

周回部オプティクス設計

ビームダイナミクスWG
2011年6月10日(金) 15:00～
3号館5階会議室

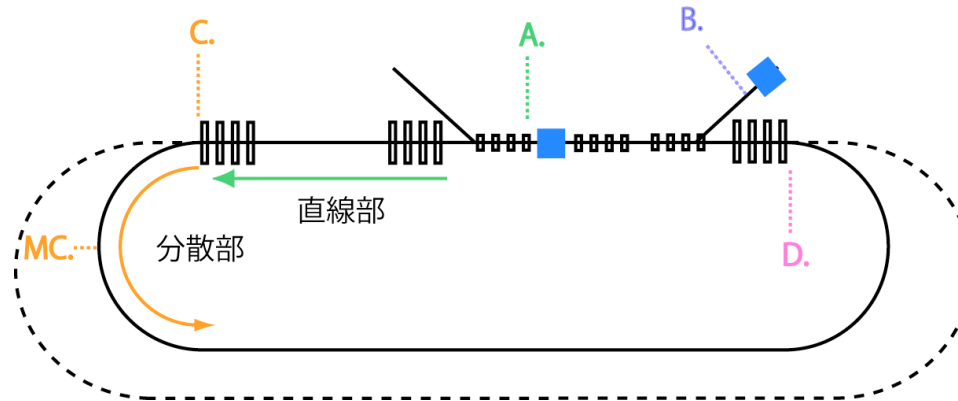
加速器第7研究系
島田 美帆

周回部Optics設計の方針

Opticsの設計方針

電子の運動エネルギー	計算コード	主な集団効果
5 MeV 以下	GPT	空間電荷効果
5 MeV 以上	elegant	CSR wake

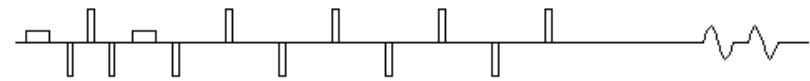
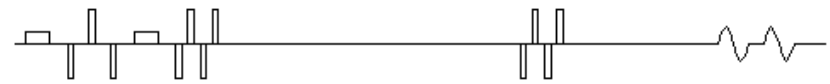
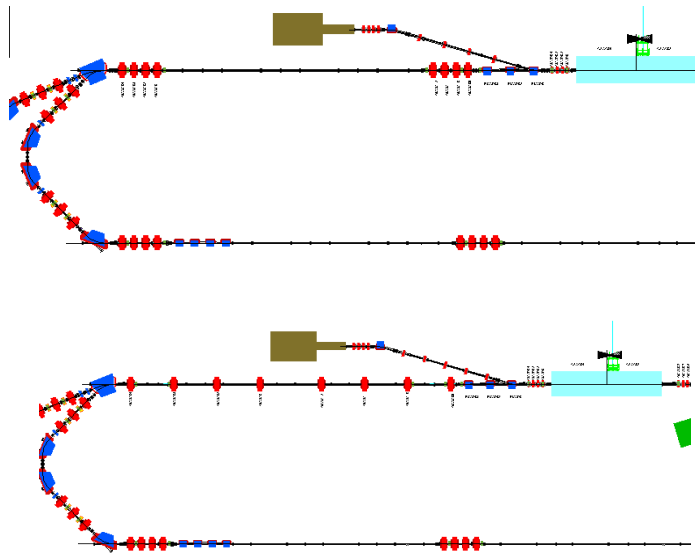
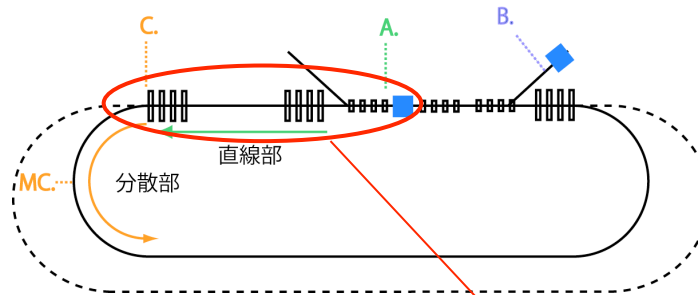
点Aは35MeV加速後



- 入射部
 - 電子銃から、点Aまでの最適化をGPTで行っている。
- 周回部
 - 点Aから点Cの間をマッチング
 - 点Cから点Dまで、K値は変更無し。
 - 5MeV用のQとBが35MeVに及ぼす影響を入れて、自己矛盾のないOpticsに

Qの配置の変更

マッチングの性能を良くするため、点Aから点CのQの配置を均等にした。



Qの間は均等に1600mmの間隔を空けた。点Aと点Cの間隔は変更前と変化せず。
vwの図面と若干食い違いがある模様。(後日修正)

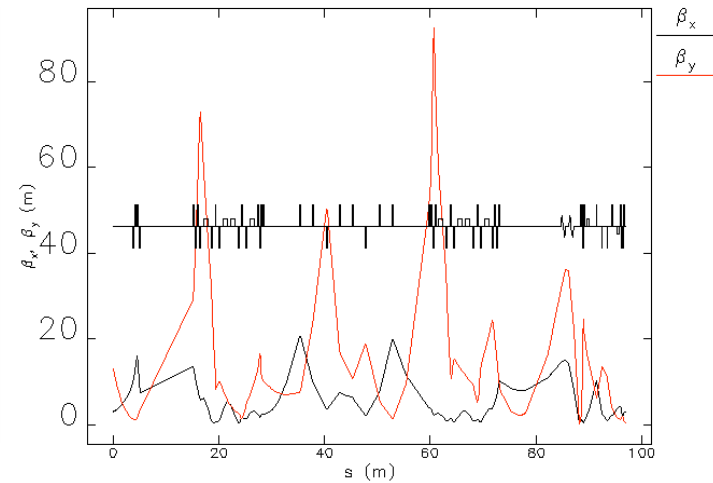
Qの配置変更前

1. 4/21の点Aのopticsで周回部との**マッチングに失敗**

enxが小さく、自然なoptics

- $\beta_x = 3.05173$
- $\beta_y = 13.0891$
- $\alpha_x = 0.218$
- $\alpha_y = -3.01$
- $enx = 0.5 \text{ mm mrad}$
- $\sigma_z = 0.74 \text{ mm}$

第3回Optics打ち合わせの資料より

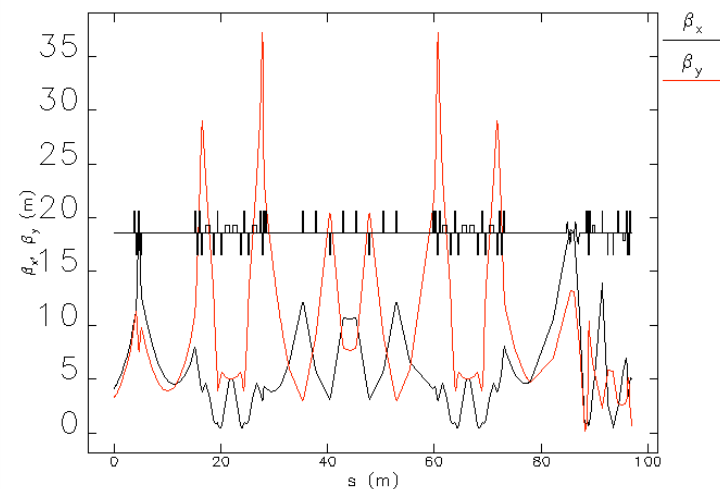


2. 点Aのtwiss parameterの変更で、**マッチングに成功**

enxが大きめ、
空洞前で円になる不自然なoptics

- stdz = 0.000666922 m
- betax = 3.58085 m
- betay = 3.63035 m
- alphax = -0.813
- alphay = -0.506
- enx = 9.29E-07 m rad
- eny = 9.48E-07 m rad

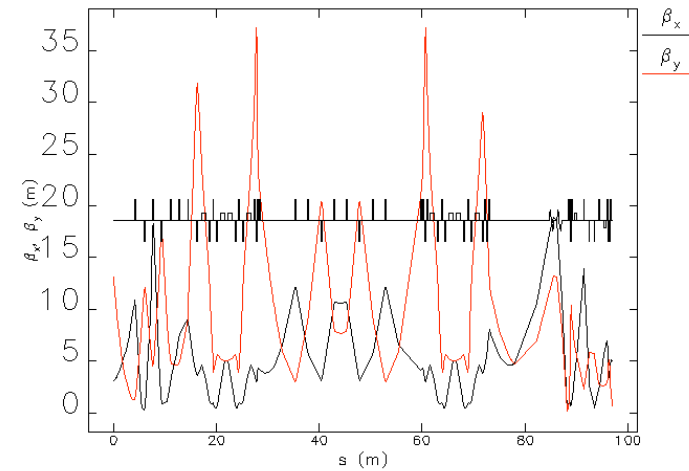
5/29 Optics打ち合わせの資料より



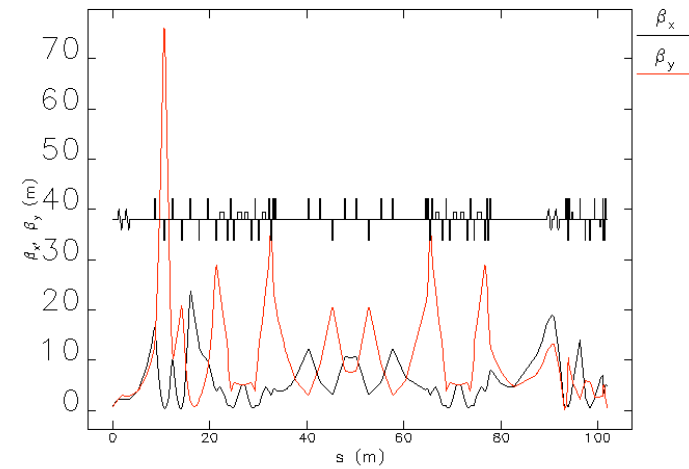
Qの配置変更後

参考: 5/2中村さんの結果

1. 4/21の点Aのopticsで周回部との
マッチングに成功



2. 5/18の点Aのopticsで周回部との
マッチングに成功



Qを均等配置にするほうがマッチングがとりやすい。

自己矛盾のないオプティクス

自己矛盾のないオプティクスのために加えるべき効果

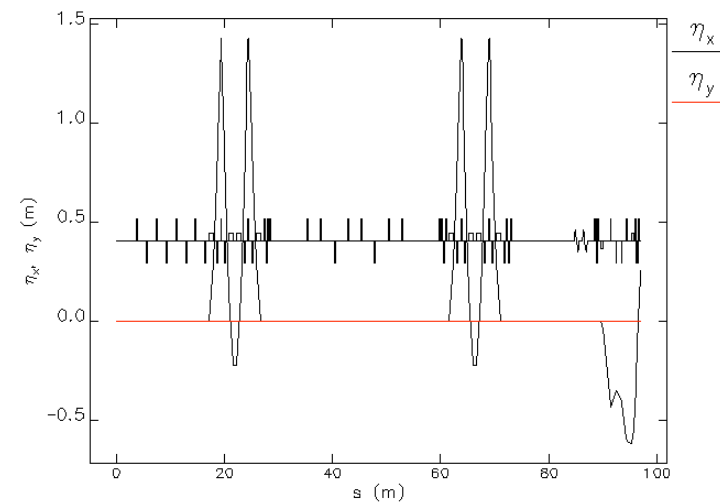
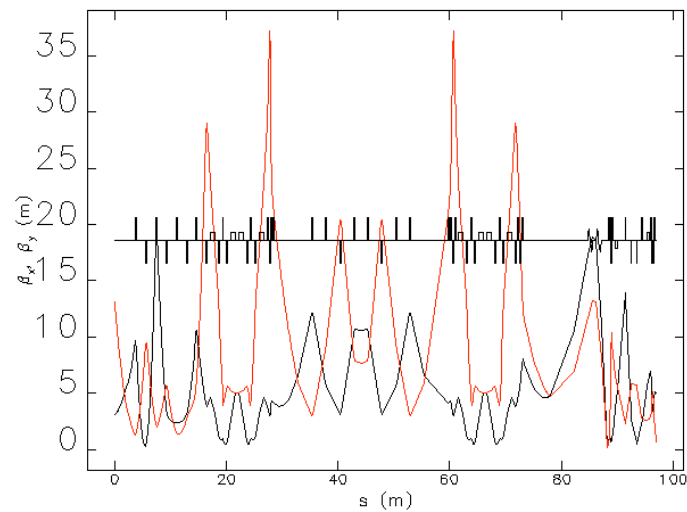
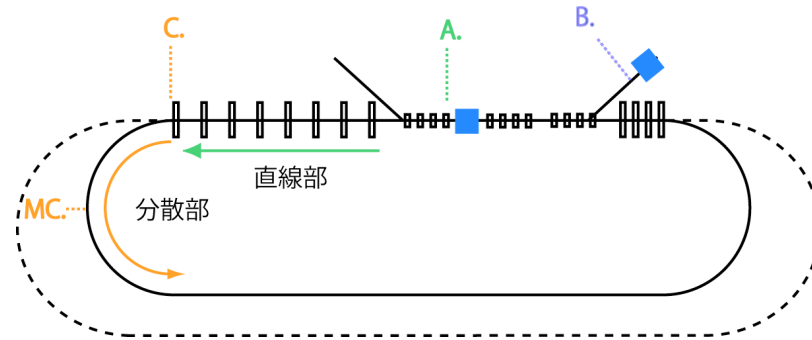
- 取出 & ダンプ部偏向電磁石をセクター型から矩形型へ修正
- 入射器～加速空洞間の四極電磁石(8台)の35MeVビームへの影響
- 取出偏向電磁石直前の四極電磁石(4台)の35MeVビームへの影響
- 取出部シケイン(偏向電磁石3台)の35MeVビームへの影響
- 合流部シケイン(偏向電磁石3台)の35MeVビームへの影響



これらの効果を入れて再度マッチング & 最適化

5MeV用QとBを無視した場合(step0)

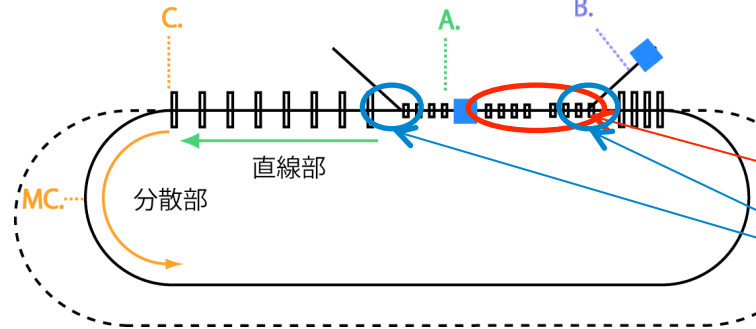
- 4/21のデータを使用し、直線部のQは均等な配置とした。
- 5 MeV用のQが35MeVに及ぼす影響を無視した場合のOptics



注: ダンプラインBのエッジに誤り

5MeV入射部のQが35MeVに及ぼす影響 (step1)

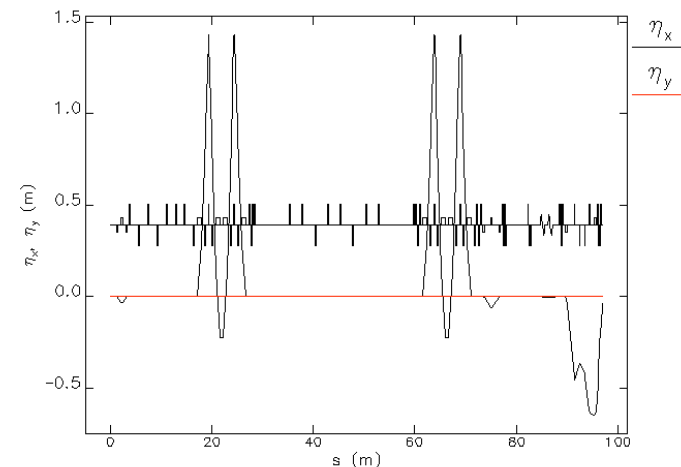
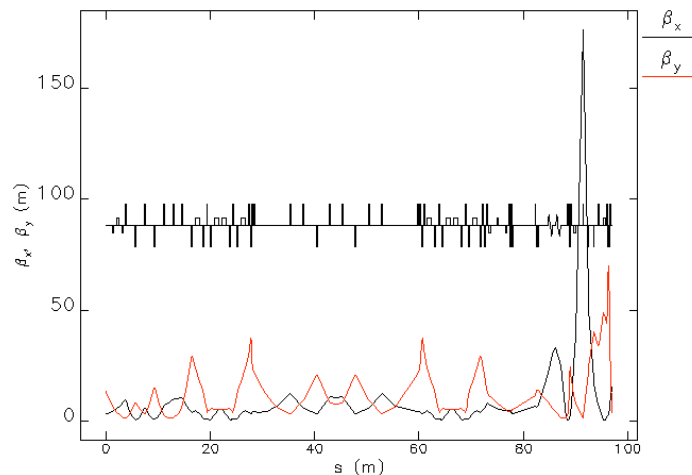
最初の加速までの5MeV用QとBが35MeVに及ぼす影響を考慮したOptics



No Self-Consistent

これらのQが35MeVに影響を与える。
これらのシケインのBも影響を与える。

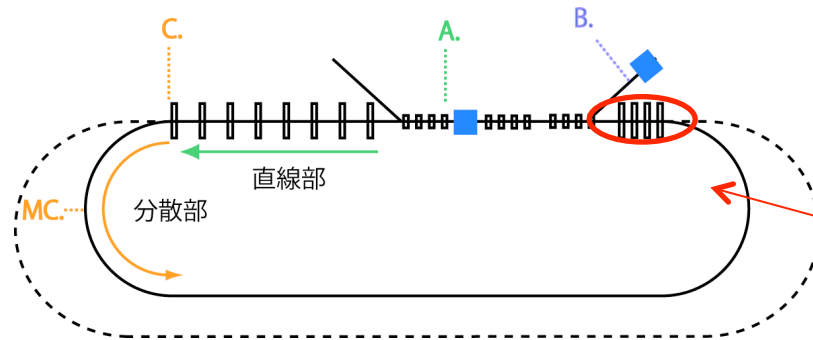
しかし、ダンプ直後の4つのQについては、まだやっていない。



減速空洞のところで β 関数がやや大きめ
ダンプラインで β 関数が大きすぎる。

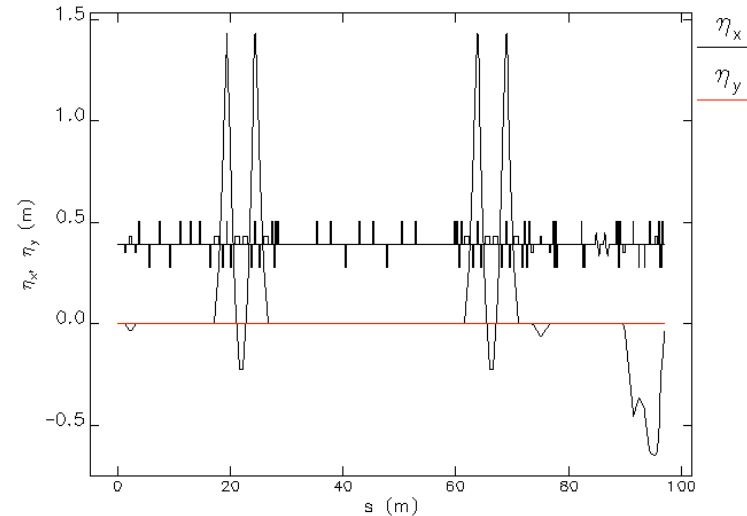
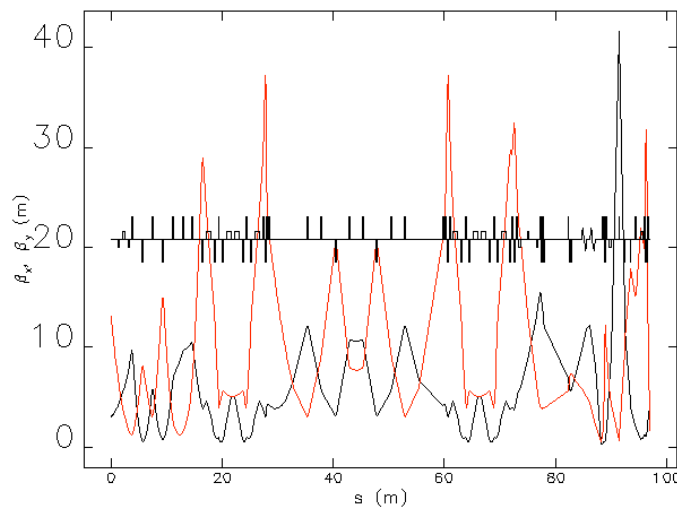
35MeVのQを微調整(step2)

35MeVのQを変数として、equation = "0 ave.betax + ave.betay +"で微調整した。



No Self-Consistent

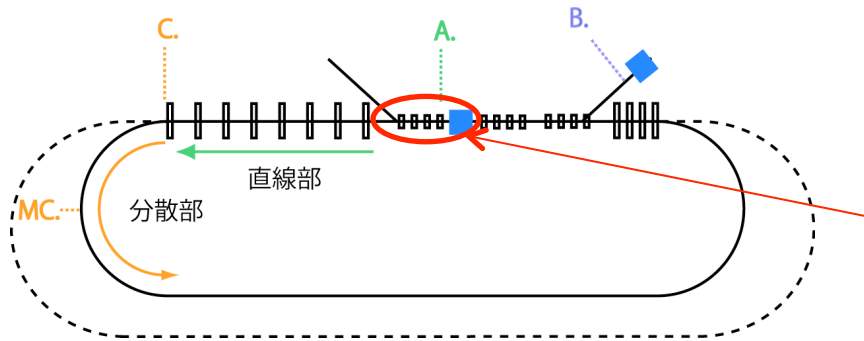
この4つのQを変数とする。



減速空洞で β 関数が10m以下になる。
ダンプリンも β 関数が小さくなる傾向に

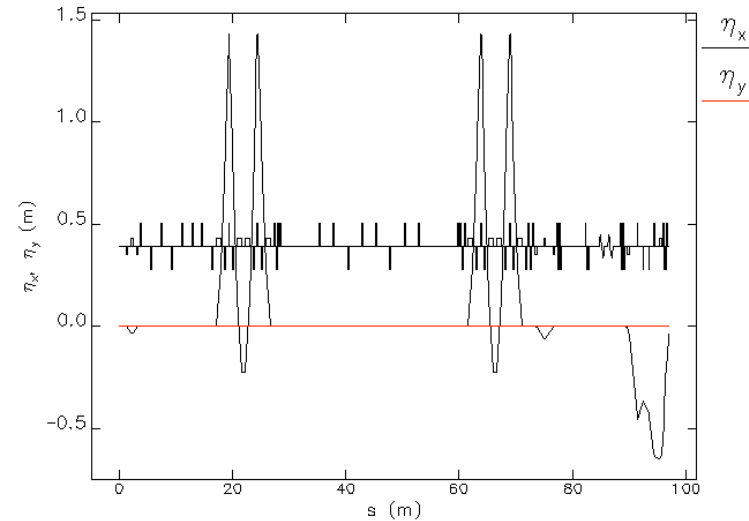
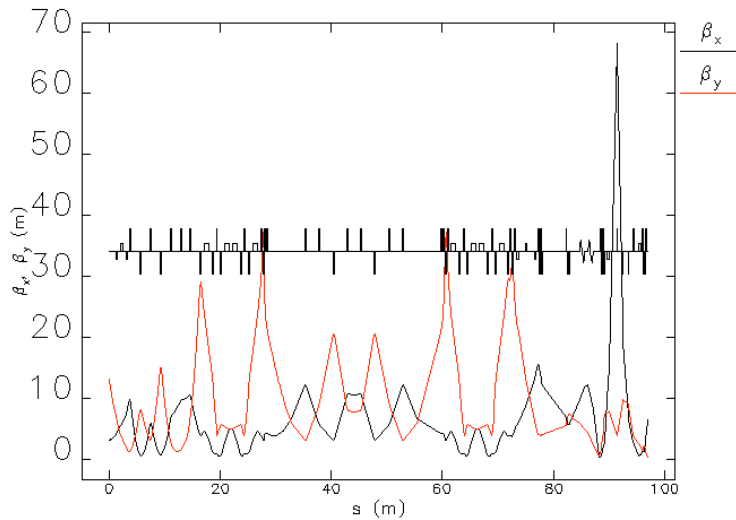
取り出しシケイン直前のQ(I) (step3)

6/1の結果を参考に35MeVへの影響を少なくするため、
取り出しシケインの直前のQのK値を抑える。



No Self-Consistent

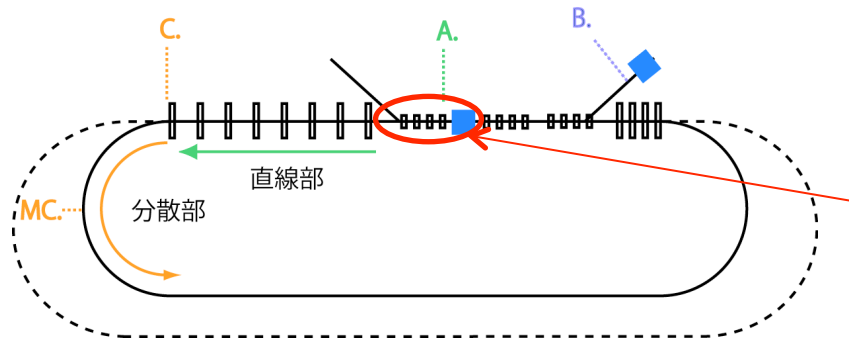
この4つのQのKの初期値を全てゼロに
リセット(step2-2.new)、Kの範囲は±15
に制限した。(15という数字に大きな意
味はなく、経験より決めた。)



ダンプレインの β 関数は大きくなる。(小さくできない。)

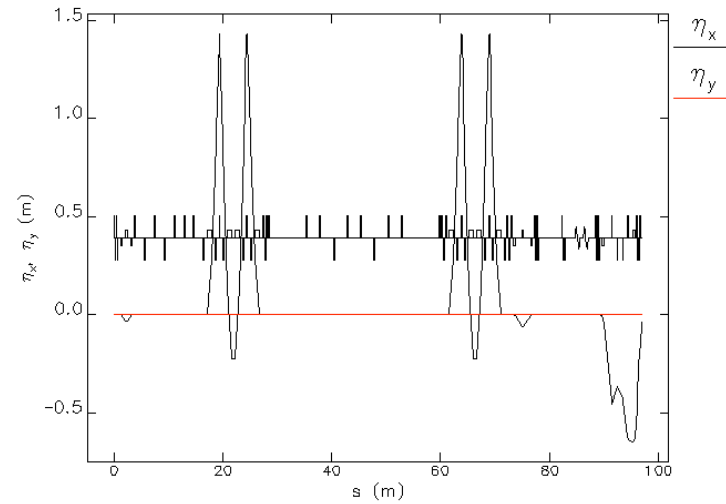
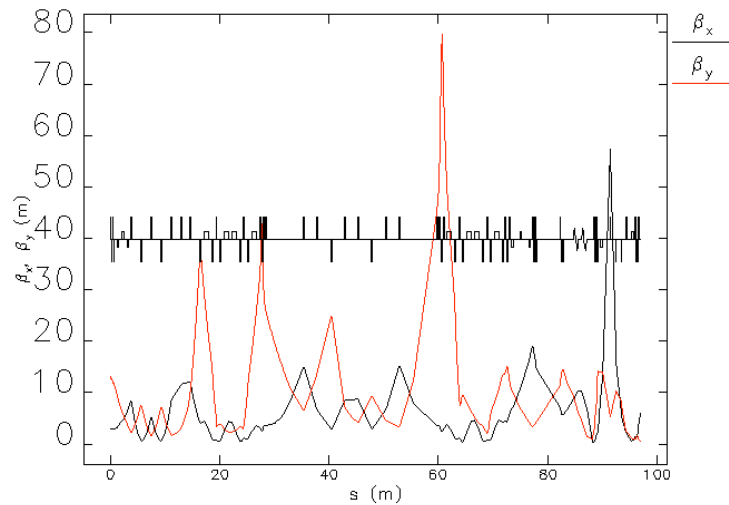
取り出しシケイン直前のQ(II) (step4)

取り出しシケインの直前の4つのQの35MeVに対する影響を与える。



初めてself-Consistentとなる。

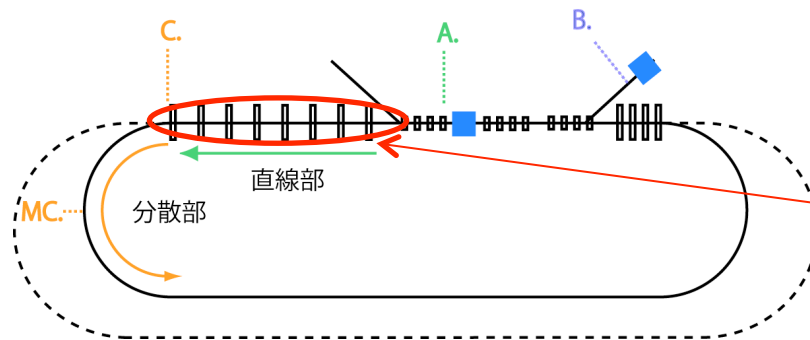
この4つのQの35MeVに対する影響を入れる。



しかし、 β 関数が大きく乱れる。

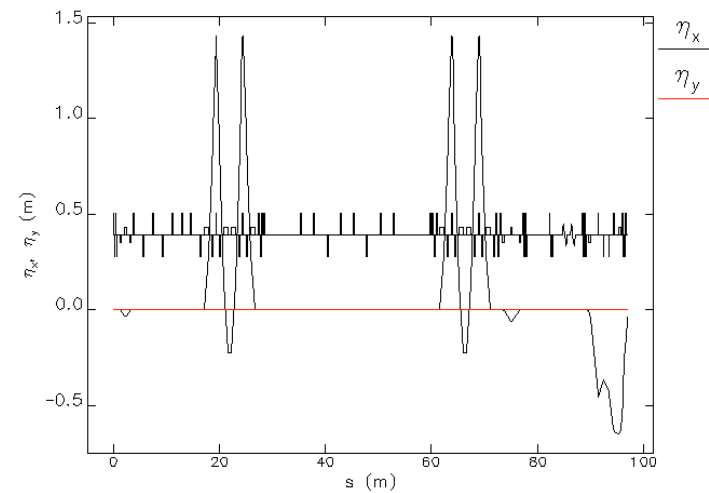
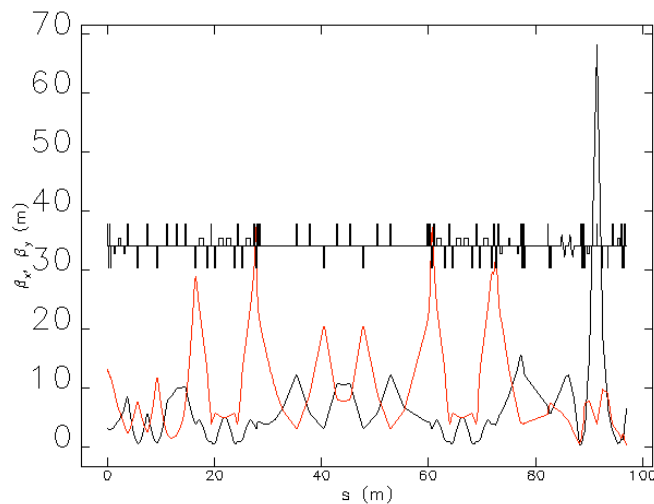
点MCの条件を合わせる(step5-6)

点MCの条件($\beta_x=\beta_y=5m$, $\alpha_x=\alpha_y=0$)が崩れたため、再度マッチングを行う。



Self-Consistent

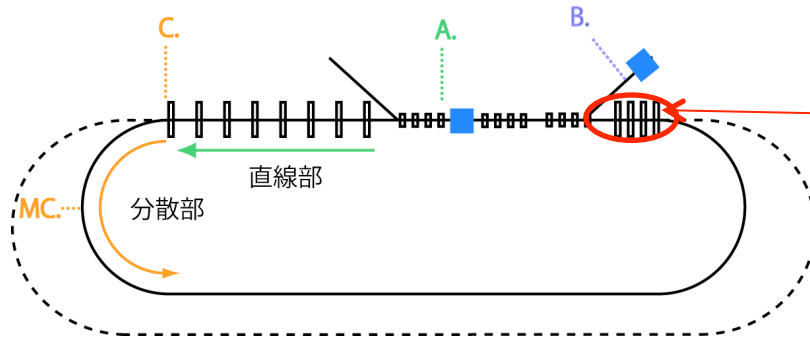
この8つのQを変数にする。



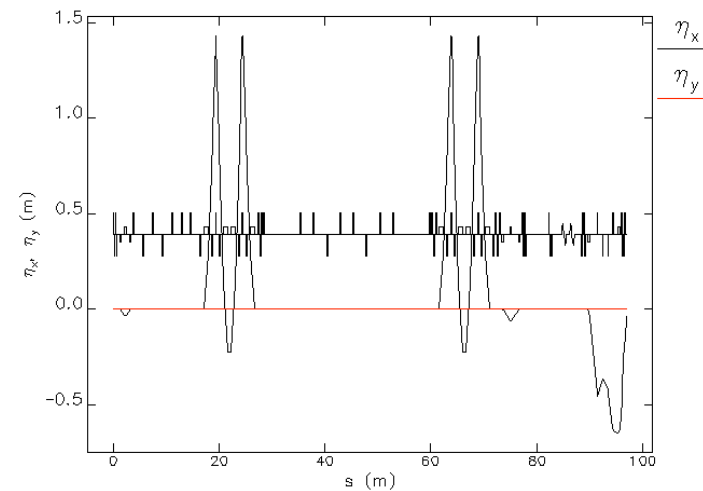
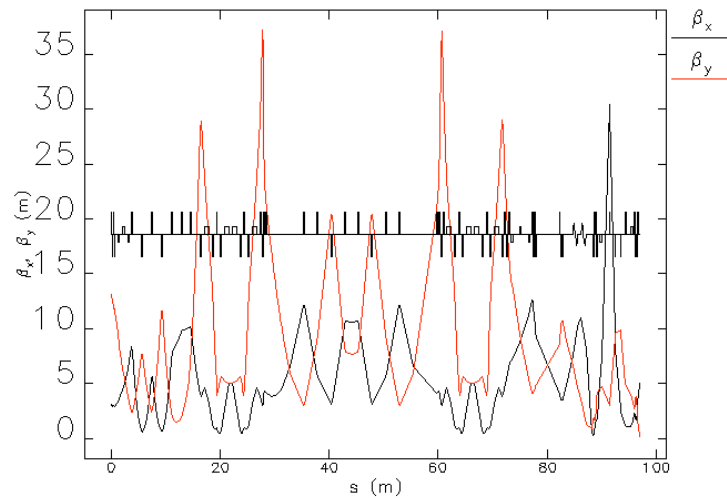
ダンプリンで大きな β 関数となる。

減速直線部の調整(I) (step7)

再び、減速直線部の4つのQを変数にとり、
equation = "0 ave.betax + ave.betay +"で微調整した。

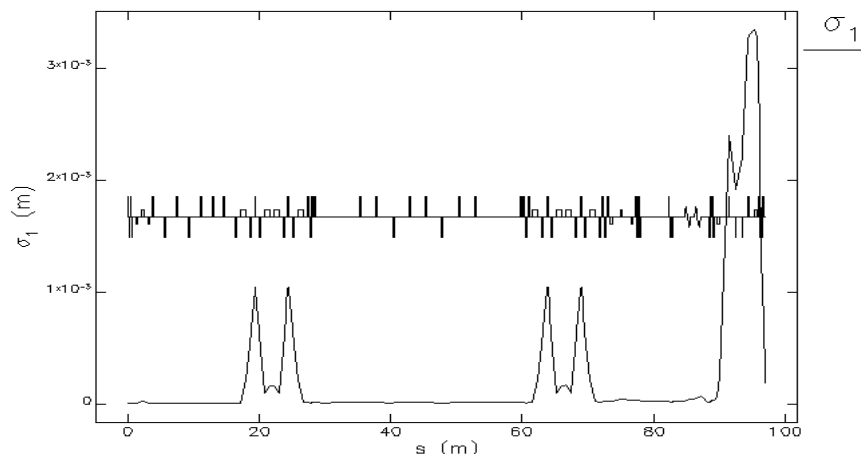


Self-consistent
この4つのQを変数にする。

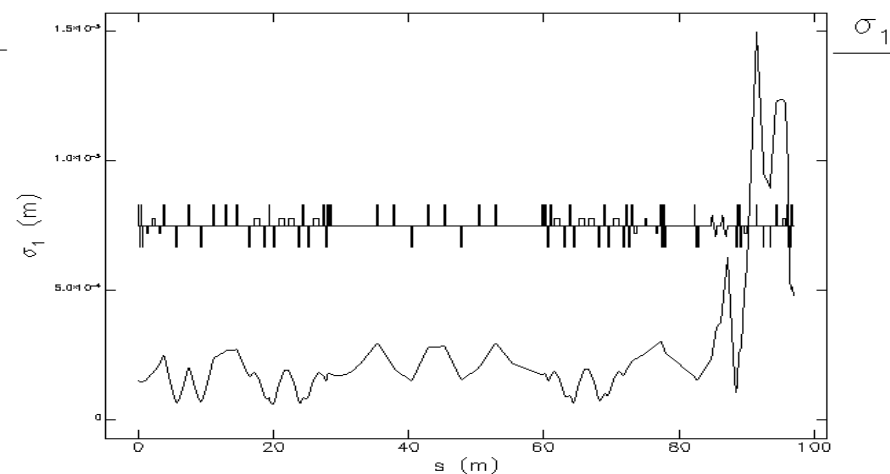


いいOpticsが見つかる。

ビームサイズを決める要因



emittance $5e-10 \rightarrow$ 最大3.3mm



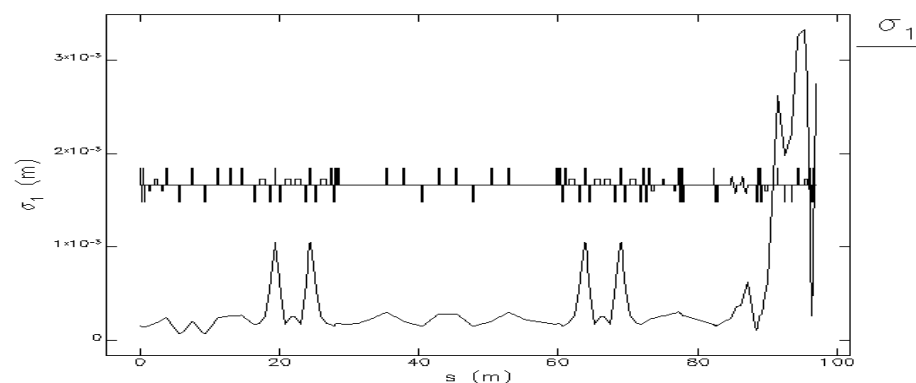
エネルギー広がり $7.31e-7$
 \rightarrow 最大1.5mm

エミッタンスを減らしても σ_x に大きな変化がない。



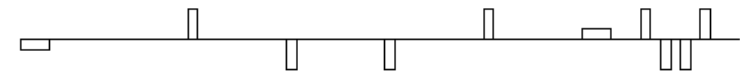
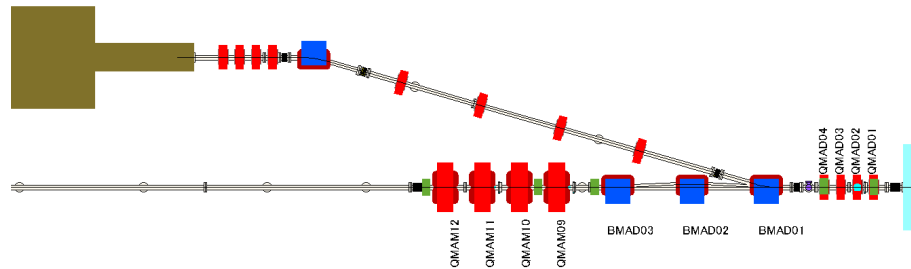
σ_x を決めている要因は主に分散関数

CSR wakeの影響は小さいことを確認。



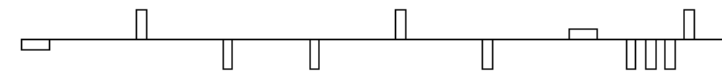
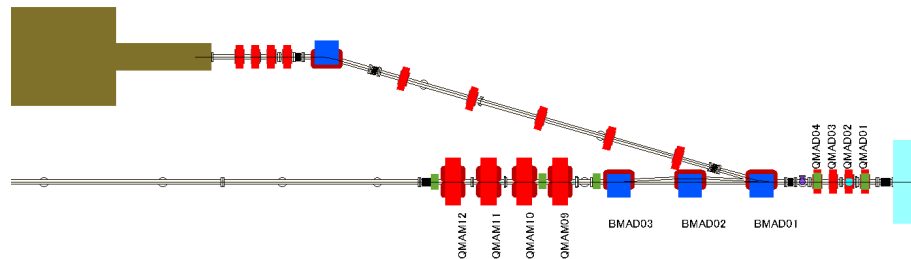
電荷量 $7.7e-20C$ (CSR wake無し)
 \rightarrow 最大3.3mm

ダンプラインの変更



DUMP:

LINE=(BMAD01U,L1400,QMDP01U,L900,QMDP02U,L900,QMDP03U,L900,QMDP04U,L900,& BMAD04U,L300,QMDP05U,L100,QMDP06U,L100,QMDP07U,L100,QMDP08U,L300)



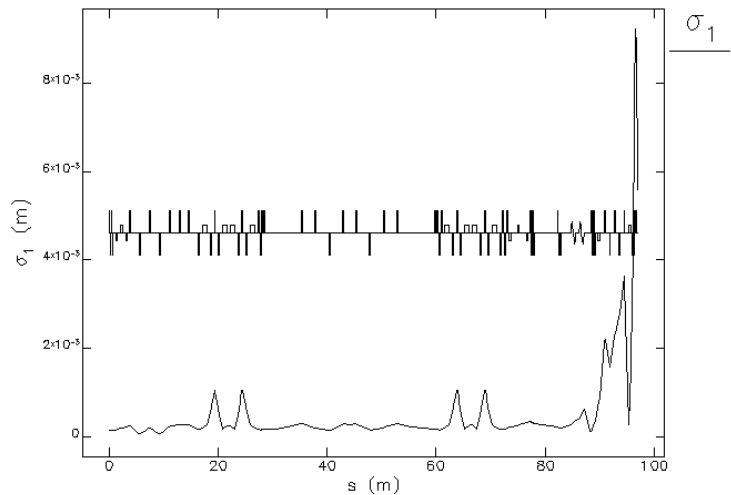
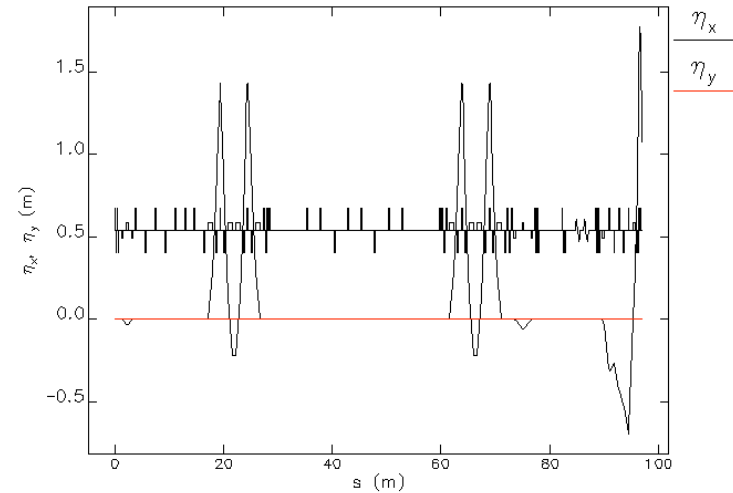
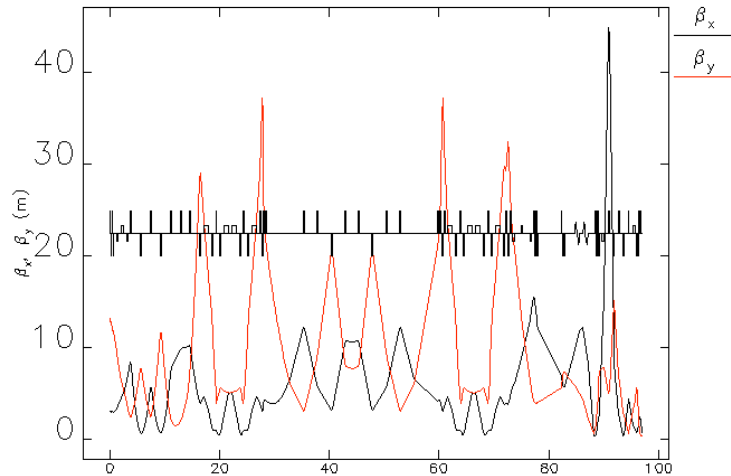
DUMP:

LINE=(BMAD01U,L900,QMDP01U,L800,QMDP02U,L800,QMDP03U,L800,QMDP04U,L800,QMDP05U,L800,& BMAD04U,L300,QMDP06U,L100,QMDP07U,L100,QMDP08U,L100,QMDP09U,L300)

ダンプラインのQを取り出しシケインに近づけ、数を一つ増やした。

ダンプリン変更後(step7)

変数はダンプリンの9個のQ(K<15)
全体をequation = "0 ave.betax + ave.betay + ",で最適化



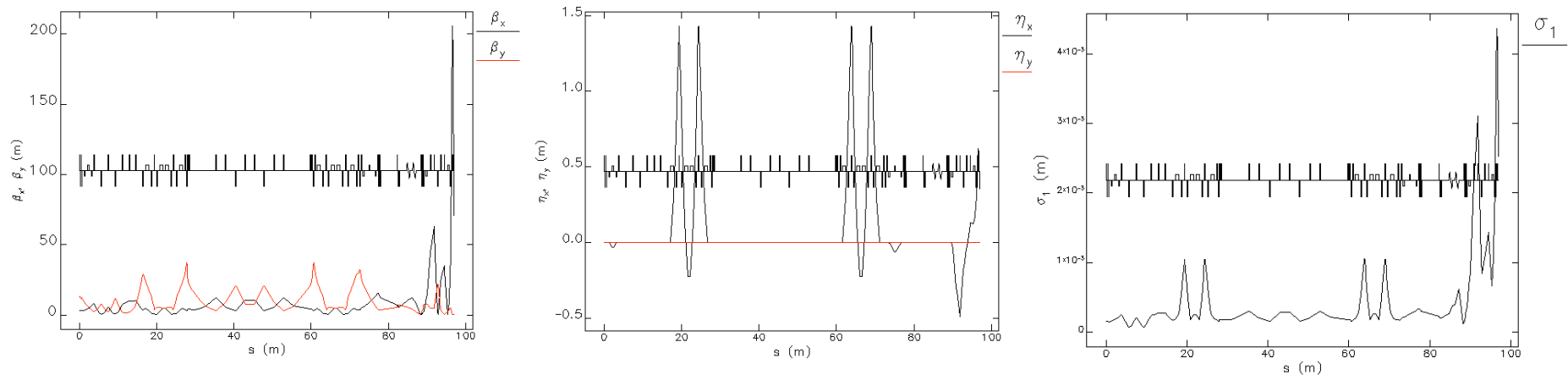
β 関数は50m以下に抑えられたが、
分散が1.5m以上になってしまった。

ダンプリンで σ_x の最大値が 9×10^{-3} mを超える。

分散関数を最適化(step8)

beta_x = 0.1, alpha_x = 0, beta_y = 7.6, alpha_y = -0.26,
equation = "0 ave.betax + ave.betay + ",

equation = "0 ave.etax +"というrpn関数がないため、
betax=alphax=0を初期値として分散関数の最適化を試みる。



β_x が200mを超えるが、 η_x は ± 0.7 m以内に収まっている。

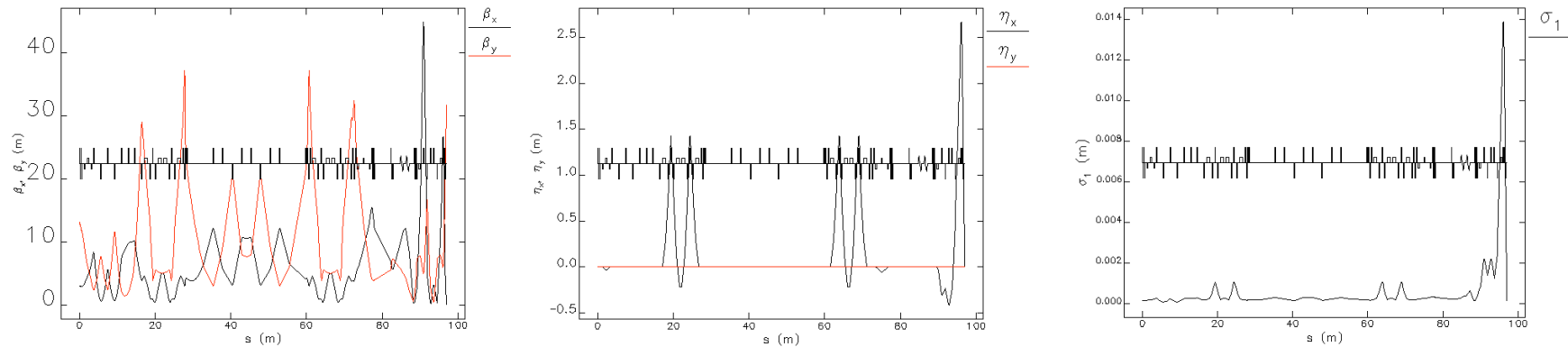
ダンプリンで σ_x の最大値は 5×10^{-3} m以下であり、前ページの結果よりいい。
しかし、ダンプリン変更前の 3×10^{-3} mに比べると悪い。

アクロマット (step12, step20)

変数はダンプラインの9個のQ

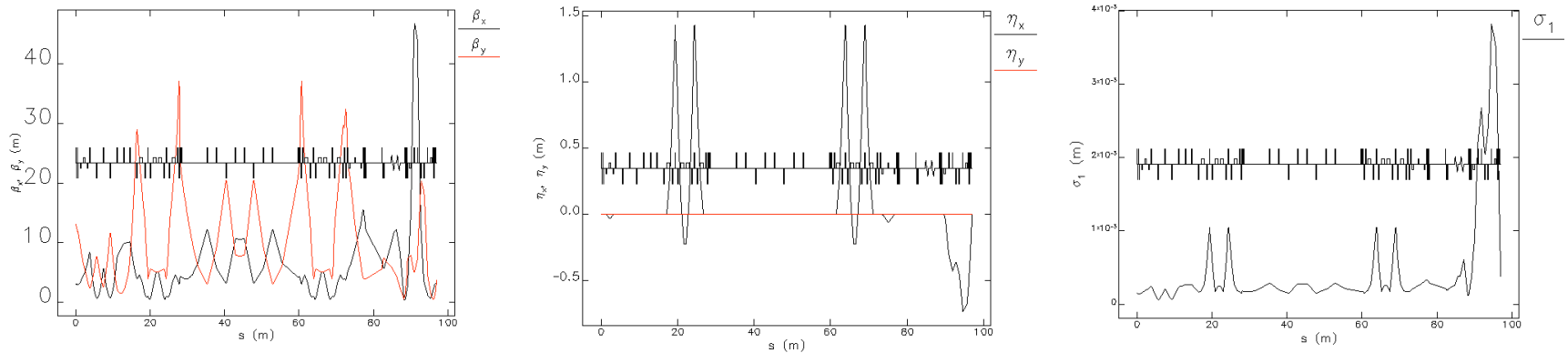
ダンプラインのみをequation = "0 ave.betax + ave.betay + etax 0 - abs +", で最適化

Step12 : K < 30



Step20 : K < 5

改善される傾向無し



最大の σ_x が4mmを下回った。ダンプライン変更後一番いいopticsだが、変更前より悪い。

分散関数を最適化する方法

ダンプレインの最適化は分散関数を小さく抑えれば解決。

optimization_constraint

- `quantity` — The quantity to be constrained, given as the name of a quantity from among the optimization variables, optimization covariables, and the “final” parameters (see the entry for `run_setup` for the last of these). The optimization (co)variables are referred to as `<element-name>.<parameter-name>`, in all capital letters. Other quantities, such as Twiss parameters or anything else but what is listed just above, are not recognized. Expressions involving multiple quantities are not supported.

以上のような記述があるものの、

`&optimization_setup`の`equation`で`QM**R11`と代入しても認知していない。
`ave.etax`などのパラメータも用意されていない。

まとめ

- 入射器のGPTのopticsとマッチングすることに成功した。
- 周回部のQの配置が均一でなく、10m近くのスペースがあっても、繋がるopticsを見つけることができた。
- 周回部のQの配置を均等にしたら、入射器のopticsに対して柔軟性が上がった。
- 5MeV用のQやBが35MeVに及ぼす影響も考慮し、自己矛盾のないopticsを見つける手法を確立した。
- ダンプラインの水平方向のビームサイズは主に分散関数で決まるが、elegantで最適解を見つけることが困難。