

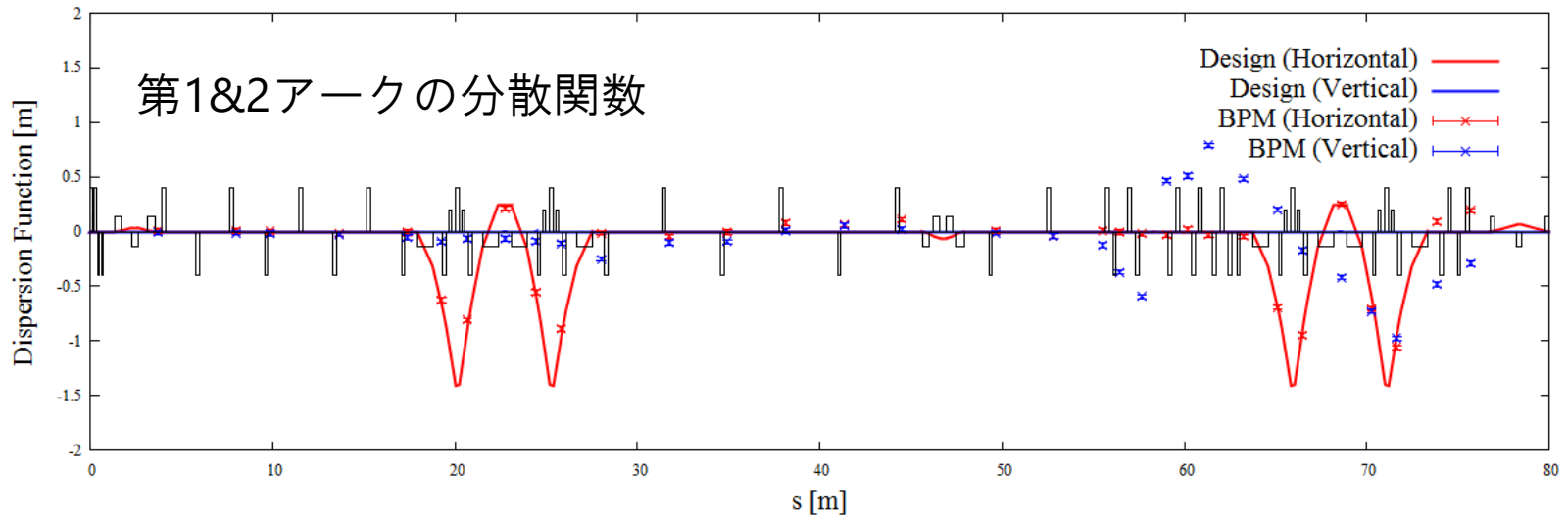
# 垂直方向の分散関数と スキューの検討

ビームダイナミクスWG  
2015年10月1日

加速器第7研究系  
島田 美帆、中村 典雄

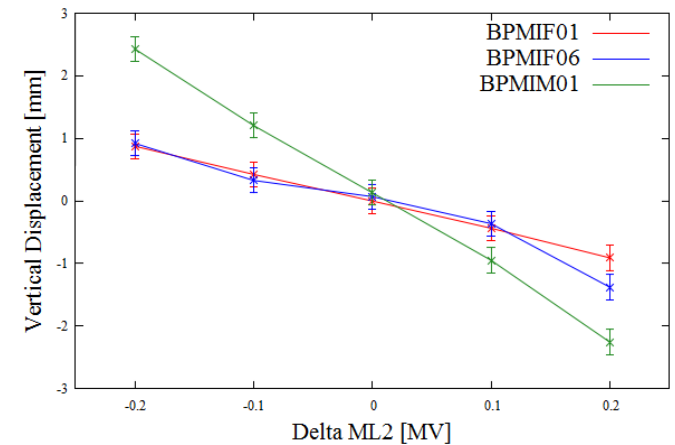
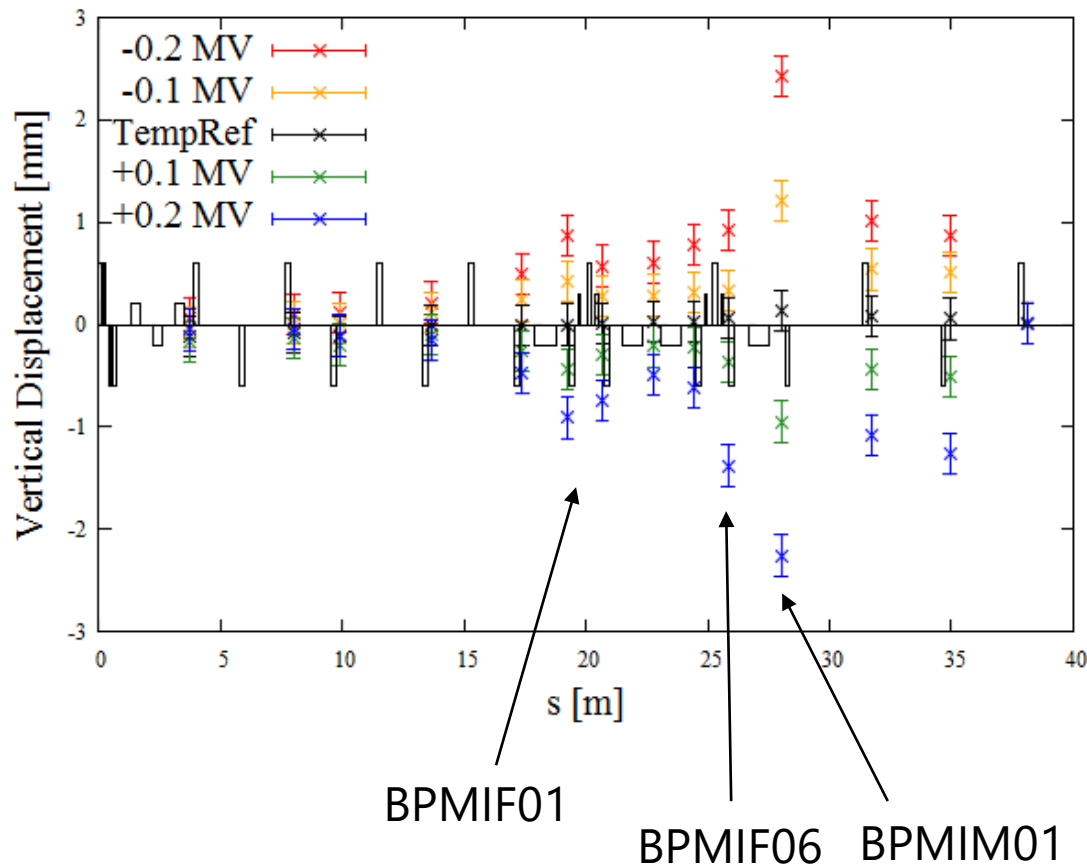
# 5/29のデータ

- IPAC'15（坂中さん発表）の資料のために分散関数を測定した日
  - ML2の振幅を変えたときの軌道の変化から分散関数を推定。
  - BPMの測定誤差は0.2mmとする。一昔前のx 1.2の補正ファクターは入っていない。
  - 19:00頃～ 第1アーケのみ（-0.2MV, -0.1MV, 0MV, +0.1MV, +0.2MV）
  - 22:00頃～ 第1&2アーケ（-0.2MV, 0MV, +0.2MV）
  - 垂直方向のTempRefが正確にオフセットされており、信頼度の高いデータ



# BPMによる分散関数の測定

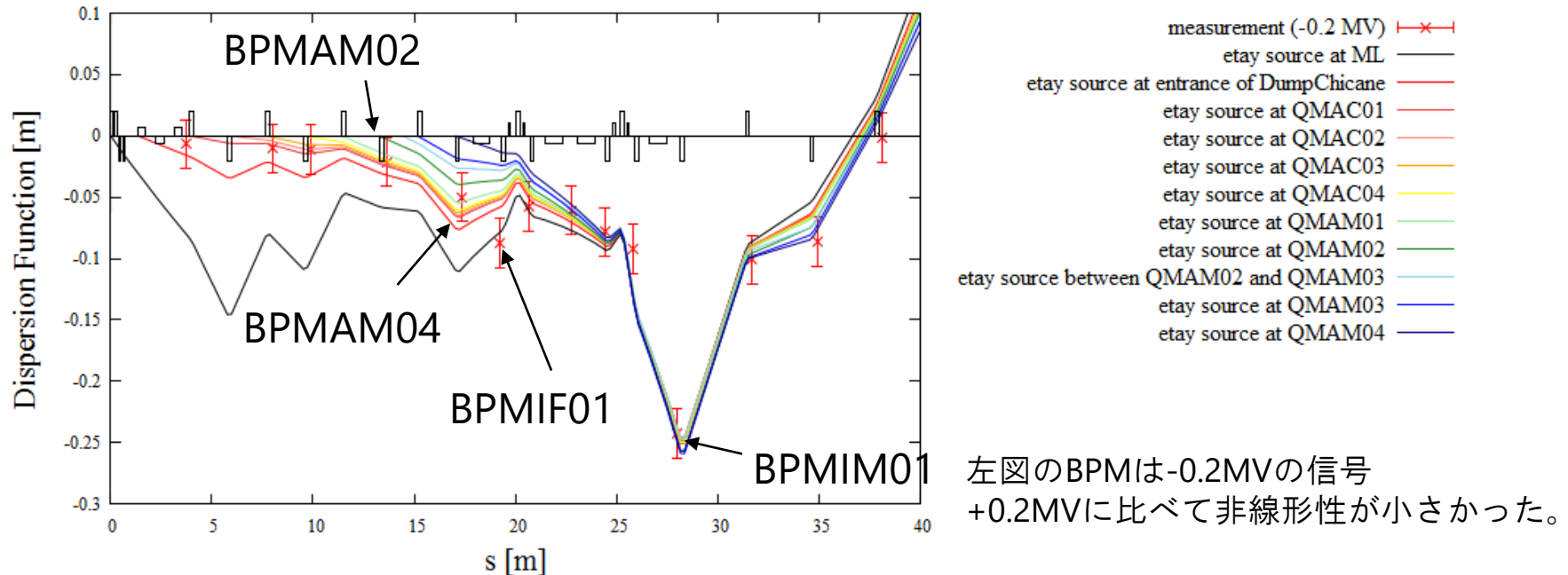
- 19:00頃の垂直方向のデータ
  - -0.2 MV, -0.1MV, 0MV, +0.1MV, +0.2MVの5つのデータ
  - 第1アーク出口付近で非線形性が現れている。+0.2MVのデータで非線形性が目立つ



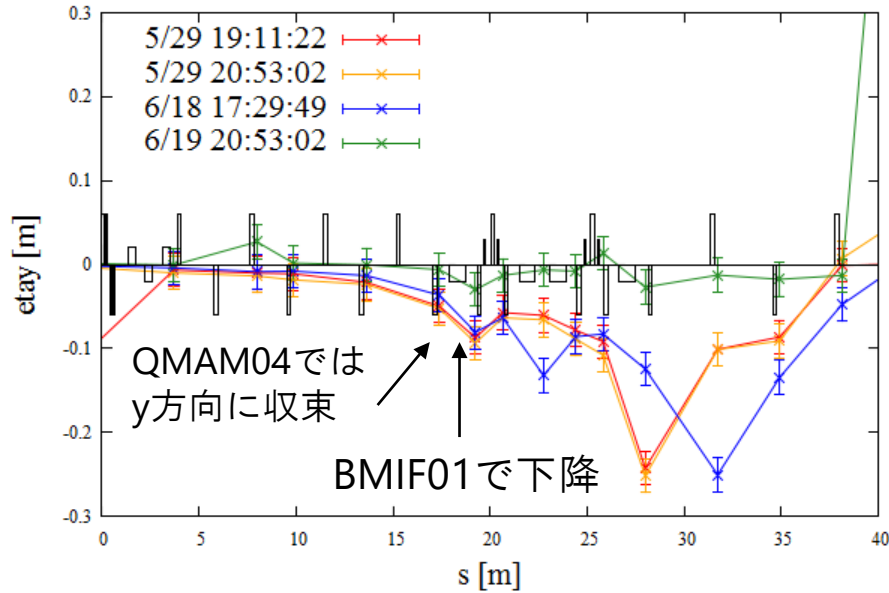
垂直方向の分散の非線形性

# 垂直方向分散関数発生源の調査

- 垂直方向の分散関数が発生する場所を推定
  - 分散関数を測定中の190014.log（自動取得）をelegantの台本に入力。
  - ある1点で $\eta'y \neq 0$ が発生したとして分散関数を計算。
  - BPMIM01でBPMの測定値と一致するように $\eta'y$ を設定。
- 第1アーク手前の広範囲で発生しているのではないか。
  - 下図の $s=10\text{m}$ までは目立った $\eta'y$ がないため、 $\eta'y$ はその下流から発生していると考えられる。もし、主空洞付近が原因ならダンプシケイン直後の $\eta'y$ が大きいはず。
  - BPMAM02付近から $\eta'y$ が目立つようになる。
  - BPMAM04よりBPMIF01が $\eta'y$ が大きいいため、QMAM04~QMIF01の間にも発生源があると思われる。（QMAM04は $y$ 方向に強く収束しているため。）



# これまでの分散関数の測定結果の比較 I



- 5/29 (金)
  - 第1アークだけ調整した時と第2アークも調整した時の2回。
  - どちらもほぼ同じ応答。同じ日では再現性あり。
- 6/4 (木)
  - 数値データは残っていないが、画像記録によると、分散関数調整後は第1アークの $\eta_y$ の漏れは十分小さくなっている ( $\Delta y < 1 \text{ mm}?$ )。
- 6/18 (木)
  - 第1アーク内部から5/29と異なる。
- 6/19 (金)
  - この日は特別に分散関数が小さい。
  - 電子ログによると、QMIF01とQMIF06の中心通しをやり直したら、分散関数が減少した。
  - しかし、主空洞直後の軌道が6/18以前のものとは違うため、主空洞手前の軌道にも依存しているかもしれない。
- 6/25 (木)
  - 数値データは残っていないが、画像記録によると、分散関数調整後は第1アークの $\eta_y$ の漏れは十分小さくなっている ( $\Delta y < 1 \text{ mm}?$ )。

## 分散関数 $\eta_y$ の傾向

1. 北側直線部で $\eta_y$ が下降する傾向
2. BMIF01でも $\eta_y$ が下降する。

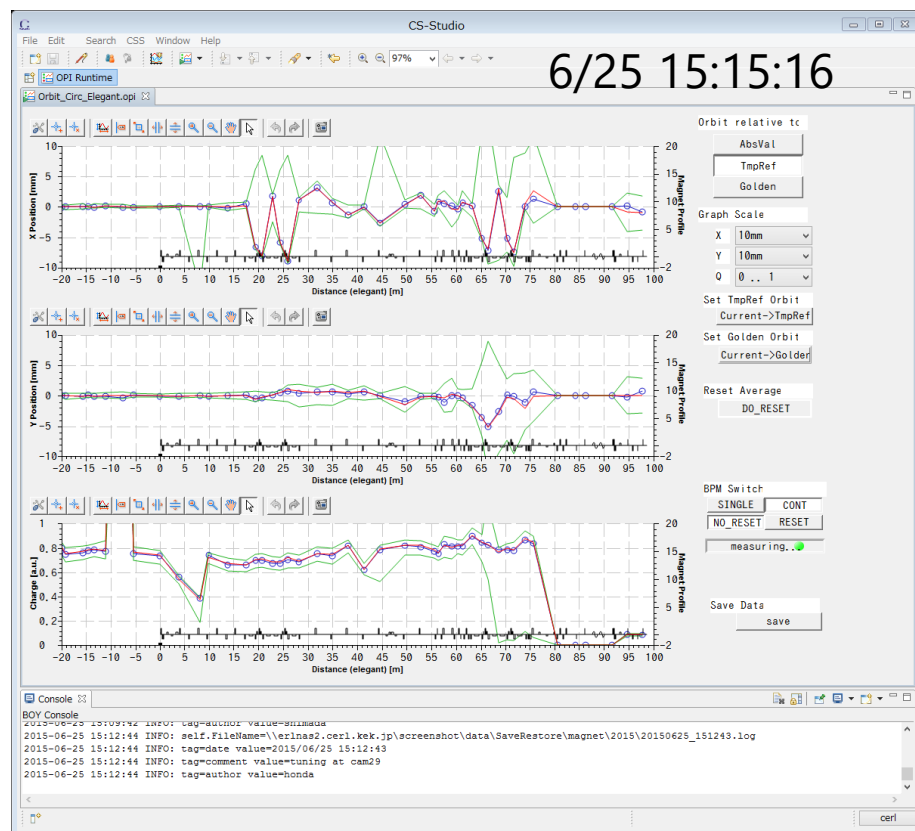
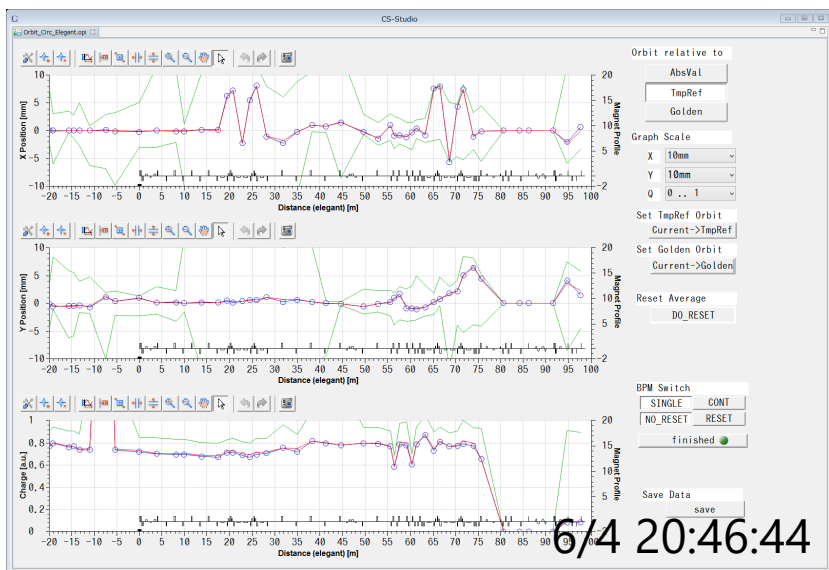
- 手前のQMAM04では垂直方向に収束しているため、BMIF01で発生していると考えられる。

## 対策案

1. アークの入口で $\eta_y$ をゼロに近づけると、分散関数がアークで大きくなるしない。
  - しかし、具体的な方法は不明。
  - ベストオプティクスは6/19、QMIF01と06の中心を丁寧に通していた。
2. アークに設置したスキューを用いる。
  - 6極電磁石の補正コイルがスキューの役目を果たす。

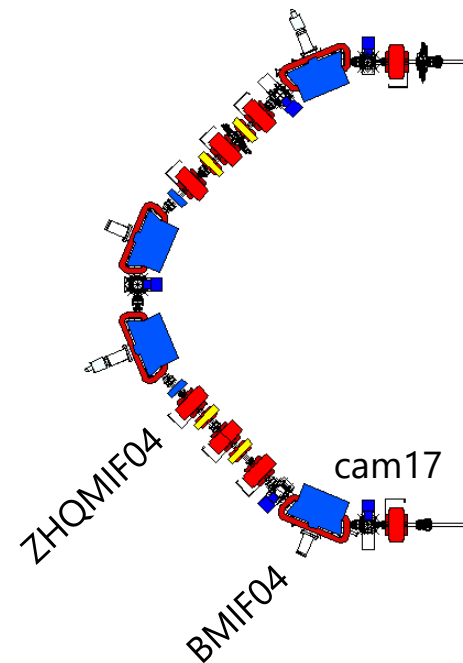
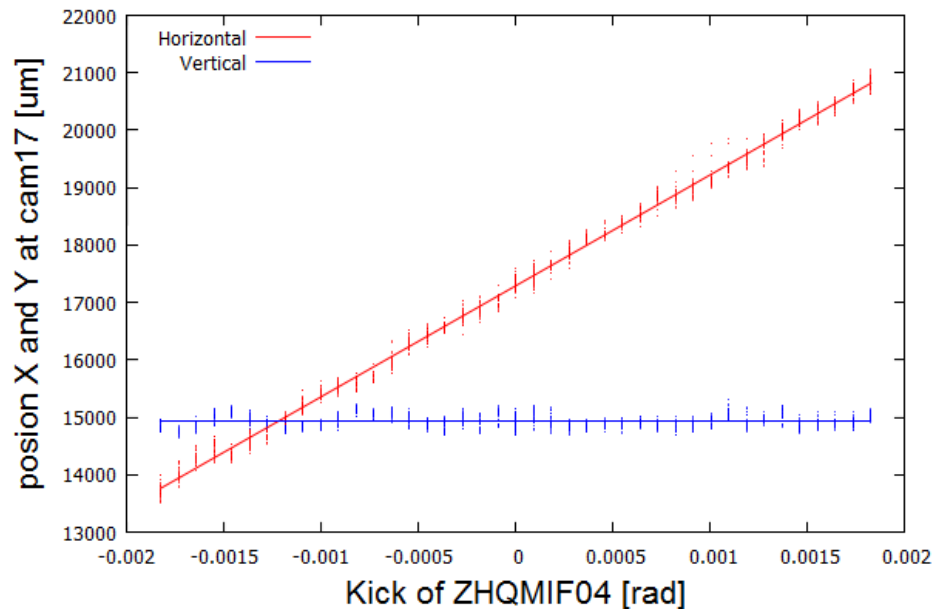
# 分散関数画像記録

- 数値データを残していない6/4と6/25の分散関数の画像記録
- 第2アーク付近は、垂直方向でTempRefが正しく取れてない可能性がある。



# 偏向電磁石のカップリング

- BMIF01による $\eta$ の変化の比率は、 $\eta_x : \eta_y \sim 10:1$ である。
- 2015/6/3に測定したBMIF04のステアリングの応答結果では、10%のカップリングは見られない。
  - ZHQMIF04のステアリングにキックをCam17で測定。
  - 間のQは残留磁場を打ち消す量だけ励磁している。
  - 水平と垂直方向の傾きの比は1000:1であり、カップリングは0.1%のオーダーであった。
- BMIF01は他の45度偏向電磁石と違う時期に作製しているが。。。次回のスタディで測定する。



# Skew電磁石によるマッチング

測定値を参考に $\eta_y$ を模擬して、アクロマートにするマッチングを試みる。

- 初期設定
  - ダンブシケイン直後に $\eta'y=-0.0035$ を設定し、BPM信号を模擬した。また、 $\eta x=\eta y=0, \eta'x=0$ とした。
    - 測定値と同じように、第1アーク出口で $\eta y=-0.25\text{m}$ 程度となるように設定。
  - 電磁石の設定は190014.logを入力
    - マッチング前の水平方向の分散が閉じていないのはそのため。
- 6極電磁石を45度回転したQUADと仮定してマッチング
  - マッチング条件：第1アーク出口で $\eta x=\eta y=0, \eta'x=\eta'y=0$
  - 変数：2台の6極電磁石、ZSQIF02, ZSQIF04
  - 手順：ZSQIF02と04で $\eta y=\eta'y=0$ の解を見つけた後、QMIF05,06の2台で $\eta x=\eta'x=0, \eta'x=\eta'y=0$ の解を見つける（2段階）

	K [m <sup>-2</sup> ]	B' [T/m] @20MeV
ZSQIF02	0.19	0.012
ZSQIF04	-0.07	-0.0047

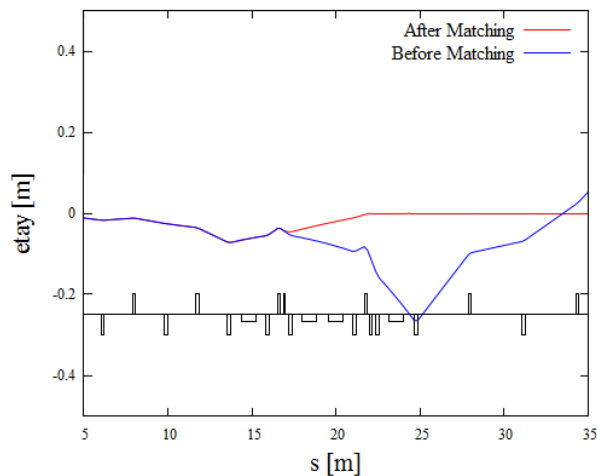
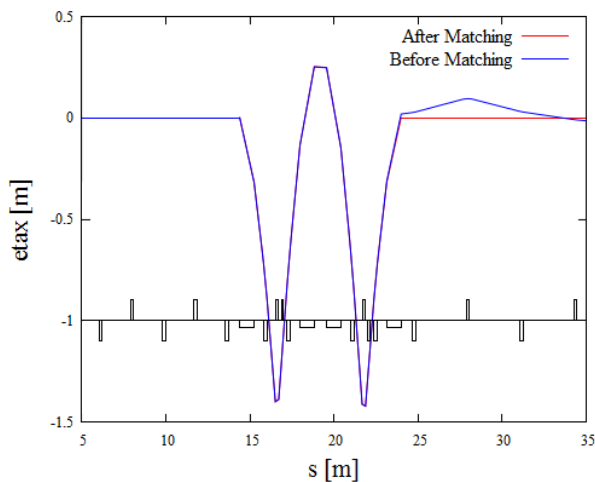
Skew四極電磁石のK値 (L=0.1 m)

	Before K [m <sup>-2</sup> ]	After K [m <sup>-2</sup> ]
QMIF05	7.53	7.57
QMIF06	-1.98	-2.20

マッチング前後のQUADの変化

	Before [m]	After [m]
R56	-0.0236	-0.0255

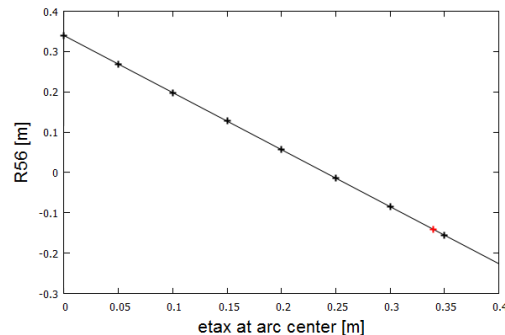
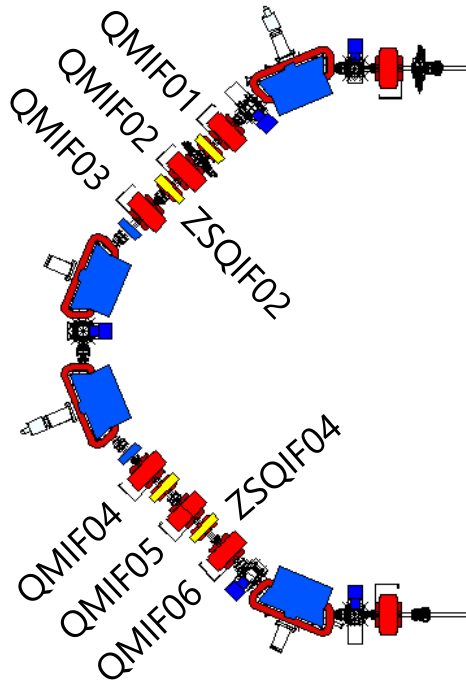
マッチング前後のR56の変化



マッチング前後の分散関数の変化



# ビーム調整の方法（暫定案）



R56の測定方法：従来と同じ。

垂直方向は $\rho=\infty$ なので、 $\eta_y$ はR56に影響を与えず。

## ビームの調整方法

1. まずは北直線部で分散関数を抑えてみる。
  - QMIF01とQMIF06の中心通しなどをしっかりと行う？ (6/19)
  - 具体的な調整方法は不明である。
2. ZSQIF02とZSQIF04で $\eta_y=\eta'_y=0$ とマッチングを行う。
  - SXIF02とSXIF04の比率は-1:2
3. QMIF05~QMIF06の2つで、 $\eta_x=\eta'_x=0$ 、 $\eta_y=\eta'_y=0$ のマッチングを行う。
  - ほとんどQMIF06しか使わない。
4. R56がずれた場合、専用パネルで調整。(QMIF01-06)
  - 計算上ではほとんど変化なし
5. 3の調整で分散が漏れたら、1からやり直し。

# Skew電磁石によるマッチング

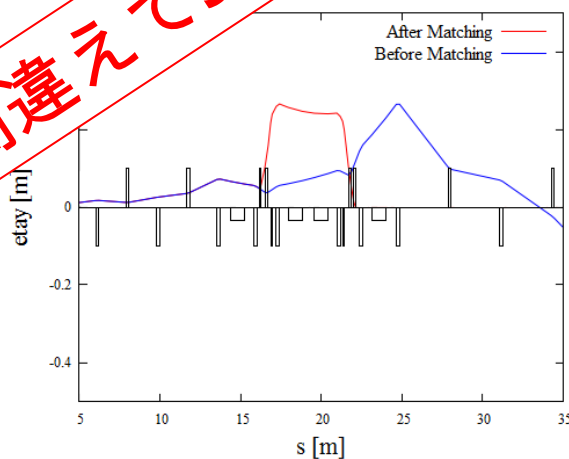
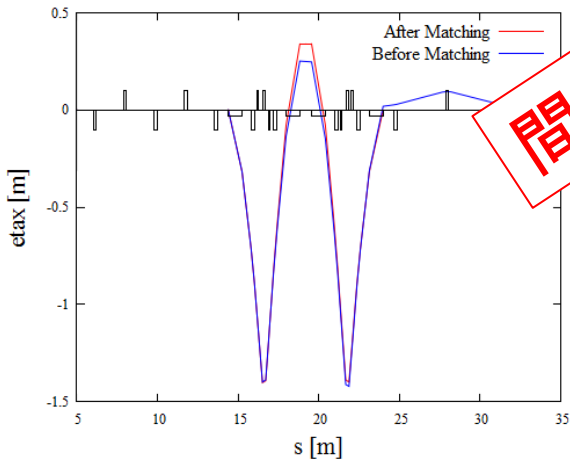
## • 初期設定

- ダンプシケイン直後に $\eta'y=0.0035$ を設定。また、 $\eta x=\eta y=0, \eta'x=0$ とした。
  - 測定値と同じように、第1アーク出口で $\eta y=0.25\text{m}$ となるように設定。
- 電磁石の設定は190014.logを入力
  - マッチング前の水平方向の分散が閉じていないのはそのため

## • 6極電磁石を45度回転したQUADと仮定してマッチング

- マッチング条件：第1アーク出口で $\eta x=\eta y=0$
- 変数：4台の6極電磁石、SXIF01-04
- 手順：SXIF01と04で $\eta y=\eta'y=0$ の解を見つけて、SXIF02と03で $\eta x=\eta'x=0, \eta'x=\eta'y=0$ の解を見つける（2段階）

間違えてskew 4台で計算



	K [m <sup>-2</sup> ]	B' [T/m] @20MeV
SXIF01	1.99	0.133
SXIF02	-2.58	-0.172
SXIF03	-2.64	-0.176
SXIF04	2.06	0.137

第1アークのR56: -0.02 [m] (前) → -0.14 [m] (後)

マッチング前後の分散関数とR56の変化

Skew四極電磁石の  
パラメータ  
L=0.1 m