

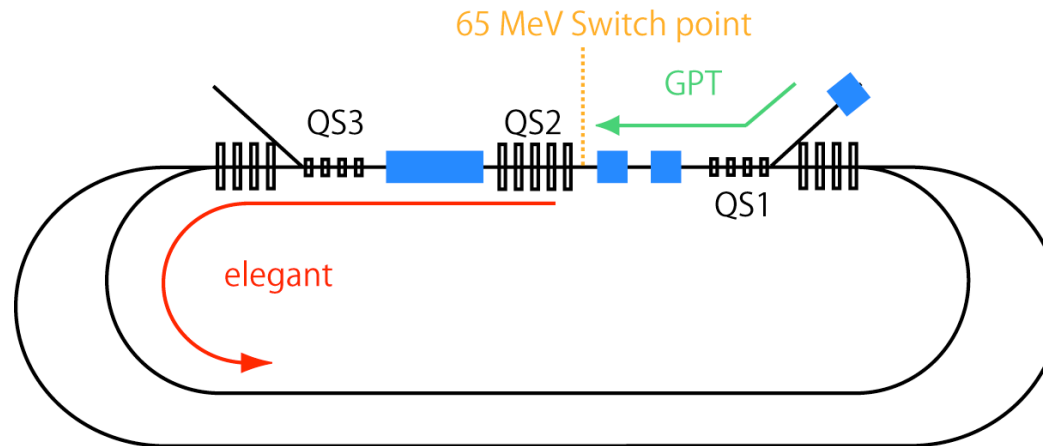
2ループcERLのS2Eシミュレーション

ビームダイナミクスWG
2011年8月31日(水) 13:30 ~

加速器第7研究系
島田 美帆

S2E simulationの方針変更

- 前回の報告からの変更
 - 低エミッタンスを目指すために、入射エネルギーを8.5MeV付近に変更。
 - レーザーパルス長も可変とする。
 - 受け渡し点を65MeVに変更し、QS1はGPTで最適化。(同時にQS3も決まる。)
 - 空間電荷効果の影響は無視できないが、周回部のマッチングをとるために点Aを受け渡し点とする。



S2E simulationの手順

1. CSR wakeの影響の少ない周回部opticsをelegantで探し、点Aのtwiss parameterの取り得る範囲を決める。
2. 点Aのtwiss parameterは指定した範囲内に入るようにGPTで最適化する。
3. 点Aで電子の6D分布を受け継いで、ダンプまでトラッキングを行う。

受け渡し点の空間電荷効果

● ● ● | ビームエンベロープにおける空間電荷効果

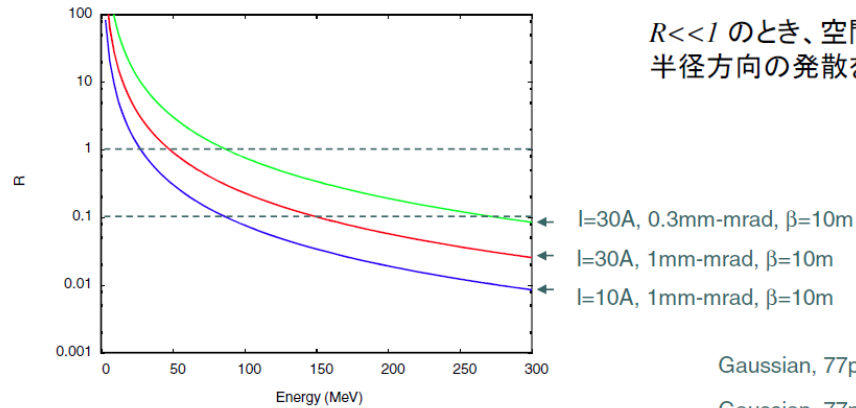
$$\sigma'' = \frac{\varepsilon_n^2}{\gamma^2 \sigma^3} + \frac{I}{2\gamma^3 I_0 \sigma}$$

第一項: エミッタンス
 第二項: 空間電荷

$$I_0 = \frac{4\pi\varepsilon_0 mc^3}{e} \approx 17\text{kA}$$

第一項と第二項の比

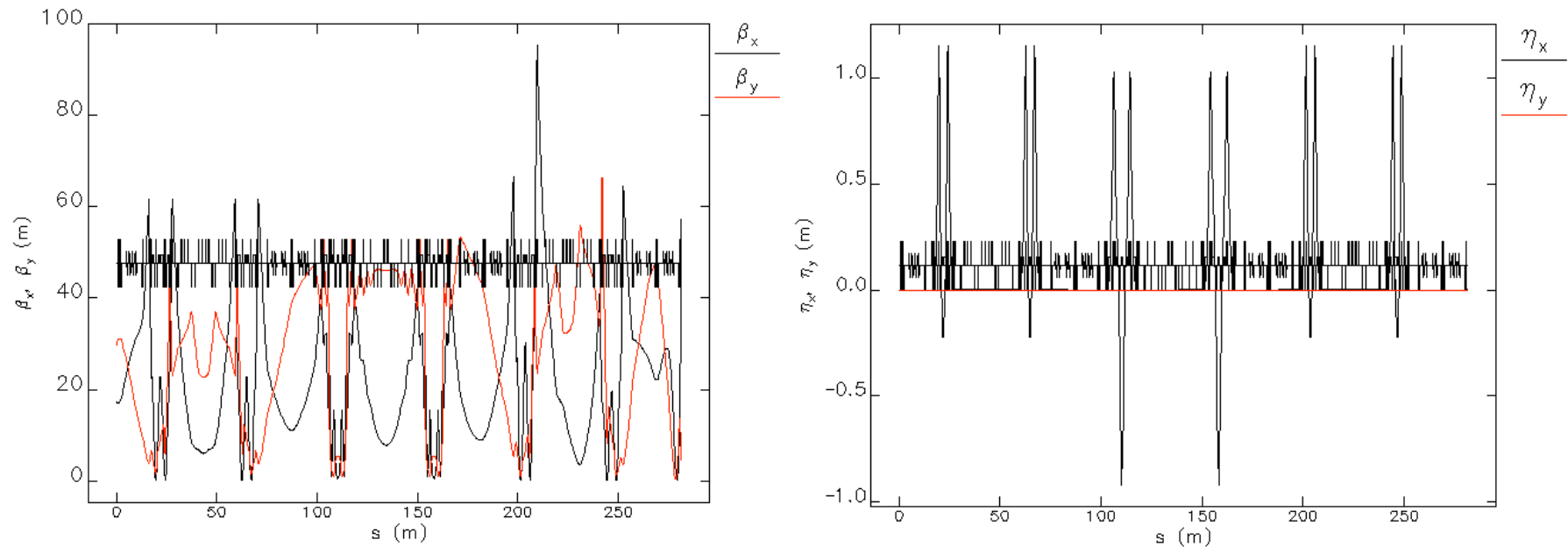
$$R = \frac{I\sigma^2}{2I_0\gamma\varepsilon_n^2} = \frac{I\beta_x}{2I_0\gamma^2\varepsilon_n}$$



第28回ビームダイナミクスWG資料(羽島さん)より

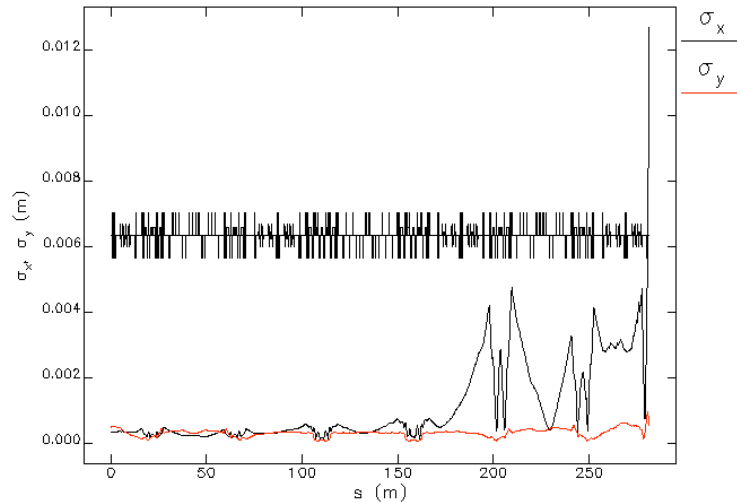
65MeV, 77 pC, $\beta \sim 30\text{m}$, $\varepsilon_n \sim 0.8 \text{ mm-mrad}$, $\sigma_z \sim 2 \text{ ps}$, $I \sim 13.4 \text{ A}$ の場合、
 $R \sim 0.9$ (無視できるほど小さくはない。)

2loop の β 関数および分散関数

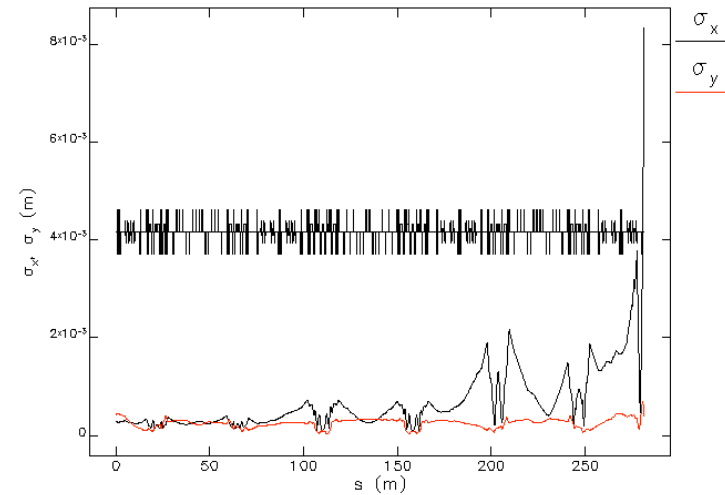


- 受け渡し点(A点)の条件(elegant)
 - $\beta < 100$ m, $-2 < \alpha < 2$ (x,y,同じ)
- A点のパラメータの結果(GPT)
 - $P = 68.67$ MeV ($\gamma\beta = 134.401$), $\beta_x = 17.2815$ m, $\alpha_x = 0.37$, $\beta_y = 29.722$ m, $\alpha_y = -1.032$
- 210mで β 関数が大きくなっているのは、加速直線部のラティスが非対称であることが原因。
- 2 Loop全体の R_{56} は-0.001程度。
- トッキングの粒子数は2k

Gaussian分布と6D simulationの違い(ビームサイズ)



Gaussian分布の結果(2k)

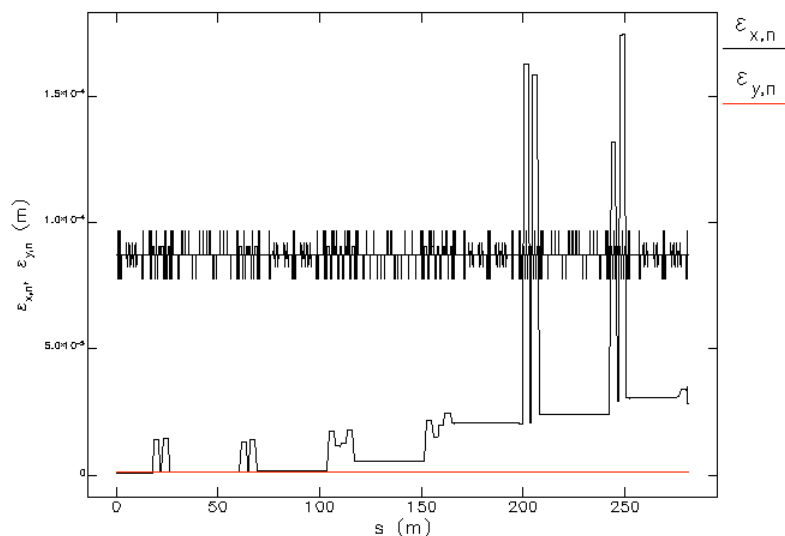


S2Eによる6D分布の結果(5k)

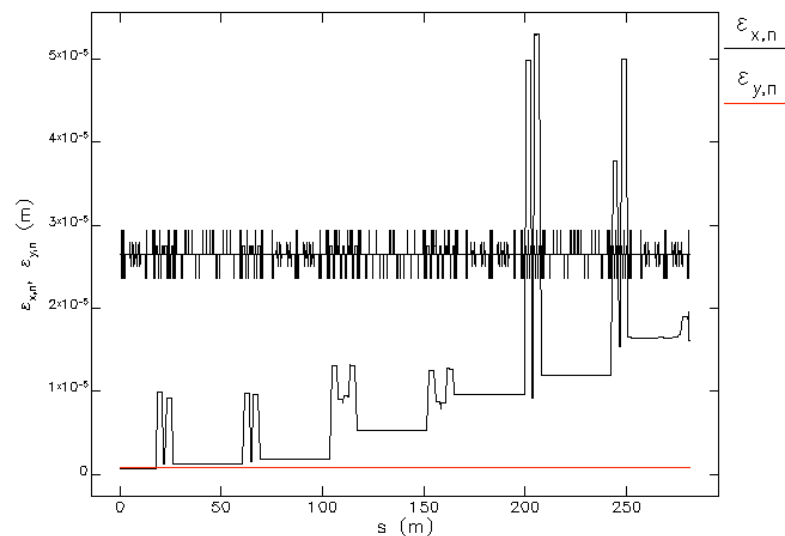
- 受け渡し点(A点)のパラメータ
 - Gaussian分布(2k)、77pC, $\epsilon_{nx} = 0.798$ mm-mrad, $\epsilon_{ny} = 1.06$ mm-mrad, $\sigma_{dp} = 5.37e-4$, $\sigma_s = 0.6$ mm
 - 6D分布(5k)、77pC, $\epsilon_{nx} = 0.602$ mm-mrad, $\epsilon_{ny} = 0.793$ mm-mrad, $\sigma_{dp} = 5.53e-4$, $\sigma_s = 0.62$ mm
- Gaussian分布の結果は、電子の6D分布の結果と大きく異なる傾向にある。ただし、粒子数の違いにもよる。
- ダンプ直前の最大ビームサイズ
 - Gaussian分布 : 12.7 mm
 - 6D分布 : 8.3 mm

5kの β 関数の結果は2kと異なることに注意。

Gaussian分布と6D simulationの違い(エミッタンス)



Gaussian分布の結果(2k)

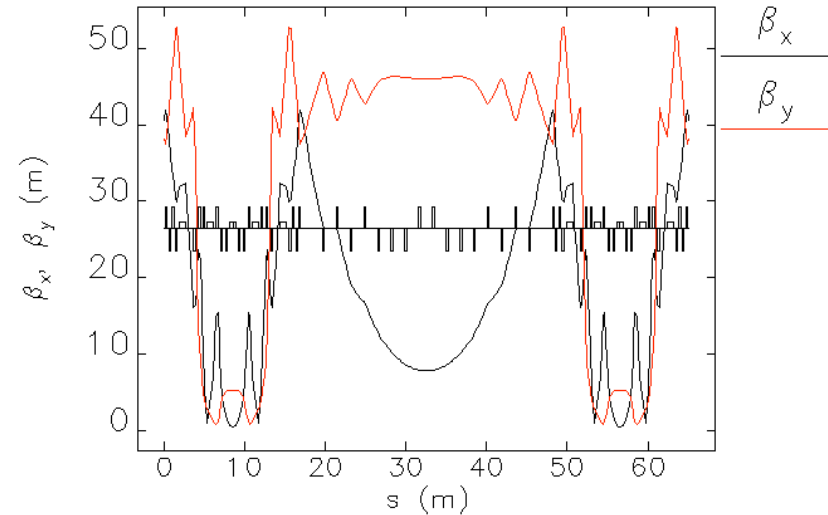
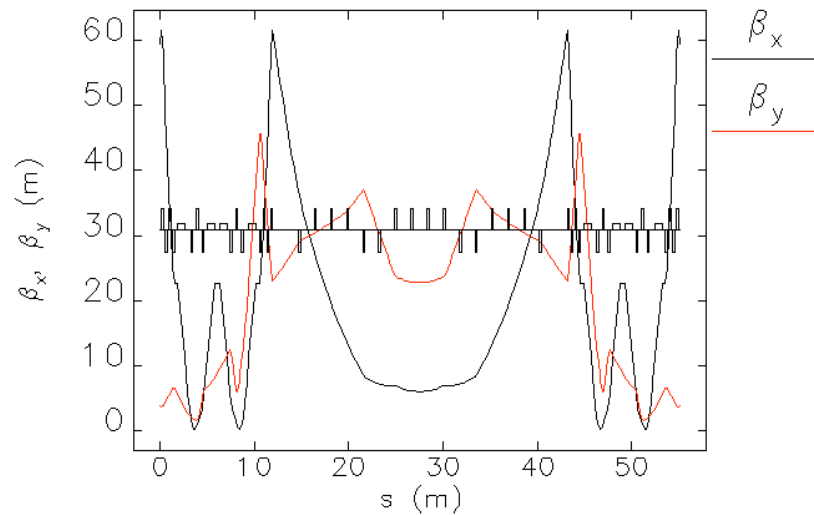


S2Eによる6D分布の結果(5k)

- 外側ループを戻ってくるときに、CSR wakeが原因と思われるエミッタンス増大がある。(別のスライドでCSR wake無しの計算結果を載せる。)

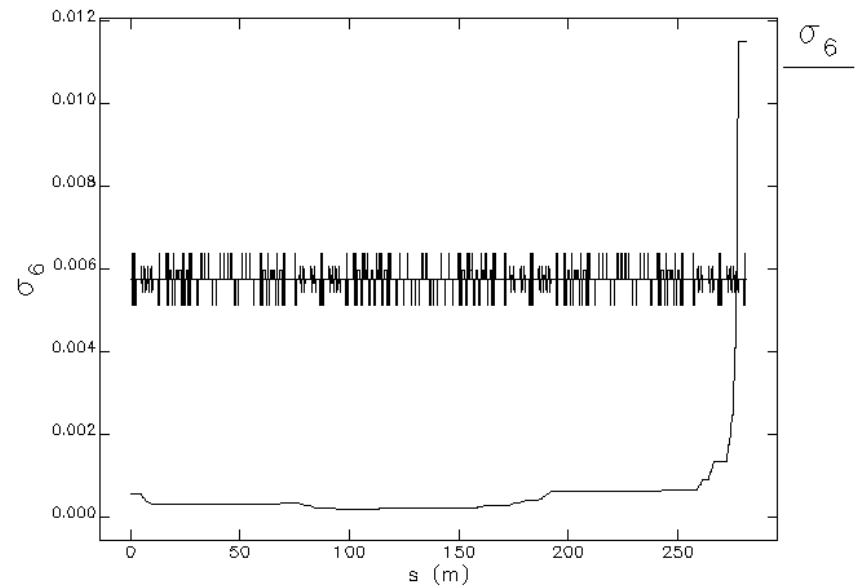
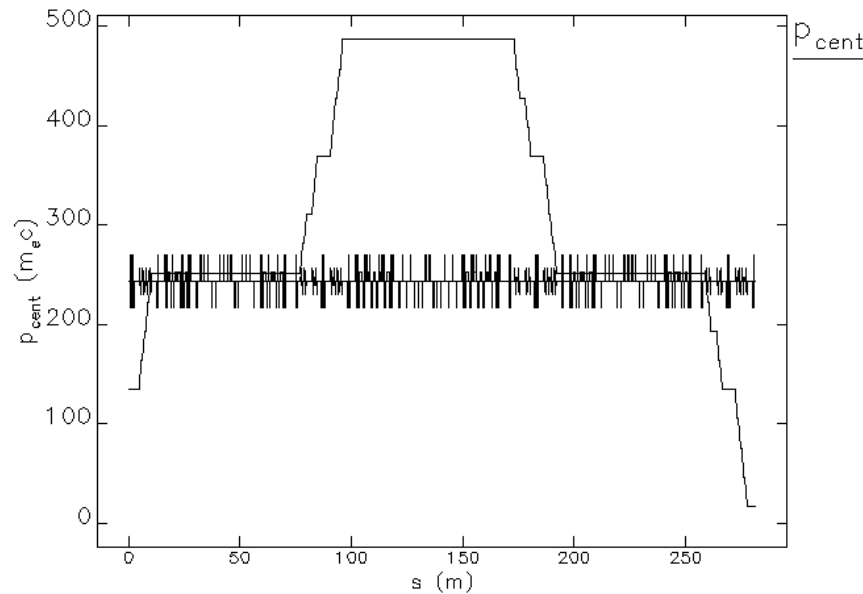
ϵ_{nx} [mm-mrad]	Merger	Inner loop-1	Outer loop	Inner loop-2	Extraction
Gaussian分布(2k)	0.8	1.2	5.3	24	29
6D 分布(5k)	0.6	1.2	5.3	12	16

内側・外側ループの β 関数



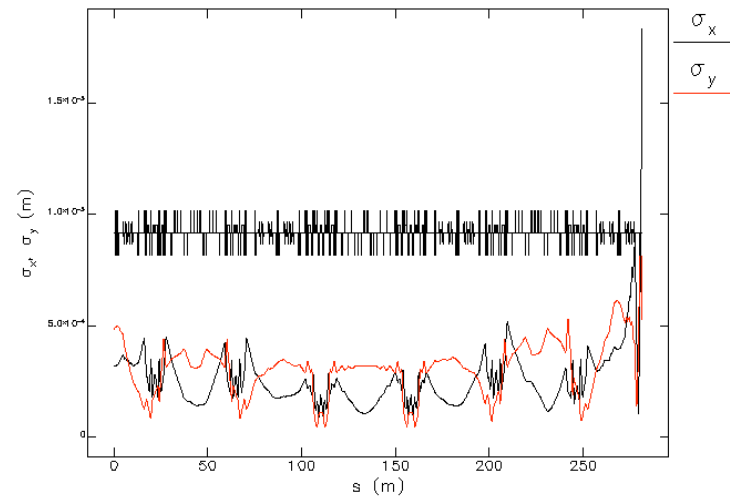
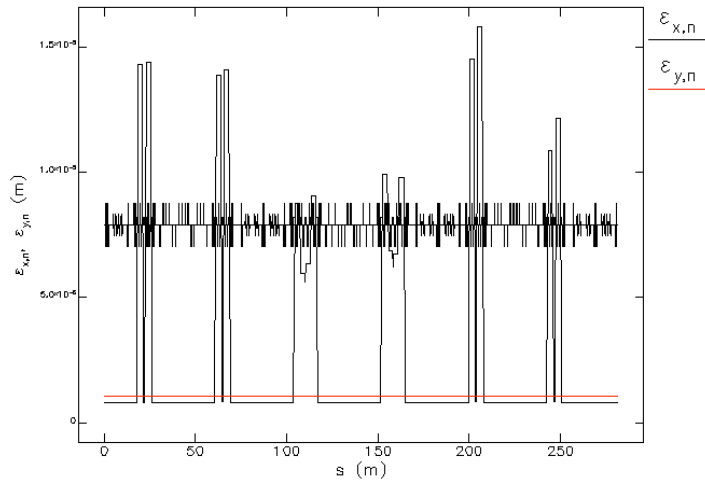
- 内側・外側ループの直線部は、Qの配置を均等にして、位相の進みを調整しやすいようにした。
- 位相の進み
 - 内側ループ : $1.569632e+001 \sim 2.5 \times 2\pi$
 - 外側ループ : $2.092388e+001 \sim 3.3 \times 2\pi$
- 内側ループの位相調整は容易であったが、外側ループは困難であった。

エネルギーおよびその広がり の推移



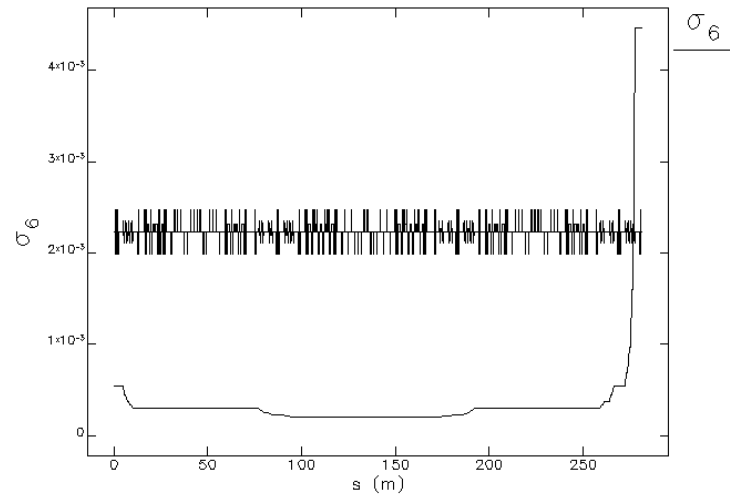
- ダンプ直前でエネルギー広がり(σ_6)が0.01を超える。
- 複数のエネルギーが通過するQのK値はpCetraI0の値を取り出して、自動的に調整している。

CSR wakeが無視できる場合 (7.7×10^{-20} C)



77pCの場合と比べて

- ε_{nx} の増加が無視できるほど小さい。
- ダンプ直前の σ_x
 - 1.8 mm (CSR wake無し)
 - 12mm (77pC)
- ダンプ直前の σ_6
 - 4.46×10^{-3} (CSR wake無し)
 - 0.0115 (77pC)



まとめ

- 低いエミッタンスを目指して、再計算を行った。
 - 入射エネルギーやレーザーパルス長を可変とした。（結果、入射エネルギー8.5MeV付近となった。）
 - 受け渡し点を65MeVとし、QS1はGPTで最適化を行った。
- 2loop周回部で適切な β 関数・ビームサイズになるように工夫した。
 - あらかじめ、周回部でCSR wakeの影響の少ないopticsを探索を行い、点Aのtwiss parameterの範囲を指定した。
 - ループ直線部の位相調整を行った。
- 今回は、偶然、うまく繋ぐことのできるopticsが見つかった。
- 今後の課題
 - エネルギー回収後のGPTによるトラッキングを試みる。
 - 確実に繋がられるような手法を見つける。