

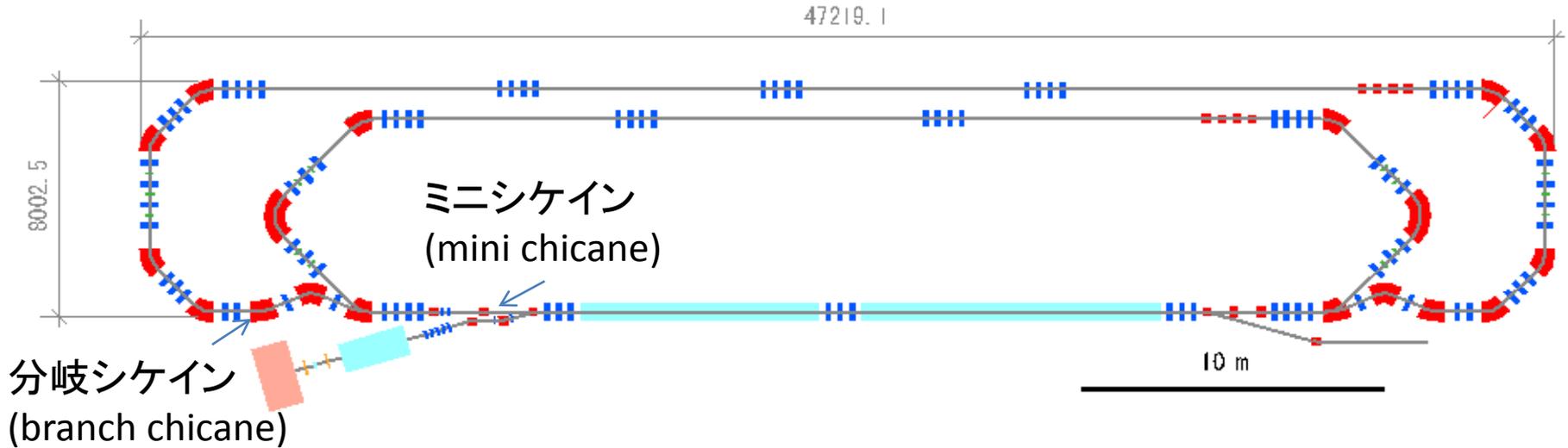
# コンパクトERLのラティス設計

09.05.21

加速器研究施設第7研究系

島田 美帆

# 全体のラティス案



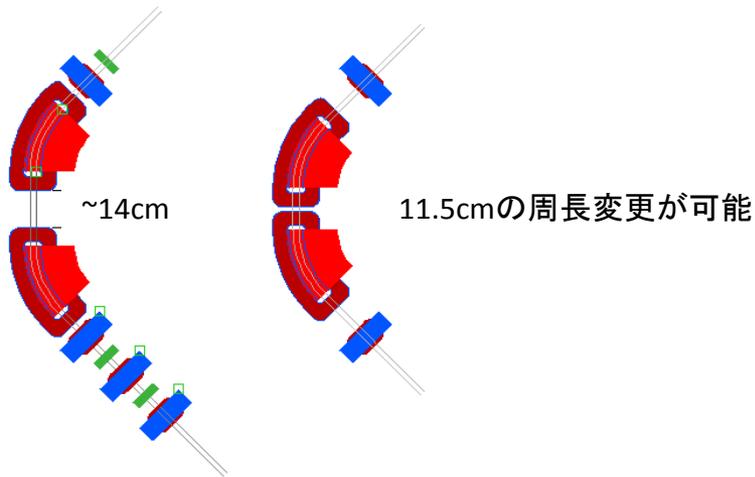
前回のcERLラティス打ち合わせの案を採用(上図)  
 ループ間を1mにしたところ、南北方向に2mだけ短くなる。

坂中さんの資料を基に配置(右図)

- 南北方向に余裕ができるが、東西方向には余裕がない。
- 左側のRF電源とエレキハットを別の場所に移動するか？
- ダンプの位置も検討の必要あり



# $\lambda/2$ の周期長補正

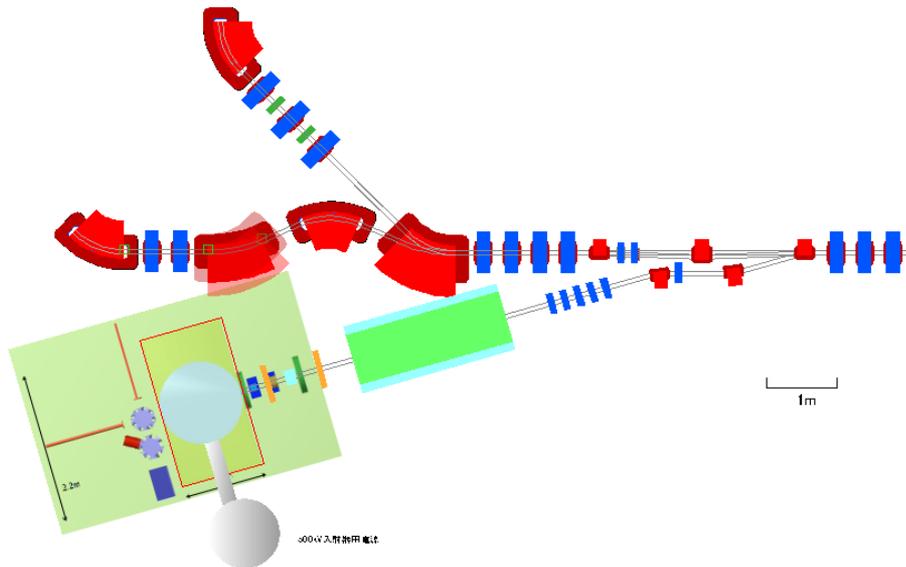


1ループ運転と2ループ運転で内側の軌道長をおよそ11.5cm変更する必要がある。

## 対応案

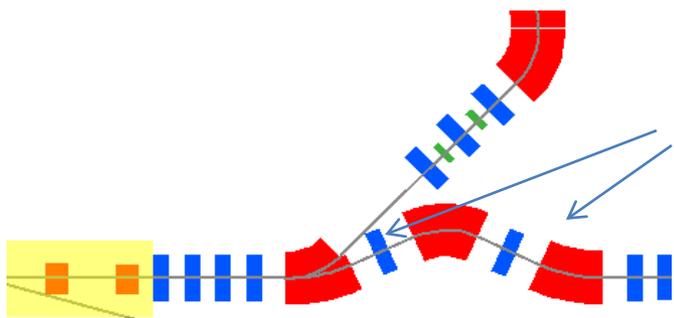
- 90度ベンドを2つの45度ベンドに割り、およそ14cmの間を開ける。
- ベンドの位置を左図のように動かすと、対応できる。
- コイルが占める長さ(20cm)も含めて、南北方向におよそ54cm伸びる。

# 入射合流部付近

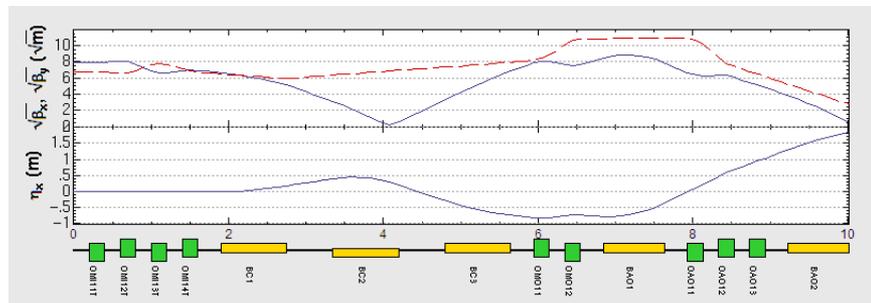
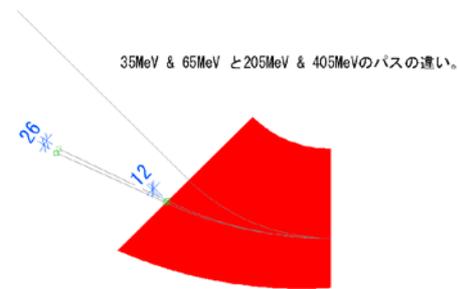


- 分岐ベンドの磁場の強さを進行方向に一定にするために、入り口と出口の大きさを等しくする。
- ベンドの一部が加速空洞の土台に接触。
- 入射部側シケインの最後のQ磁石をなくすことにする。その他のQ磁石の位置と数は調整中。

# 前回のラティス案



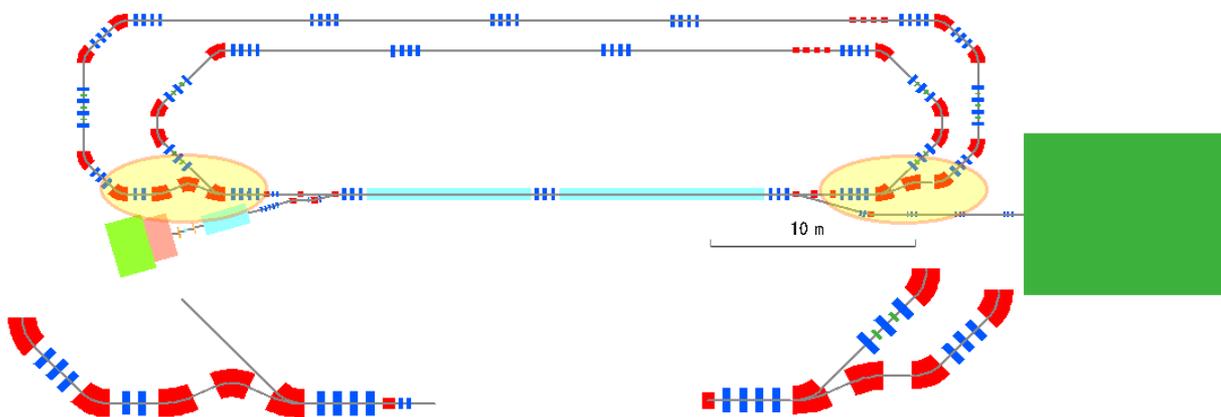
エネルギー比が変わると26mmだけ中心位置が変化するので、極力4極電磁石を避けたい。  
(前々回のスライドの“10mmのずれ”は間違い。)



# 新しいラティス案

- 横方向に縮める必要がある。
- ダンプは真横にする案。
- 縦方向はループ間を1.5mに広げた。

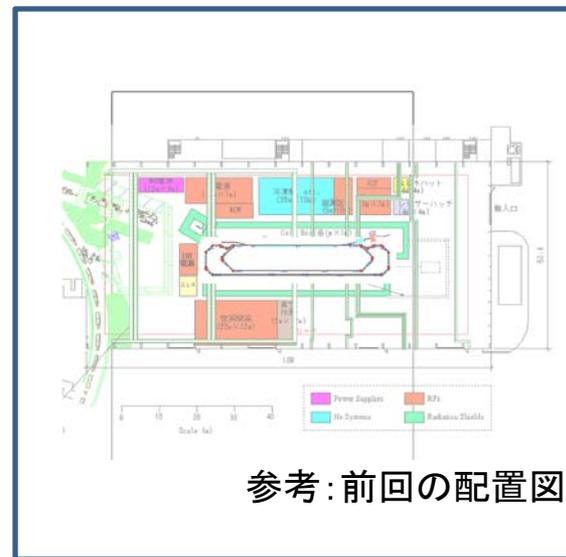
今回のオプティクスでは4極磁石がなくても100m以内に $\beta$ 関数が収まった。→ ベンドを3個並べても問題ない。



全体的に2mほど短くなる。

全体的に6mほど短くなる。

05/21 ビームダイナミクスWG発表資料

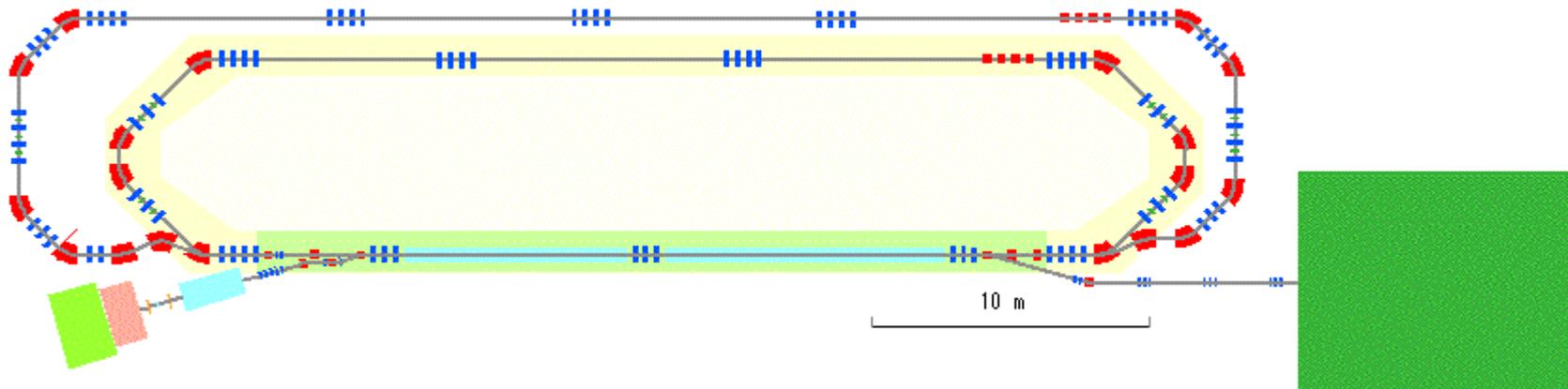


参考: 前回の配置図

# cERLラティス設計の注意点

## 現在のラティス案

(左右非対称になっているのは、外側ループで2つのデザインを検討しているため。)



## • オプティクス設計の手順

### – STEP1 直線部(黄緑色)

- 3種類のエネルギーが通過する磁石が多い。加速の都合だけでオプティクスを決めると減速の時に制御不可能になり5MeVでビーム半径が激増する恐れがある。(特にバンチ圧縮後) → 左右対称にする方法が簡単

### – STEP2 内側ループ(黄色)

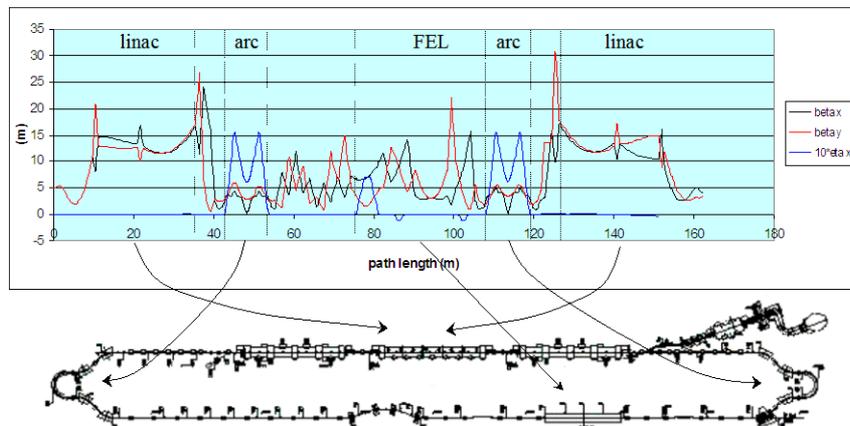
- 最初の段階ではバンチ圧縮をする可能性があるので、R56、位相やエンヴェロップの調整のための余裕を確保する。

### – STEP3 外側ループ(無色)

- バンチ圧縮を行うため、R56、位相やエンヴェロップの調整のための余裕を確保する。

# Jefferson Lab. とERLP(Daresbury) のラティス

## Jefferson Lab. IR FEL



- 全周長・加速管の長さがcERLに近い。
- 直線部を左右対称にしてダンプリング付近の $\beta$ 関数を抑えている。
- 直線部の $\beta$ はおよそ15m。周回部ではさらに小さく抑えている。

## ERLP

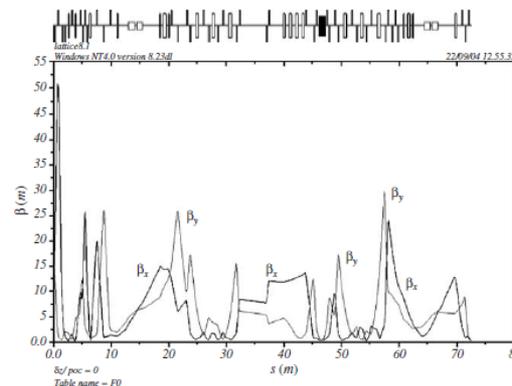
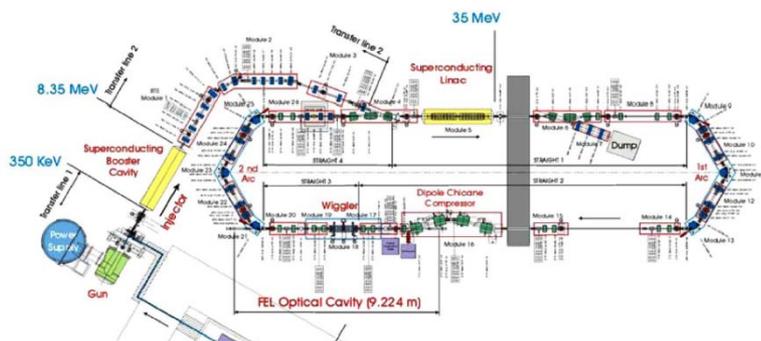
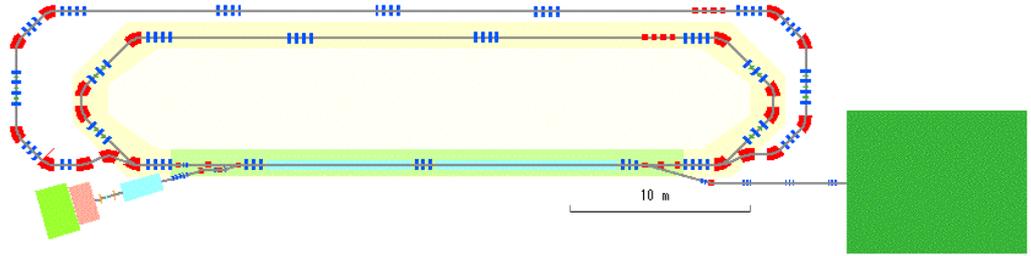


Fig. 8. Beta functions for the ERLP.

- 異なるエネルギーの電子が通過する磁石が少ないため、ラティス設計は楽である。左右対称にする必要がない。

# STEP1:直線部の計算

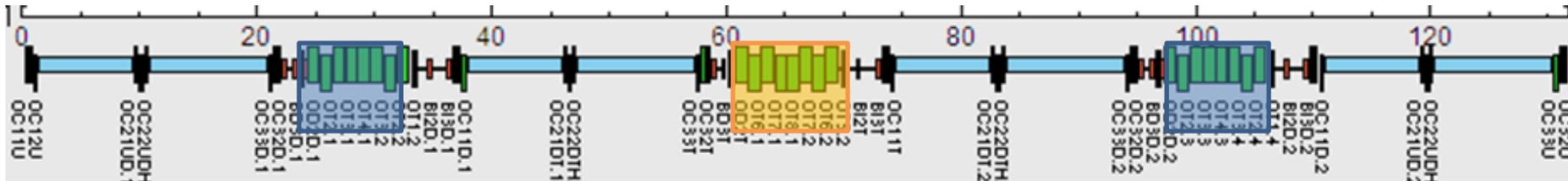


## 計算の条件

- 初期値を入射器の最適値に合わせるため、任意に設定できるようにする。  
 前回のオプティクスは周回部の都合で初期値を決めていた。
- ダンプ直前、加速空洞の $\beta$ 関数を極力小さくする。  
 目標値は入射直後と同程度。入射ビームのサイズが数mm、CSRの影響などでエミッタンスが100倍になることを想定すると、ダンプ直前のビームサイズは入射直後の10倍、数cmになる。 $\beta$ 関数が大きくなると、すぐにチャンバー径を超える。
- 1回の加速エネルギーは60MeVとし、(5MeV, 65MeV, 125MeV)もしくは(35MeV, 95MeV)が通過する。エネルギーに半比例してQの強さを決める。

## 計算方法

- 内側・外側ループを $Q \times 4$ もしくは $Q \times 8$ で近似し、一度に入射部からダンプまで計算。
- 入射付近とダンプ付近を対称なオプティクスにするために、Qの強さは基本的に左右対称とする。  
 加速管の長さ、入射合流部・ダンプ取り出しのシケインの長さが異なるので、完全には左右対称にならない。



1回目加速

2回目加速

1回目減速

2回目減速

電子銃



仮の内側ループ

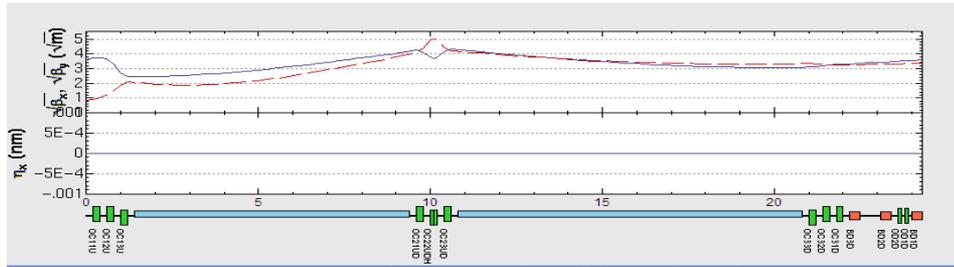


仮の外側ループ

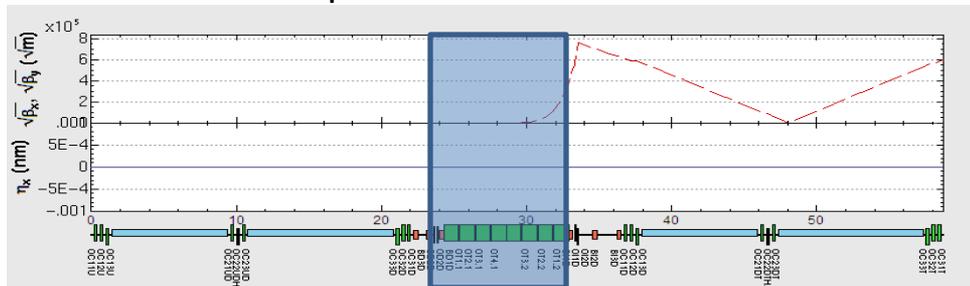
ダンプ

# 直線部設計失敗例

## 1. 最初の加速



## 2. 内側ループは左右対称のオプティクスにした場合 $\beta$ 関数が $10^{11}m$ に。



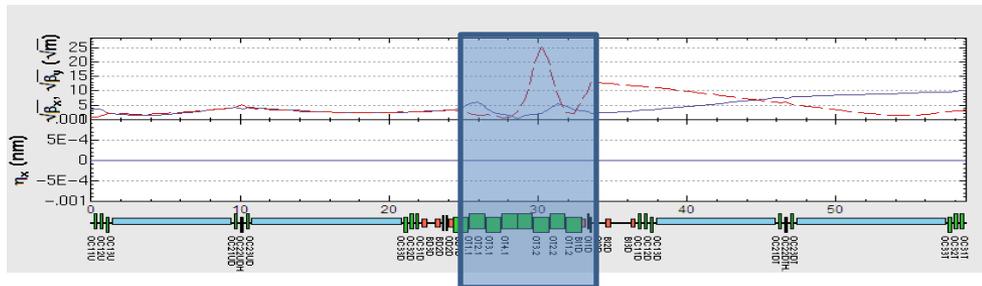
## 3. 直線部に合せて周回部を最適化

1.

2.

3.

4.

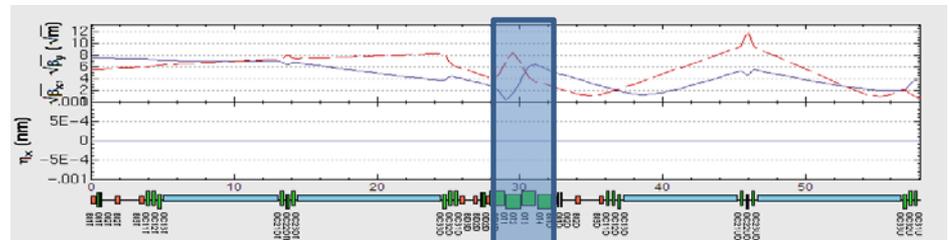
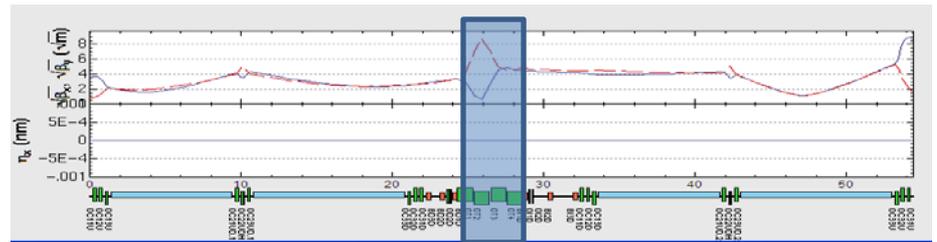
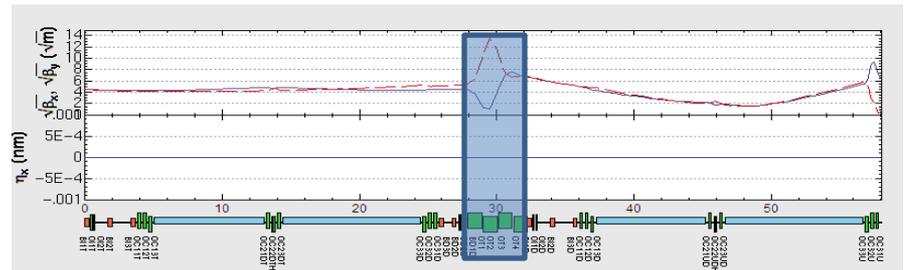
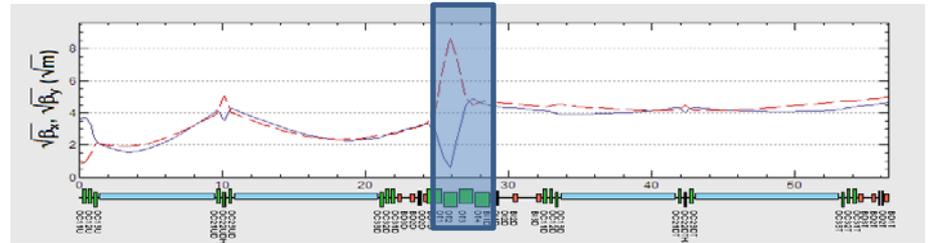


仮の内側ループ

この計算中で、シケインのQをゼロに設定することを忘れていたのだが、周回部に直線部を合せることは困難であるといえる。  
(入射器1. 内側ループ2.と3.、外側ループ4.で合せる必要がある。Qの自由度は5)

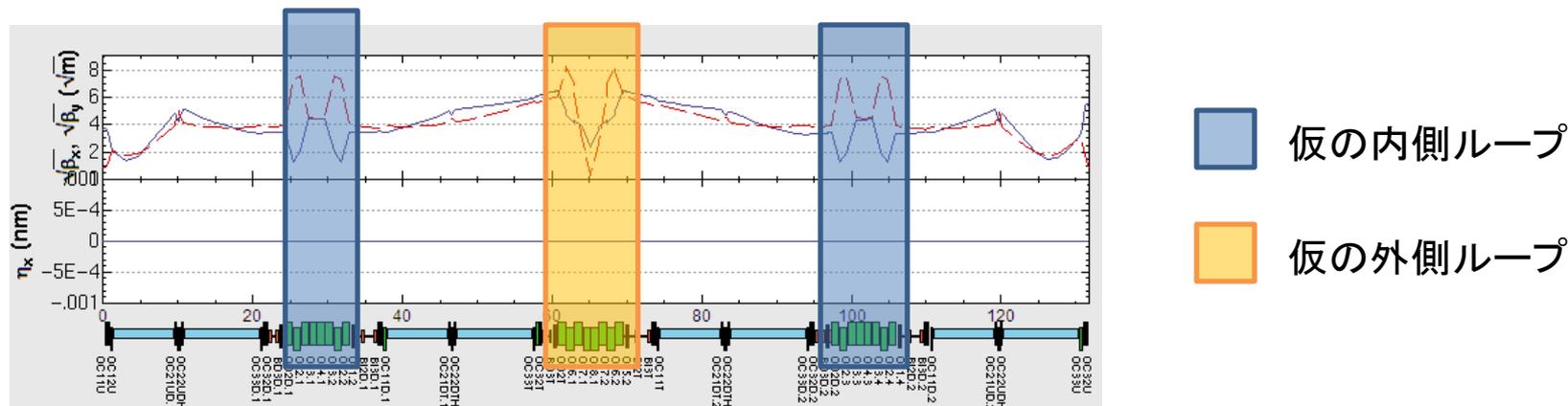
# 成功例

1. 最初の加速では $\beta=10\text{m}$ 、2回目は収束力が弱いため、 $\beta=20\text{m}$ を目安にする。
2. 同じオプティクスで後半2回の減速を最適化。ここでは、外側ループを変数としている。(この図では初期値を変数としている。) 出口のトリプレットで $\beta=60\text{m}$ に近くなる。エミッタンスが増加していたら、問題になる可能性がある。
3. 最初の入射と最後の減速を直接合せたもの。2回目の加速をしなくても、ダンプの様子がおおよそ推定できる。
4. 無理にダンプ直前のトリプレットを下げたもの。全体的に大きく乱れてしまう。



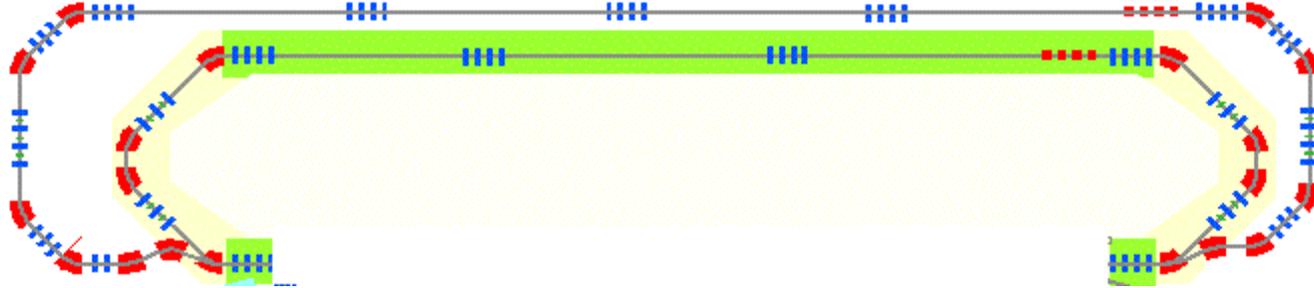
 仮の内側ループ

# 成功例2

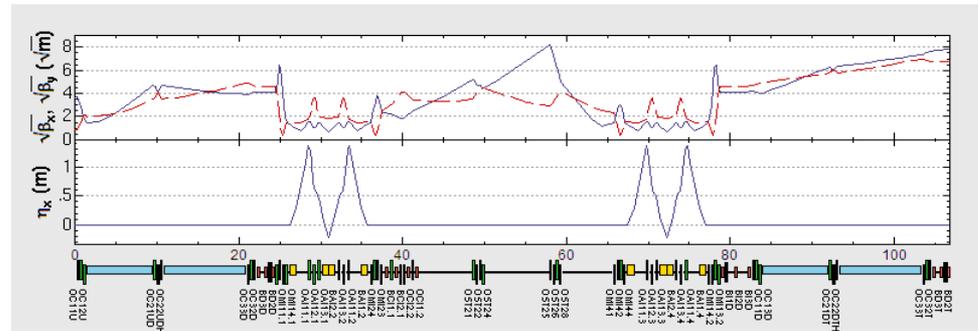
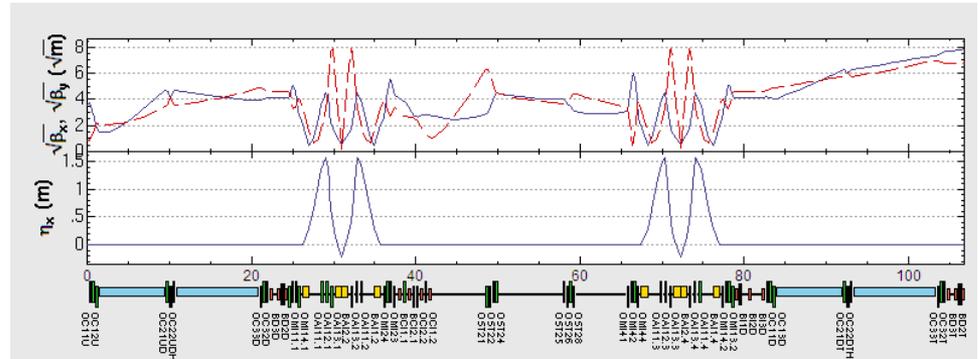


- 2つのループのオプティクスに対称性を持たせる。
- 直線部の $\beta$ 関数は大きくする。
  - 2回目の加速の $\beta$ はおよそ20m。最初の加速の中心で $\beta=20\text{m}$ 付近まで上げると、うまくいく。
- ダンプ直前の $\beta$ 関数が30m程度に抑えられている。
- 周回部を設計しやすいので、この初期値をもとにループを設計することにする。

# 内側ループの設計



- 黄色の周回部でアクロマットやR56の条件を決める。
- その後、直線部に合せて緑の部分でマッチング
- 違う初期値を使って計算すると、直線部に影響を与えずに、いろいろなオプションを作る事ができる。



## アクロマット&アイソクロナスのオプション例

入射部から2回目の加速まで  
下図では中央の直線部の調整を  
あまりしていない。



# 今後の課題

- 外側ループのさらなる検討。
  - アイソクロナスループの作製。
  - デザインの決定。
- バンチ圧縮のラティス設計
- トラッキング
  - PFに最新のSADをインストール済み。
  - CSRの計算を習得するのに時間がかかりそうである。
- 入射部付近の磁石配置の問題