

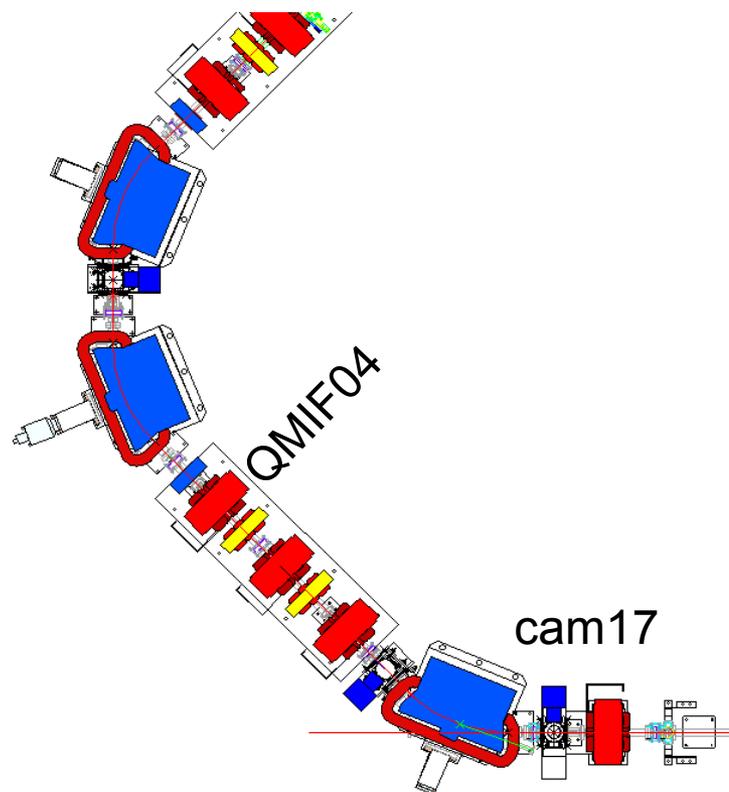
# 偏向電磁石応答とItoK値の 測定について

ビームダイナミクスWG  
2015年7月8日(水) 14:00~  
PF研究棟2F会議室

Study実施日 2015年6月3, 5, 10日  
島田 美帆、中村 典雄、宮島 司、加藤 龍好

# BMIF04の転送行列の測定

- ZH(V)QMIF04とcam17のR12とR34の測定
  - 間のQMIF04,05,06はK=0に設定して標準化。
  - 誤って、ZHBMIF04を励磁してしまった(あまり影響はないはず)

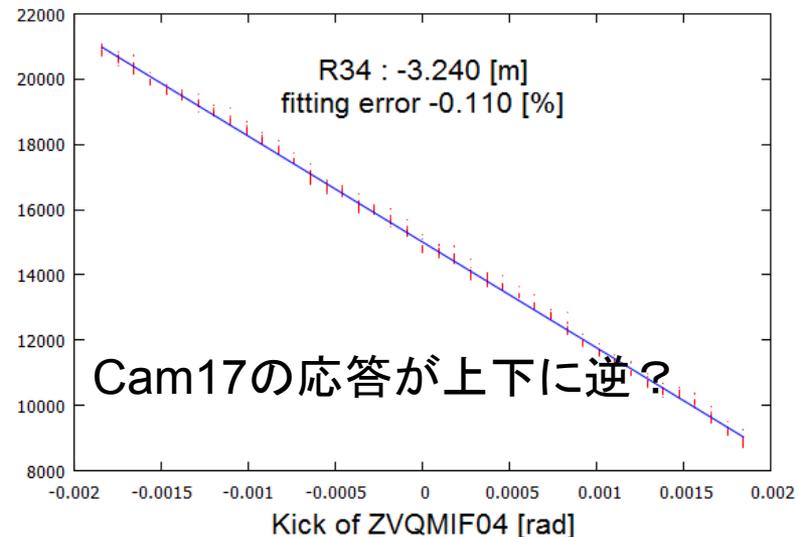
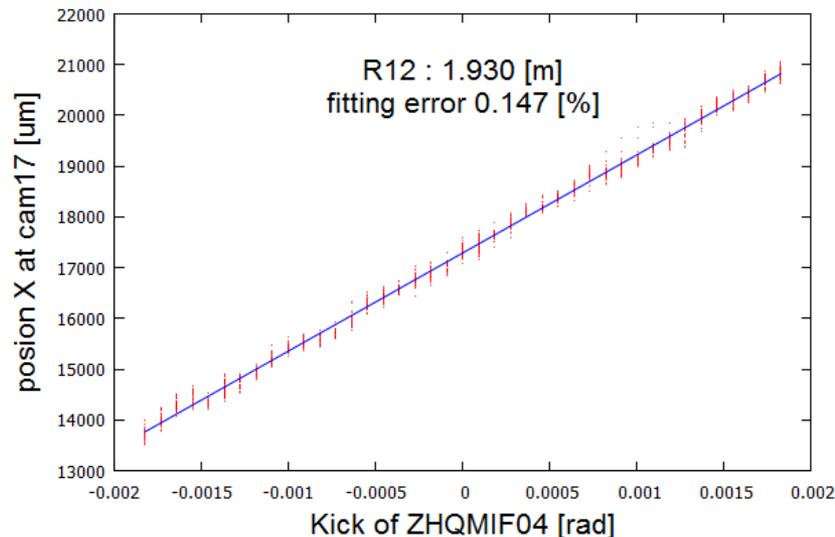


# 測定値と設計値の比較

## • BMIF04のR12とR34の測定値と設計値の比較

- 誤差が数%あり、想定より大きい。
- 他のstudy (ItoK値study)の結果を見ると、水平方向のステアリングのキック力がわずかに小さい。
- Cam17の上下の応答が逆のようである。
- ベンドを挟まない直線部 (ZH(V)QMIL03-cam21、Feb.2014)の測定では2~3%の誤差があった。
- 全周のSingle Kick測定で大きなエラーの原因になるかもしれない→BPMの測定誤差以下なので、
- スクリーンによるステアリングキックの再測定希望

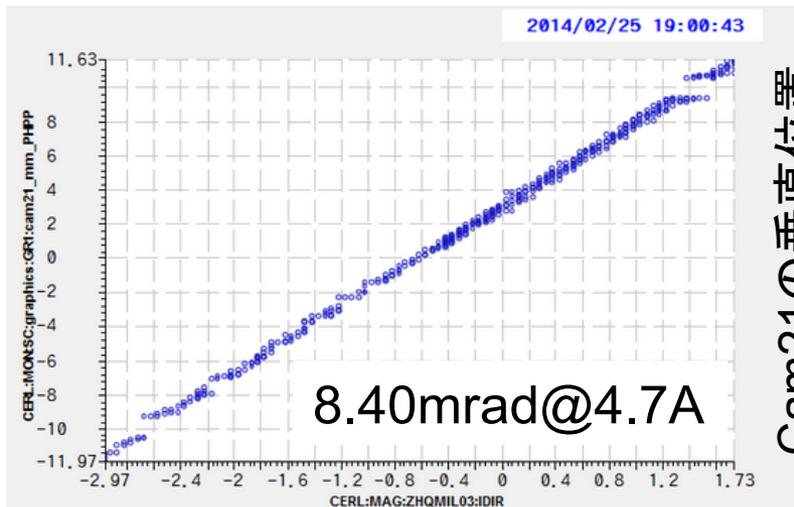
	測定値 (fitting誤差)	設計値 (磁場測定地)	測定値と設計値の誤差
R12	1.93 m (0.14%)	2.00 m	4%
R34	3.24 m (0.11%)	3.34 m	3%



「よい結果」という結論になっている。

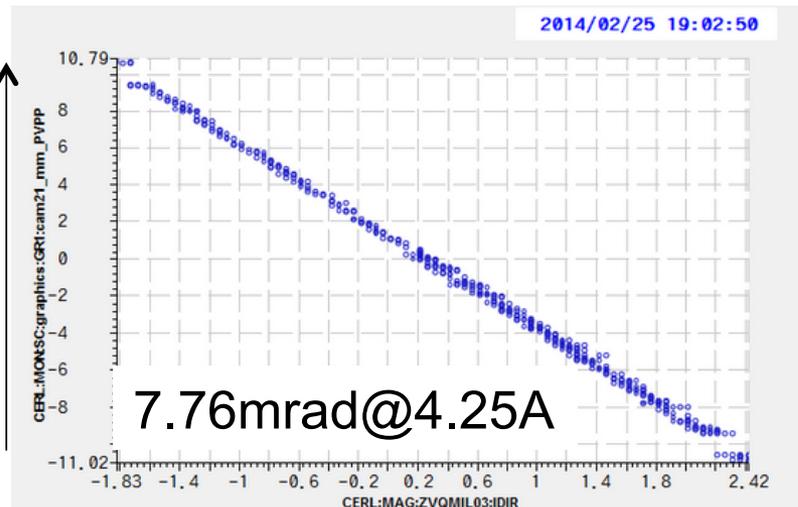
# QUADのステアリング

↑  
Cam21の水平位置



→  
ステアリング (ZHQMIL03)電流

↑  
Cam21の垂直位置



→  
ステアリング (ZVQMIL03)電流

	ビームとCAD図	磁場測定	誤差
水平	1.78	1.73	3%
垂直	1.82	1.85	1.6%

非常によく一致した。

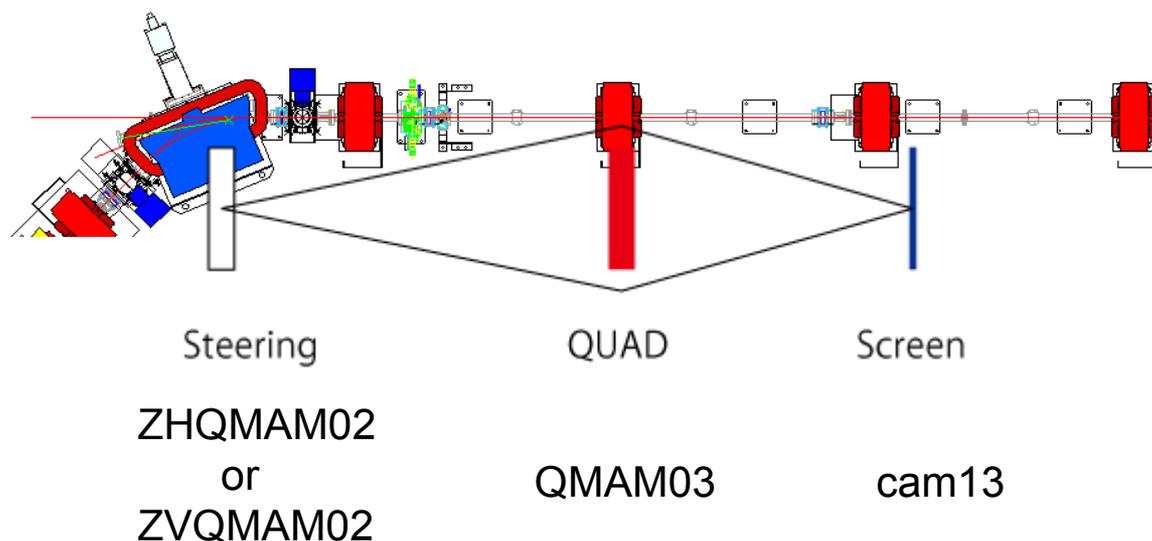
Q成分はゼロ、20cmQ:ステアリング10turn

# ItoK値測定study 1

ビームの応答が2-3%以内の精度で設計値と合っていることを示したい。  
(10%の誤差は大きすぎるそうです。)

## • 北側直線部のItoK値測定

- 電磁石の標準化を実施
  - 間のQは残留磁場を打ち消すだけ励磁 ( $K=0$ ,  $I$ はnonzero)
- スクリーン上でビームをまとめるために、上流のopticsを微調整。

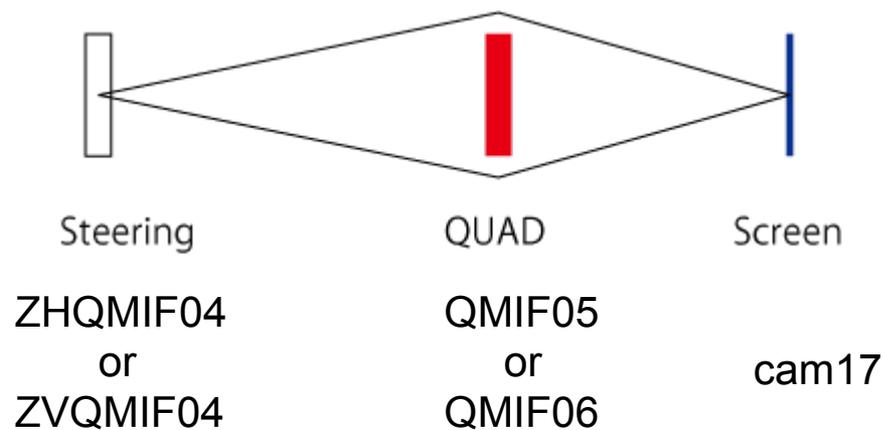


2通りの組み合わせ

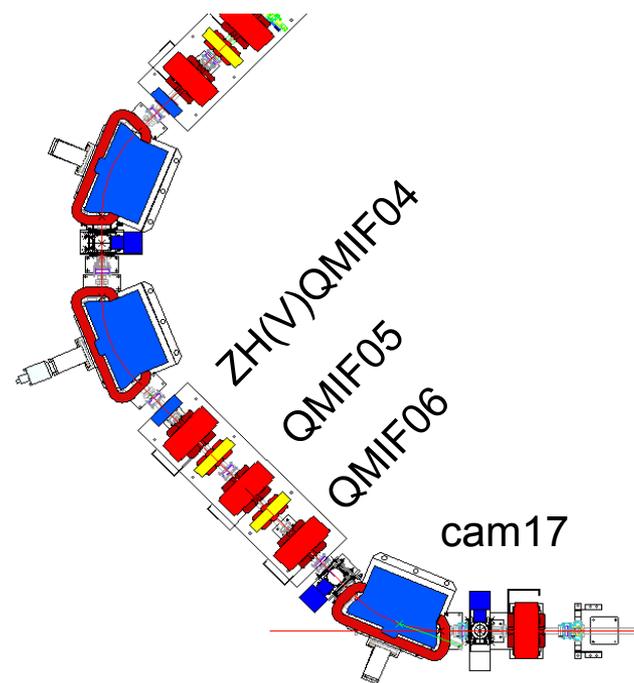
# ItoK値測定study 2

## • 第1アークのItoK値測定

- 同様に、電磁石の標準化を実施し、ビームをまとめるために、上流のopticsを微調整。
- 4通りの組み合わせで測定
  - QMIF01-06のすべてのデータを取る予定だったが、時間がかかるので一部しか測定しなかった。

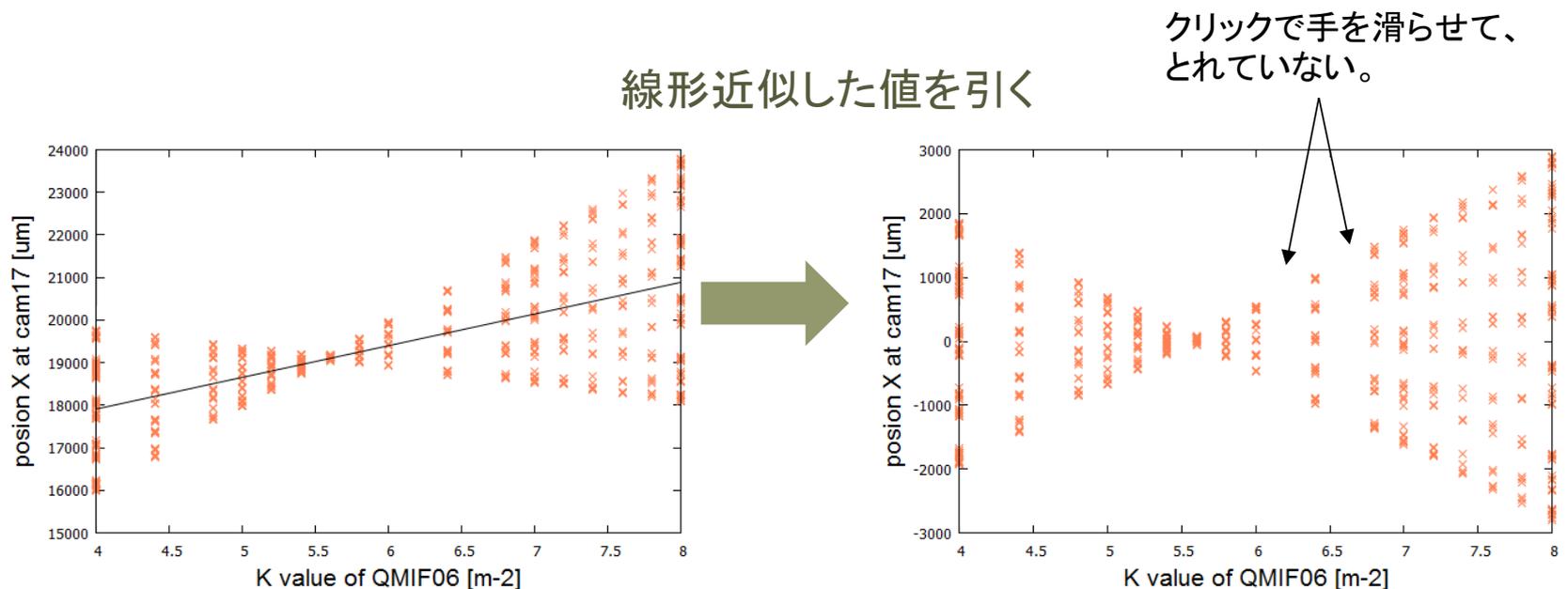


4通りの組み合わせ



# データ処理

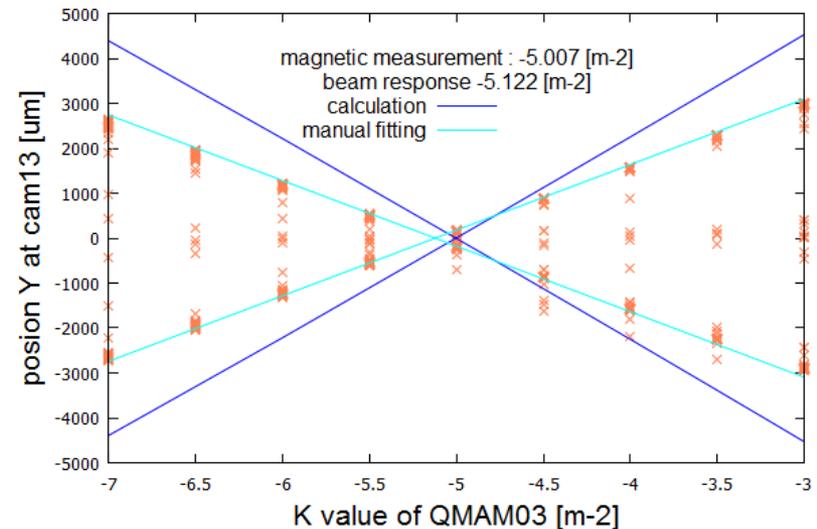
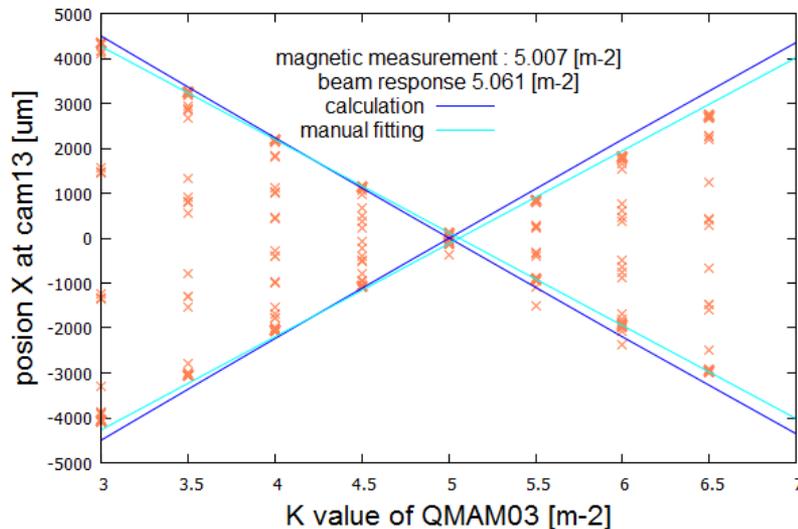
- K値を変えた直後の数点は前のデータは手動で除いた。
  - 前のデータを引きずっているため。
  - ZVQMIF05-QMIF06のデータのみ5点を消去し、他のデータは2点を消去。
  - 測定値にはK値を少しずつ手動で変えながら行った。
- Qの中心を通っていないデータは、線形近似した値を差し引いた。



# 設計との比較(北側直線部)

- ビームの応答を設計値と実測値で比較した。
  - 設計値(青線): ステアリングのキック量とQのItoK値は磁場測定の結果、転送行列は台本通り
  - 実測値(オレンジ): スクリーンで測定したデータ。測定誤差は不明。1pixelは57.5um。
  - 実測値の近似(水色): 測定結果を目視でfittingしたデータ。
- スクリーンで収束するK値は数%以下の精度で一致している。
  - 垂直方向のステアリングは1.5Aの予定だったが、1.0Aだった模様。
  - 水平方向の誤差は測定誤差以下のようなが、垂直方向は目視でもずれていることがわかる。

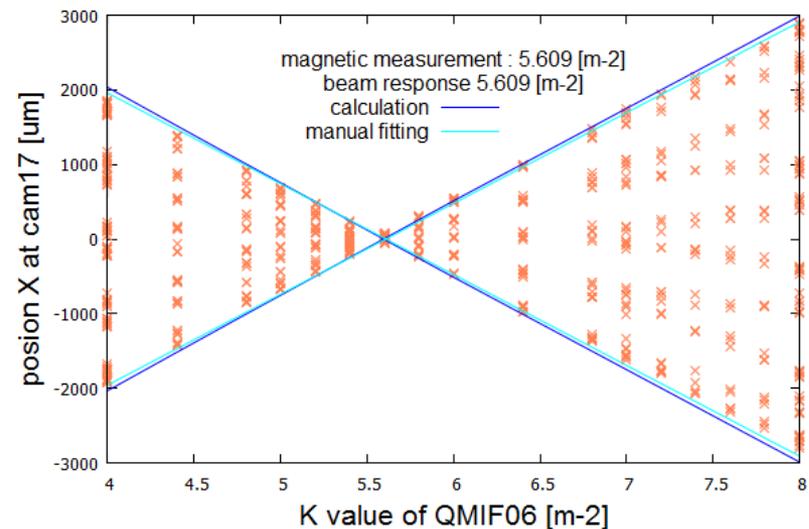
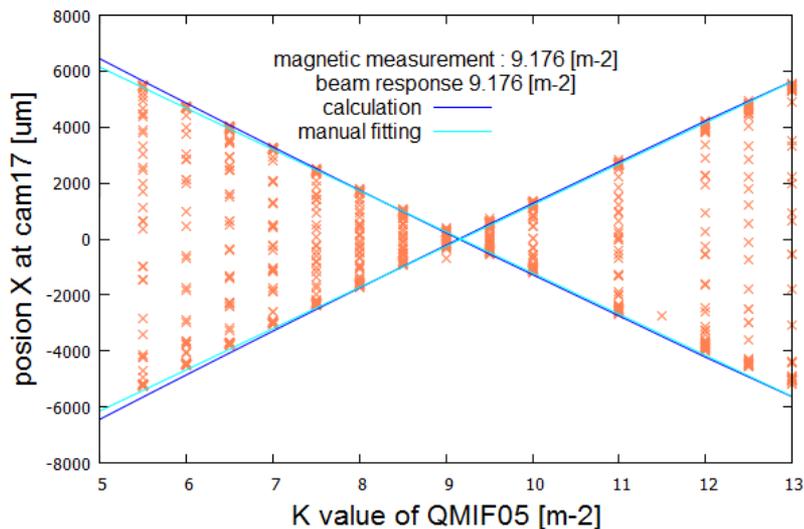
	設計値(磁場測定結果+台本による計算)	実測値	誤差
水平	5.007 m <sup>-2</sup>	5.061 m <sup>-2</sup>	< 1%
垂直	-5.007 m <sup>-2</sup>	-5.122 m <sup>-2</sup>	2%



# 設計値との比較(第1アーチ:水平)

- スクリーンで収束するK値は1%以下の精度で一致している。
  - 測定誤差は不明。1pixelは57.7 $\mu\text{m}$ 。
  - 水平方向の実測値は高い精度で設計通りであることがわかる。
  - ItoK値が磁場測定通り、ベンドの転送行列が台本通りであることを意味する。
  - 実際のステアリングのキック量が磁場測定より数%だけ小さい。
    - 偏向電磁石応答の結果と矛盾しない。

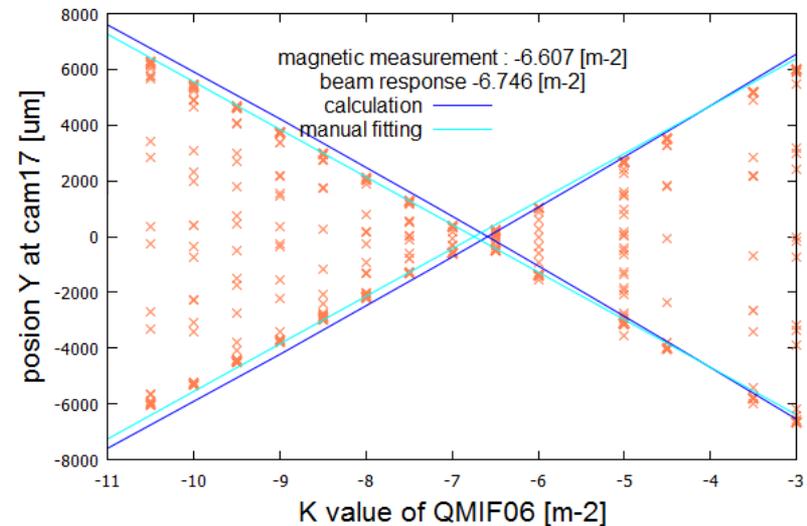
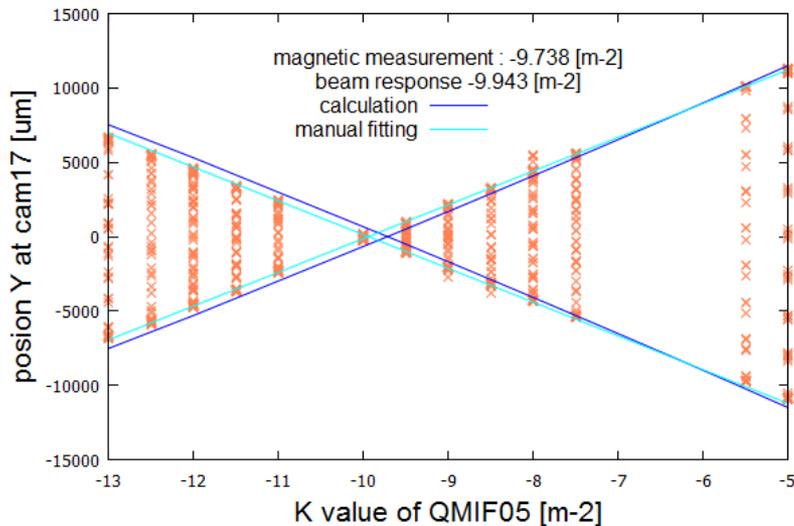
	設計値(磁場測定結果+台本による計算)	実測値	誤差
QMIF05	9.176 $\text{m}^{-2}$	9.176 $\text{m}^{-2}$	< 1%
QMIF06	5.609 $\text{m}^{-2}$	5.609 $\text{m}^{-2}$	< 1%



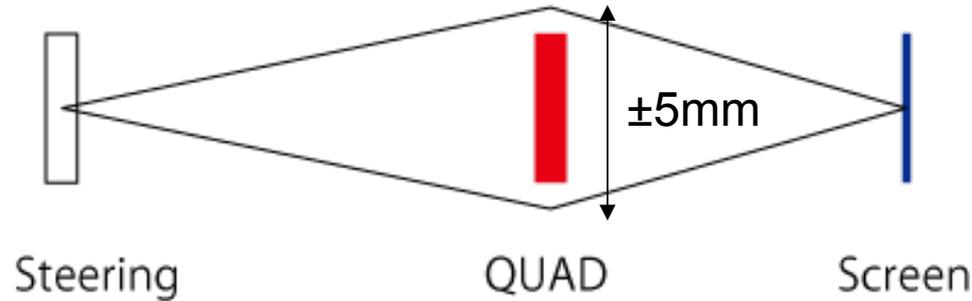
# 計算値との比較(第1アーケ:垂直)

- 磁場測定とビーム応答の誤差はどちらもおよそ+2%
  - どちらも磁場測定より垂直方向の収束力が弱い。
  - 北側直線部と同じ傾向がみられるので、誤差原因は45度偏向電磁石ではなくQ自身である可能性が大きい。
  - 水平方向と同じく、ステアリングキック量が数%小さい。

	設計値(磁場測定結果+台本による計算)	実測値	誤差
QMIF05	-9.738 m <sup>-2</sup>	-9.943 m <sup>-2</sup>	2%
QMIF06	-6.607 m <sup>-2</sup>	-6.746 m <sup>-2</sup>	2%



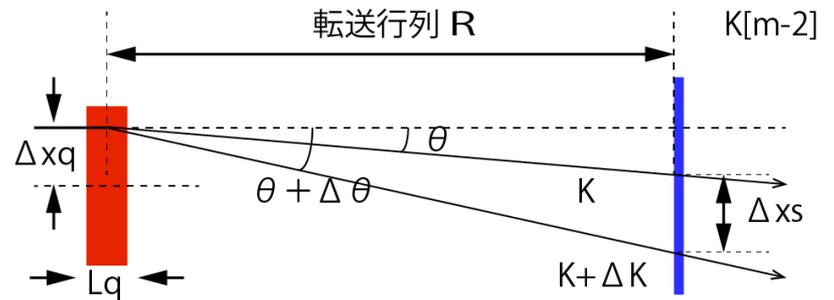
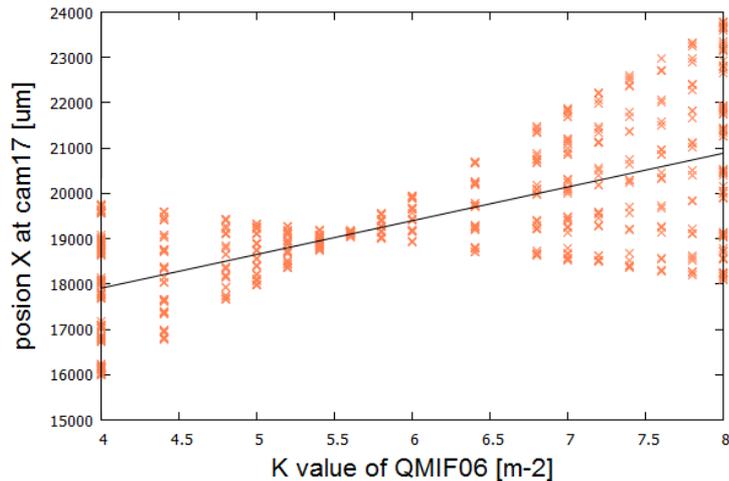
# Qの有効磁場領域について



- Qの中心から $\pm 5\text{mm}$ のずれでは、収束力の変化は測定誤差以下であった。
  - ステアリングのキック量はQの場所で $\pm 5\text{mm}$ となるように設定していた\*。
  - これまでに載せたグラフからは、収束力の変化は見られない。
  - Qのステアリングはゼロに設定している。→次回のstudyではステアリングが強い状態で同様の実験を行いたい。
- 参考値
  - 3DのOperaの計算(上田氏)によると、20cmQの有効磁場領域はおよそ $\pm 40\text{mm}$ である。
  - 誤ってZVQMIF04-QMIF06は $\pm 10\text{mm}$ 、ZVQMAM02-QMAM03は $\pm 3\text{mm}$ としてしまった\*。
  - ステアリングのキック量
    - 水平方向:  $1.828 \text{ mrad/A}$ 、垂直方向:  $1.845 \text{ mrad/A}$
  - ステアリングーQUAD間距離
    - ZH(V)QMAM02-QMAM03  $1.88\text{m}$ 、ZH(V)QMIF04-QMIF05  $0.7\text{m}$ 、ZH(V)QMIF04-QMIF06  $1.4\text{m}$

# Q scanによる軸通し

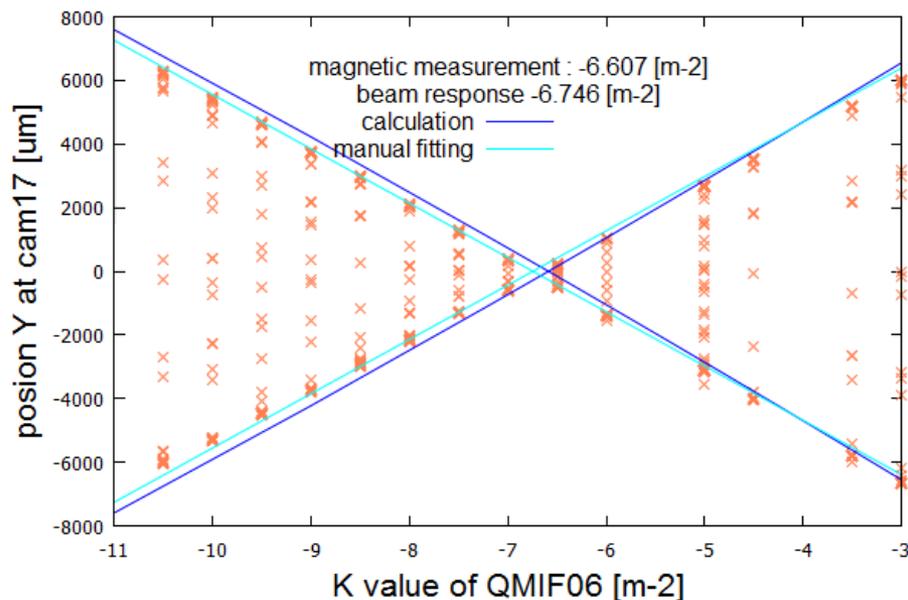
- どの程度Qの中心からずれていたかを推定。
  - ItoK値の実験を行う前に軸通しを忘れてしまった。
  - ZHQMIF04-QMIF06-cam17のデータ
  - $\Delta K \sim 4\text{m}^{-2}$ ,  $\Delta x_s \sim 3\text{mm}$ ,  $L_q = 0.2\text{m}$ ,  $R_{12} = 1.3\text{m}$ からの推定値:  $\sim 3\text{mm}$
- ビーム運転前に行っているQの軸通しも同様である。
  - そのQのステアリングでキックした応答をスクリーンで測定すれば、 $R_{12}$ ,  $R_{34}$ がわかる。



$$\Delta x \downarrow q \sim \Delta x \downarrow s / R \downarrow 12 \Delta K L \downarrow q, \Delta y \downarrow q \sim \Delta y \downarrow s / R \downarrow 34 \Delta K L \downarrow q$$

# スクリーンのfitting data file

# date: 2015/06/05 22:41:17  
# X: CERL:MAG:QMIF06:KDIR  
# Y: CERL:MON:SC:cam17:Vcoef\_bfit

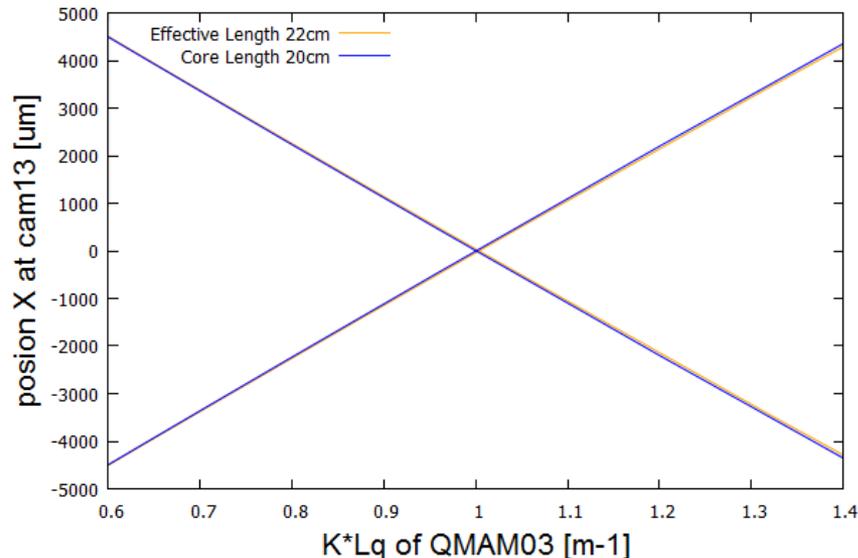


- 右のファイルはオレンジの測定点の数値データの一部。ガウシアンフィットした結果が出力される。
- 時折、有効数字12桁が全く同じデータが続く。→このまま処理していいのでしょうか？

-3.0 363.950341396  
-3.0 364.139134668  
-3.0 364.123775644  
-3.0 364.081609389  
-3.0 364.094221918  
-3.0 364.262865398  
-3.0 364.271476153  
-3.0 364.246055622  
-3.0 364.247921443  
-3.0 364.228701381  
-3.0 364.281776986  
**-3.0 364.294289657**  
**-3.0 364.294289657**  
**-3.0 364.294289657**  
**-3.0 364.294289657**  
-3.0 364.310616847  
-3.0 364.452341118  
-3.0 364.283121587  
-3.0 364.29159892  
-3.0 355.540293505  
-3.0 302.154603434  
-3.0 247.193605593  
-3.0 191.789941497  
-3.0 145.534385944  
-3.0 144.025582818  
-3.0 143.904703708  
**-3.0 143.638437959**  
**-3.0 143.638437959**  
**-3.0 143.638437959**  
**-3.0 143.638437959**  
-3.0 143.771700506  
-3.0 143.809429352  
-3.0 143.803191862

# Qの有効磁場長(長手方向)

- コア長20cmのQUADの長手方向の有効磁場長は22cmである。
  - QUADの磁場勾配をコイルで測定。
    - ロングコイルで全体の平均を、ショートコイルで中心部を測定
    - ショートコイルの結果は精度の高いNMRと比較できる。
    - 実行磁場長=コア長x(ロングコイルの結果/ショートコイルの結果)
- 2つのケースでltoK値の応答を計算し、KLqが等しい条件で比較。
  - 目視で差があまり見えないので1%以下の影響と判断。台本の修正は行わない。



# まとめ

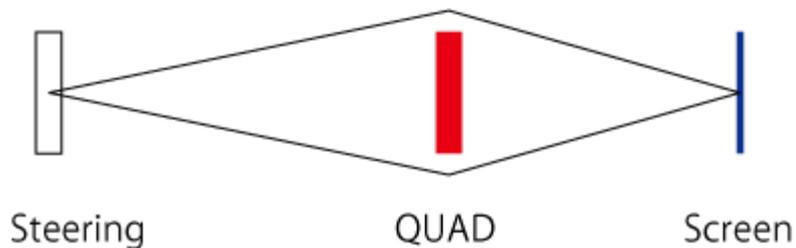
- 偏向電磁石の応答測定を実施した。
  - 設計値と数%の差があった。ステアリングのキック量が磁場測定よりも小さいことが原因と思われる。
  - 次回は直線部でステアリングの応答測定を行いたい(10分程度)。
- 北側直線部・第1アークで20cmQのItoK値を測定した。
  - 今回は電磁石の標準化を行い、Q scanに使用しないQは残留磁場込みでK=0に設定した。スクリーンでビームがまとまるように上流を調整している。
  - 水平方向は1%以上の精度で設計通りだったが、垂直方向は2%のずれがあった。
  - 45度偏向電磁石の台本の転送行列はまあまあ合っていると思われる。
- Qの有効磁場領域
  - 3Dの計算では±40mmである。ビームを使って±5mmの範囲で収束力が一定であることを確認。
  - 今後は、Qに付属しているステアリングを強くしたときの影響を調べたい。

私的メモ & 過去データ

# ItoK値studyメモ

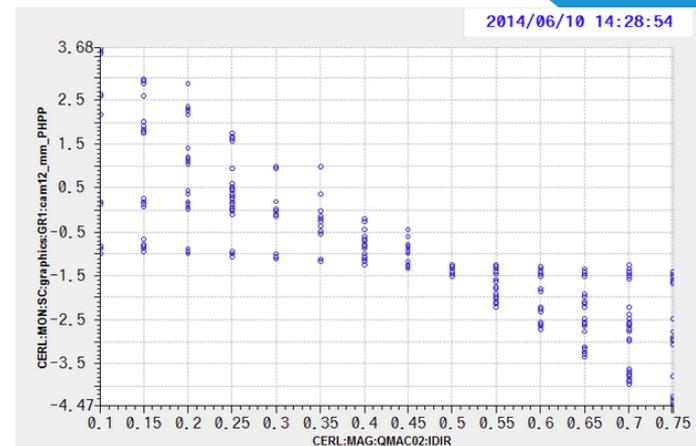
- 測定の順番(下流から)
  - ステアリングからスクリーンまでK=0に設定すること(QもSteeringも)
  - QのItoK値測定は標準化して、電流が大きい方から設定すること
  - 水平(垂直)方向のItoK値を調べるときは、その方向にビームが絞られていることを確認。
  - 出来る限りステアリングを使わずに、中心軸も合わせる。QMIF04-06の場合、cam16の中心を通すようにして、Q scanでQMIF04の軸を見つけると、一気に3つのQの中心を合わせられた。
  - ステアリングのfrequencyは0.1Hz、矩形波
  - 0.5[m-2] stepでデータ収集。
  - ItoK値のSteeringのキック量、QのK値のscan範囲はItoK.xlsxを参照。
  - 偏向電磁石については、BMIF01,02,04の応答.xlsxを参照。
  - Fitting Configからplotの名前を取得。
    1. BMIF04-cam17 w/ ZHQMIF04 ( $\pm 1.0A$ ), ZVQMIF04
    2. QMIF06-cam17 w/ ZHQMIF04, ZVQMIF04
    3. QMIF05-cam17 w/ ZHQMIF04, ZVQMIF04
    4. QMIF05-cam16 w/ ZHQMIF04, ZVQMIF04
    5. QMIF04-cam16 w/ ZHQMIF03, ZVQMIF03
    6. BMIF03-cam16 w/ ZHQMIF03, ZVQMIF03(?A)
    7. BMIF02-cam15 w/ ZHQMAM03 ( $\pm 1A$ ), ZVQMAM03(?A)
    8. BMIF02-cam15 w/ ZHQMIF03 ( $\pm 1.5A$ ), ZVQMIF03
    9. QMIF03-cam15 w/ ZHQMIF02, ZVQMIF01
    10. QMIF02-cam15 w/ ZHQMAM03, ZVQMIF01
    11. QMIF01-cam15 w/ ZHQMAM03, ZVQMAM03
    12. BMIF01-cam14 w/ ZHQMAM03 ( $\pm 1A$ ), ZVQMAM03

# 四極電磁石応答測定



四極電磁石の応答測定：  
ステアリングを振ってもスクリーンの位置が変わらないQUADの強さを探す。

スクリーン上のビーム位置



QUADの励磁電流

測定回数	水平方向 [A]	垂直方向 [A]
磁場測定からの推定値	0.462	-0.462
1回目	0.5 ± 0.05 (+8%)	-0.48 ± 0.02 (+4%)
2回目 (逆順)	0.425 ± 0.05 (-8%)	-0.5 ± 0.02 (+8%)
3回目	0.48 ± 0.02 (+4%)	

ビーム測定の誤差: 10%程度  
誤差の範囲内で一致している。

測定日: 2014.6.10、測定カ所: 北側直線部  
スクリーンcam12、四極電磁石QMAC02  
ステアリング、ZH(V)QMAC01