

入射器の設計(続き)

- バンチャーモデル
- 2-cell 空洞の導入
- Merger 角度の変更

羽島 良一 (JAEA-ERL)

2007年7月25日

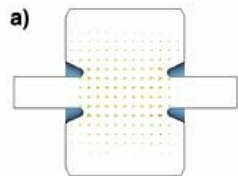
ビームダイナミクスWG

Bencher models

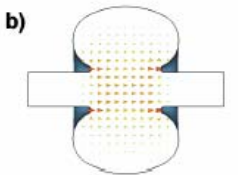
Proceedings of EPAC 2004, Lucerne, Switzerland

COMPARISON OF DIFFERENT BUNCHER CAVITY DESIGNS FOR THE 4GLS ERLP

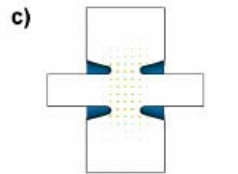
E. Wooldridge, C. D. Beard, C. Gerth, ASTeC, Daresbury Laboratory, Warrington WA4 4AD, UK
A. Büchner, FZ Rossendorf, Zentralabteilung Forschungstechnik, PF 510119, D-01314 Dresden, Germany



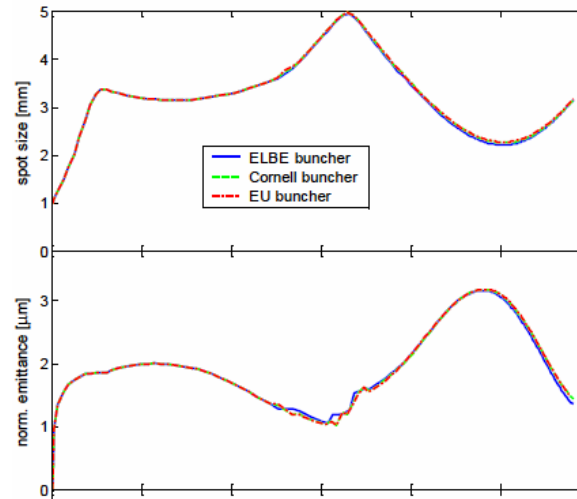
EU cavity



Cornell cavity

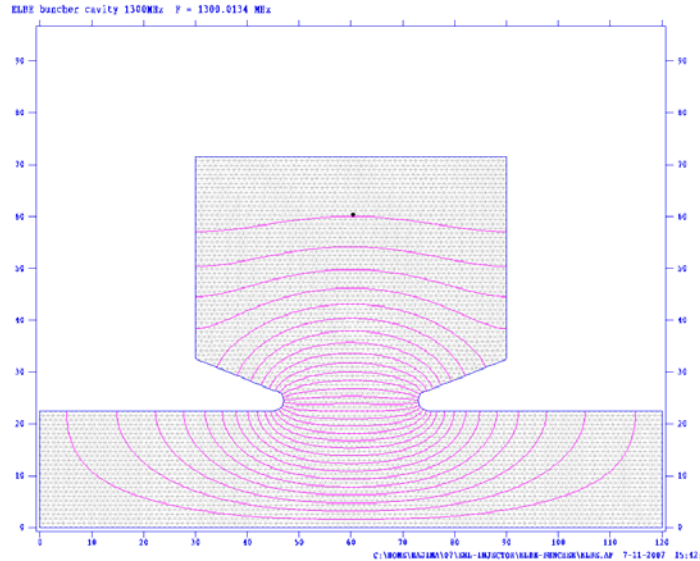


ELBE cavity



三種類の形状に有意な差は見られない

Buncher simulation by SUPERFISH



All calculated values below refer to the mesh geometry only.
 Field normalization (NORM = 0): EZERO = 1.00000 MV/m
 Frequency = 1300.01344 MHz
 Particle rest mass energy = 0.510999 MeV
 Beta = 1.0000000
 Normalization factor for E0 = 1.000 MV/m = 14177.485
 Transit-time factor = 0.8891977
 Stored energy = 0.0081486 Joules
 Using standard room-temperature copper.
 Surface resistance = 9.40665 milliOhm
 Normal-conductor resistivity = 1.72410 microOhm-cm
 Operating temperature = 20.0000 C
 Power dissipation = 4338.7489 W
 Q = 15340.7 Shunt impedance = 27.658 MOhm/m
 Rs*Q = 144.305 Ohm Z*T*T = 21.868 MOhm/m
 r/Q = 171.060 Ohm Wake loss parameter = 0.34931 V/pC
 Average magnetic field on the outer wall = 3355.81 A/m, 5.29665 W/cm²
 Maximum H (at Z,R = 33.3333,31.1667) = 5508.64 A/m, 14.2723 W/cm²
 Maximum E (at Z,R = 73.067,24.86) = 8.37176 MV/m, 0.260723 Kilp.
 Ratio of peak fields Bmax/Emax = 0.8269 mT/(MV/m)
 Peak-to-average ratio Emax/E0 = 8.3718

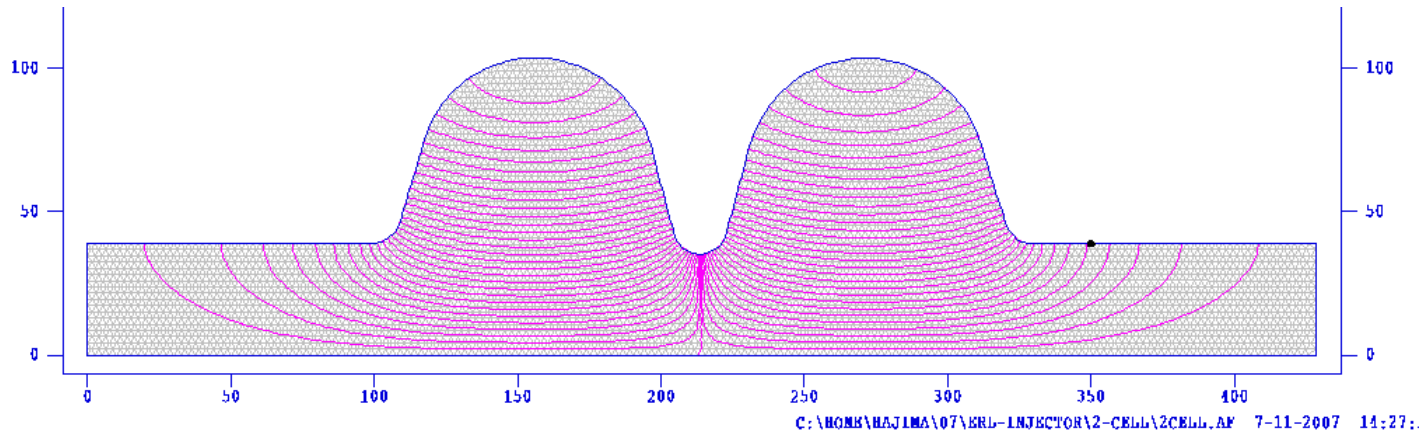
Wall segments:

Segment	Zend (mm)	Rend (mm)	Emax (MV/m)	Power (W)	P/A (W/cm ²)	dF/dZ (MHz/mm)	dF/dR (MHz/mm)
0.0000	22.500						
2	45.000	22.500	5.298	5.030	7.9064E-02	0.000	1.450
3	47.000	24.500	7.812	10.11	2.228	6.378	4.423
4	45.000	26.500	8.107	32.09	6.352	8.117	5.765
5	30.000	32.500	5.199	389.8	13.02	0.1287	0.3219
6	30.000	71.576	0.7619	1018.	7.967	-9.683	0.000
7	90.000	71.576	3.1239E-02	1429.	5.296	0.000	-15.22
8	90.000	32.500	0.7636	1018.	7.966	-9.681	0.000
9	75.000	26.500	4.656	389.6	13.01	0.1357	0.3392
10	73.000	24.500	8.372	32.29	6.393	7.749	5.700
11	75.000	22.500	8.017	10.18	2.243	6.665	4.527
12	120.00	22.500	4.645	5.029	7.9044E-02	0.000	1.442

Total 4339.

1 MV/m の時
 熱損失 4.3 kW、最大発熱13 W/cm²

2-cell cavity

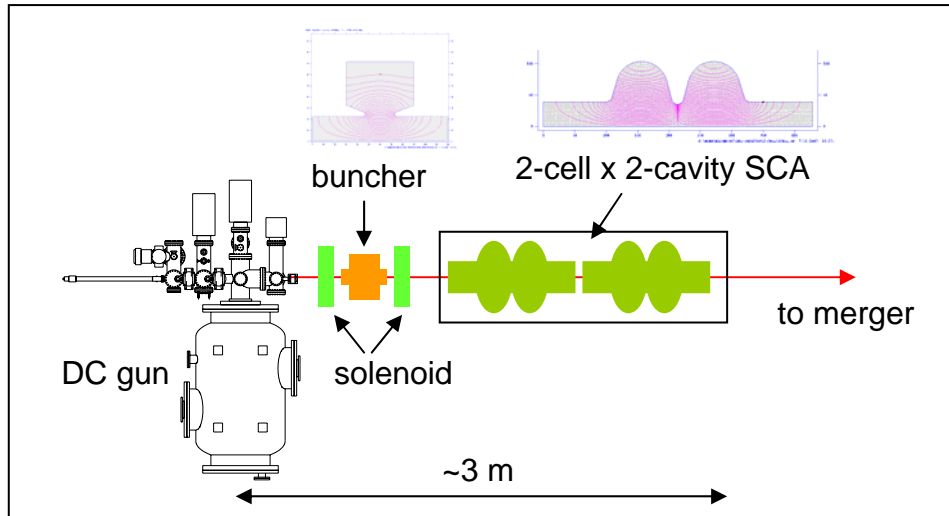


TESLA cavity を 2-cell にしたモデル (ビームパイプは $\phi 78\text{mm}$)

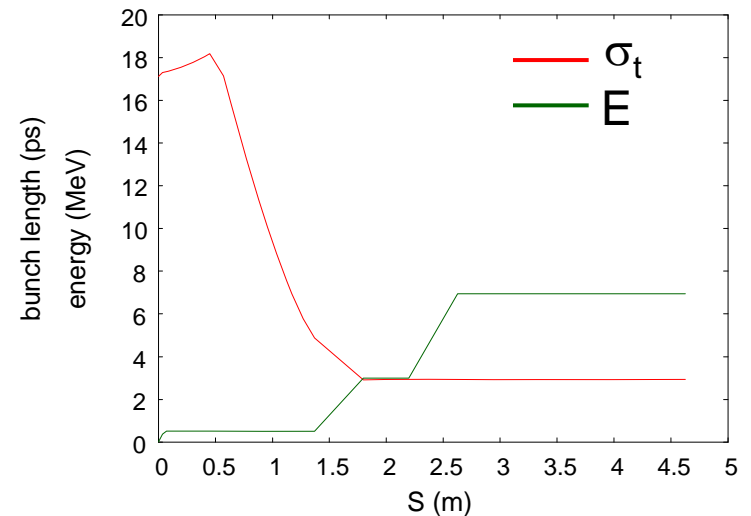
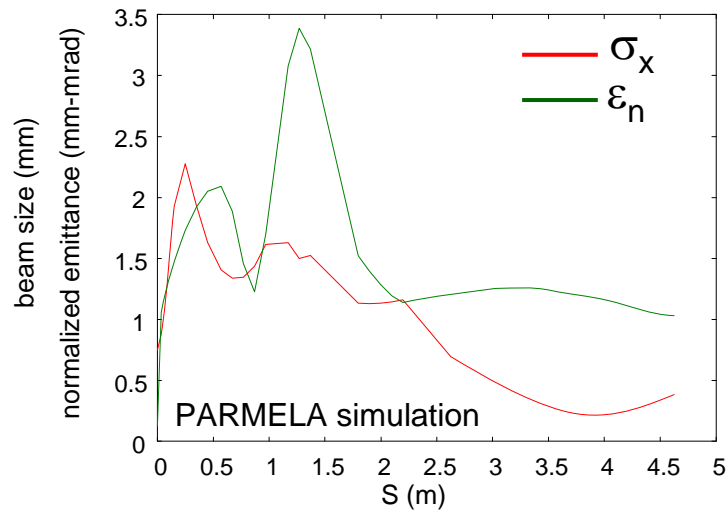
1st-cell入り口では、フリンジフィールドがエミッタンス増大と関係する。
ビームパイプ径の最適化は、今後の課題。

500kV gun + 2-cell x 2

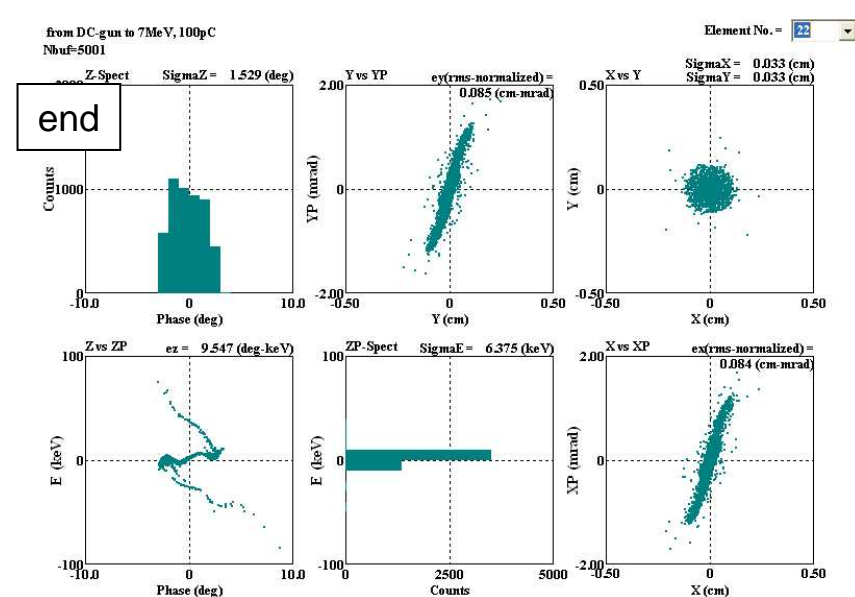
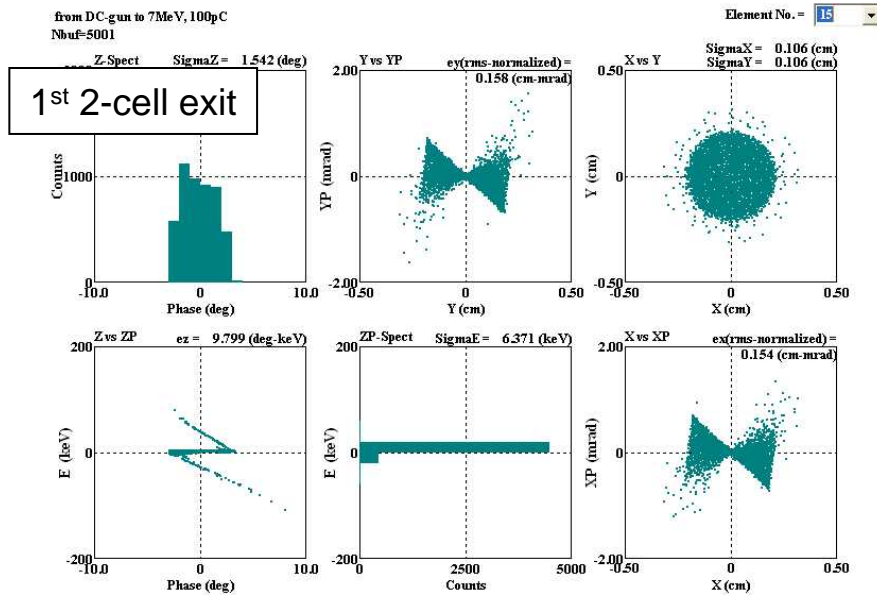
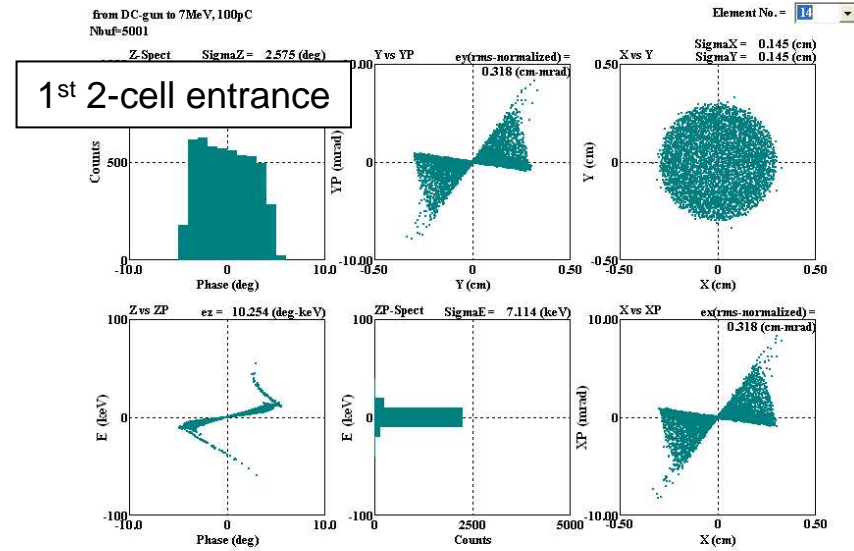
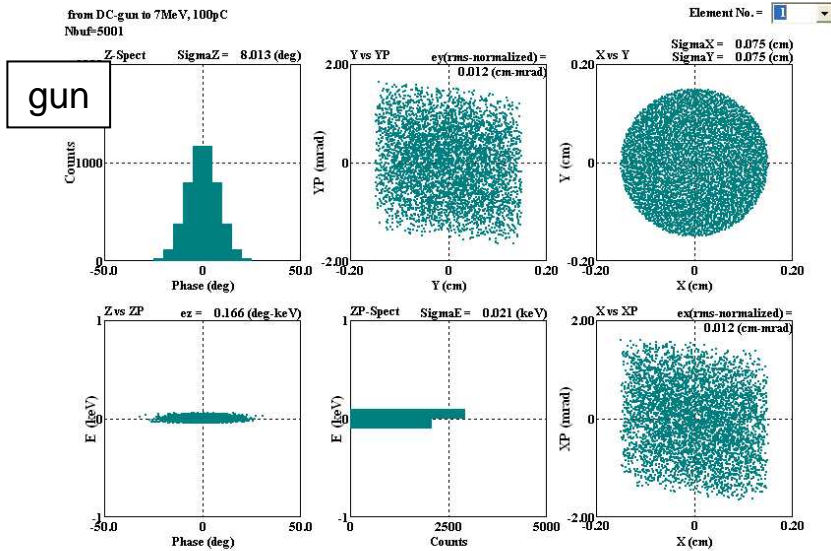
実証機用入射器の最小構成



gun voltage	500 kV
buncher field	1.2 MV/m
1 st cavity field	10 MV/m
2 nd cavity field	15 MV/m
bunch charge	100 pC
norm. emittance	1.0 mm-mrad
bunch length	3 ps (rms)
energy	7 MeV
energy spread	0.1 %
repetition	130 MHz
average current	13 mA

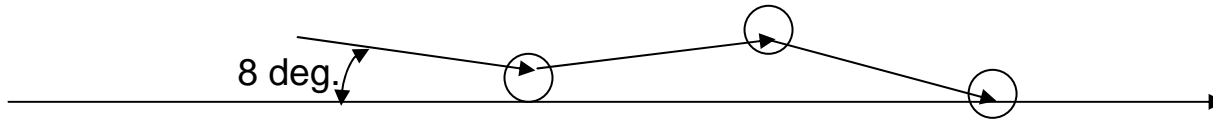


500kV gun + 2-cell x 2 (Phase space plots)

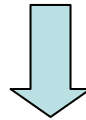


Merger角度の変更

以前の計算で用いた設計; $15 \text{ deg.} + (-22 \text{ deg.}) + 15 \text{ deg.} = 8 \text{ deg.}$



エミッタンスを小さく保つには、なるべく浅い角度で入射するのが望ましいが、
実証機のレイアウトでは、入射器と周回軌道との分離が厳しい

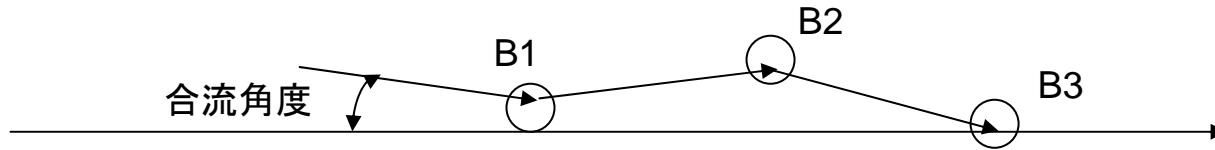


合流角度を大きくした設計を確認する

$$17 \text{ deg.} + (-22 \text{ deg.}) + 17 \text{ deg.} = 12 \text{ deg.}$$

$$19 \text{ deg.} + (-22 \text{ deg.}) + 19 \text{ deg.} = 16 \text{ deg.}$$

Merger parameters



	合流角度	軌道半径	偏向角度 (B1/B3)	入出射エッジ (B1/B3)	偏向角度 (B2)	入出射エッジ (B2)	磁石間ドリフト	全長
Case-1	8 deg.	1m	15 deg.	0	-22 deg.	-20 deg.	0.314m	1.536m
Case-2	12 deg.	1m	17 deg.	0	-22 deg.	-20 deg.	0.451m	1.879m
Case-3	16 deg.	1m	19 deg.	0	-22 deg.	-20 deg.	0.554m	2.155m

アクロマティックとなるように磁石間ドリフトを決定。

この条件では、

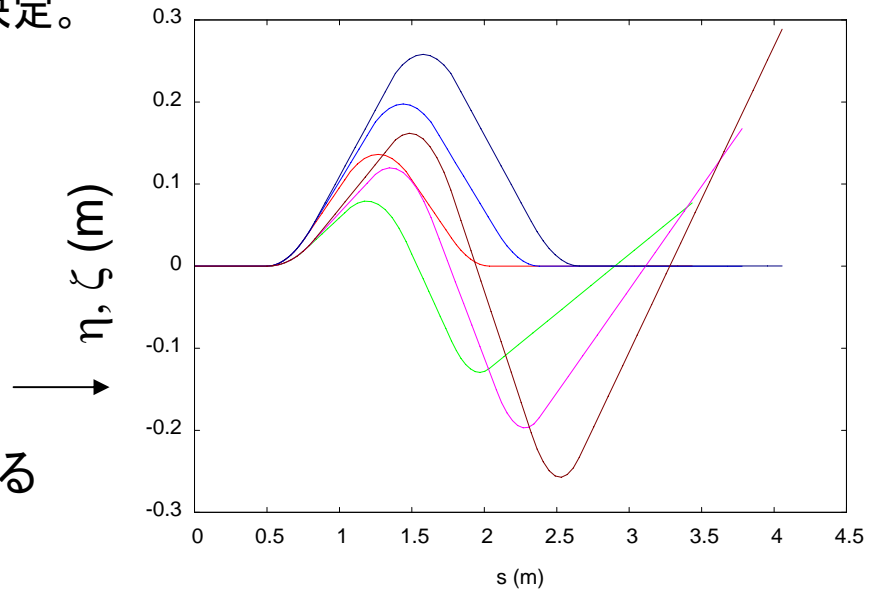
偏向角度 = 大 → ドリフト = 長

入射と周回の干渉回避が一層楽になるが、エミッタンスの点では不利になる。

水平分散 (η)

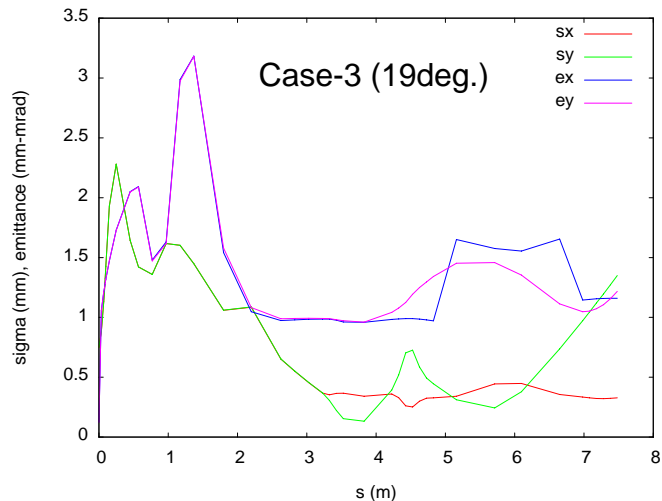
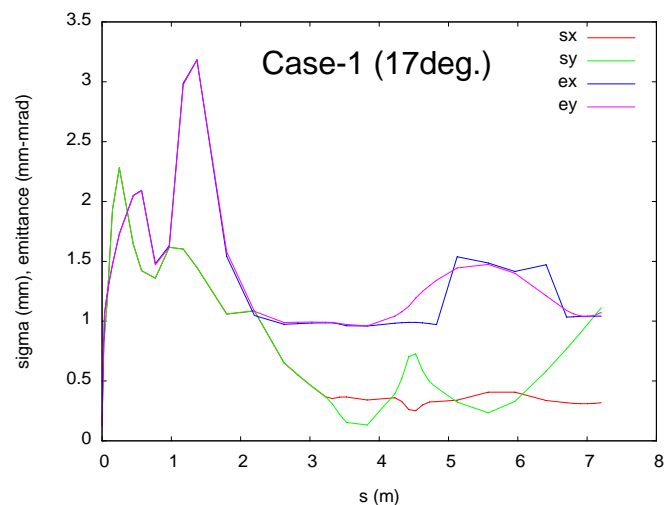
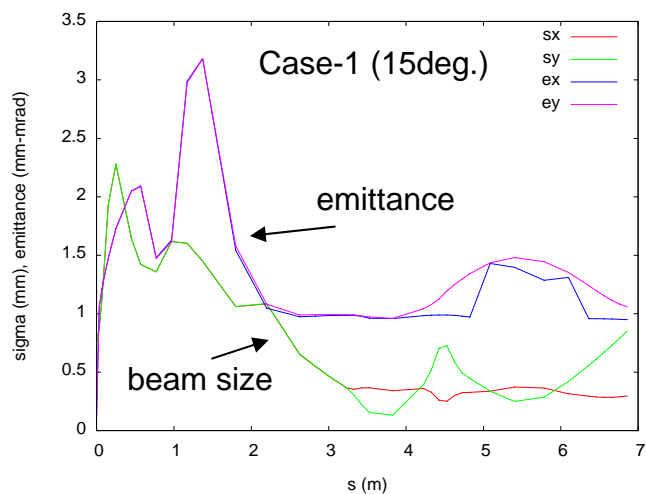
縦方向空間電荷が作る分散 (ζ)

3通りの設計を重ねて描いている



エミッタンス計算結果

500kV+7MeV の構成、100pC バンチ、3ps at the merger
Solenoid x 2, Q x 5 を最適化 (もう少し改善の余地ありそう)



Case-1: $\epsilon_x=0.95$, $\epsilon_y=1.06$
Case-2: $\epsilon_x=1.04$, $\epsilon_y=1.07$ (mm-mrad)
Case-3: $\epsilon_x=1.16$, $\epsilon_y=1.22$

y 方向にエミッタンスが増えている、
merger 部で y 方向発散が強いためか？
B2エッジ角の見直しも。

空間電荷によるエミッタンス増大

merger 中での電子エネルギーの変化(縦方向空間電荷)

- merger 出口で水平分散を生じる(バンチスライスがキックされる)
- 投影エミッタンスの増大

縦方向空間電荷によるエネルギー広がり

$$\Delta E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r z \gamma} f(r/z) \quad \begin{array}{l} r, z \text{ はバンチの半径、長さ、} \\ f(r/z) \text{ は分布形状で決まる関数} \end{array}$$

$\Delta E/E$ は、エネルギーの2乗に反比例 = 5 MeV \rightarrow 7 MeV で 1/2

入射エネルギーが以前の計算に比べて大きくなっているので、エミッタンス保存が楽になっているのは確か。

つづく、...