

高バンチ電荷運転スタディまとめ

2014年7月9日(水)13時30分～
PF研究棟2階会議室

cERL建設・コミッショニングチーム

KEK, JAEA, 総研大, 東大物性研, UVSOR, 広大, 名大, AIST, SPring-8, 山口大



報告: 宮島 司

高エネルギー加速器研究機構 (KEK)



概要

- 目的: 大バンチ電荷 (10 mA ピーク, 7.7 pC/bunch) の輸送試験
- ゴール: 周回部でのビーム品質の確認、主ダンプまでのビーム輸送
- 結果
 - 周回部輸送調整: 9割が周回部FCまで到達。オプティクスマッチングが重要。
 - ビーム品質:
 - エミッタンス (設計 0.6 mm mrad): 2.9 mm mrad (診断ライン)、2.9 mm mrad (周回部第一アーク手前)、5.8 mm mrad (周回部南直線部)
 - バンチ長 (設計 4 ps): 5.5 ps (診断ライン)

スケジュール

目的:大バンチ電荷(10 mA ピーク、7.7 pC/bunch)の輸送試験
ゴール:周回部でのビーム品質の確認、主ダンプまでのビーム輸送

2014年6月13日(金)
作成:宮島

16日(月)	~17時 カソード再活性化、レーザー調整(西森、本田) 17時~ 主空洞Q0測定(阪井)、電子銃単体運転(QE確認)(宮島、本田)
17日(火)	レーザーパルス長の伸長(32 ps、微小電荷、通常設定)(本田、宮島) 入射器空洞位相調整(オフレスト運転、微小電荷)(宮島) バンチ電荷増強(7.7 pC/bunch)、入射器診断ラインでのビーム診断(本田、宮島) 基本的に入射器診断ラインを使用、主空洞のテストを並行して実施可
18日(水)	合流部・主空洞・第一アークまでのオプティクスマッチング(宮島) 周回部ビーム輸送調整
19日(木)	主ダンプまでのビーム輸送調整(宮島、本田)
20日(金)	7.7 pC/bunch 周回部でのビーム品質測定(エミッタンス、バンチ長)(高井、本田) ビーム損失量評価等を時間のある限り実施

ビームあり

LLRF? (Qiu)
バンチ長測定続き(本田)
R56の測定
主空洞低加速勾配運転?
QL測定?(阪井、梅森)

ビームなし(備忘録)

Slow Cool Down、Q値測定(主空洞)
消磁前後のLCS付近の磁場測定(加速器内)
必要があればカソード交換(6/16、半日)(電子銃)
PIN Diodeの交換(6/14-15)

*1ms,1mA(0.77pC)の運転をするときにはLLRF Gr.に連絡を

高電荷バンチ運転に向けた準備

大電荷に向けた準備

- 電子銃
 - カソード再活性化 (6/16(月))
 - 可能であれば6/16(月)に電子銃単体ビーム運転でQEを確認したい
- レーザー
 - 最大出力調整 (6/16(月))
 - パルス長伸長 (FWHM 32 ps, flat) (6/17(火))
- バンチャー空洞
 - 65 kV付近を想定 (最大でも90 kVの予定)
- 入射器空洞:
 - FB1, $E_{acc} = 7.2 \text{ MV/m}$ (最大値、位相はオフレスト) (6/17(火))
 - FB2, $E_{acc} = 4.0 \text{ MV/m}$ 付近
- スクリーンモニタ
 - バンチ電荷が上がリスクリーンが飽和するのでフィルターを入れたい
 - (少なくとも) cam1, cam8, cam10, cam14に追加して欲しい (オプティクスマッチング用)
 - cam5に追加できると診断ラインのマッチングができる
 - 他に周回部のエミッタンス測定用のcamにも追加が必要

カソード交換作業・レーザー調整作業

2014年6月17日(水)

西森、山本、本田、宮島

- 目的
 - 大電荷ビーム輸送(7.7 pC/bunch)に向けて、高いピーク電流を出せるようにカソード交換・再活性化とレーザー出力調整を行う
- レーザー出力調整(本田さんメールより)
 - 6/15(日)に実施
 - 温度の最適化と、LD電流を上げて設定、3段目アンプのタイミングと電流を上げて調整した(結果的には、去年の今頃とだいたい同じパラメータ。)
 - 1usモードでは、ピークパワーで先週の20倍になった。
- カソード交換・再活性化(西森さんのメールより)
 - 6/13まで使っていたカソード#2をカソード#1に交換(6/16(月)に実施)
 - カソード#1: '14 6/16 YoYo QE=5.9% (prep測定)
 - カソード#2: '14 6/16 Cs再蒸着 QE=6.4% (prep測定)

カソードの履歴

- 西森さんのメールより
- 現状は#1カソードが入ってます。
- #1の履歴
 - '13 4/10 水素洗淨
 - '13 4/15 YoYo QE=7.5% (prep測定)
 - '13 4-6月の入射器コミッショニング時に使用。運転時QE 3-5%
 - '13 12/4 水素洗淨
 - '14 6/16 YoYo QE=5.9% (prep測定)
- 周回部コミッショニングに使用していた#2カソードはprep容器で待機中です。
- #2の履歴
 - '13 5/2 水素洗淨
 - '13 12/4 YoYo QE=8.4% (prep測定)
 - '14 6/16 QE=0.6% (prep測定)
 - '14 6/16 Cs再蒸着 QE=6.4% (prep測定)

カソード交換後のビーム生成試験

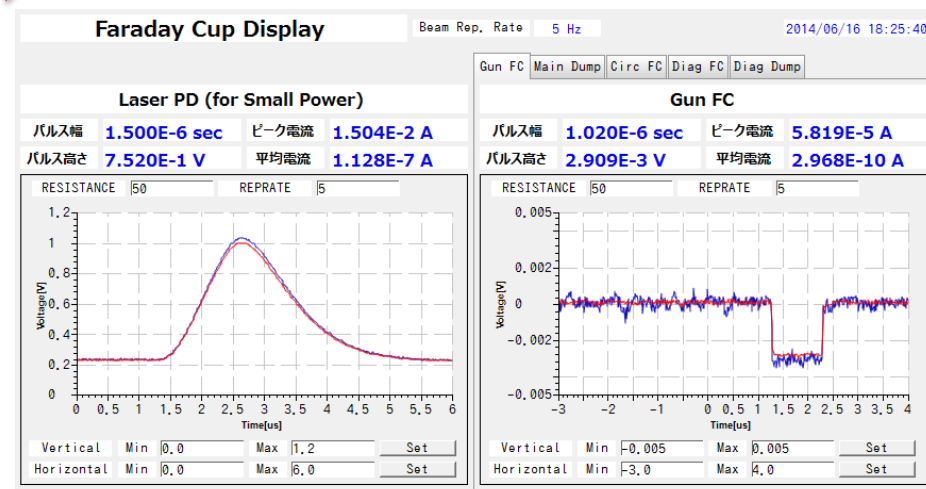
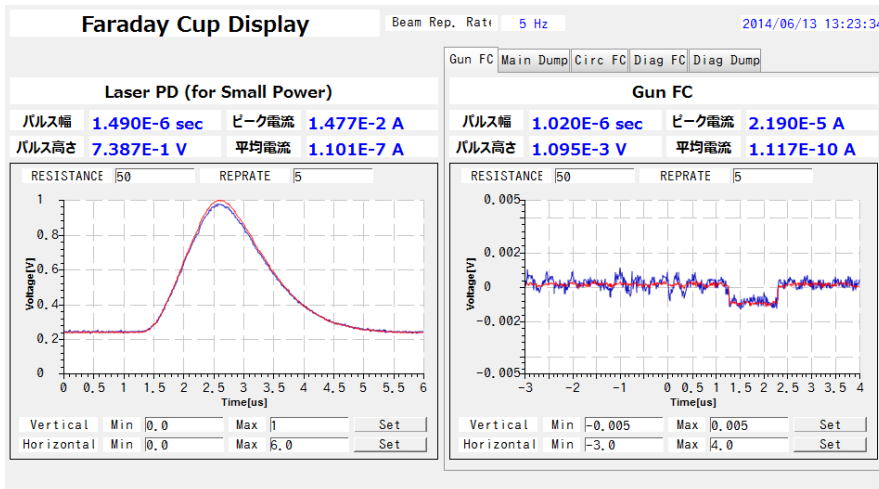
- 6/16(月)の18時以降に電子銃単体でのビーム生成試験を実施
- 電子銃FCでQEを確認した
- 6/13の3倍程度になっている。
- ピーク電流25 mAまで取り出した

同じレーザー出力で取り出し電流を比較

6/13: 21e-6 A



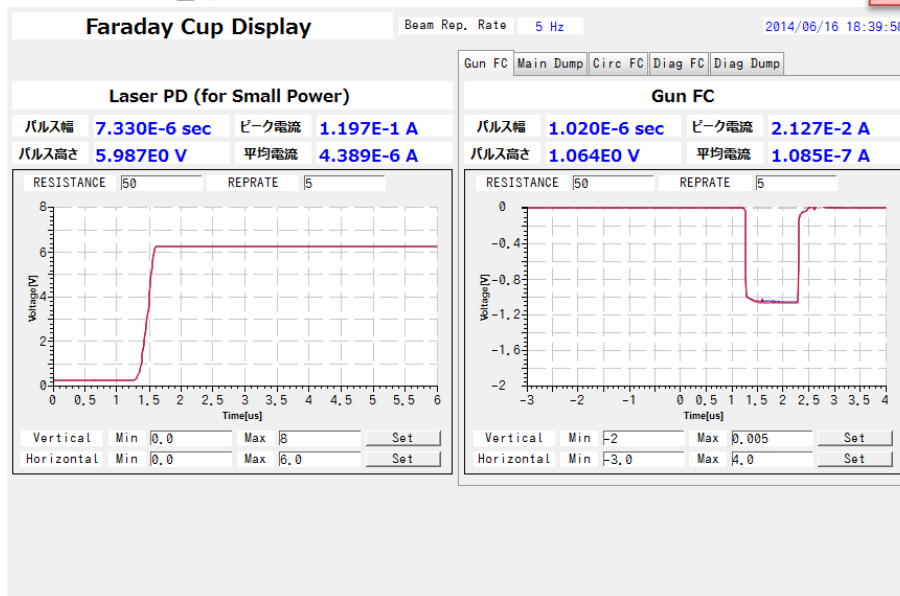
6/16: 58e-6 A



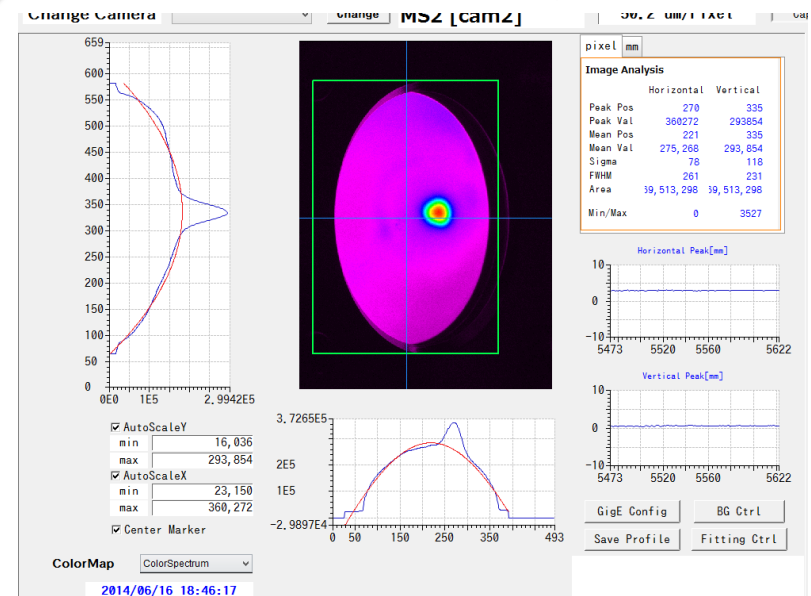
より高いピーク電流の引き出し試験

- 7.7 pC/bunch (10 mA相当) より高いビーム電流の引き出しを行った
- 25 mA付近から電流が上がらなくなった。⇒ ビームサイズが広がって全電荷がFCに入っていないためと思われる

ピーク電流20 mA



Cam2ではプロファイルが広がっている



これで、10 mAピーク (7.7 pC/bunch) 運転の準備が整った

6/17(火)の調整結果(1日目)

7.7 pC/bunchビーム調整結果:6/17(1日目)

2014年6月18日(水)

本田、高井、帯名、宮島

- 概要
- 7.7 pC/bunchビーム調整として、入射器診断ラインでの調整を実施
- 基本的には計算で求めたパラメタに設定するようにした

- レーザーパルス長の伸長(32 ps、微小電荷、通常設定)
 - 計算とあまり一致しない。昨年6月と同じ偏向空洞位置で17 psに設定

- 入射器空洞位相調整(オフレスト運転、微小電荷)
 - 診断ライン偏向電磁石を使って詳細に調整

- 入射器診断ラインでのビーム診断
 - バンチ長10 ps, エミッタンス:3.5, 4.0 mm mrad(x, y) 計算と大きく異なる

- 第一アーク入口までの輸送
 - とりあえず、ビームを主空洞で加速できた。第一アーク入口まで到達



入射器空洞後のプロファイルがひしゃげている

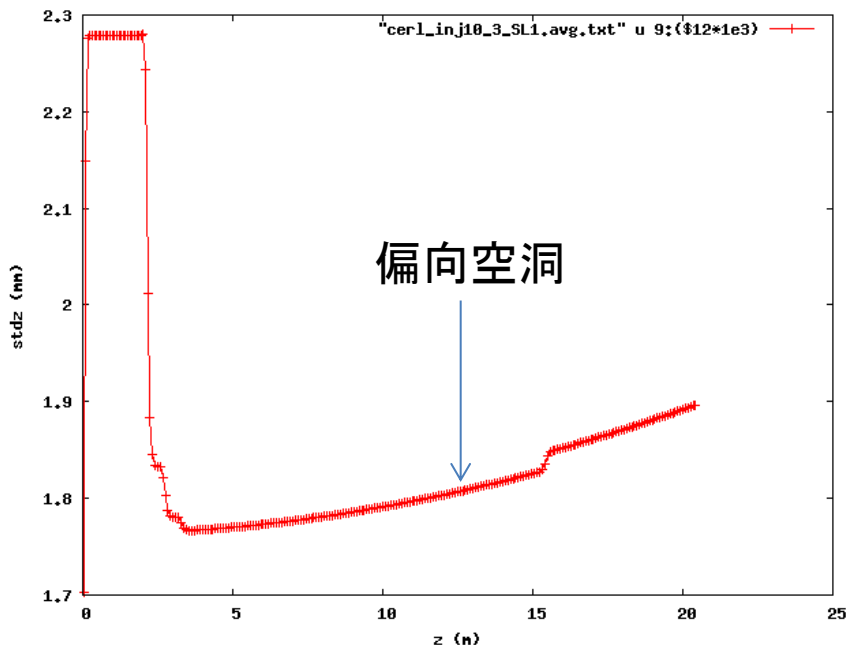
強い空間電荷効果でビームサイズが大きい影響か？

できる限り、主空洞手前のビームサイズを小さくしたい(レーザーパルス長を伸ばしたいです)

レーザーパルス長伸長

- 診断ラインの偏向空洞を使って測定
- バンチャーなし、入射器空洞通常設定

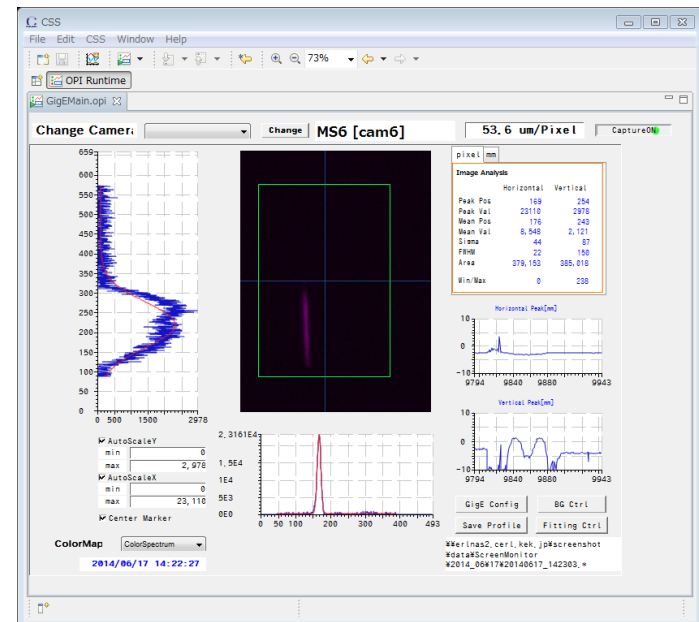
32 psパルスするとき
偏向空洞位置でのバンチ長(計算)
計算では6.1 psだが、入射器空洞の位相条件に敏感であることがわかった



laserphase-17deg
11.6mm と 5.8mmの結晶を入れた状態

昨年6月と同じ偏向空洞位置で17 psに設定
これは、カソード位置で22 psに相当

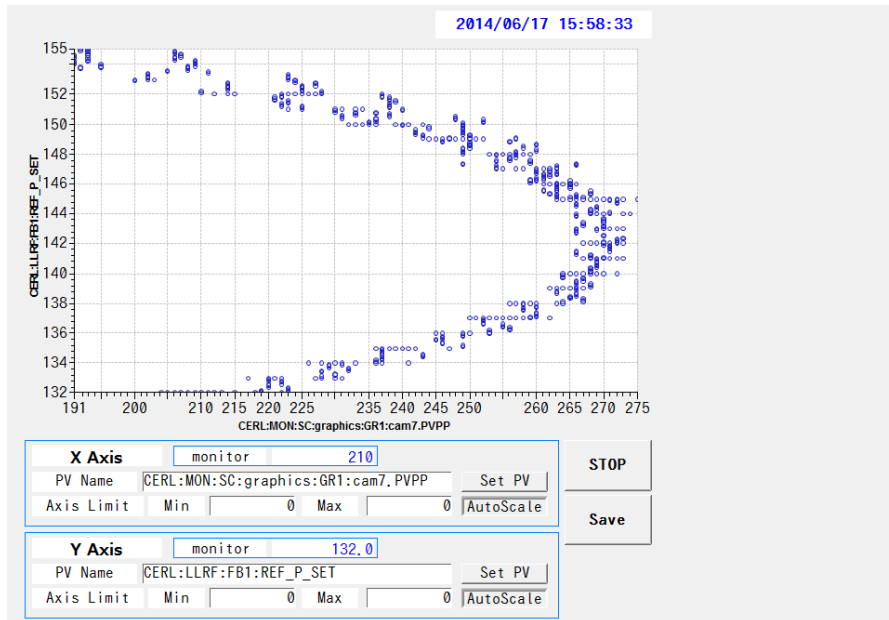
この条件で位相調整に移った



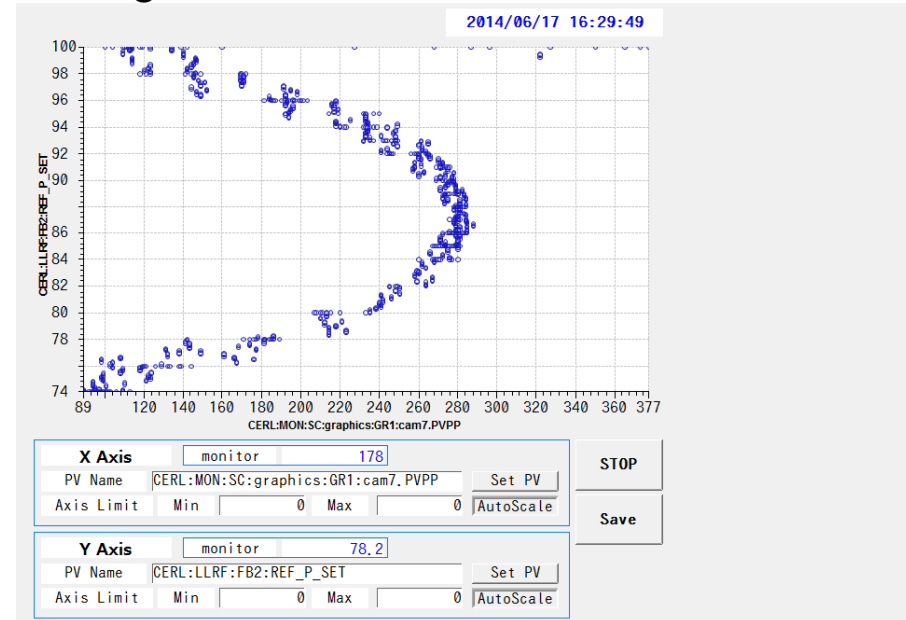
位相調整

- バンチャーあり、CAV#1のみ (CAV#2-3はオフ) で位相調整実施後、CAV#2-3を立ち上げて、位相の微調整
- 入射器空洞後のステアリングでは測定精度が悪いので、入射器診断ラインの偏向電磁石で測定

FB1scan
142degに設定



FB2 位相を精密調整 (cam7)
87deg



FB1
4830
129deg

FB2
6940
87.0deg

Buncher
2790
162deg

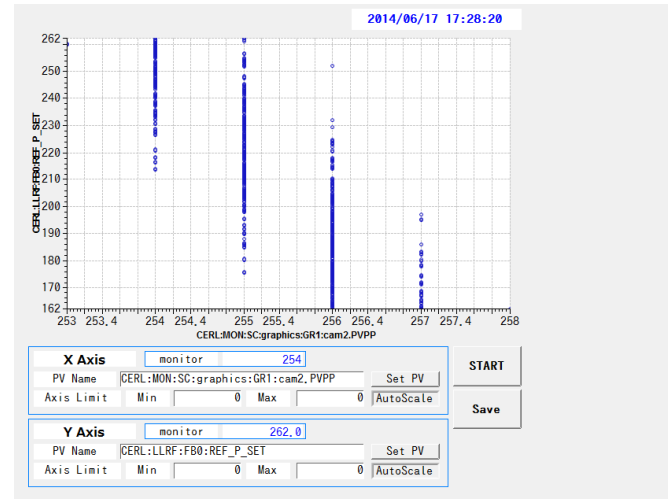
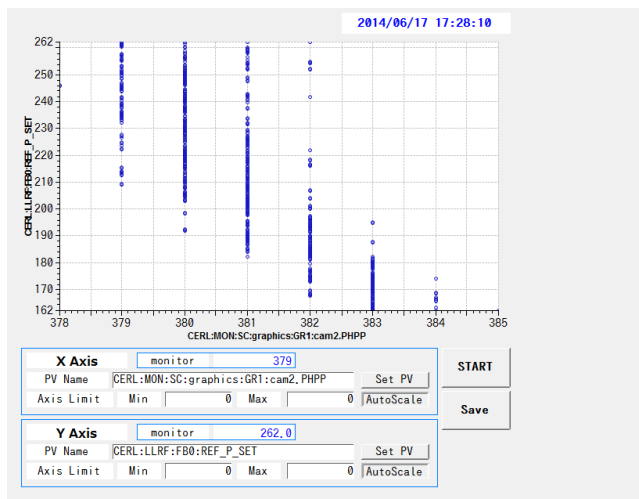
laser
-17deg

今回の設定値に決定

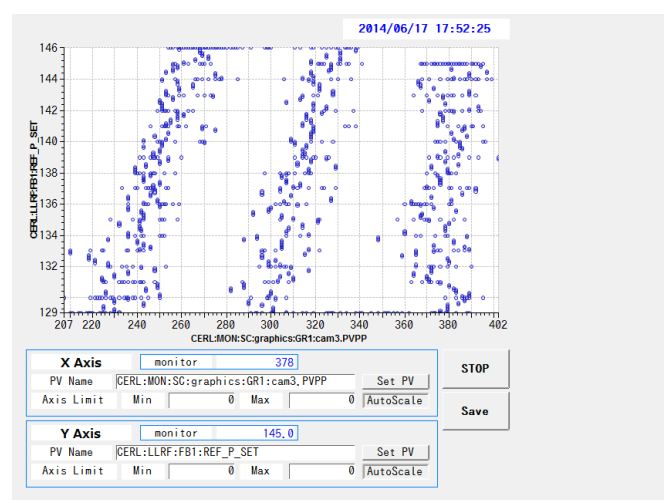
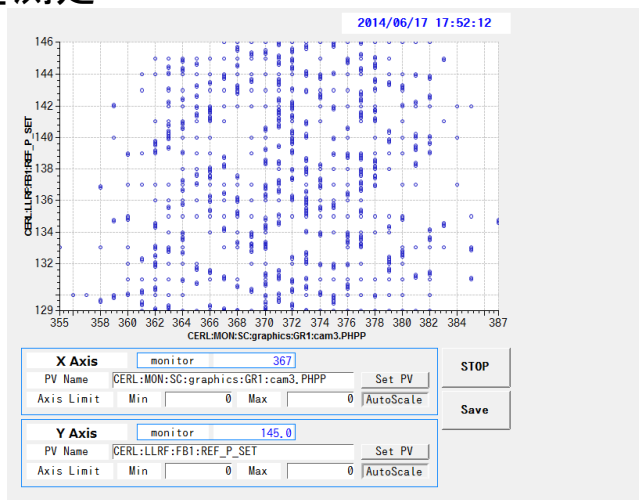
バンチャー、入射器空洞の中心通し

- バンチャー(FB0)と入射器空洞CAV#1(FB1)の中心通しを実施

buncher軌道調整
最終

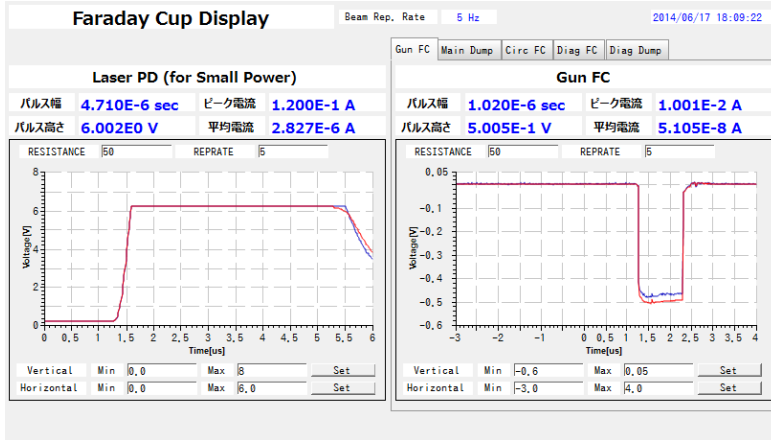


FB1位相をふりながら、
cam3でみて位置の動きを測定
inj cavity の軌道調整

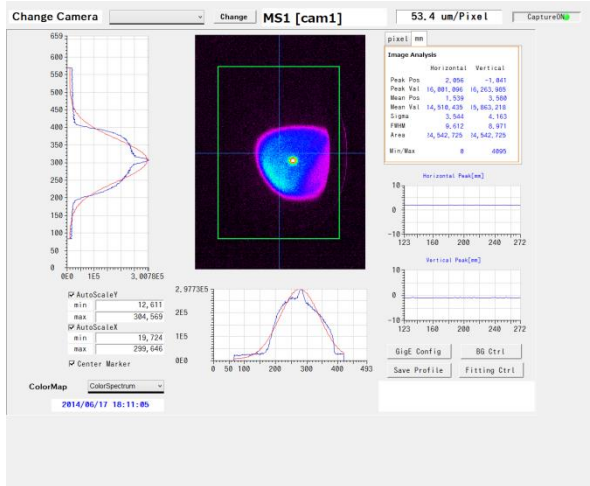


バンチ電荷増強 ピーク10 mA

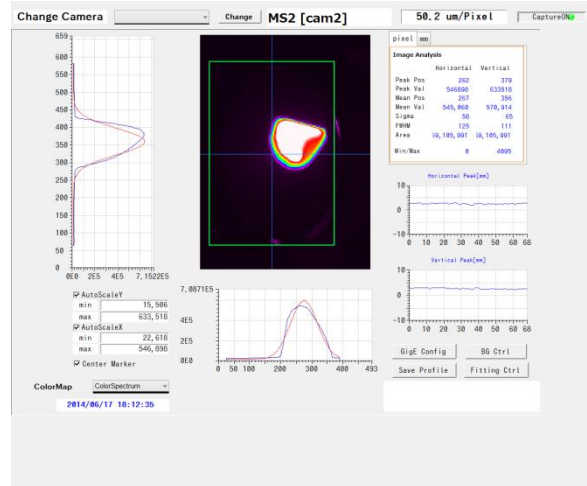
- バンチ電荷を7.7 pC/bunchに上げる(10 mA相当)
- プロファイルが大きく、入射器空洞後ではひしやげている



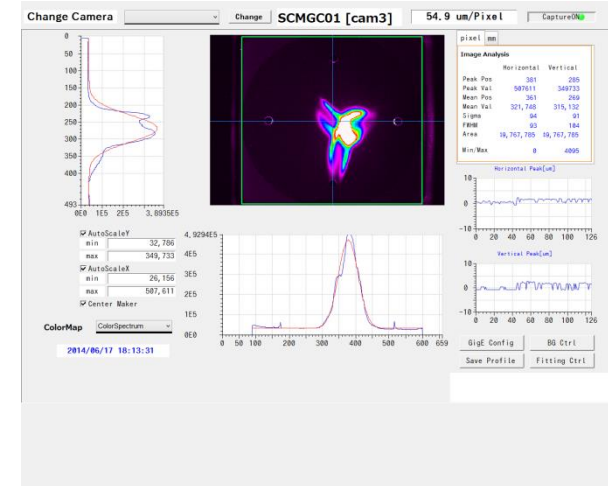
cam1



cam2



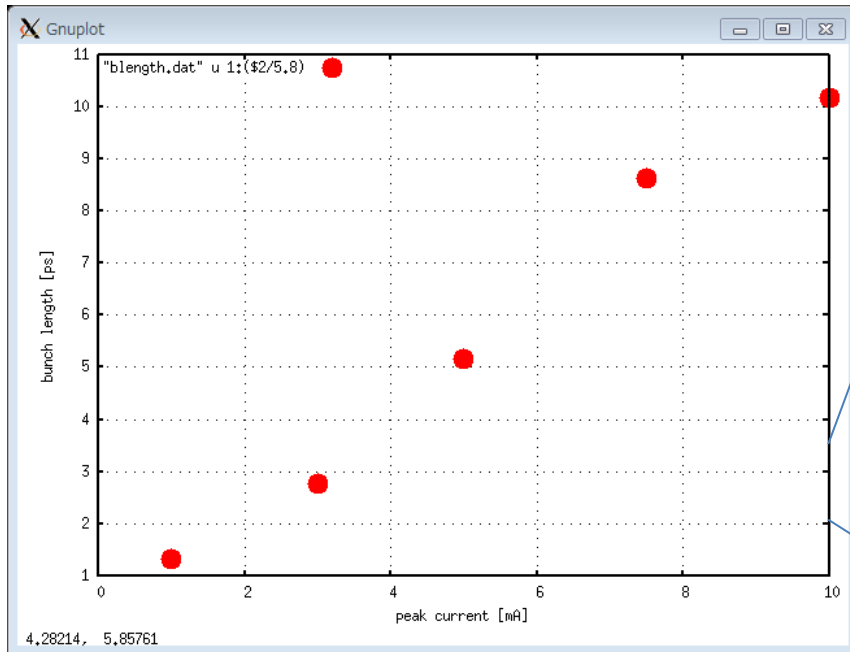
cam3(入射器空洞後)



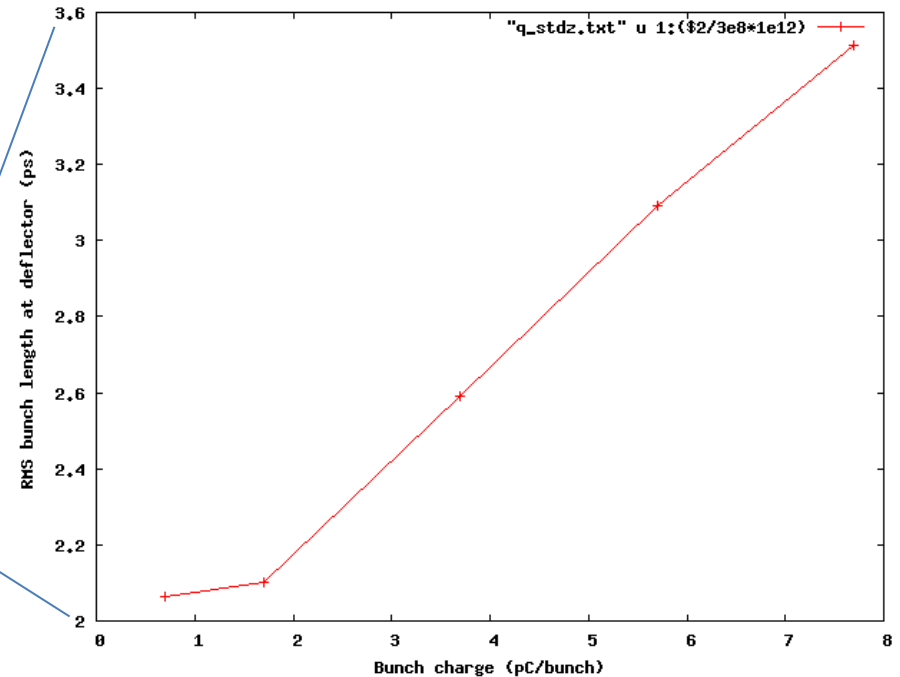
バンチ電荷とバンチ長の関係

- 偏向空洞を使って、バンチ電荷を変えた時のバンチ長の変化を測定
- 数値計算の予想とは大きく異なっている

測定結果: 10 ps at 7.7 pC/bunch

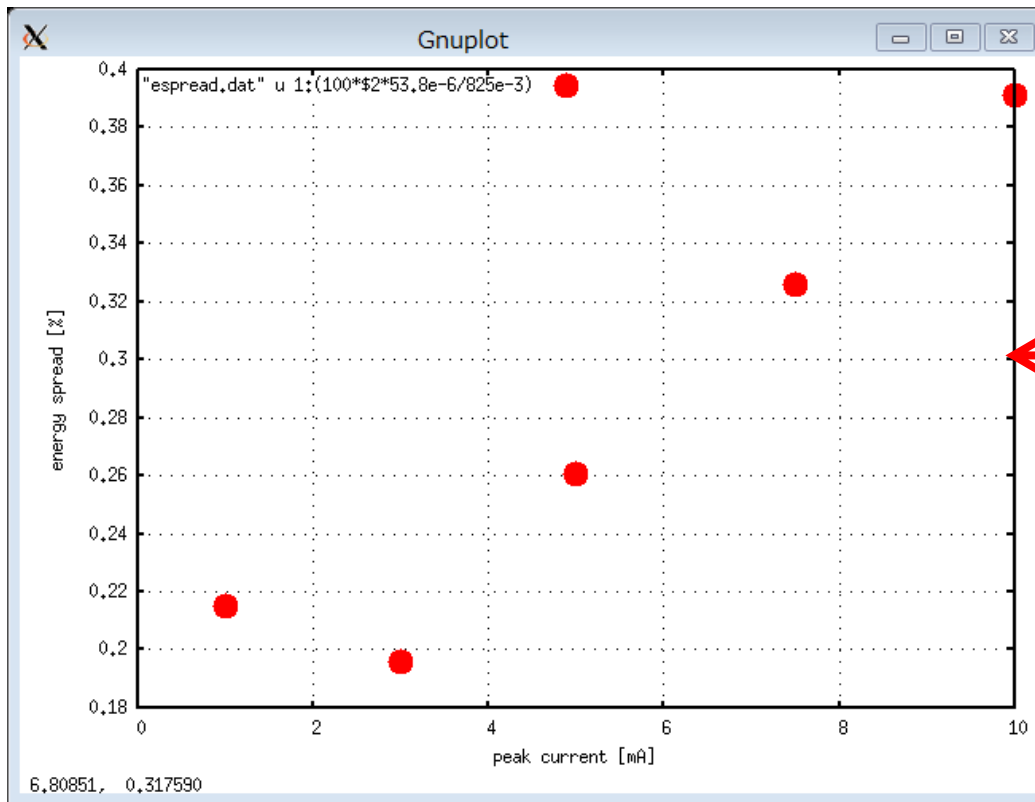


計算結果: 3.5 ps at 7.7 pC/bunch



バンチ電荷とエネルギー拡がり

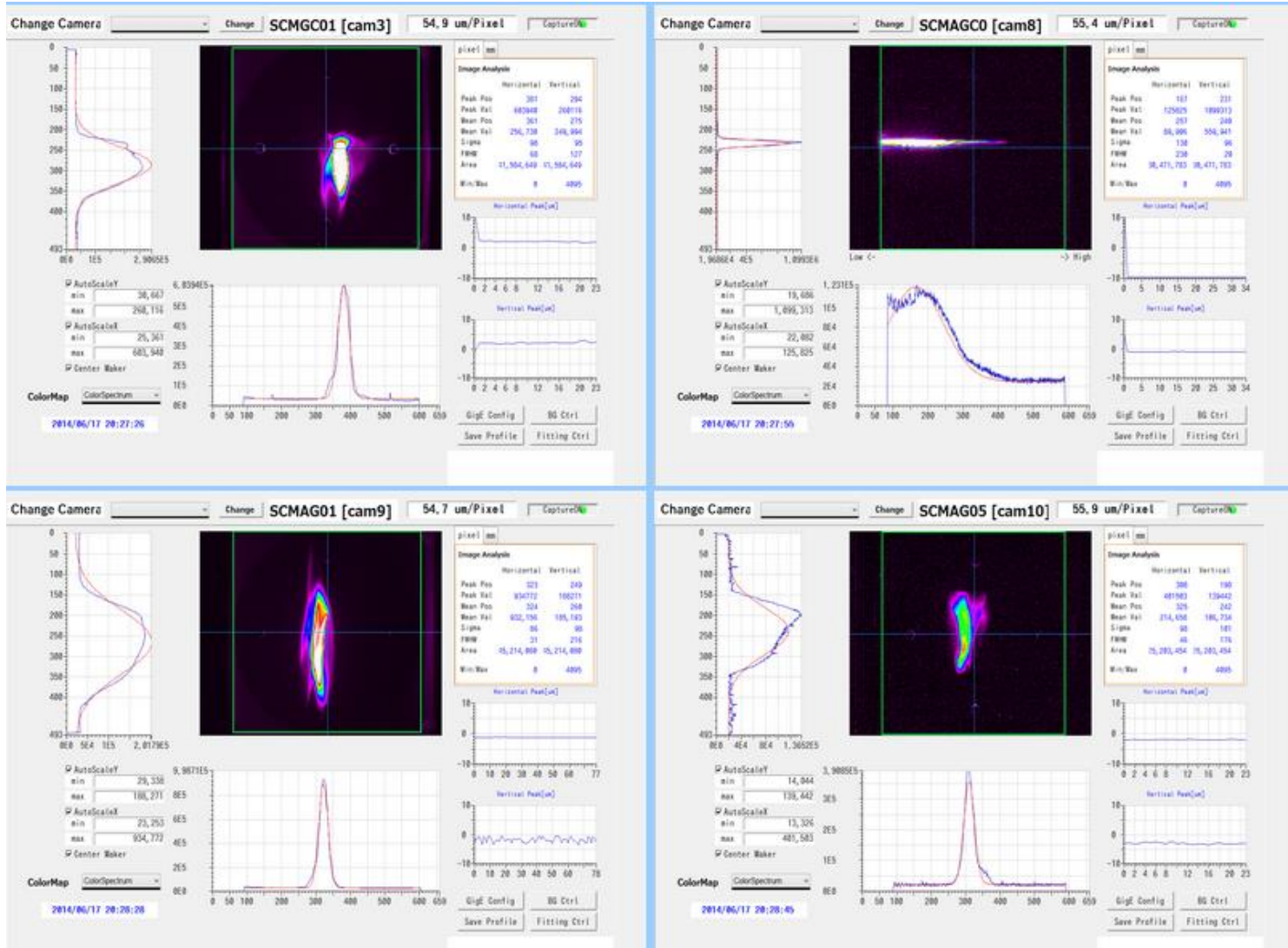
- エネルギー拡がりのバンチ電荷依存性を測定
- 後で計算と比較すること(計算では、7.7pC/bunchで0.3%くらいなので、そんなに遠くないがずれている)



数値計算で予想される値

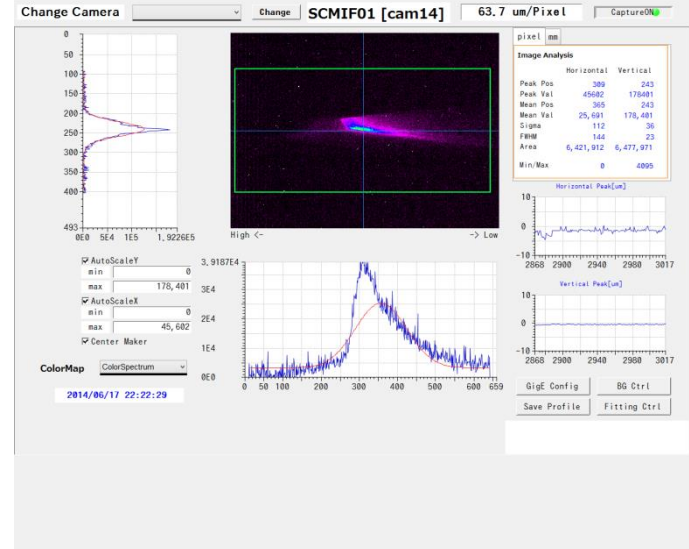
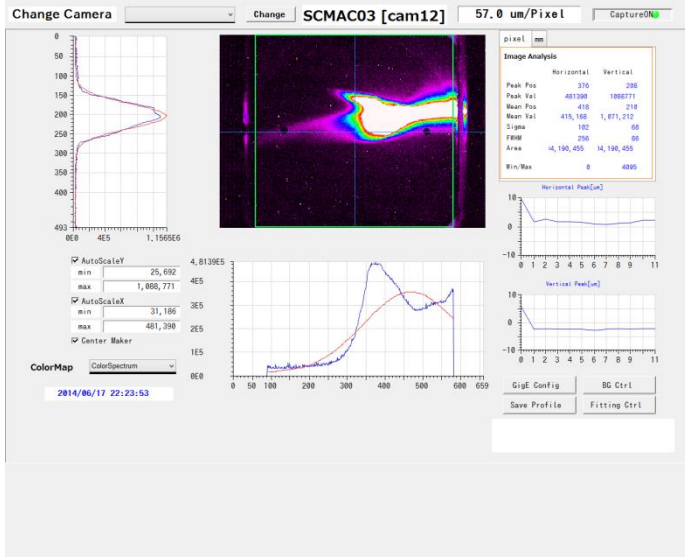
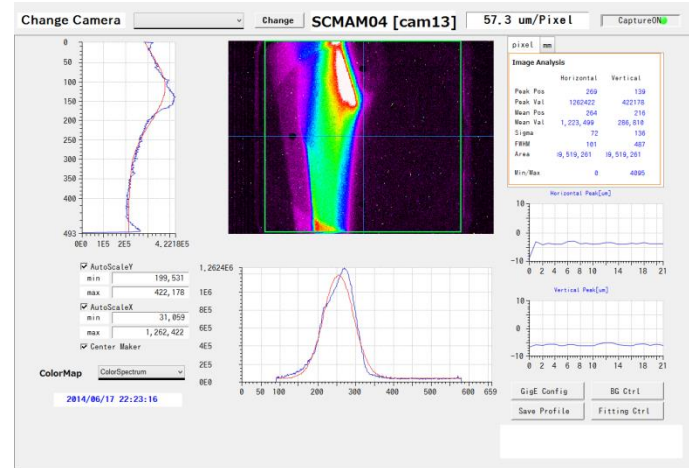
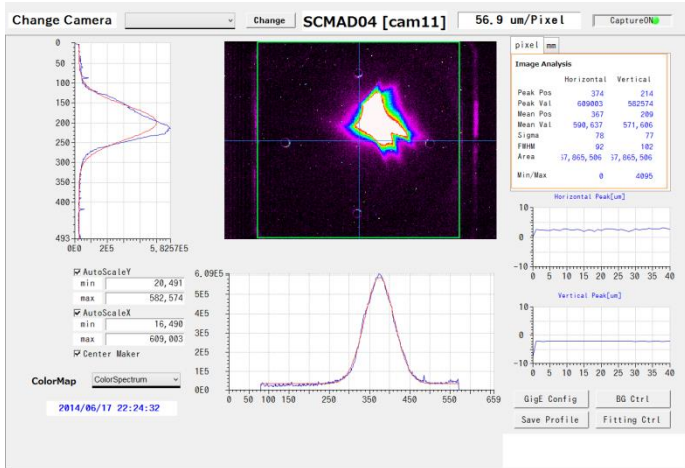
合流部輸送

- わずかな調整で合流部を通過
- 入射器空洞直後に比べると、プロファイルはまだまだましに見える

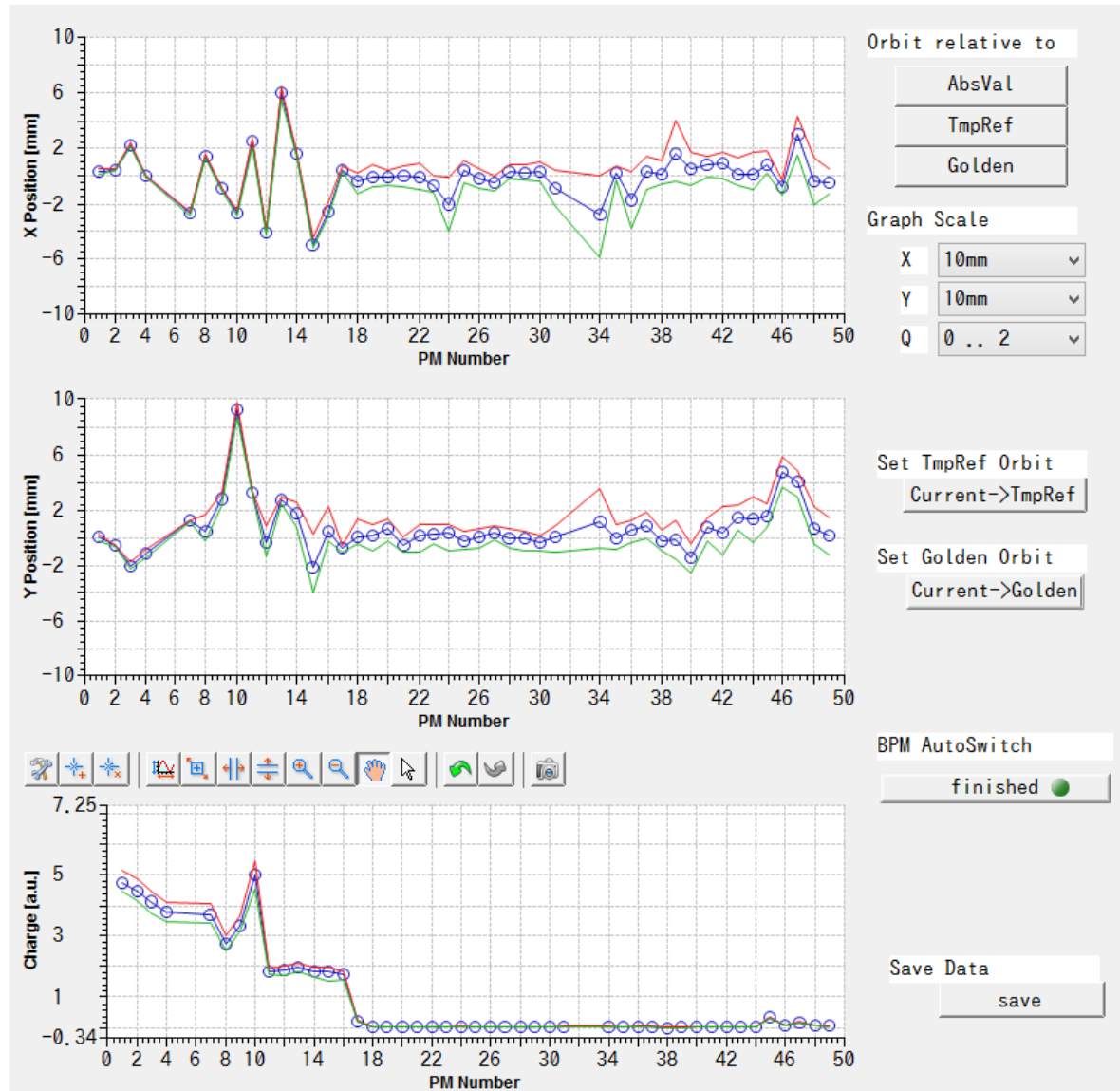


第一アークまでの輸送

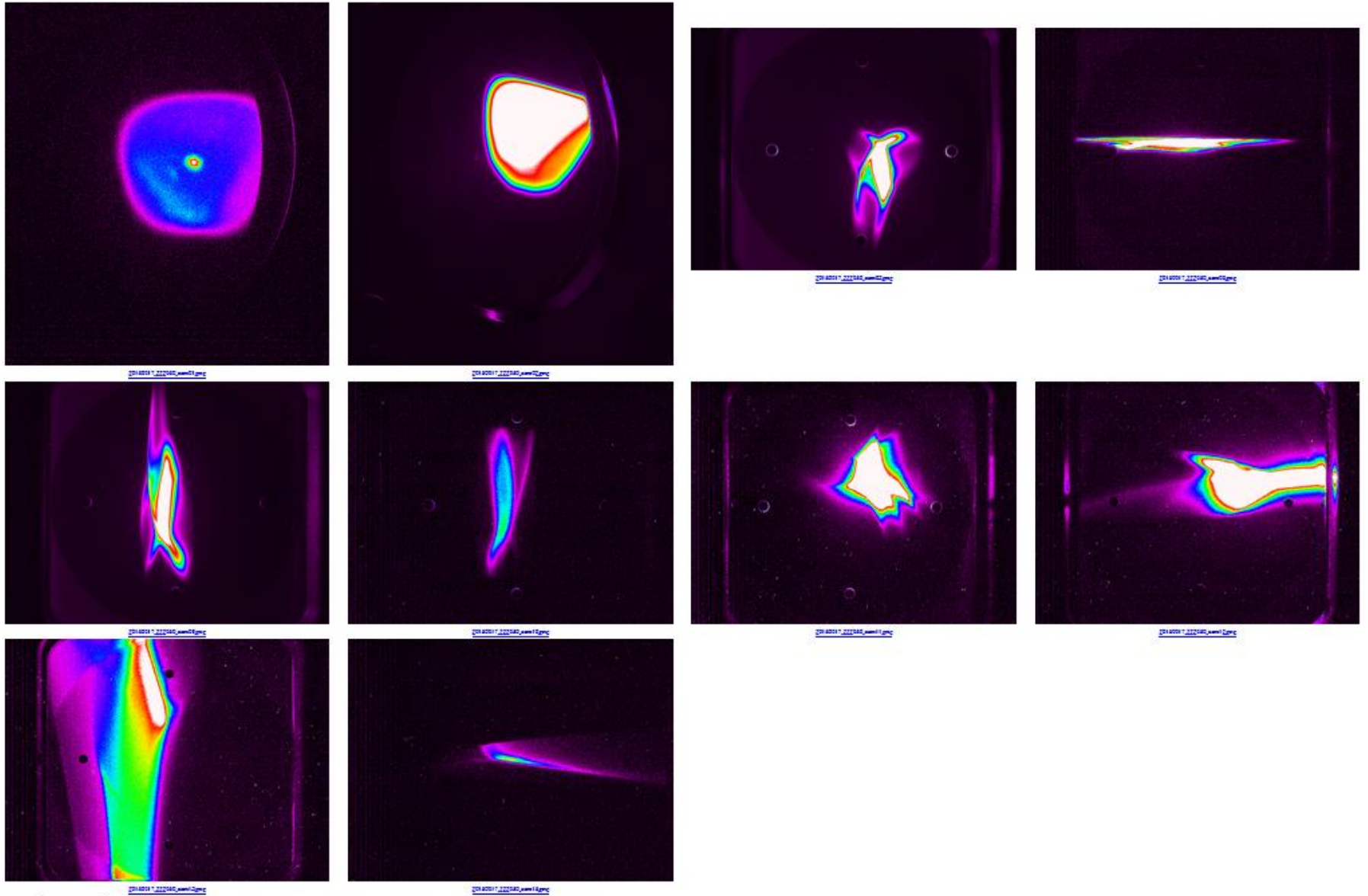
- それほど苦勞せず、第一アークまで到達
- ビーム品質(エミッタンス、バンチ長)を考えなければ周回はできそう



輸送時のビーム位置



ビームプロファイル



6/18(水)の調整結果(2日目)

7.7 pC/bunchビーム調整結果:6/18(2日目)

2014年6月19日(木)

本田、帯名、阪井、宮島

- 入射器設定(REF_AMP, REF_Phase): 低電荷用設定のまま
- 低エミッタンスは追及せず、周回部へ輸送することを優先してオプティクスを設定
- 現状のレーザーパルス長でソレノイドスキャン(MS1, SL1)。初期パルス長を推定するため。⇒ 1, 5, 10 mAピーク電流でソレノイドスキャンを実施
- レーザーパルス長を伸ばす(可能な限り長く)、入射器診断ラインで確認 ⇒ 6/17(火)の2倍ほどに伸ばせた、電子銃直後のスクリーンでビームサイズの拡がりが低下したのを確認
- 7.7 pC/bunchへ電荷増強
- 合流部調整 ⇒ ほぼ無調整で通過
- 主空洞調整 ⇒ 10 mAピークで通すとML1がダウン。ローディングの影響。MLを low gainで運転することにした
- 周回部輸送調整 ⇒ ラフ調整後2.5 mAピークが主ダンプに到達(1/4程度)、バンチャーとソレノイド(SL1)調整後に、8割が主ダンプに到達。結果として、昨日(6/17)の攻めた入射器設定に近い方がロスが少なかった。



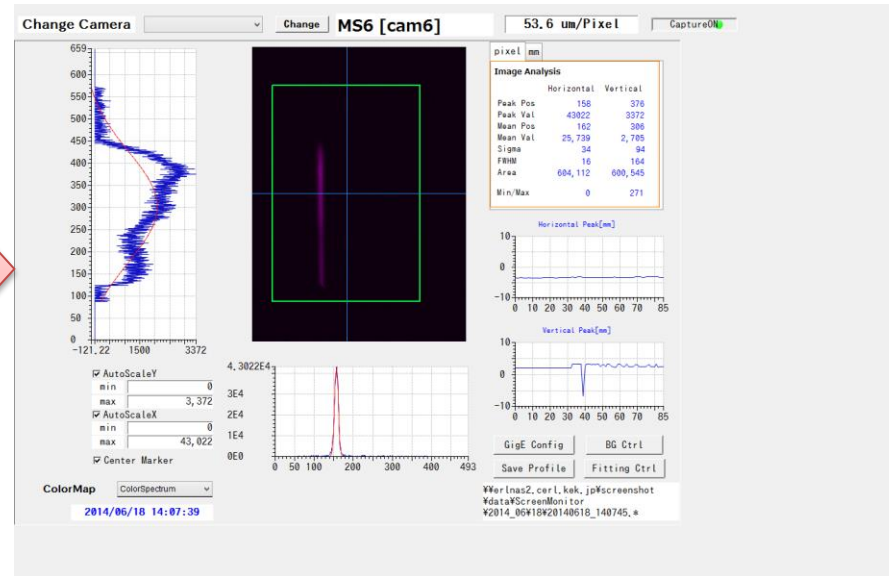
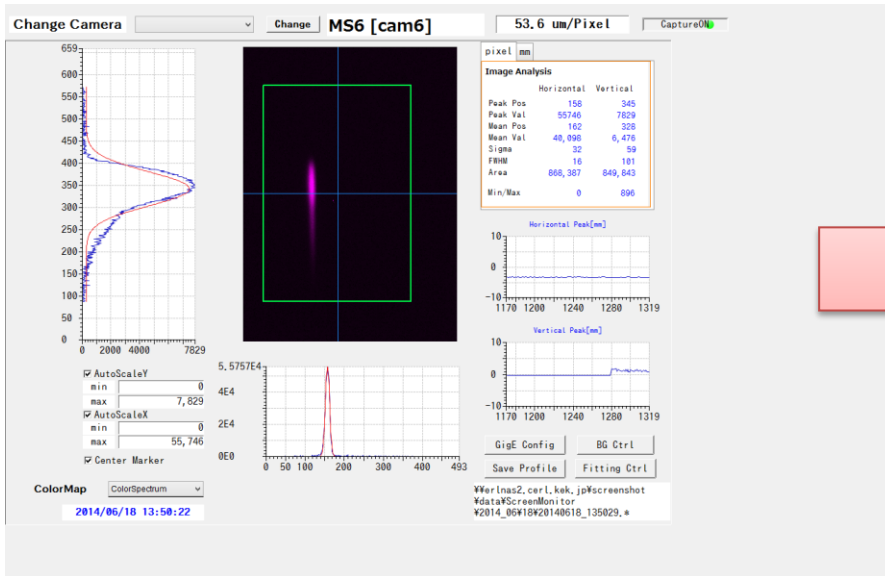
相変わらずビームプロファイルはひしゃげているが、主ダンプまで到達。
入射器(ソレノイド、バンチャー)を調整して、8割がダンプまで到達した

レーザーパルス長伸長

- 入射器空洞の設定を周回部用に切り替える。
- 入射器空洞#1(FB1): REF_AMP = 7060, REF_phase = 145 degree
- 入射器空洞#2-3(FB2): REF_AMP = 5960, REF_phase = 115 degree

レーザーは昨日の設定、
11.6mm, 5.8mm crystalでのばしたやつ
レーザー位相-17deg

laser phase -41deg
結晶を追加
23mm, 11.6mm, 5.8mm



レーザーを伸ばした後、同じソレノイド1の励磁電流で、cam1でビームサイズが小さくなっていることを確認した。
バンチ長が伸びて、空間電荷効果が弱まり、ビームサイズの増加が小さくなったため。

主空洞でのローディング

- 主空洞のビームを通したが、主空洞ダウン。
- cam10を抜いて、主空洞を通したタイミングとほぼ一致。
- 3回同じ現象発生。
- 一瞬cam11でビームが見えたがスクリーン幅いっぱい広がっているようだった。

- 昨日はこの現象は起きていない。
- 昨日との違い: 主空洞まで輸送される電荷量が増加

- ローディングによって落ちている(詳細はQiu-sanの報告を参照)

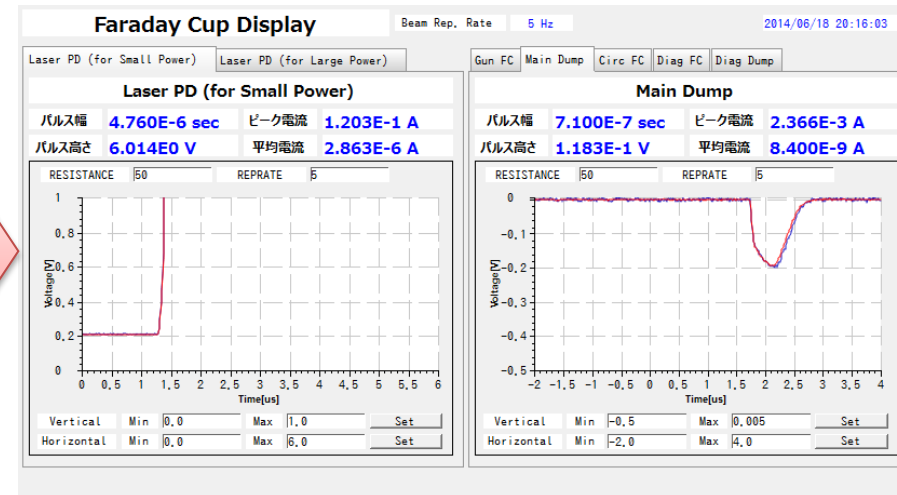
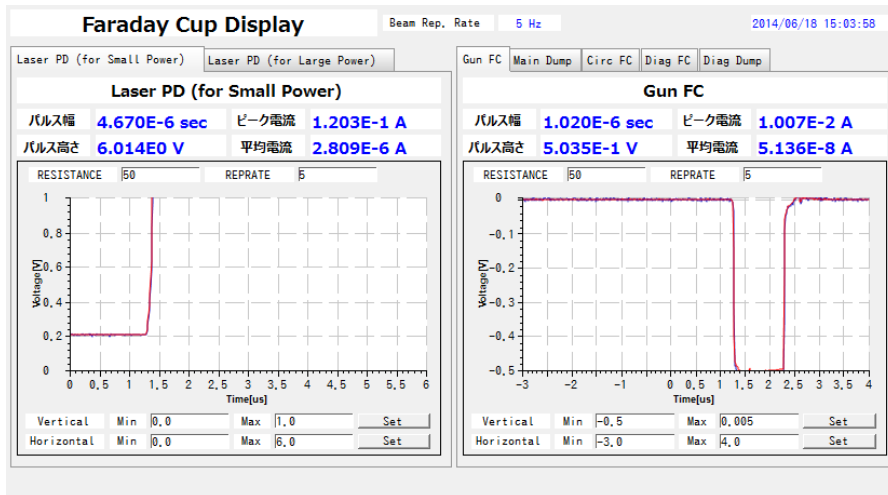
- 対処: MLをlow gainで運転してビームを通せた

主ダンプまでの輸送

- QMAM05の中心位置を通すようにQをサイン波で振って、QMIR06のZVを調整したところ、主空洞がダウン。
- ZHQMIR08 = 1.48 Aのときに落ちた。
- 原因は主空洞でアークセンサが働いていたため
- ビーム電流を下げて調整した後に、電流を上げて減速ビームを通すことができた

GUN FC: 10 mA peak

Main dump: 2.4 mA peak

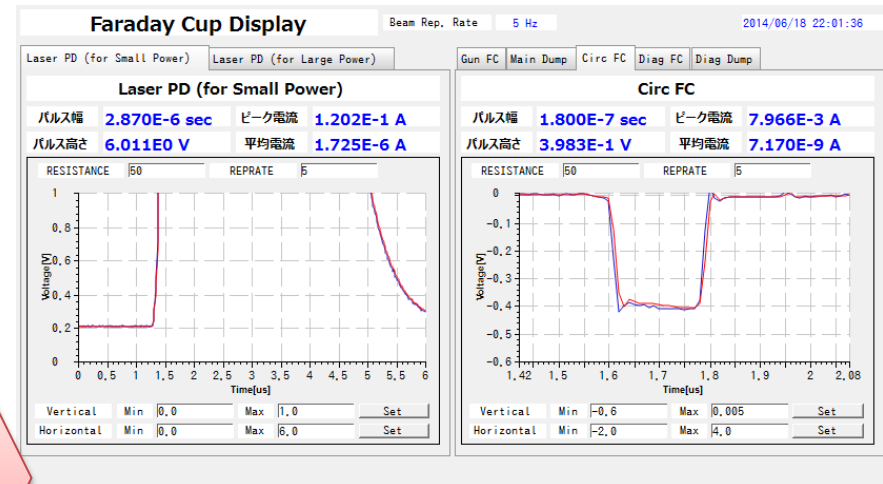
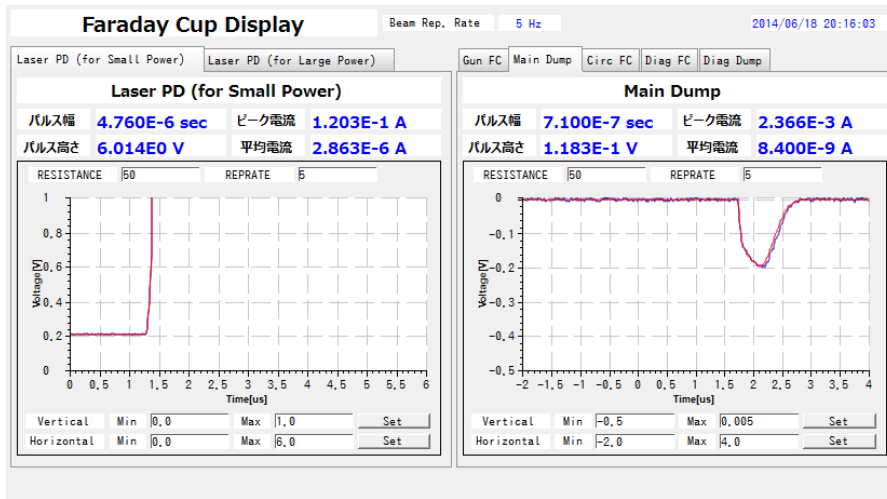


ビーム損失低減に向けた調整

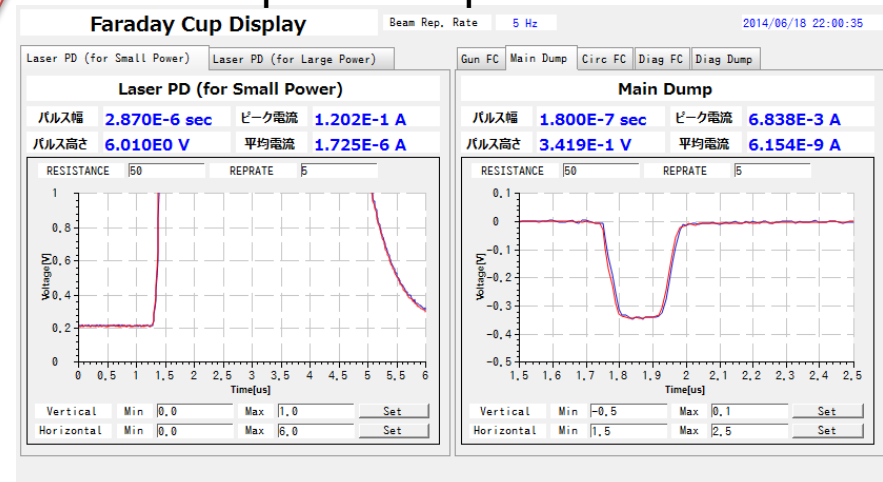
- 第一アークでかなり損失している
- 入射器(ソレノイド、バンチャー)を調整して、かなり輸送できるようになった
- Circ FCまで8割輸送できている

Main dump: 2.4 mA peak

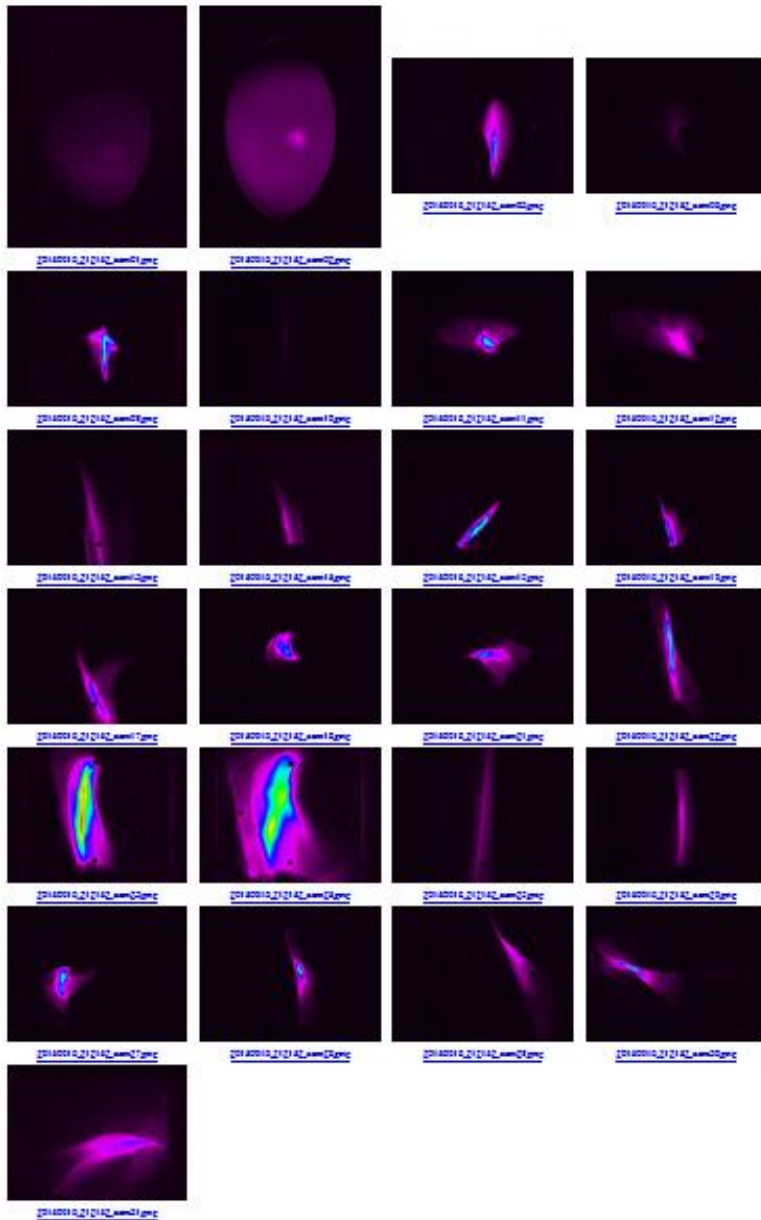
Circ FC: 8 mA peak



Main dump: 7 mA peak



ビームプロファイル



6/19(木)の調整結果(3日目)

7.7 pC/bunchビーム調整結果:6/19(3日目)

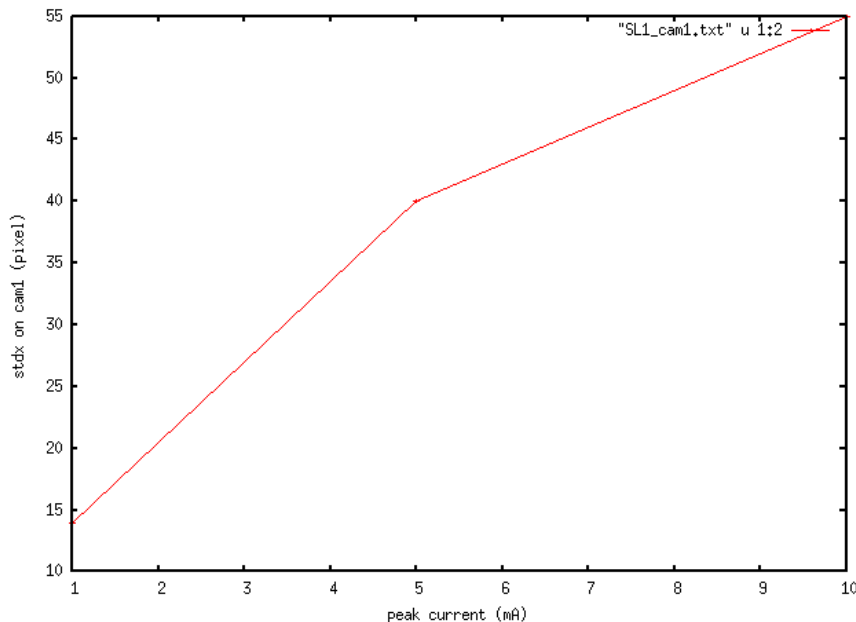
- 当初予定
 - 19日(木):主ダンプまでのビーム輸送調整(宮島、本田) ⇒ 昨日完了
 - 20日(金):7.7 pC/bunch 周回部でのビーム品質測定(エミッタンス、バンチ長) (高井、本田)、ビーム損失量評価等を時間のある限り実施
- スタディ項目
 - 周回部でのビーム品質測定(エミッタンス、バンチ長)
 - 主ダンプまでのビーム損失を減らすこと

 - バンチャーオフで立ち上げ、入射器空洞設定は6/18(水)の最後の値
 - 伸ばしたレーザーパルス長でソレノイドスキャン(MS1, SL1) ⇒ 空間電荷効果が弱まっていることを確認できた
 - バンチャー空洞立ち上げ
 - 10 mAピークのビーム輸送再現試験 ⇒ ビームサイズを小さくするためソレノイドを強くして輸送。バンチャー、入射器空洞の位相詳細調整を実施。主ダンプまで4割輸送。
 - 周回部でのビーム品質(エミッタンス、バンチ長、エネルギー拡がり)測定(高井、帯名) ⇒ $en_x = 42 \text{ mm mrad}$, $en_y = 14.7 \text{ mm mrad}$ (南直線部) 設計は 0.6 mm mrad ...
 - オプティクスマッチングのテスト(合流部前、主空洞前)(宮島) ⇒ 輸送状態が良くないので新しいオプティクスを試す。入射器空洞CAV#1の位相を調整。主空洞を通して終了

7.7 pC/bunchソレノイドスキャン

2014年6月20日(金)
帯名、本田、高井、宮島

- 電子銃近傍での空間電荷効果の影響を調べるために、SL1, cam1を利用したソレノイドスキャンを実施。
- 空間電荷は電荷密度に依存するので、短い初期パルス長(電荷密度高)、長い初期パルス長(電荷密度低)で比較
- 6/18(水):短い初期パルス長の測定
- 6/19(木):長い初期パルス長の測定

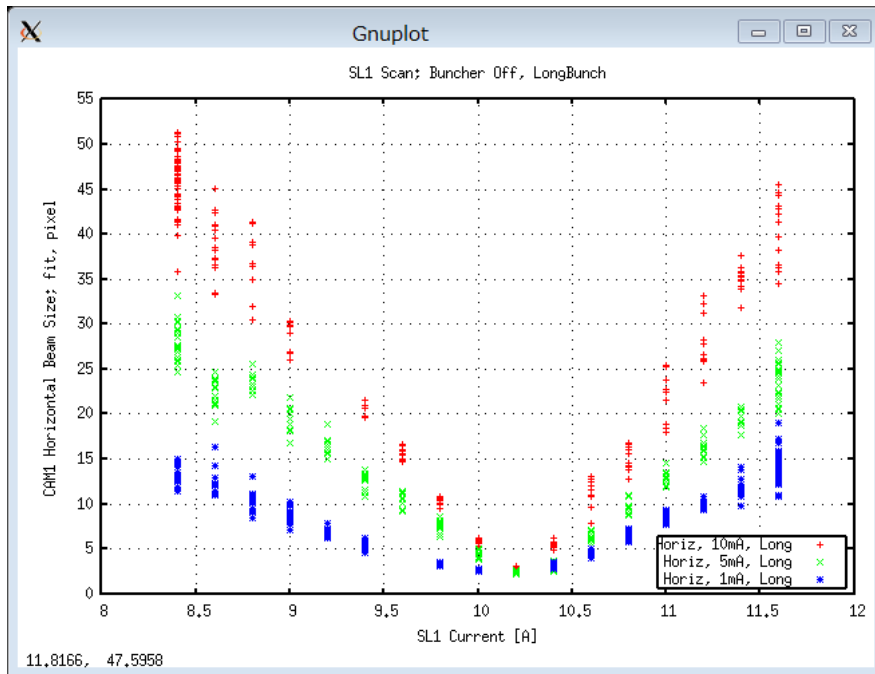


短い初期パルス長の測定結果
同じ励磁電流(8.4 A)でビームサイズを比較

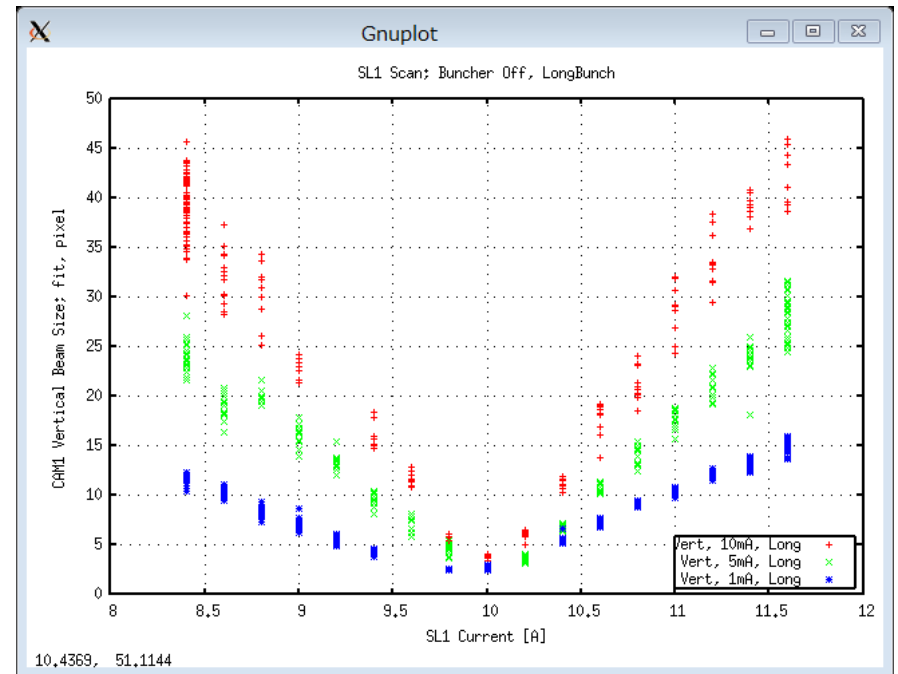
長い初期パルス長での測定結果

- ピーク電流: 1 mA (青), 5 mA (緑), 10 mA (赤)
- 電荷密度が高くなると、ビームサイズが空間電荷効果によって広がることを確認できた
- では、短い初期パルス長と比べるとどうか？

水平方向



垂直方向

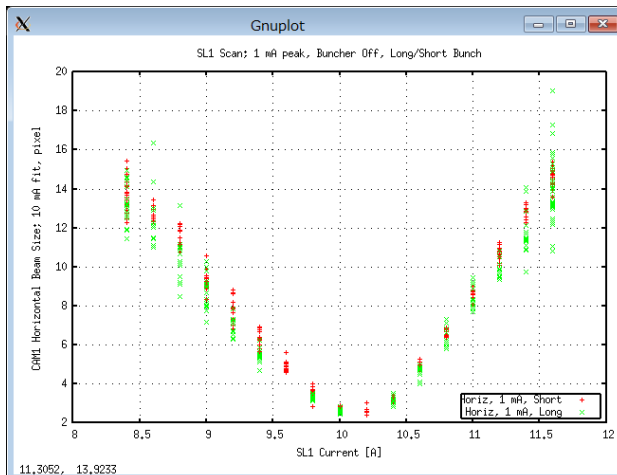


電荷密度依存

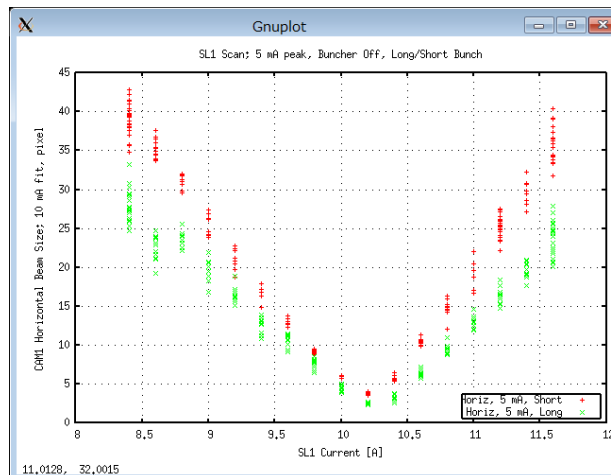
- 短いパルス長: 16 ps (設計値)
- 長いパルス長: 32 ps (設計値)
- パルス長が長い方が電荷密度が下がり、空間電荷効果が弱くなって、ビームサイズが小さくなっていることが確認できた
- 1 mAのときは、パルス長の影響は小さいが、5 mAからパルス長の影響が顕著に見える
- これらの測定データを基に、数値計算モデルの修正を行う

赤: 短いパルス長
緑: 長いパルス長

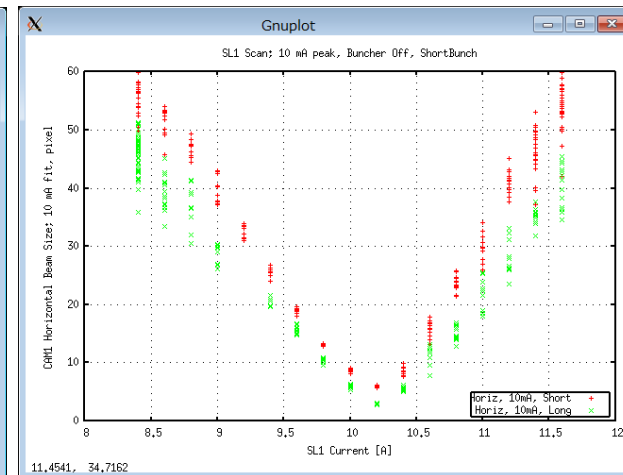
1 mA peak



5 mA peak



10 mA peak



6/20(金)の調整結果(4日目)

7.7 pC用新オプティクス2

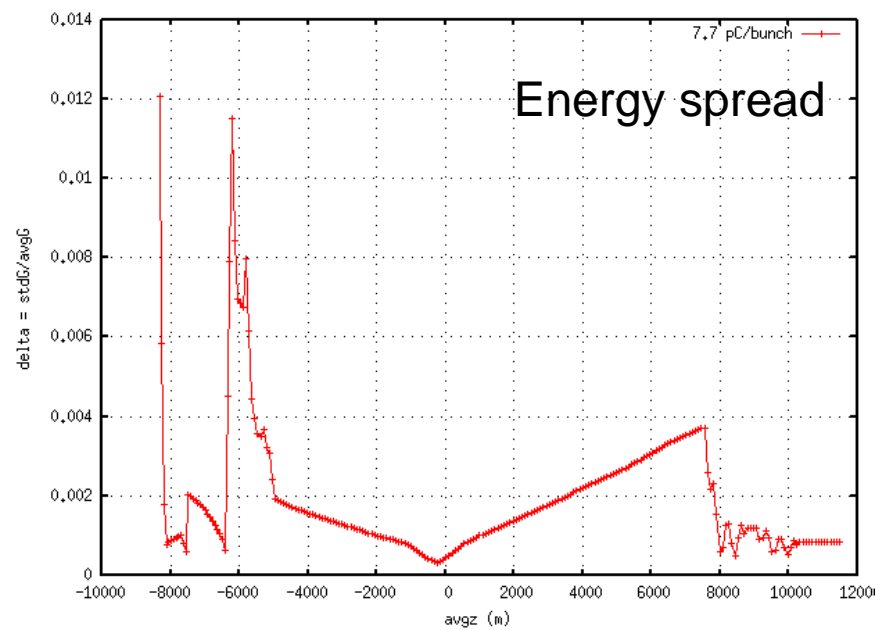
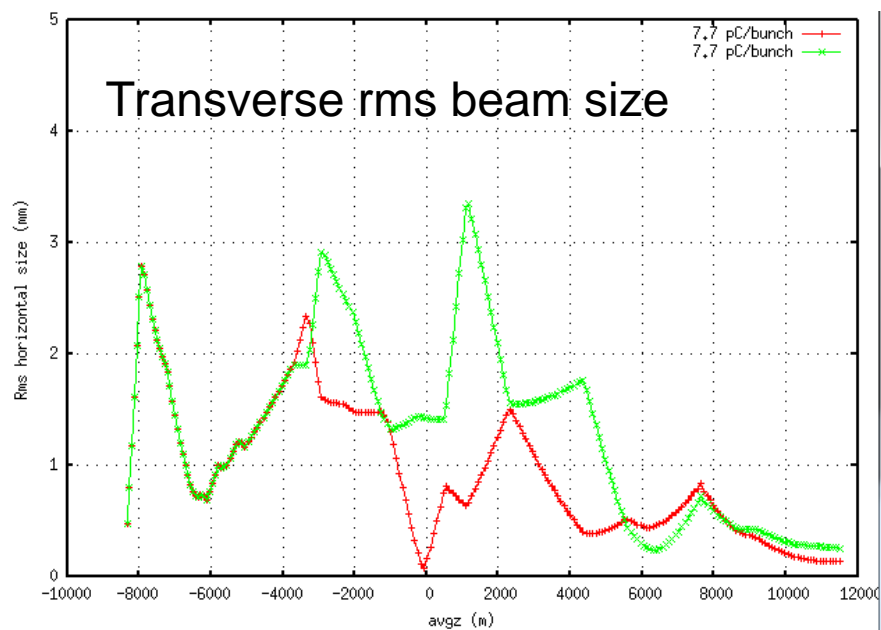
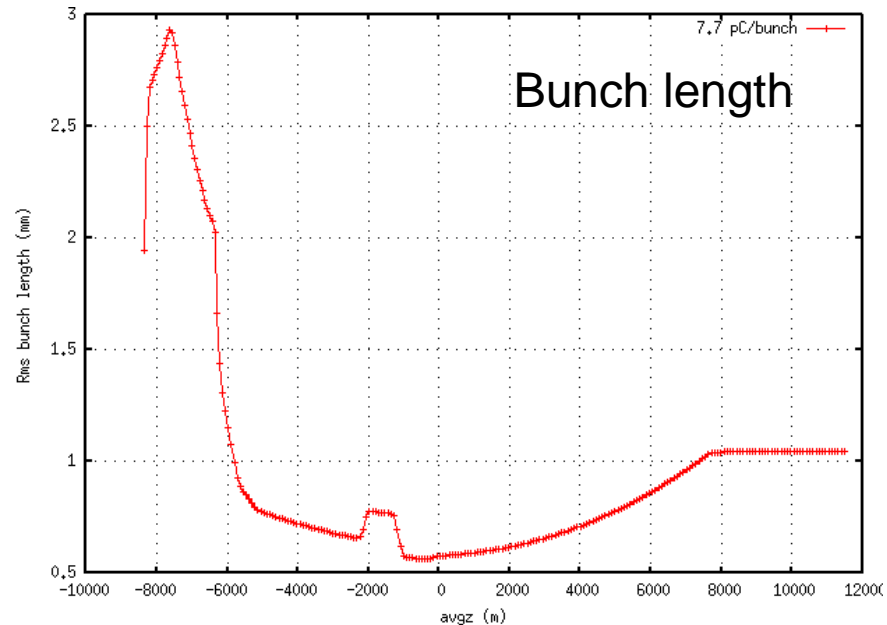
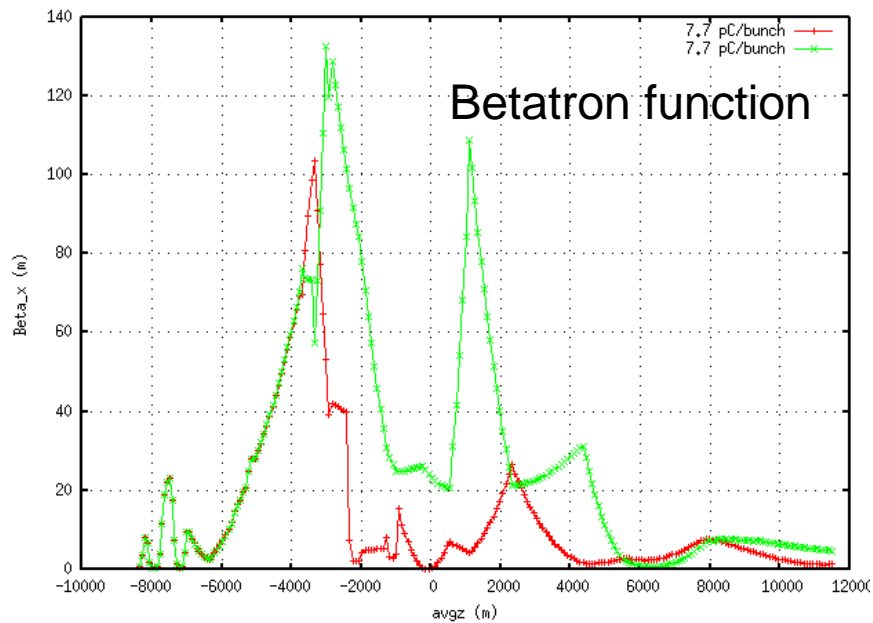
21014年6月20日(金)

宮島 司

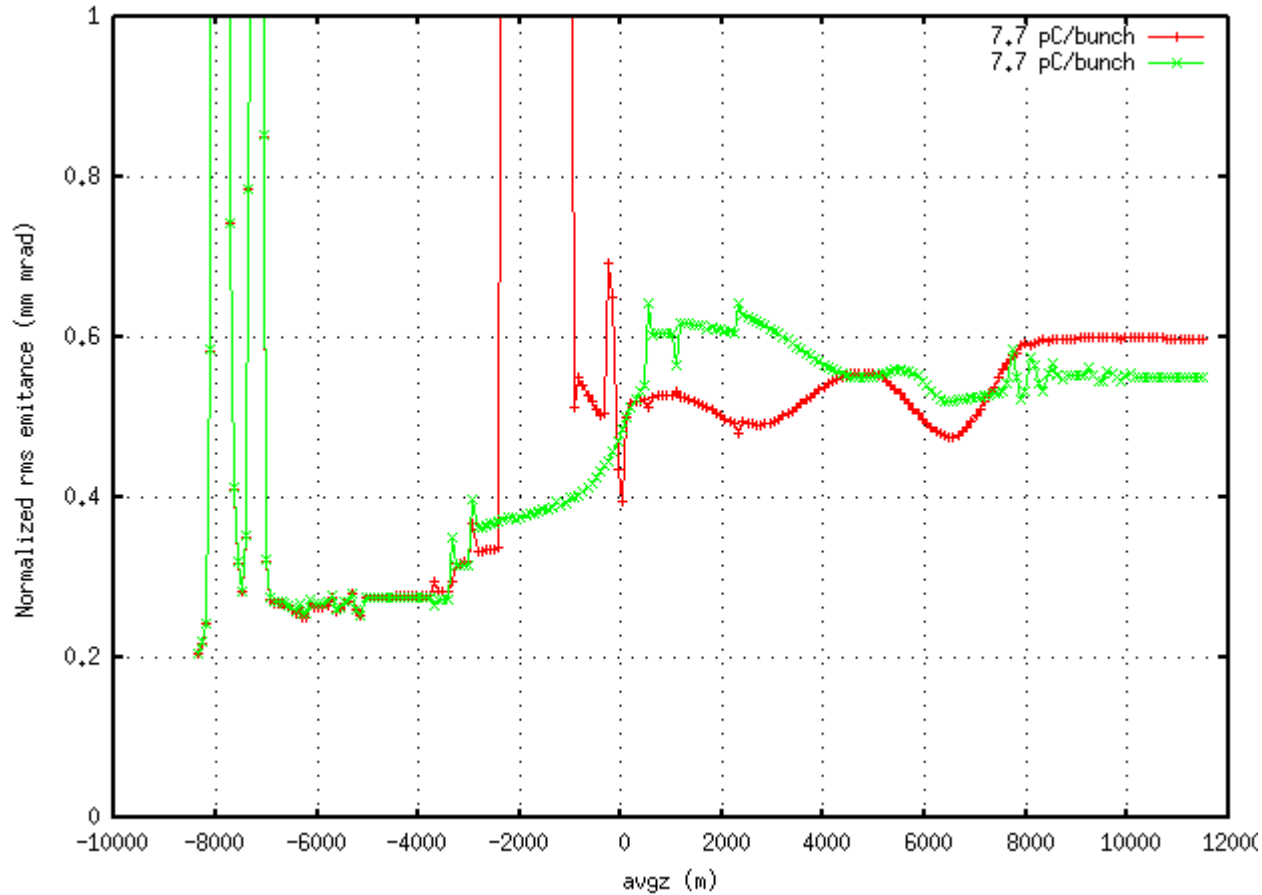
- 入射器空洞を均等加速から近い位置でCAV#1の位相を-22度して、Eaccを上げてエネルギーを一定に保つ
- この状態で輸送できるようなオプティクスを最適化計算で探した
- CAV#1の位相を-22 deg から 22 degに変えても、エミッタンス、ビームサイズは大きく増大しない。ただしバンチ長は10 psに伸びる

設定

ISLGA01set = 8.41118;	K1QMGC01 = -3.23681;
ISLGA02set = 3.86805;	K1QMGC02 = 0.0;
VCBGA01set = 33.3666;	K1QMGC03 = 13.7387;
EaccINJ23 = 3.2111;	K1QMGC04 = 0.0;
EaccCSGB01set = 3.40333;	K1QMGC05 = -11.5403;
VMAIN = 8.5802;	K1QMAG01 = 22.2984;
PCBGA01off = -90.0;	K1QMAG02 = -14.8217;
PCSGB01off = -22.1668;	K1QMAG03 = -0.231391;
PCSGB02off = 0.0;	K1QMAG04 = 9.89423;
PCSGB03off = 0.0;	K1QMAG05 = -8.32807;
PCSAC01off = 0.0;	K1QMAG06 = 1.48549;
PCSAC02off = 0.0;	K1QMAG07 = 19.7316;
	K1QMAG08 = -1.45412;



Transverse normalized rms emittance

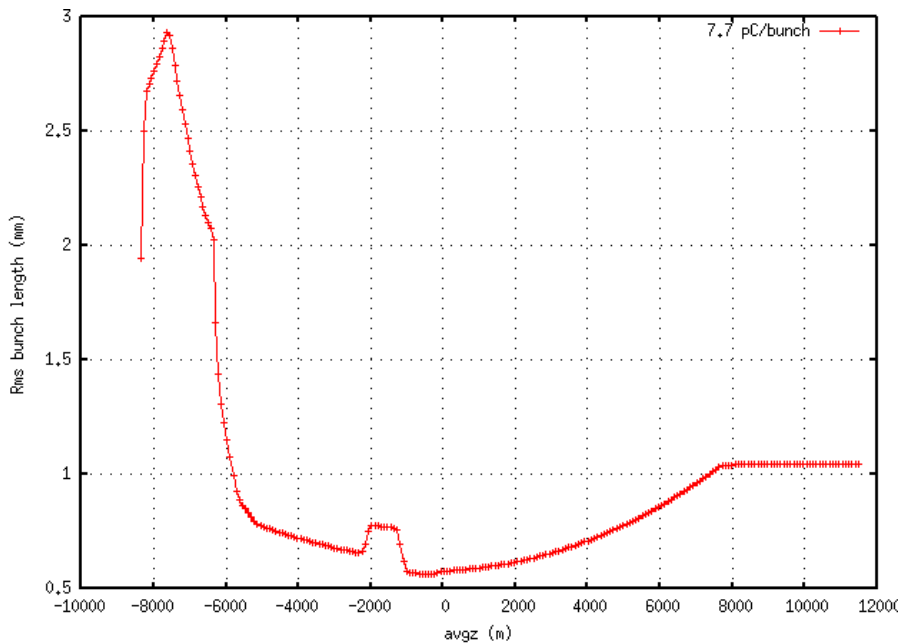


最終日のターゲットエミッタンス: 0.6 mm mrad

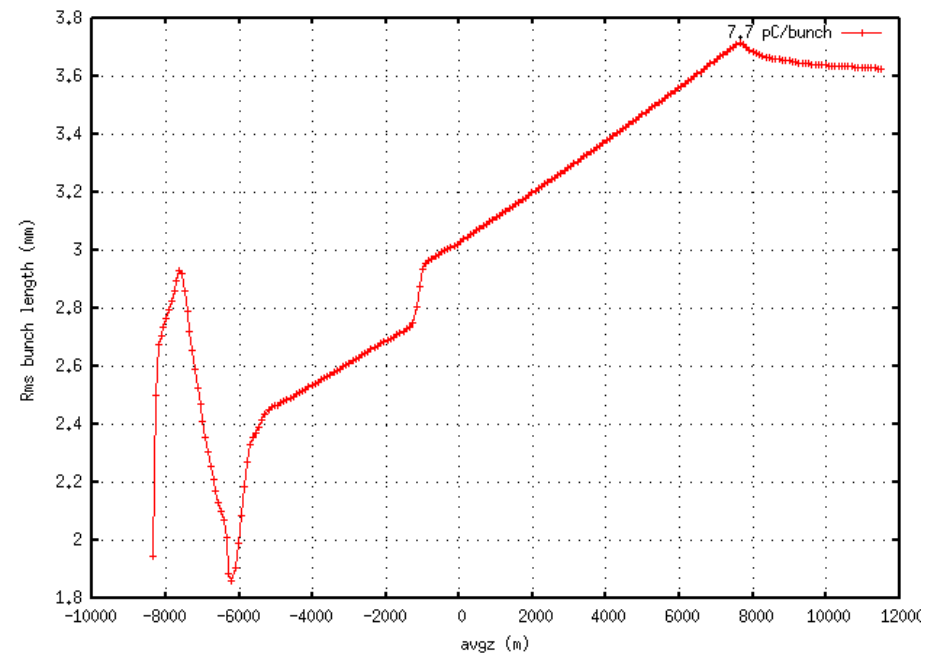
CAV#1の位相の方向

- 22度の時の方が圧縮が掛かり、折り返される。
- Phase < 0 でバンチ長を伸ばす方向
- Phase > 0 でバンチ長を圧縮する方向

-22度



22度



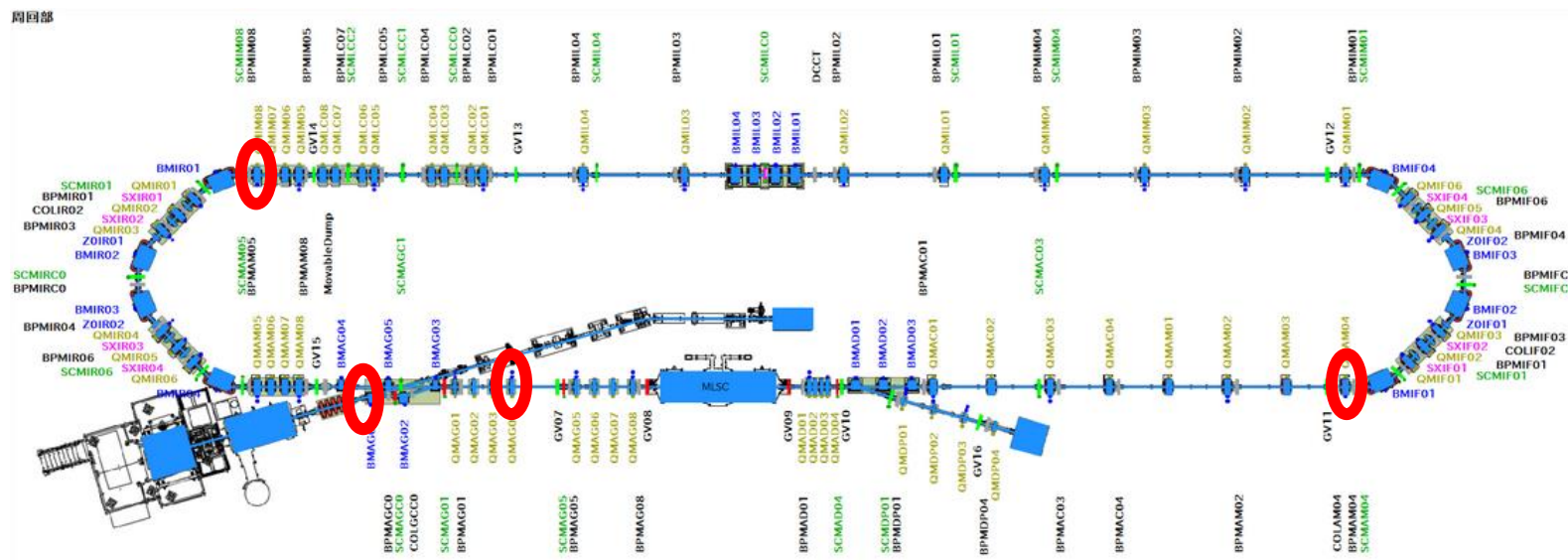
診断部でバンチ長を測定して、位相の向きを確認した後に、
オプティクスマッチングを実施した。

7.7 pC/bunchでのオプティクスマッチング

2014年6月23日(月)
宮島、本田、帯名、高井

概要

- 7.7 pC/bunchビームの周回部輸送でのビーム損失を減らすために、オプティクスマッチングを行った
- 実施箇所: 合流部入口、主空洞入口、第一アーク入口、第二アーク入口
- 結果: マッチングは完全ではないが、ビームプロファイルをまとめることができ、ビーム損失を減らすことができた
- 周回部FCまで9割以上のビームを輸送できるようになった
- マッチングはかなり効果があるので、次の機会はより精度を上げたマッチングを実施したい

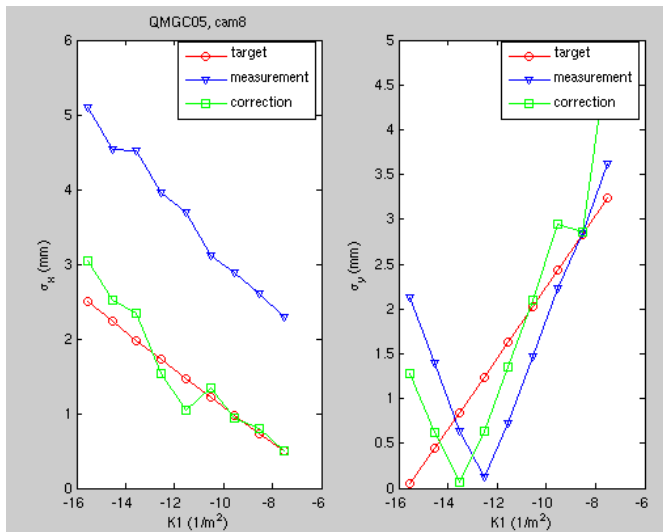


合流部入口

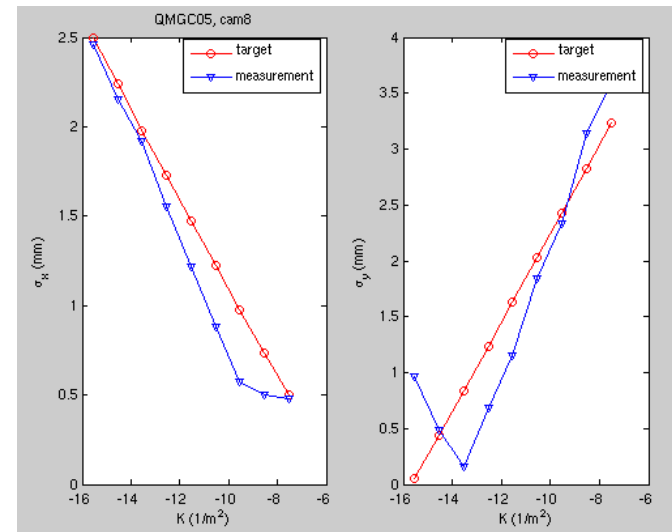
- 初期エミッタンス1 mm mradと仮定してマッチング用のターゲットを計算
- これに向けて2回マッチングを実施
- ビームプロファイルを改善できた

青: 測定結果
赤: ターゲット
緑: 補正後の推定値

補正前



補正後

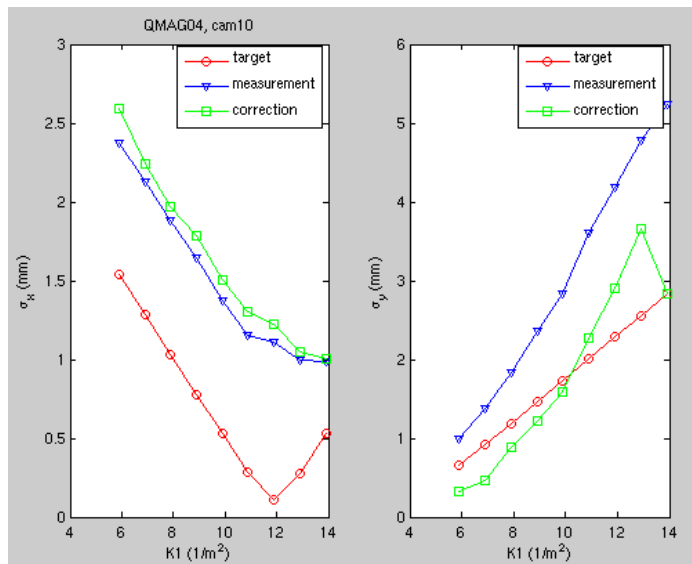


主空洞入口

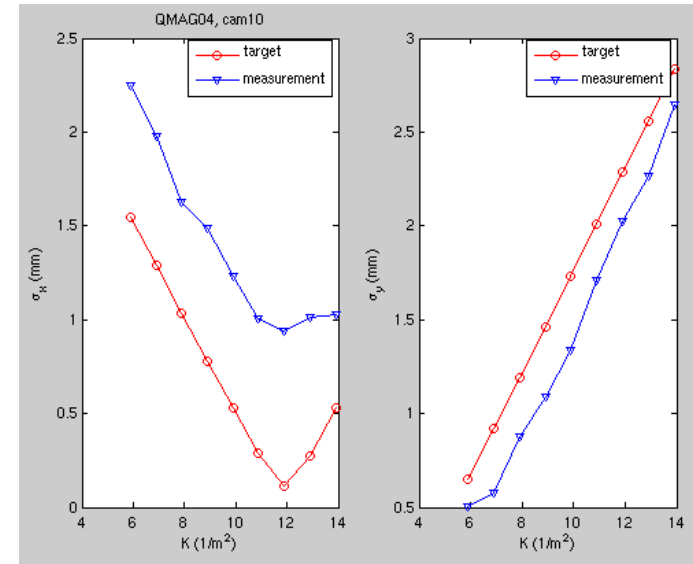
- 初期エミッタンス1 mm mradと仮定してマッチング用のターゲットを計算
- これに向けて2回マッチングを実施
- ビームプロファイルを改善できた

青: 測定結果
赤: ターゲット
緑: 補正後の推定値

補正前



補正後



第一アーケ入口

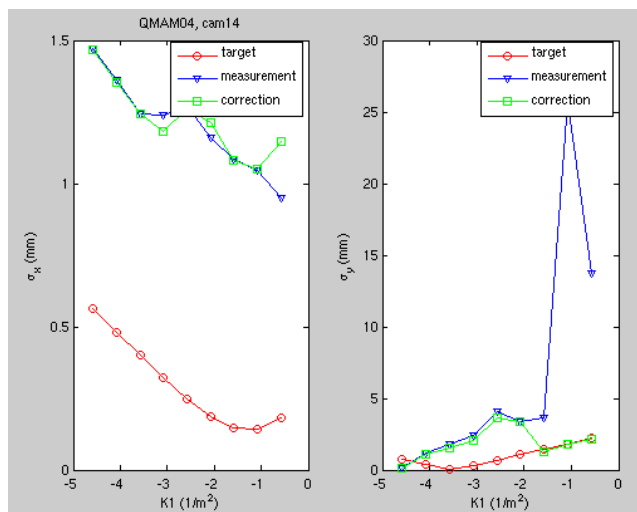
- 初期エミッタンス1 mm mradと仮定してマッチング用のターゲットを計算
- これに向けて2回マッチングを実施。水平の治りが悪い(エミッタンスの違いの影響と思われる)
- 垂直方向のビームプロファイルを改善できた ⇒ **第一アーケのロスがほぼなくなる**

青:測定結果

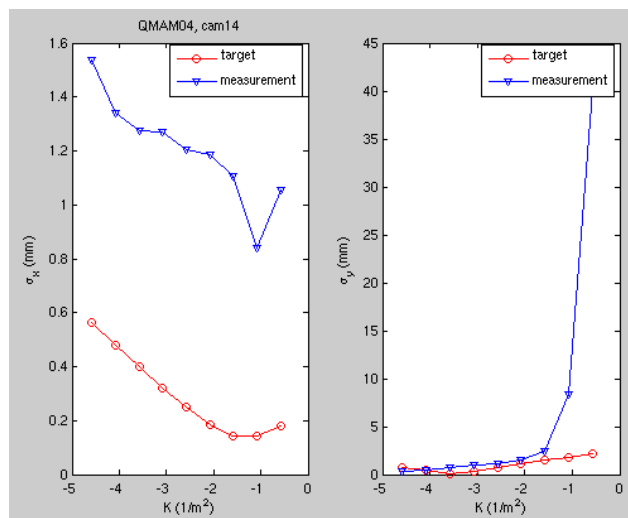
赤:ターゲット

緑:補正後の推定値

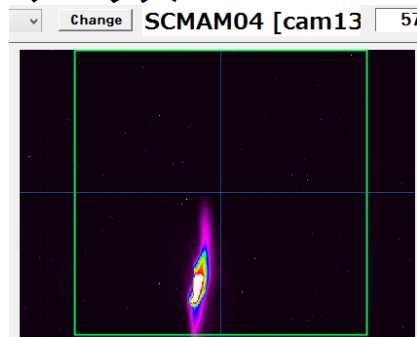
補正前



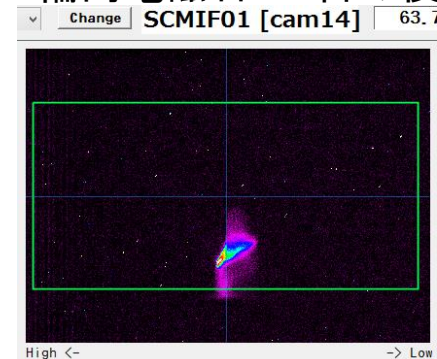
補正後



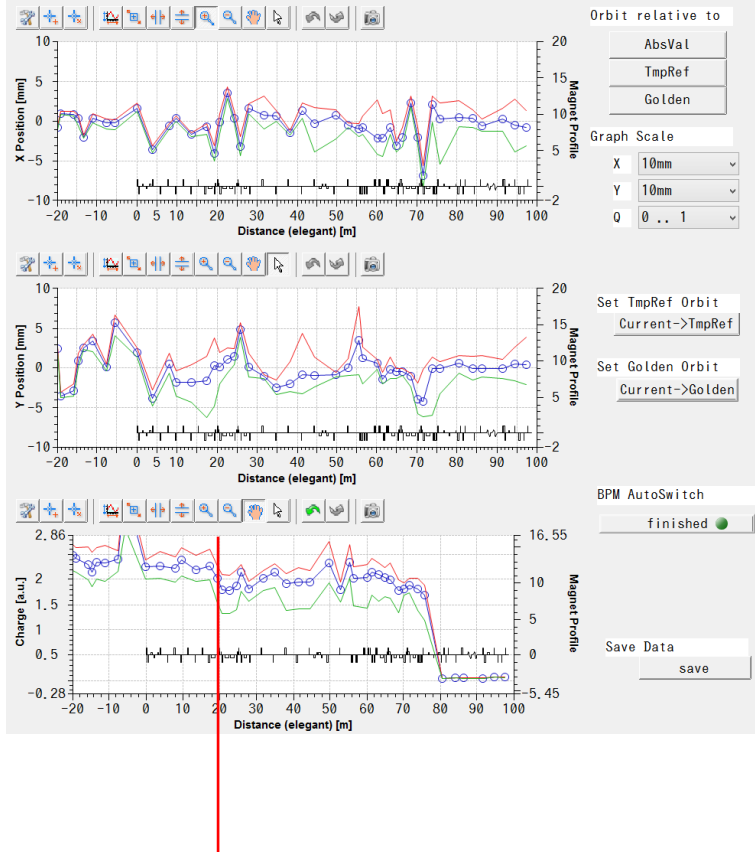
アーケ入口



偏向電磁石1つ目の後

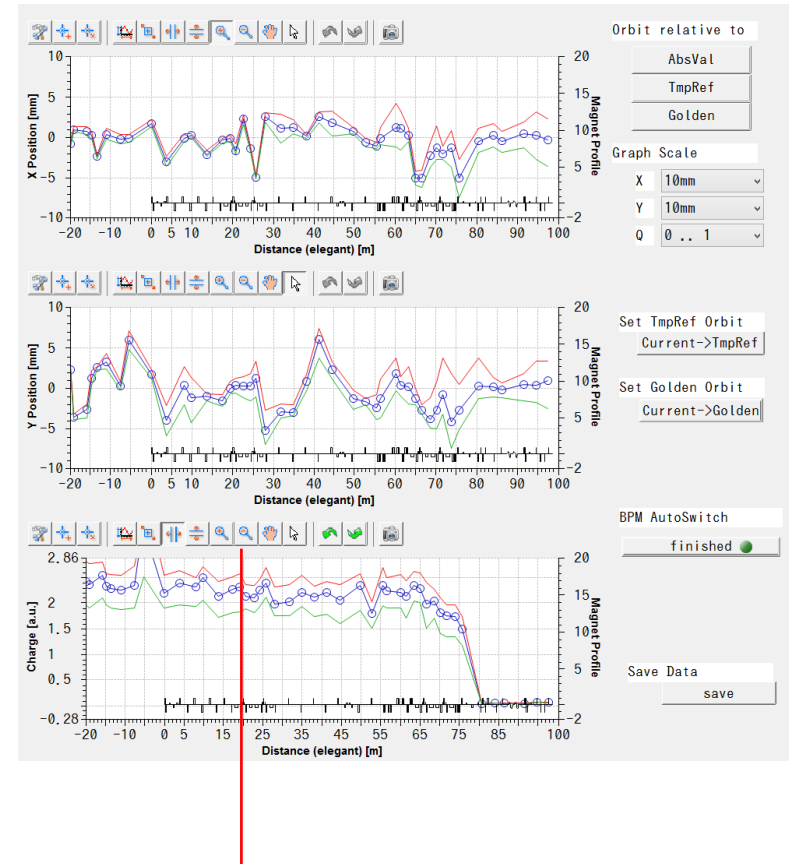


マッチング前



第一アークの中で電荷量が減少

マッチング後



第一アークでのビームロスがなくなる
ロスモニタ信号をみてもロスは観測されない。
第2アークに入ってからロスがある。

第二アーケ入口

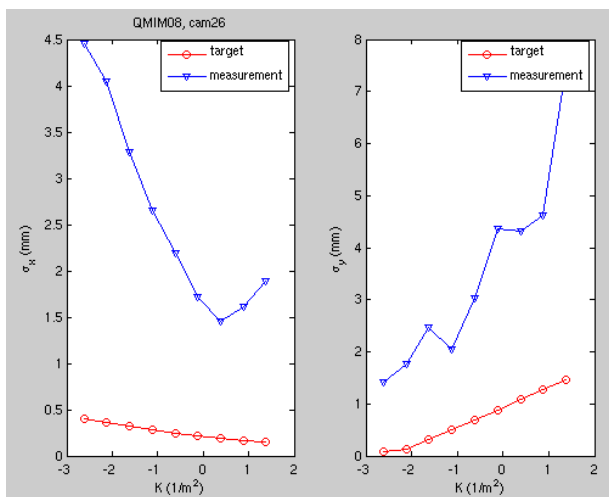
- 初期エミッタンス1 mm mradと仮定してマッチング用のターゲットを計算
- これに向けて4回マッチングを実施。水平方向はむしろ悪化している
- 垂直方向のビームプロファイルを少し改善できた
- **第二アーケの調整と合わせて、周回部FCまで90%輸送できるようになった**

青: 測定結果

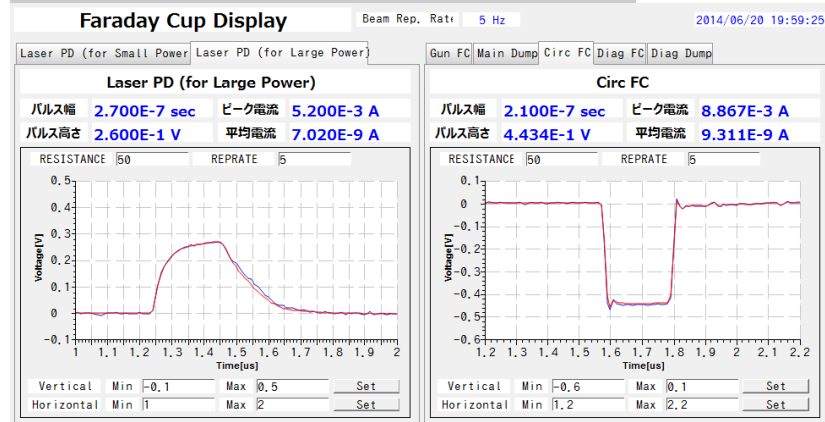
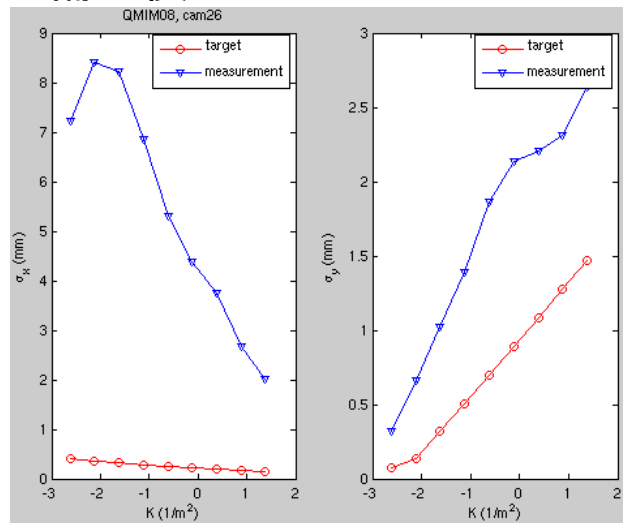
赤: ターゲット

緑: 補正後の推定値

補正前



補正後

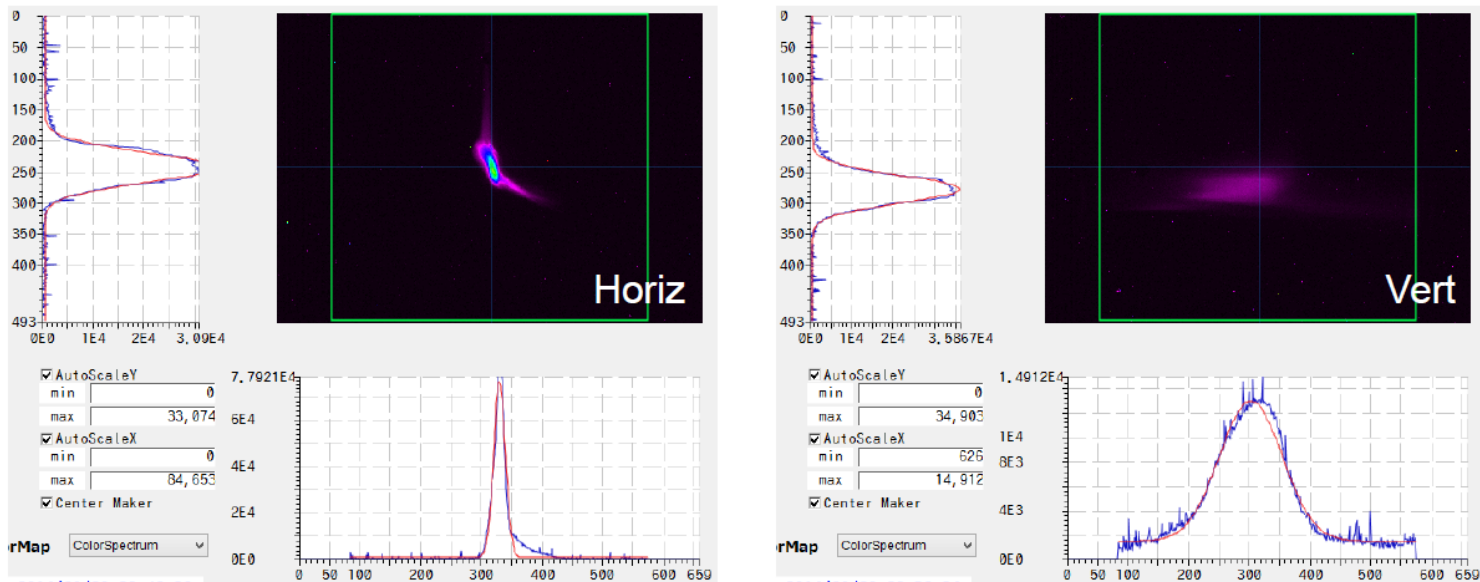


エミッタンス測定結果：周回部Q-scan 1

10mAでの周回部エミッタンス測定 #2

- ビーム条件：10 mA peak, 200 ns burst, long bunch (5.5 ps)
Circ FCまで9割, Main Dumpまで6割が通った状態
- 測定箇所：①主空洞後～第1アーク (QMAM02 と MS13 を使用)
②第1アーク～周長補正シケイン (QMIM02 と MS18 を使用)
- QMAM03, QMAM04, QMIM03は消磁してスキップ
- ウェストでカメラが飽和しないようゲイン22 ⇒ 0 & ND4 を挿入

～ ウェスト位置でのビームプロファイル @ MS18 ～

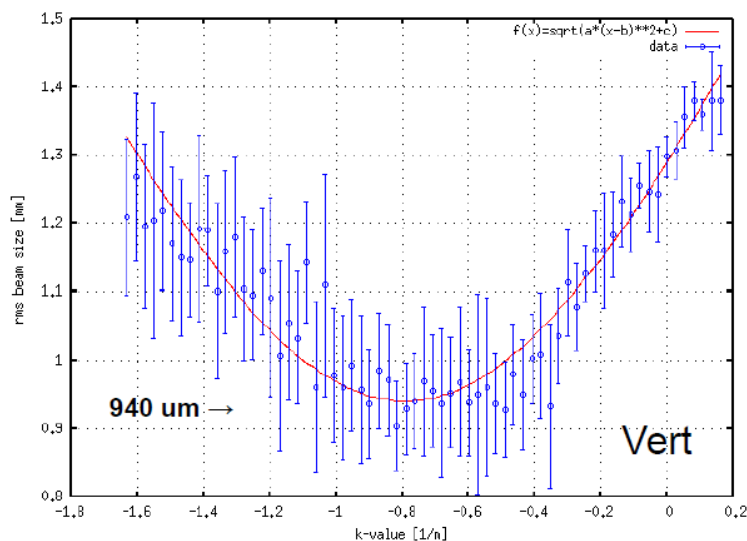
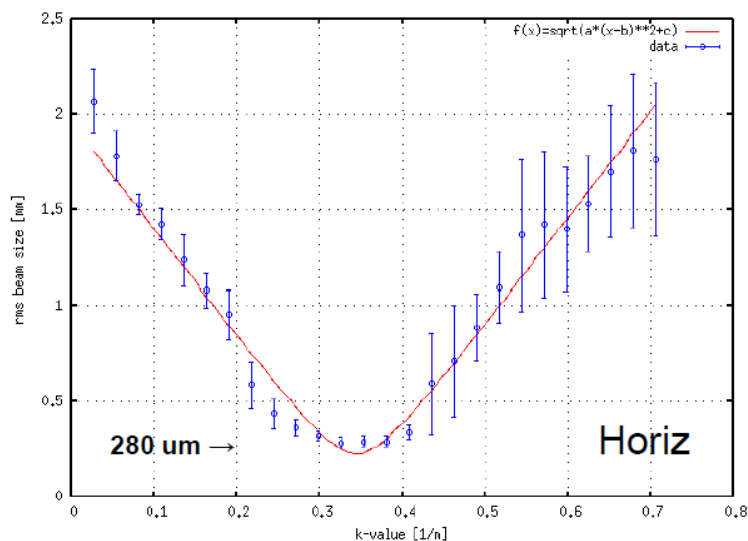


高井さん作成2014年6月23日コミショニング打ち合わせ資料

エミッタンス測定結果：周回部Q-scan 2

測定結果 ①主空洞後～第1アーケ

- QMAM02 と MS13 を使用
- ItoK: 2.72, 全エネルギー: 20MeV, QMAM02～MS13: 4153mm
- 規格化エミッタンス $\Rightarrow \underline{\varepsilon_x} = 2.9 \pm 0.3 \text{ um}, \underline{\varepsilon_y} = 2.37 \pm 0.05 \text{ um}$
- 診断部での測定結果(2.5/2.9 um)とほぼコンシステント

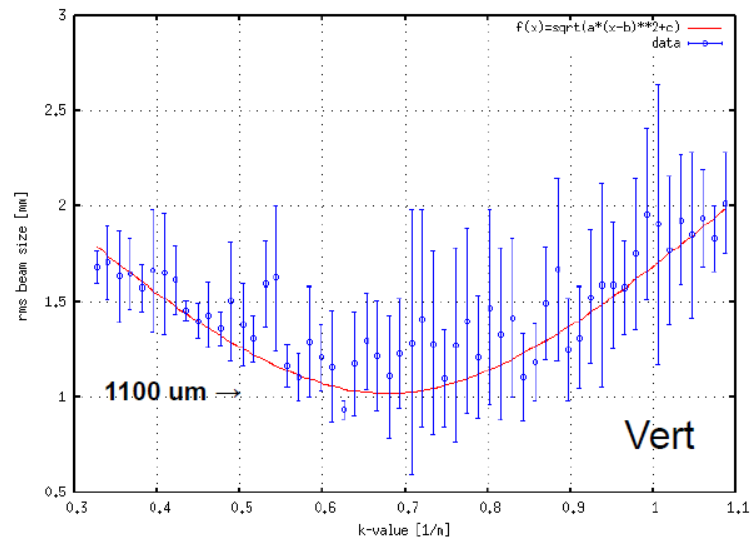
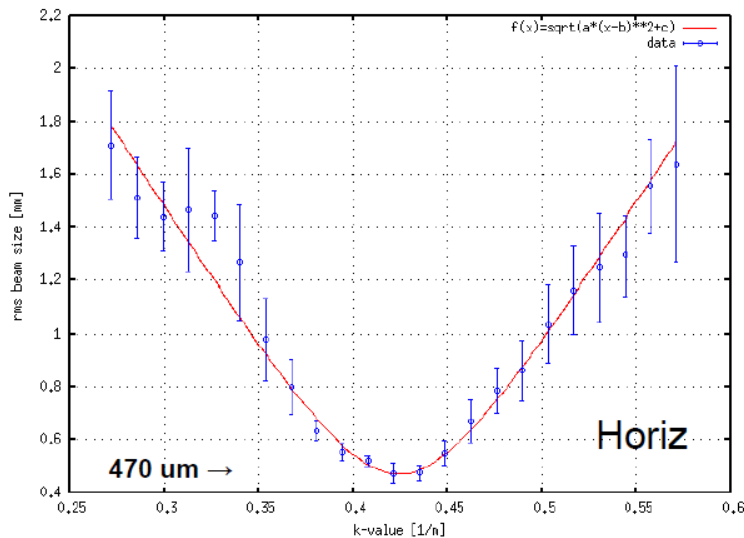


高井さん作成2014年6月23日コミッションング打ち合わせ資料

エミッタンス測定結果：周回部Q-scan 3

測定結果 ②第1アーケ～周長補正シケイン

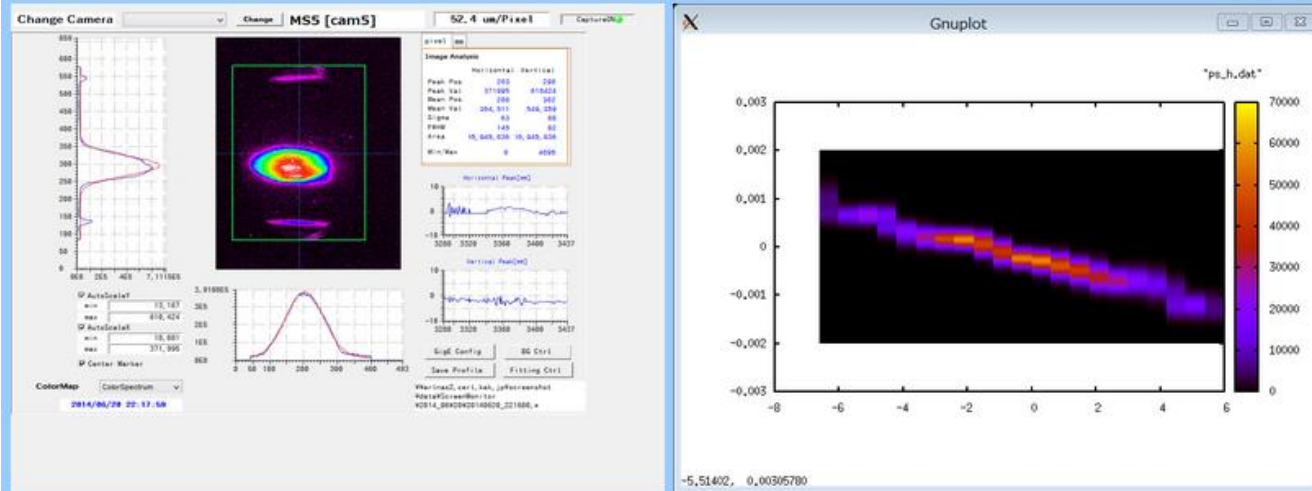
- QMIM02 と MS18 を使用
- ItoK: 2.72, 全エネルギー: 20MeV, QMIM02～MS18: 5988mm
- 規格化エミッタンス $\Rightarrow \underline{\varepsilon_x = 5.8 \pm 0.2 \text{ um}}, \underline{\varepsilon_y = 4.6 \pm 0.2 \text{ um}}$
- 第1アーケ前よりは増加しているが、前日(42/14.7 um)に比べると大幅減



高井さん作成2014年6月23日コミッションング打ち合わせ資料

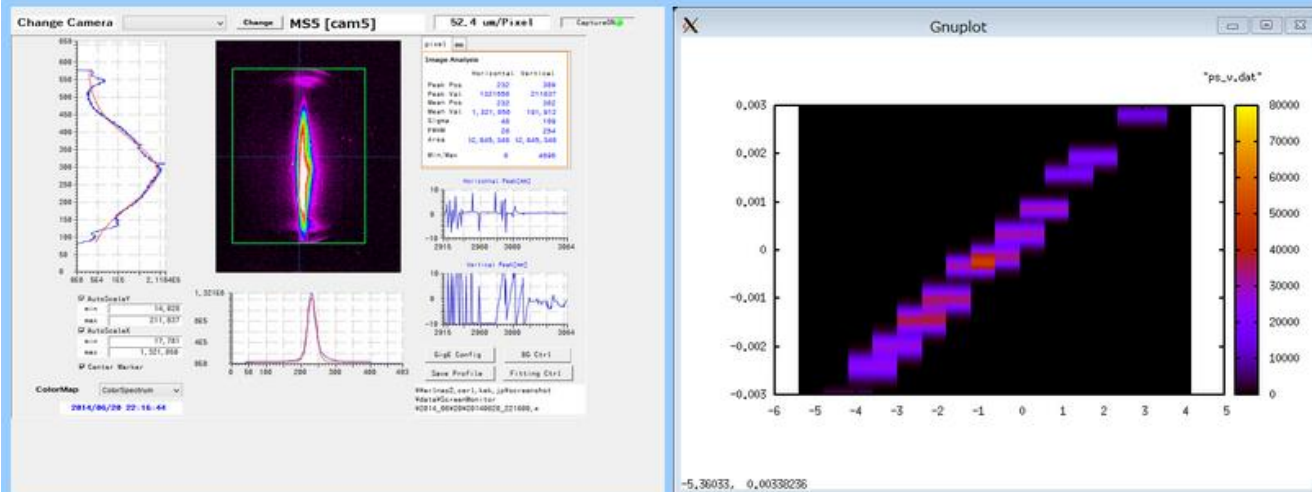
エミッタンス測定結果：診断部slit-scan

slit scan injector emittance
horizontal
2.5um



$\text{enx} = 2.5 \text{ mm mrad}$

slit scan injector emittance
vertical
2.9um



$\text{eny} = 2.9 \text{ mm mrad}$

本田さん解析結果

エミッタンス測定結果まとめ

これまでの測定結果一覧

➤ 低バンチ電荷 (< 20 fC/bunch)

$\varepsilon_x / \varepsilon_y$ [μm]

	主空洞前	主空洞後	第1アーク後	第2アーク前
3/5	---	0.66/0.43	---	---
3/11	---	0.56/0.36	0.52/0.45	---
3/13	---	---	---	0.23/0.33
3/14	---	0.28/0.41	---	0.23/0.26
5/28	---	---	0.26/0.20	---
6/13	0.15/0.14	0.14/0.12	0.14/0.14	0.13/0.15

注) 黒字はスクリーン分解能の影響を含む & ItoK=2.80を使用

➤ 高バンチ電荷 (7.7 pC/bunch)

Q-scan

Slit-scan

6/19	---	---	42/14.7	---
6/20	---	2.9/2.37	5.8/4.6	---

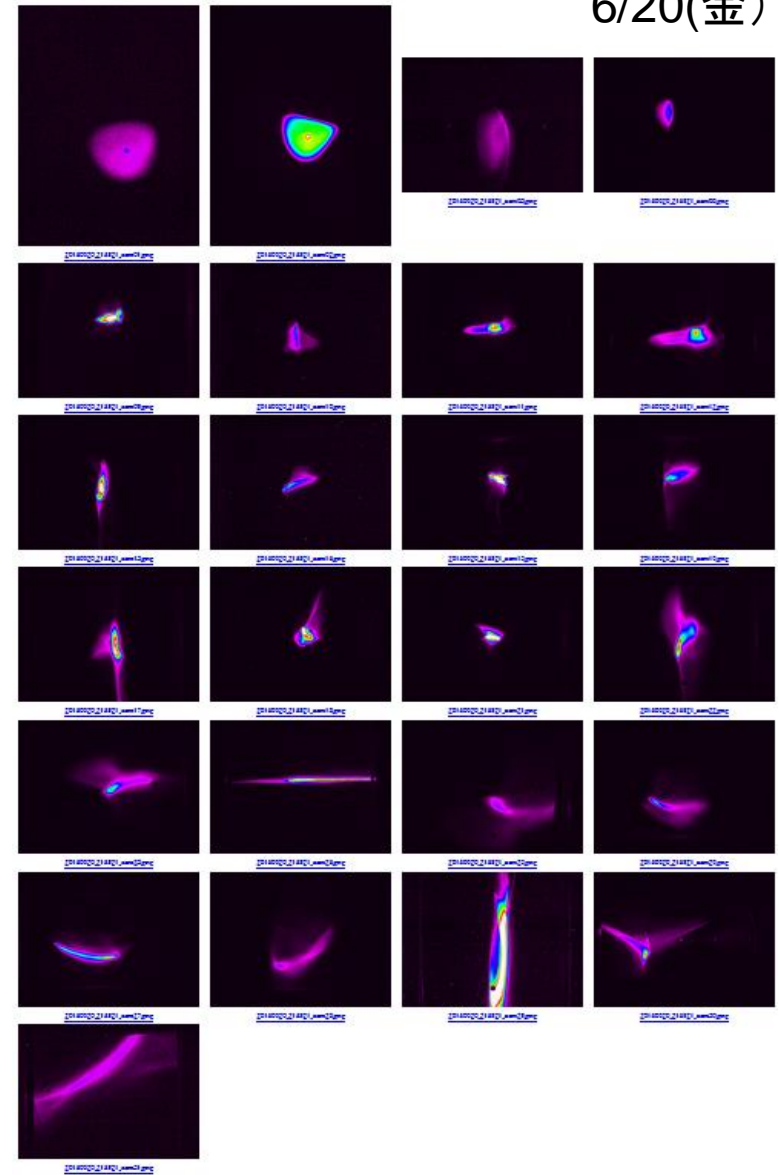
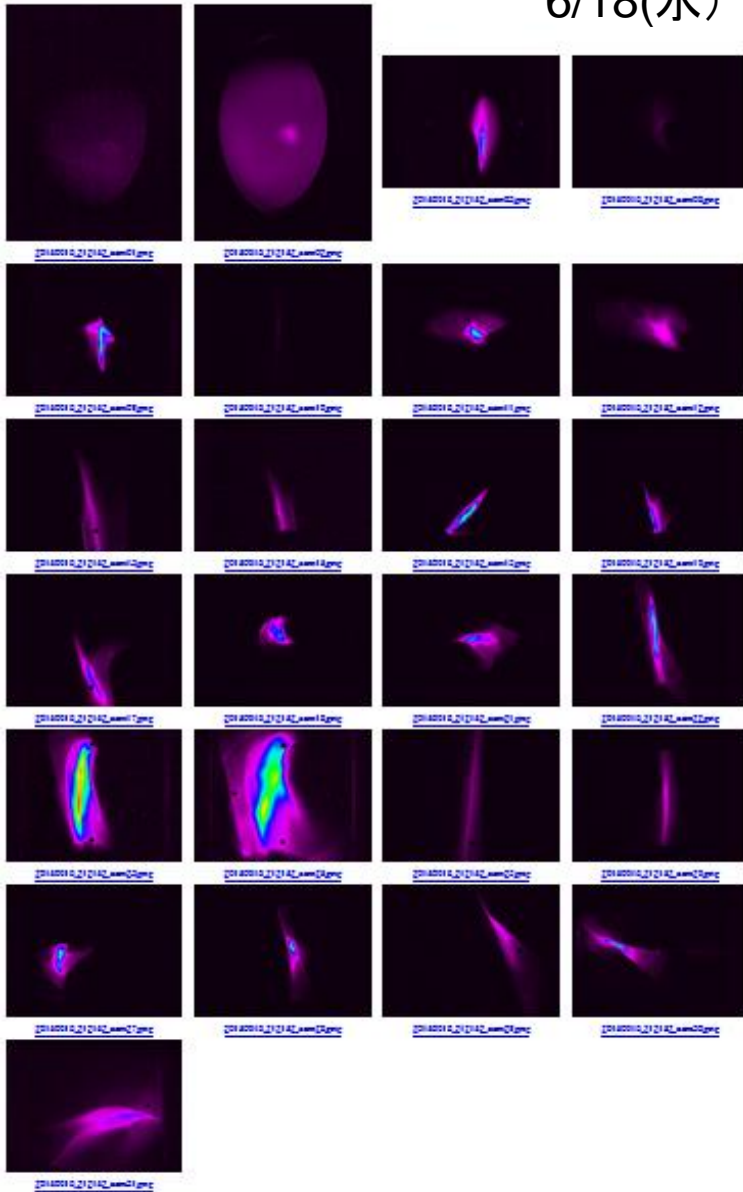
診断部
2.5 / 2.9

高井さん作成2014年6月23日コミッショニング打ち合わせ資料

ビームプロファイル(最終日)

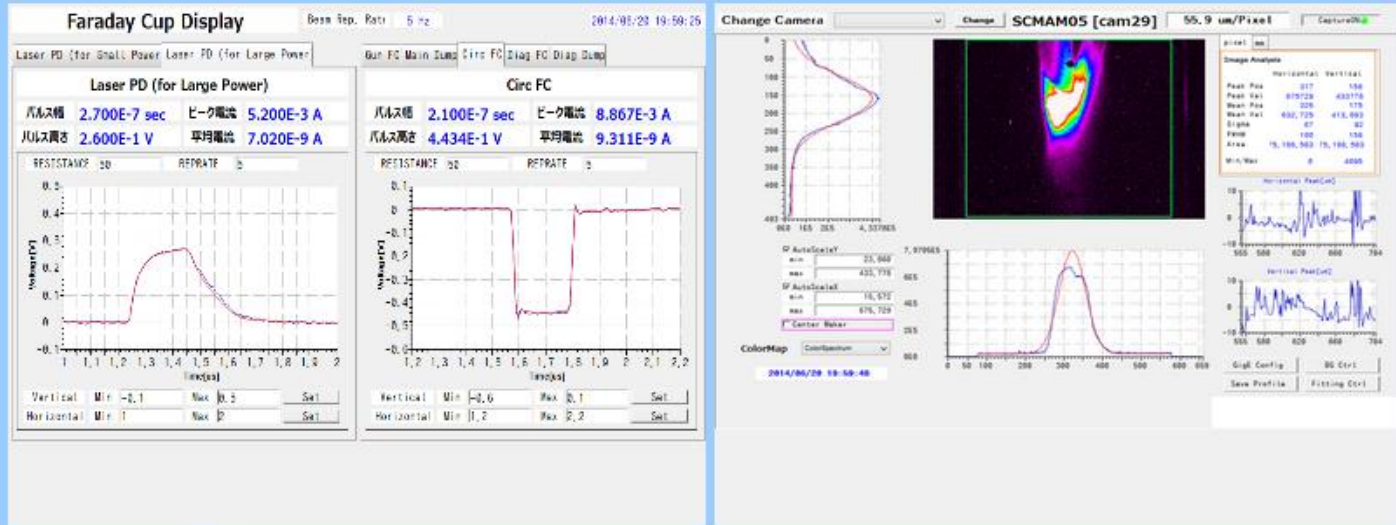
6/18(水)

6/20(金)

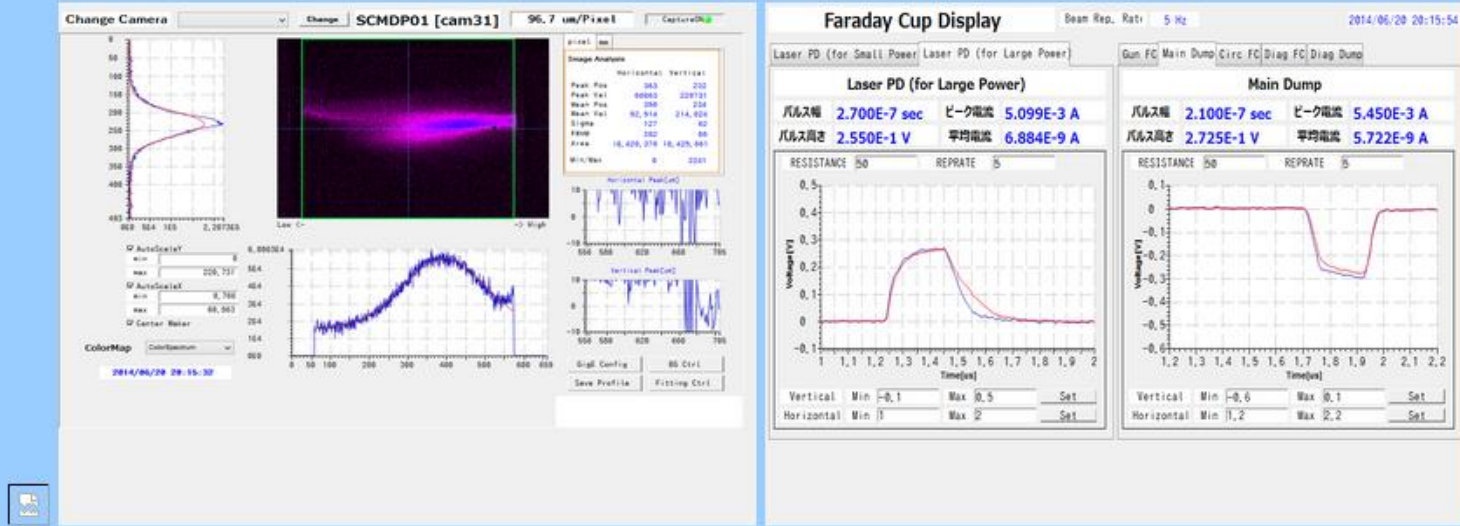


ビーム輸送効率(最終日)

周回部FCで90%以上



ダンプまで60%透過
201411.log



オプティクスマッチングのまとめ

- 7.7 pC/bunchビーム周回部輸送でのビーム損失を低減するために、オプティクスマッチングを行った
- 実施個所は、合流部入口、主空洞入口、第一アーク入口、第二アーク入口の四か所
- 第一アーク入口までのマッチングでは、マッチングによってある程度ターゲットに近づけることができた。
- 結果として、ビームプロファイルをまとめることができた。
- 第一アークでのロスがほぼなくなり、他の調整と合わせて周回部FCまで90%ビーム輸送できるようになった

- マッチングはかなり効果があることが確認できた

- 課題
 - エミッタンスの仮定が1 mm mrad (設計の0.6 mm mradから少し悪化と仮定)としていたが、実際には、第一アーク手前 $en_x = 2.9$ mm mrad, $en_y = 2.4$ mm mrad、南直線部 $en_x = 5.8$, $en_y = 4.6$ mm mrad程度とずれていたため、特に水平方向でのマッチングがあまりよくなかった
 - 次は、実測のエミッタンスを使いながらマッチングを行いたい
 - マッチングとエミッタンス修正を繰り返せば、設計に近づけられそう

次の運転に向けて

現状の問題点

1. エミッタンスが大きい
2. バンチ長が計算とずれている
3. 周回部でのビーム損失

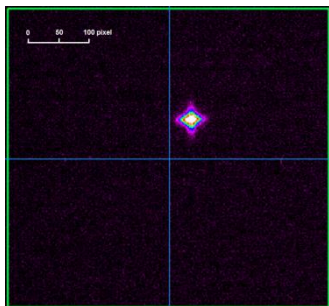
調整不足
現状と解析モデルの不一致

1. エミッタンスが大きい原因

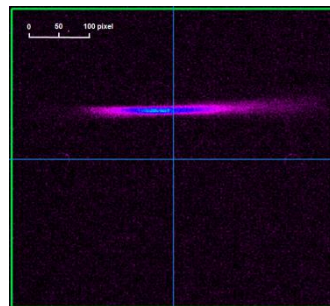
主に入射器で起きていると考えている

空洞中心を通過していない、位相の精密調整ができていない、環境磁場の影響

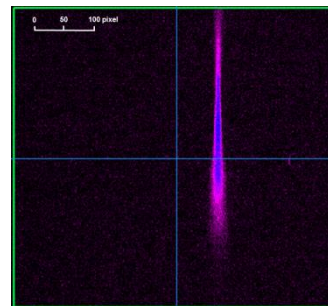
例：入射器空洞#1のみで加速したときのプロファイル(Hwang-sanによる測定結果)



中心を通った時



横に16 mmずらした時



縦に16 mmずらした時

長いバンチ長を通した時

空洞の中心を通過していないと、進行方向の形が横方向に射影されてエミッタンスが悪化する

2. バンチ長のずれの原因

主に入射器で起きていると考えている

初期パルス長を制御できていない(モデルとのずれ)、位相の精密調整ができていない

3. 周回部でのビーム損失の原因

マッチングにより改善される

現状と解析モデルの不一致(調整不足)、環境磁場の影響、ビームローディングの影響は？

次の運転に向けた対策

- バンチャー空洞、入射器空洞の中心通し
 - 軌道調整の基礎データは取ったので、これを元に次の運転までにソレノイドの位置を調整したい
 - 空洞の3次元電磁場解析を行いカップラーの影響も調べておく
 - 可能であれば、来年度にソレノイド可動架台を作りたい
- 空洞位相・振幅の精密調整
 - 偏向電磁石、偏向空洞を利用してより詳細に調整する方法を確立する
- 環境磁場への対策
 - 設計の段階でビームサイズができるだけ小さくなるようなオプティクスにして、影響を小さく抑える
- 解析モデルの修正
 - ソレノイドスキャンデータを元に、初期パルス長を推測してモデルを修正する
 - 空洞の応答データを取ったので、それを再現できるようにモデルを修正する
- 周回部でのビーム損失の低減
 - より多くの地点でマッチングを実施し、設計オプティクスに近づけていく
 - ビームローディングの影響も検討しておく

あと、次はもう少しスタディ時間が欲しい...

高バンチ電荷スタディまとめ

高バンチ電荷スタディまとめ

- 目的とゴール
 - 目的: 大バンチ電荷 (7.7 pC/bunch) の輸送試験
 - ゴール: 周回部でのビーム品質の確認、主ダンプまでのビーム輸送
- 結果
 - カソード交換: 昨年6月まで使っていたものを再活性化。QEは6 %
 - 電子銃での大バンチ電荷 (7.7 pC/bunch) を確認
 - 初期レーザーパルス長; 最終的に32 psに伸ばした(初期電荷密度を下げるため)
 - 入射器調整: 振幅、位相の詳細調整を実施。CAV#1のみオフ Crest 加速
 - 主空洞での加速: 1 usのパルス幅だとローディングの問題あり
 - 周回部輸送調整: 9割が周回部FCまで到達。オプティクスマッチングが重要。
 - ビーム品質:
 - エミッタンス(設計 0.6 mm mrad): 2.9 mm mrad(診断ライン)、2.9 mm mrad(周回部第一アーク手前)、5.8 mm mrad(周回部南直線部)
 - バンチ長(設計 4 ps): 5.5 ps(診断ライン)
- 課題
 - 周回部でのビーム位置のふらつき: CAV#1のオフ Crest 加速の影響か?
 - ビーム損失の低減: 各区分ごとにオプティクスマッチングが必要
 - ビーム品質: まだ空間電荷効果を合わせられていない。入射器ビームを設計に近づけるような詳細調整(振幅、位相、ビーム位置)が必要。基礎データは取った。
 - 外乱(環境磁場等)を避けるためのビームサイズの小さいオプティクス設計。

ERL Development Team in Japan



High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

S. Adachi, M. Adachi, M. Akemoto, D. Arakawa, S. Asaoka, K. Enami, K. Endo, S. Fukuda, T. Furuya, K. Haga, K. Hara, K. Harada, T. Honda, Y. Honda, H. Honma, T. Honma, K. Hosoyama, K. Hozumi, A. Ishii, E. Kako, Y. Kamiya, H. Katagiri, H. Kawata, Y. Kobayashi, Y. Kojima, Y. Kondou, O. Konstantinova, T. Kume, T. Matsumoto, H. Matsumura, H. Matsushita, S. Michizono, T. Miura, T. Miyajima, H. Miyauchi, S. Nagahashi, H. Nakai, H. Nakajima, N. Nakamura, K. Nakanishi, K. Nakao, K. Nigorikawa, T. Nogami, S. Noguchi, S. Nozawa, T. Obina, T. Ozaki, F. Qiu, H. Sakai, S. Sakanaka, S. Sasaki, H. Sagehashi, K. Satoh, M. Satoh, T. Shidara, M. Shimada, K. Shinoe, T. Shioya, T. Shishido, M. Tadano, T. Takahashi, R. Takai, T. Takenaka, Y. Tanimoto, M. Tobiyama, K. Tsuchiya, T. Uchiyama, A. Ueda, K. Umemori, K. Watanabe, M. Yamamoto, Y. Yamamoto, Y. Yano, M. Yoshida



Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

R. Hajima, S. Matsuba, R. Nagai, N. Nishimori, M. Sawamura, T. Shizuma



The Graduate University of Advanced Studies (Sokendai)

E. Cenni



Institute for Solid State Physics (ISSP), University of Tokyo

H. Takaki



UVSOR, Institute for Molecular Science

M. Katoh



Hiroshima University

M. Kuriki, Y. Seimiya



Nagoya University

Y. Takeda, Xiuguang Jin, M. Kuwahara, T. Ujihara, M. Okumi



National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

D. Yoshitomi, K. Torizuka



JASRI/SPRING-8

H. Hanaki



Yamaguchi University

H. Kurisu