

# 3GeV ERLの設計の進捗状況

ビームダイナミクスWG  
2013年6月17日(月)

加速器第7研究系  
島田 美帆

# 報告

- I. Linacの長さや加速勾配、ユニット長の関係。
- II. 2つの周回部案。

## 議題

- I. 加速空洞直線部の距離。
  - ✓ 最大700mを想定している。
  - ✓ 600mの場合は周回道路の中に収めやすい。
- II. 周回部の形状とLinacの数
  - ✓ A案: 1つのlinacで加速する案。STFのすぐ北側に直線部を配置。
  - ✓ B案: 1GeVと2GeVの2つのlinacに分ける案。
- III. XFELのエネルギー7GeVをどのように確保するか。

# Linacの長さと要求される加速勾配など

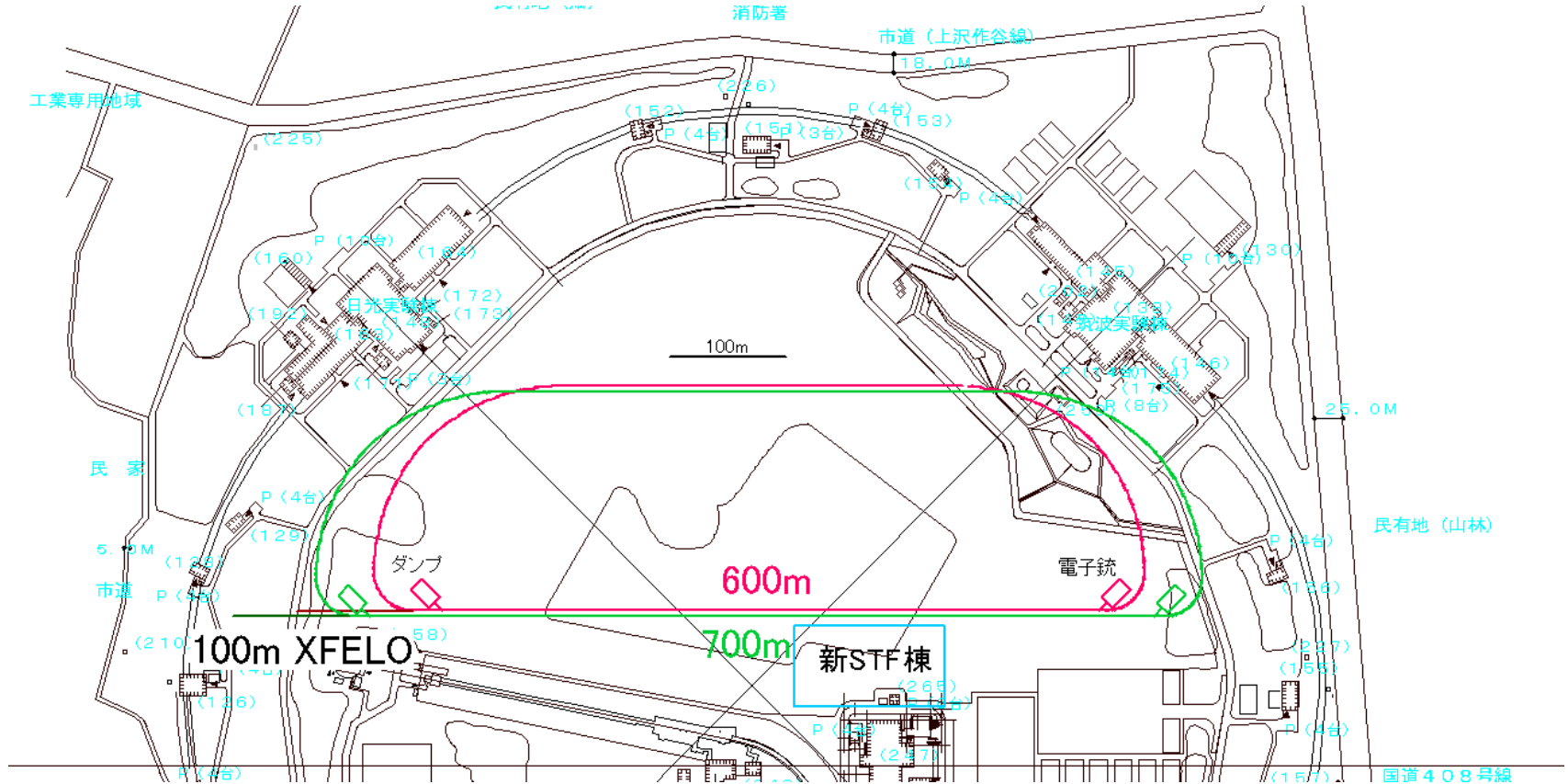
HOMはBeampipe Damperで対処するものと仮定

	3GeVを最低限補償し、うまくいけば2回加速で7GeV				3GeV	
	8空洞	8空洞	4空洞	4空洞		
直線距離 [m]	700	700	700	700	600	600
マッチング & バンチ圧縮シケイン距離 [m]	30	30	30	30	30	30
Linac距離 [m]	670	670	670	670	570	570
モジュール当たり空洞数	8	8	4	4	8	4
ユニット当たりクライオモジュール長 [m]	14.698	14.698	16.46	16.46	14.698	16.46
電磁石・真空・モニター [m]	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
ユニット長 [m]	18.498	18.498	20.26	20.26	18.498	20.26
ユニット数	36	36	33	33	30	28
最終(目標)エネルギー [GeV]	3	3.5	3	3.5	3	3
ユニット当たり加速(マージン無し) [MeV]	83.33333333	97.22222222	90.90909091	106.0606061	100	107.1428571
加速勾配(マージン無し) [MV/m]	10.03532434	11.7078784	10.94762655	12.77223098	12.04238921	12.90255987
マージン [%]	10	10	10	10	10	10
加速勾配(マージン込み) [MV/m]	11.03885678	12.87866624	12.04238921	14.04945408	13.24662813	14.19281585
同じ記号では加速勾配のみ異なる。	○	○	△	△	□	■

注意事項: クライオモジュールの長さは梅森さんのビームダイナミクスWGの資料を基に算出。  
電磁石などのスペース3.8mは仮の値。

- マージン10%で12.5MV/mの場合、3GeVを補償するには、700mは必要。
- 8空洞であれば、うまくいけば700mで3.5GeVも達成できるかもしれない。

# 周回部レイアウト:A案



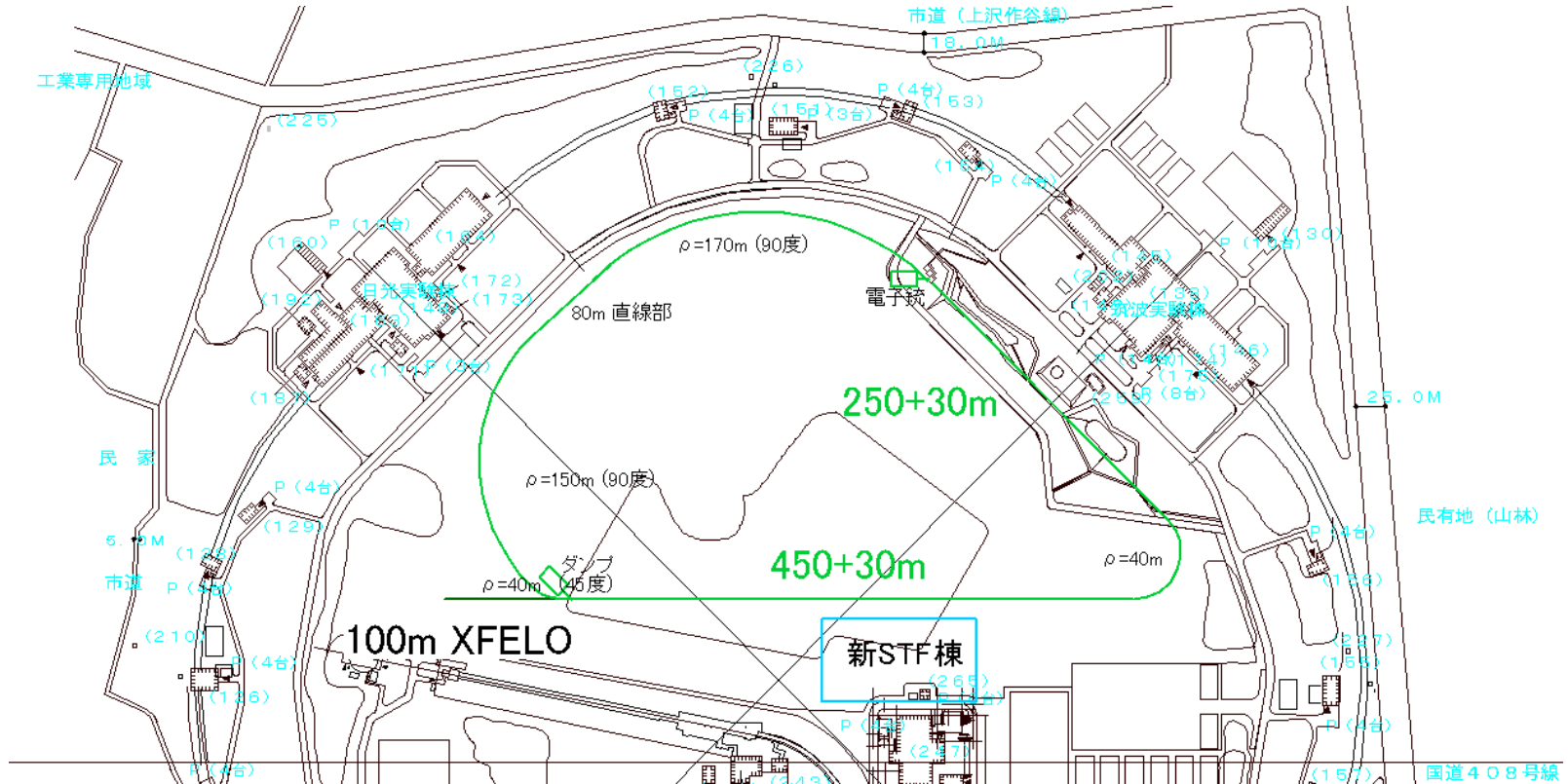
- レイアウト

- Linacから挿入光源を入れずに90度曲げる。
- 直線部を含めた曲率半径は40mとする。(偏向電磁石単体では20m。)

- 問題点

- 700m案の場合、周回道路を超えてしまう。
- 北側の直線部(460m, 360m)が長すぎる。(用途がないにもかかわらず、トンネルのコストがかかる。)
- XFELOのスペースがKEKBに近くなる。
- 隣り合うビームラインの角度は6度で、干渉を避ける必要がある。

# 周回部レイアウト:B案

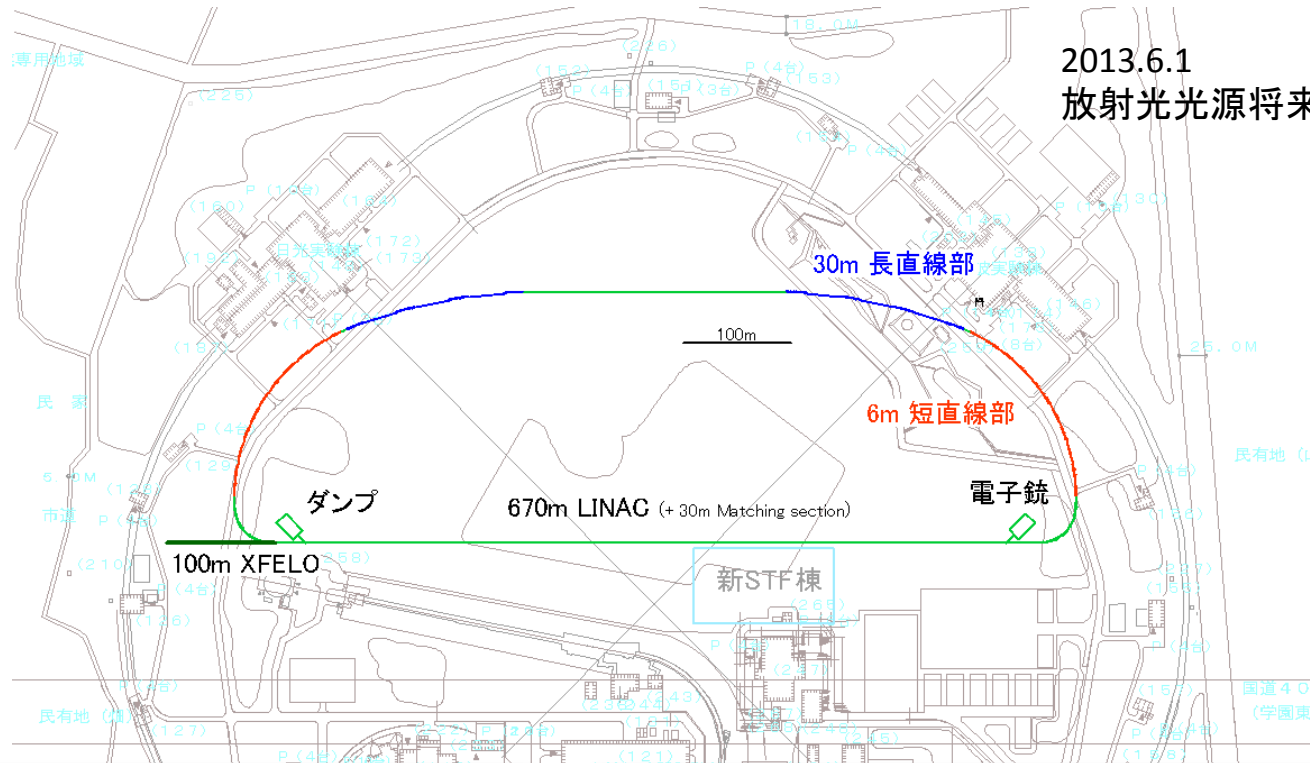


- レイアウト
  - およそ1GeVと2GeVのlinacを2つに分ける。
  - 東側の $\rho=40\text{m}$ のアーキには、1GeVと2-4GeVの2つのパスを作る。
  - Opticsを確認するまでに時間がかかる。
  - 5mの挿入光源を入れるには、およそ $\rho=150\text{m}$ 以上が必要。(A案の北側のアーキは $\rho=150\text{m}$ 程度)
- メリット
  - 周回道路内に収めることができる。
  - XFELOや追加の加速空洞の設置場所に余裕がある。
- 問題点
  - 25m直線部を入れるとEEHGのための直線部が確保できない可能性がある。
  - A案と同じく、隣り合うビームラインの角度は6度と小さい。
  - Optics、運転が困難になる、東側のアーキがもっと大きくなる可能性がある。

# 3 GeV ERL Layout案(挿入光源含む)

2013.6.1

放射光光源将来計画討論会資料

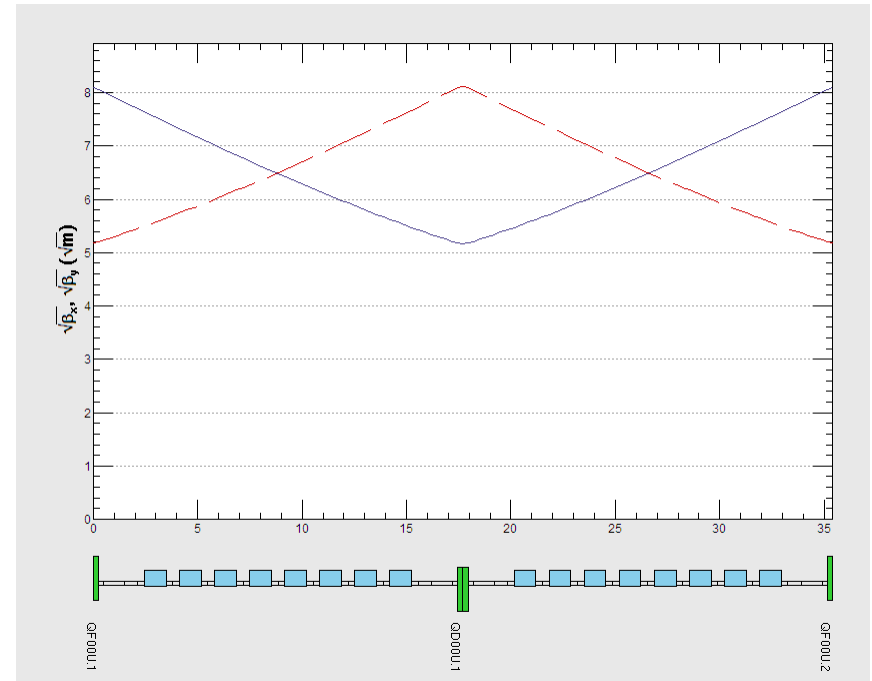
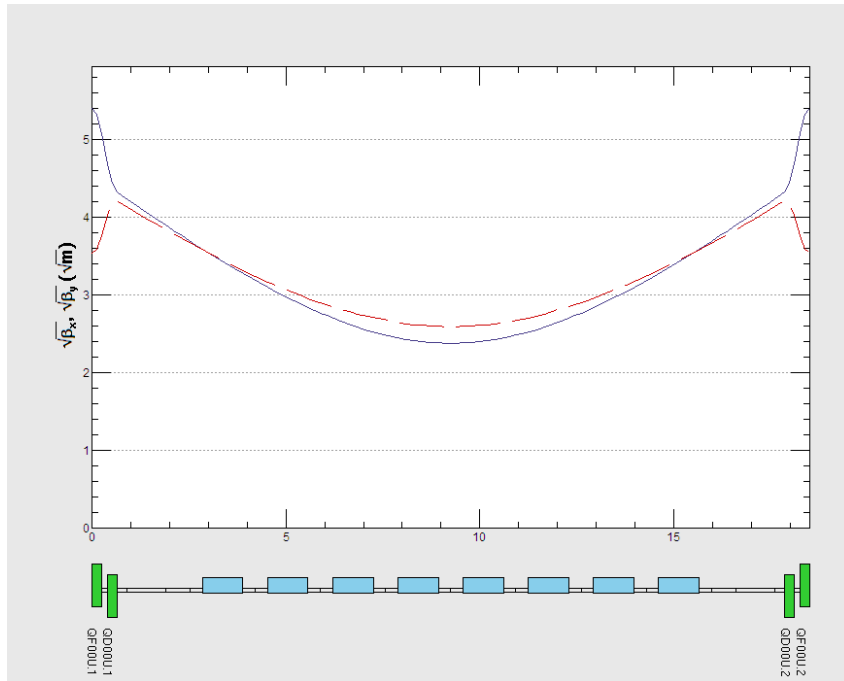


- 電子エネルギー
  - 入射合流エネルギー :10 MeV
  - 周回エネルギー : 3 - 3.5 GeV
- レイアウト
  - 周長: およそ1800 m
  - 22 x 6 m 短直線部
  - 6 x 30 m 長直線部
  - 北側におよそ200mの直線部

- 要求される空洞のスペック
  - LINACの長さ: 670m
  - 11MV/m (3GeV), 13.5MV/m(3.5GeV)
  - マージン10%を含む。
  - クライオスタット数:おおよそ36台
  - 3GeVの周回エネルギーを現実的なものにする一方、XFELのため、2回の加速で7GeVを目指す。

# A案のoptics設計

# Triplet or FODO ?



## ユニットの間をTripletで繋いだoptics

- 電磁石の長さは、tripletが(0.25m,0.5m,0.25m)、FODOは0.5m。Tripletの電磁石の間隔は0.15mとした。
- FODOの場合、ユニット当たり0.8m短くなるが、 $\beta$ 関数は60mを超えてしまう。

## ユニットの間をFODOで繋いだoptics

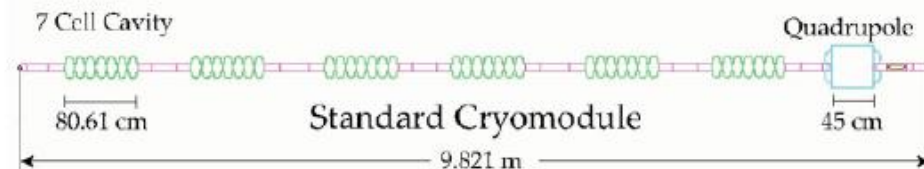


Figure 2.1.15: Layout of the ERL cryomodule with 6 SRF cavities, each having 7 cells, and a superconducting quadrupole and corrector package.

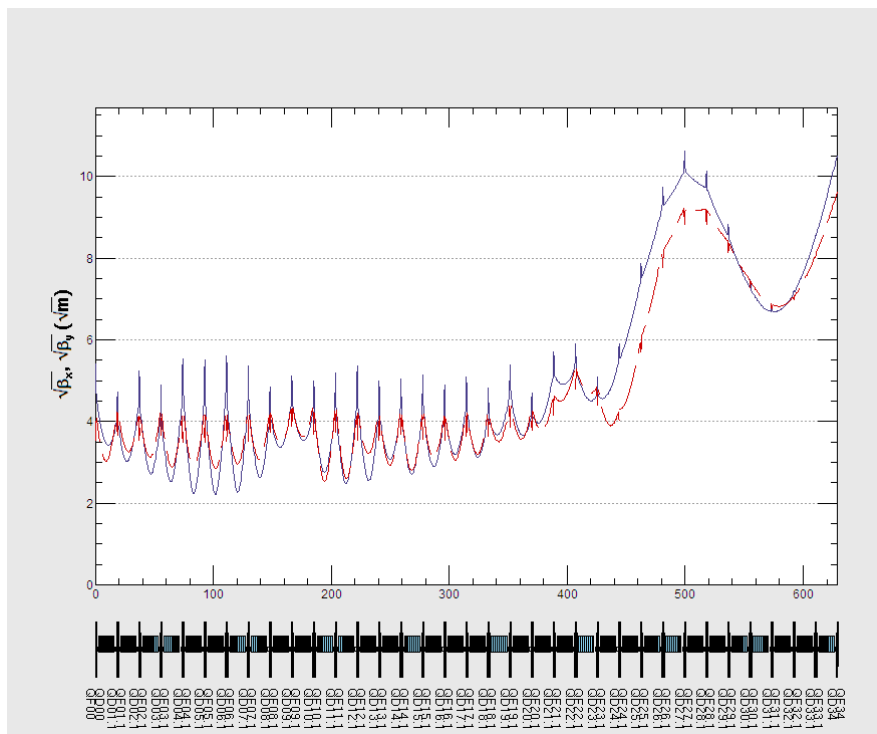
参考

Cornell Energy Recovery Linac

Project Definition Design Report

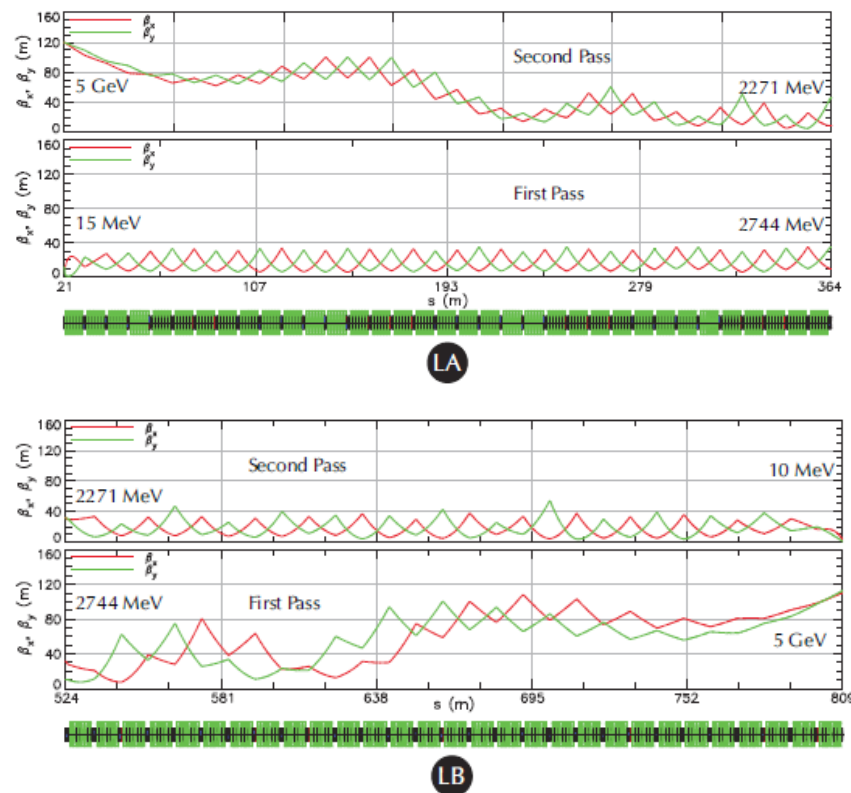


# ライナックのoptics



700m Linacのoptics

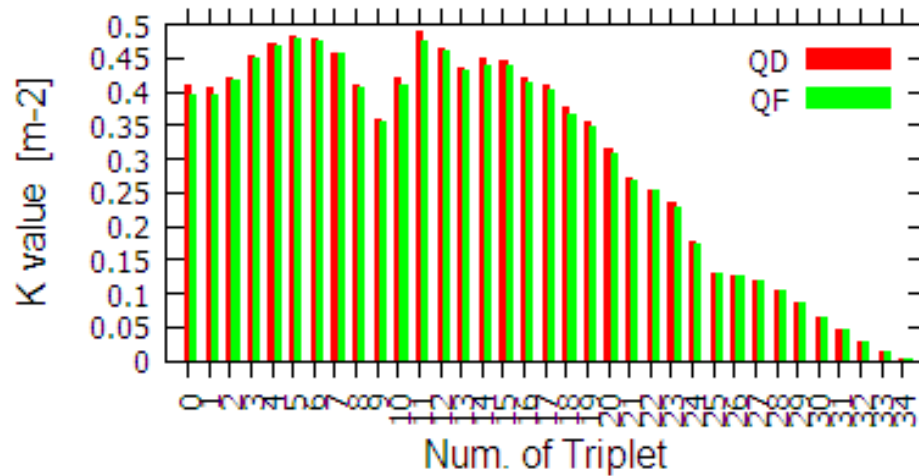
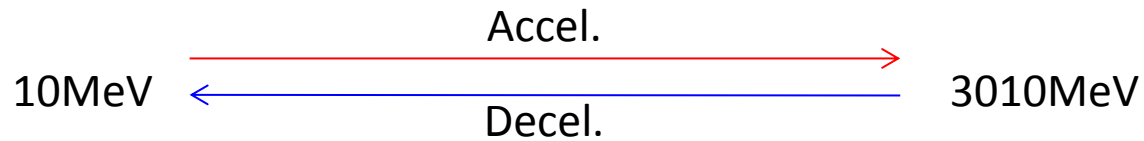
- 小林さんのSADのコードを元に計算。
- 現在は、自由にユニットの数、直線距離を変えて計算ができる。(前回はそのたびに手直しが必要であった。)
- SAD → elegantの台本自動変換を試みている。



参考

Cornell Energy Recovery Linac  
Project Definition Design Report

# Variable K



加速と減速で対称的

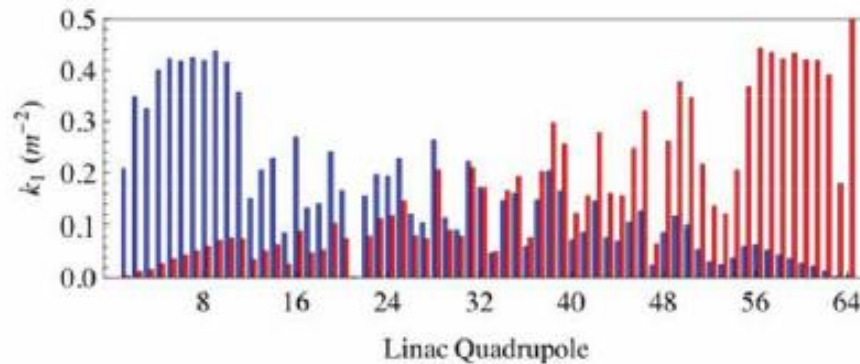
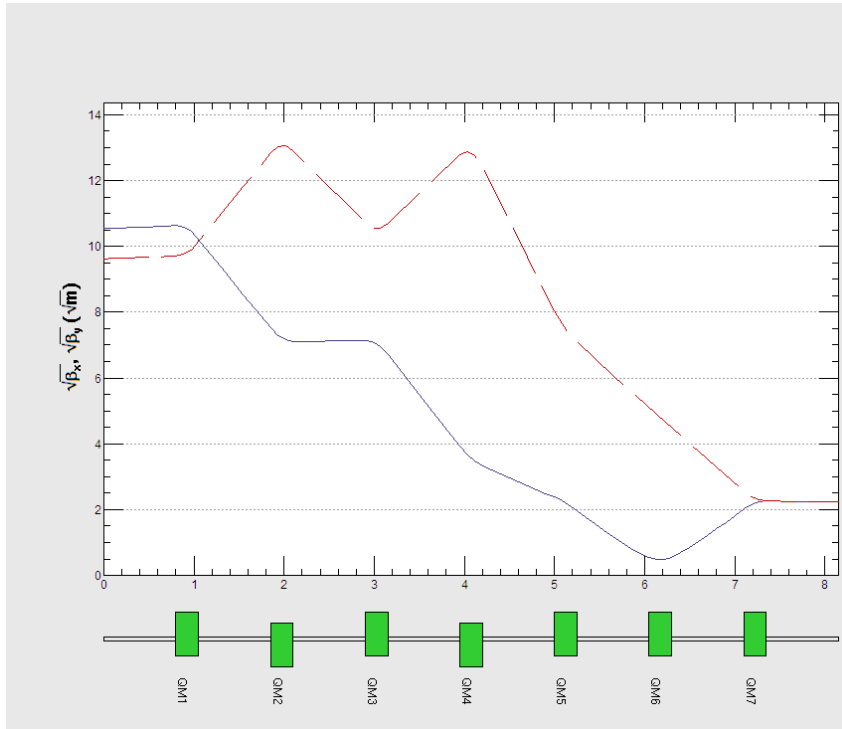
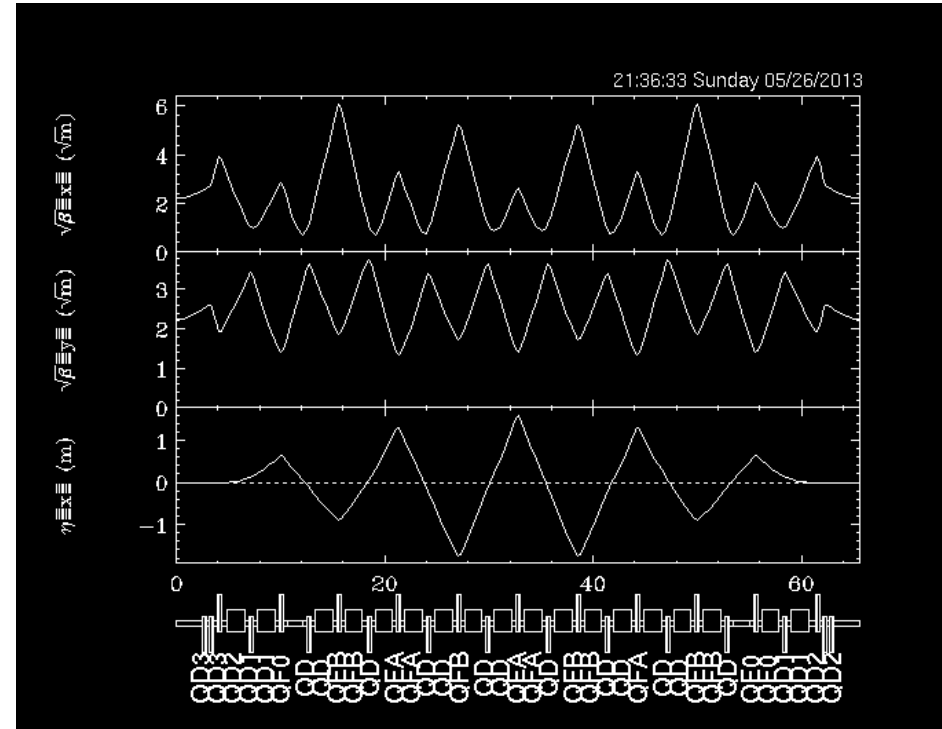


Figure 2.1.18: Quadrupole  $k_1$  strengths seen by the accelerating beam (blue bars) and decelerating beam (red bars) in the Linacs.

# マッチングと90度アーク(挿入光源無し)

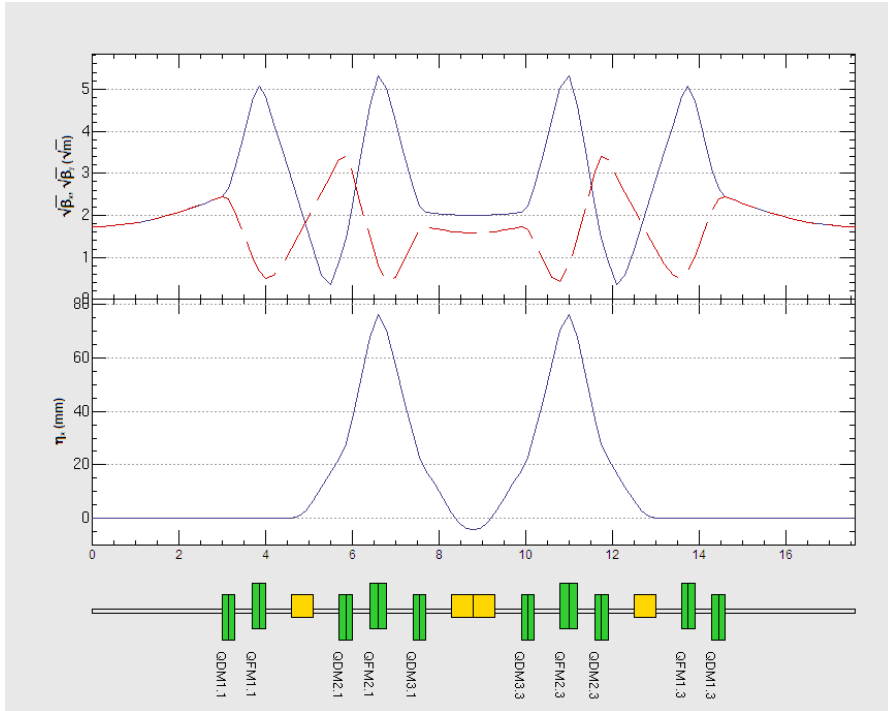


3GeV加速直後・減速直前のマッチング

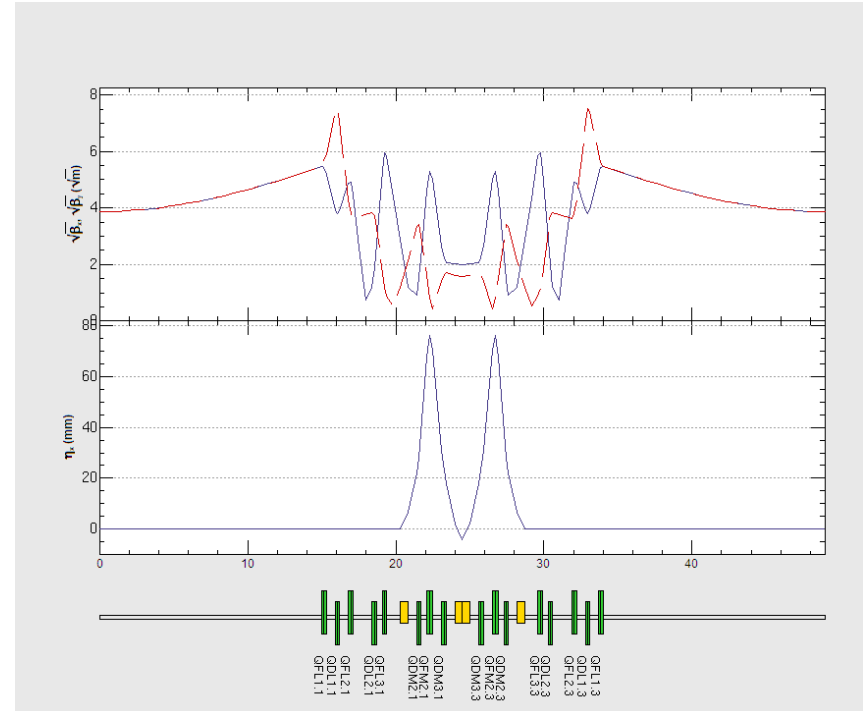


90度アーク、挿入光源無し・小林さん作成コード  
0.13 > r56 > -0.313 の範囲でR56を調整可能。  
このopticsはR56=0.13

# 挿入光源



5m 挿入光源  
 $R56 = -5e-13$ ,  $NX=1.33$



25m 挿入光源  
 $R56 = 6e-7$ ,  $NX = 2.31$

- 偏向電磁石の曲率半径を20mに固定し、曲げ角を3度→1.5度、長さを1m→0.5mに変更した。

# まとめ

- LINACの長さについて
  - 3GeVを確保するには、700mは必要だが、周回道路内に収めるには工夫が必要である。
  - 3.8mは仮の値なので、真空やモニターと相談して妥当な値にする必要がある。
- 周回部の形状について
  - LINACが一つのA案と、2つのB案を提案した。
  - A案は周回道路の外に出てしまい、XFELの設置スペースの確保も大変。北側に不必要に長い直線部がある。
  - B案はERL周回部の挿入光源のためのスペースが狭く、EEHGが入らない可能性もある。東側のアークが大きくなる可能性がある。
- Opticsの進行状況
  - A案については、設計が順調に進んでいる。
  - B案については、時間が必要である。