

LCSオプティクス&機器配置の検討

ビームダイナミクスWGミーティング

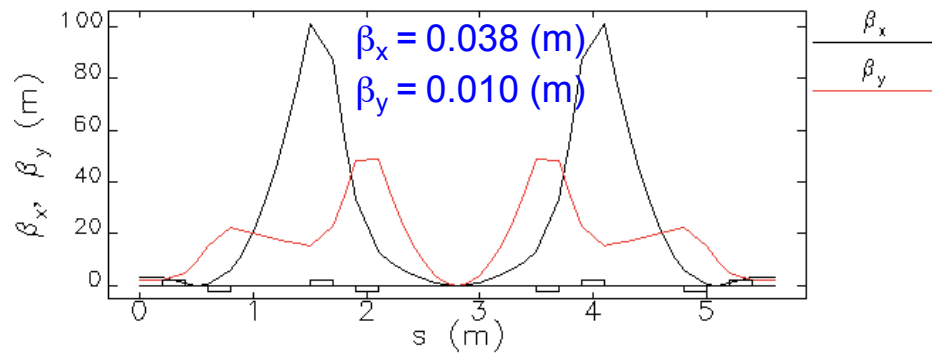
2012年9月6日

中村 典雄

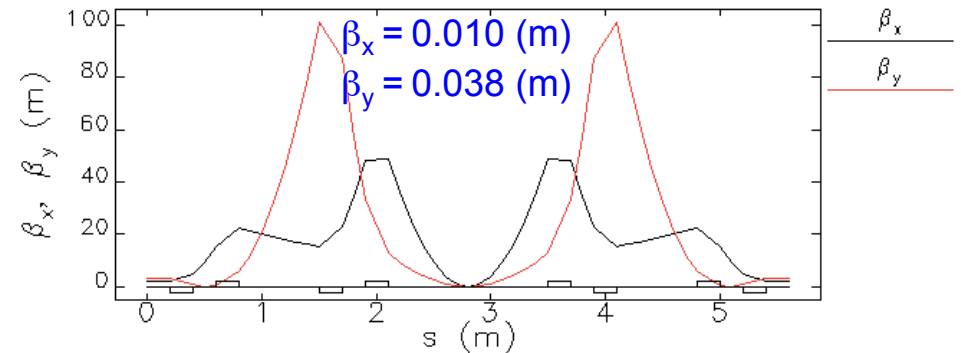
LCS衝突部オプティクス

共振器設置面が90°変わると、水平・垂直ベータ関数を入れ替わる。

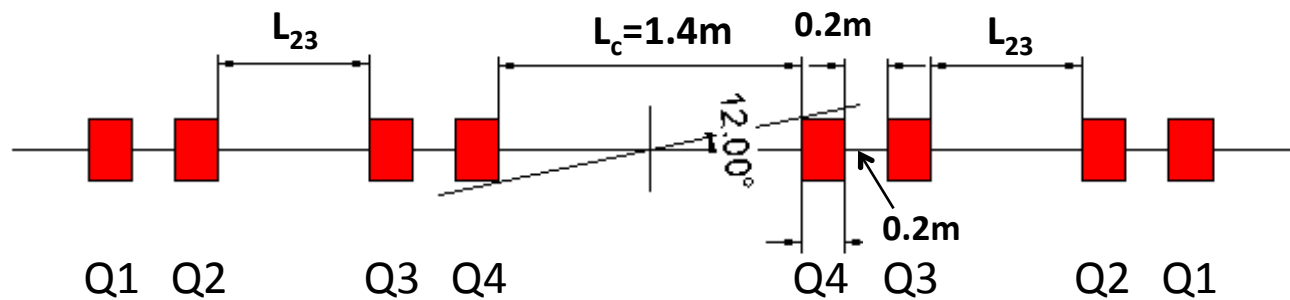
X方向に偏平



Y方向に偏平

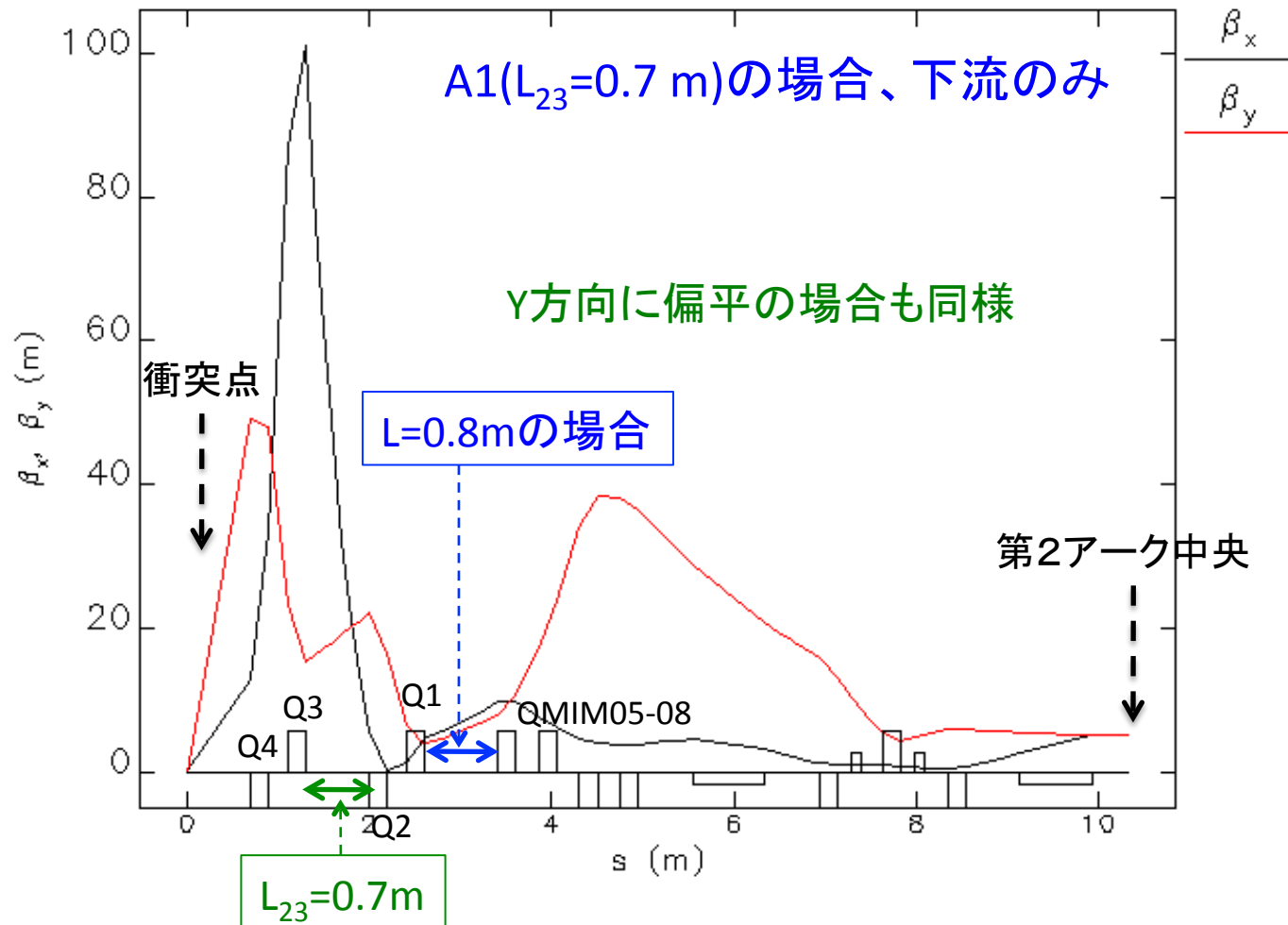


マッチングに問題は生じないか？



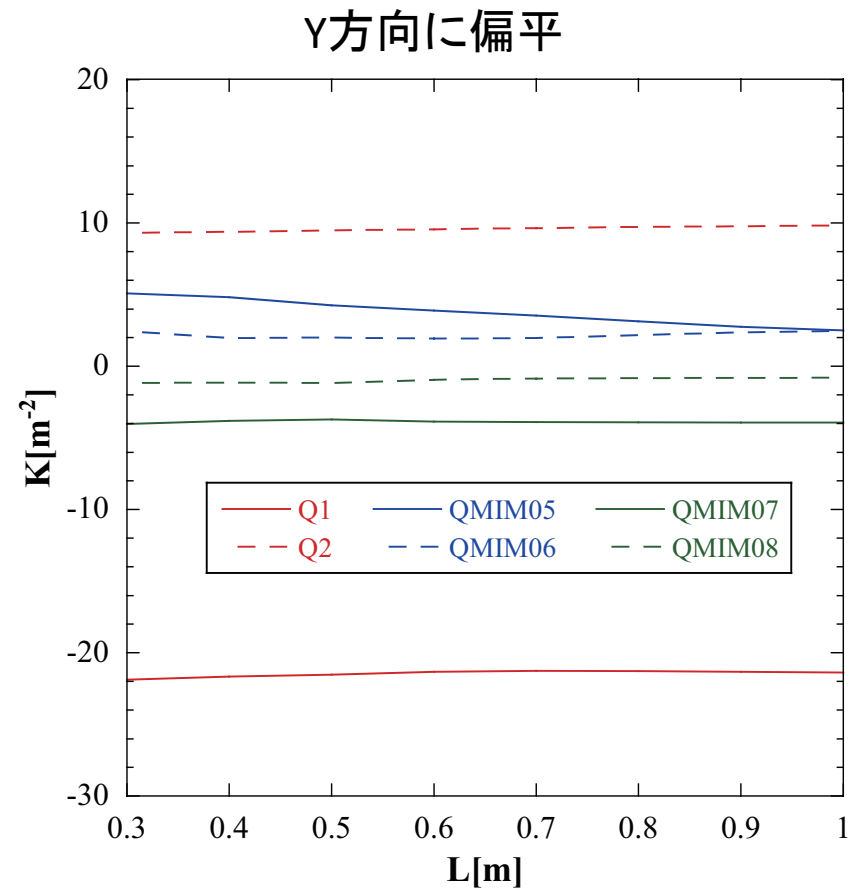
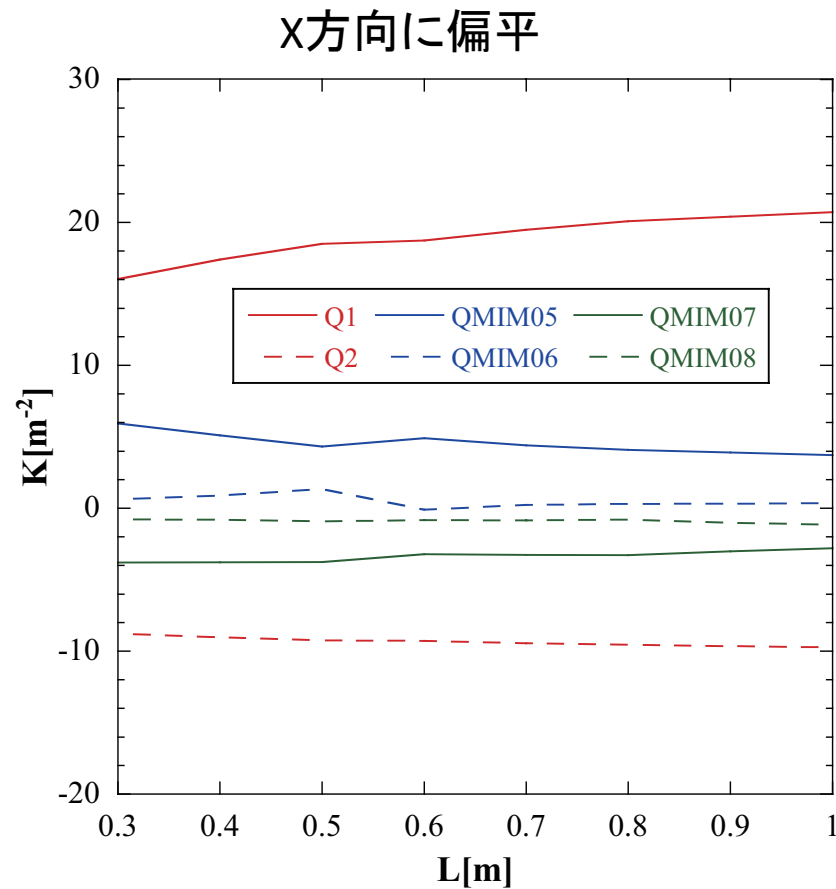
マッチング $L_{23}=0.7m$ (1)

下流のマッチング例(x方向に偏平の場合)



マッチング $L_{23}=0.7\text{m}$ (2)

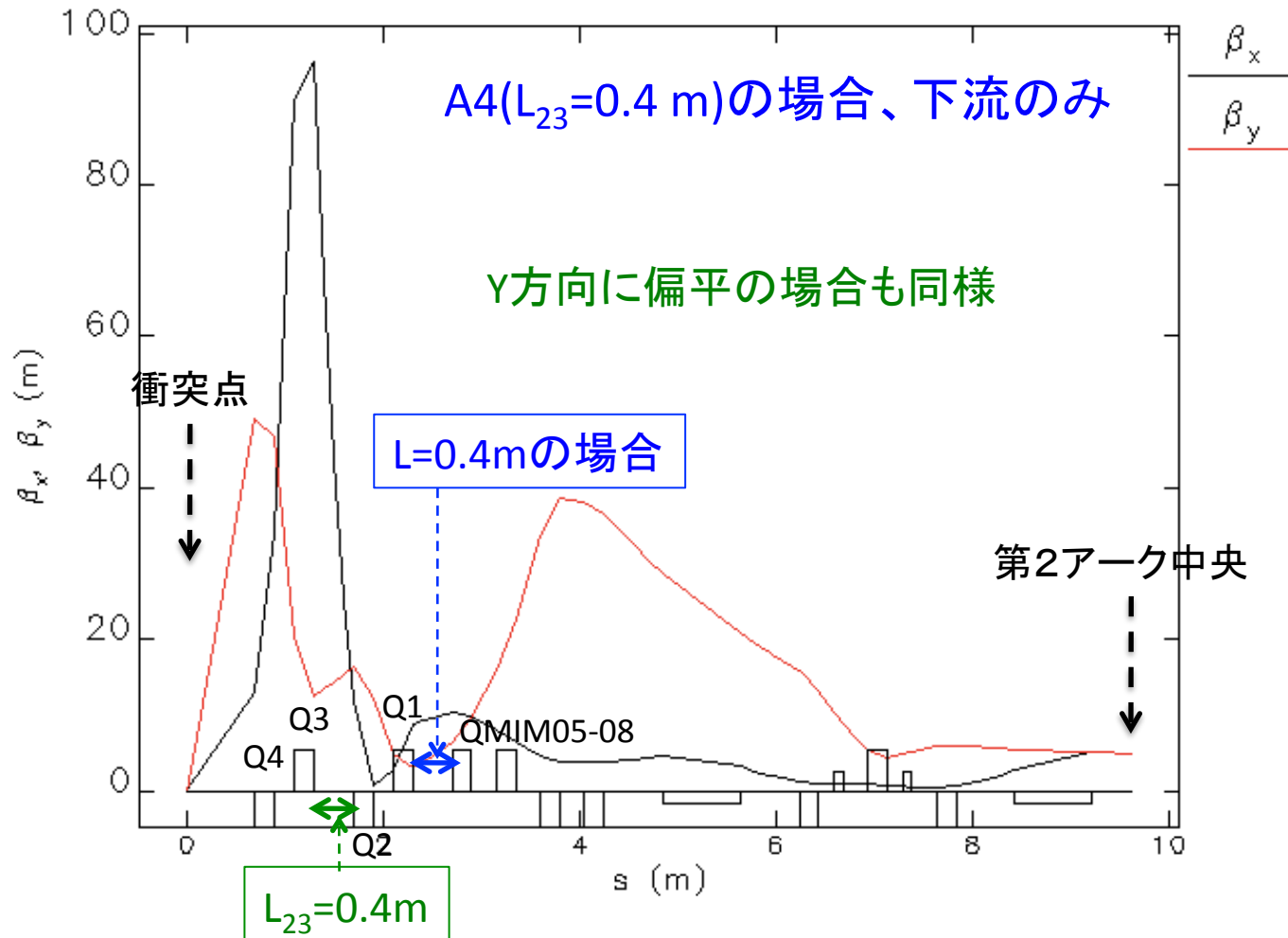
マッチングに成功した時のK値(L依存性)



どちらの場合も下流のマッチングは $L=0.3\text{m}-1.0\text{m}$ で可能であった。

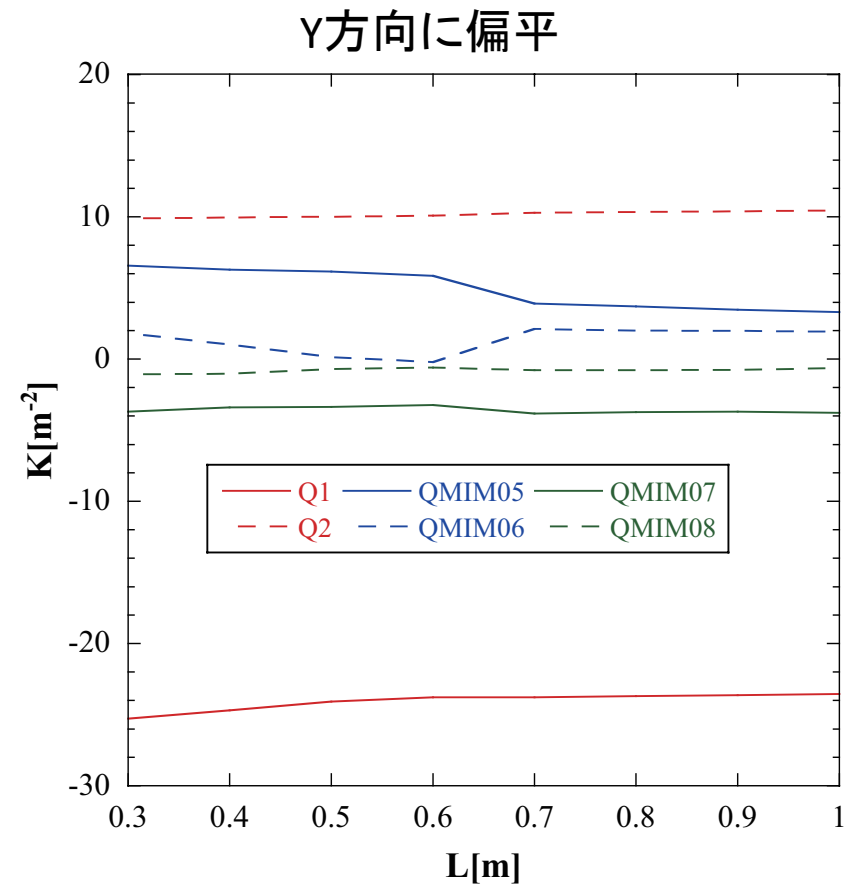
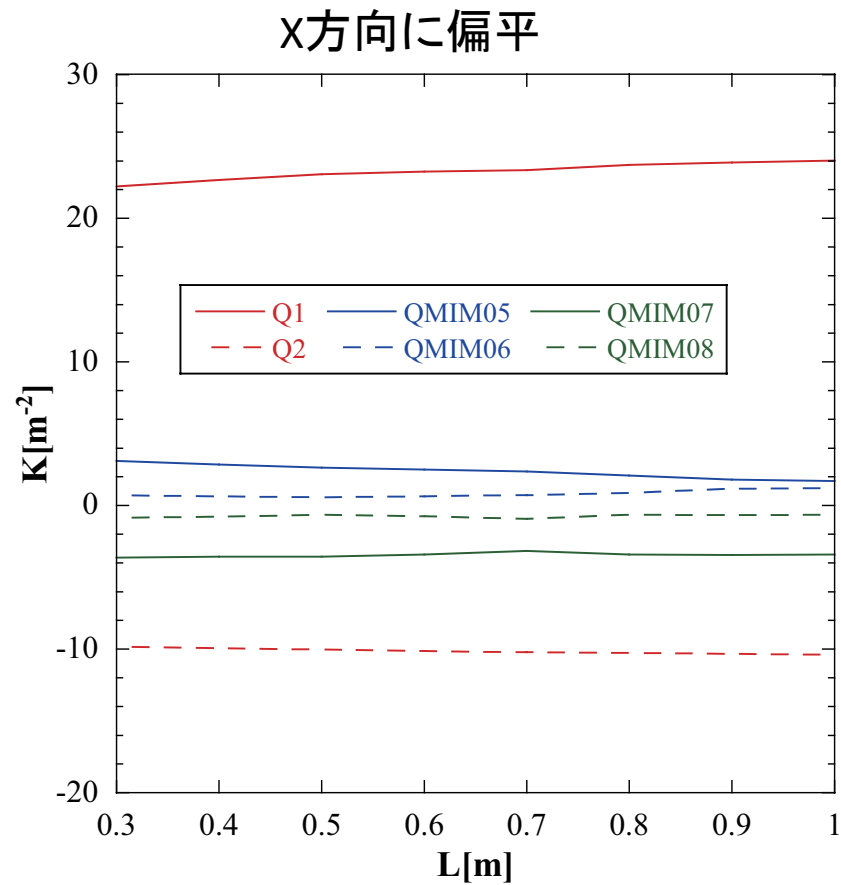
マッチング $L_{23}=0.4\text{m}$ (1)

下流のマッチング例 (x方向に偏平の場合)



マッチング $L_{23}=0.4\text{m}$ (2)

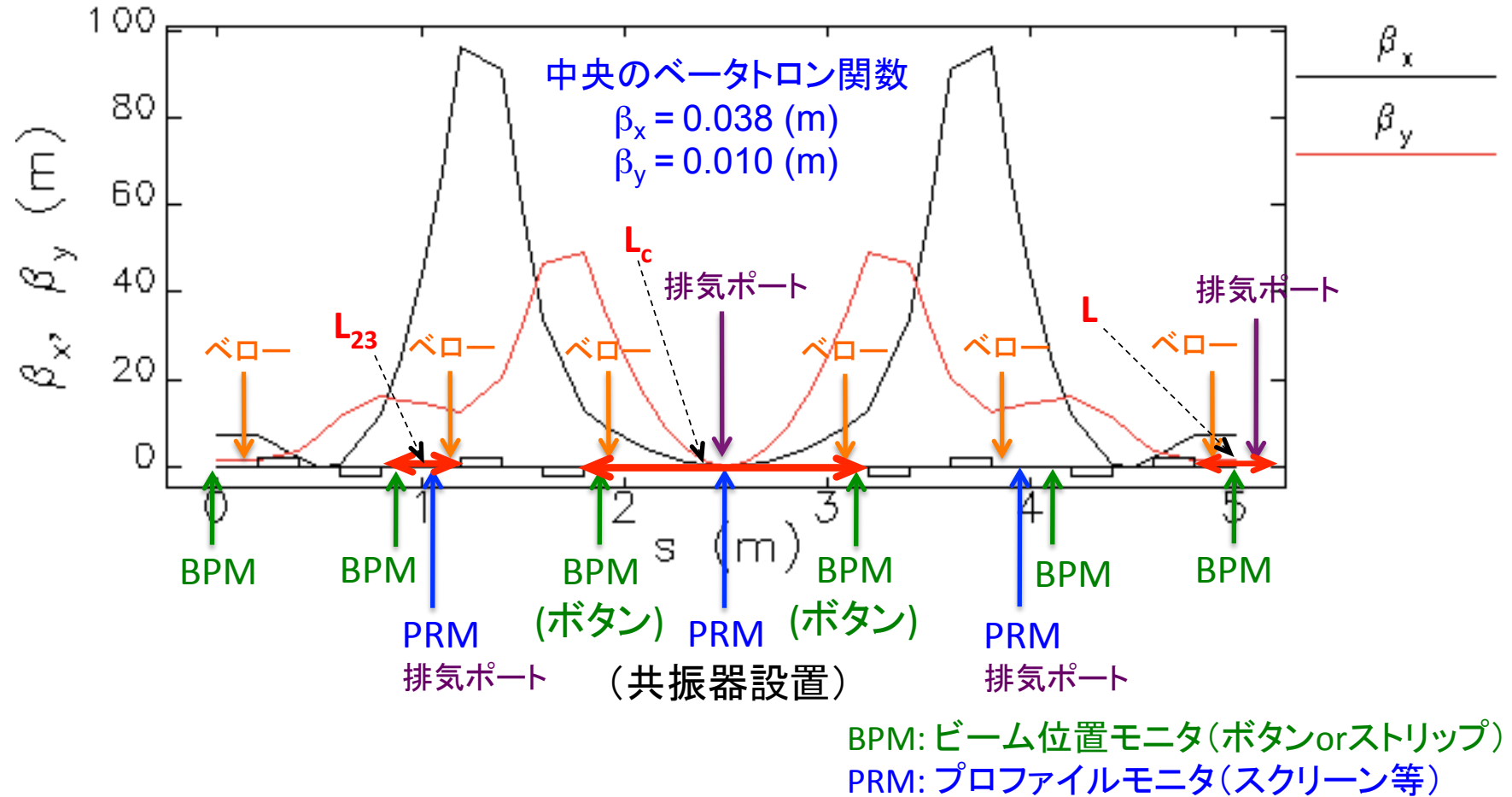
マッチングに成功した時のK値(L依存性)



どちらの場合も下流のマッチングは $L=0.3\text{m}-1.0\text{m}$ で可能であった。

LCS部の配置・構成の検討(1)

電磁石、真空、モニタグループとの機器構成案

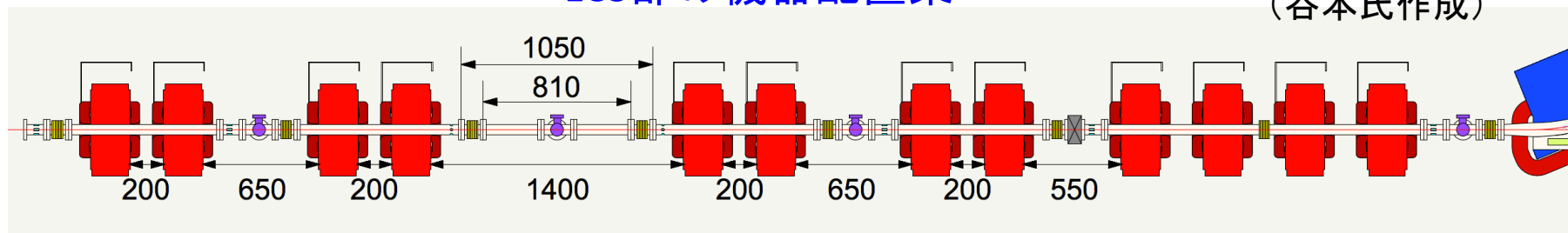


この配置・構成を元に必要なスペース(L_{23} , L , L_c)を検討した。

LCS部の配置・構成の検討(2)

LCS部の機器配置案

(谷本氏作成)



(1) Q2-Q3間のスペース: $L_{23}=650\text{mm}$

- スクリーンモニタ(排気ポート付き) + BPM + ベロー
- BPMをボタン型、ベローズ用フランジを片側のみ → $L_{23}=570\text{mm}$

(2) Q1と4連四極電磁石との間のスペース: $L=550\text{mm}$

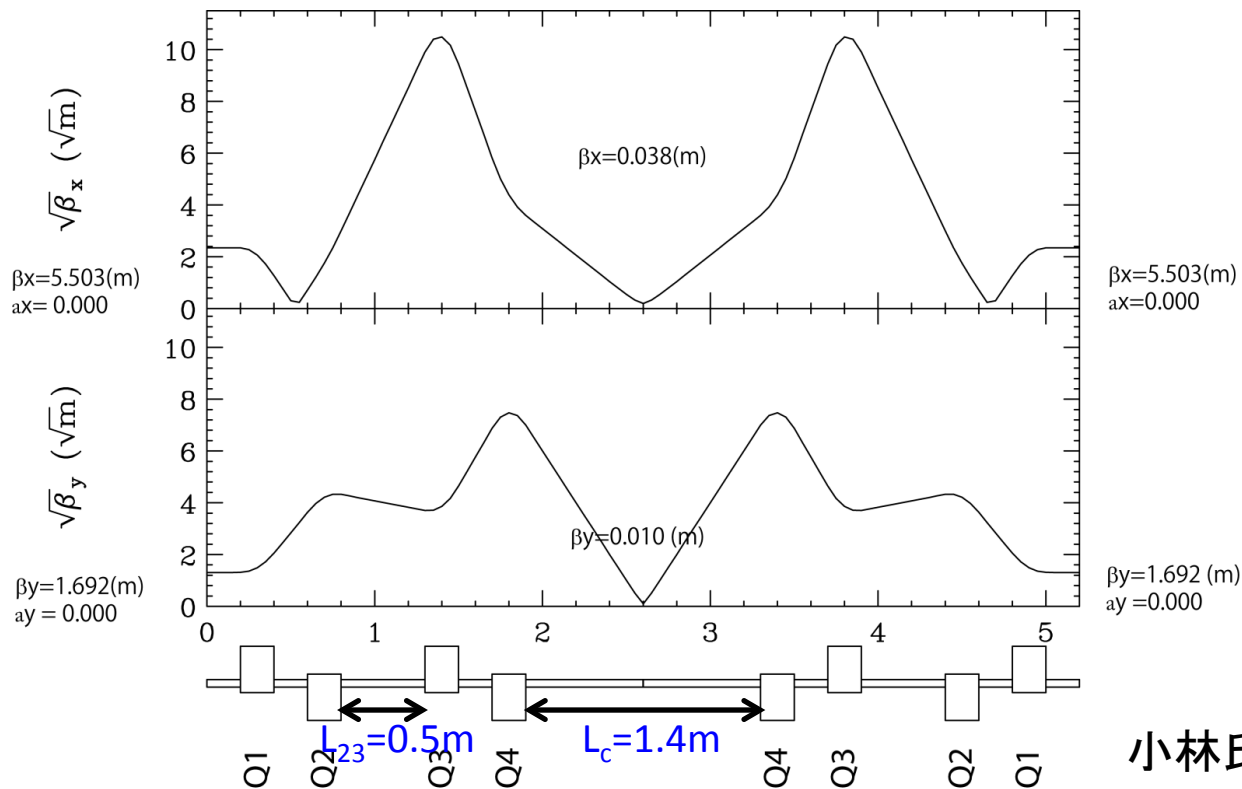
- ゲートバルブ + BPM + ベロー

(3) 衝突スペース: $L_c=1400\text{mm}$ の場合

- BPM(ボタン) + ベロー × 2 + スクリーンモニタ + 共振器
- 共振器に排気ポートとベローを付けたい。
- 共振器スペース: ベローなしで810mm、ベロー込みで1050mm

衝突スペース L_c を伸ばしたオプティクスを検討する。

オプティクス ($L_c=1.4\text{m}/L_{23}=0.5\text{m}$)



QUAD

Q1 =(L =.2 K1 =4.999931440783)

Q2 =(L =.2 K1 =-2.2203552707657)

Q3 =(L =.2 K1 =3.1309068314302)

Q4 =(L =.2 K1 =-2.9022689933009)

DRIFT LQ =(L =.2) L_{23} =(L =.5) L_c =(L =1.4)

$\beta_{x,\text{max}}=104.542[\text{m}]$

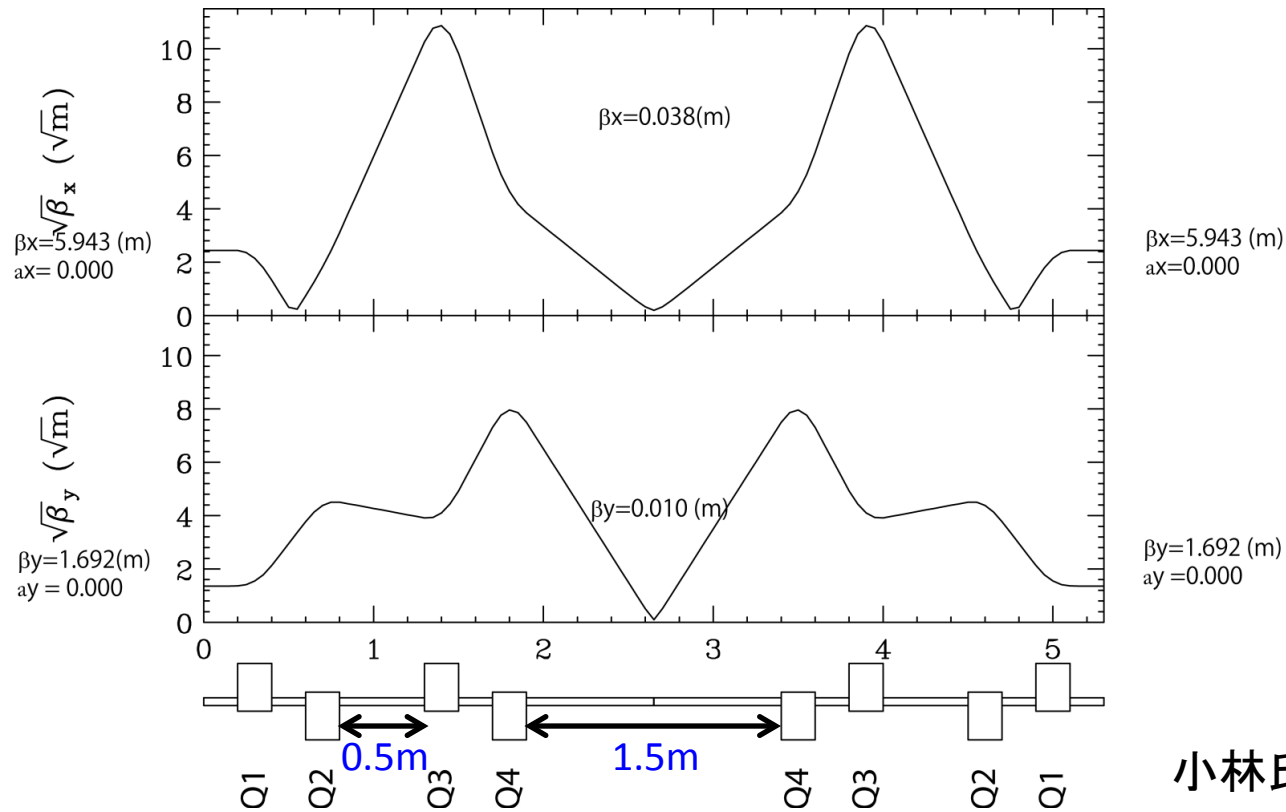
$\sigma_{x,\text{max}}=3.88[\text{mm}]$

$6.45 \sigma_{x,\text{max}}=25[\text{mm}]$

@ $\epsilon_{nx}=10 \text{ mm mrad}$

$|x|>6.45 \sigma$ の確率 : 1.1×10^{-10}

オプティクス ($L_c=1.5\text{m}/L_{23}=0.5\text{m}$)



QUAD

Q1 =(L=.2 K1=4.999982459231)

Q2 =(L=.2 K1=-2.1883316089025)

Q3 =(L=.2 K1=3.099965366282)

Q4 =(L=.2 K1=-2.8141811656254)

DRIFT LQ =(L=.2) L_{23} =(L=.5) L_c =(L=1.5)

$\beta_{x,\max} = 115.45 \text{ [m]}$

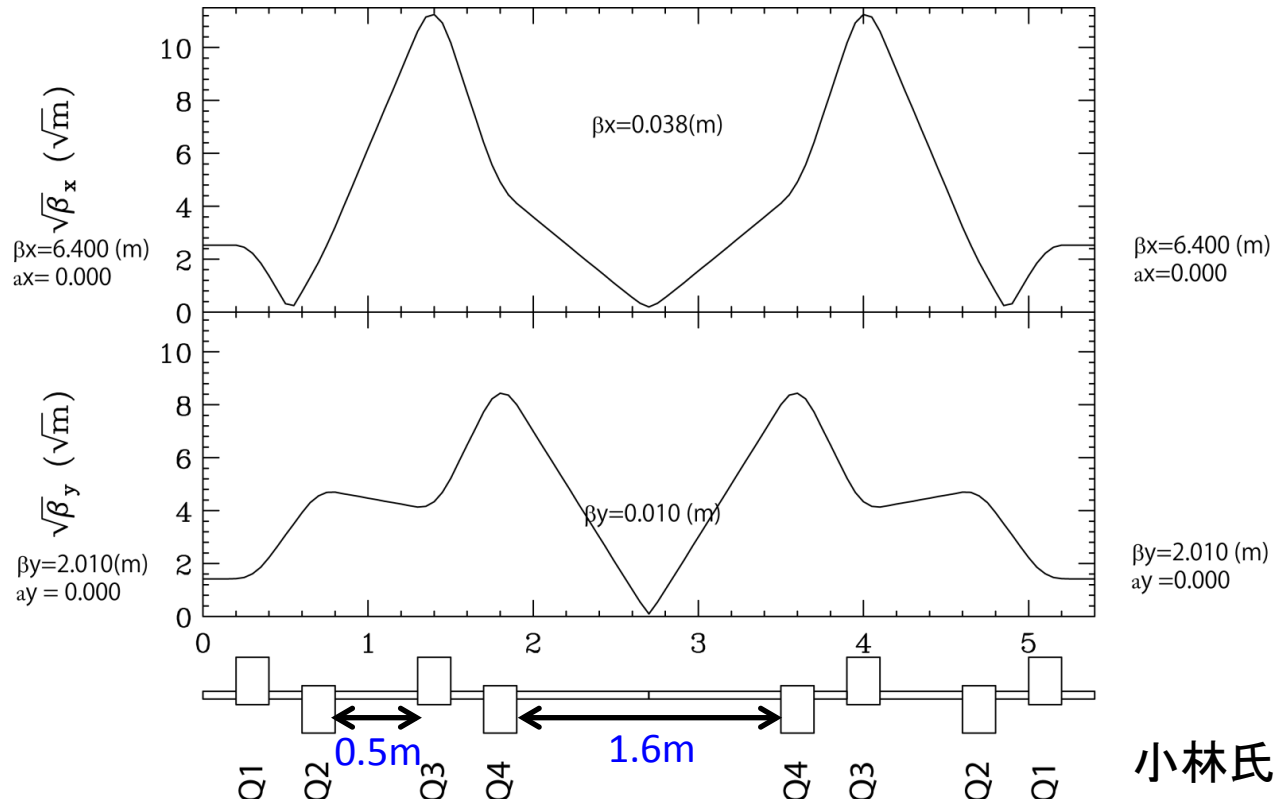
$\sigma_{x,\max} = 4.08 \text{ [mm]}$

$6.13 \sigma_{x,\max} = 25 \text{ [mm]}$

@ $\epsilon_{nx} = 10 \text{ mm mrad}$

$|x| > 6.13 \sigma$ の確率 : 8.6×10^{-10}

オプティクス ($L_c=1.6\text{m}/L_{23}=0.5\text{m}$)



小林氏計算

QUAD

Q1 =(L=.2 K1=4.9999684208511)

Q2 =(L=.2 K1=-2.161149547344)

Q3 =(L=.2 K1=3.0711800886668)

Q4 =(L=.2 K1=-2.7352212304901)

DRIFT LQ =(L=.2) L_{23} =(L=.5) L_c =(L=1.6)

$\beta_{x,\text{max}}=126.902$ [m]

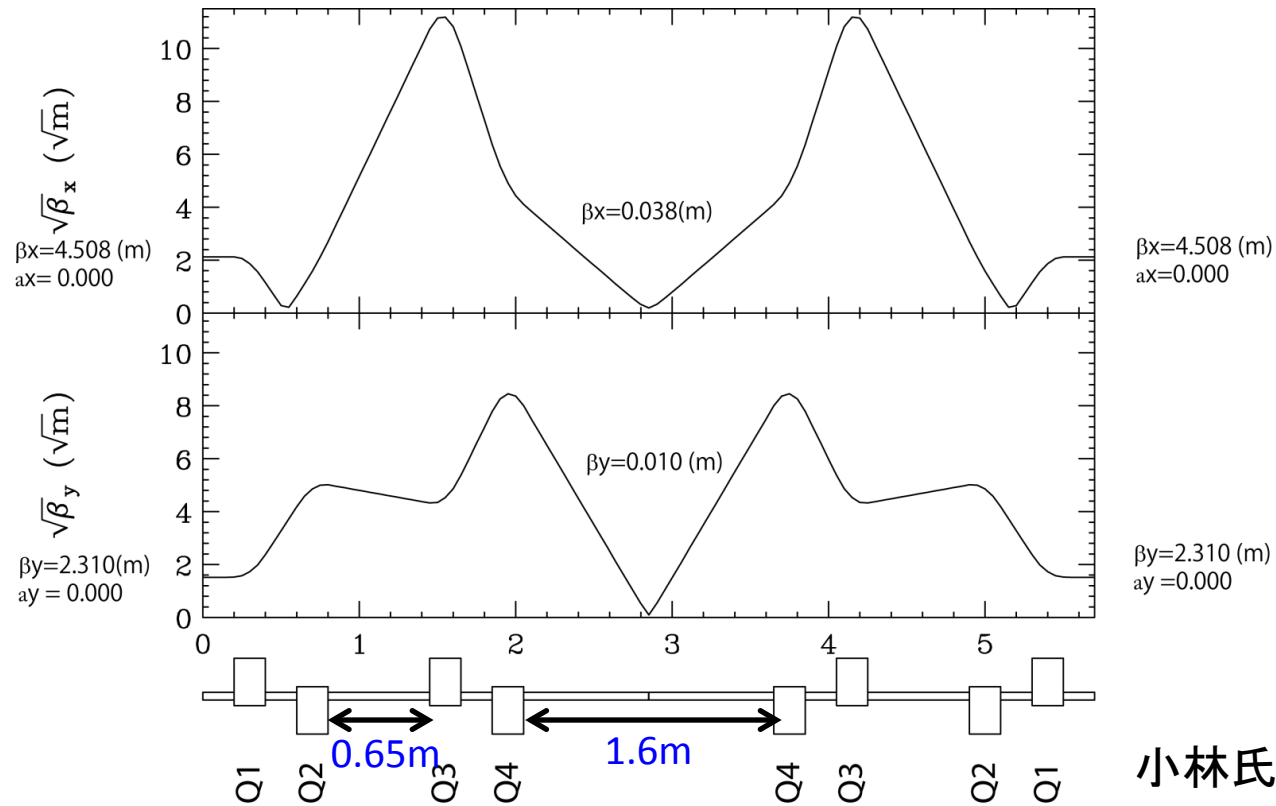
$\sigma_{x,\text{max}}=4.27$ [mm]

$5.85 \sigma_{x,\text{max}}=25$ [mm]

@ $\epsilon_{nx}=10$ mm mrad

$|x|>5.85 \sigma$ の確率 : 4.9×10^{-9}

オプティクス ($L_c=1.6\text{m}/L_{23}=0.65\text{m}$)



小林氏計算

QUAD

Q1 =(L=.2 K1=4.9969240899853)

Q2 =(L=.2 K1=-2.1274958488361)

Q3 =(L=.2 K1=2.8270921068042)

Q4 =(L=.2 K1=-2.6680097274442)

DRIFT LQ =(L=.2) L₂₃ =(L=.5) L_c =(L=1.6)

$\beta_{x,\text{max}}=125.798[\text{m}]$

$\sigma_{x,\text{max}}=4.25[\text{mm}]$

$5.88 \sigma_{x,\text{max}}=25[\text{mm}]$

@ $\epsilon_{\text{nx}}=10 \text{ mm mrad}$

$|x|>5.88 \sigma$ の確率 : 4.2×10^{-9}

cf. $|x|>5 \sigma$ の確率 : 5.7×10^{-7}

LCS衝突部のK値

中心でのtwiss parameter: $\beta_x=0.038$ m, $\beta_y=0.010$ m, $\alpha_x=0.0$, $\alpha_y=0.0$

両端でのtwiss parameter: β_{x0} , β_{y0} 可変, $\alpha_{x0}=0.0$, $\alpha_{y0}=0.0$

四極電磁石のK値: $K < 5$ ($K = B'L/B\rho$ [m^{-1}])

	$K_{Q1}[m^{-1}]$	$K_{Q2}[m^{-1}]$	$K_{Q3}[m^{-1}]$	$K_{Q4}[m^{-1}]$	$\beta_{x0}[m]$	$\beta_{y0}[m]$
$L_c=1.4m$ $L_{23}=0.5m$	4.99993	-2.22036	3.13091	-2.90227	5.502	1.692
$L_c=1.5m$ $L_{23}=0.5m$	4.99998	-2.18833	3.09997	-2.81418	5.943	1.842
$L_c=1.6m$ $L_{23}=0.5m$	4.99997	-2.16115	3.07118	-2.73522	6.400	2.010
$L_c=1.6m$ $L_{23}=0.65m$	4.99692	-2.12750	2.82709	-2.66801	4.509	2.301

2次の転送行列

中心でのtwiss parameter: $\beta_{x0}=0.038$ m, $\beta_{y0}=0.010$ m, $\alpha_{x0}=0.0$, $\alpha_{y0}=0.0$

両端でのtwiss parameter: β_{x0} , β_{y0} 可変, $\alpha_{x0}=0.0$, $\alpha_{y0}=0.0$

四極電磁石のK値: $K < 5$

	T_{116}	T_{126}	T_{336}	T_{346}	$\beta_{x0}[\text{m}]$	$\beta_{y0}[\text{m}]$
$L_c=1.4\text{m}$ $L_{23}=0.5\text{m}$	-23.1926	0.9043	9.6235	4.9662	5.502	1.692
$L_c=1.5\text{m}$ $L_{23}=0.5\text{m}$	-23.6575	0.8948	10.0885	5.1840	5.943	1.842
$L_c=1.6\text{m}$ $L_{23}=0.5\text{m}$	-24.1291	0.8879	10.5249	5.3897	6.400	2.010
$L_c=1.6\text{m}$ $L_{23}=0.65\text{m}$	-25.6034	0.9065	9.8574	5.2039	4.509	2.301

運動量変動による影響

LCS直前でのパラメータ値

$$E = 35.51 \text{ MeV } (\gamma\beta = 69.4942), \quad \varepsilon_{nx} = \varepsilon_{ny} = 0.3 \text{ mm mrad}, \quad \sigma_t = 3 \text{ ps}$$

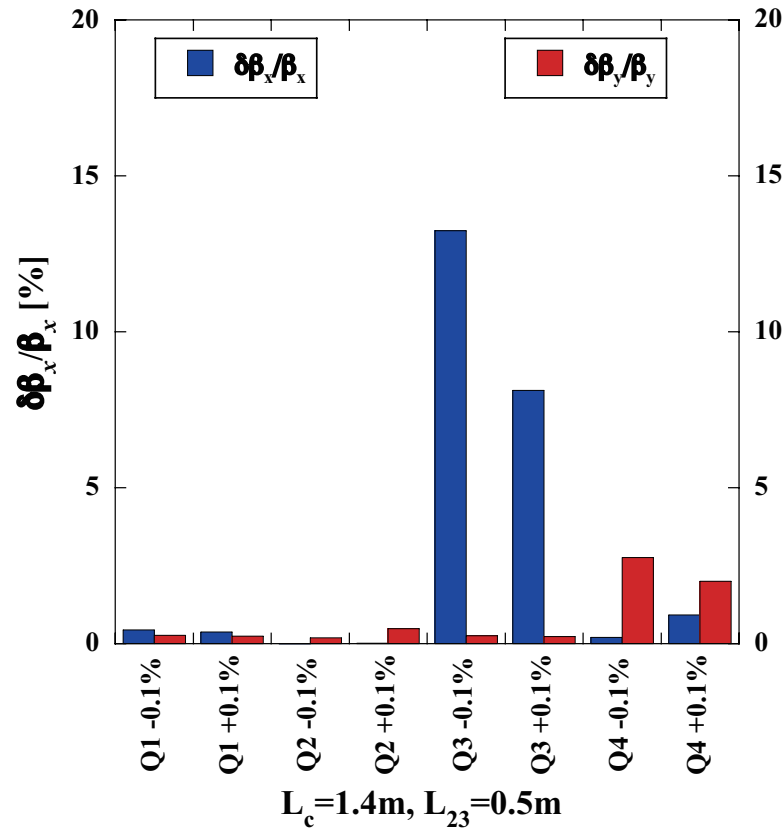
衝突点でのビームサイズ(シミュレーション結果)

	$\sigma_p/p = 0.3 \%$		$\sigma_p/p = 1 \%$	
$K < 5$	$\sigma_x [\text{um}]$	$\sigma_y [\text{um}]$	$\sigma_x [\text{um}]$	$\sigma_y [\text{um}]$
1次転送行列	12.81	6.57	12.81	6.57
$L_c = 1.4\text{m}/L_{23} = 0.5\text{m}$	16.76	7.06	38.08	10.82
$L_c = 1.5\text{m}/L_{23} = 0.5\text{m}$	17.18	7.15	40.12	11.42
$L_c = 1.6\text{m}/L_{23} = 0.5\text{m}$	17.63	7.24	42.21	12.06
$L_c = 1.6\text{m}/L_{23} = 0.65\text{m}$	16.76	7.24	38.12	12.03

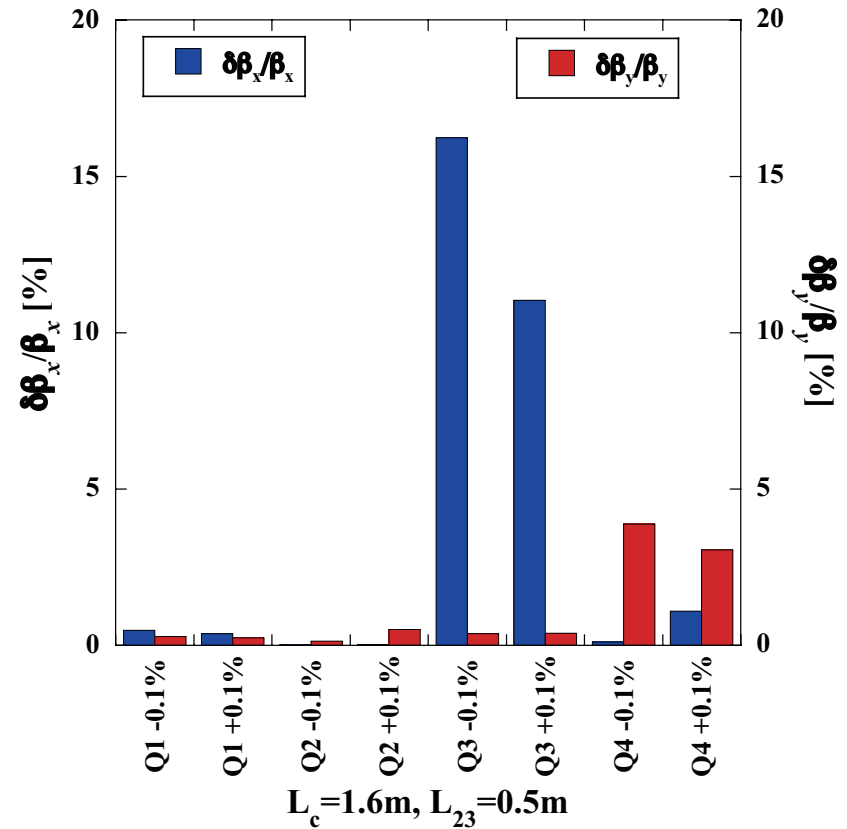
- (1) L_c が大きい方が運動量広がり(変動)の影響が大きくなる。
- (2) L_{23} が大きい方が運動量広がり(変動)の影響が小さくなる。

磁場誤差の影響(1)

QのK値に0.1%の誤差を与えたときの β 関数の変化の絶対値



$L_c=1.4\text{ m}/L_{23}=0.5\text{m}$

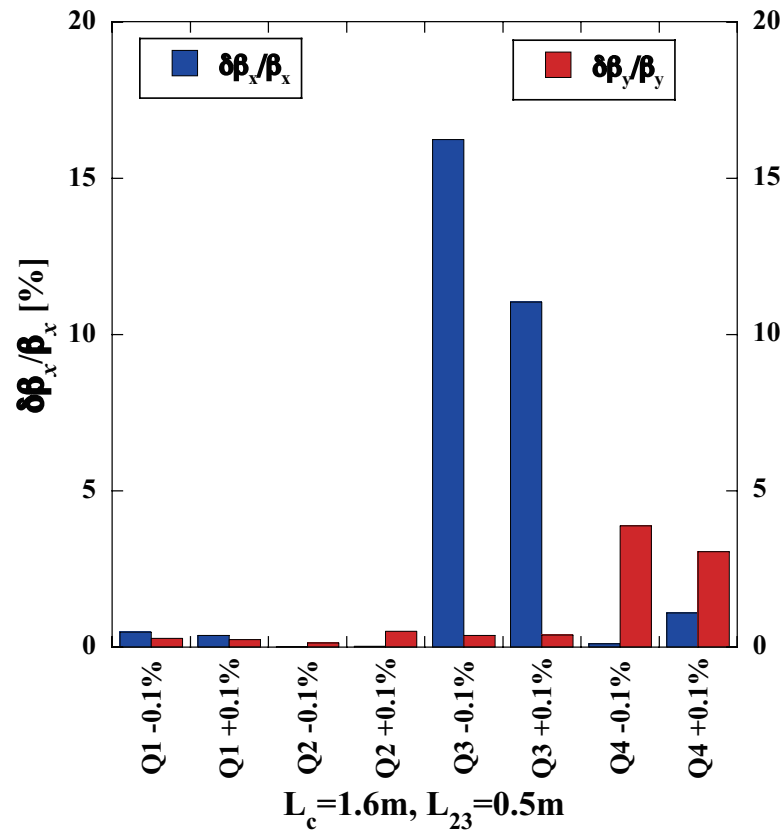


$L_c=1.6\text{ m}/L_{23}=0.5\text{m}$

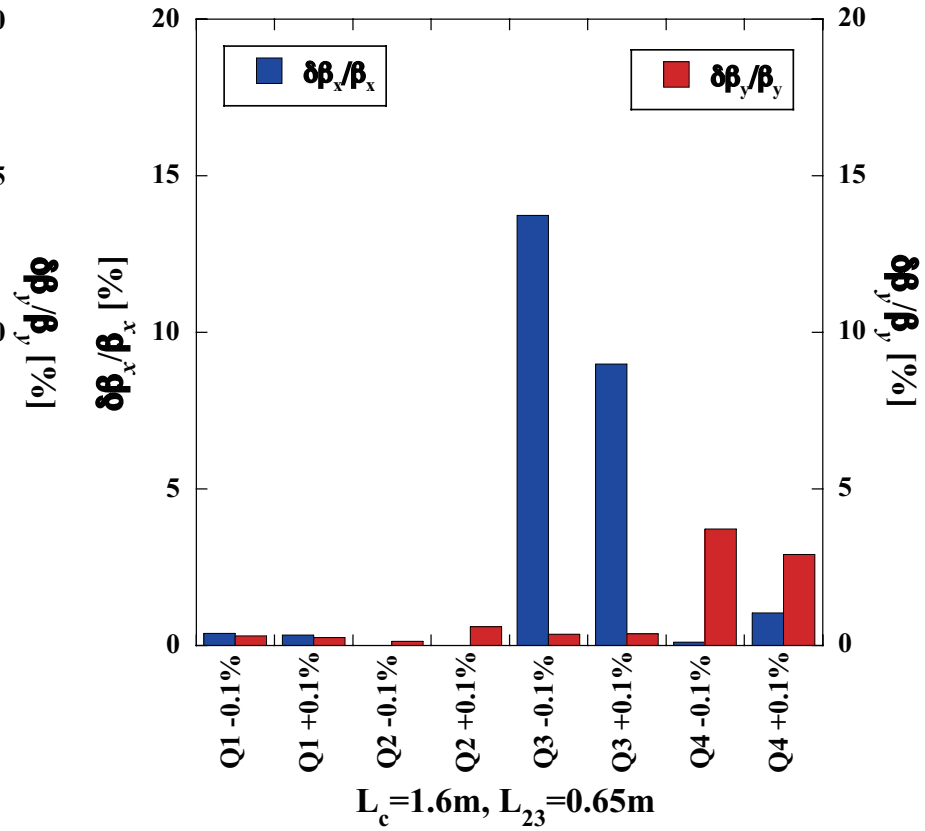
L_c が大きい方が磁場誤差の影響は大きい。

磁場誤差の影響(2)

QのK値に0.1%の誤差を与えたときの β 関数の変化の絶対値



$L_c=1.6 m/L_{23}=0.5m$

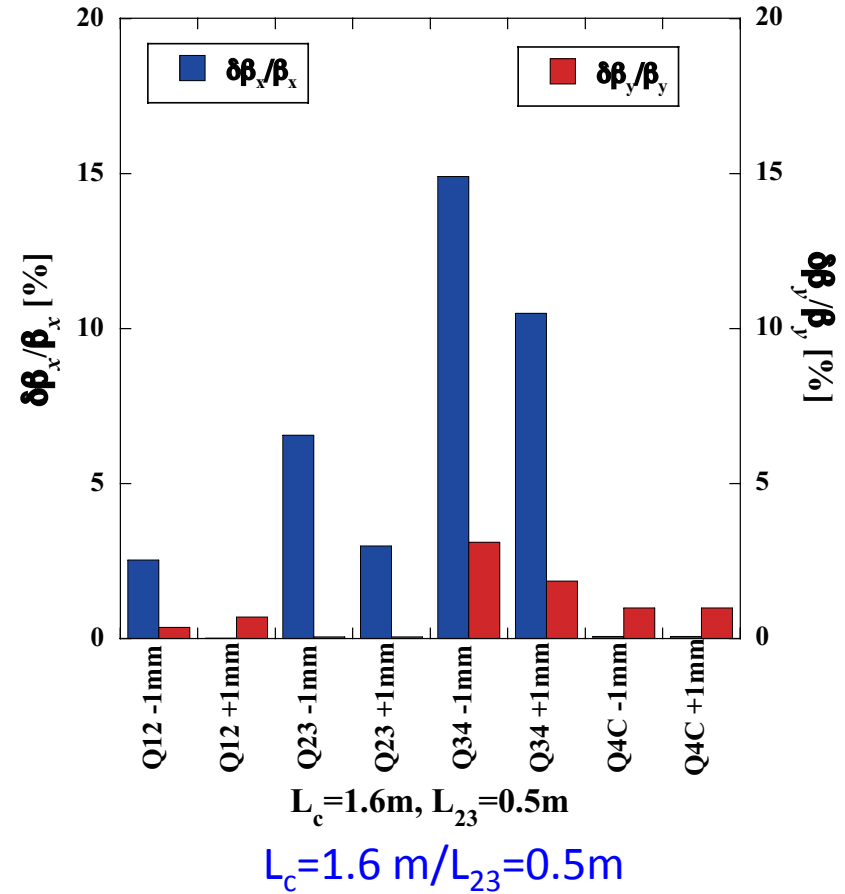
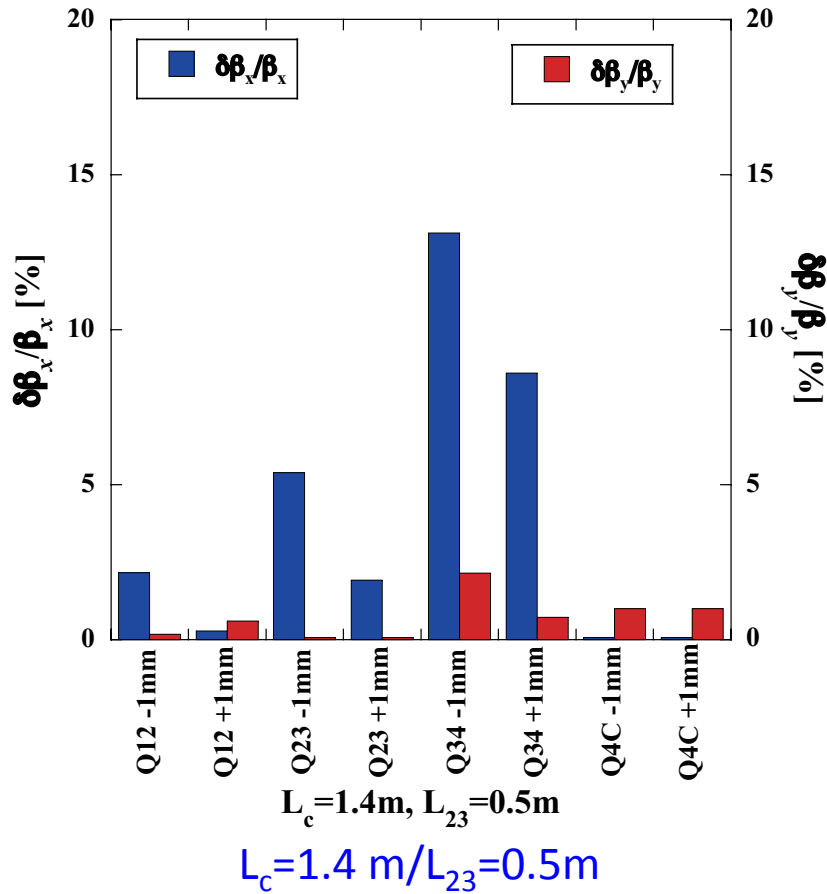


$L_c=1.6 m/L_{23}=0.65m$

L_{23} が大きい方が磁場誤差の影響は小さい。

設置誤差の影響(1)

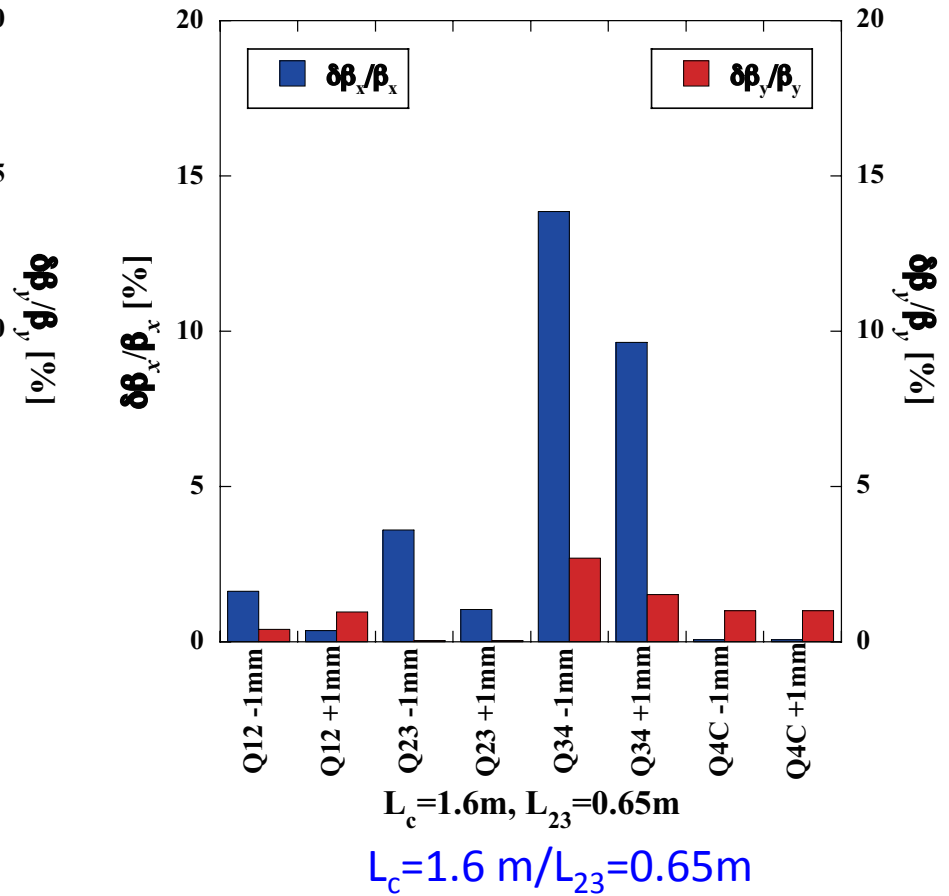
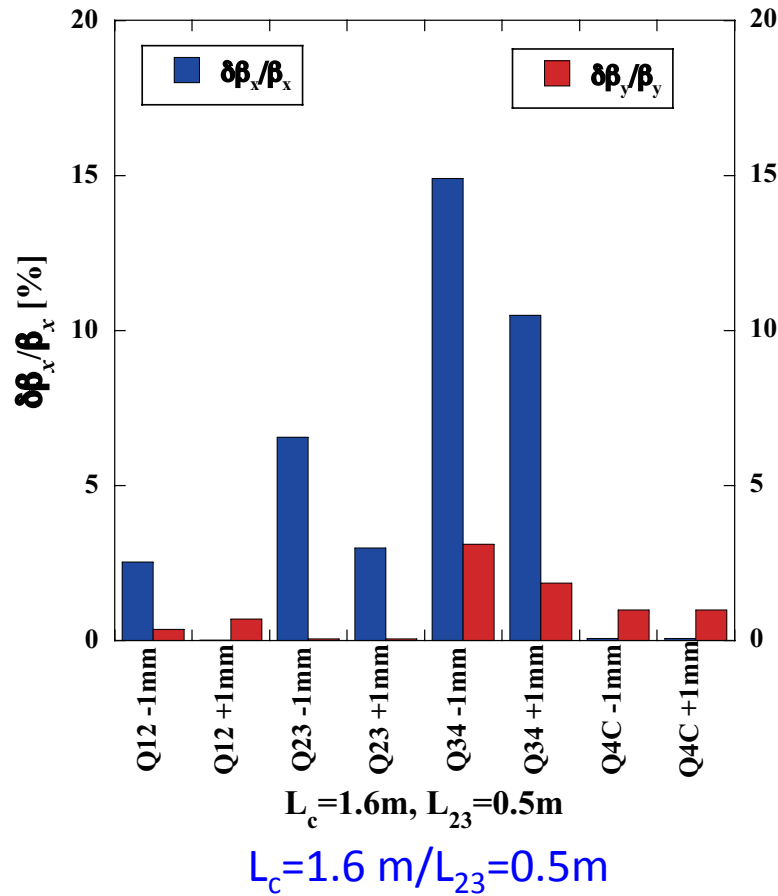
Q間のスペースに $\Delta z = \pm 1\text{mm}$ の誤差を与えた場合の β 関数の変化の絶対値



L_c が大きい方が設置誤差の影響は大きい。

設置誤差の影響(2)

Q間のスペースに $\Delta z = \pm 1\text{mm}$ の誤差を与えた場合の β 関数の変化の絶対値



L_{23} が大きい方が設置誤差の影響は小さい。

まとめと課題

- 共振器の設置面が 90° 異なると、水平・垂直ベータatron関数の値の入れ替えが起こるが、マッチングはとれそうである。ただし、最終オプティクスで確認する必要がある。
- モニタ等の配置を考慮して、衝突部スペース L_c とQ2-Q3間距離 L_{23} を伸ばしたオプティクスを検討した。運動量変動及び電磁石の磁場誤差と設置誤差のビームサイズへの影響は、 L_c が伸びると大きくなり、 L_{23} が伸びると小さくなる。
- LCS部での最大のビームサイズとアパーチャを考えると、ビームロスの観点から大電流では小さな規格化エミッタンス(例えば $10\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 以下)で運転すべきである。
- モニタ等の配置と共振器のスペースが問題ないか確認をとってLCSの配置を決定する。