

ERLビームダイナミクスWG

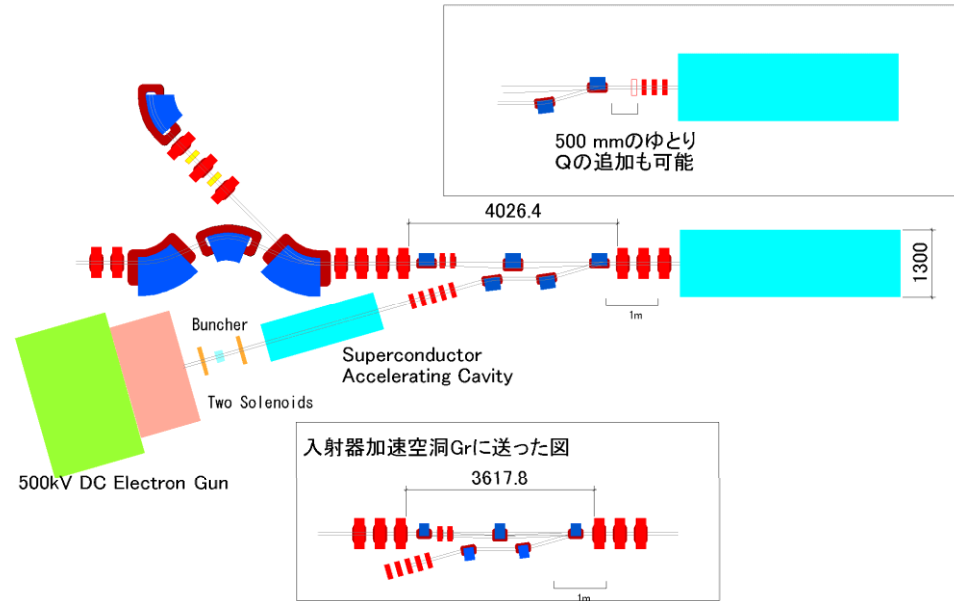
ビームダイナミクスWG
3号館5階会議室 14:00～
島田美帆

報告と議題

- 前回のERLラティス設計打ち合わせの報告
 - 入射部合流部付近の配置
 - Hexagonベンドの導入について
 - 入射器用ダンプについて
 - 外側ループの建設について
- 5GeV-ERLについて進捗状況
 - 1ループ・2ループの配置案
 - ベンドの曲率半径の考察
- TBAのアイソクロナスのオプティクスについて考察
 - cERL内側ループについて

など

入射器周辺の配置再検討1



- 周回部の最初のQには5MeVのビームが通過するため、入射器と同じサイズで十分でないか？
 - しかし、具体的な仕様(有効磁場範囲、最大磁場など)は不明。
 - 500mm程度の余裕はモニターGrが使用予定。
 - 場合によっては、Qを追加することも可能。
- 入射器超伝導加速空洞Grに送った図では入射シケインの長さが短い。
 - 最もスペースに余裕がなくなる図案を送り、配置スペースに問題が無いことを確認済み。
 - 入射合流部シケインは長くすることも短くすることも可能。
- 5MeV用Qの大きさを若干大きくし、青色のヨークのサイズを300mm×300mmとした。
 - 入射器Grのデータによると、進行方向の長さはrectangleの場合283mm, 可変エッジの場合332mm。
 - 周回部のシケインの磁石は入射合流部と同じとする。
- ERL-CDRの磁石設計ではQの横のサイズは500mmだが、200MeVで計算しているため600mmのまま変更していない。
- 主加速空洞の横方向のサイズは主加速空洞Grによると半径630mm。余裕を持って直径1300mmで作図。

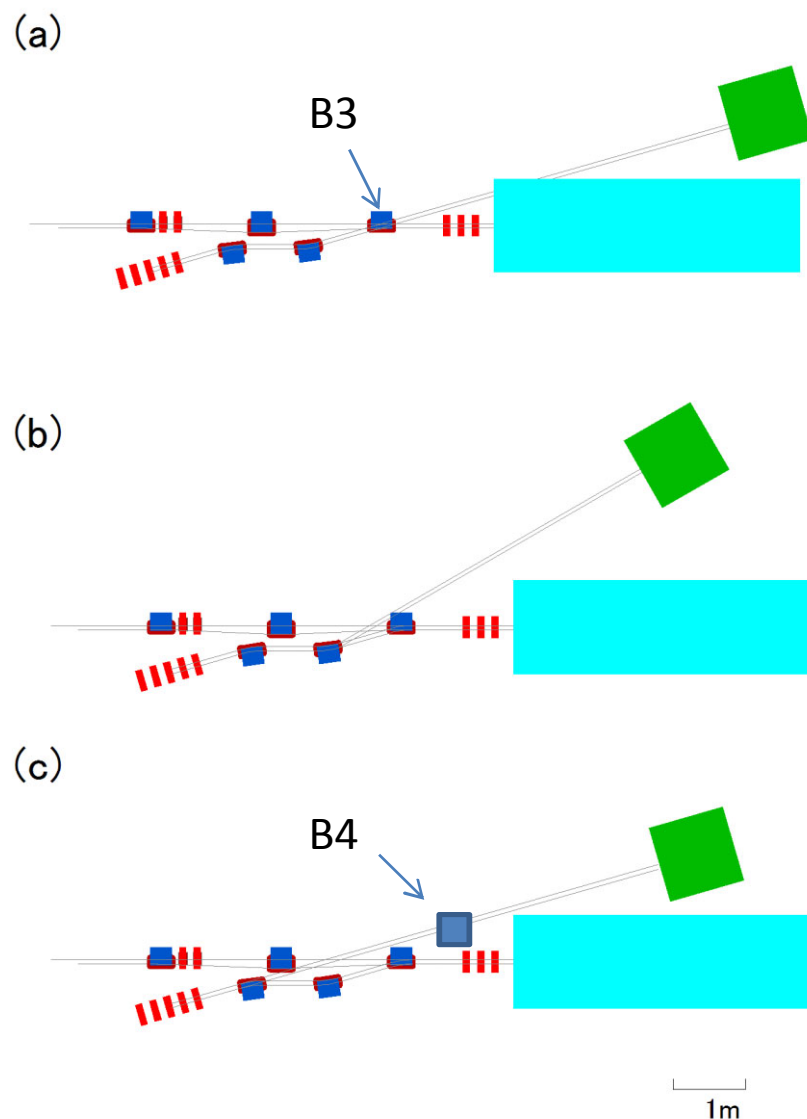
入射部専用10MeV ダンプの配置

3通りの案を示した。

- (a) 合流部の延長上に置く場合
主加速空洞にぶつかる可能性が高い。
(横に1300mmの大きさと仮定)
- (b) 中央のベンドで大きく曲げる場合
高さを変えないと周回部のチャンバーに当たるが、
この中で一番空洞から離れることができる。
- (c) 合流部を通過せず、そのまま直進
高さ方向では周回部のチャンバーに当たるが、
2つのベンドの間をうまくすり抜けることも可能。
空洞の近くを通過する。
周回部シケインの中央のQの電源は切る必要がある。

ERLラティス設計打ち合わせ

1. 配置について空洞Grに確認をとるべき。
2. ベンドB3を逆に励磁して空洞を避ける。
3. 下におろす。(直下?)
4. ベンドB4を追加して空洞を避ける。
5. ダンプの大きさを検討する必要がある。(10MeV, 0.1~1mA)

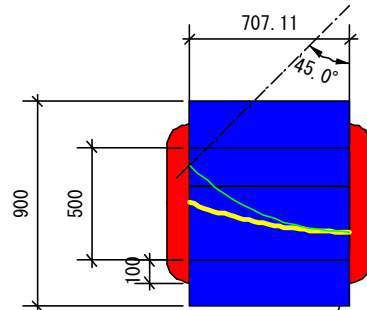


分岐シケインのマグネットの配置 (ラティス設計打ち合わせ資料、上田さん)

Rectangle型分岐バンド

内側・外側ループ両方の出口に対してrectangle

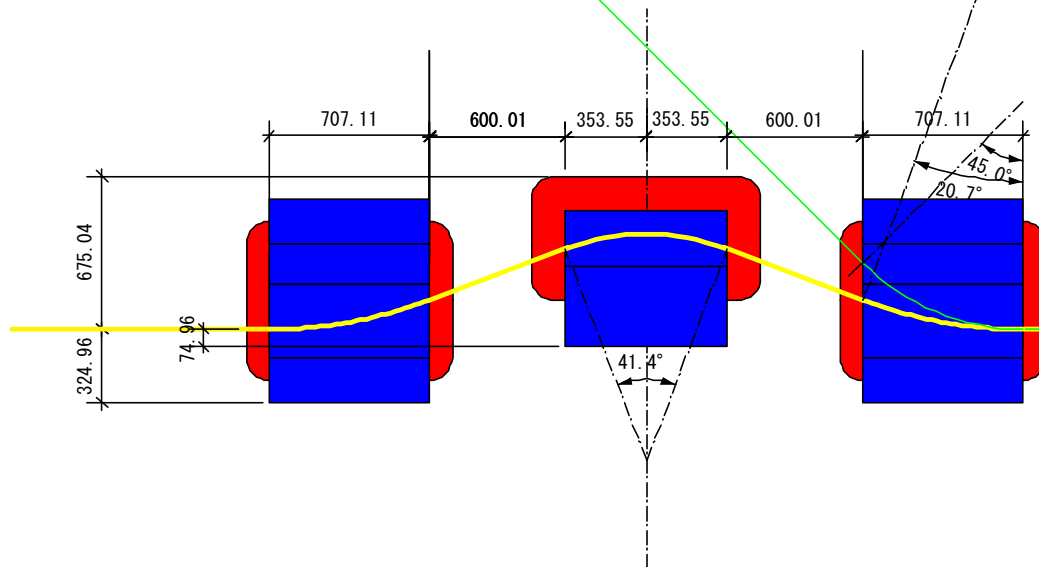
エネルギー比は1:2



※分岐バンドのコイルは100mmとした。

※磁極の幅が500mm

※低エネルギービームを45°
曲げると高エネルギービームは
20.7° 曲がる



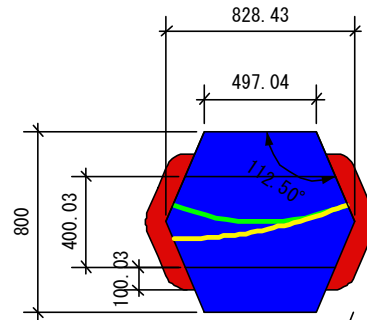
検討項目

- 有効磁場領域は確保できているのか？
- 対称性を保つには、反対側(内側ループ南側)のバンドもrectangleにすることになる。

分岐シケインのマグネットの配置 (ラティス設計打ち合わせ資料、上田さん)

Hexagon型分岐バンド

エネルギー比は1:2

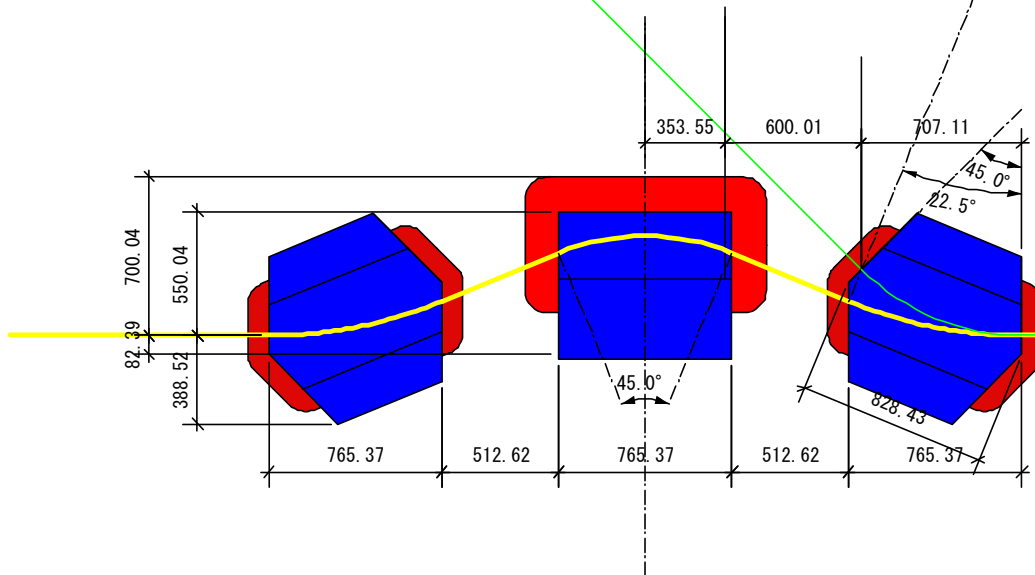


※内側ループでsector
外側ループでrectangle

※磁極の幅が400mm
(こちらも幅広)

※マグネットのエッジで磁場が
ちゃんと出るか？

※低エネルギービームを45°
曲げると高エネルギービームは
22.5° 曲がる

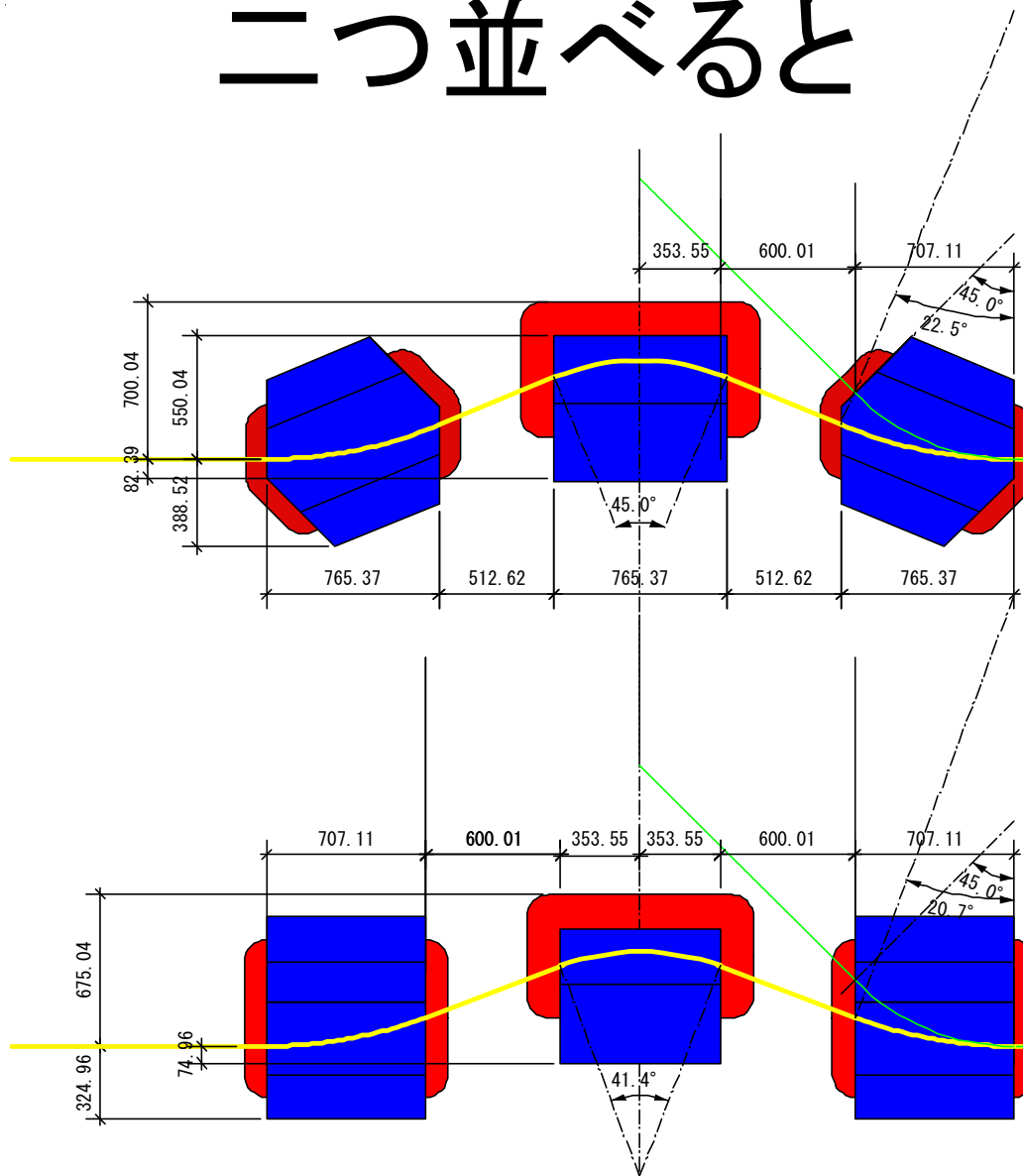


補足

- 反対側(内側ループ南側)のバンドは他のsector型と同じものでも対称性を保つことができる。

分岐シケインのマグネットの配置 (ラティス設計打ち合わせ資料、上田さん)

二つ並べると



※分岐ベンドの磁極は、
500mm,400mmと双方とも幅広

※中央のベンドは分岐ベンドが
rectangleの時の方が少し小さい。

※エネルギー比が
65:125(1:1.923)と
125:245(1:1.96)に対応できる
か？

(中央のベンドの有効磁場領域
が十分か？)

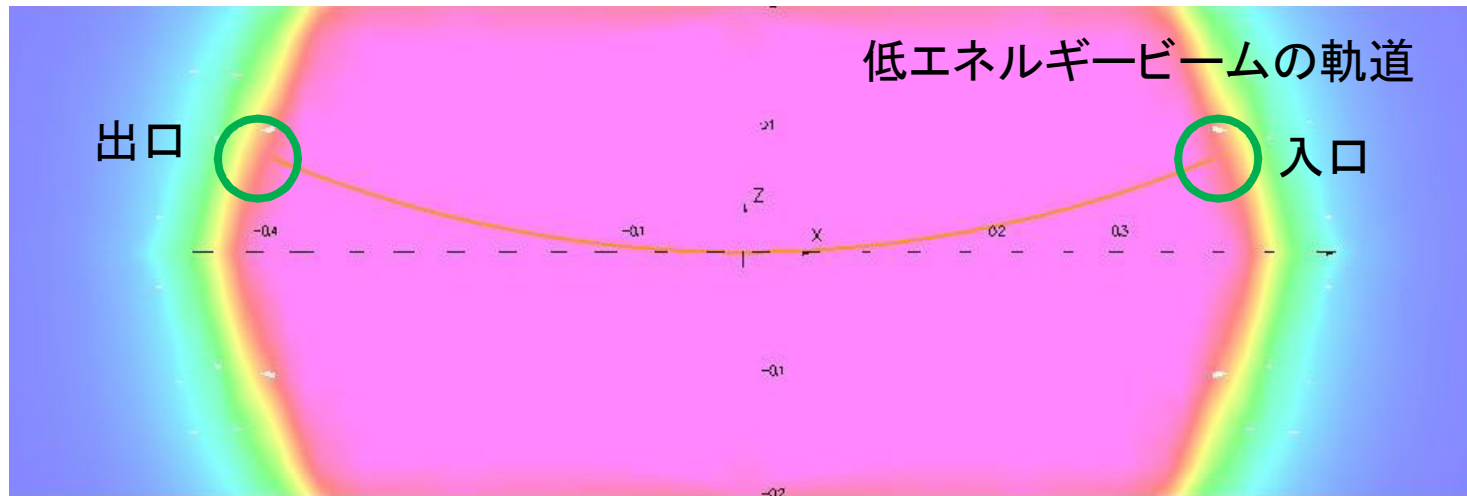
検討項目

エネルギー比をどこまで許容する
かを決めてから磁石の設計に
入りたい。

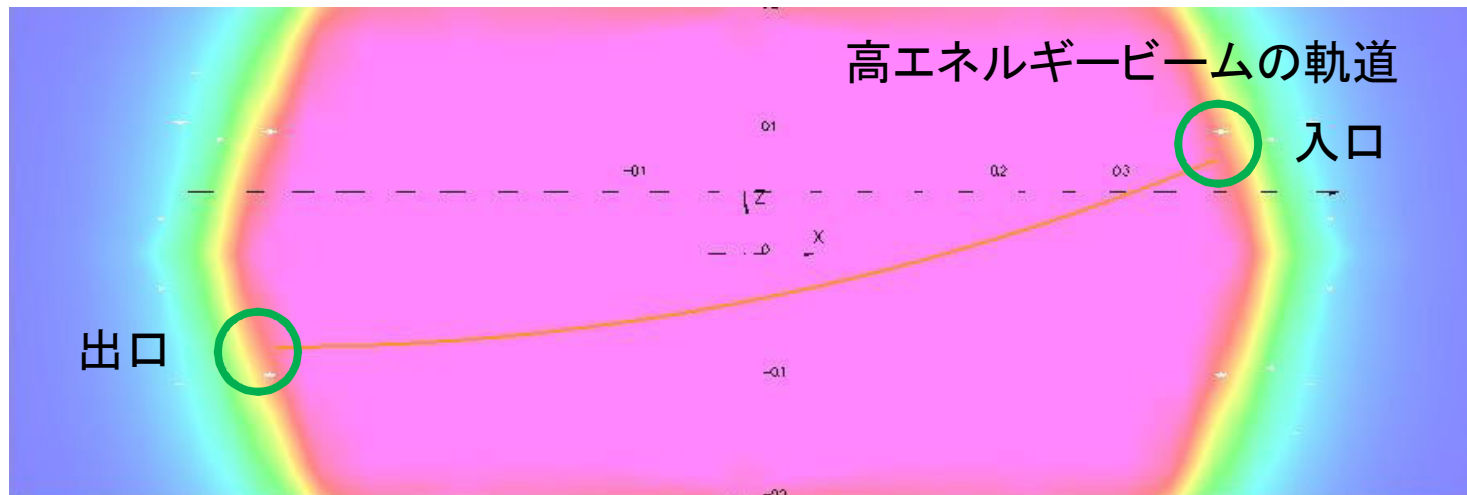
現在は1:2~1:1.9を許容範囲とし
ている。

Hexagon型分岐バンドの磁場計算（ラティス設計打ち合わせ資料、上田さん）

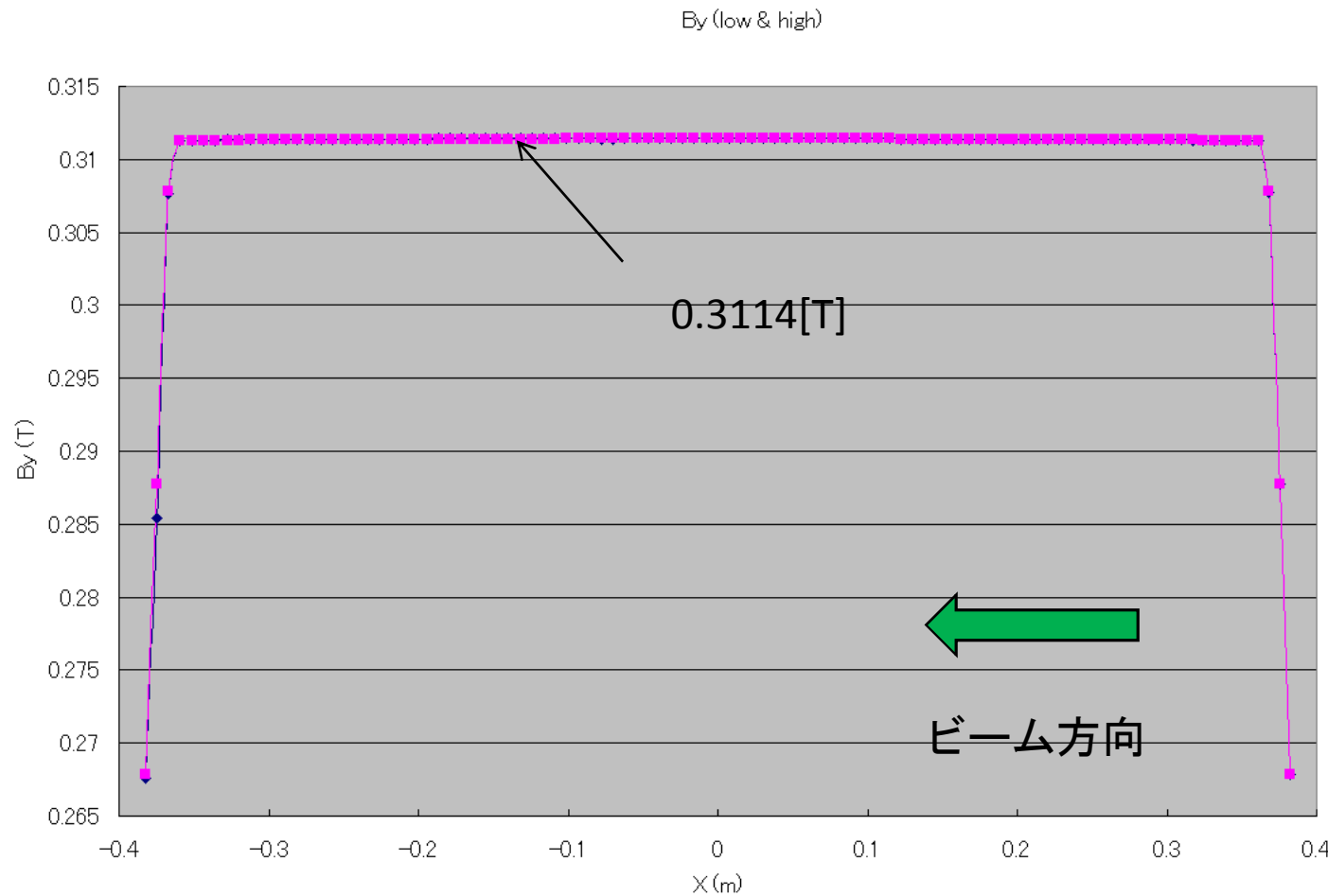
軌道（低エネルギー、高エネルギー）



入口出口は
磁場的に同じ位置



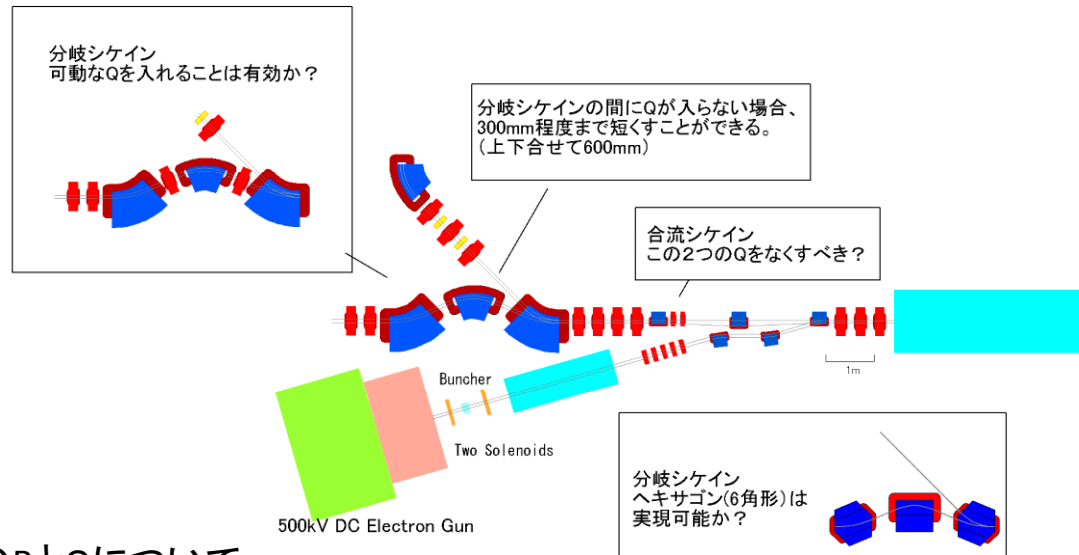
軌道上のBy



軌道上のByは
ほとんどぴったり
一致する。

エッジ付近の磁場を
確認するためには、
細かいメッシュで再
計算する必要あり。

入射器周辺の配置再検討2



- 分岐シケインのBとQについて

- 六角形の分岐Bendの形を検討中(上田さん)。内側ループでsector, 外側ループでrectangleとなり、現在のオプティクス計算条件と一致する。
- 分岐シケインの中央のBendの中心軌道のずれは次の通り。(ただし、分岐シケインの間にQがない場合。)
 - 65:125 ~ 125:245の範囲をカバー 10mm
 - 1:2 ~ 1:1.9の範囲をカバー 25mm
- 六角形の分岐Bendで1:2 ~ 1:1.9の範囲をカバーをする場合、外側ループ出口で7mmの有効磁場範囲が必要。
- 外側ループでrectangleにならない場合、分岐シケインの間に可動Qを入れることも検討。

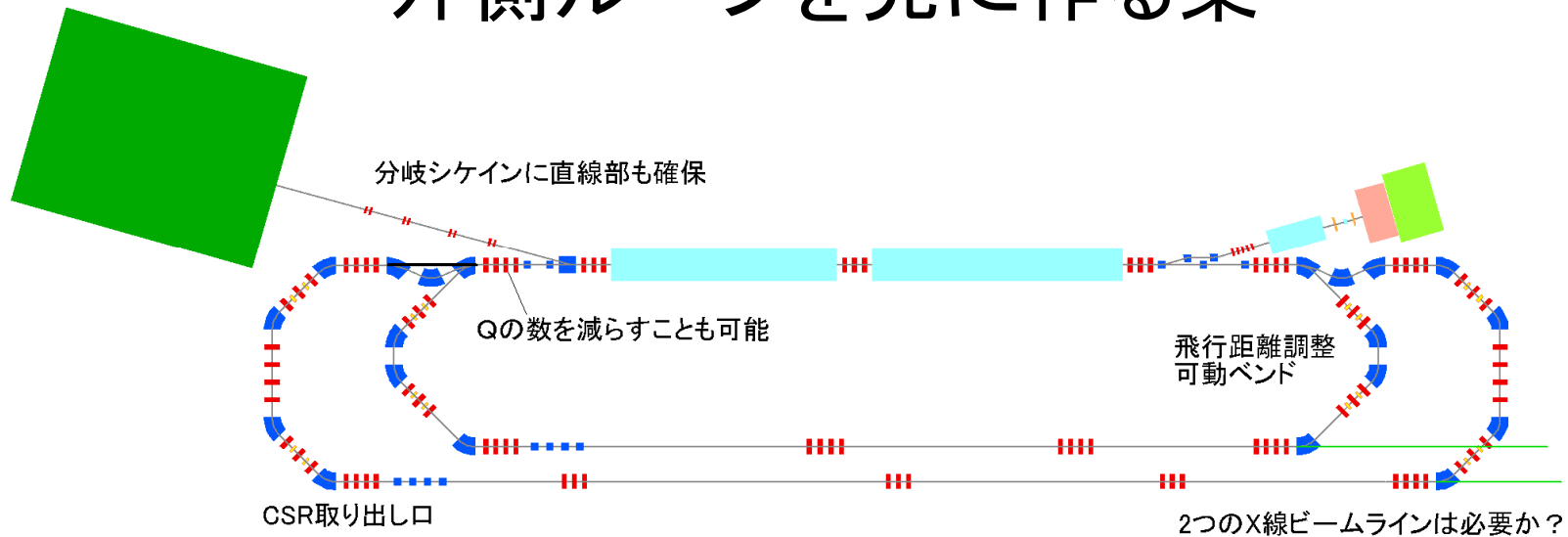
- 合流部シケインのBとQについて

- 2種類のエネルギーに対して分散を閉じるにはすべてrectangleにする方法が一番容易である。
 - 入射部最後のBをrectangle(両側)にすることについては、入射器Grの了解済みである。
- 周回エネルギーによって中心軌道がずれるため、Qの位置と角度を動かす必要がある。右側のQの場合、
 - 35MeVで2.25°、20mmの移動
 - 245MeVで0.32°、3mmの移動
 が必要。

- Qがある場合はベンドのエッジのエラーを補正することが可能になるが、2つのビームに対して分散が閉じるに補正することは可能か？そうでなければ、この2つのQは必要か？

- 分岐シケインの間にQが入らない場合、南北方向に600mm × sin(45deg)程度の余裕ができる。

外側ループを先に作る案



- **メリット**

- 2ループ拡張後でも同じビームラインが使用可能なため、装備を充実させることができる。(CSR取り出しにマジックミラー、実験室に近い逆コンプトン散乱のX線ビームライン。)
- 内側ループの放射光利用のビームラインは2ループ建設後に使えなくなる可能性がある。
- 飛行距離を半波長変更する可動ベンドが必要なくなる。
- 内側ループでバンチ圧縮をしないことにすると、CSRによる発熱対策を軽減できる。
- 内側ループ入口のQの数を減らすことも可能。

- **デメリット**

- 初期の段階で入射器周辺のスペースが狭くなる。

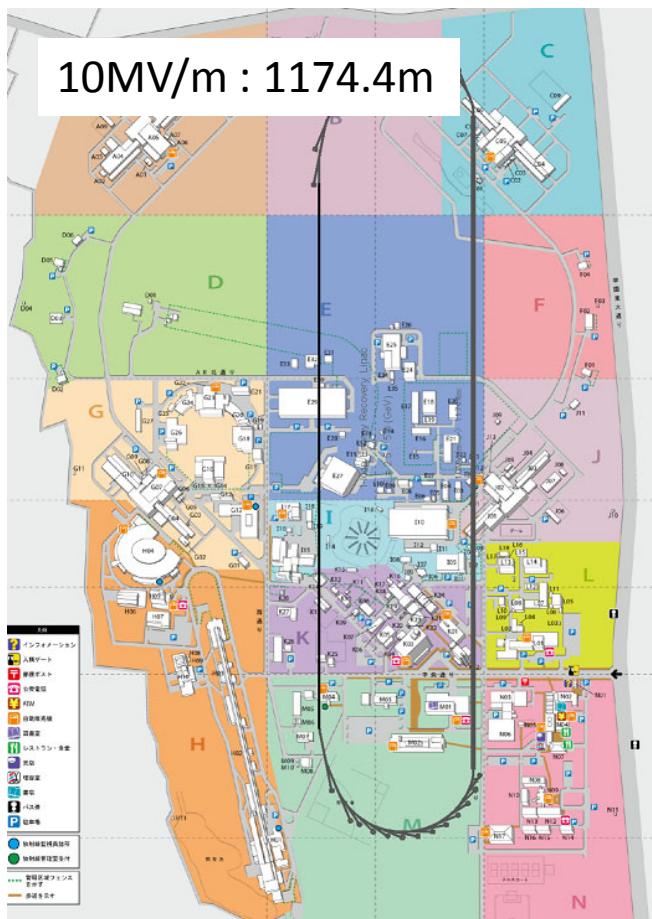
- **補足**

- 1ループのみの場合、分岐シケインは設置しない。
- 分岐シケインに直線部をつけると、不必要に軌道を曲げることなく直接外側ループに誘導することも可能。
- 将来、2つのループから同時に放射光を取り出す可能性はあるか？
- 一度に2ループ作る可能性もある。

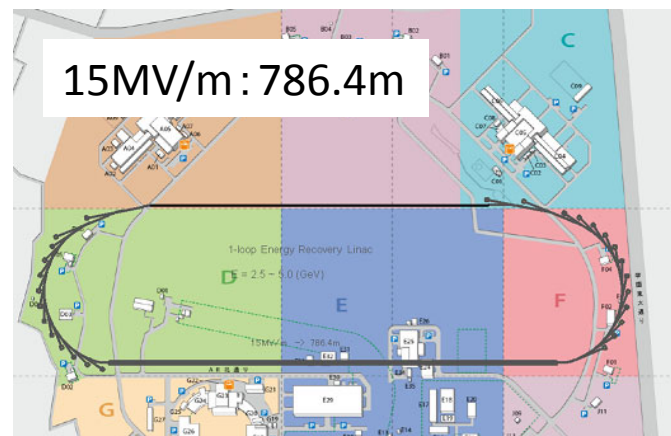
5GeV-ERLの配置案

- 1-loop、変形1-loopと2-loopの3つの案を作成。
- 加速勾配は10MV/mと15MV/mの2つで検討。
 - ただし、変形1-loopは15MV/mのみ。
 - 空洞グループから10MV/mの検討の要請あり。冷凍機の負担を抑えることが理由。
- パッキングファクターは以下のパラメータで計算。
 - 9cell空洞の長さ 1.04m
 - 前回では1.4mで計算していた。
 - クライオモジュール当たりの空洞数 4個
 - クライオモジュールの長さ 9m
 - 2つのクライオモジュールに対し、一つのトリプレット 1.4m
(Qが0.2m、Qの間のスペースDが0.2m、DQDQDQDの配列)
- 必要な加速直線部の距離
 - 1-loop, 15MV/m 786.4m
 - 1-loop, 10MV/m 1174.4m
 - 2-loop, 15MV/m 398.4m
 - 2-loop, 10MV/m 592.4m

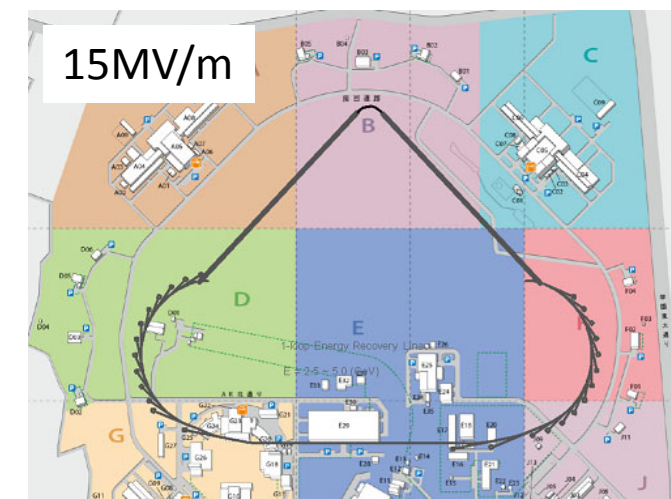
1-loopの場合



10MV/m 1-loopでは、
横向きにするとKEK敷地内に入らない。

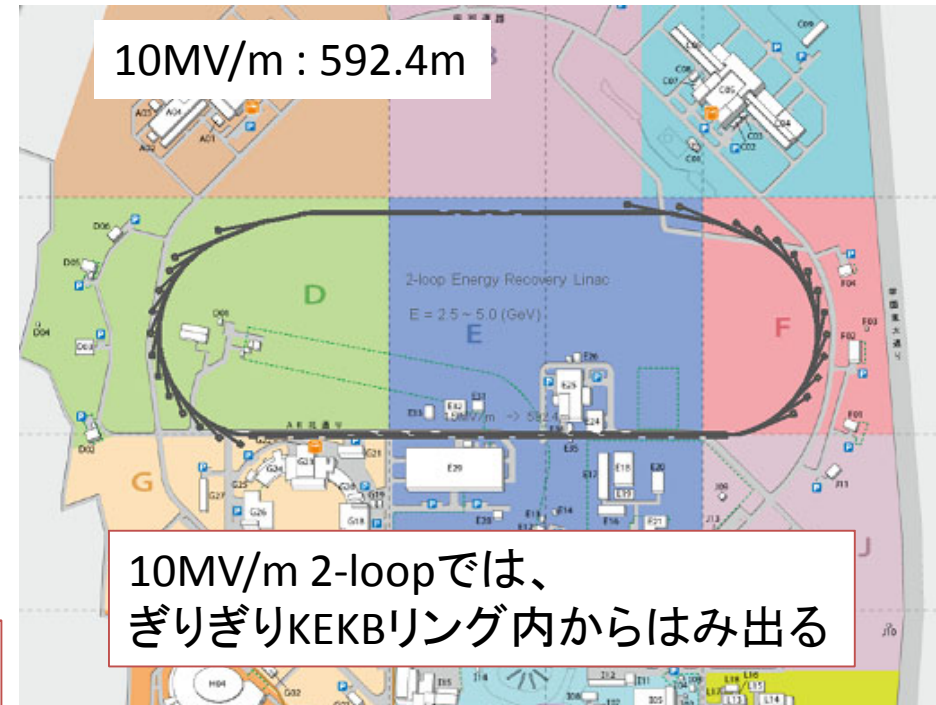
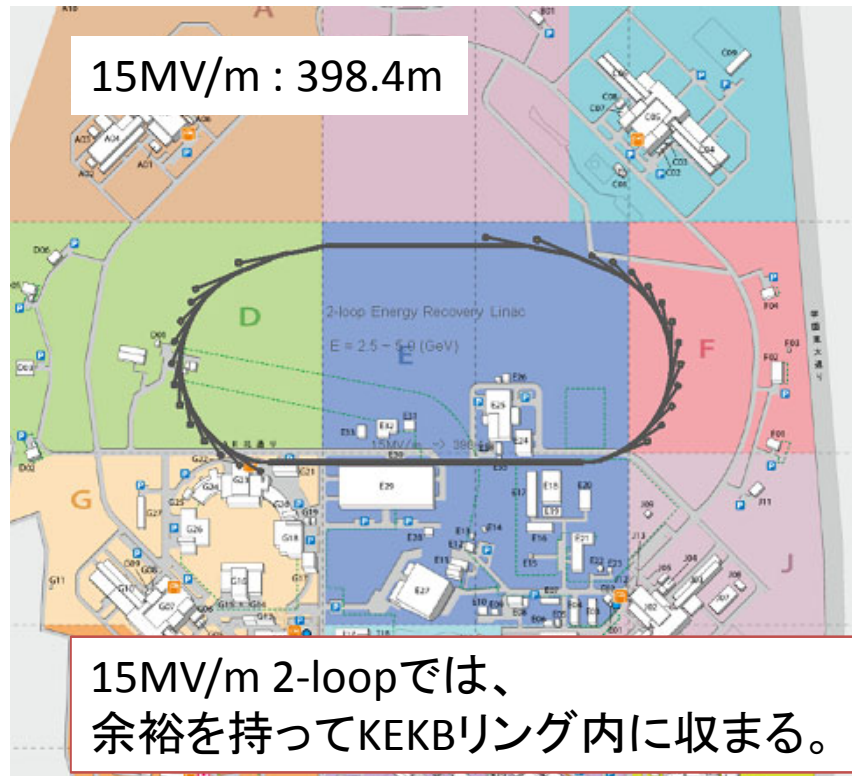


15MV/m 1-loopでは、
横向きでぎりぎりKEK敷地内に収まる。



15MV/m 変形1-loopで、KEKBリング内に
収めようとする、47度まで傾けなければ
ならない。

2-loopの場合



5GeV-ERL形状のまとめ

- 1-loop ERLは敷地に無理がある。
- 15MV/mで2-loopが一番妥当である。

他の案

- 10mV/mの場合、2-loopで変形させるとKEKBリング内に収まる。
- 15mV/mの場合で長直線部が必要ない場合、2-loopで変形させると、さらにコンパクトになる。

曲率半径 ρ と励起エミッタンスについて

1. SRによる励起エミッタンスの式

OHO03, ERL入門(横谷さん)より

$$\Delta\epsilon_{nx} = \frac{55}{48\sqrt{3}} r_e \lambda_e \gamma^6 \int_0^L \frac{H_x}{|\rho|^3} ds$$

$$H_x = \gamma_x \eta^2 + 2\alpha_x \eta \eta' + \beta_x \eta'^2$$

ρ : 軌道曲率半径, r_e : 古典電子半径,

λ_e : Compton 波長, $\gamma = E/mc^2$

オプティクスに依存する部分

ρ^{-3} に比例

2. TBAのアイソクロナスオプティクスの分散関数 η_x

- 最初のバンドの出口

cERL-CDR, 3.4章(原田さん)より

$$\eta(\theta) = \eta_0 \cos \theta + \eta'_0 \rho \sin \theta + \rho(1 - \cos \theta)$$

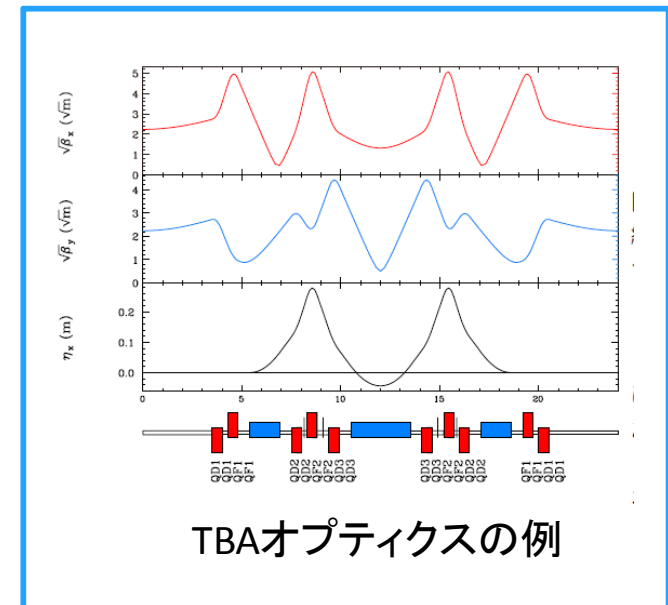
$$\eta_0 = 0, \eta'_0 = 0$$

- 中央バンドの中央

$$\eta_c = -\frac{\rho_1 \theta_1 - \rho_1 \sin \theta_1 + \frac{\rho_2 \theta_2}{2} - \rho_2 \sin \frac{\theta_2}{2}}{\sin \frac{\theta_2}{2}}$$

バンドの η_x は ρ に比例するが、 η'_x は ρ に相関無し

$\rho \gg 1$ の時に H_x は ρ^2 に比例する傾向に



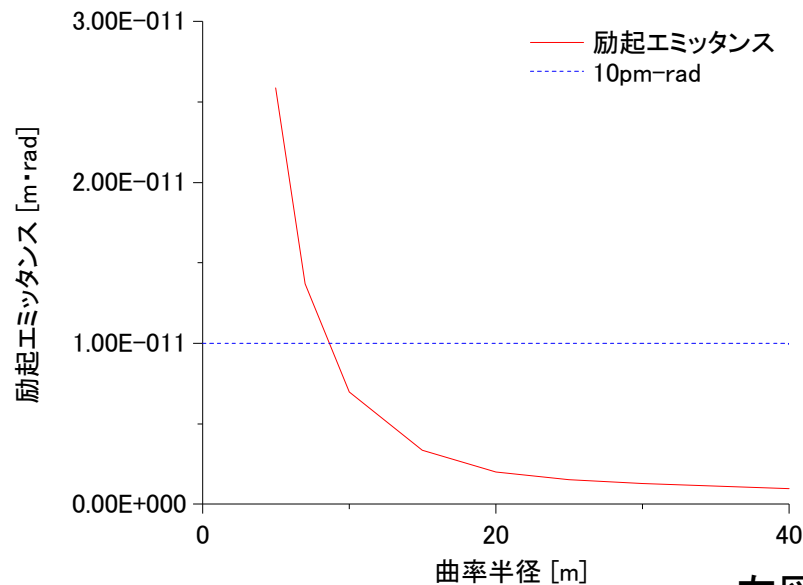
TBAオプティクスの例

3. 積分範囲 直線部の積分は無視されるため、 ρ に比例

1.~3.の影響を考慮すると、 $\rho \gg 1$ では励起エミッタンスは ρ に依存しない。

SADによる計算結果

- 計算条件
 - 小林さんの5GeV-ERLのTBAを元にラティスを作成
 - 両側のQを4つにする。
 - Bの長さだけを変更し、その他のQの大きさ、ドリフトの長さは変更無し。
 - 左右対称、アイソクロナスかつアクロマットとする。
- 計算方法
 1. OneTurnExcitation/.Emittance[OneTurnInformation->True]を実行して6x6のexcitation matrix Mを導出。
 2. $M_{11} = \langle x^2 \rangle$, $M_{12} = \langle x x' \rangle$, $M_{21} = \langle x' x \rangle$, $M_{22} = \langle x'^2 \rangle$ と見なす。
 3. $\text{Emittance} = [\langle x^2 \rangle \langle x'^2 \rangle - \langle x x' \rangle \langle x' x \rangle]^{1/2}$ を計算。



- 結果

1. $\rho > 10\text{m}$ では励起エミッタンスは $10\text{pm}\cdot\text{rad}$ 以下である。
2. $\rho > 20\text{m}$ では励起エミッタンスにあまり変化が無く、一定値に近づく。

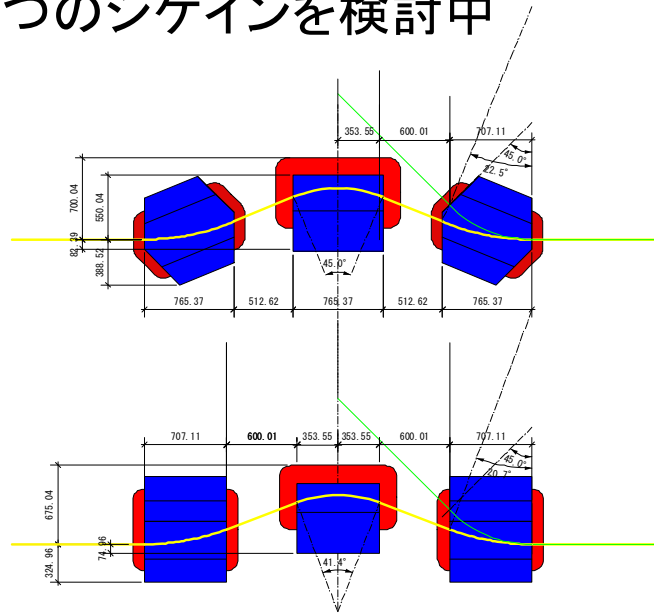
- 結論

- ρ を20m以上にする必要は無いのではないか？

左図：一周の励起エミッタンスと曲率半径の関係

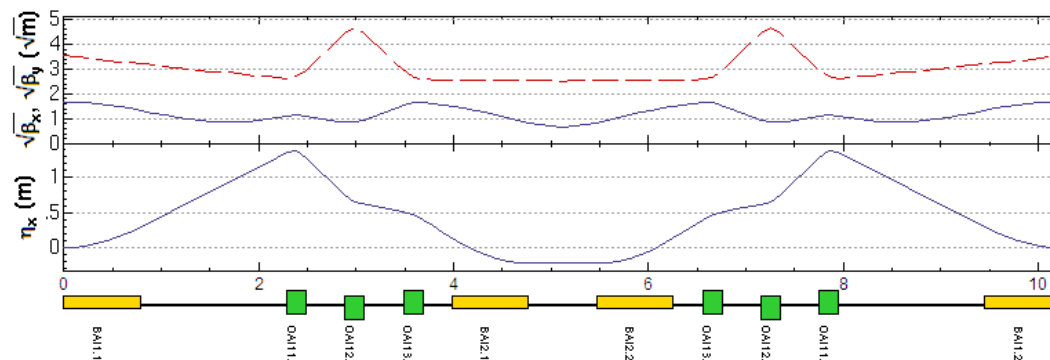
TBAのアイソクロナスオプティクスについての考察

- 内側ループのオプティクス
- 2つのシケインを検討中



1. 内側ループでsector

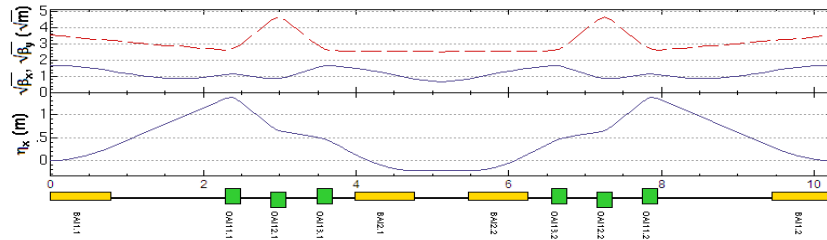
2. 外側ループでrectangle



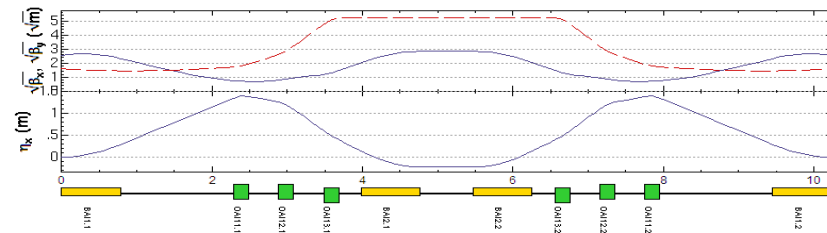
トリプレットのK値やTwissパラメータの初期値を振って、計算。

内側ループでsector場合

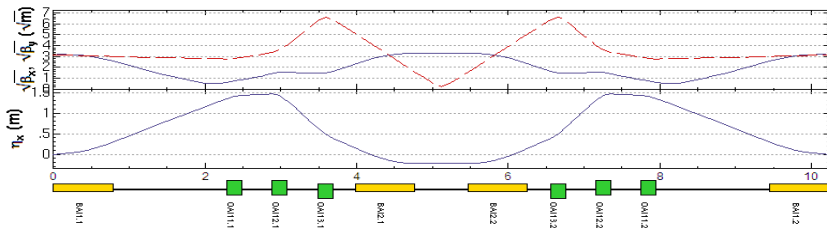
- 3つのパターンがある。



1. FDFのtriplet
1.50, -1.64, 1.34 ~ 1.53, -1.81, 1.44



2. FFDのtriplet
0.804, 0.655, -0.611 ~ 0.73, 0.79, -0.81

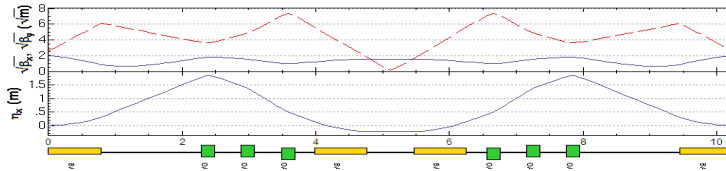


3. FFDのtriplet
0.45, 1.22, -1.55 ~ 0.45, 1.22, -1.56

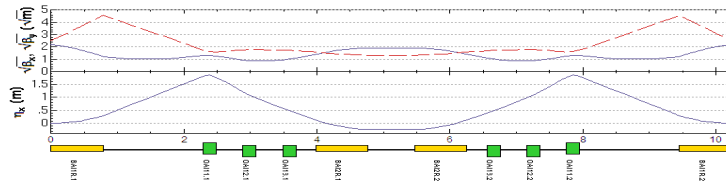
2.FFDのtripletが一番許容範囲が広い。
B関数(x,y)が30m以上の解がない。

内側ループでrectangleの場合(中央はsector)

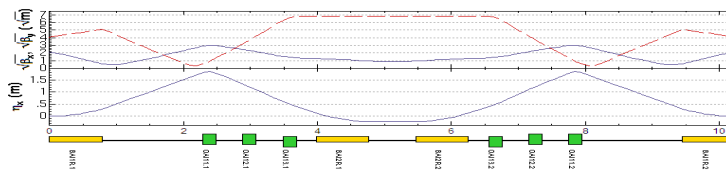
- 5つのパターンがあった。



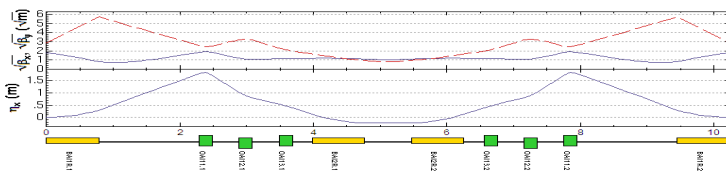
1. FFDのtriplet
1.00, 0.499, -1.31付近



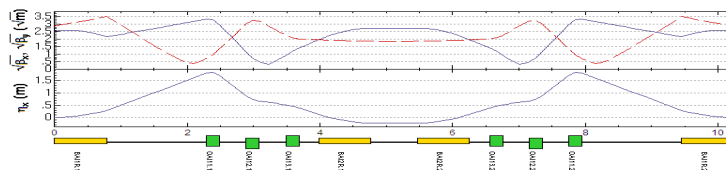
2. FDDのtriplet
1.37, -0.576, -0.0349 ~ 1.29, -0.309, -0.296



3. FFDのtriplet
QAI* = 1.16, 0.117, -0.782付近
(分散関数は1.と似ている。)



4. FDFのtriplet
1.51, -1.20, 0.477 ~ 1.50, -1.17, 0.47



5. FDFのtriplet
1.65, -2.05, 1.01 ~ 1.62, -1.82, 0.878

2.FDDのtripletが一番許容範囲が広い。
許容範囲がアイランドのようになっている部分が多い。
ベータ関数(x,y)が60mでも受け入れる解がある。