

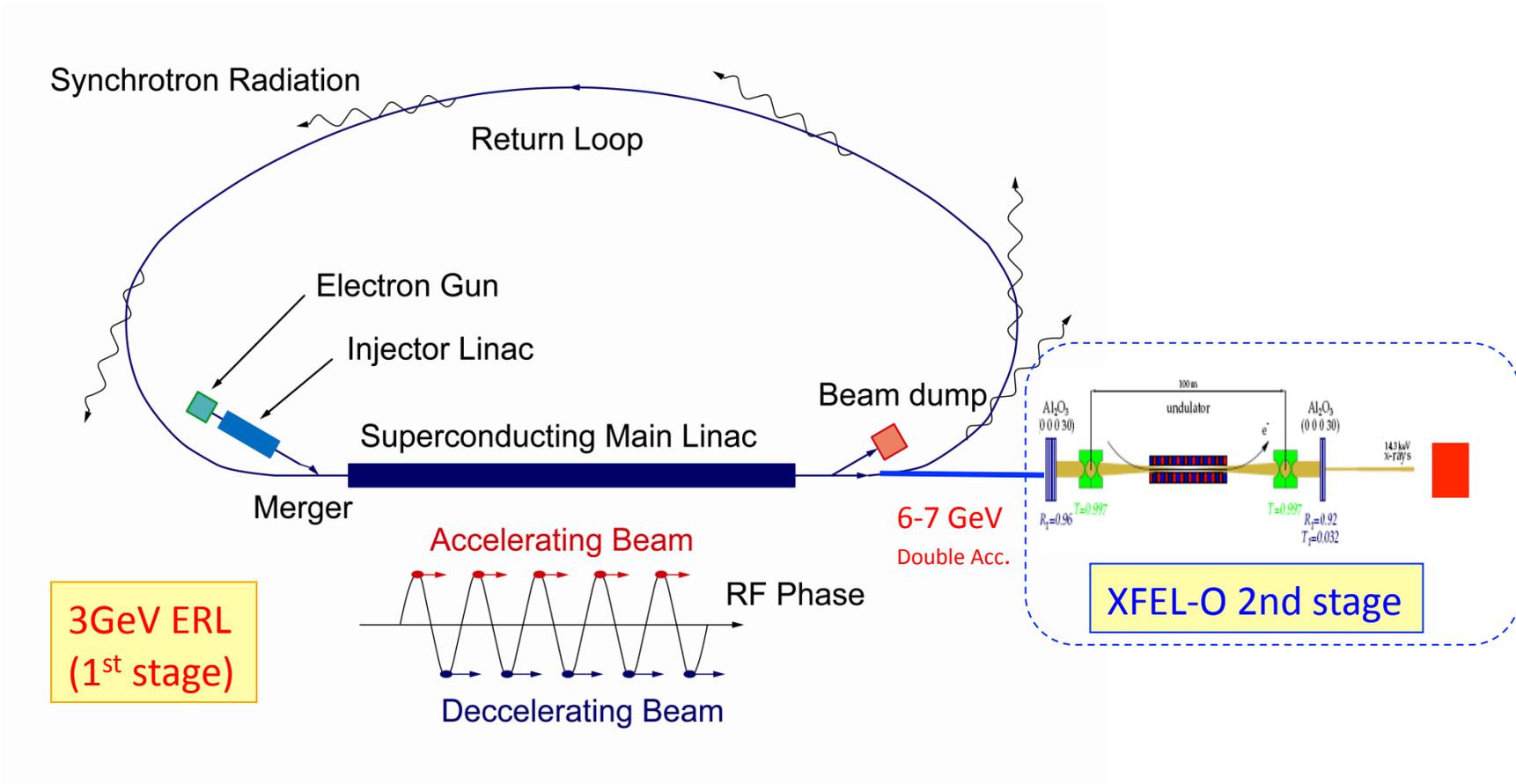
3 GeV ERLのOptics設計の進捗状況

ERLビームダイナミクスWG
2011年11月9日(水) 14:00～
3号館7階会議室

加速器第7研究系
島田 美帆、小林 幸則

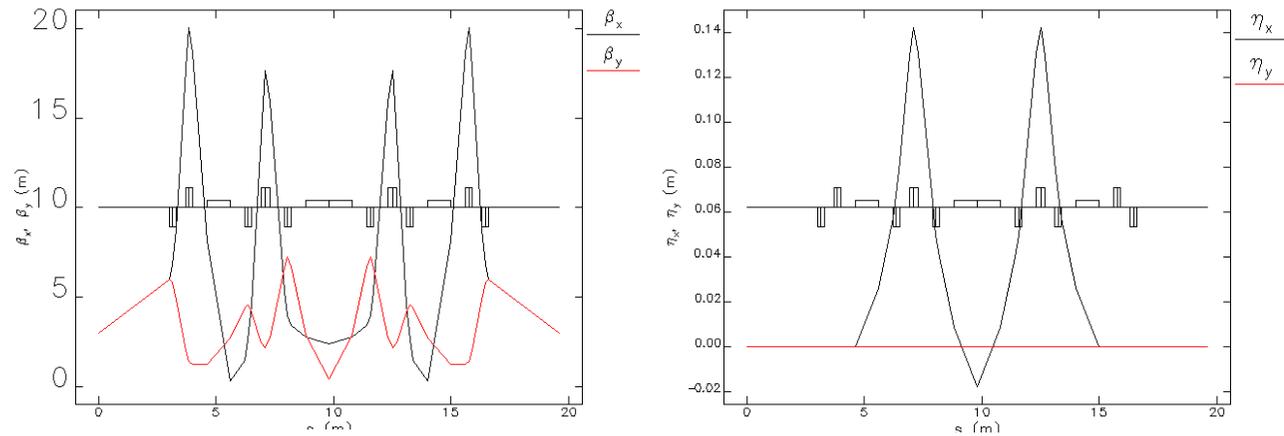
Multi GeV ERL

- **Multi-GeV ERL and XFEL-O** are considered as a successor of Photon Factory of KEK.
- **The extreme low emittance beam** is necessary for both operation to achieve a high performance.

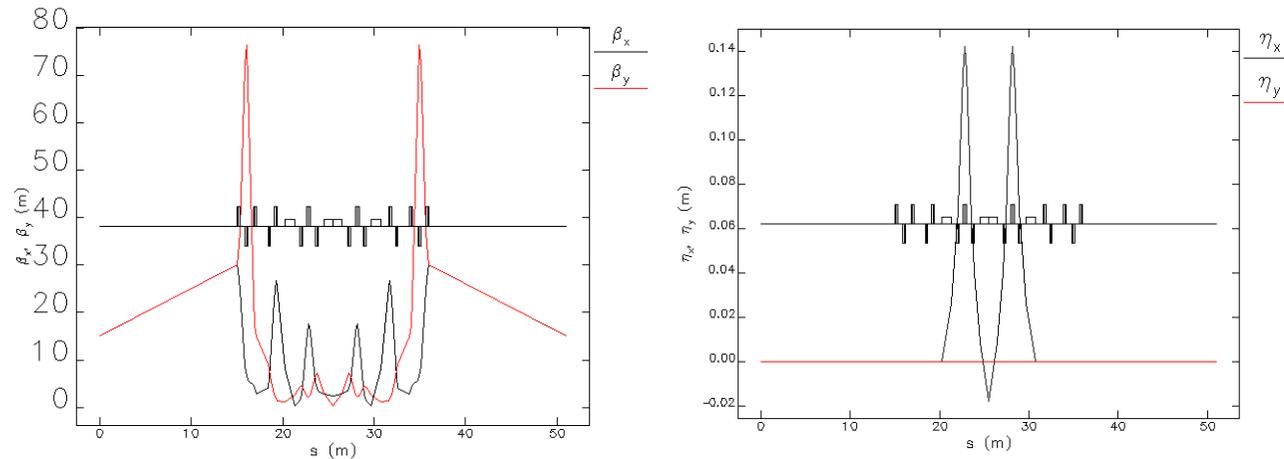


Linear optics of TBA cell of circulator

6m Short cell
(11 x 2)



30 m Long cell
(3 x 2 + 1)

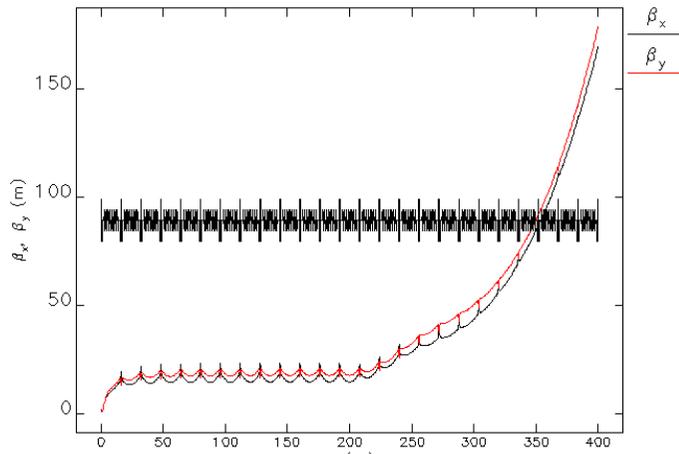


Achromatic and Isochronous.

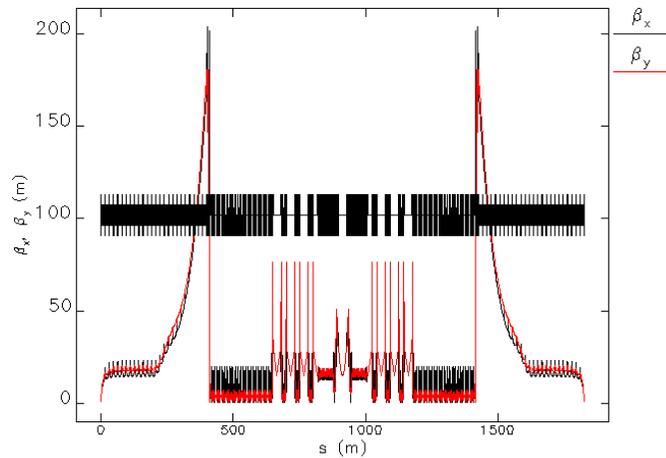
Phase advance per 2 cell is π (horizontal).

Linear optics of 3 GeV ERL

Acceleration

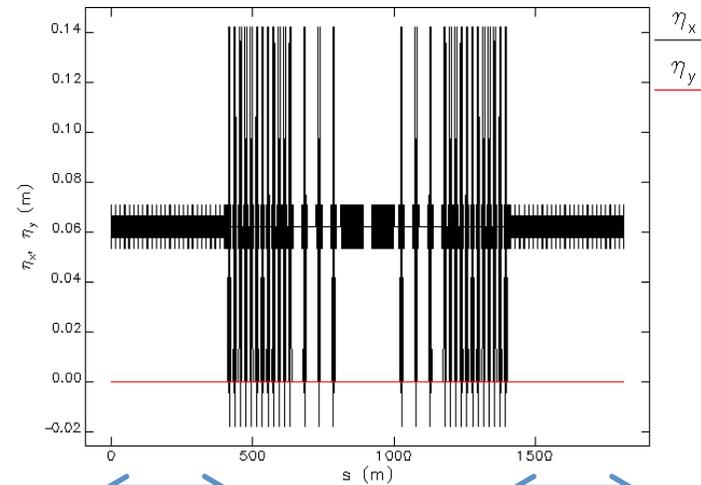


- 400 m - 3 GeV linac
- Eight 9-cell cavities in a cryomodule.
- Cavities are connected by the triplets.
- Betatron function is minimized below 1.5 GeV to suppress the BBU.
- Deceleration is symmetric to the acceleration.
- R12, R34の最適化はまだ行っていない。



Acceleration

Deceleration



Acceleration

Deceleration

線形加速器のβ関数の最適化

BBUに対する電流の閾値

$$I_{\text{th}} = -\frac{1}{e} \frac{2\omega_\lambda}{(R/Q)_\lambda Q_\lambda k_\lambda^2 (R_{12}/p_i) \sin(\omega_\lambda t_r)}$$

R_{12} を小さく設計することが肝要

$$R_{12}(i \rightarrow f) = \gamma_i \sqrt{\frac{\beta_i \beta_f}{\gamma_i \gamma_f}} \sin \Delta\psi$$

1. 小さなβ関数(β_i と β_f ともに)
2. 小さな $\sin\Delta\psi$ (周回部の $\Delta\psi$ は π の整数倍が望ましい)
 - ✓ 同じ空洞内のBBUを防ぐことは出来る。
 - ✓ しかし、tracing code(TDBBU)の結果によると、異なる空洞間のBBUは取り除くことができない。

最終的には、全体的に小さなβ関数となるように設計 (Fig.3)。

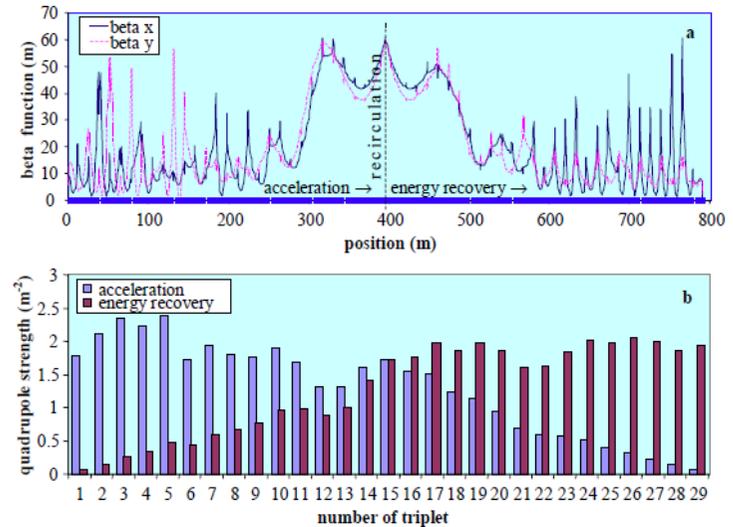
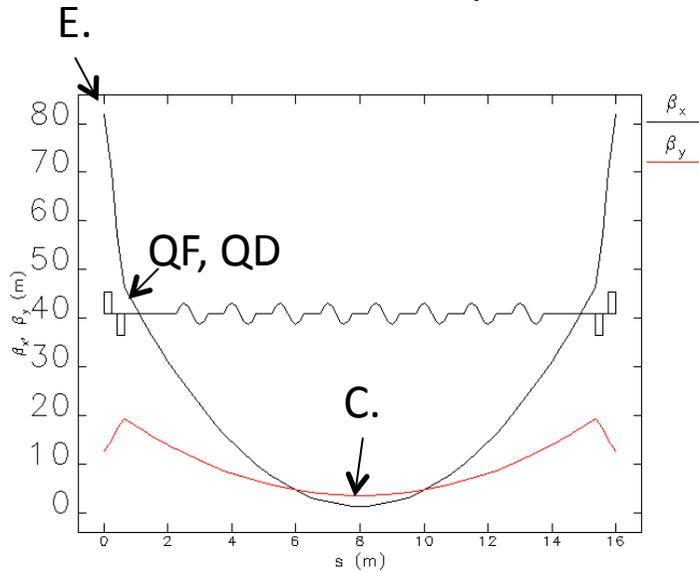


Fig. 3. Optimized linac optics: a) β -functions in the linac; b) corresponding strengths of quadrupoles.

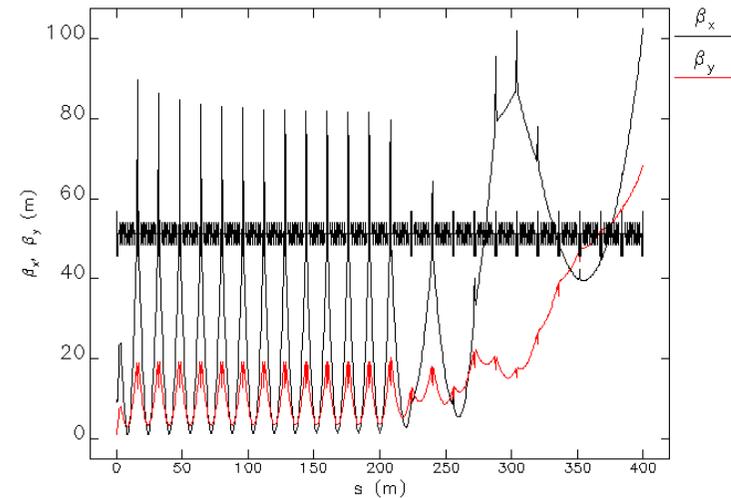
3 GeV ERLの結果

同様に、 β 関数を小さくすることだけに専念。



加速前半の1セルのOptics

- 1.5GeVまで加速後。
- 空洞の収束力の影響は小さい。



加速全体 (10MeV → 3 GeV)

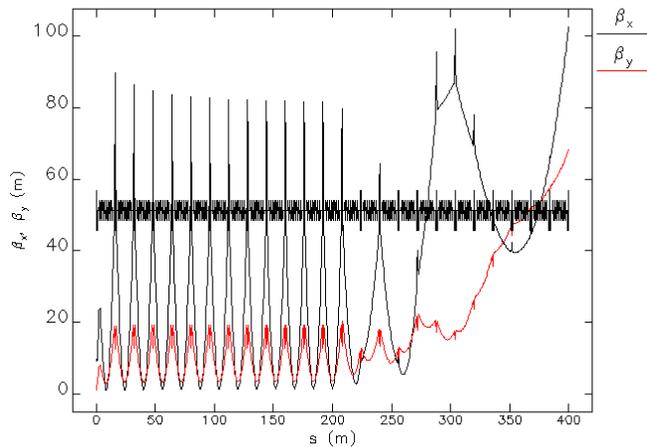
- 10MeVでは空洞の収束力の影響が大きい。
- 10MeVの (β, α) は1.5GeVから逆算。

1. C.の β_x と β_y を指定。
2. E.の α_x, α_y を0にフィット。
 - ✓ 空洞間は(QD, 2xQF, QD)のtripletで繋ぐ。
 - ✓ 変数はQFとQDの2つのみ。
 - ✓ $\Delta\Psi$ をコントロールする余地無し。



1. C.の $(\beta_x, \beta_y) = (1.2 \text{ m}, 3.4 \text{ m})$
 - ✓ C.の β_x, β_y の比が変わると、加速後の β_x, β_y のどちらかが大きくなる。
2. セルの $(\Delta\Psi_x, \Delta\Psi_y) = (2.8, 2.4)$
 - ✓ C.の (β_x, β_y) を小さく設定すると、 $\Delta\Psi$ が大きくなる傾向。
 - ✓ これは、小さく設定する必要はない。

Cornellの結果と比較



加速のみ。
加速前半のK値は一定であり、(QF, QD)=(2.4, -2.5)

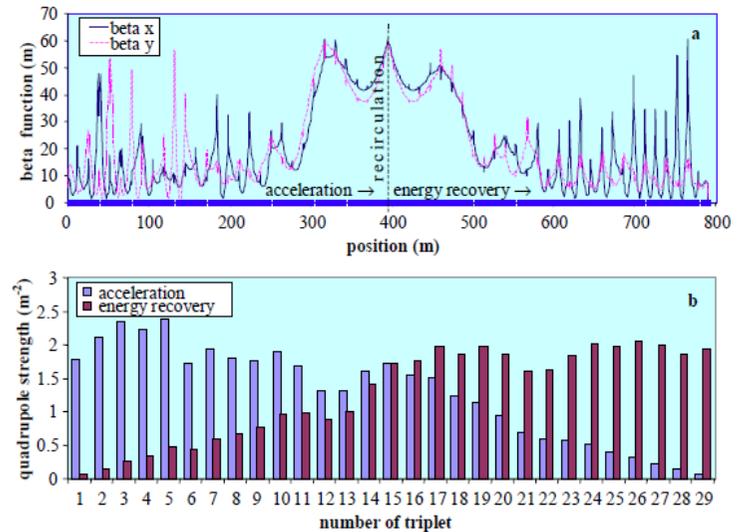
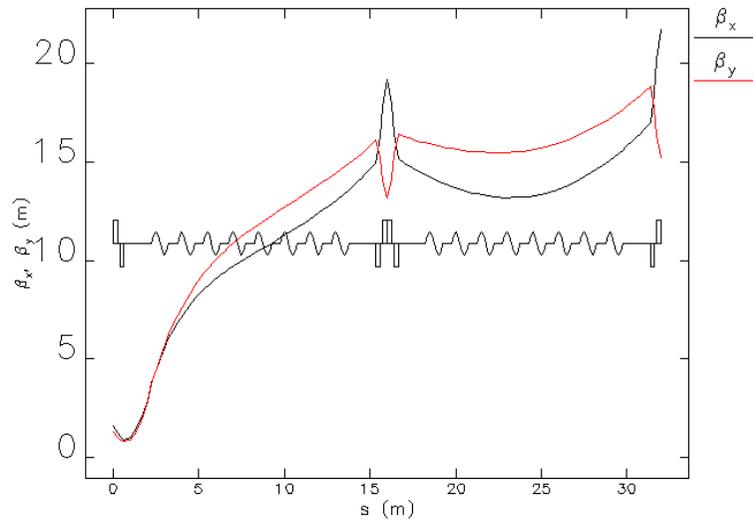


Fig. 3. Optimized linac optics: a) β -functions in the linac; b) corresponding strengths of quadrupoles.

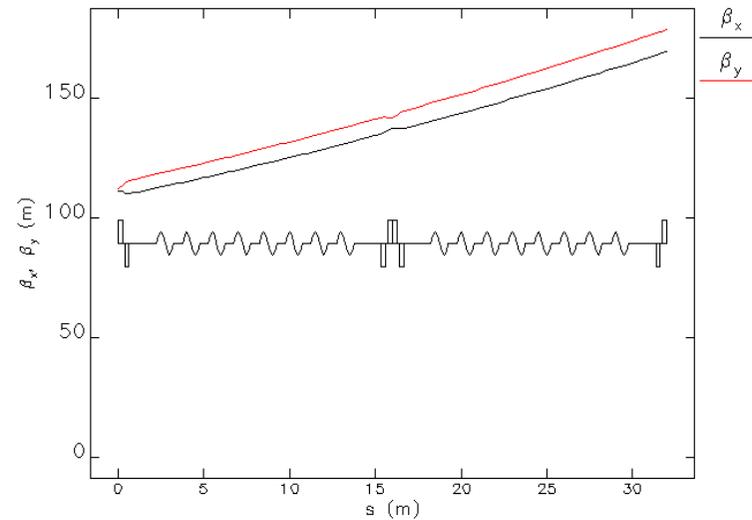
	KEK	Cornell
直線部の長さ	400 m	およそ 400 m
加速勾配	15 MV/m	20 MV/m
Cryostat, Tripletの数	25, 24	30, 29
入射・周回エネルギー	10 MeV, 3 GeV	10 MeV, 5 GeV

空洞の β 関数 I

拡大して、空洞の β 関数を確認。

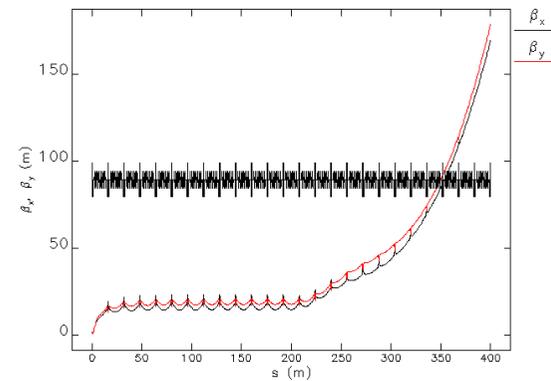


10MeV \rightarrow 250 MeV



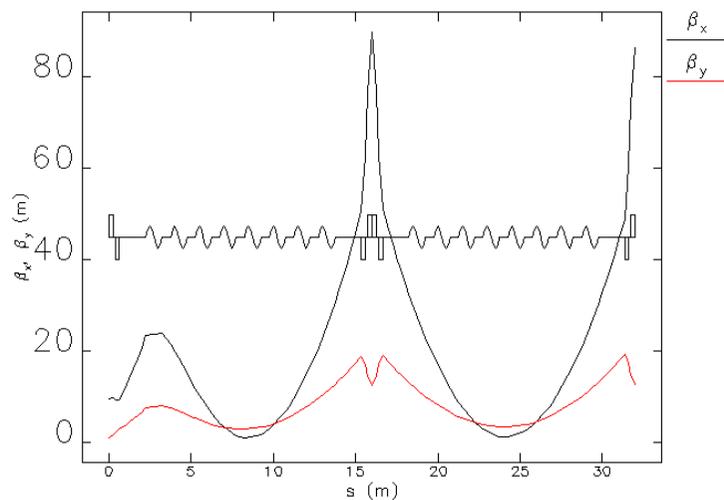
2.77 GeV \rightarrow 3.01 GeV

- ERL2011のoptics
- 点C.で $(\beta_x, \beta_y) = (14.5 \text{ m}, 17.5 \text{ m})$
- 低エネルギー
 - 全体的に20m以下。
- 高エネルギー
 - 110mから170mの間

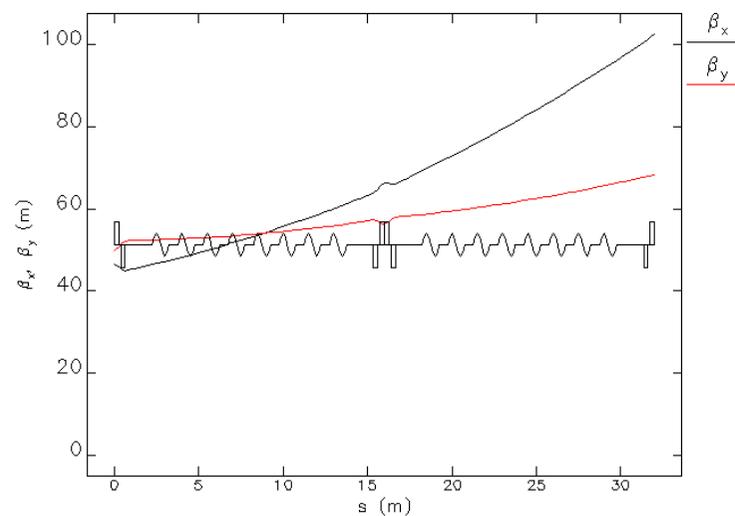


10MeV \rightarrow 3.01 GeV

空洞の β 関数 II

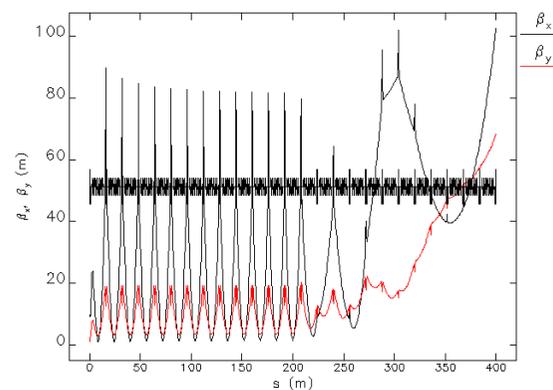


10 MeV \rightarrow 250 MeV



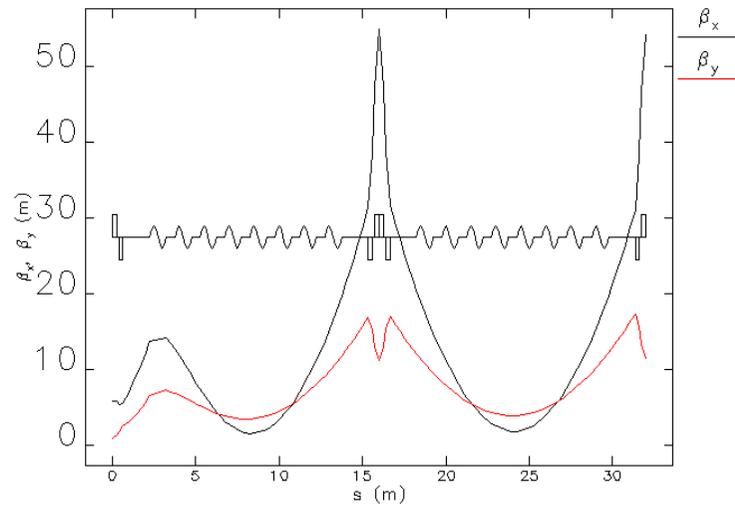
2.77 GeV \rightarrow 3.01 GeV

- 3 GeV加速後の β 関数を最小化
- 点C.で $(\beta_x, \beta_y) = (1.2 \text{ m}, 3.4 \text{ m})$
- 低エネルギー
 - 端の空洞で β 関数が30m近くになる。
- 高エネルギー
 - 40mから100mの間

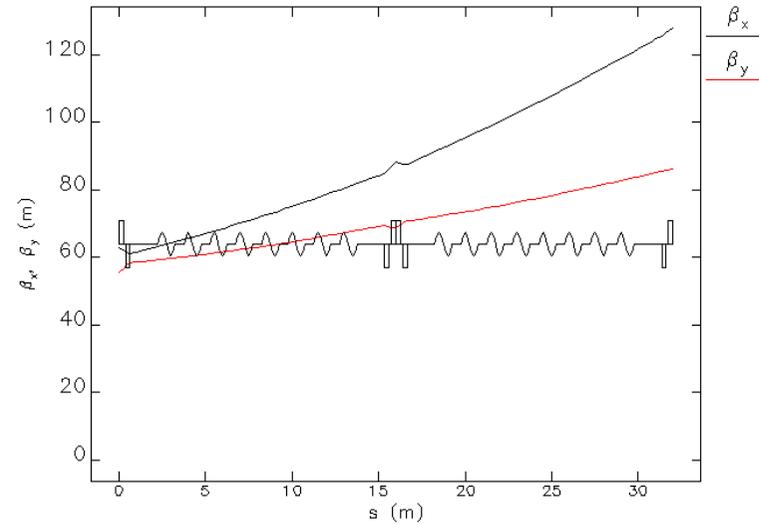


10 MeV \rightarrow 3.01 GeV

空洞の β 関数III

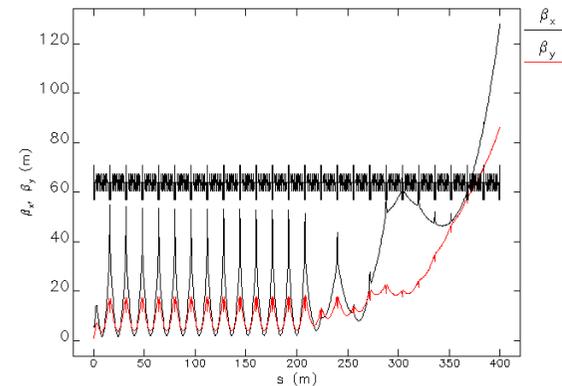


10MeV \rightarrow 250 MeV



2.77 GeV \rightarrow 3.01 GeV

- 点C.の β 関数をIとIIの間に設定
(β_x, β_y) = (2.6 m, 5.0 m)
- 低エネルギー
 - 端の空洞でも β 関数が20m程度。
- 高エネルギー
 - 50mから125mの間



10MeV \rightarrow 3.01 GeV

まとめ

- 3GeV ERLの線形opticsの設計を開始した。
- 周回部のshort cellとlong cellの設計を行った。
- BBU対策のために、 β 関数を小さくした。
 - Cornell(PAC'01)と似た結果を得ることができた。
- クライオスタート間のtripletのK値を強くすると、
 - 加速後の β 関数を小さくすることができる。
 - 低エネルギーでは収束力が強く、端の空洞で β 関数が大きくなる傾向がある。
 - これらを考慮して設計する必要がある。最終的には、TDBBUのようなコードでBBUを評価したい。