

cERL最初のコミッショニングに向けた 入射器シミュレーション

2011年9月29日(木)14時から
ERLビームダイナミクスWG
高エネルギー加速器研究機構
宮島 司

目的

- cERLの最初のコミッショニングに向けて、35 MeV, 7.7 pC/bunchの条件に対しての入射器のオプティクスを決めたい。
- ただし、入射器でやみくもにエミッタンスを下げて、周回部で受け入れられなければ意味がないので、受け渡し点(35 MeV, A点)でのTwissパラメタの条件を満たす必要がある。
- 重要なのは、受け渡し点でのTwissパラメタと、合流部出口から主空洞間に配置されたQの強さ。

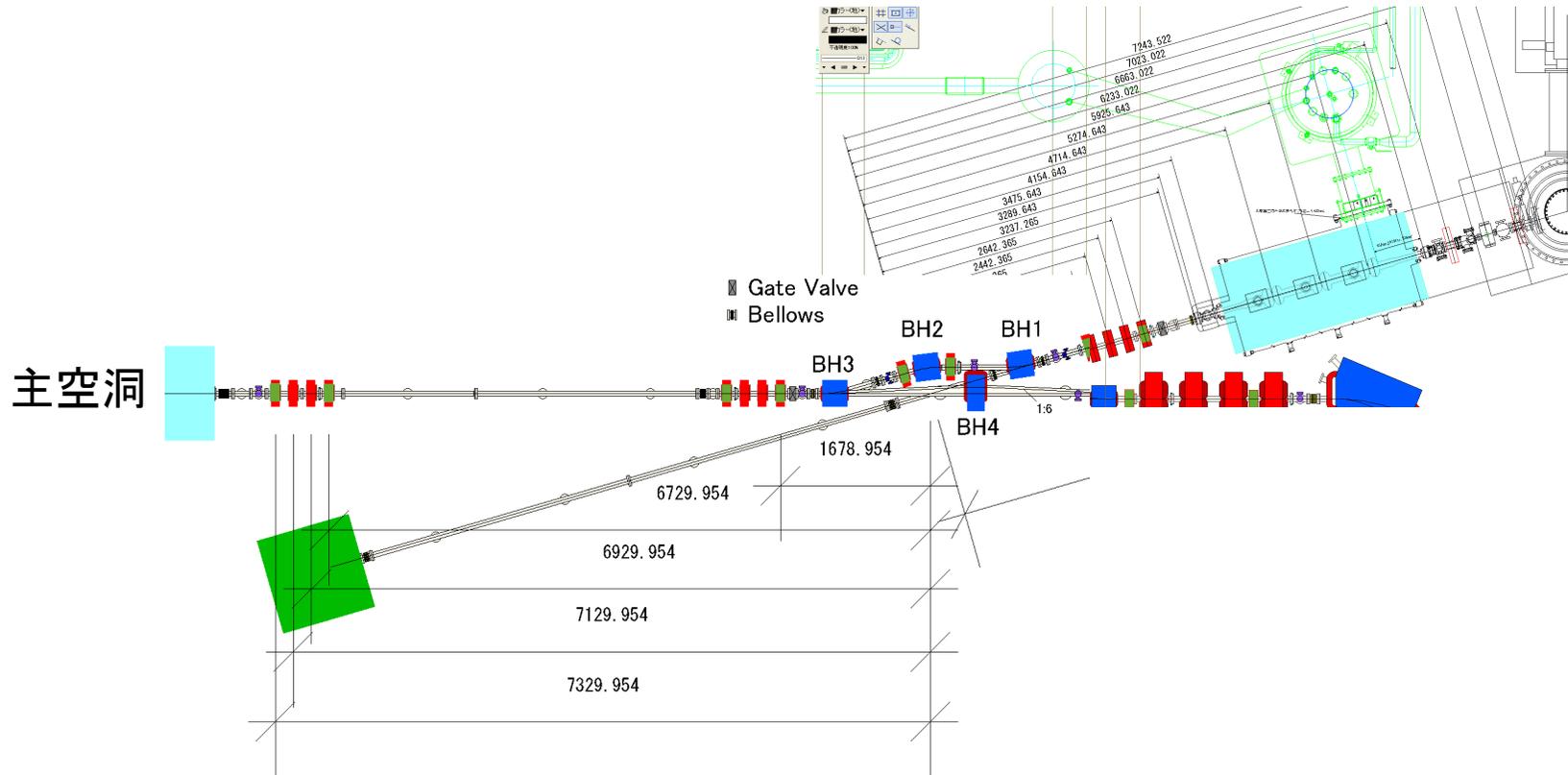
- 今回は、とりあえず7月に計算していた結果をまとめなおす。
- Twissパラメタの範囲：
 - $-2.0 < a_x < 0$
 - $0 < a_y < 2.0$
 - $0.5 \text{ m} < b_x < 15 \text{ m}$
 - $0.5 \text{ m} < b_y < 15 \text{ m}$,

- 現在は、9月12日(月)に島田さんから教えて頂いた新たなTwissパラメタの範囲に向けて計算を進めている(が、思いのほか厳しそう・・・)
- 新しいTwissパラメタの範囲
 - $-0.1 < a_x < -0.3$
 - $2.5 < a_y < 3.5$
 - $1 \text{ m} < b_x < 5 \text{ m}$
 - $6 \text{ m} < b_y < 18 \text{ m}$,

レイアウト

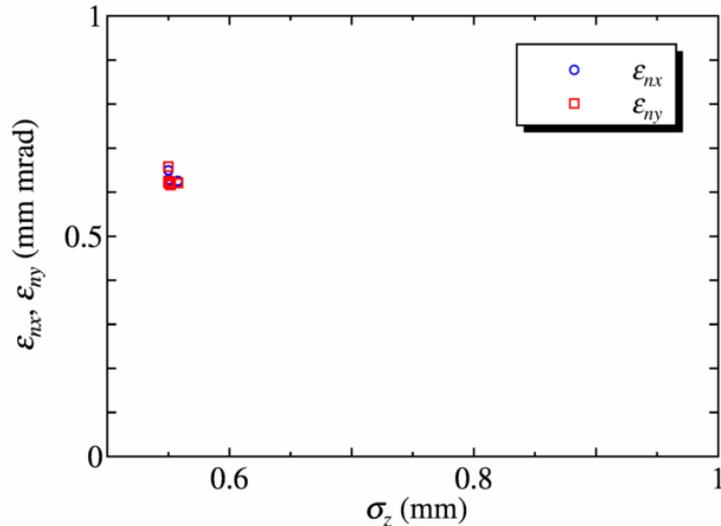
電子銃カソードから主空洞出口(A点)までを計算。

合流部出口から長いドリフトスペースがある。



旧Twissパラメタ範囲での結果

cerl_inj8_1.in, 7.7 pC/bunch, nps = 1 k, $\Delta t_0 = 16$ ps, point A



○旧Twissパラメタの範囲(A点)

$$-2.0 < a_x < 0$$

$$0 < a_y < 2.0$$

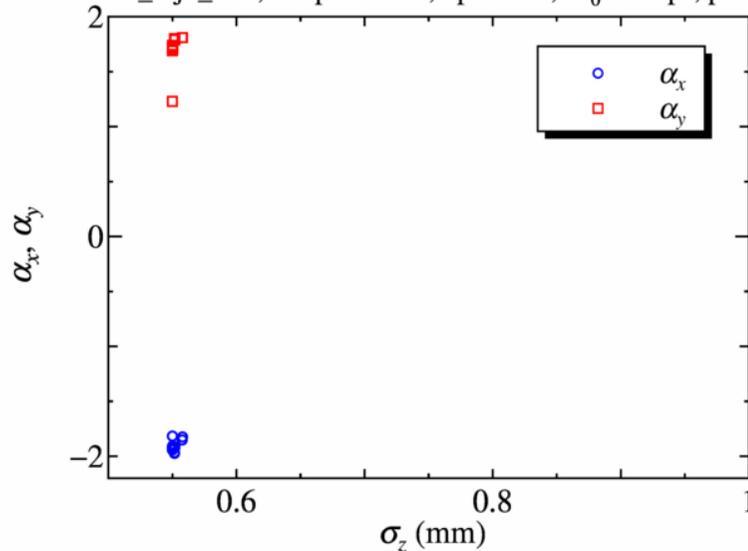
$$0.5 \text{ m} < b_x < 15 \text{ m}$$

$$0.5 \text{ m} < b_y < 15 \text{ m}$$

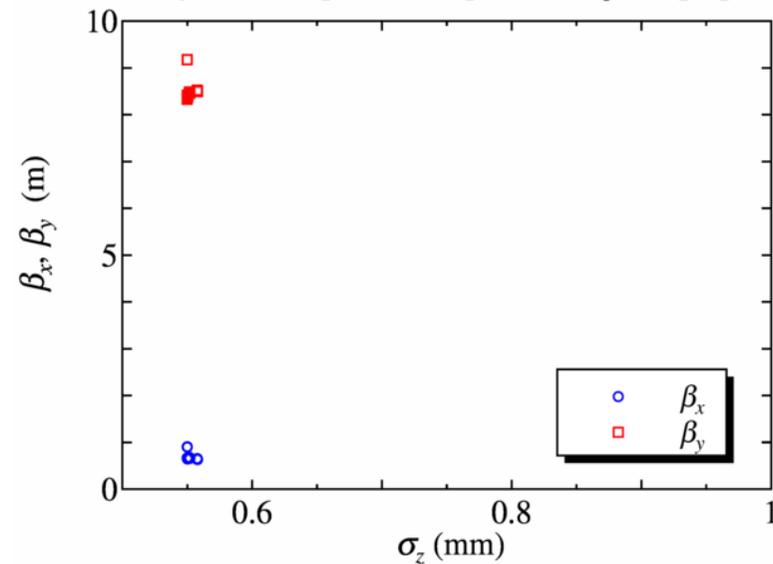
エミッタンスは、とりあえず、1.0 mm mrad以下にはなっている。

ただし、粒子数1kでの計算なので、粒子数は不十分(10kに増やすと次のページのようになる)

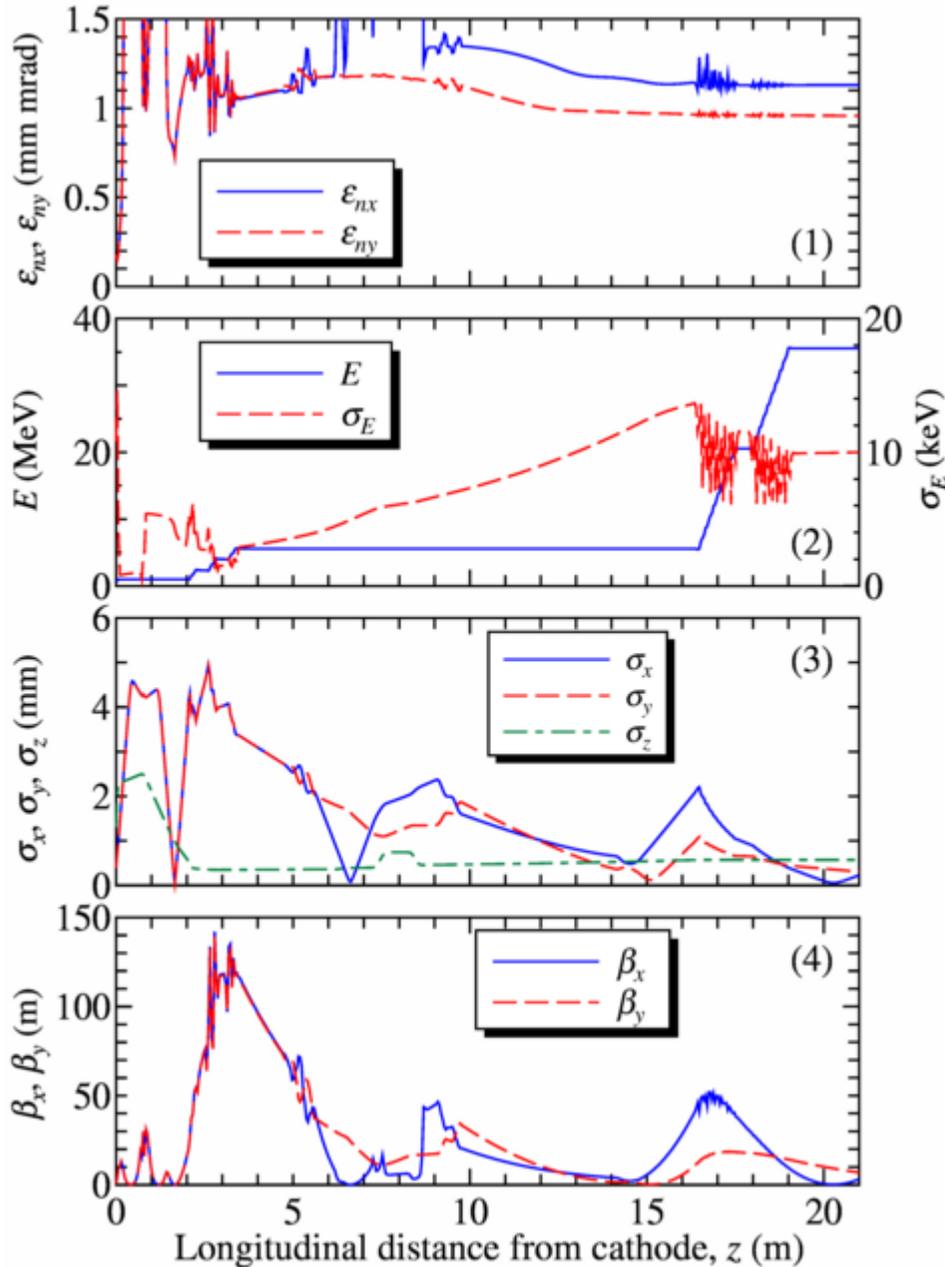
cerl_inj8_1.in, 7.7 pC/bunch, nps = 1 k, $\Delta t_0 = 16$ ps, point A



cerl_inj8_1.in, 7.7 pC/bunch, nps = 1 k, $\Delta t_0 = 16$ ps, point A



粒子数10kに増やすと、1.1 mm mrad程度まで増大してしまう。



Laser pulse full width	16 ps
Laser diameter	0.38 mm
DC gun voltage	500 kV
Magnetic field of 1st solenoid	0.0326 T
Magnetic field of 2nd solenoid	0.0318 T
Voltage of bunching cavity	90.6 kV
E_{acc} of 1st injector SRF cavity	6.46 MV/m
E_{acc} of 2nd injector SRF cavity	7.52 MV/m
E_{acc} of 3rd injector SRF cavity	6.84 MV/m
Offset phase of 1st injector SRF cavity	13.6 degree
Offset phase of 2nd injector SRF cavity	4.8 degree
Offset phase of 3rd injector SRF cavity	10.0 degree

粒子数1kでの最適化は短い計算時間で結果を得られる半面、やはり粒子数依存性によるエミッタンス変化はかなり大きい。
 (7月までは結果を出すのを急いでいた)
 ⇒ 以前と同様に、少なくとも粒子数2kから開始する必要がある。

○合流部下流のQのK値の問題

・右図のオプティクスを与える場合のK値は、

K1QMAG01 = 10;

K1QMAG02 = -9.99998;

K1QMAG03 = 10;

K1QMAG04 = -10;

K1QMAG05 = 10;

K1QMAG06 = -10;

K1QMAG07 = -9.99208;

K1QMAG08 = -9.99997;

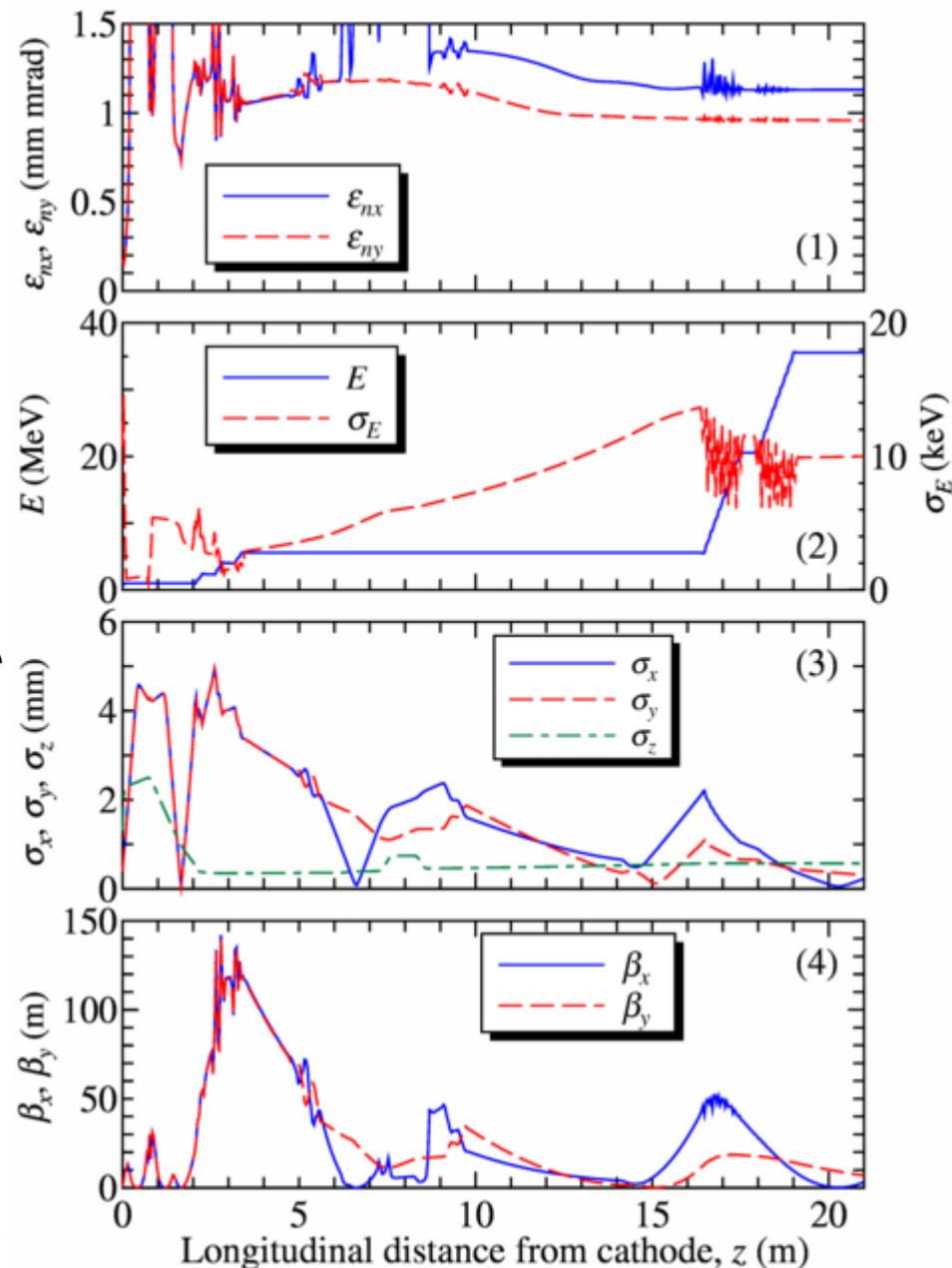
この計算では、 ± 10 内に入るようにはしていたが、境界の値に収束してしまった。エミッタンスをより下げるにはもっと可変範囲を広げた方が良いのは明らか。でも、マッチング条件と競合してしまう。

Q. K値の可変範囲とマッチング条件どちらが重要か？

A. 周回部でのビームの質が重要なので、マッチング条件を優先すべき。

・では、エミッタンスを下げるには？

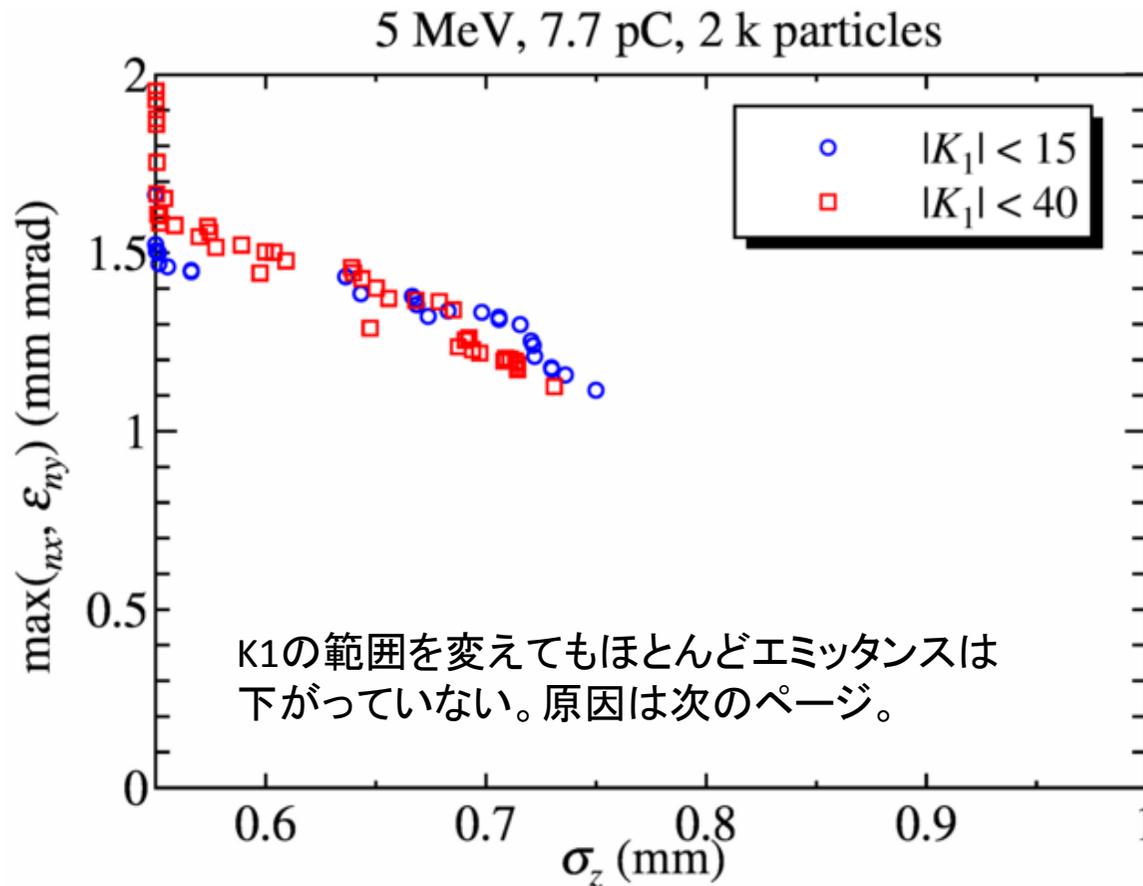
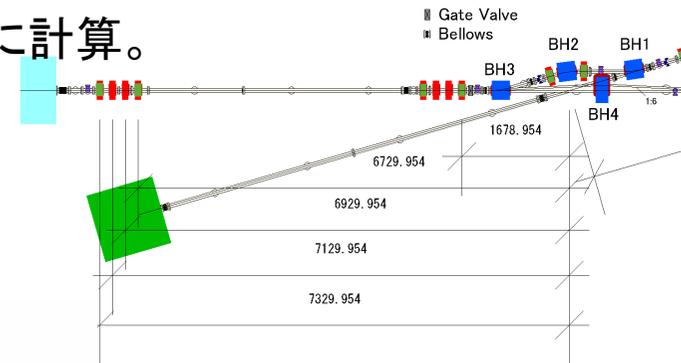
⇒繰り返し計算で、良い条件を探索する。あるいは、5 MeVと35 MeVで同じオプティクスになるようなK値を考える。



粒子数2kで新たなTwissパラメタの範囲の計算

- 粒子数2kで下記のTwissパラメタ範囲に入るように計算。

- $-0.1 < a_x < -0.3$
- $2.5 < a_y < 3.5$
- $1 \text{ m} < b_x < 5 \text{ m}$
- $6 \text{ m} < b_y < 18 \text{ m}$,



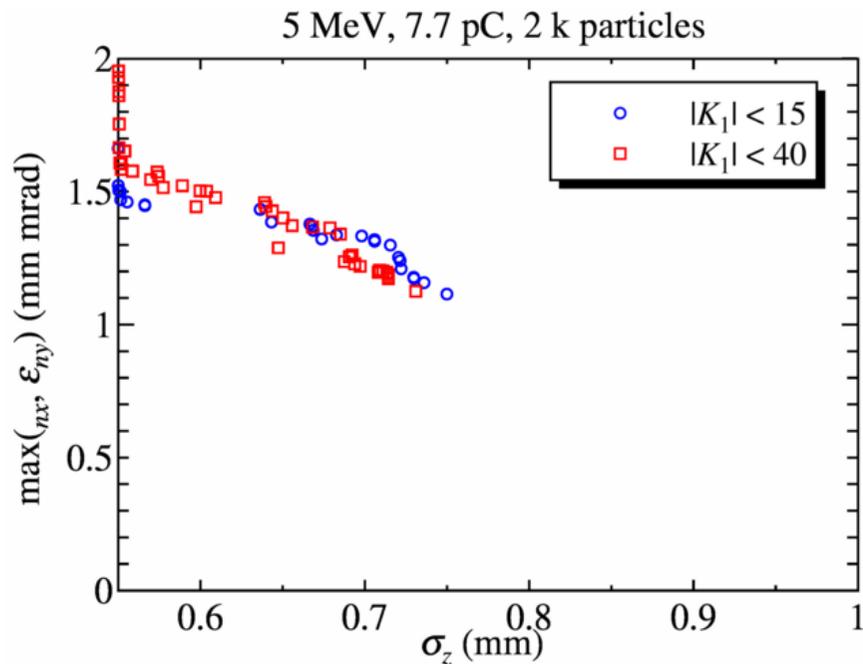
主空洞手前の8台のQのK値の可変範囲を

- (1) $|K_1| < 15$
 - (2) $|K_1| < 40$
- として計算した。

入射ビームと減速ビームがこの8台のQを通過するため、自由にK値を設定すると、減速ビームに大きな影響を与えてしまう。

今回の最適化計算では、 $|K_1| < 15$ を先に計算して、その結果を初期値として $|K_1| < 40$ の計算を行った(厳密には、微妙に違う値を初期値としている)。なので、 $|K_1| < 15$ の計算結果を引きずってしまった。

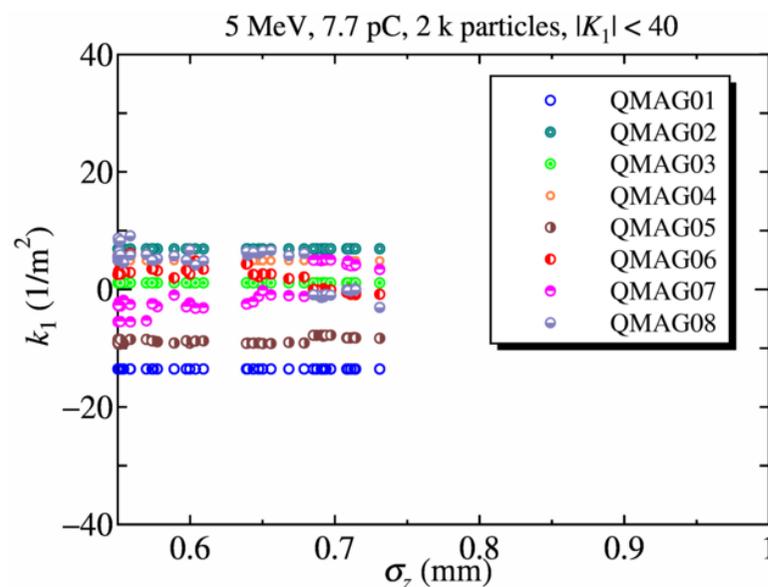
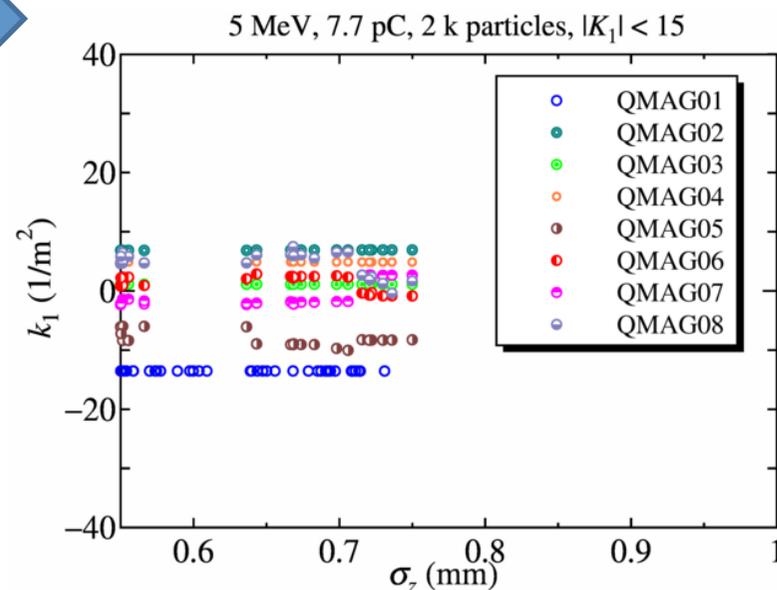
エミッタンスがほとんど変化していない。
これはおかしいので、K1の範囲を確認した。



$|K_1| < 15$ の初期値をひきずっているため、
 $|K_1| < 40$ での最適化でもK1はあまり大きく変化
しなかった。

従って、この結果は、十分に探索されつくした
ものではない。

初期値ランダムからやり直した方が速いので、
現在再計算を行っている。



とりあえず、A点でのTwissパラメタの範囲の違いによる影響を比較する。

○旧Twissパラメタの範囲(A点)

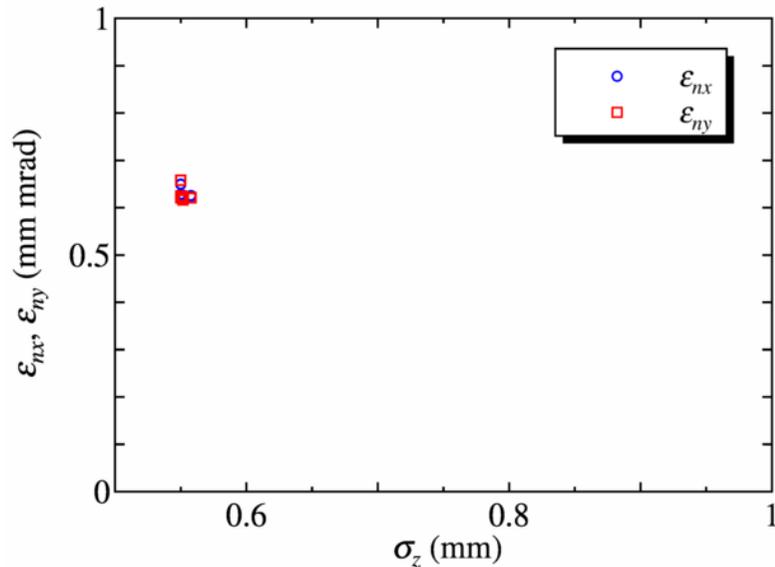
$$-2.0 < a_x < 0$$

$$0 < a_y < 2.0$$

$$0.5 \text{ m} < b_x < 15 \text{ m}$$

$$0.5 \text{ m} < b_y < 15 \text{ m}$$

cerl_inj8_1.in, 7.7 pC/bunch, nps = 1 k, $\Delta t_0 = 16$ ps, point A



○新Twissパラメタの範囲(A点)

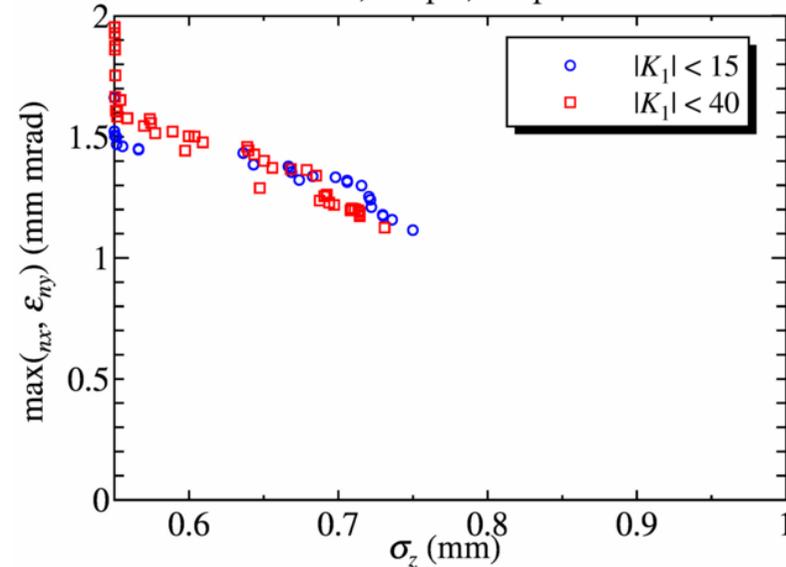
$$-0.1 < a_x < -0.3$$

$$2.5 < a_y < 3.5$$

$$1 \text{ m} < b_x < 5 \text{ m}$$

$$6 \text{ m} < b_y < 18 \text{ m}$$

5 MeV, 7.7 pC, 2 k particles



新Twissパラメタの範囲では、まだ十分に探索が行われているとは言えないが、現状で比較すると

○旧Twissパラメタ: 0.6 mm mrad

○新Twissパラメタ: 1.5 mm mrad

程度となり、今回の方が明らかにエミッタンスが下がらない。

単純に、線形オプティクスを合わせるだけではなく、長いドリフトでのエミッタンス変化も考慮した検討が必要そう(最適化計算では全て込で行っているが、探索に時間がかかる)

まとめ

- cERL最初のコミッションング(35 MeV, 7.7 pC/bunch)用のオプティクスを定めるための計算結果を再検証した。
- 粒子数依存性が大きいので(エミッタンスが1kと5kで2倍近く変化してしまった)、段階的に粒子数を増やして最適化計算を行うにしても、初めは粒子数1kではなく、粒子数2kから始めるべきである。
- 合流部後の8台のQのK1を ± 10 で制限しているが、7月の結果では制限範囲の境界にぶつかってしまっている。
- 周回部とのマッチングとエミッタンス低減は競合しているが、ERLでは周回部でのビームの質が全てなので、マッチングを優先するべき。
- 新Twissパラメタの制限範囲に合わせるように最適化計算を行った。
- 旧範囲: 0.6 mm mrad, 新範囲: 1.5 mm mradと新範囲の方がエミッタンスが下がらない。
- 直線部8台のQのK値の可変範囲を変えてみたが、今回の計算では十分な探索が行えていないことがわかった。
- 5 MeVと 35 MeVのビームに対して、同じようなオプティクスを与えるK値の条件がないか検討したい。