



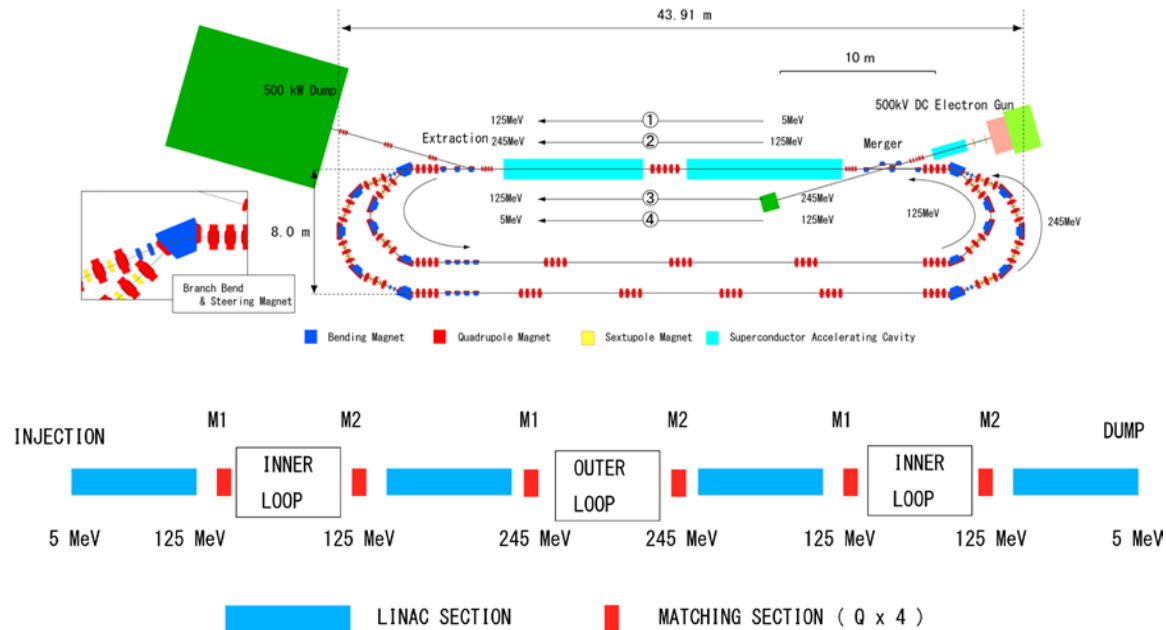
# 2ループERLのラティス設計の 進捗状況

ビームダイナミクスWG

2010年8月31日 14:00～

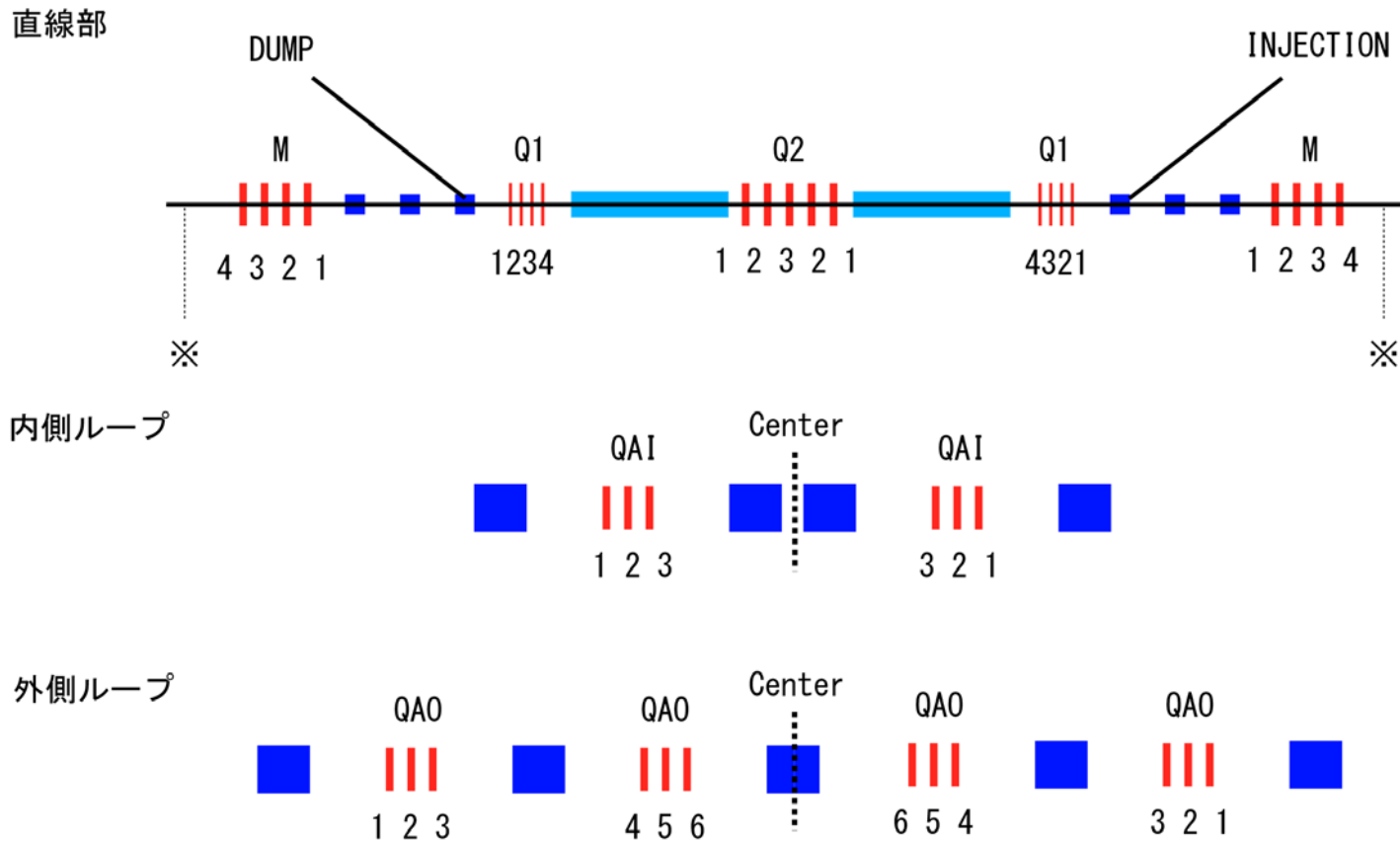
3号館5階会議室

# 2 loop cERLのオプティクス設計方針



- 設計方針
  - 加速空洞直線部のみをダミーの周回部で繋げて設計。
  - 内側ループを個別に設計。
  - マッチングセクションで繋ぐ
  - 最後に外側ループを設計。(分散部のQはマッチングにも使用する。)
- 5MeV用のQは高エネルギー側では無視した。
- 今回の目的は、**入射合流部直後の $\beta$ 関数に関する柔軟性の確認**

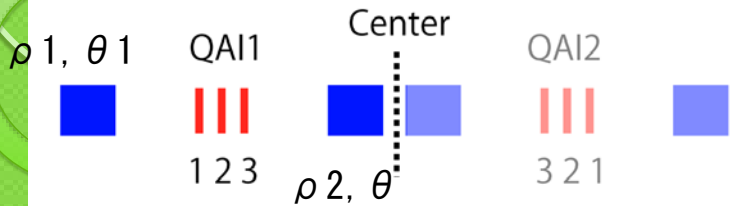
# 光学の対称性



- ラティスは左右対称であると近似して、QのK値も対称性を重視した。

# アイソクロナス・アクロマットのTBA

isochrinous TBA



Bend間の転送行列は自由度がa0ひとつのみ

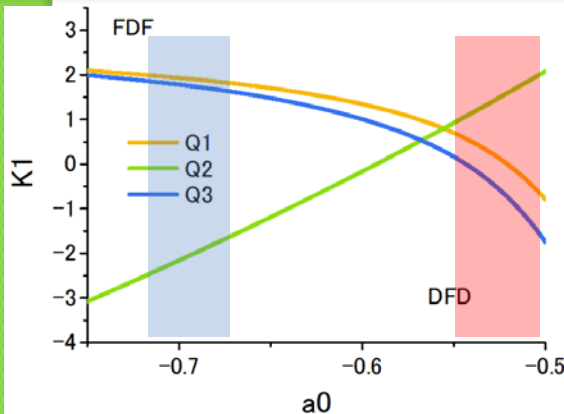
$$M_t = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_0 & \frac{\Phi_1 - a_0 \rho_1 (1 - \cos \theta_1)}{\sin \theta_1} \\ \frac{a_0 \Phi_2 - \sin \theta_1}{\Phi_1} & \frac{1 + m_{12}(a, \theta_0) m_{21}(a, \theta_0)}{a} \end{pmatrix}$$

$$\Phi_1 \equiv \rho_2 \left( -\frac{\theta_1 + \theta_2}{\tan \theta_2} + \frac{\sin \theta_1}{\tan \theta_2} + \frac{R_{56}}{\tan \theta_2} + 1 \right)$$

$$\Phi_2 \equiv -(\theta_1 + \theta_2) + \sin \theta_1 + R_{56}$$

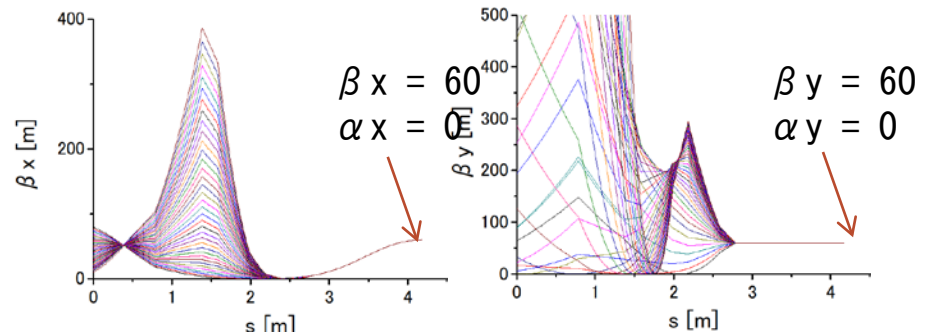
1. すべての取り得るK1値の組み合わせを求めることが可能。
2. Centerで  $a_x = a_y = 0$  となる  $\beta$  関数を求める。
3. 2. で求めたオプティクスの中から、最適解を求める。

この転送行列ではCenterのドリフトを無視しているため、微調整が必要。



TBAのQの取り得るK1値

はy方向の  $\beta$  関数を全体にわたって小さく抑えることのできる範囲。SADで見つかる解はこの範囲内にある。



図：a0を変えたときのx方向(左)およびy方向(右)の  $\beta$  関数。

アイソクロナスのため、X方向は必ず1度はオーバーフォーカスするが、y方向は滑らかな解がある

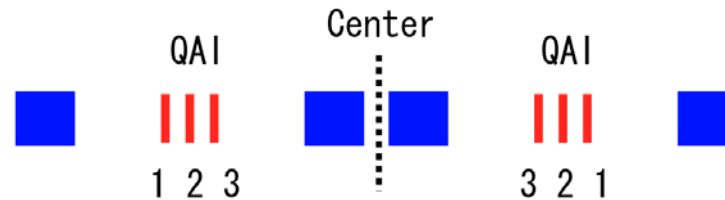
**この中から、過収束が少なく、K1および  $\Delta M_t / \Delta K_1$  の小さい解を探した。**

# ループの設計方針

- 内側ループ

- 転送行列からトリプレットの取り得るK値の組み合わせで全て求める。
- その中から $\beta$ 関数が最適となる解を探す。
- elegantのコマンドは一切使用していない。

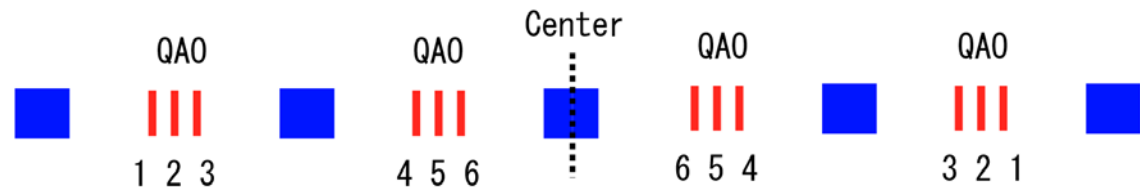
内側ループ



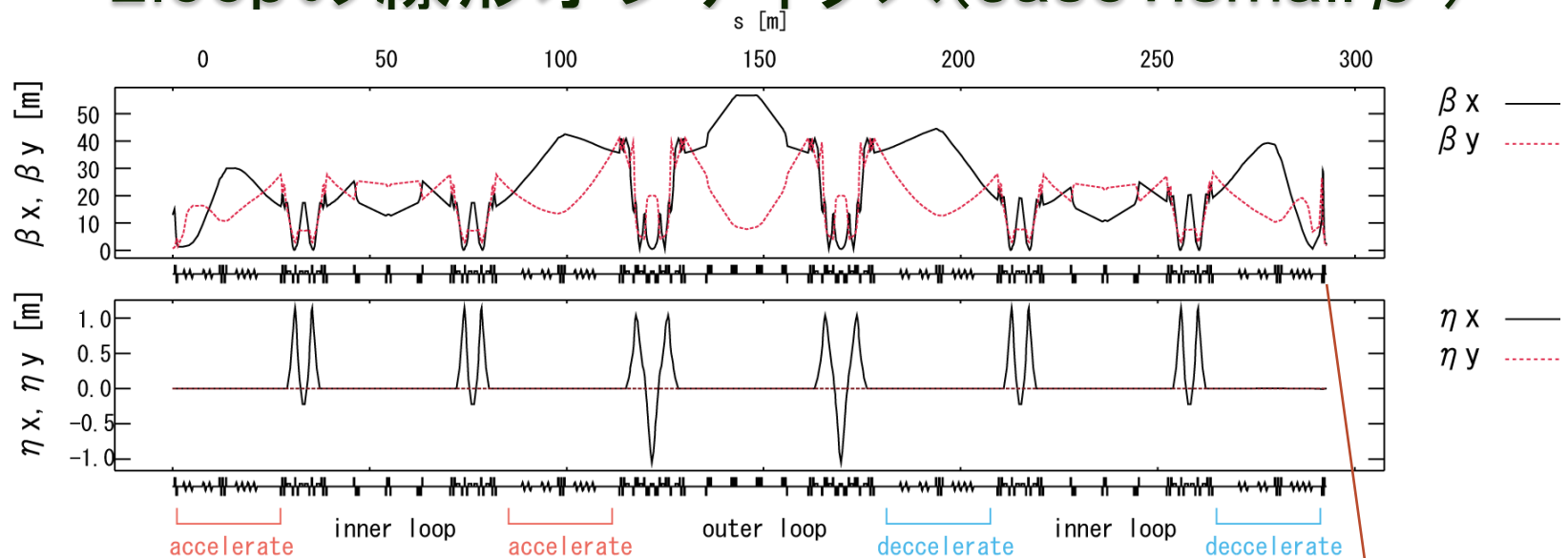
- 外側ループ

- Betaxおよびbetayの最適化、アイソクロナス、アクロマットの条件など elegantのコマンドを利用して、計算した。

外側ループ

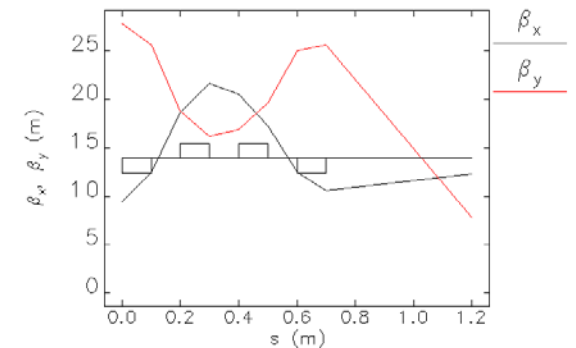


# 2loopの線形オプティクス(case 1:small $\beta$ )



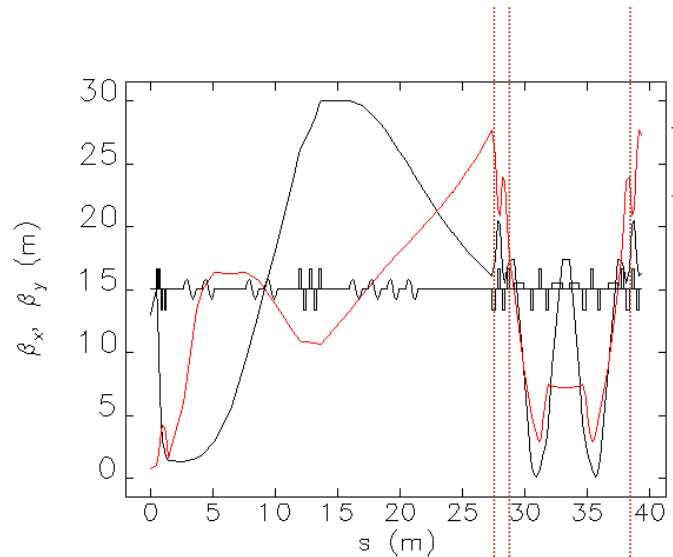
入射合流部出口で $(\beta_x, \alpha_x, \beta_y, \alpha_y) = (13 \text{ m}, -2, 0.7 \text{ m}, 0)$ の場合

- 全てQのK値 ( $K \text{ 値} = (e \partial B / \partial x L) / P$ ) は2以下とした。
  - 今回は、K値の制限を加えることを重視し、 $\beta$  関数を小さくすることにはこだわらなかった。
- $\beta$  関数の最大値は直線部の57mであった。
- ダンプ取り出しの直前の $\beta$  関数は25m以下に抑えることができた。K値はほぼ制限値の2に近い。

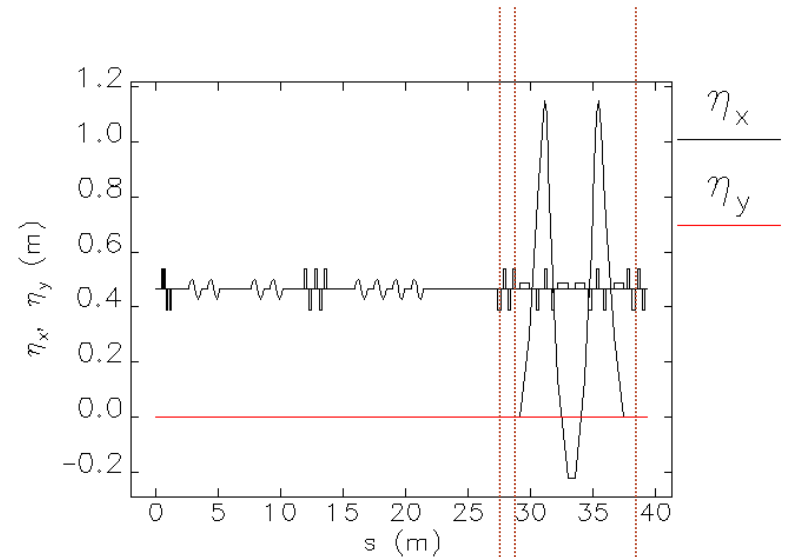


ダンプ取りだし直前

# 各コンポーネントのオプティクスの詳細1



最初の加速 内側ループ



最初の加速 内側ループ

- 最初の加速

- 最初の加速空洞の直前でx方向に絞られてしまう。(ここで絞らないと、空洞のbody focusの過収束が起こり、10~25m付近で $\beta$ 関数が大きくなりすぎてしまう)
- $\beta$ 関数がやや大きい。
- K値が一番大きいのは、加速前の5MeV用のQである。

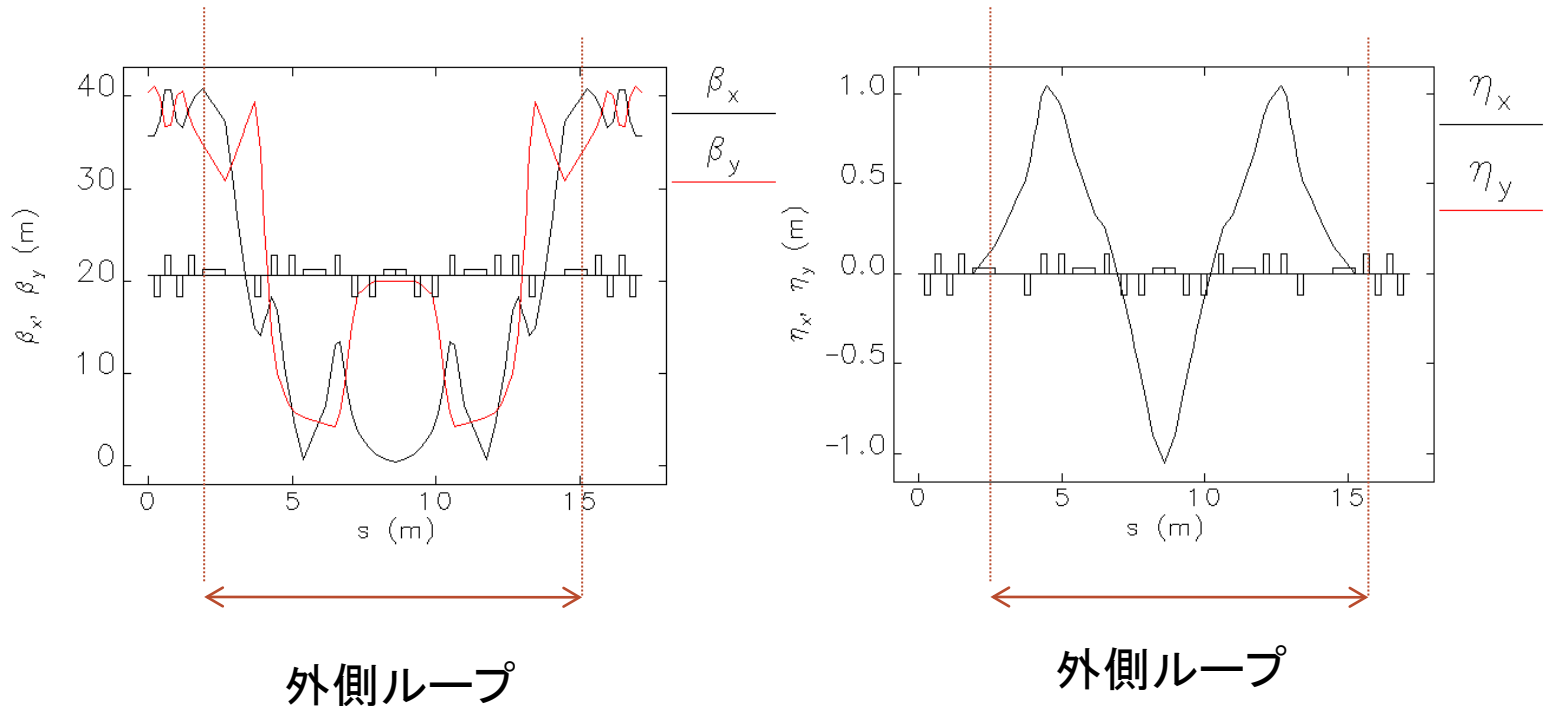
- 内側ループ

- 転送行列を用いた方法でトリプレットを決めた。極性はDFDを採用。

- マッチングセクション

- QのK値は、非常に小さい。

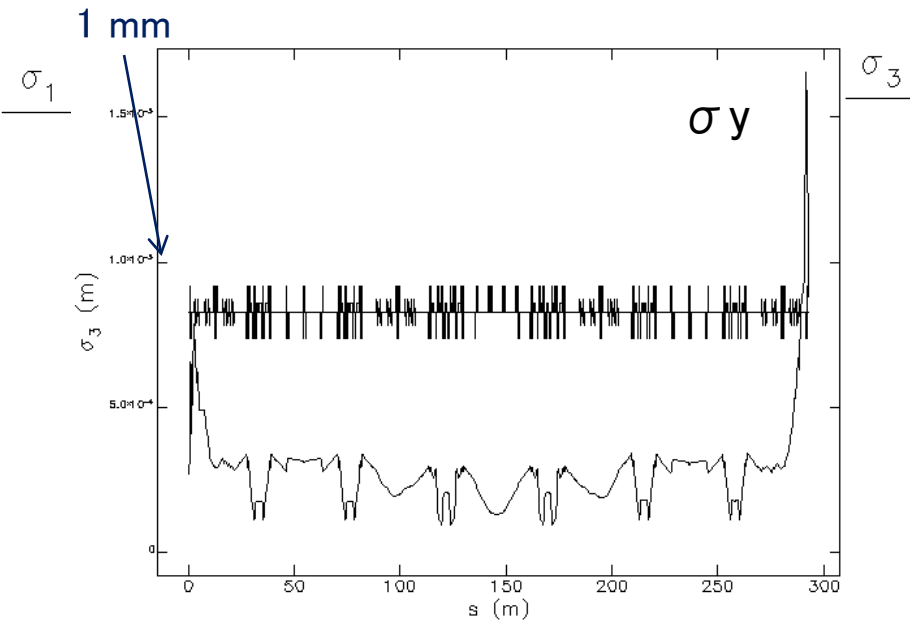
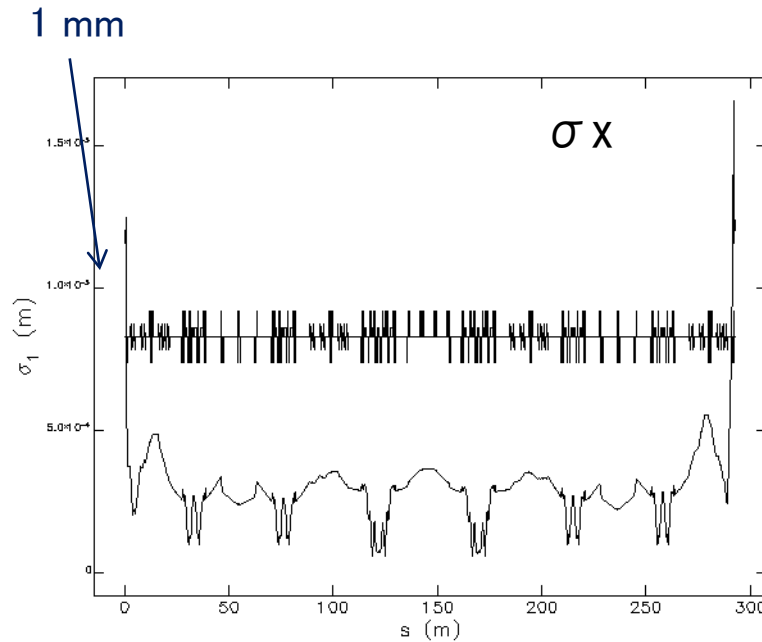
## 各コンポーネントのオプティクスの詳細2



- マッチングも兼ねているためか、QのK値が内側ループより大きい。
- $\beta_x$ の最小値は0.4~0.5 m程度である。
- $\beta_y$ については、極端に小さい箇所がなく、適切なオプティクスになっている。

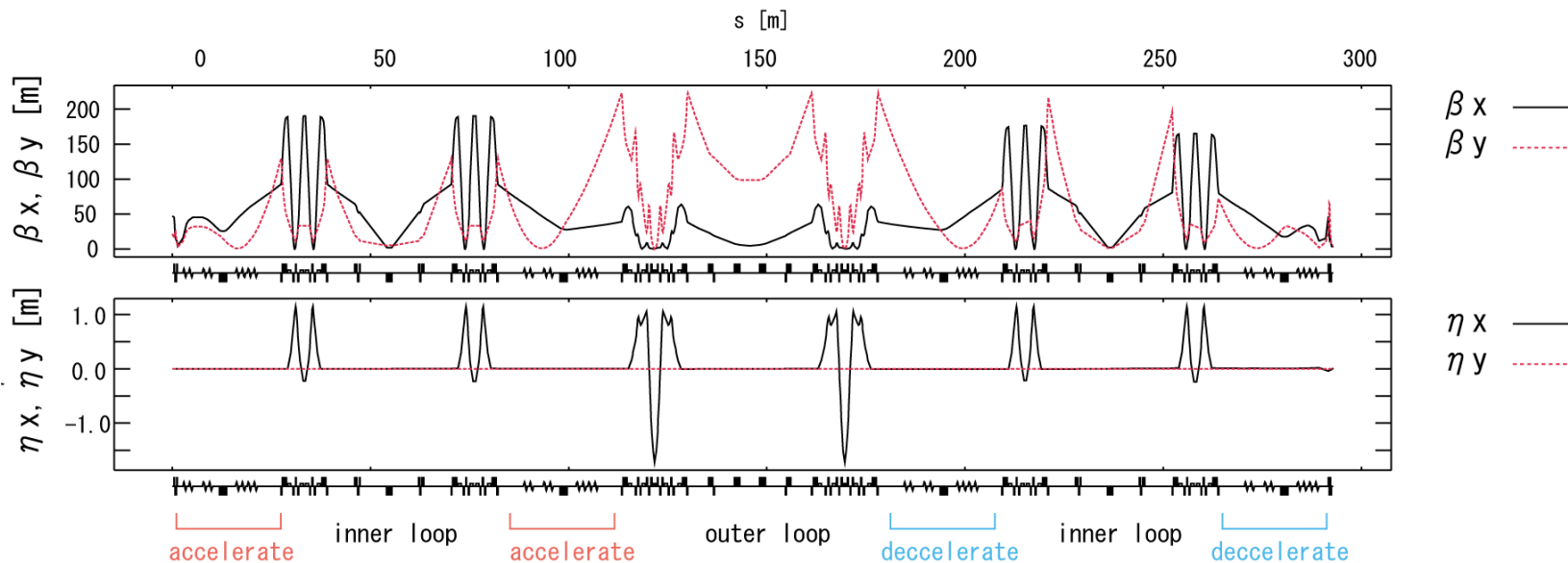


# ビームサイズ(Case 1 : small $\beta$ )



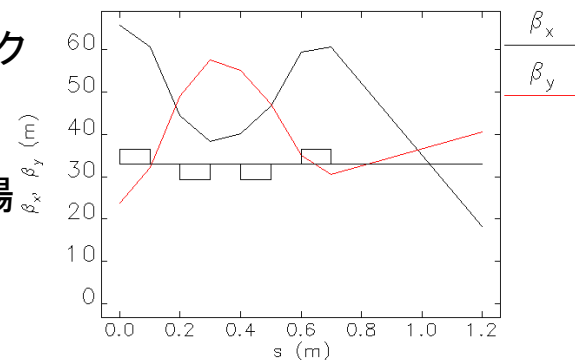
- 合流部直後のパラメーター
  - 規格化エミッタンス:  $\varepsilon_x \times 10^{-6}$  rad,  $\varepsilon_y \times 10^{-6}$  rad
  - エネルギー広がり:  $2 \times 10^{-3}$  (@5MeV)
  - バンチ長 : 300  $\mu\text{m}$  (1 ps)
- CSR wakeなどの非線形の影響は考慮されていない。
- ダンプ取り出し直前で1mm以上になる他は、0.5mm以下である。
- アイソクロナス・アクロマットの周回部(分散部)でビームサイズが小さい。

# 2loopの線形オプティクス(Case2 : Large $\beta$ )



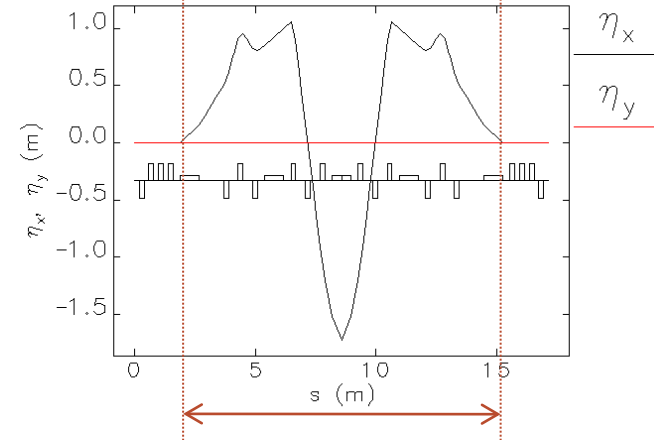
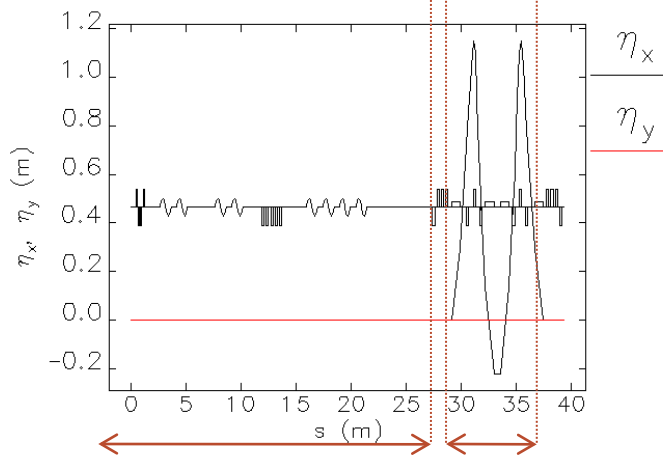
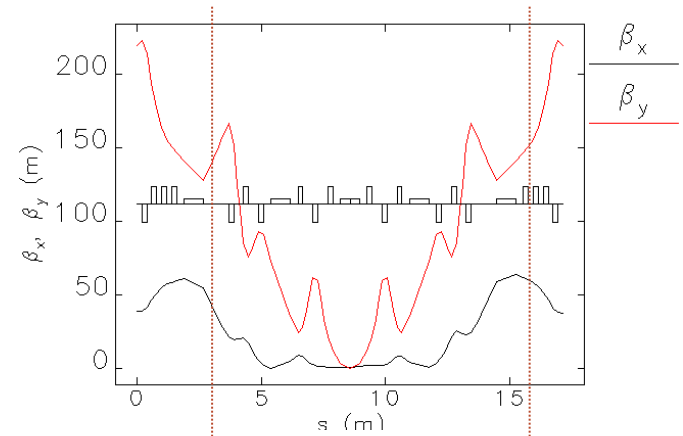
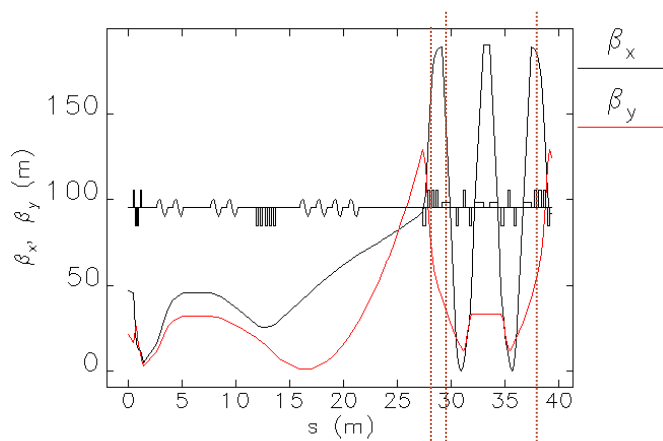
入射合流部出口で  $(\beta_x, \alpha_x, \beta_y, \alpha_y) = (47.1 \text{ m}, 1.65, 21.5 \text{ m}, 5.52)$  の場合

- 入射合流部  $\beta$  関数を入力すると、自動的に2loopのオプティクスが見つかるようになっている。
- 適切な  $\beta$  関数の場合は、5~10分程度で計算が終了。
- 見つからない場合は、K値の可動範囲を広げると見つかる場合もある。(今回は、加速直前のK値の制限を緩くして(2以下 → 3以下) 対処した。)
- $\beta$  関数の最大値は直線部で200 mを超える。
- ダンプ直前の  $\beta$  関数は良好。



ダンプ取りだし直前

# 各コンポーネントのオプティクスの詳細



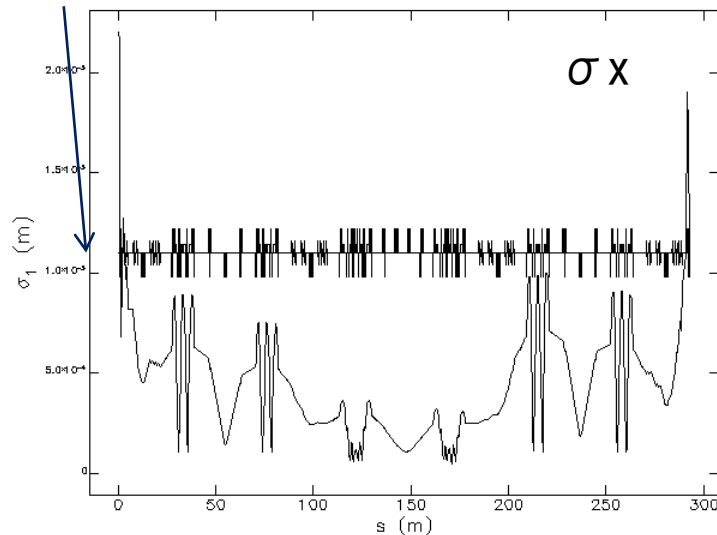
最初の加速 内側ループ

外側ループ

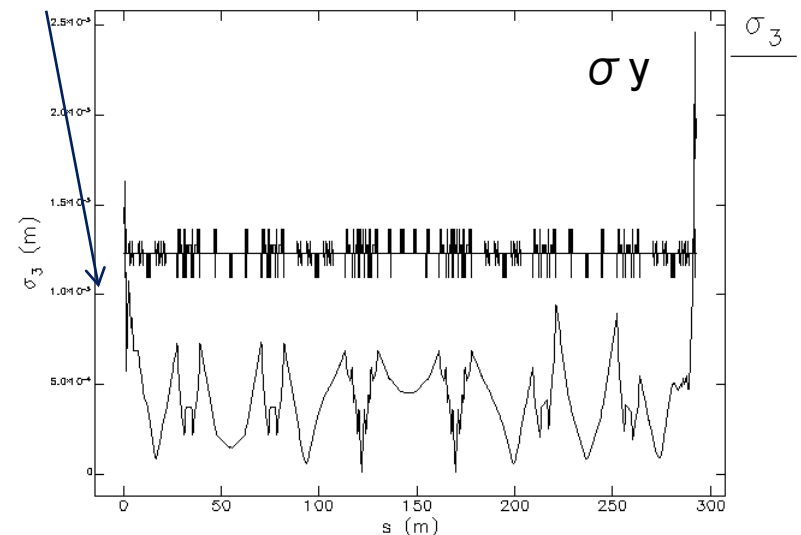
- マッチングセクションのK値は小さいため、マッチングセクションの $\beta$ 関数が高い。
- 内側ループのトリプレットのK値はcase1と同じである。

# ビームサイズ

1 mm



1 mm



- 直線部のビームサイズ(x,y)は0.5mm程度だが、内側ループのマッチングセクションで1mm近くになる。
- ダンプ取り出し直前のビームサイズは2mm以下で、入射合流部直後とほぼ同じである。
- $\sigma_x$ の最小値は40um程度であったが、 $\sigma_y$ では10um以下になっている箇所がある。

# まとめ

- 入射合流部の  $\beta$  関数に対して柔軟性があることを確認した。
- ダンプ取り出し直前のビームサイズを小さくできることを確認した。
- 周回部の  $\beta$  関数は入射合流部に大きく依存する。
- QのK値が大きい箇所は以下の3カ所であった。
  - 入射合流直後
  - ダンプ直前
  - 外側ループの分散部
- 分散部のビームサイズは小さくなるが、マッチングセクションで1mmを超えることもあり得る。
- 最適化されていない周回部ではビームサイズが10um以下になることもある。(これが問題になるかどうかは不明)
- アイソクロナス・アクロマットのQのK値の最適化は、今後検討する。
- さらに、CSR wakeなどの非線形効果を入れてトラッキングを行う。