

ERL入射器のシミュレーション

初段空洞加速勾配の影響

2006年10月25日

第7回ビームダイナミクスWGミーティング

宮島 司 (KEK-PF)

目次


- 初段加速空洞での加速勾配がエミッタンスに及ぼす影響
- Cornell型の入射器の検討
- 計算条件
 - 電流 104 mA (80 pC, 1.3 GHz), DC gun voltage : 500 kV
 - Kinetic Energy : 9 MeV 程度
- 3つの条件
 1. SRF1の方がSRF2-5より高い勾配(前回の計算)
 2. SRF1の勾配がSRF2-5の勾配の半分
 3. SRF1-5全て同じ加速勾配
- まとめ

初段空洞の加速勾配がエミッタンスに与える影響

- 以前の検討で、初段加速空洞の加速勾配が他のものと低い場合に、エミッタンスが下がるという結果が得られていた。
- しかし、初段のみ加速勾配が異なるようにすると、空洞周りを別に設計する必要があり、コスト増加に繋がる。
- コスト増加しても、より低エミッタンスを得られれば良いが、それほどでなければ、初段空洞のみ別とする価値は低い。
- 今回の検討
- 初段空洞の加速勾配がどの程度エミッタンス低減に効果があるかを Cornell型入射器に対して計算した。

Cornell 型の入射器

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 : 80 pC
(1.3 GHz で 104 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

計算条件

- Cornell 型入射器
- DC gun voltage: 500 kV
- 前回 1.11 mm-mrad が得られたパラメタを基本とする
- 変更したのは、加速空洞の加速勾配とソレノイドの強さのみ

- 計算条件
 1. $\text{SRF1} = 9.80 \text{ MV/m}$, $\text{SRF2-5} = 7.20 \text{ MV/m}$ (前回の値)
 2. $\text{SRF1} = 4.29 \text{ MV/m}$, $\text{SRF2-5} = 8.58 \text{ MV/m}$
 3. $\text{SRF1-5} = 7.72 \text{ MV/m}$

- まず、最適化なしでの計算結果を比較
- その後、最適化(簡易)での計算結果を比較する

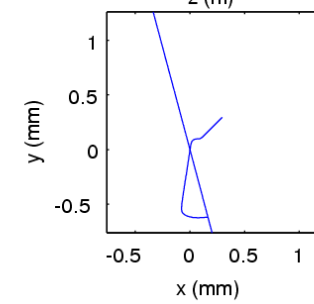
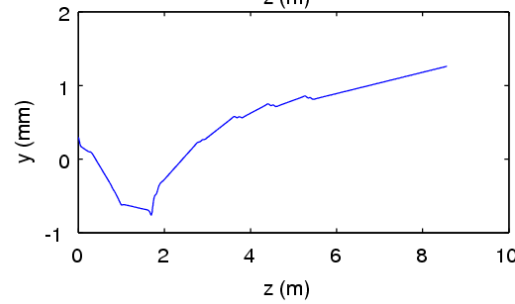
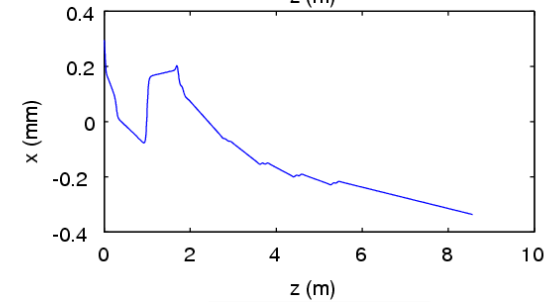
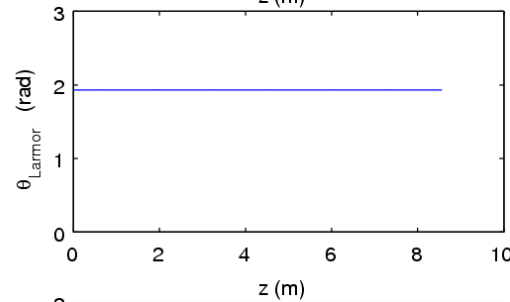
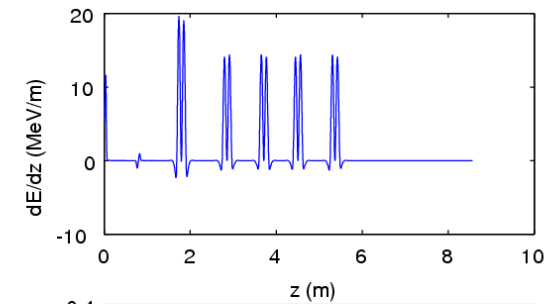
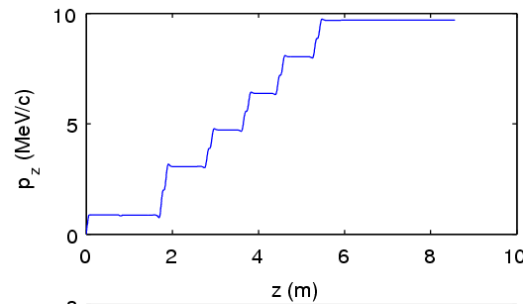
計算1 : SRF1 > SRF2-5

- 初期パラメタ : Phys. Rev. ST Accel. Beams **8**, 034202 (2005) の値を基本とする
- 初期分布は Gaussian 分布を仮定

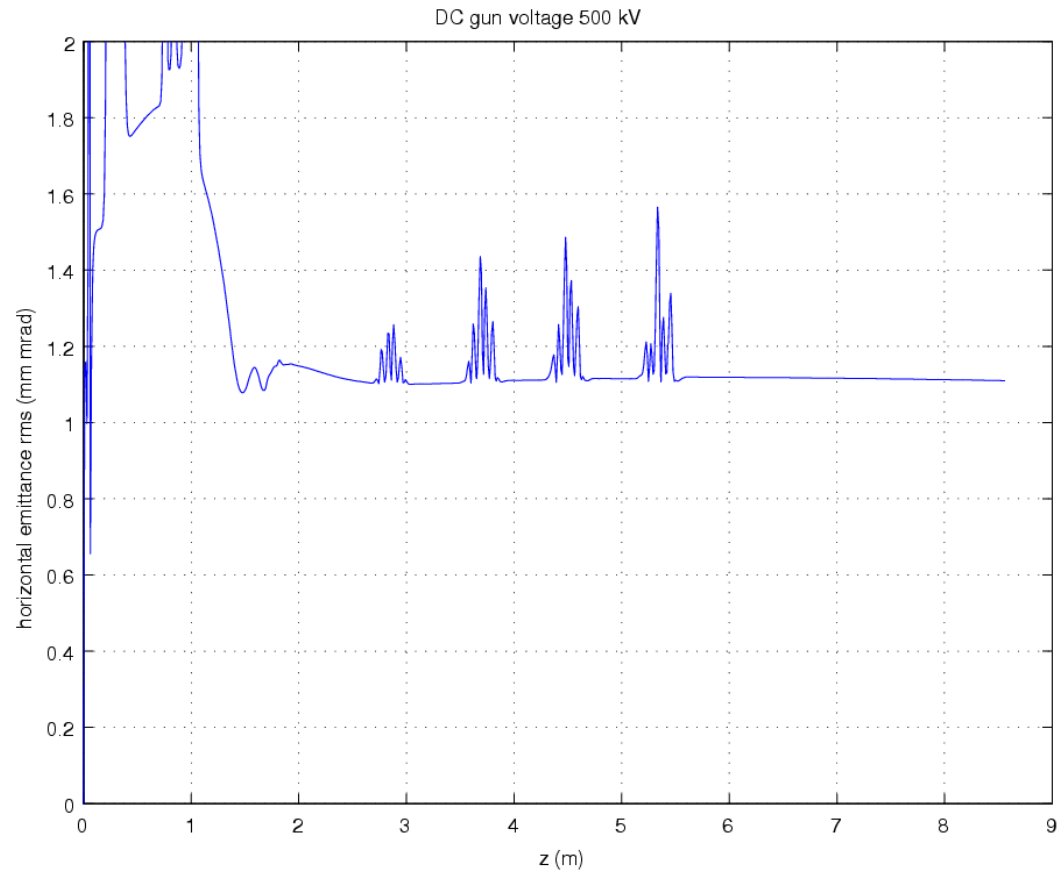
Parameter	(1) 500 kV	・500 kV 再現計算
DC gun voltage	500 kV	500 kV
Buncher voltage	116 kV	116 kV
SRF cavity 1 gradient	9.8 MV/m	9.8 MV/m
SRF cavities 2-5 gradient	7.2 MV/m	7.2 MV/m
Solenoid 1 peak field	0.058 T	0.05525 T
Solenoid 2 peak field	0.040 T	0.0355 T
Solenoid 1 position	0.29 m	0.29 m
Solenoid 2 position	1.00 m	1.00 m
Buncher position	1.80 m	1.80 m
Kinetic energy	10.6 MeV	9.2 MeV

計算1:SRF1 > SRF2-5 基準粒子の運動

- $P_z = 9.7 \text{ MeV}/c$ (at $z = 8.56 \text{ m}$)
- SRF1 = 9.80 MV/m
- SRF2-5 = 7.20 MV/m



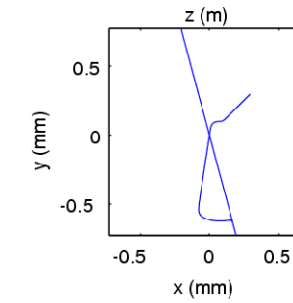
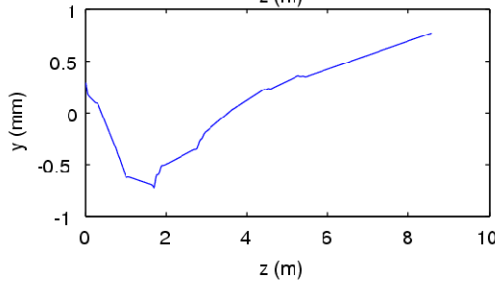
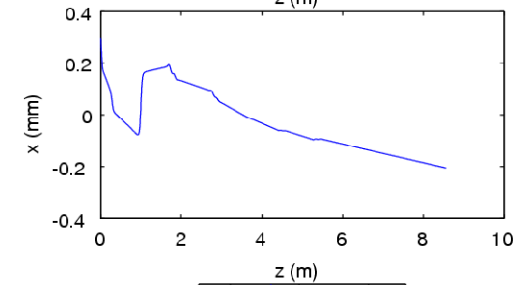
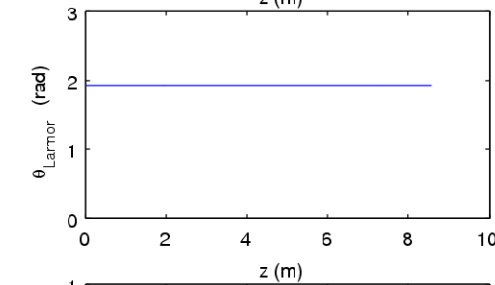
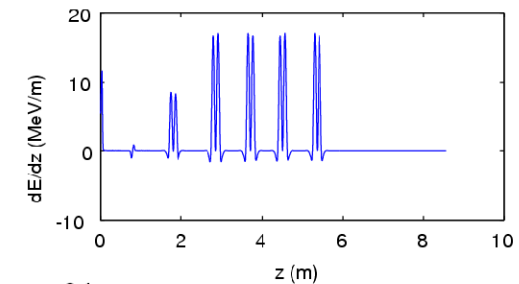
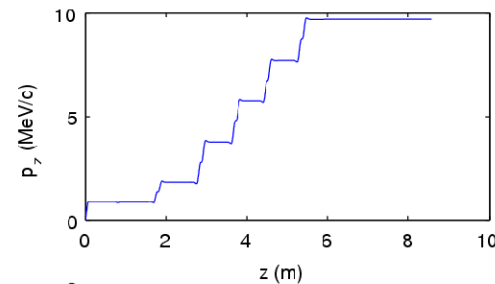
計算1:SRF1 > SRF2-5 の結果



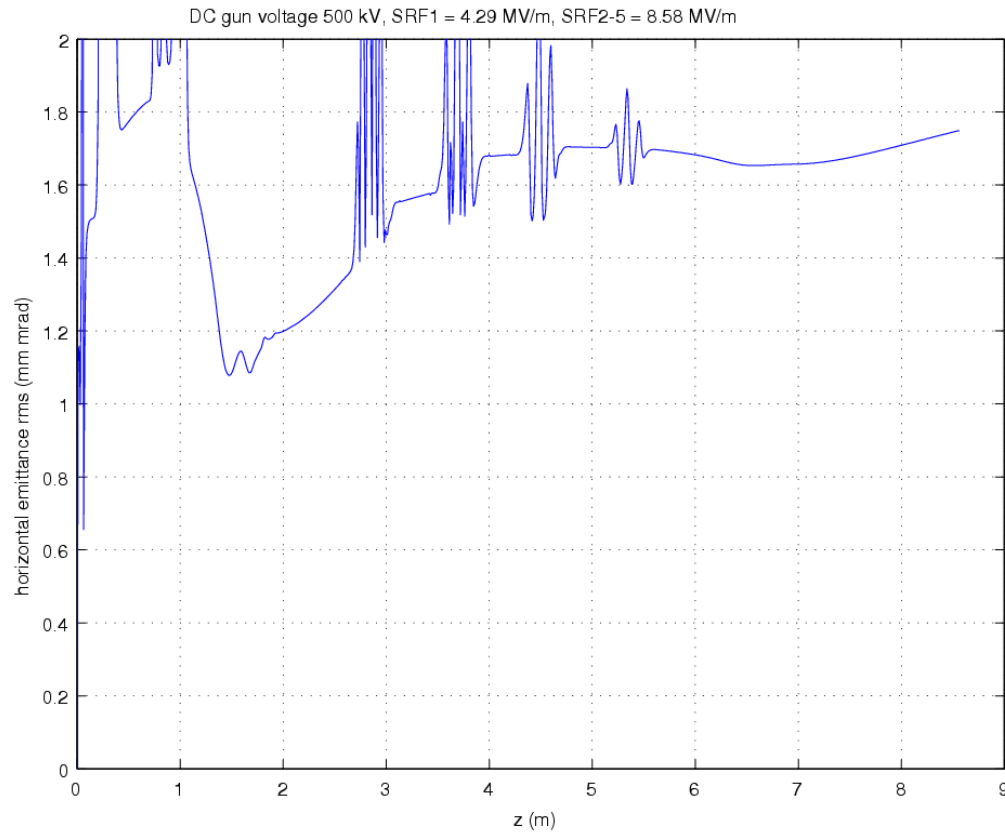
- **emit_x = 1.1097 mm mrad**
(at z = 8.56 m)

計算2: 1/2 SRF1 = SRF2-5 基準粒子の運動

- $P_z = 9.7 \text{ MeV}/c$ (at $z = 8.56 \text{ m}$)
- SRF1 = 4.29 MV/m
- SRF2-5 = 8.58 MV/m



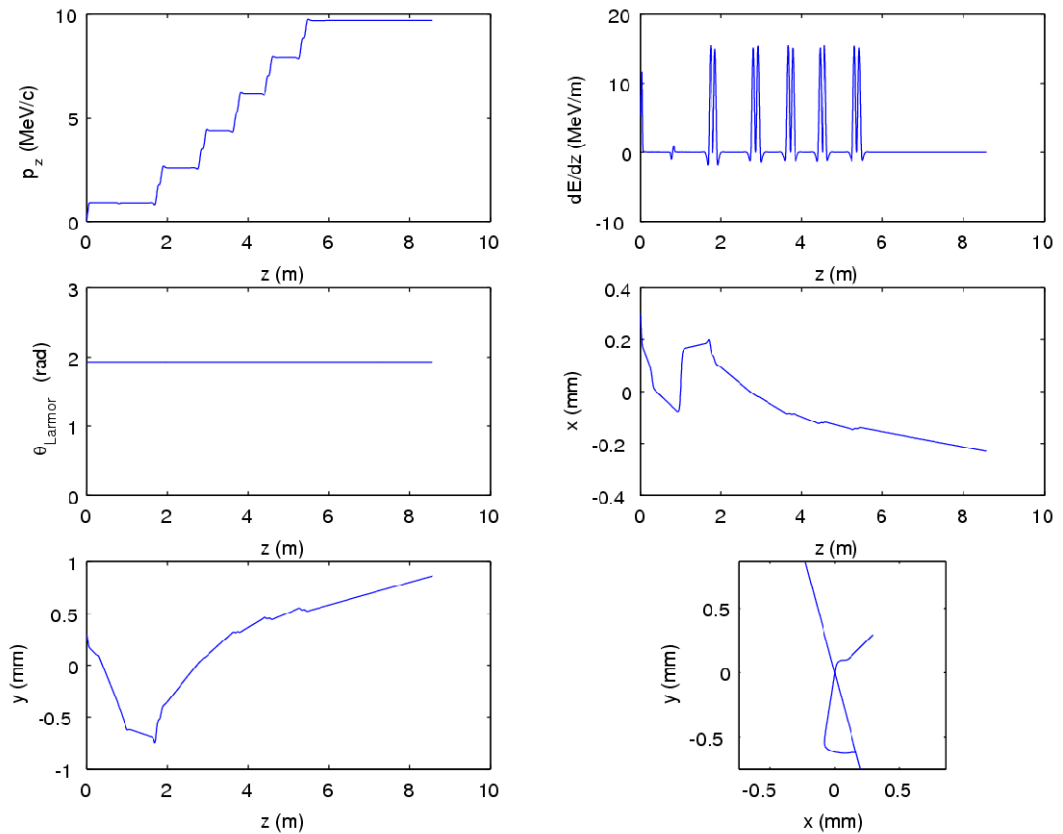
計算2:½ SRF1 = SRF2-5 の結果



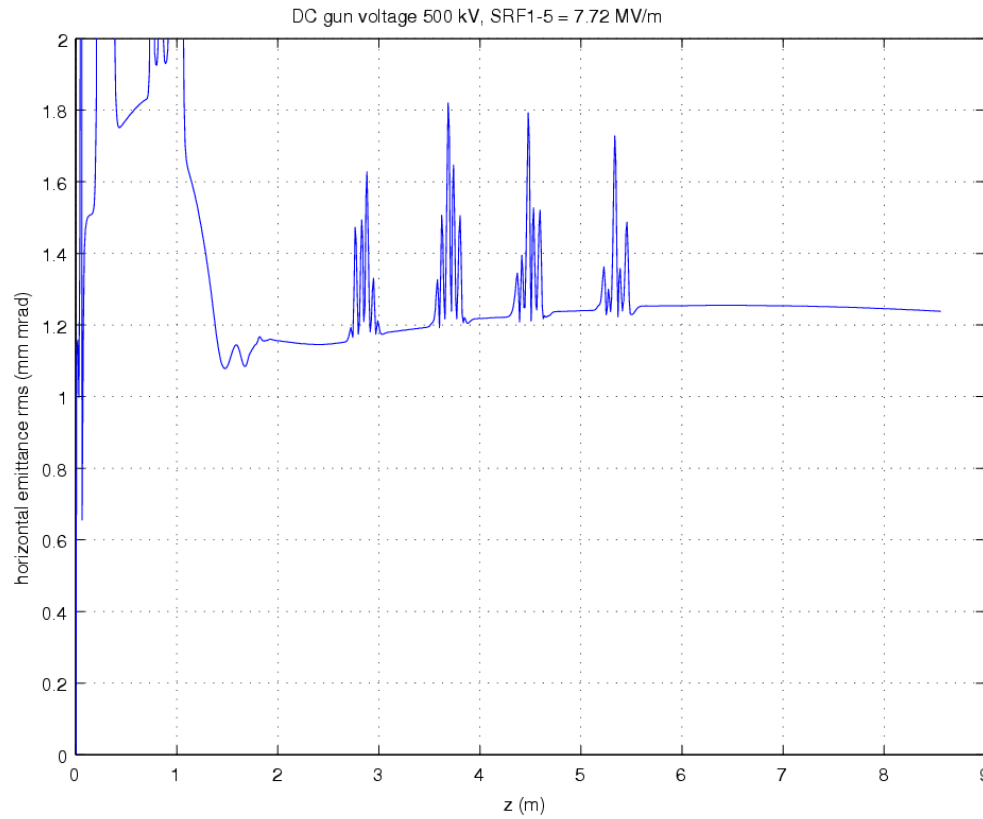
- **emit_x = 1.7499 mm mrad**
(at z = 8.56 m)

計算3: SRF1=SRF2-5 基準粒子の運動

- $P_z = 9.7 \text{ MeV}/c$ (at $z = 8.56 \text{ m}$)
- SRF1-5 = 7.72 MV/m



計算2:1/2 SRF1 = SRF2-5 の結果



- **emit_x = 1.2380 mm mrad**
(at z = 8.56 m)

最適化なしの結果

1. 計算1

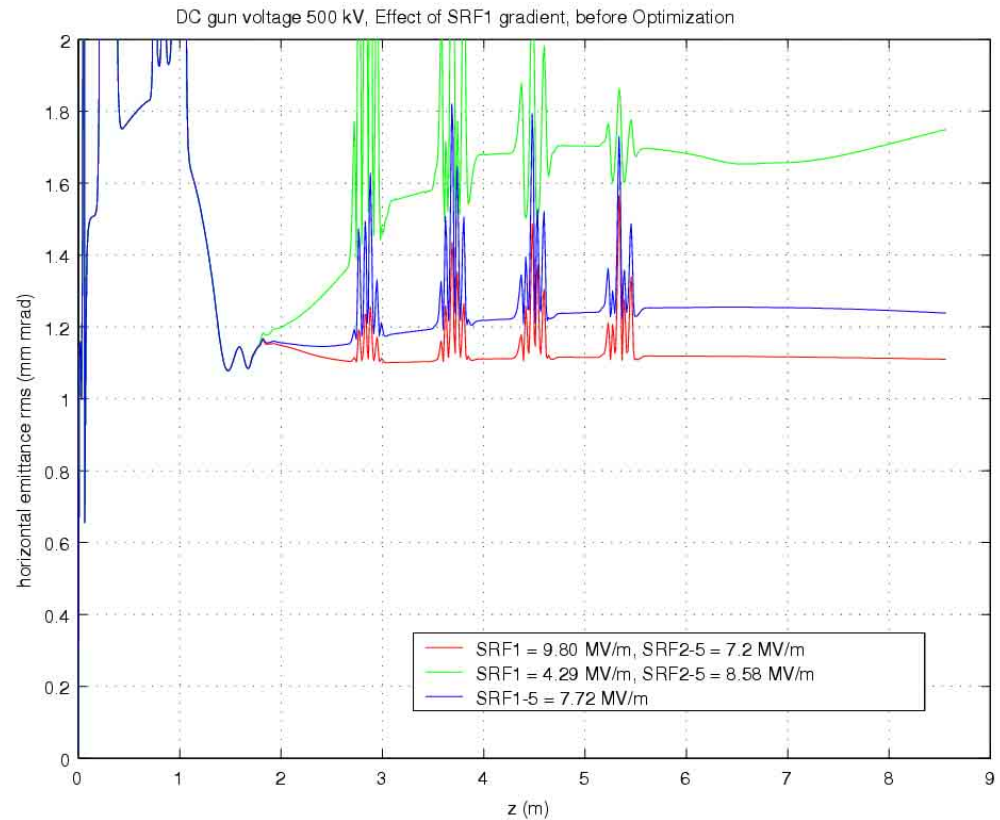
- SRF1 = 9.80 MV/m,
SRF2-5 = 7.20 MV/m
- **emit_x = 1.1097 mm
mrad**

2. 計算2

- SRF1 = 4.29 MV/m,
SRF2-5 = 8.58 MV/m
- **emit_x = 1.7499 mm
mrad**

3. 計算3

- SRF1-5 = 7.72 MV/m
- **emit_x = 1.2380 mm
mrad**



(簡易)最適化後の結果

1. 計算1

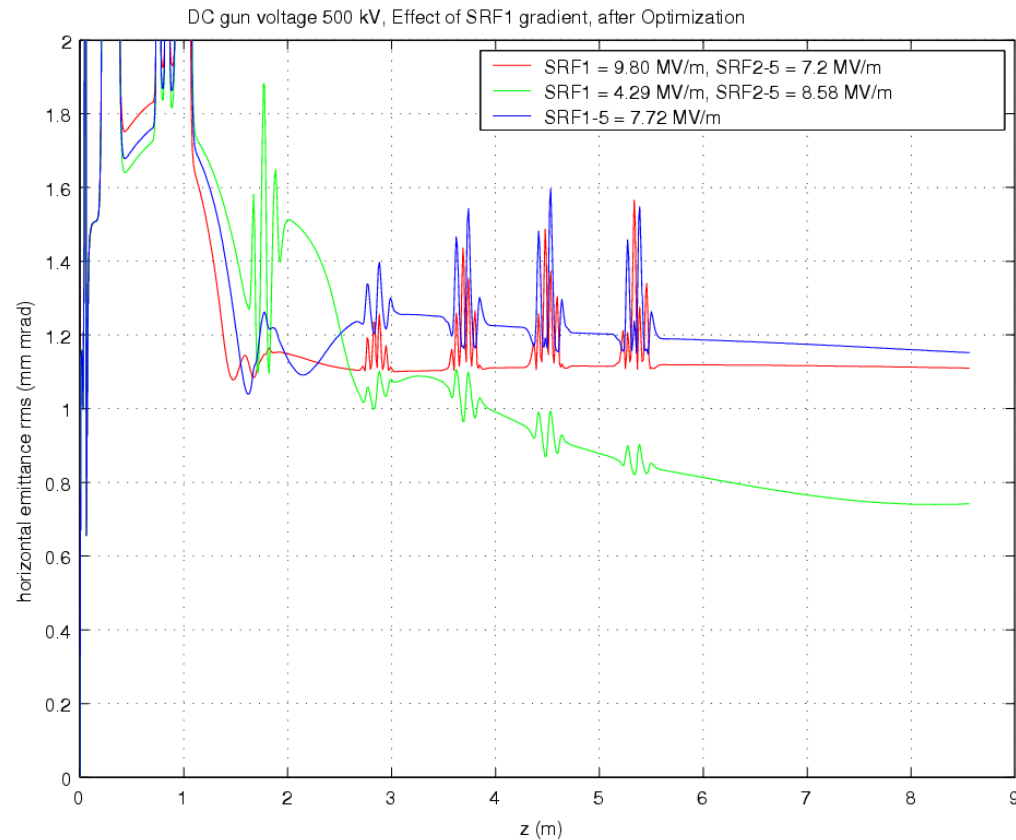
- SRF1 = 9.80 MV/m,
SRF2-5 = 7.20 MV/m
- **emit_x = 1.1097 mm
mrad**

2. 計算2

- SRF1 = 4.29 MV/m,
SRF2-5 = 8.58 MV/m
- **emit_x = 0.74013 mm
mrad**

3. 計算3

- SRF1-5 = 7.72 MV/m
- **emit_x = 1.1510 mm
mrad**



- **計算2の初段の加速勾配が低い方が
エミッタンスが下がった**

まとめ

- 初段加速空洞の加速勾配がエミッタンスに及ぼす影響について計算を行った
- 入射器のタイプ: Cornell型、ビーム電流: 104 mA (80pC, 1.3 GHz)
- DC gun voltage: 500 kV

- ソレノイド調整前の結果
 - 初段空洞の加速勾配が他の1/2のとき、エミッタンスが大きく増大した
- ソレノイド調整後の結果
 - 初段空洞の加速勾配が他の1/2のときのみ、ソレノイドの調整によってエミッタンスが大きく下がった **1.7499 ⇒ 0.74013 mm mrad**
 - 他の条件では 1.0 mm mrad を切れていないのでそれなりに効果があると推測される

- 今回は非常に簡単な計算しか行えなかったため、今後もう少しつめて検討を行う