

Orbit Correction for Multi-Energy Beams

Kikuchi M. IUC '04.8.3

エネルギーの異なる2つのビーム軌道を同時に補正する。

$$x_i = \sum_k a_{ik} \theta_k \quad \begin{array}{l} x_i : \text{Beam position} \\ \theta_k : \text{Corrector field (Tm)} \end{array}$$

2つのエネルギー E_1, E_2 に対して, 軌道を \vec{x}_1, \vec{x}_2 , 応答行列を A_1, A_2 とする

$$\vec{x}_1 = A_1 \vec{\theta}$$

$$\vec{x}_2 = A_2 \vec{\theta}$$

2つの方法:

(1) 「中庸」

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} \vec{x}_1 \\ \vec{x}_2 \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} \quad \text{として} \quad \vec{x} = A\vec{\theta} \quad \text{を} \quad \vec{\theta} \quad \text{について解く(SVD)}$$

(2) 差をゼロにする

$$\vec{x} = \vec{x}_1 - \vec{x}_2, \quad A = A_1 - A_2 \quad \text{として} \quad \vec{x} = A\vec{\theta} \quad \text{を} \quad \vec{\theta} \quad \text{について解く(SVD)}$$

Simulation

(1) 8GeVビームに対しては「理想的オプティクス」になっている。4極磁石にrmsで0.3mmのランダムなmisalignmentを与え、その結果発生した軌道をステアリングで補正する。このときの軌道をorbit0とする

(2) 4極磁石、ステアリングの設定はそのまま3、4、5セクターの加速ゲインを-70%に設定して2.5 GeVビームをつくる。このときの軌道をorbit1とする。図1にorbit0とorbit1を示す(3行目のdxのグラフで赤がorbit1、青がorbit0)。緑の点はBPMの場所を示す。ちなみに、上から、 β 関数、分散関数、ビームサイズ、軌道-x、軌道-y、エネルギー、加速勾配をしめす(赤は2.5 GeVビーム、青は8 GeVビーム)。

(3)軌道補正をおこなう。

(3-1) 2.5GeVビームの軌道のみ補正する---->図2。4セクター後半から5セクターにかけて軌道差が目立つ。

(3-2) orbit0とorbit1を同時に補正する----->図3。BPMの場所では殆ど軌道の差は目立たない。

(3-3) orbit1-orbit0を補正する---->図4。BPMの場所では軌道の差は殆ど完璧に消えている。同時補正にくらべて、軌道自体はマイルドな感じ。

結論

Multi-energy linacで使えるような軌道補正のアルゴリズムは存在する。
実際の運転ではステアリングの応答マトリクスをビームを使って測定した
ほうがよいであろう。

図2 2.5GeVビームのみ補正

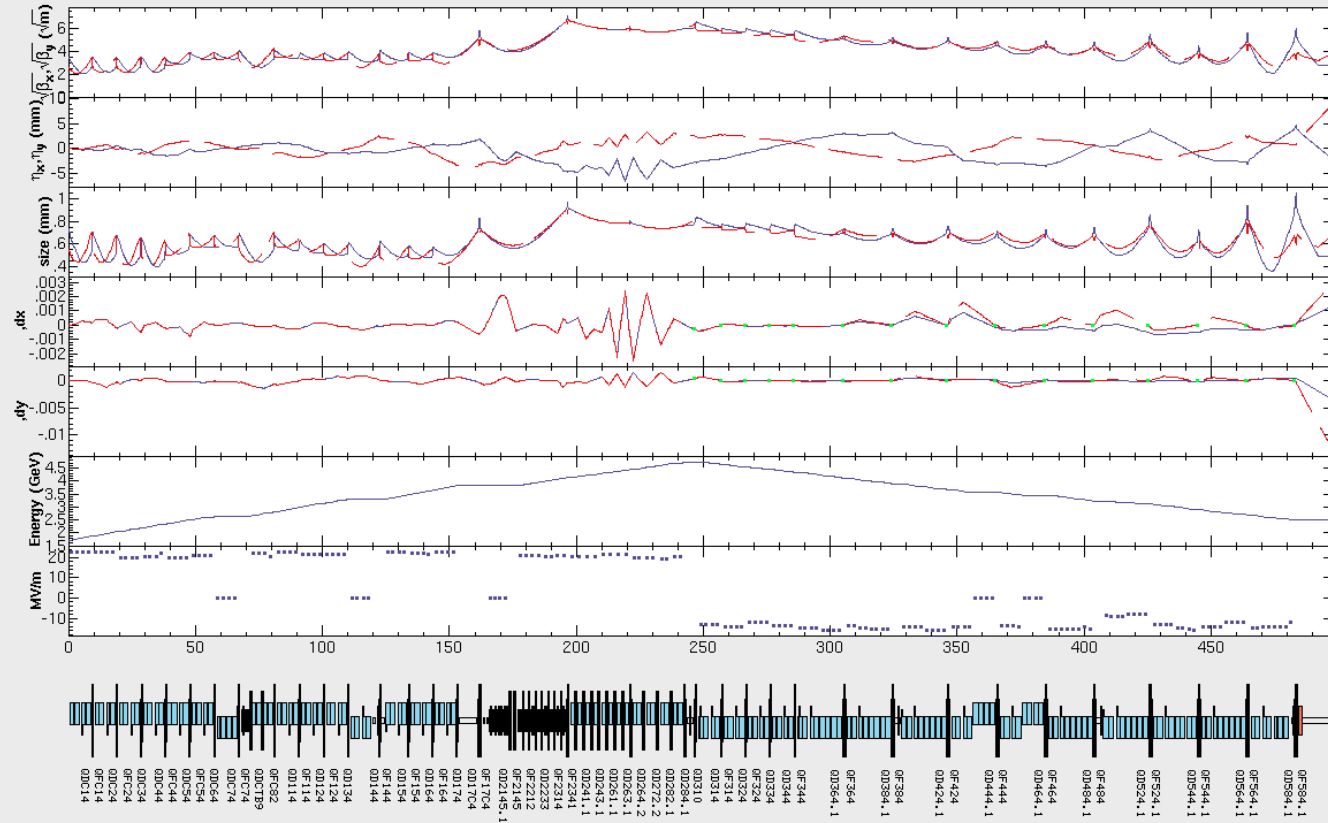


図3 両ビーム補正 (中庸)

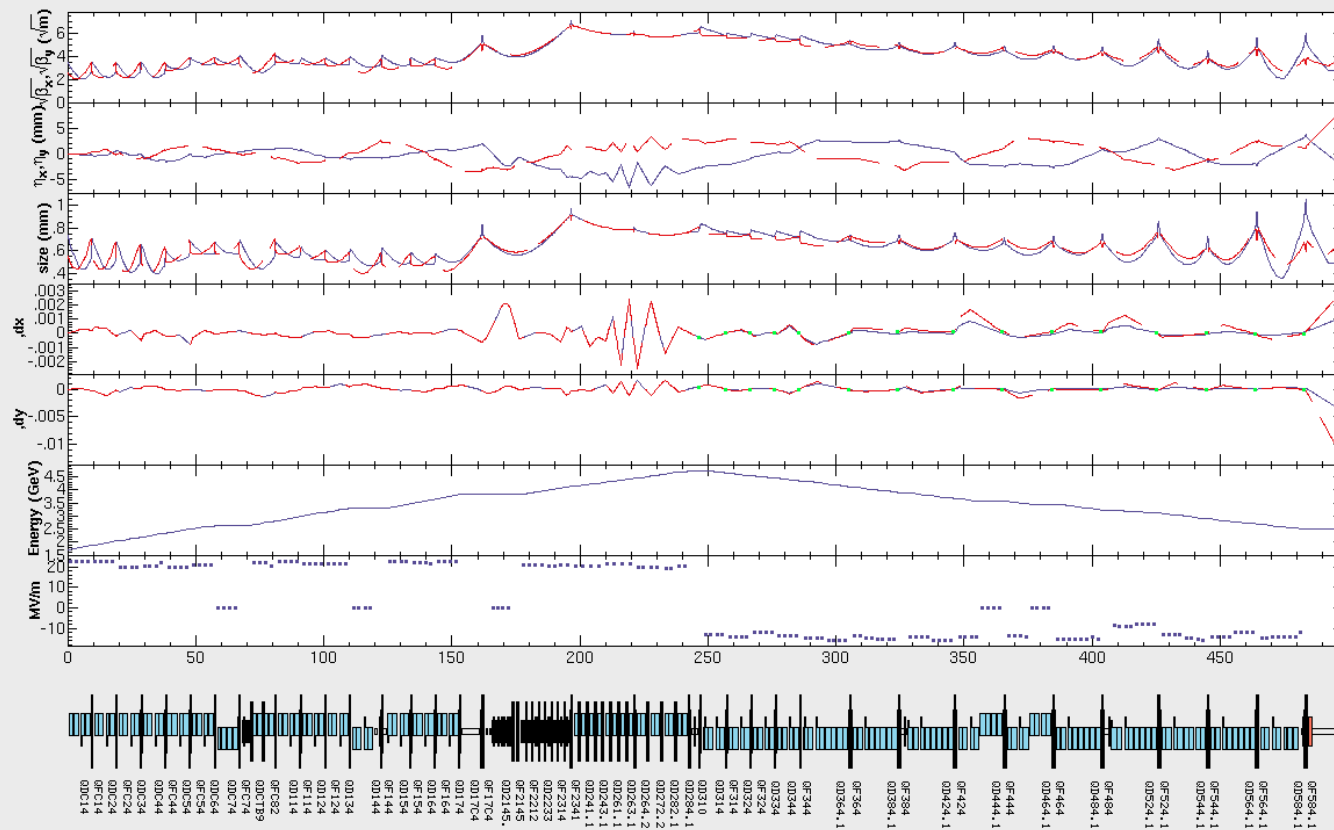
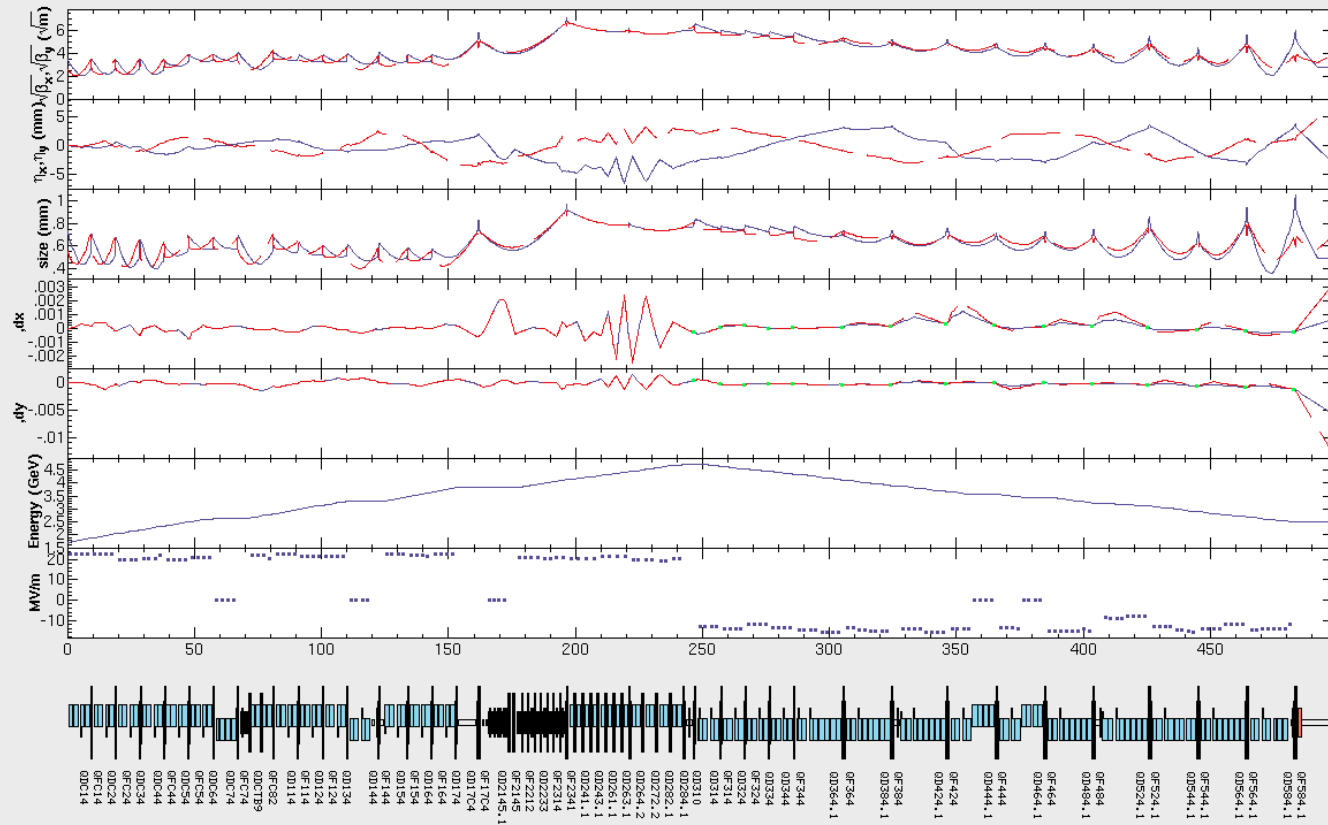
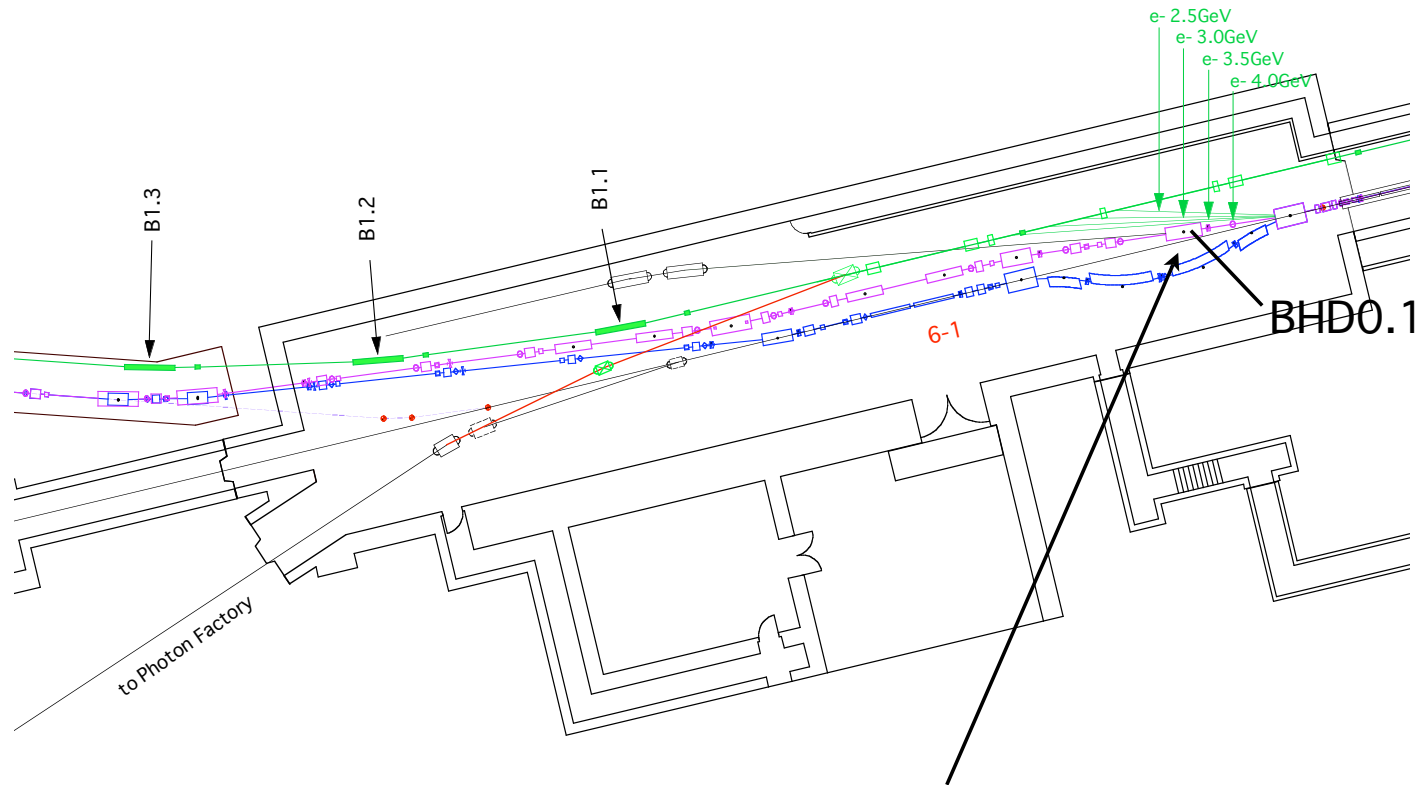


図4 両ビームの差を補正



SY3 Layout

Kikuchi M. IUC '04.8.3



to Photon Factory

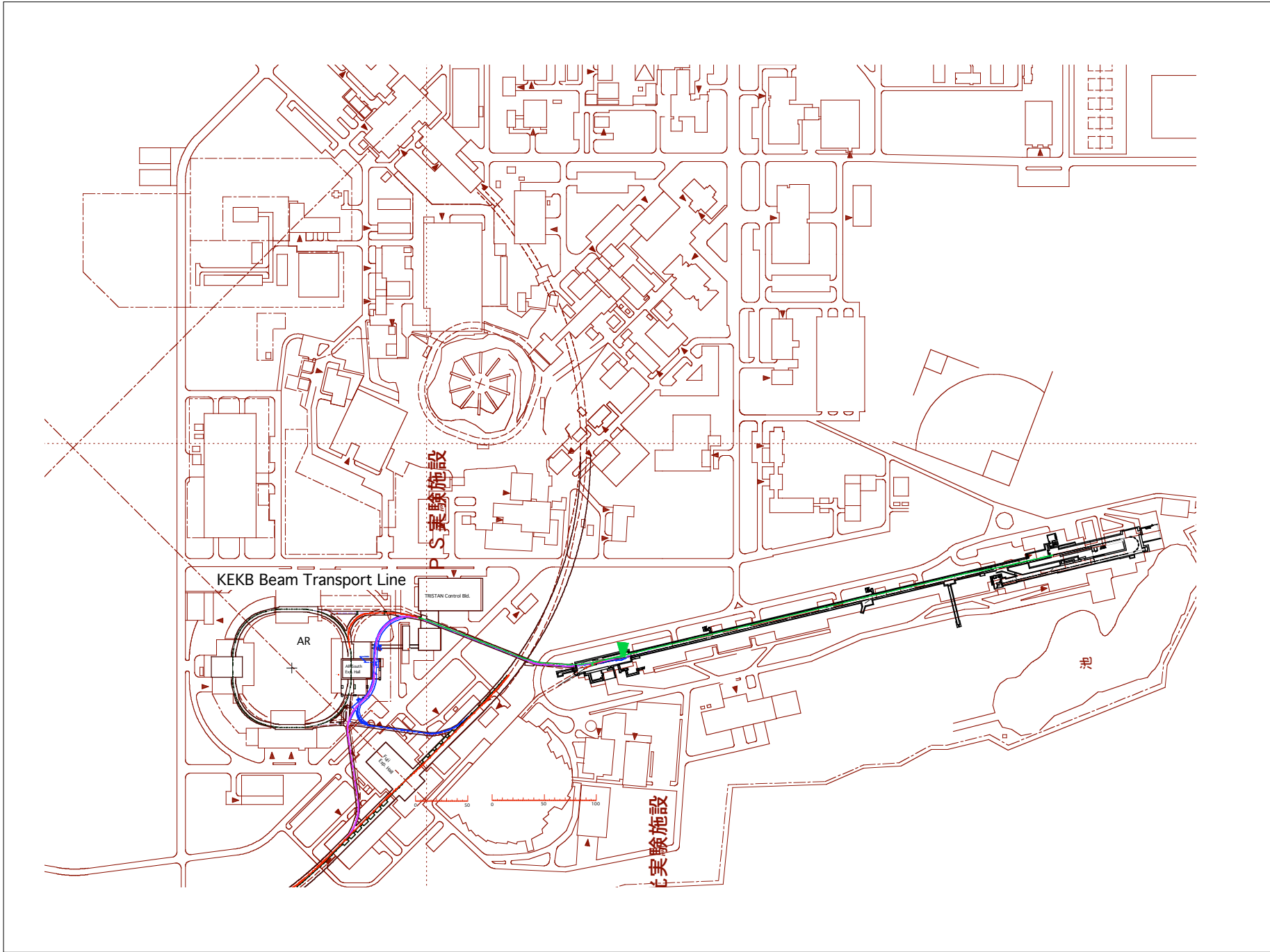
4 GeV 以上ではBHD0.1にぶつかってしまう

Synchrotron for PF-AR

Kikuchi M. IUC '04.8.3

Motivation

- Linacを入射器として3.5 GeV独立ラインを引いたとしても「抜本的」解決にならない
- 「抜本的」解決 = 6.5 GeV 連続入射
- 現在のレイアウトでは6.5 GeV独立ラインは困難であろう





PS-MRをInjectorとして用いる

- Flat-Top 6.5GeV、繰り返し 1 Hz
- Linac: S-band 100~200 MeV
- Injection: 1nC/pulse; 0.8mA/Sec

Layout

to PF-AR

EP1 北カウンターホール

EP2 東カウンターホール

NML
実験室

主リング補助室
A42 (M2)

主リング補助室
A47山の上

主リング補助室
A46山の上

主リング補助室
A45山の上

主リング補助室
A44 (M4)

ブースターEXT
キッカー電源室

コントロール室

500MeV
BT電源室

ブースター
RF実験室

リニアック
電源室

リニアック
電源室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

RF実験室

主リング補助室
A41 (M1)

ブースター
電源室 (A31)

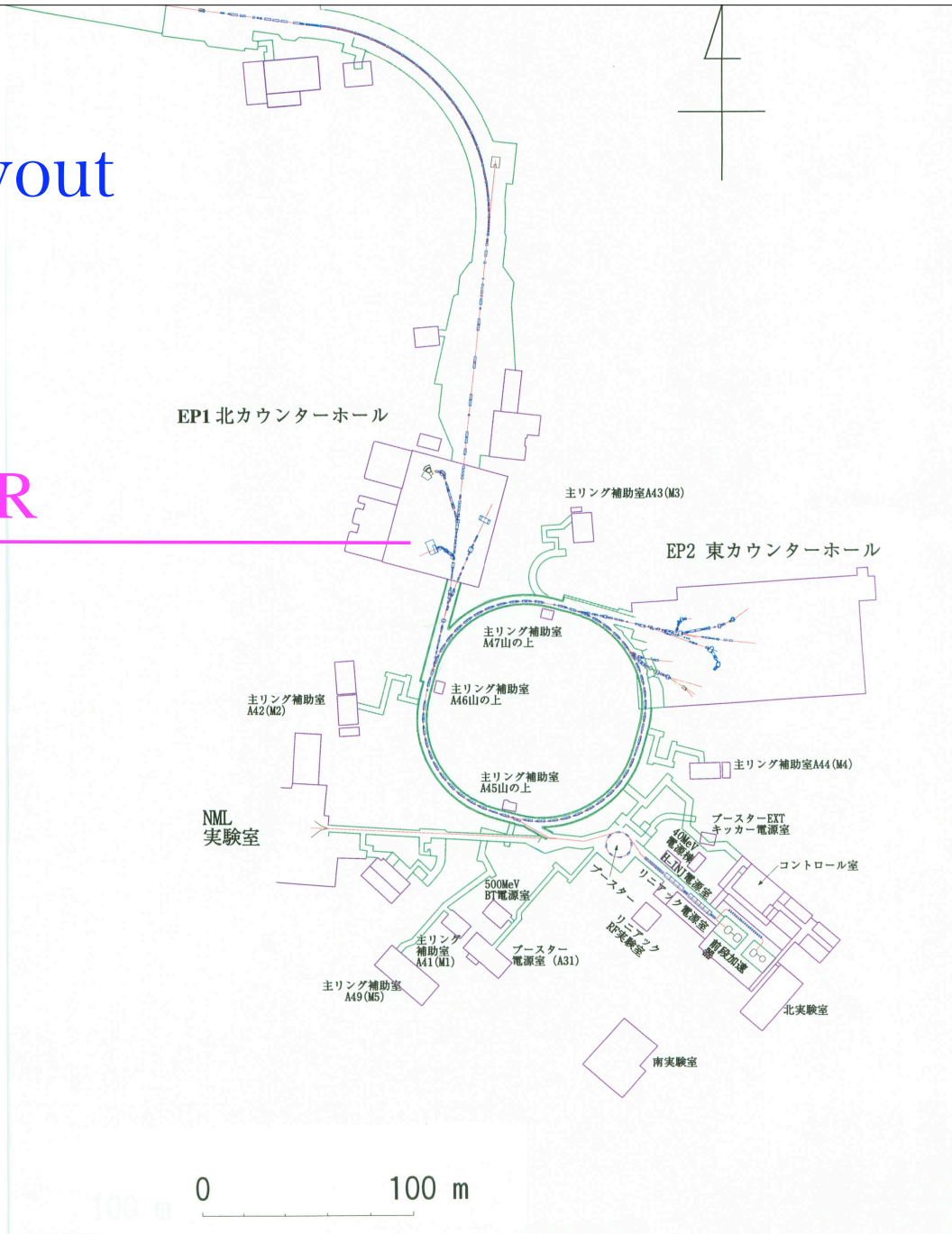
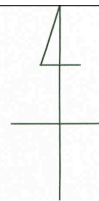
主リング補助室
A49 (M5)

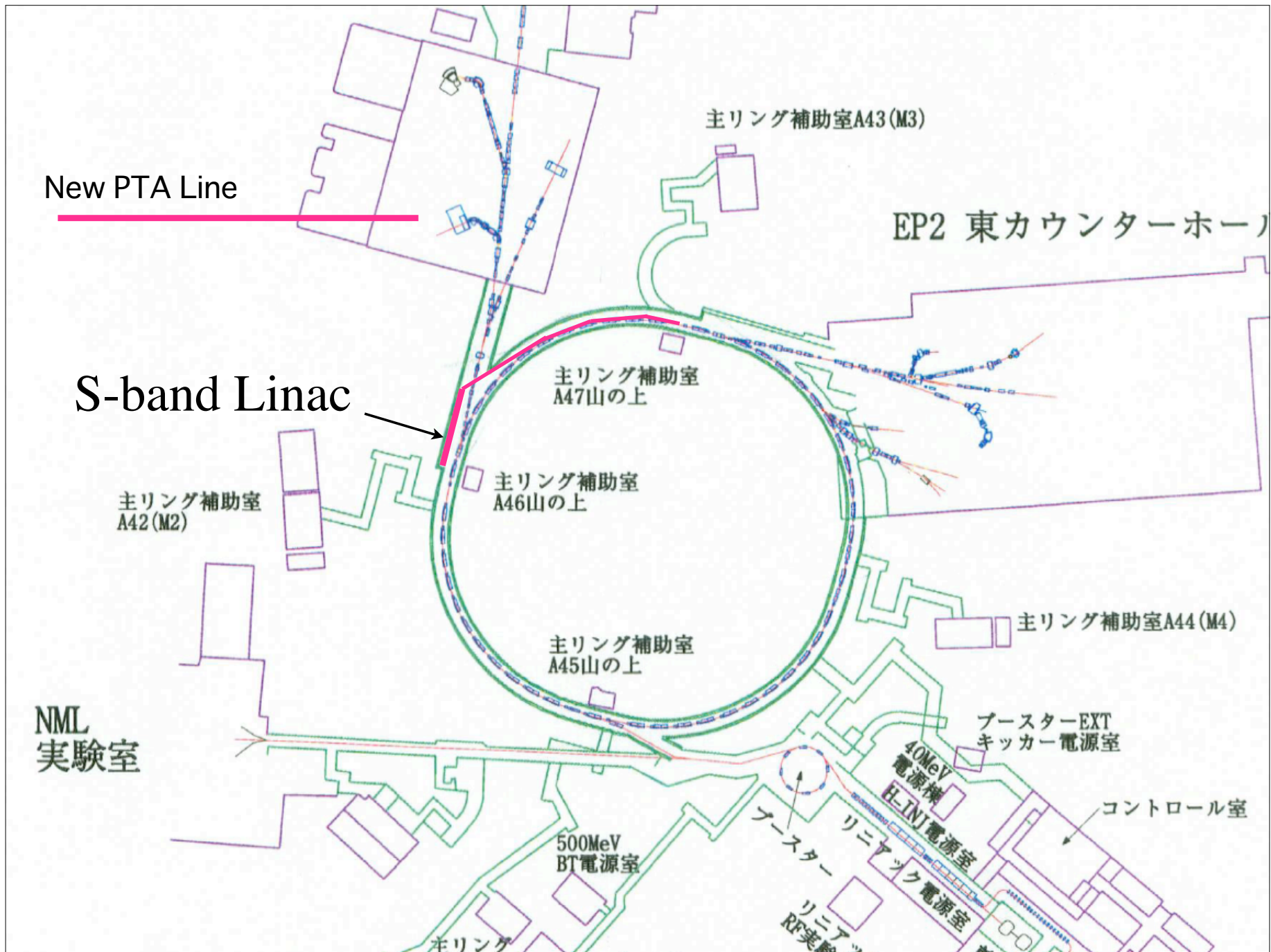
北実験室

南実験室

0 100 m

100 m



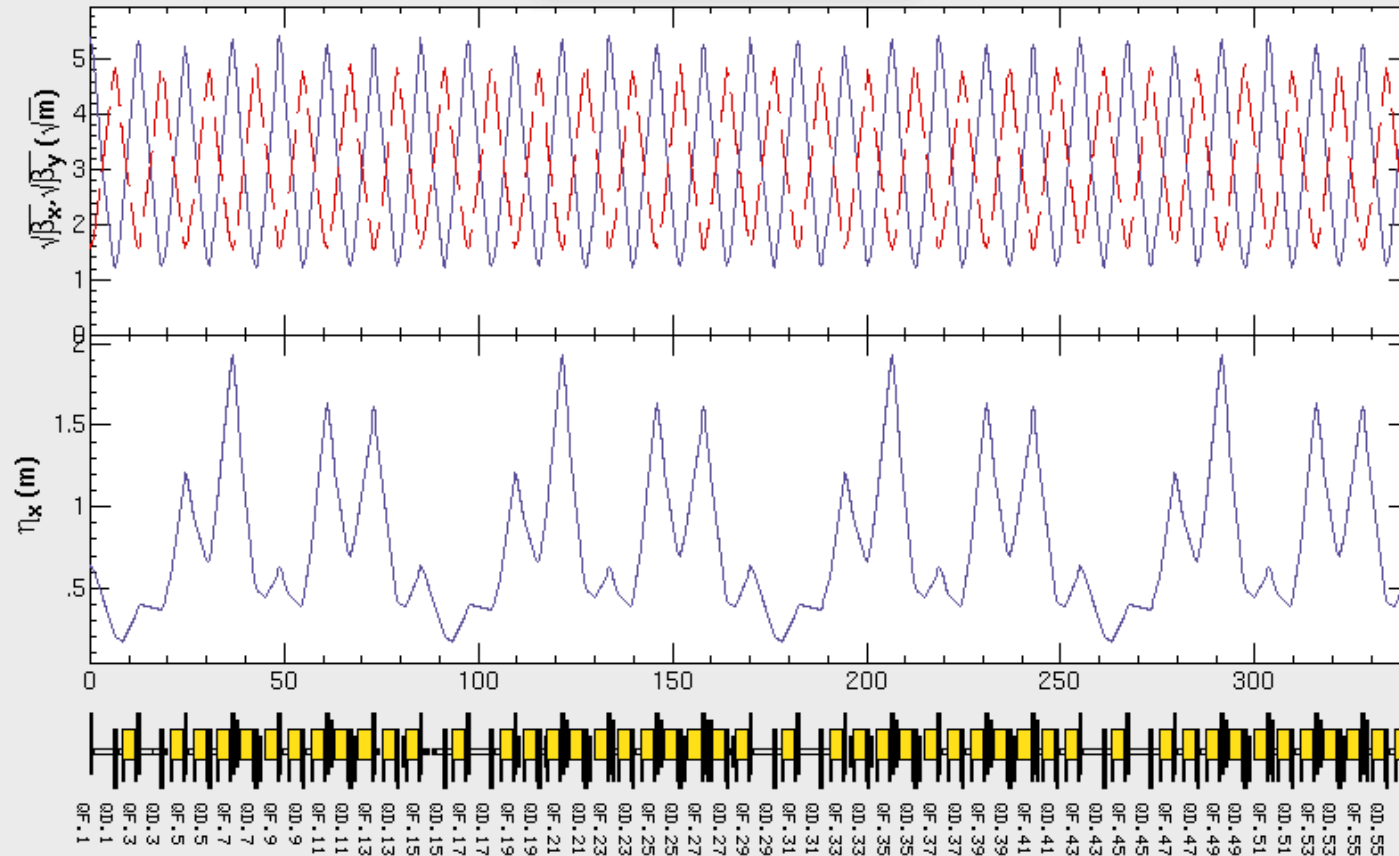


Parameters

Parameters			Unit
Injection Energy	E_{inj}	0.1~0.2	GeV
Flattop Energy	E_{ext}	6.5	GeV
Circumference	C_0	339.64	m
Bend radius	ρ_0	24.885	m
Energy loss/turn	U_0	6.348	MeV
Energy spread	σ_ε	0.112	%
Momentum compaction	α_p	0.0144	
Emittance	ε_0	307	nm
Damping time	τ_x	2.32	msec
Quantum life time	$\tau_{q\varepsilon}$	10	sec
Rf frequency	f_{rf}	1.5	GHz
Rf voltage	V_c	16.4	MV
Bucket height	$\Delta E_{max} / E_0$	0.55	%
Bunch length	σ_z	9.14	mm

PS-MR Optics [alpha_p changed from original value of 0.022]

PS-MR
nx=10.21 ny=8.23
alphap=0.0144



その他のメリット

1. 現在の資産を最大限利用できる

- PS Magnets and Power supply, S-band linac, etc
- 新規に必要なもの: B T、R F、Monitor

2. PS shutdown後の放射化物処理期間の有効利用

- 放射化物処理期間は10～20年、その間は冷却水、空調を管理する必要がある
- AR Injectorに転用しても放射化物はあまり増えない

さらに...

- Test Beam Line も PS を使えば一石二鳥
 - ARに入射しないサイクルはFlatopを8GeVにしてTest Beam Lineに入射する
 - 現在のLinacを使った案では実験室が手狭であるが、PSを使えば広大なカウンターホールが使える
 - さらに将来はproton beamも??

結論

- PSをAR Injectorに転用する案を検討した
- BT Line, RF (L-band)を新設する必要がある
- BT Lineは経路をうまくとれば永久磁石が使用可能
- RFはさらに十分な検討が必要
- Test Beam Lineにも使える
- この研究所が縄張り主義{"PSは素核研のもの", "Linacは物構研のもの", "カウンターホールは...のもの", "J-PARCは俺のプロジェクトだ"等々}を排することができるならば十分実現可能であろう