

ERL入射器のシミュレーション

JAEAとCornellの入射器の計算

2006年8月24日

第5回ビームダイナミクスWGミーティング

宮島 司 (KEK-PF)

入射器でのシミュレーション

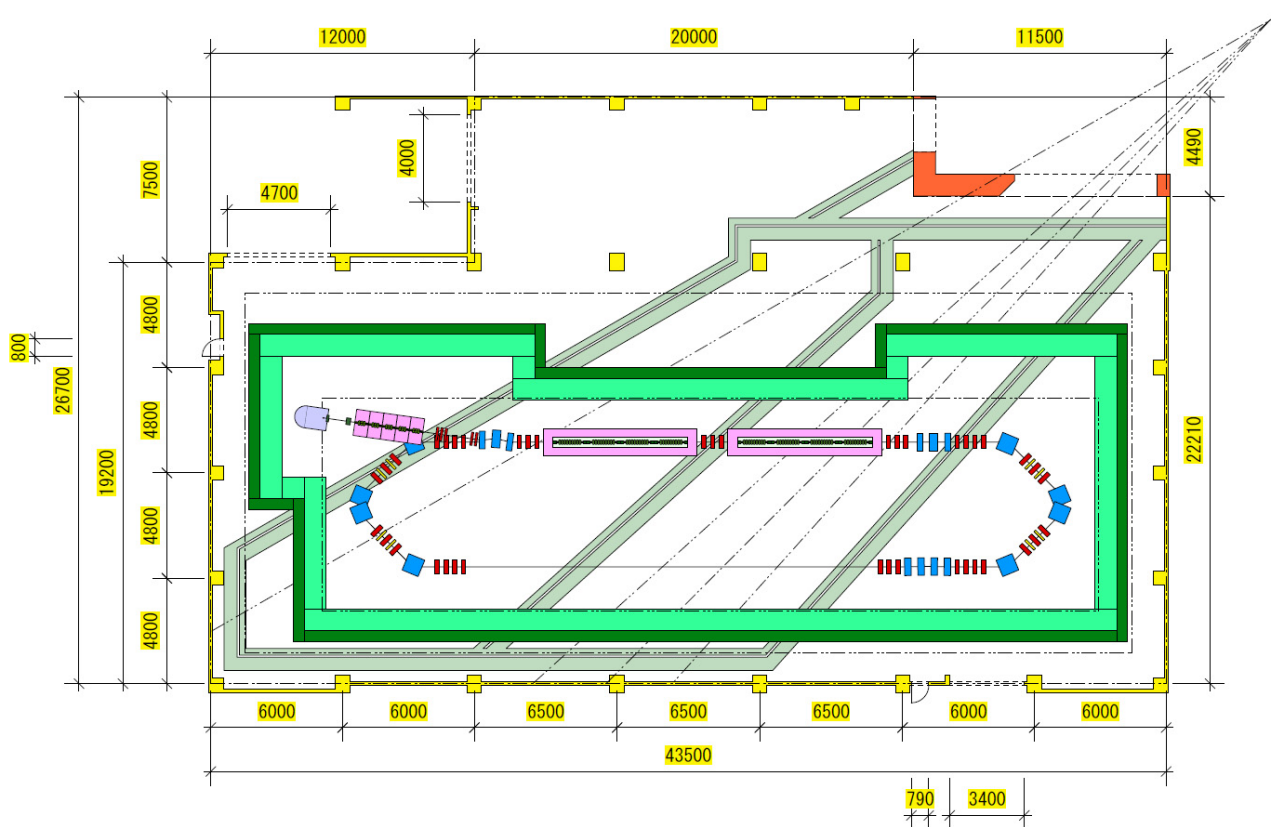
- 計算コード: Parmela, Astra
- JAEA 型の入射器の計算(Parmela)
- Cornell 型の入射器の計算(Astra)
- まとめ

Parmela, Astra による入射器のシミュレーション

- 入射器でのシミュレーション
 - DC電子銃: 250 – 750 kV
 - 主加速器に直接入射するにはエネルギーが低い
 - 空間電荷効果により、エミッタンス増大が容易に生じる

⇒空間電荷効果を取り込んだ粒子トラッキングが必要
- 空間電荷効果を取り込んだ計算コード
(<https://projects.astec.ac.uk/Plone/Codes/>での分類)
- Parmela : Codes specifically for linac simulation
 - ‘Phase and Radial Motion in Electron Linear Accelerators’
- Astra : Space charge codes
 - ‘a space charge code’ (偏向電磁石が入らない?)
- など

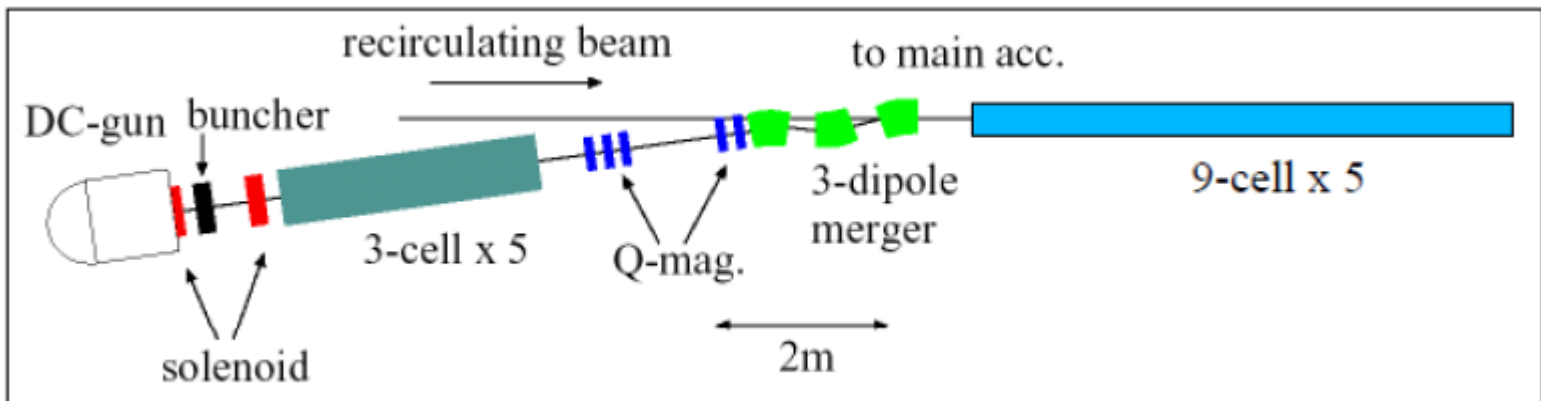
ERL 実証機での入射器



- 入射器で5-15 MeV 程度に加速
- 空間電荷効果によるエミッタンス増大を補償する必要がある

JAEA型の入射器の構成

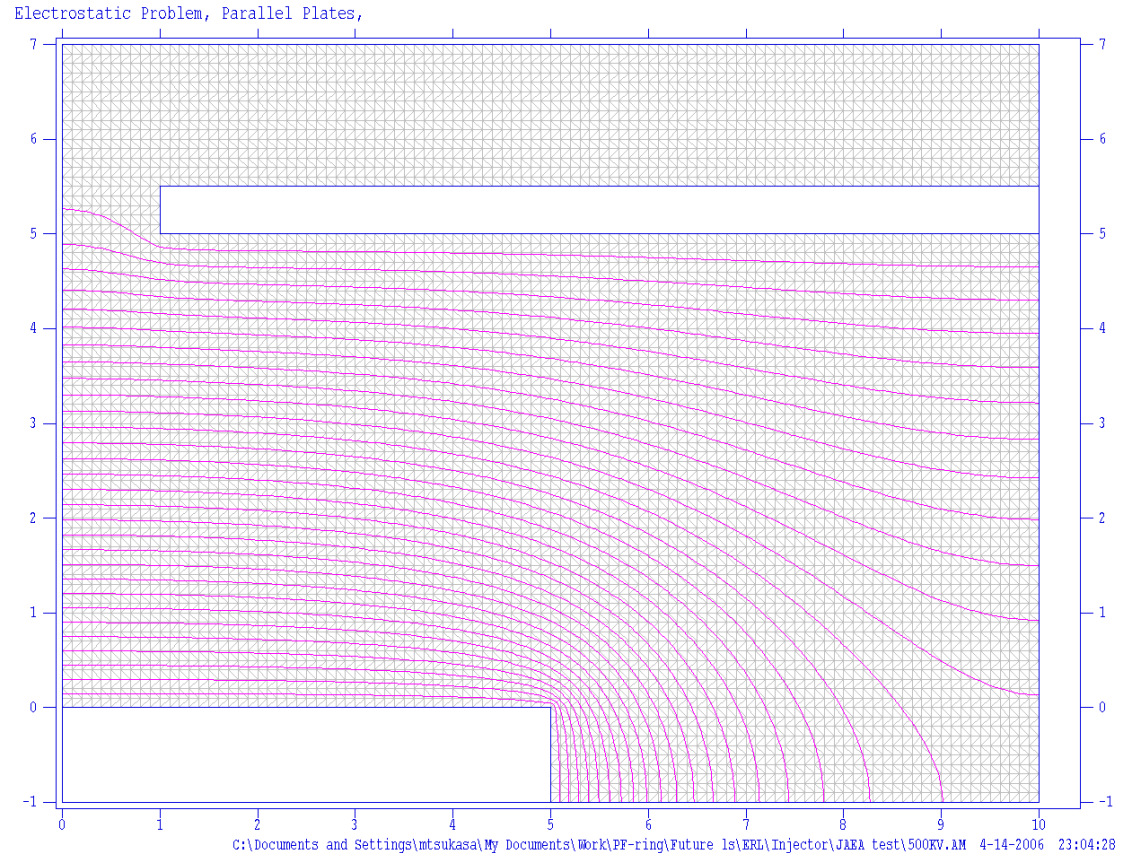
- DC電子銃 500kV
- ソレノイド、バンチャー、ソレノイド
- 3-cell加速空洞 × 5 (1.3 GHz) (HOMの取り出しの観点から2-cellの方が良い)
- トリプレット4極、ダブレット4極
- マージャー(入口でのエネルギー 5.8 MeV)
- マージャー入口までの距離: 7.17 m
- 電流: 100 mA (77 pC × 1.3 GHz)



羽島さんから頂いたParmela入力ファイルを用いて、粒子トラッキングを行った

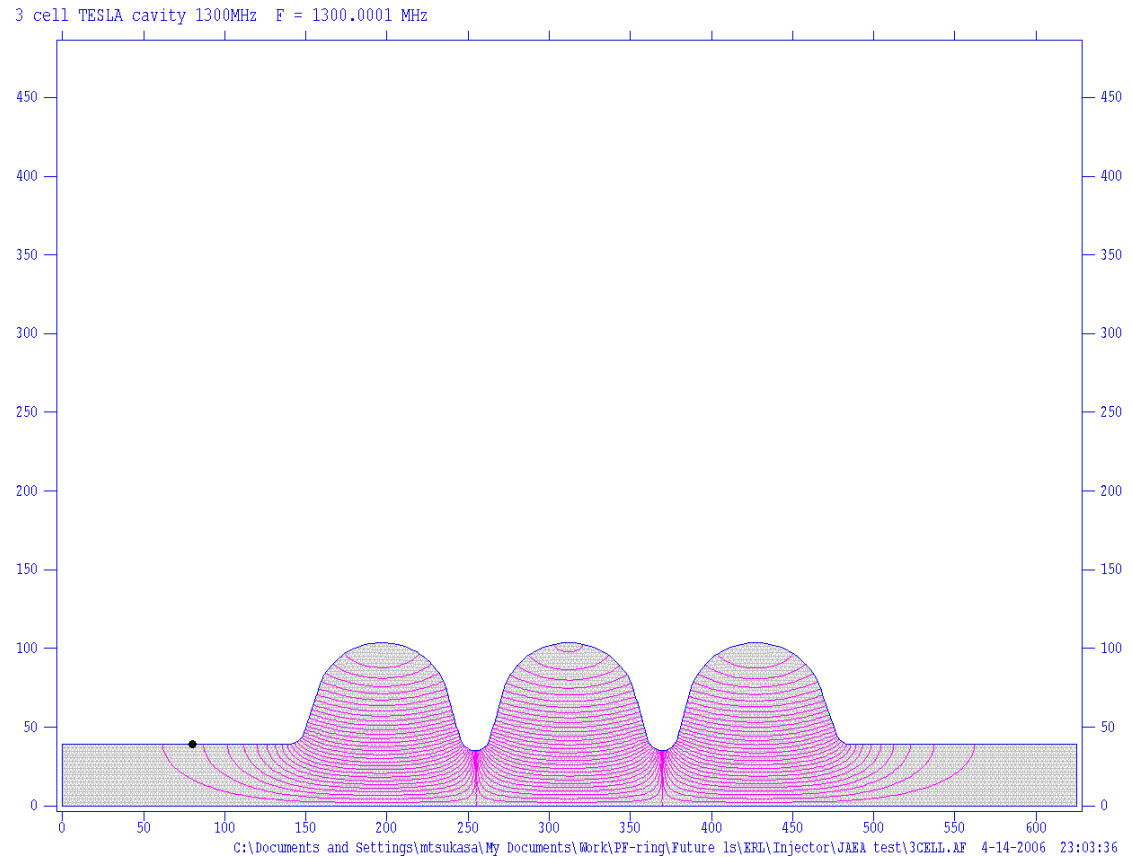
DC 電子銃の電場

- Parmela 用入力ファイル
⇒POISSONで計算
- 電圧: 500 kV
- POISSON を用いて電場
を計算



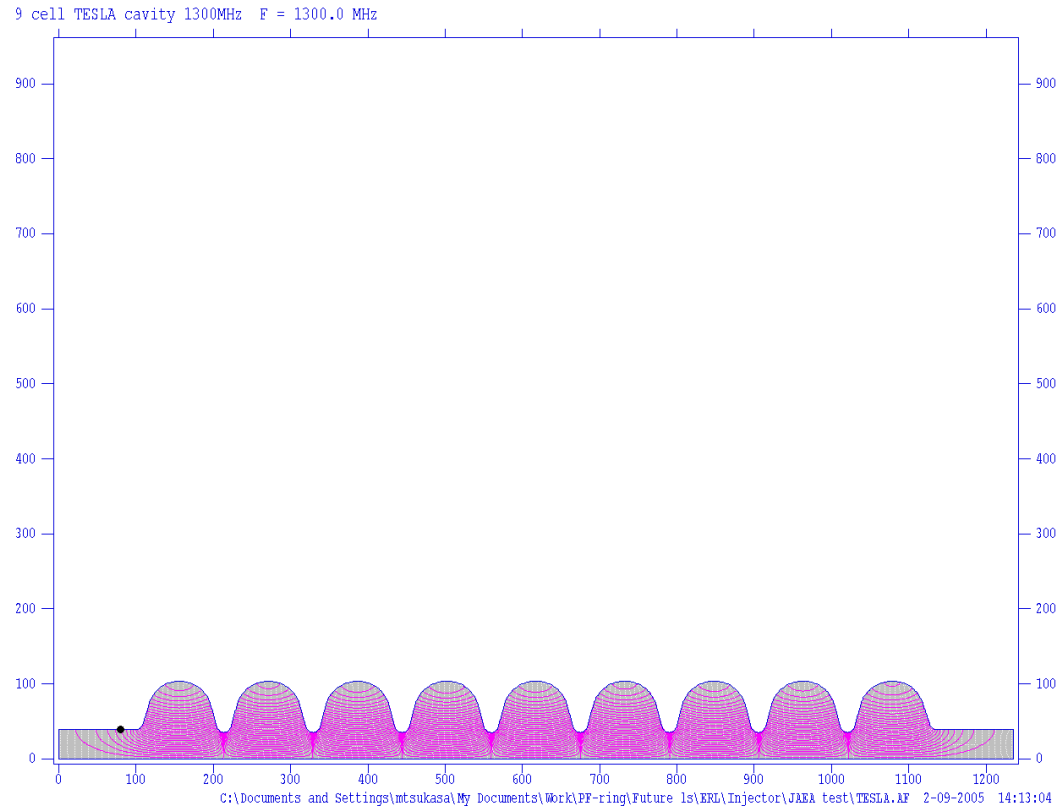
3-cell 空洞の電場

- Parmela 用入力ファイル
⇒ SuperFishで計算
- 2-cell の空洞の計算は
まだ行っていない



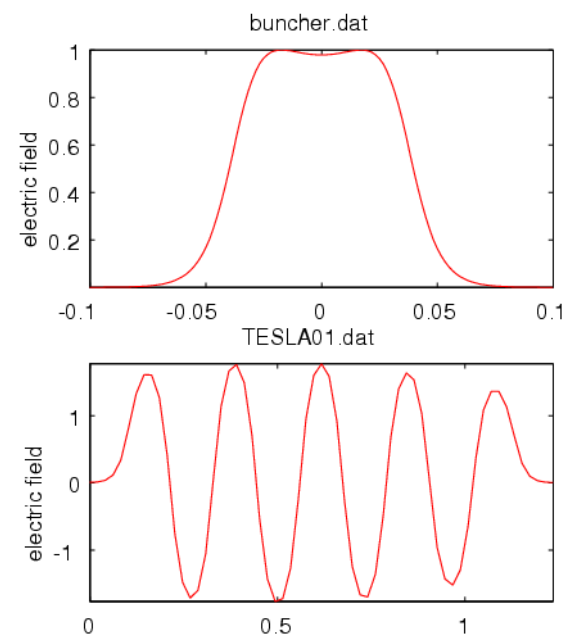
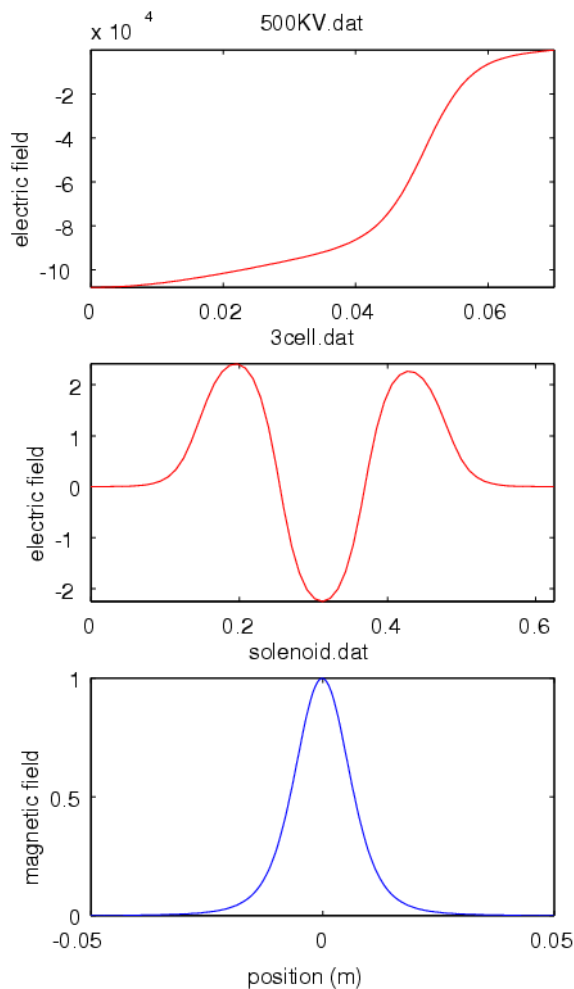
主加速器 9-cell 空洞の電場

- Parmela用入力ファイル
⇒ SuperFish を用いて
計算



JAEA 入射器での電場、磁場 (Astra 用)

- Astra 入力ファイル用に計算
- 中心軸上での電場、磁場を現す
- Parmela ではバンチャー、ソレノイドを hard edge で計算していたが、Astra では hard edge で入らないみたいなので、Cornell での場のファイルを活用

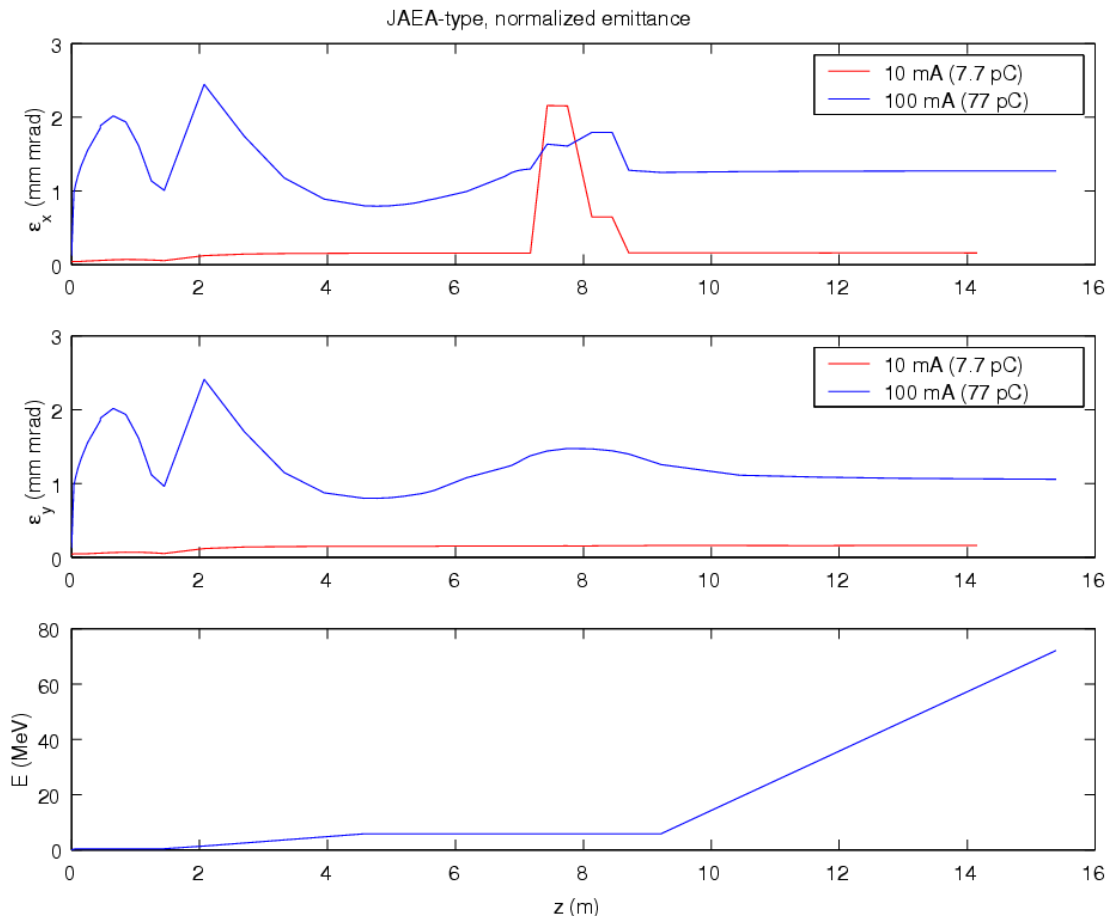


Parmela での計算結果

- 計算条件
- 10 mA (7.7 pC)
- 100 mA (77 pC)
- ともに加速空洞位相、ソレノイド、収束力は最適化されている

- 計算結果
- 10 mA :
 - $\text{emit}_x = 0.158 \text{ mm mrad}$
- 100 mA :
 - $\text{emit}_y = 1.27 \text{ mm mrad}$

- Astra では現在計算中(まだ位相を合わせられていない)

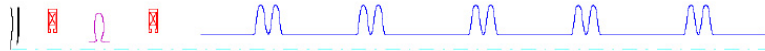


$p_z = 5.8 \text{ MeV}/c$ (シケイン入口、 $z = 7.07 \text{ m}$)

$p_z = 72.1 \text{ MeV}/c$ (主加速空洞出口、 $z = 25.07 \text{ m}$)

Cornell 入射器のシミュレーション

DC gun injector



Injector Parameters:

Beam Energy Range	5 – 15 MeV
Max Average Beam Current	100 mA
Max Bunch Rep. Rate	1.3 GHz

CORNELL
UNIVERSITY
CHESS / LEPP

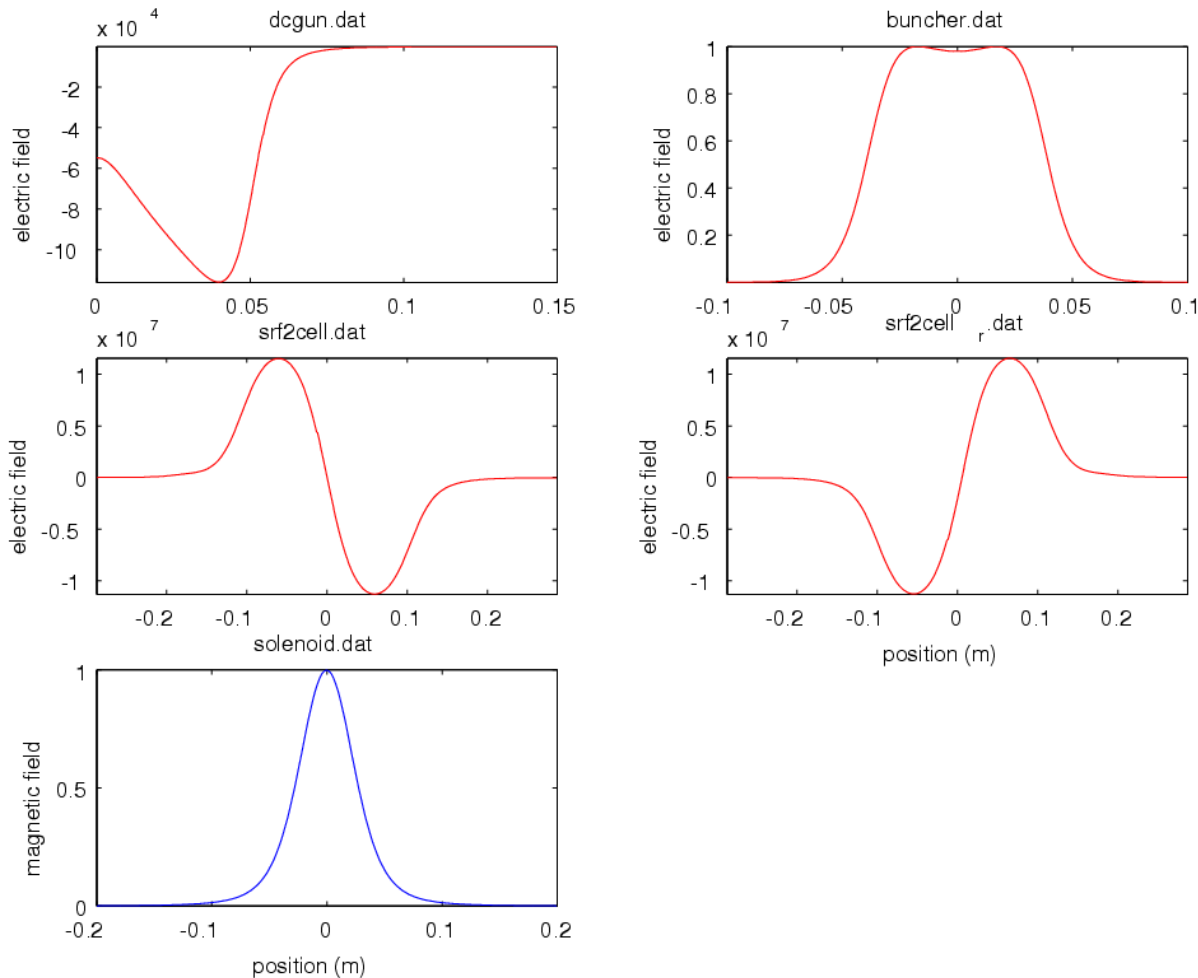
USPAS 2005 Recirculated and Energy Recovered Linacs

2

- 構成
- DC電子銃
- ソレノイド、バンチャー、ソレノイド
- 2-cell 空洞 × 5 (1.3 GHz)
- 1バンチの電荷: 107.7 pC
(1.3 GHz で 140 mA)
- 4極電磁石なし
- 出口までの距離: 8.56 m

- I. V. Bazarov, et. al. ‘USPAS Course on Recirculated and Energy Recovered Linacs’, USPAS 2005

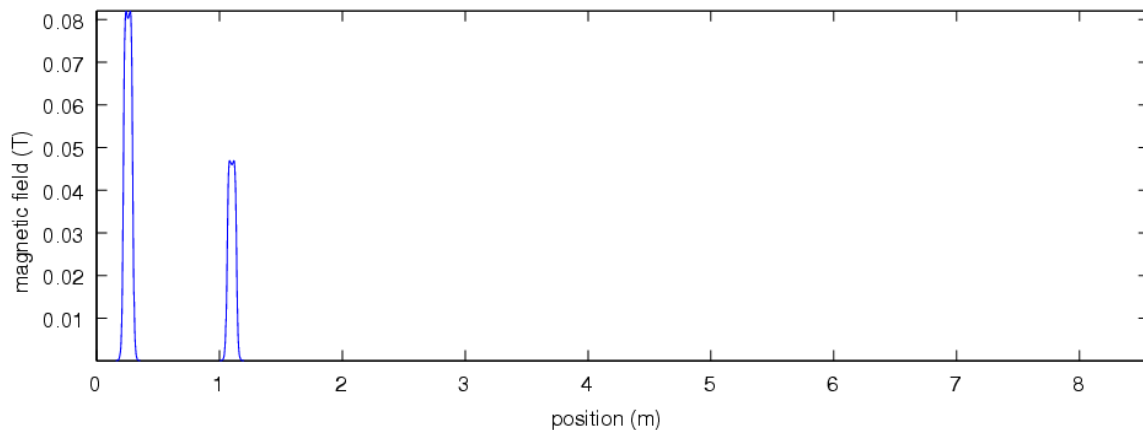
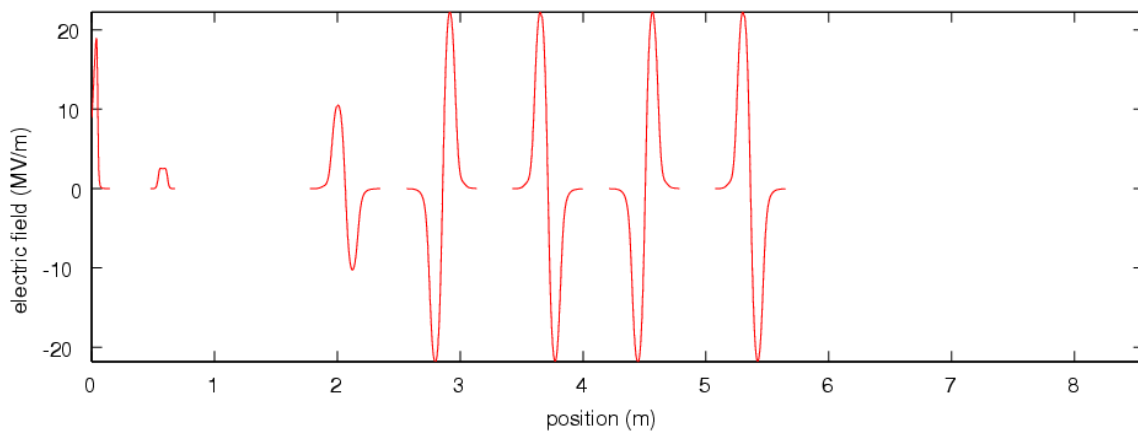
Cornell 入射器での電場、磁場(Astra 用)



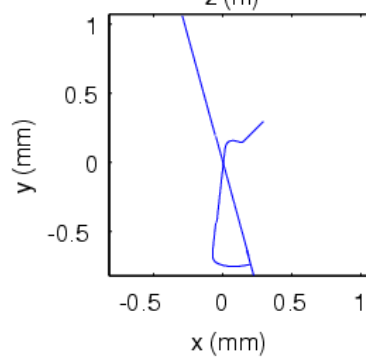
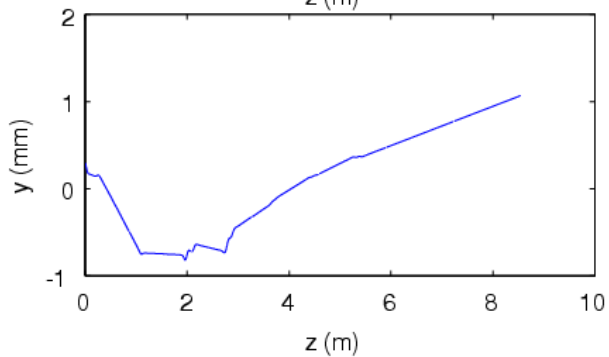
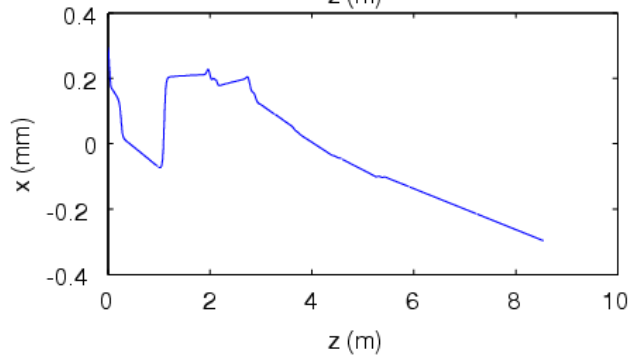
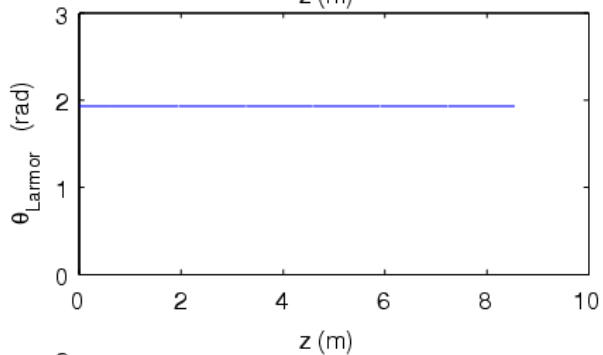
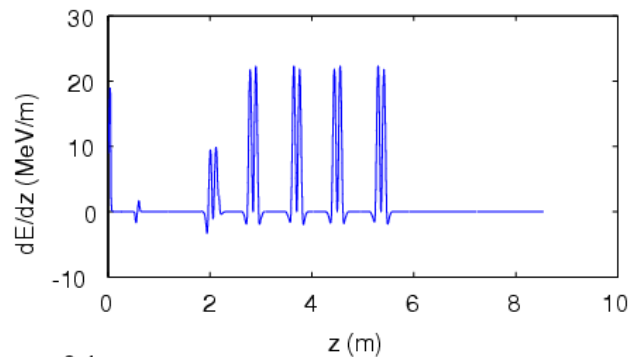
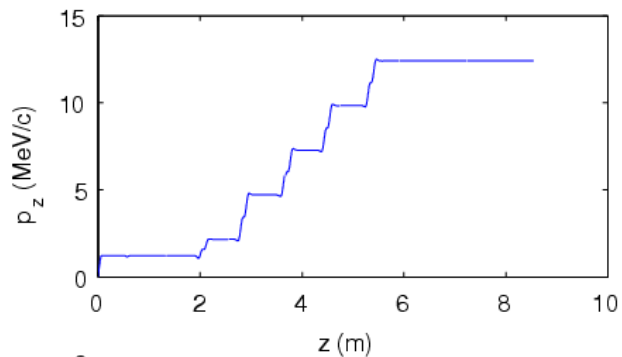
- <http://www.lns.cornell.edu/~ib38/uspas05/> からダウンロード

Cornell 入射器での電場、磁場の分布

- 入射器全体での電場、磁場の分布
- 磁場はソレノイドのみを表示

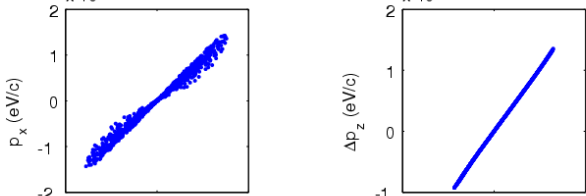


Cornell入射器の計算結果：基準粒子の運動

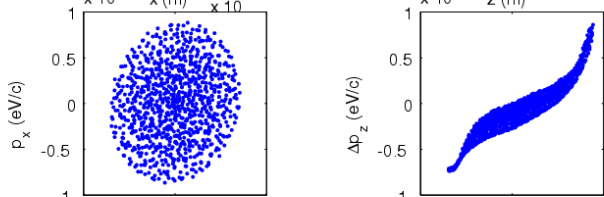


Cornell入射器の計算結果：位相空間分布

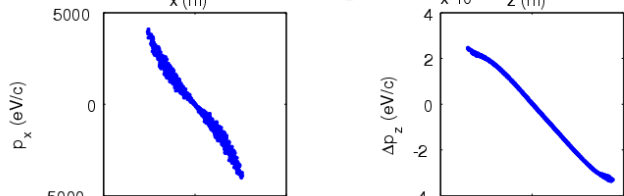
$Z = 0.015376 \text{ m}$, $\epsilon_x = 1.0365 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 0.43728 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 2.24 \text{ mm-keV/c}$



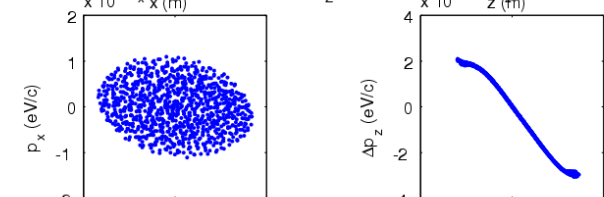
$Z = 0.26187 \text{ m}$, $\epsilon_x = 252.4724 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 1.2267 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 4.3966 \text{ mm-keV/c}$



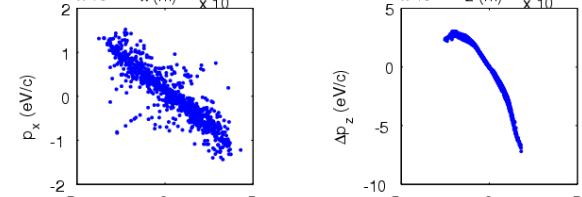
$Z = 0.659 \text{ m}$, $\epsilon_x = 1.109 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 1.2375 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 5.2345 \text{ mm-keV/c}$



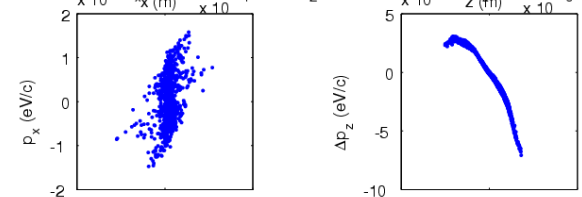
$Z = 1.064 \text{ m}$, $\epsilon_x = 20.0049 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 1.2376 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 6.4371 \text{ mm-keV/c}$



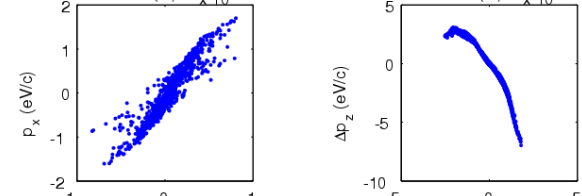
$Z = 6.3526 \text{ m}$, $\epsilon_x = 0.94302 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 12.428 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 6.4071 \text{ mm-keV/c}$



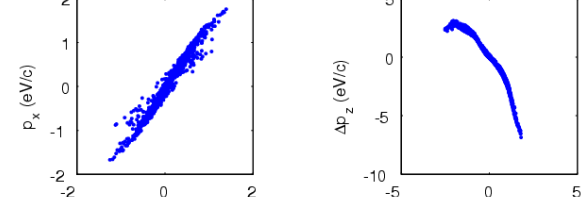
$Z = 6.7592 \text{ m}$, $\epsilon_x = 0.89315 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 12.427 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 6.1053 \text{ mm-keV/c}$



$Z = 7.1618 \text{ m}$, $\epsilon_x = 0.98261 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 12.427 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 6.0429 \text{ mm-keV/c}$



$Z = 7.5846 \text{ m}$, $\epsilon_x = 1.0784 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 12.427 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 5.9539 \text{ mm-keV/c}$



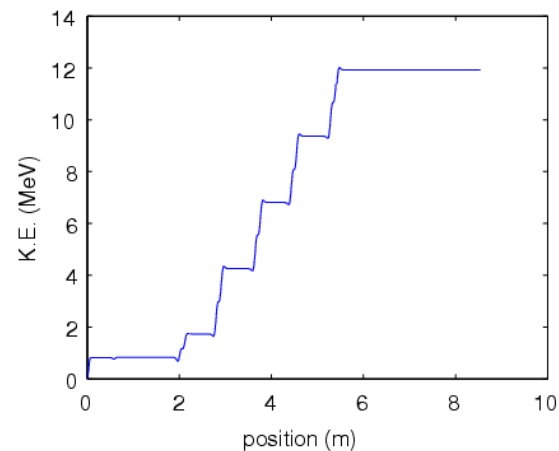
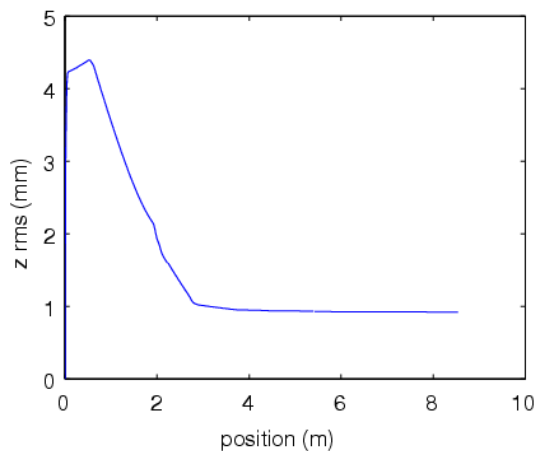
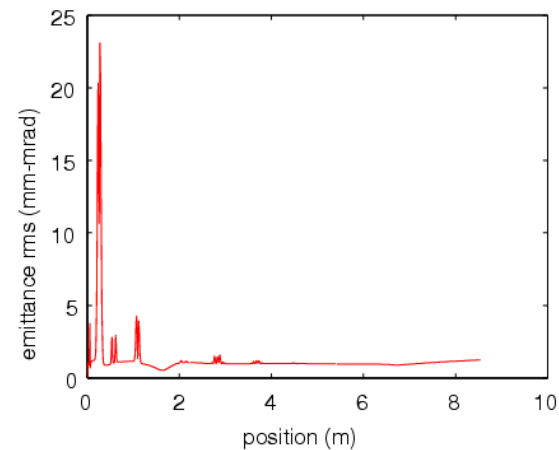
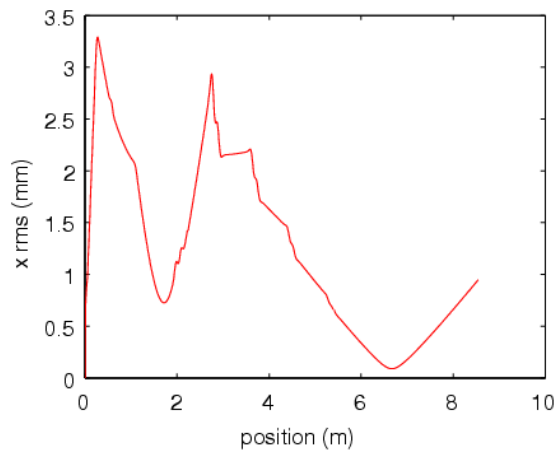
$Z = 7.5846 \text{ m}$, $\epsilon_x = 1.0784 \text{ mm-mrad}$, $P_z = 12.427 \text{ MeV/c}$, $\epsilon_z = 5.9539 \text{ mm-keV/c}$

- DC 電子銃直後

- 入射器終点付近

Cornell入射器の計算結果: 粒子集団の運動のRMS

- 計算条件
- 140 mA (107.7 pC)
- 計算結果
- $\text{emit_x} = 1.2477$ mm mrad (at $z = 8.56$ m)
- $p_z = 12.4$ MeV/c



まとめ

- Parmela, Astra を使用して、JAEA-type, Cornell-type の入射器のシミュレーションを開始した
- JAEA-type (3-cell 空洞使用) で 10 mA, 100 mA での計算を追えるようにした
 - 10 mA で $\text{emit}_x = 0.158 \text{ mm mrad}$
 - 100 mA で $\text{emit}_x = 1.27 \text{ mm mrad}$
- Cornell-type のシミュレーションをAstraで再現した
 - ⇒ 140 mA で $\text{emit}_x = 1.2477 \text{ mm mrad}$
- 今後の予定
 - Astra での JAEA-type のシミュレーション
 - Parmela での Cornell-type のシミュレーション
 - 空間電荷効果の理解
 - 加速空洞を3-cell ⇒ 2-cell にした場合のシミュレーション
 - パラメタの最適化の続き
 - 周回部と繋げて電子銃からビームダンプまでのシミュレーション