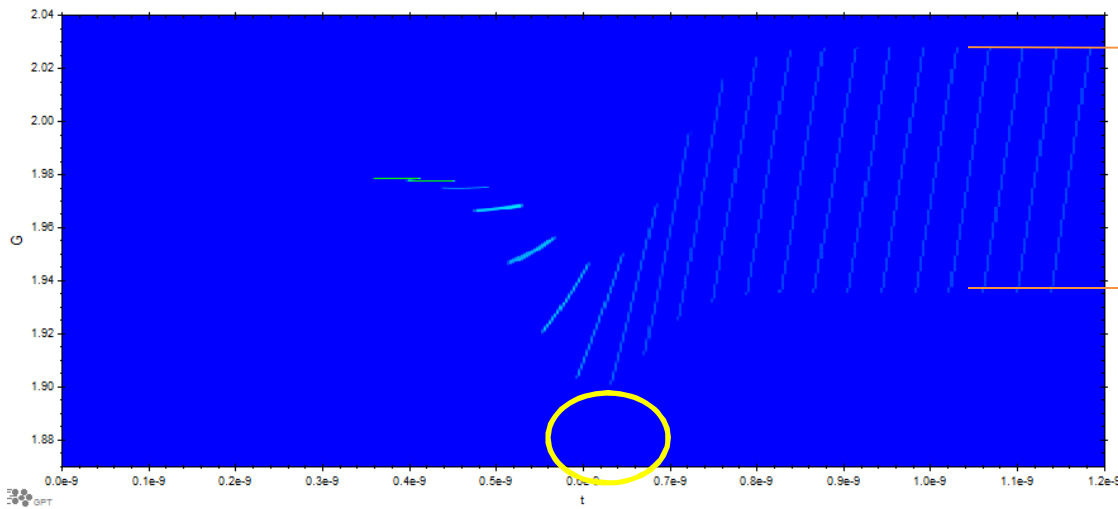
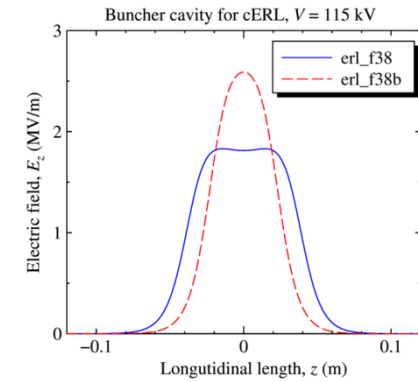
# T-gamma 分布

0.01 m 間隔の仮想スクリーン上で粒子分布を出力



(1) erl\_f38a

バンチャー空洞中心

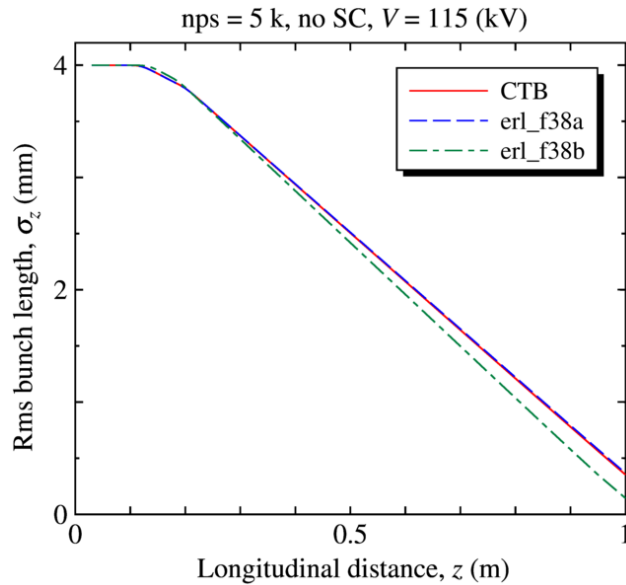


(2) erl\_f38b

空洞中心で減速される量が erl\_f38a に比べて小さい  
(空洞入口のフリンジによる減速の影響が、erl\_f38a に比べて小さいと推測される)

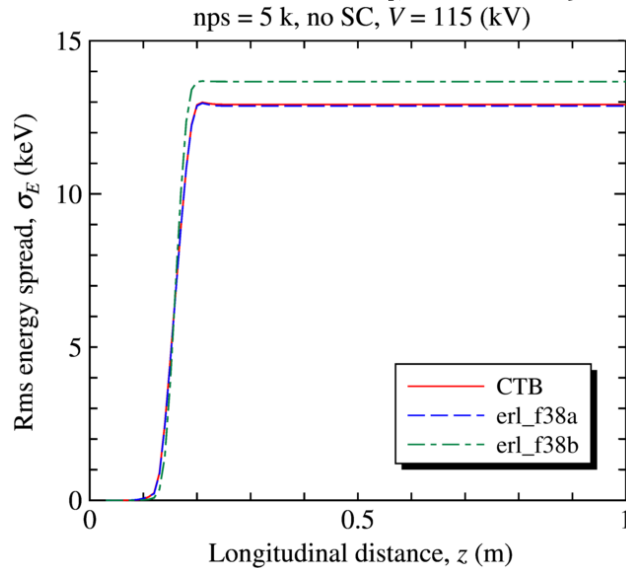
stdG が erl\_f38a に比べて大きい ⇒ バンチ圧縮が強い

## バンチ長の変化



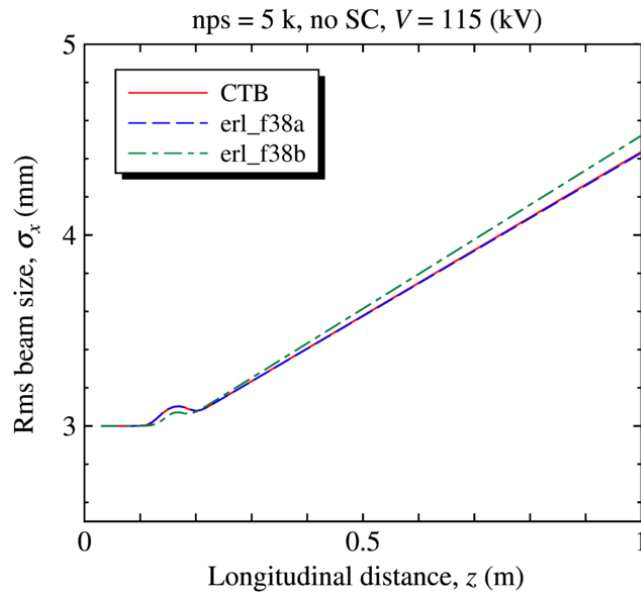
erl\_f38bの方が、バンチ圧縮が強く働く

## Rmsエネルギー拡がりの変化



エネルギー拡がりを見ても明らか。  
erl\_f38bの方が、バンチャー出口でのエネルギー拡がりが大きくなっている。  
すなわち、より大きい速度変調が与えられていることになる。

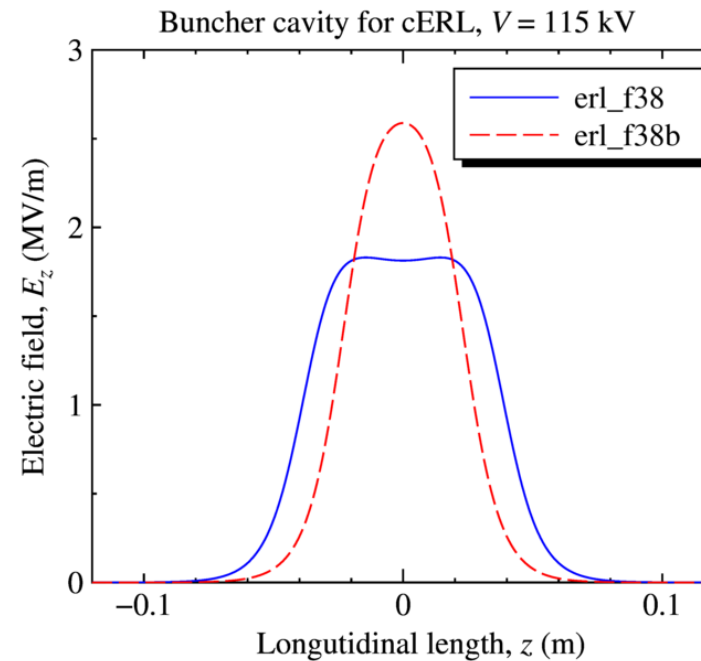
## Rmsビームサイズの変化



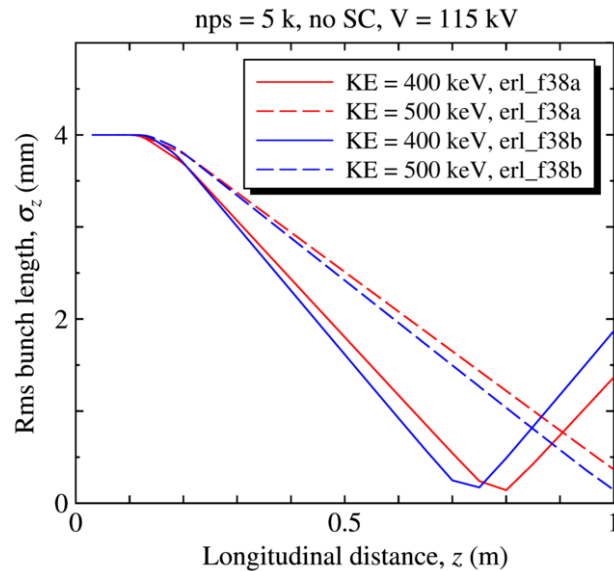
erl\_f38bの方が、発散作用が大きい

R方向の発散作用は、 $dE_z/dz$ に比例する

同じ加速電圧を与える場合、erl\_f38bの方が、 $dE_z/dz$ が大きい領域が長く、トータルでr方向の発散作用が大きくなると思われる。

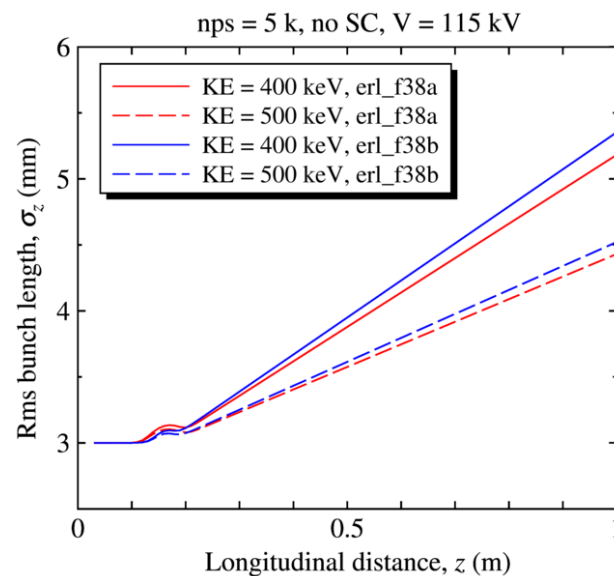


## 初期ビーム運動エネルギーを変えた場合 今回は、400 keV, 500 keV



### (1) バンチ長

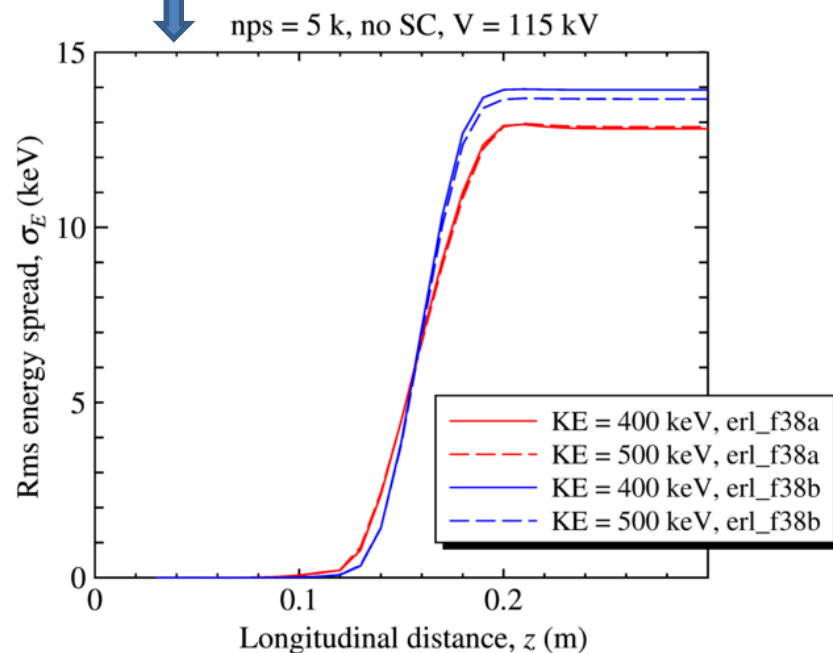
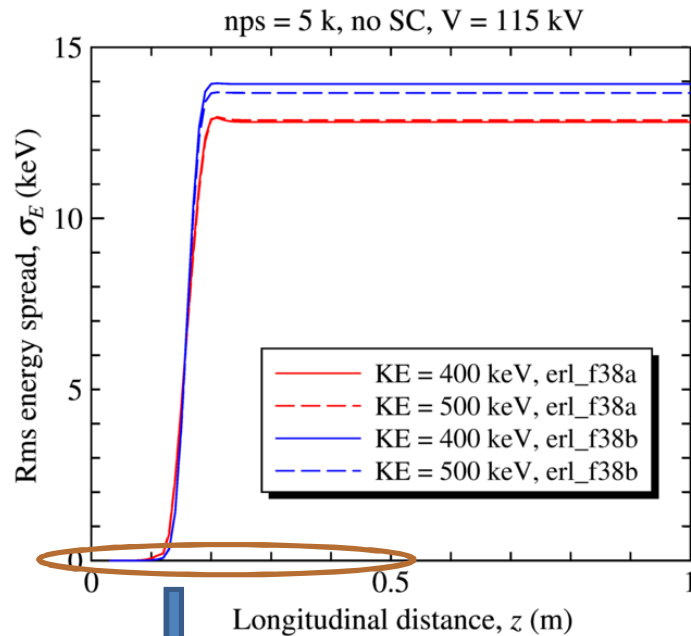
同じ加速電圧を与えているので、エネルギーが低い方がバンチ圧縮が強く働く



### (2) Rmsビームサイズ

エネルギーが低い方が、発散力が強く作用する

おそらく、初期ビーム運動エネルギーでこれらの量はスケールされると思われる。



### (3) エネルギー拡がり

ビームサイズとは異なり、エネルギーでスケールされない。  
空洞形状と加速電圧によって決る。

erl\_f38a(赤線)では、400 keV, 500 keVでエネルギー拡がりの変化は小さい

一方、erl\_f38b(青線)では、erl\_f38aよりも変化量大きい

空洞長が短いと、空洞に入るビームの運動エネルギーの影響が多少出てくるかもしれない

(空洞を通過するのに要する時間とか)  
⇒今後詳細に検討する

# まとめ

- 3つのバンチャー空洞形状に対して、ビームトラッキング計算を行い、空洞形状の影響を調べた
- AR南棟ビームラインに対して空間電荷効果ありで計算した
  - バンチ長、エネルギー拡がり、ビームサイズ、エミッタンスで空洞形状による差が見られた
- 純粹にバンチャー空洞の作る電磁場の違いの影響を調べるために、バンチャー空洞のみにビームラインに対して、計算を行った
  - erl\_f38b(全長が短い空洞)の方が、同じ電圧でバンチ圧縮が強く働く
  - 同様に、erl\_f38bの方が、r方向に対しての発散力が強く働く
  - (400 keVと500 keVだけだが)ビームエネルギーに対する影響を調べた。erl\_f38bの方が、ビームエネルギーの変化に敏感そう
- 今回の計算より、どちらの空洞が良いかは明確にはできない。
- 入射器全体を通して、エミッタンス等のパラメタの影響を調べる必要があるか。
- 逆に、どちらの空洞形状を使っても、2倍の変化が起きる等の影響はなさそう。
- 次の課題
  - エラーに対するトレランス(どちらの形状が良いか)
  - 全体を通しての最適化