

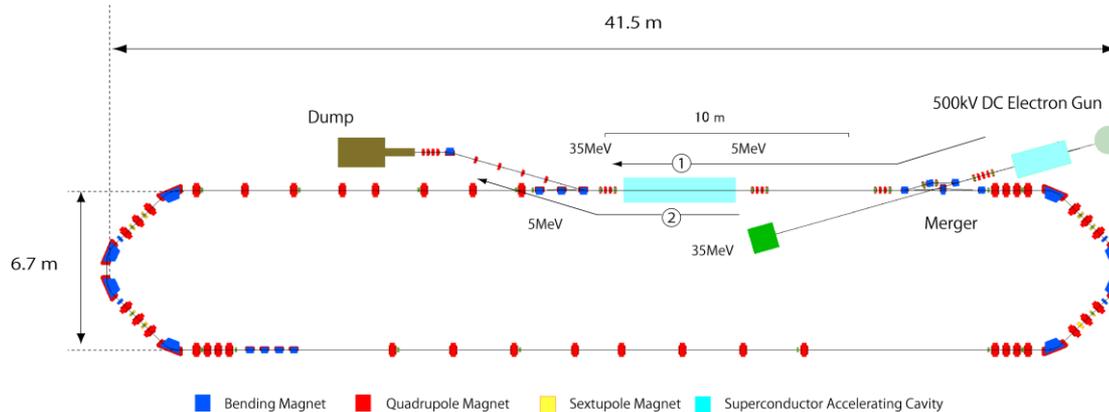
cERLのラティス設計に関して

第54回ERL検討会
4号館2階輪講室1
2011年7月14日(木) 14:00～

高エネルギー加速器研究機構
加速器研究施設 第7研究系
島田 美帆

35 MeV ・ 1 Loopのラティス

初期の35MeV・1 Loopのラティスおよびオプティクス設計を行っている。



35MeV 1 loop cERL

前回のERL検討会の報告から改良した点

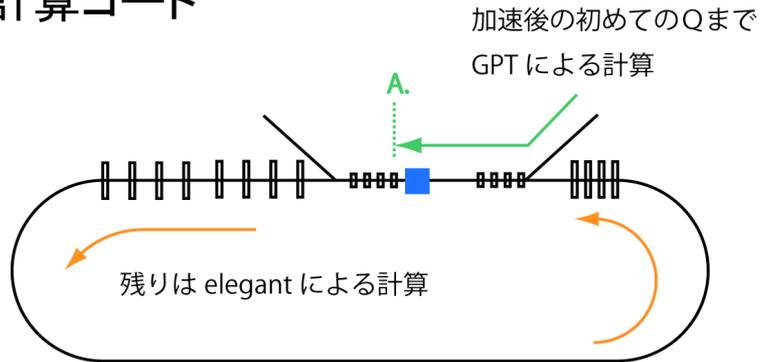
1. Start-to-End simulationを導入
 - 入射部をGPT、周回部をelegantを用い、異なるコードで最適化。
 - 空間電荷効果・CSR wakeを含めた、より現実に近いビームダイナミクス。
2. 主加速空洞から最初のアークまでのQの配置を均等にした。
 - マッチングをとりやすくするために、配置変更。
3. ダンプラインのラティスの検討開始。
4. その他、図面に合せたラティスの微調整

Linear Opticsの設計方針：

1. 光源までエミッタンスの小さいビームを輸送。
2. 安全にダンプまで誘導する。

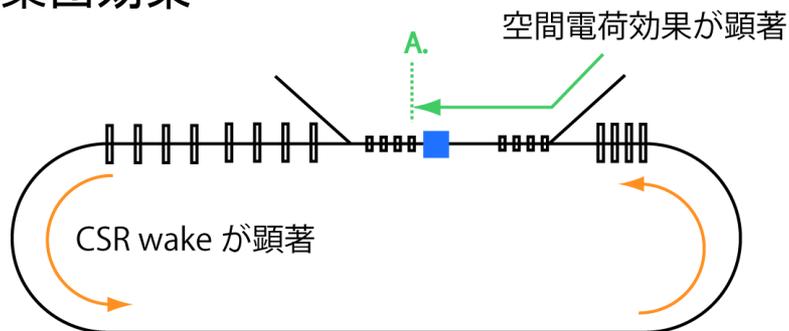
Start-to-End(S2E) simulation

計算コード



- 点Aまでの入射部
 - Simulation Code : GPT (General Particle Tracer)
 - 空間電荷効果などあらゆる集団効果を入れてシミュレーションが可能。
 - 計算に時間がかかる。

集団効果



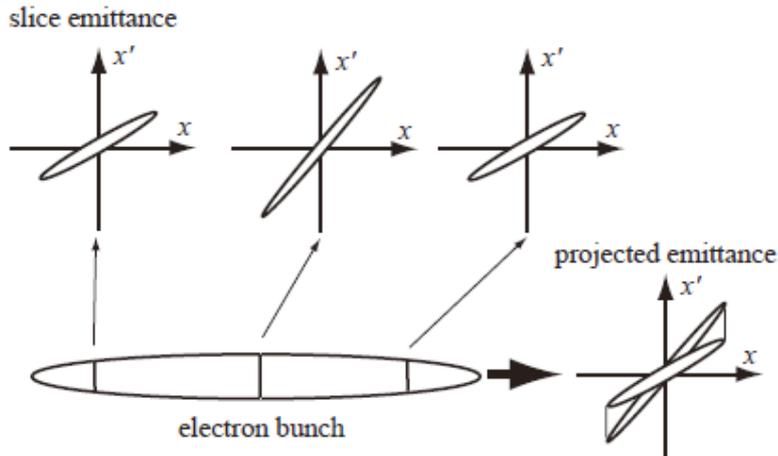
- 点Aからの周回部
 - Simulation Code : elegant
 - CSR wakeの集団効果を入れることは可能だが、横方向の空間電荷効果は不可能。
 - 計算が速い。

S2E simulation :

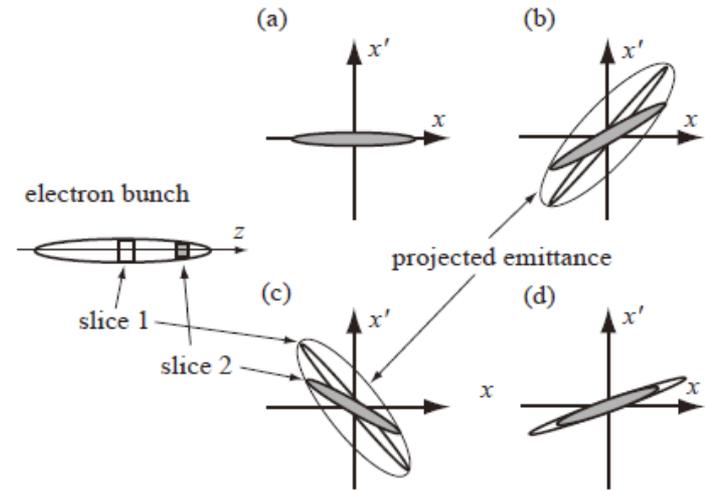
点Aを境に、異なる計算コードでlinear opticsを最適化して繋げる。

空間電荷効果

低エミッタンスビームを輸送するために対策が必要



1. 電荷密度が進行方向場所によって異なる場合、Slice emittanceに違いが生じる。
2. このslice emittanceの違いがprojected emittanceの増加に繋がる。



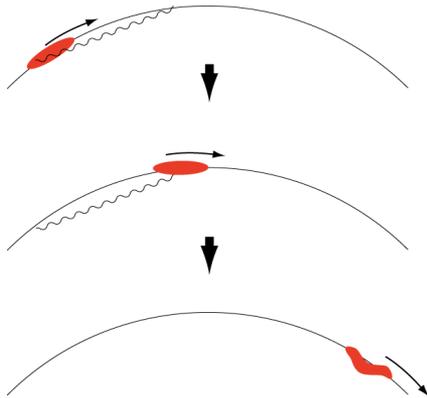
ソレノイド電磁石によって、
slice emittanceの向きを揃えて、
projected emittanceを小さくすることが可能。

OHO'08テキスト「ERL入射部ビーム力学」より

その他、バンチャーやRF curvaturなどの様々な要因が影響する。
電荷量によって最適なopticsは異なる。

CSR wake

短い電子バンチを偏向電磁石などで曲げたときに問題となる



CSR wakeの模式図

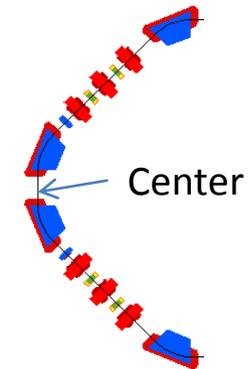
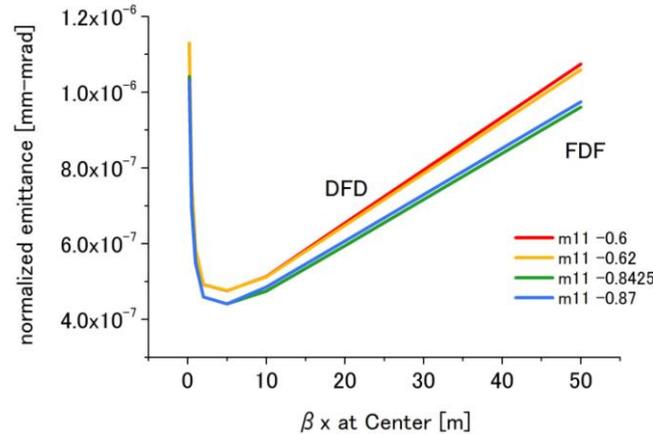


図: CSR wakeによるエミッタンス増加
運動エネルギー35MeV, バンチ長3ps, $\varepsilon_{nx} = 0.3$ mm-mrad,
電荷量77pCである。トラッキング粒子数は10000。

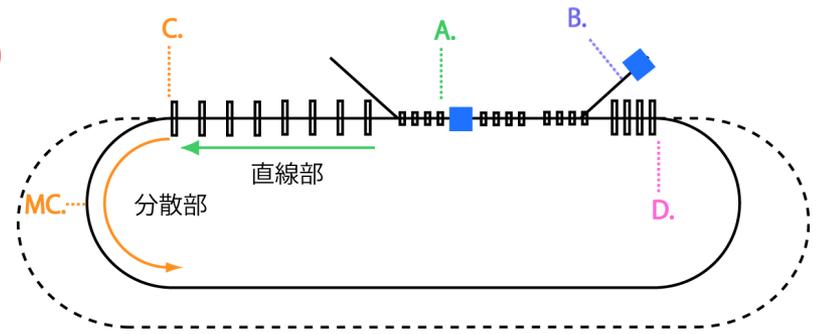
前回の報告

- 77pCのときに $\Delta\varepsilon_{nx}$ が2倍以下に抑えられる β 関数の範囲は $1 \text{ m} < \beta_x^{\text{Cent}} < 20 \text{ m}$
- 7.7pCの $\Delta\varepsilon_{nx}$ は非常に小さい。

CSR wake対策はすでに行っているので、
アーク部に大きな変更をしなかった。

S2E simulationの手順

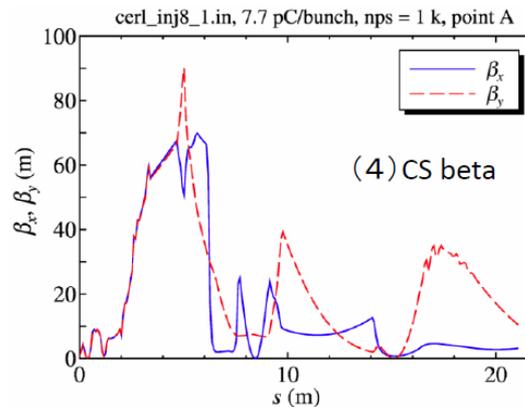
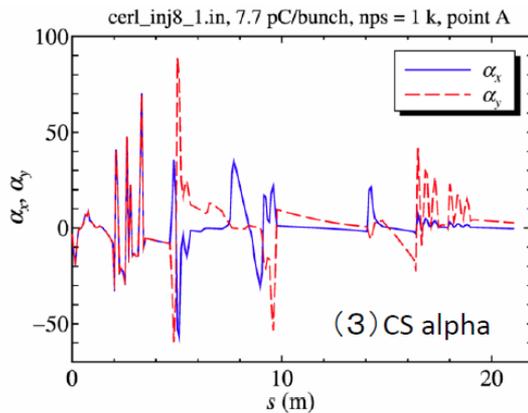
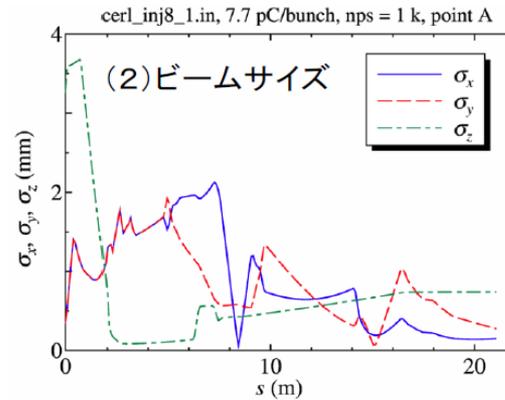
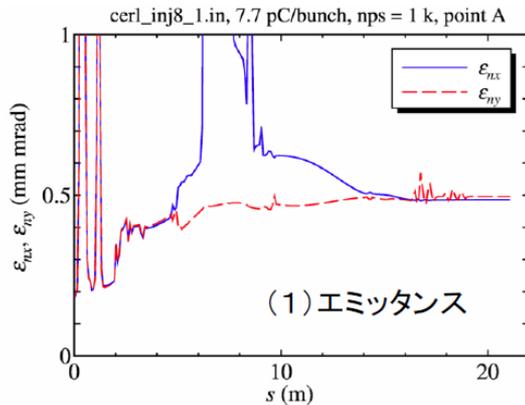
1. 点Cから点Dまでのループの設計(elegant)
 - ✓ CSR wakeによる $\Delta\varepsilon$ を抑制したoptics
2. 点Aのtwiss parameterの範囲を指定(elegant)
 - ✓ 点Cから点Aを逆算
3. 点Bで ε が最小になるOpticsを計算(GPT)
4. 3.の結果を基に点Aまでを計算(GPT)
 - ✓ 点Aに2.の条件を与える。
5. 点Aのtwiss parameterを用いて、ダンプまでを計算(elegant)
 - ✓ 詳細は別のスライドで



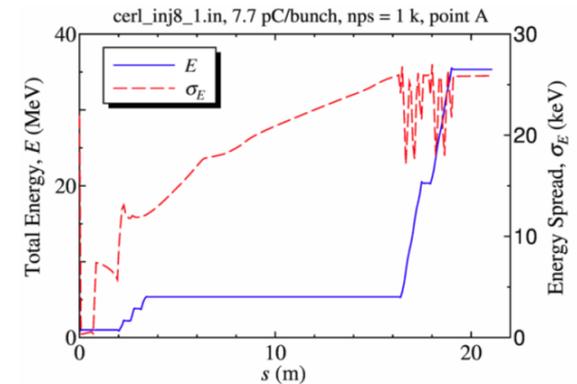
Linear Optics (Injector)

点Aの条件

- エミッタンス: 0.5 – 0.6 mm mrad (0.6 – 0.7 mm バンチ長に対して)
- CS alpha: -1 から 5
- CS beta: 1 から 19 m

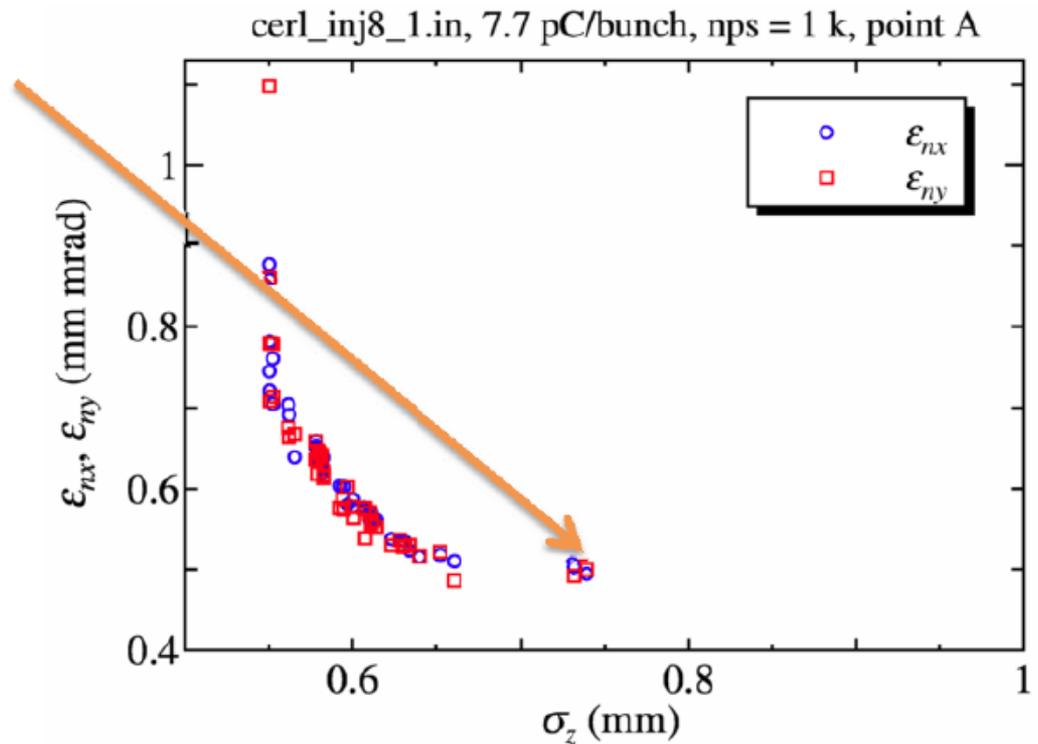


(5) 全エネルギーとエネルギー拡がり



点Aにおけるtwiss parameter

- 点Aでの値
 - エミッタンス: 0.5 mm mrad
 - バンチ長: 0.74 mm
 - Betax: 3.05173 (m)
 - Betay: 13.0891 (m)
 - Alphax: -0.22
 - Alphay: 3.01

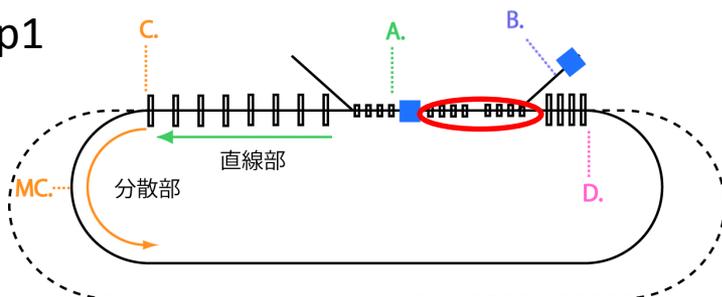


周回直線部のマッチングおよび最適化 I

点Aから点C, 点DからダンプまでのOpticsの最適化

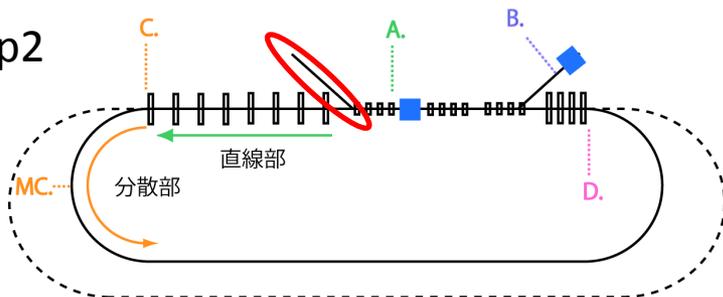
- ✓ 点Cから点DのループのOpticsは固定。
- ✓ 点Aのtwiss parameterが提示される。

step1



GPTで最適化したQのK値を元に、
35MeVビームに対する収束力を与える。

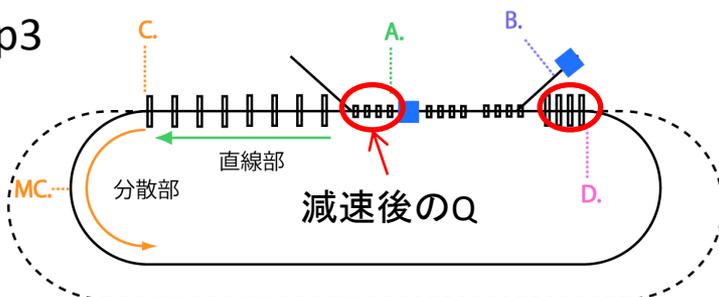
step2



ダンプリンのQの最適化

- ✓ 分散関数を小さく抑える。
- ✓ 暫定的な点Aのtwiss parameterを
基に β 関数も小さく抑える。

step3

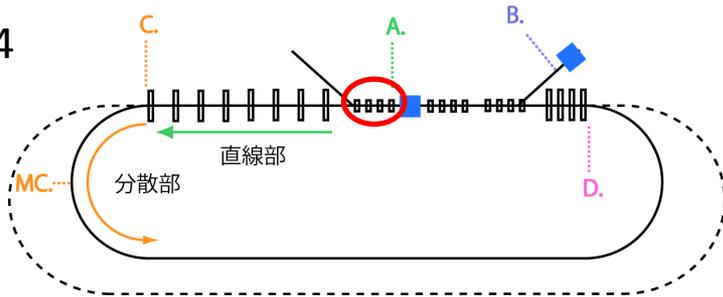


8つのQを変数にとり、点Dからダンプまでの
最適化。

- ✓ 減速後のQは35MeVビームにも
影響を与えるため、K値に厳しい制限
が必要な場合もある。

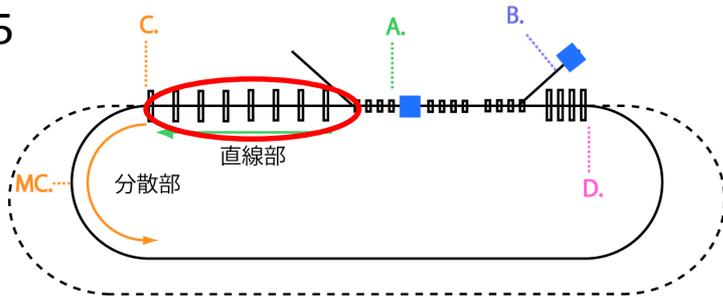
周回直線部のマッチングおよび最適化 II

step4



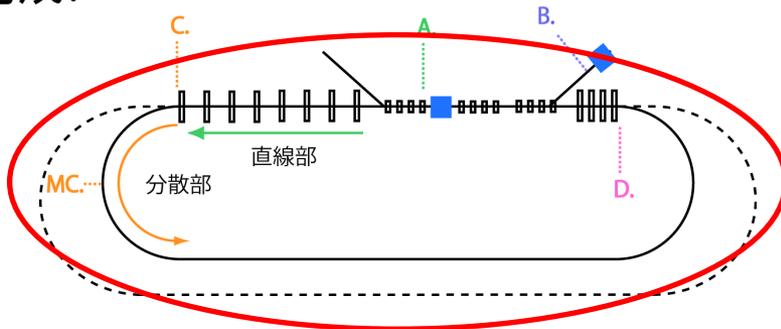
Step 3で求めたQのK値を元に、35MeVビームに対する収束力を与える。

step5



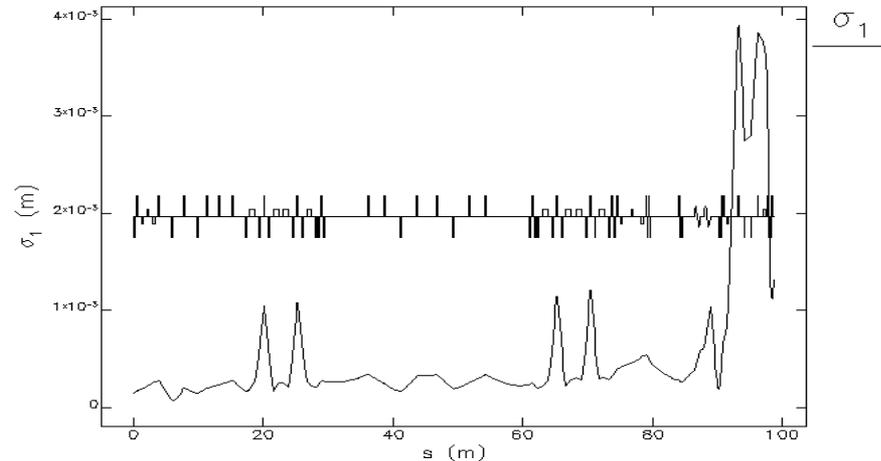
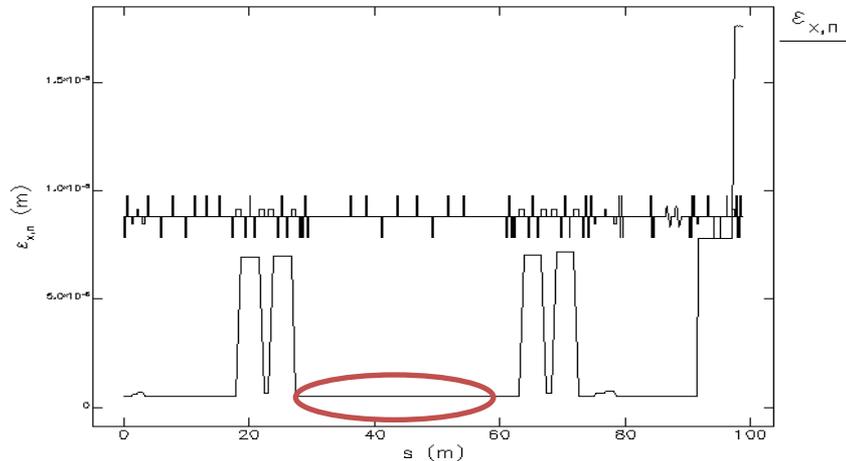
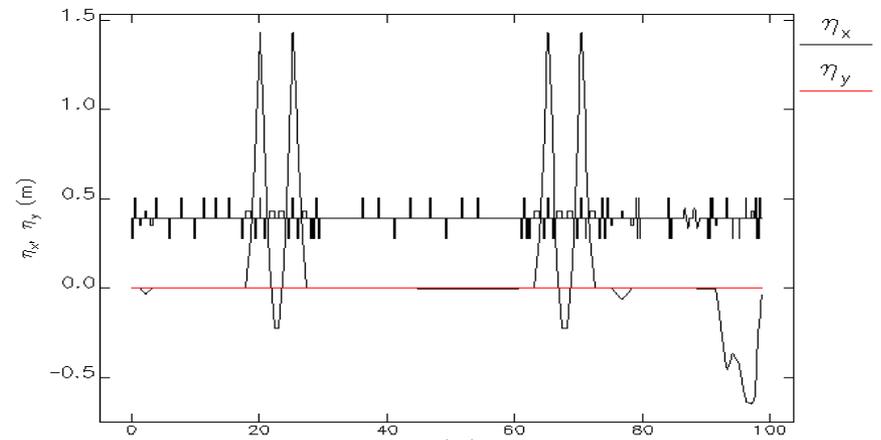
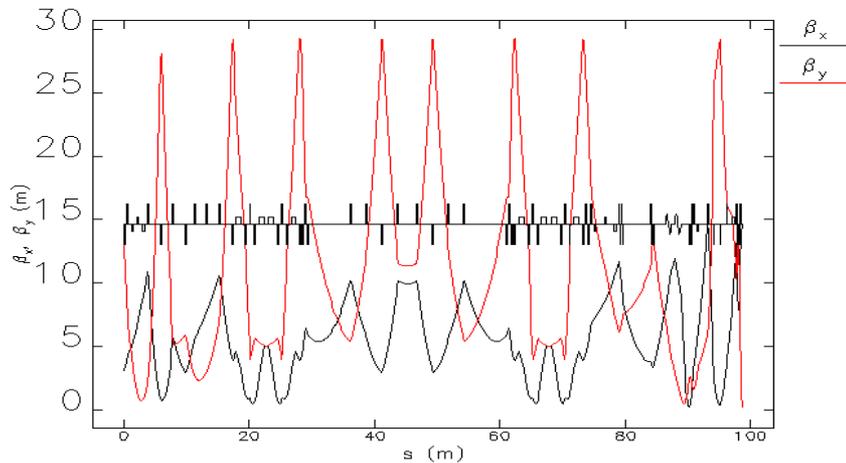
8つのQを用いて、点Aから点Cをマッチング
✓ 失敗した場合は、step 3に戻り、K値に制限を与えて再計算。

完成!



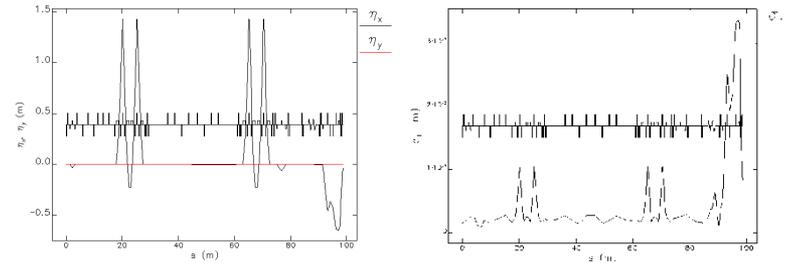
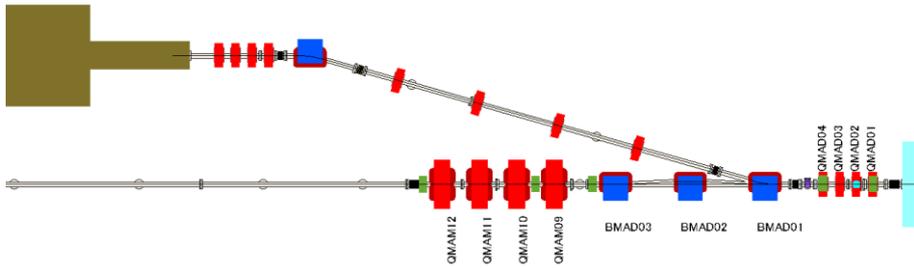
マッチングに成功したら、
全体のOpticsが完成

Linear Optics (Circular Loop)

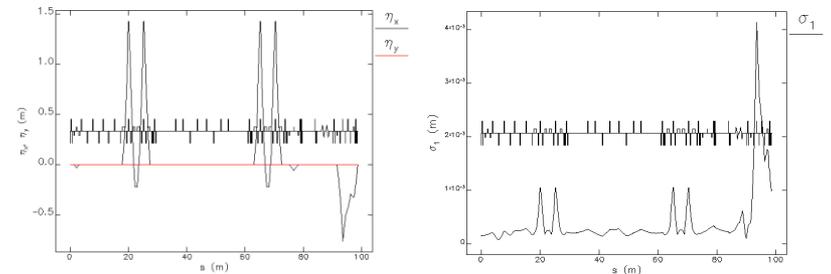
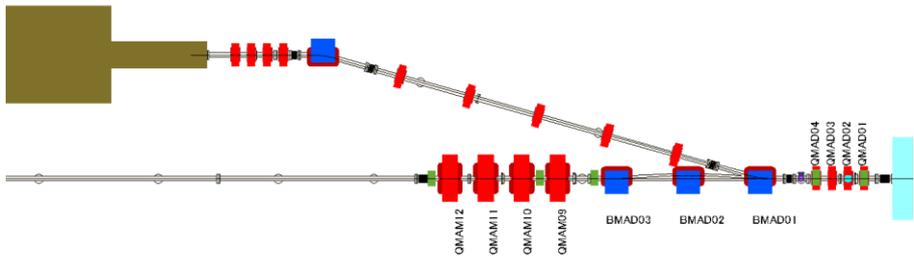


1. 全体にわたって、 β 関数を30m以下に抑えることができた。
2. 光源の位置まで規格化エミッタンス0.5 mm-mradを輸送することができた。
3. ダンプラインの水平方向のビームサイズ(σ_1)を3.4mm以下に抑えることができた。

ダンプリンの変更



σ_x の最大値: 3.4mm



σ_x の最大値: 4.1mm

Qが増えたものの、 β 関数を30m以下に抑えながら、分散関数やビームサイズをさらに小さくすることが出来なかった。

ダンプリンの設計は保留

まとめ

- 35 MeV 1 Loopについて、S2E simulationを組み込んだ Opticsの設計を行った。
 - CSR wakeのエミッタンス増加を抑えるために、アーク部を先に計算。
 - その結果を基に、受け渡し点(点A)のtwiss parameterの範囲を指定し、GPTで計算
 - GPTの結果を基に、周回直線部のマッチングおよび最適化を行った。
- 光源の位置まで規格化エミッタンス0.5mm-mradで輸送することが出来た。
- 全体にわたって、 β 関数を30m以下に抑えることができた。
- ダンプラインの最大のビームサイズを3.4mmに小さくすることができた。