

SuperKEKB Phase2 の入射と今後

2018.8.21

第114回Bファクトリー計画推進委員会

加速器研究施設 飯田 直子

- (1) Phase2 入射器運転と今後
- (2) DR コミッショニング
- (3) SuperKEKBへの入射と今後

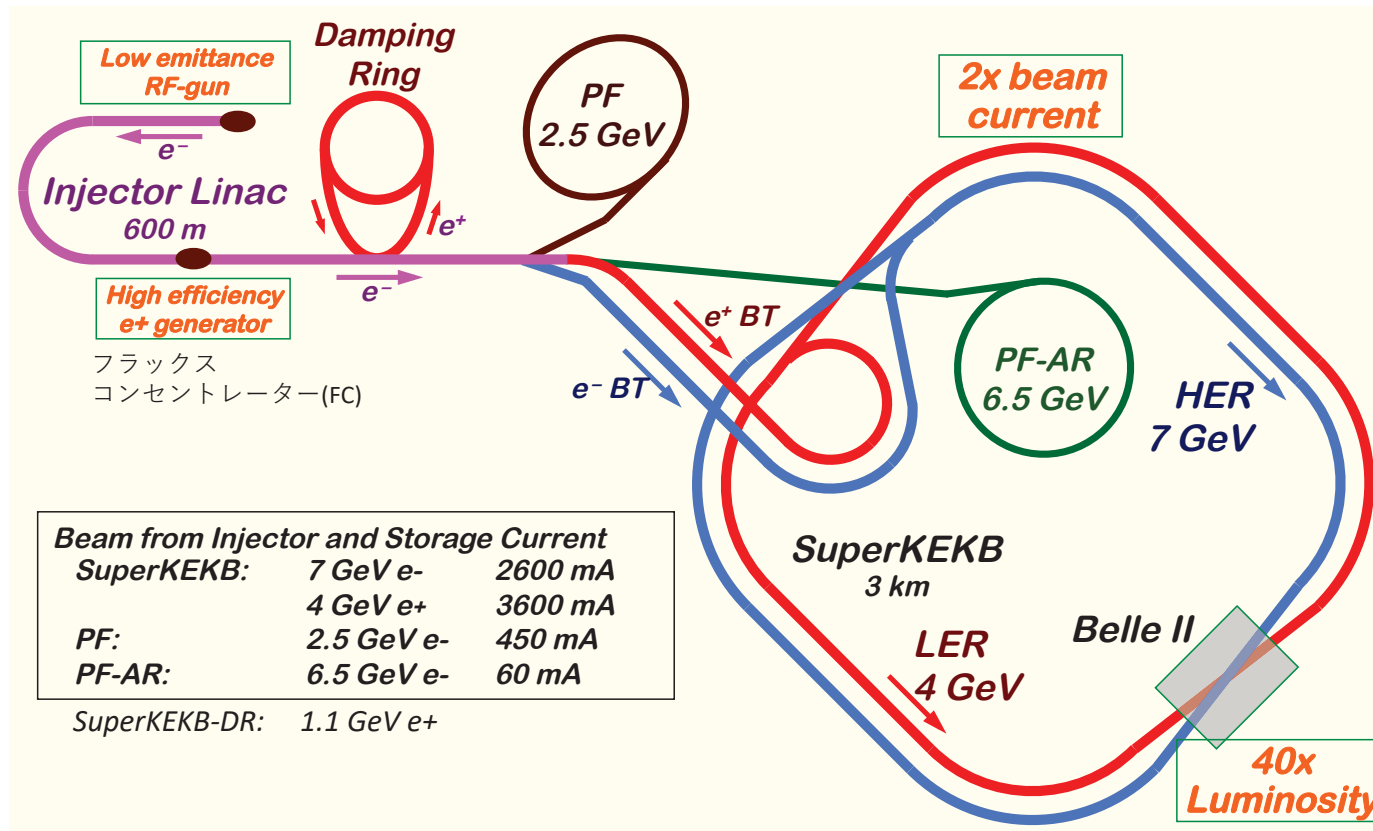
SuperKEKBのための入射ビームパラメータ

徐々に移行

Stage	KEKB (final)		Phase-I		Phase-II		SuperKEKB (final)	
	e+	e-	e+	e-	e+	e-	e+	e-
Beam	e+	e-	e+	e-	e+	e-	e+	e-
Energy	3.5 GeV	8.0 GeV	4.0 GeV	7.0 GeV	4.0 GeV	7.0 GeV	4.0 GeV	7.0 GeV
Stored current	1.6 A	1.1 A	1 A	1 A	-	-	3.6 A	2.6 A
Life time (min.)	150	200	100	100	-	-	6	6
Bunch charge (nC)	primary e- 10 → 1	1	primary e- 8 → 0.4	1	1.5	1	primary e- 10 → <u>4</u>	<u>4</u>
Norm. Emittance ($\gamma\beta\epsilon$) (μrad)	1400	310	1000	130	200/40 (Hor./Ver.)	150	<u>100/15</u> (Hor./Ver.)	<u>40/20</u> (Hor./Ver.)
Energy spread	0.125%	0.125%	0.5%	0.5%	0.16%	0.1%	0.16%	0.07%
Bunch / Pulse	2	2	2	2	2	2	2	2
Repetition rate	50 Hz		25 Hz		25 Hz		50 Hz	
Simultaneous top-up injection	3 rings (LER, HER, PF)		No top-up		Eventually		<u>4+1 rings</u> (LER, HER, DR, PF, PF-AR)	

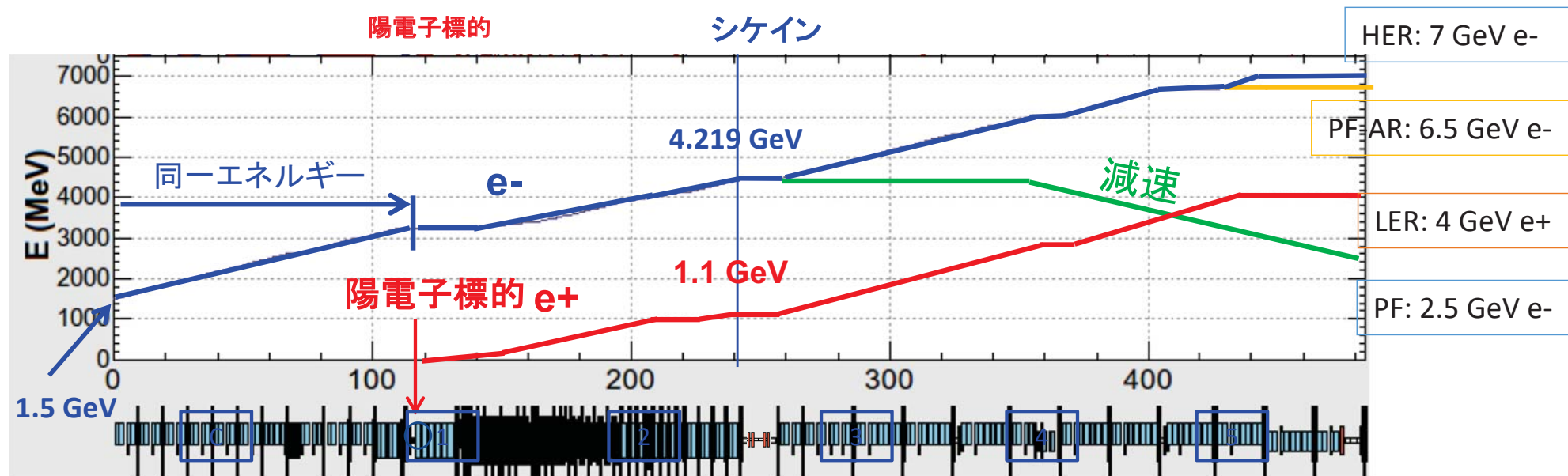
(1) Phase2 入射器運転と今後

4+1リング同時入射

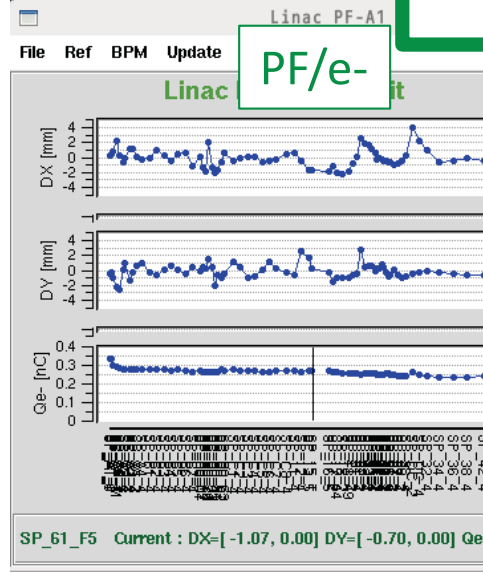
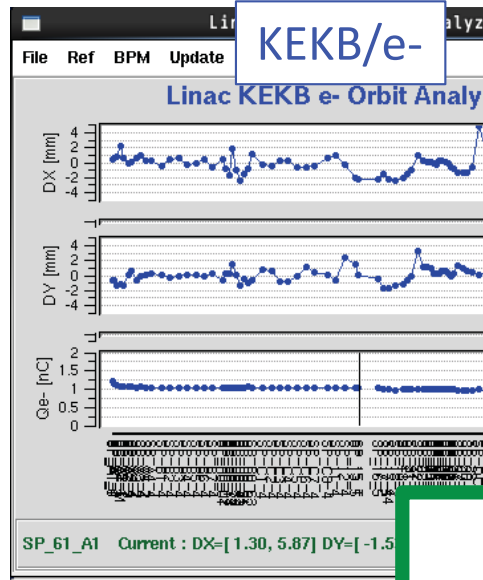


4リング同時入射時の 入射器ビーム運転形態

Ring	Energy [GeV]	Charge [nC]	Bunch 数	くり返し [Hz]
LER	4	10	2	50
HER	7	5	2	50
PF-AR	6.5	0.3	1	25
PF	2.5	0.3	1	25



熱電子銃による (パルスごと)



LER	HER
Beam Current [mA] 16.19 Normal	Beam Current [mA] 1286 Normal
Rate [mA/s] 1409 Normal	Rate [mA/s] 0888 Normal
BT Charge [nC] 0876 Normal	BT Charge [nC] 0691 Normal
Efficiency [%] 1159 Normal	Efficiency [%] 1014 Normal
Repetition [Hz] 1250 Normal	Repetition [Hz] 1250 Normal
Max. I _b [mA] 300.0 300 [mA] Set	Max. I _b [mA] 250 250 [mA] Set
Repetition Open Close	Repetition Open Close
Beam Gate Ready	Beam Gate Ready
Beam Abort	Beam Abort
Dump Mode	Dump Mode
Beam Gate Enable	Beam Gate Enable
Max Total Current	Max Total Current
Max Bunch Current	Max Bunch Current
Max HOM Power	Max HOM Power
Vacuum Beam Gate Enable	Vacuum Beam Gate Enable
RF Beam Gate Enable	RF Beam Gate Enable
Septum & Kicker	Septum & Kicker
Belle II Beam Gate Enable	Belle II Beam Gate Enable
Damping Ring	Diamond Stop
Dump Transition	Dump Transition
Septum & Kicker Septum : 12.5 [Hz] Min Rep.: 12.5 Hz	Septum & Kicker Septum : 12.5 [Hz] Min Rep.: 12.5 Hz

HER Limit
Total Current [mA] 790
Bunch Current [mA] 1.0
HOM Power [mW] 397
No. Bunches 789
Pilot Bunch 4843

LER Limit
Total Current [mA] 820
Bunch Current [mA] 1.0
HOM Power [mW] 480
No. Bunches 789
Pilot Bunch 4839

Linac Ready

Bucket Selection
BKT Gate Enable
Check Bucket Sel

Belle II Beam Gate Enable
Belle II Injection Enable
Normal Injection Enable

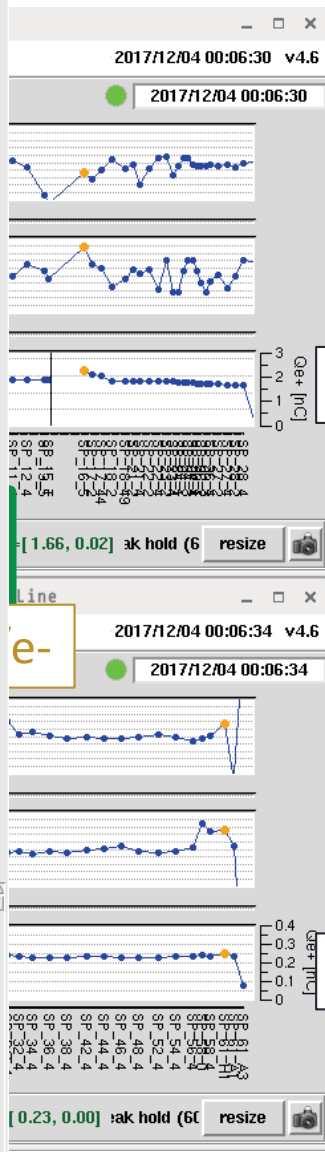
Collision & Physics
Collision Mode
Physics Ready

Max Repetition [Hz]
500

Collimator
LER Stopped HER Stopped
Status Idel
Injection Physics

07/14/2018 02:47:47
LER Beam ON
07/14/2018 02:47:46
DR Tmax : 80
07/14/2018 02:47:39
LER Beam OFF
07/14/2018 02:47:14
LER Beam ON
07/14/2018 02:47:13
DR Tmax : 80
07/14/2018 02:47:05

射



水平軌道

垂直軌道

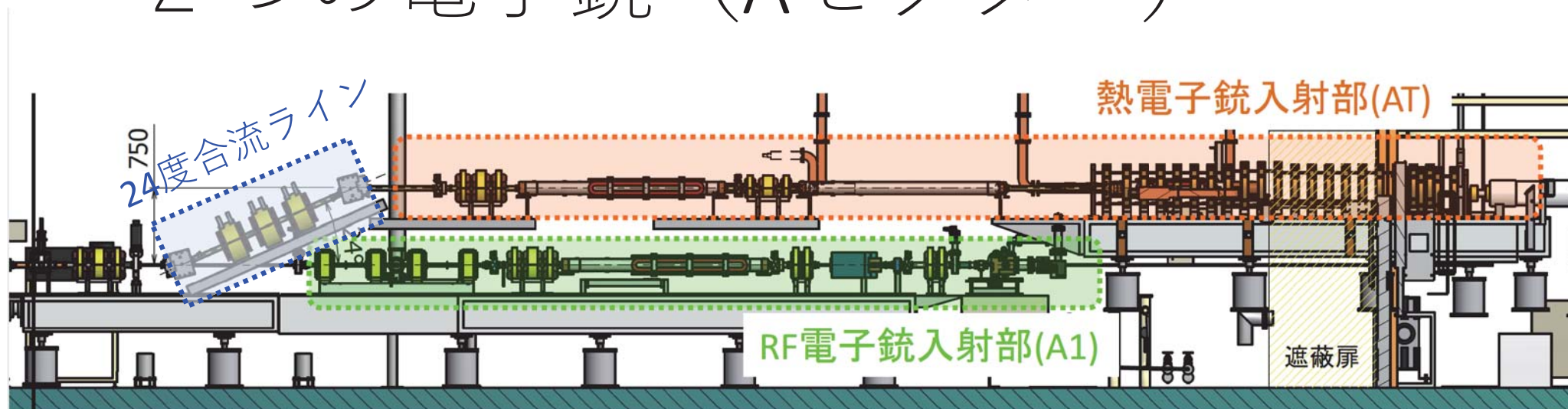
バンチ電荷量

水平軌道

垂直軌道

バンチ電荷量

2つの電子銃 (Aセクター)



• 熱電子銃

- LER, PF, PF-AR (, HER)
- 熱電子銃
- SHB1(114MHz)
- SHB2(571MHz)
- Pre-buncher
- Buncher
- 加速管(2mx2本)

• 24度合流ライン

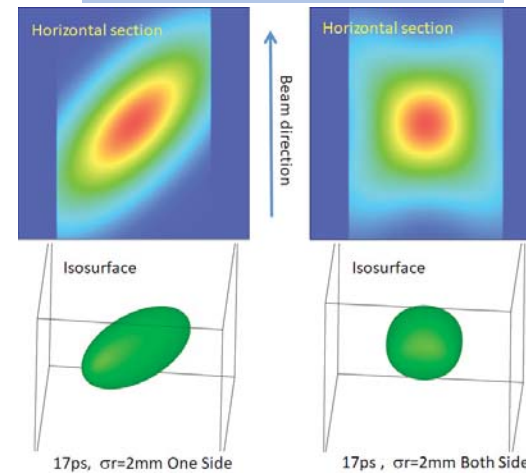
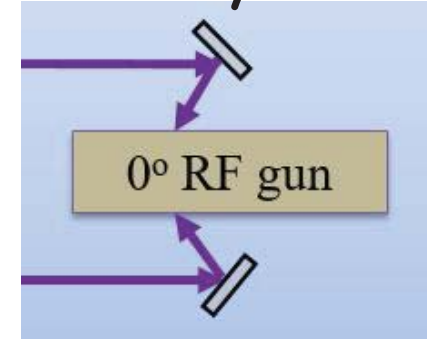
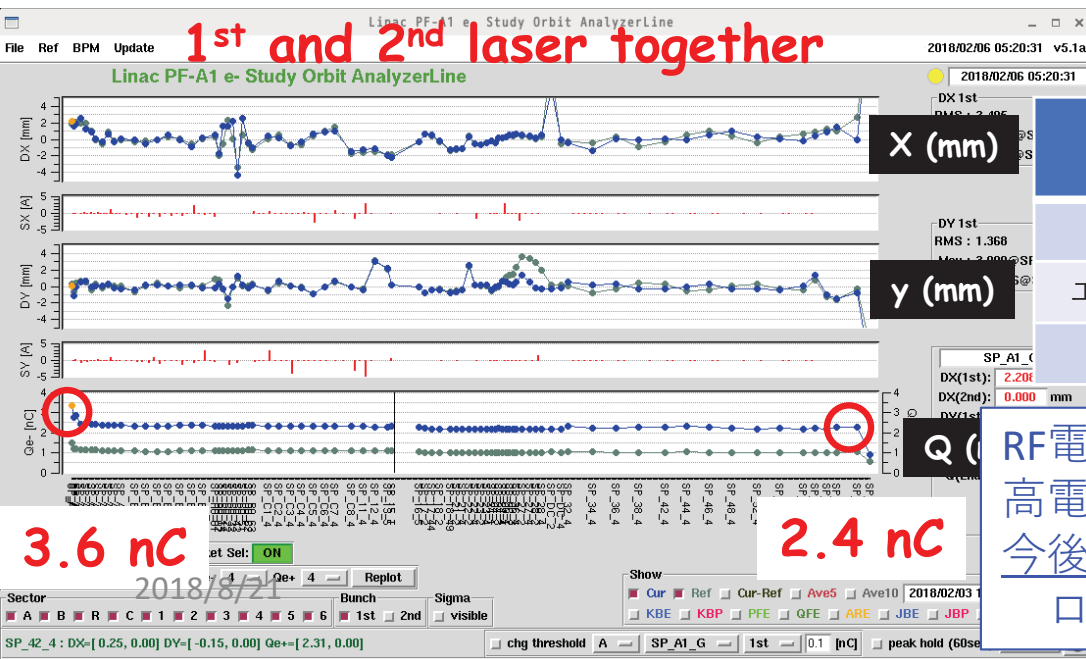
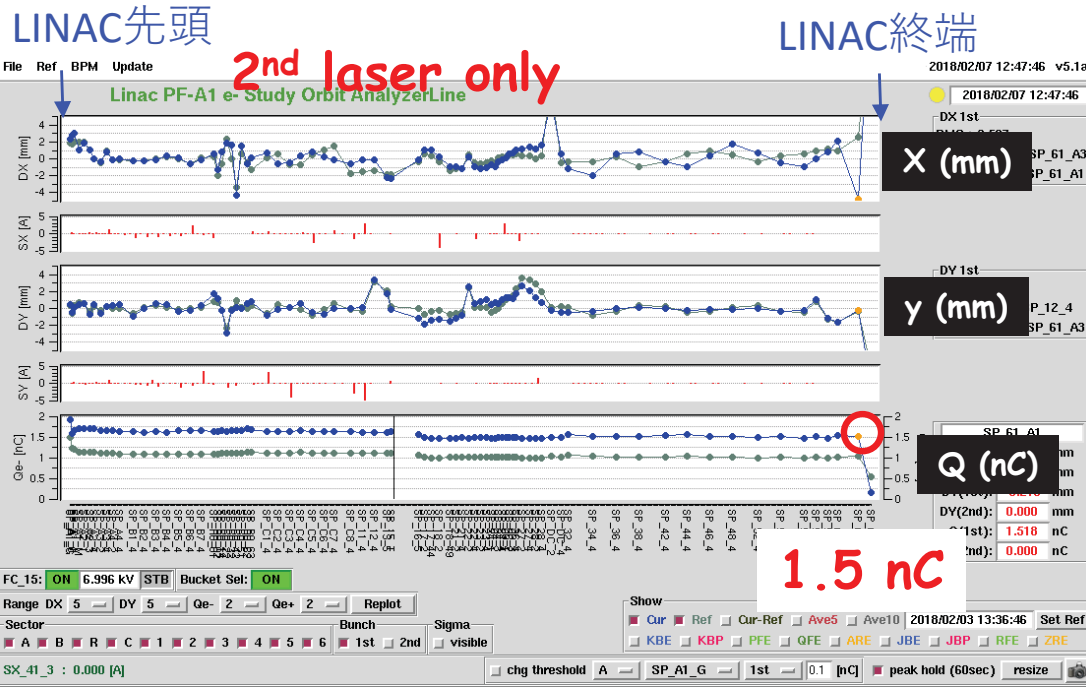
- BendのChamber発熱により、DC Bend (5~10秒切り替え) に戻した。30秒切替で運転 (安全システムによる30秒待ち)。
- Phase3からPulse-to-pulse運転予定

• RF電子銃

- HER
- 0-deg QTW RF gun
- 90-deg CDS RF gun
- Bunch Compress System(BCS)
- 加速管(2mx1本)

RF電子銃運転

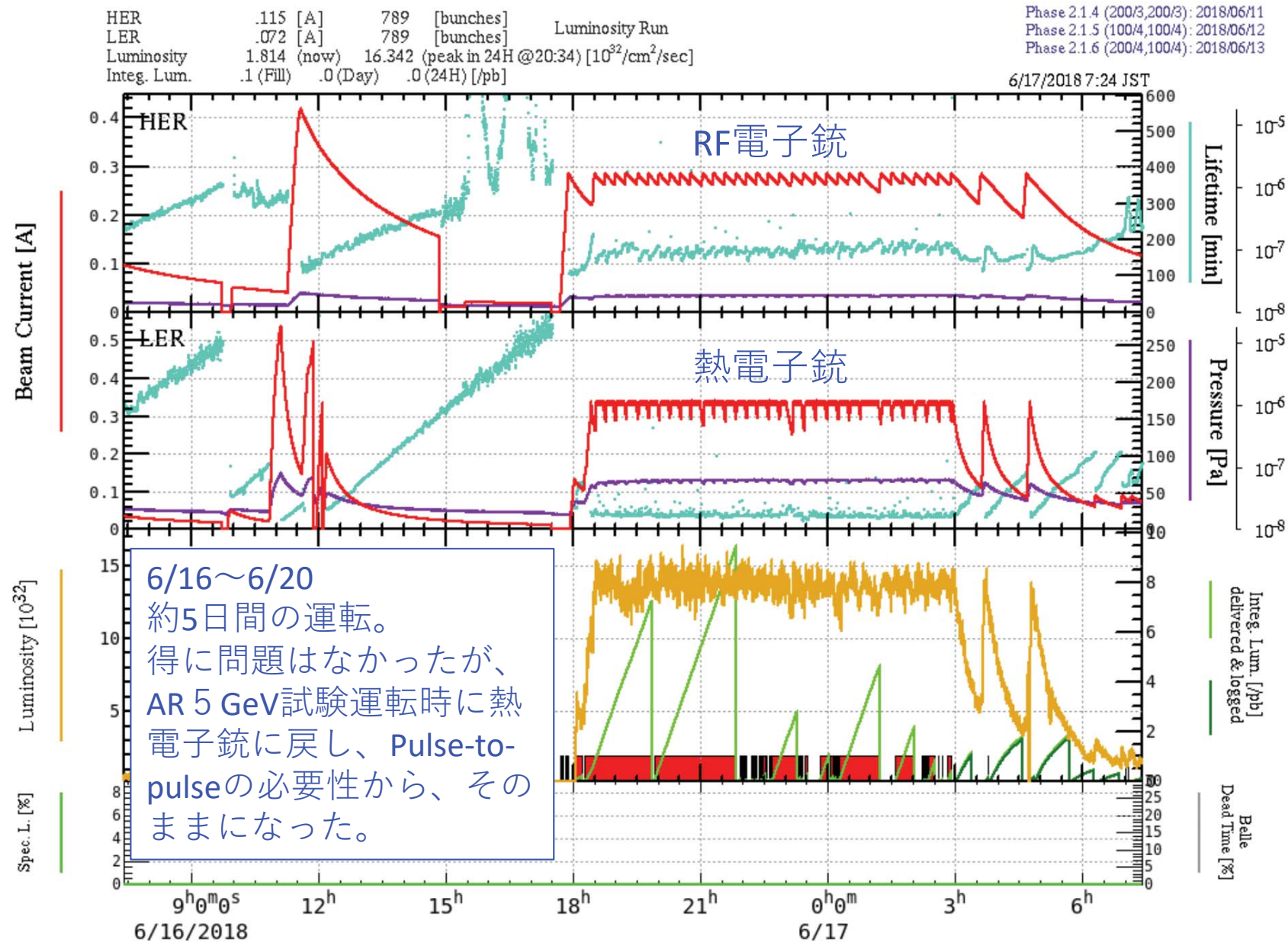
- Irradiated by two lasers



	LINAC B Sect.	LINAC 終端	Phase2の要求値	最終要求値
バンチ電荷量 [nC]	2.4	2.4	1.0	4.0
エミッタンス $\gamma\epsilon_x$ [μm]	25.0	40.3	150	40
(1.2nC) $\gamma\epsilon_y$ [μm]	18.6	92.2	150	20

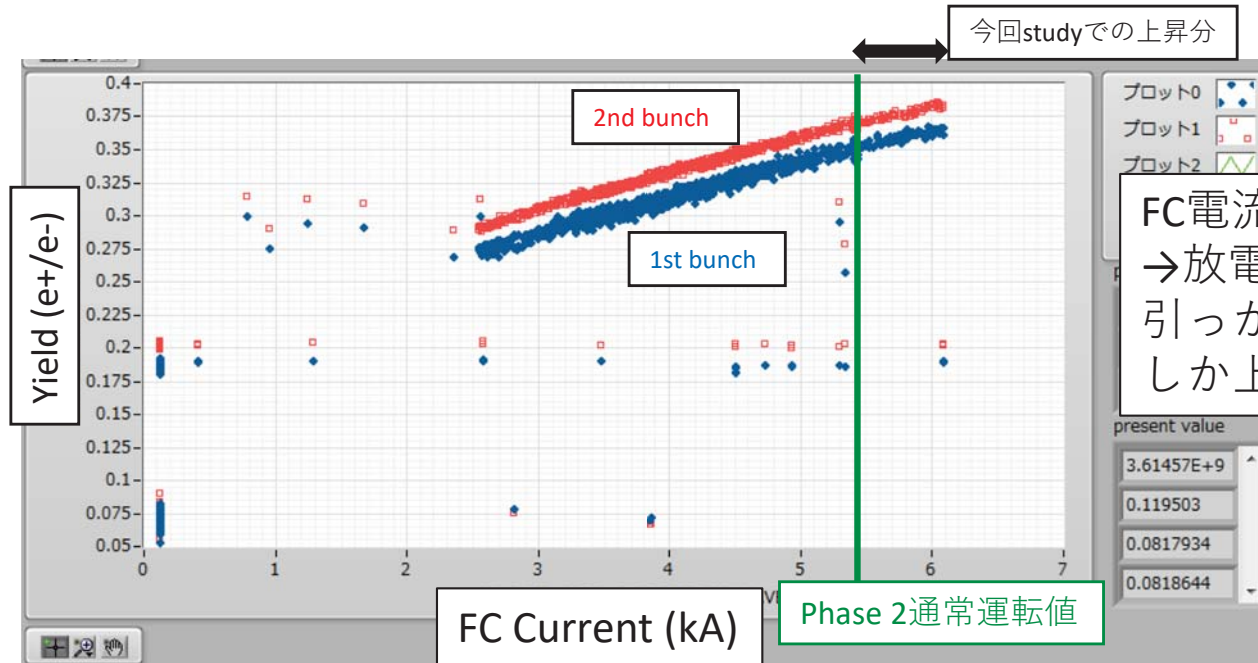
RF電子銃としてはかなり要求を満たしているが、高電荷量の輸送が難しい。
今後のStudy :
ロス、エミッタンス保存、エネルギー広がり...

RF電子銃によるHER入射

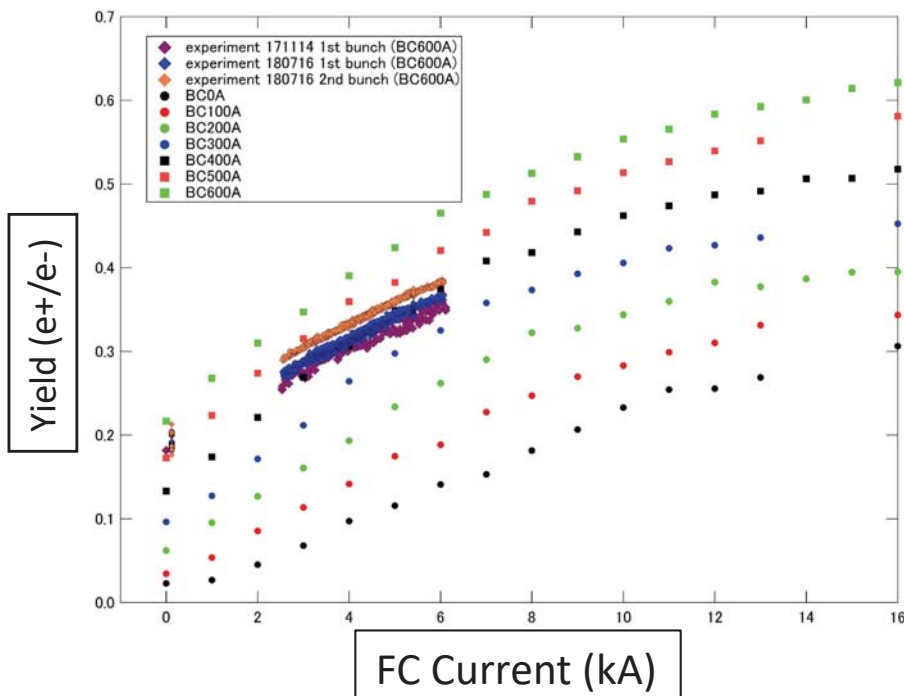


フラックス・コンセンレーター(FC)

Y. Enomoto



FC電流を上げてみるテスト
→放電によるinterlockに
引っかかるためごくわずか
しか上げられなかった



■に実験値がのってほしい

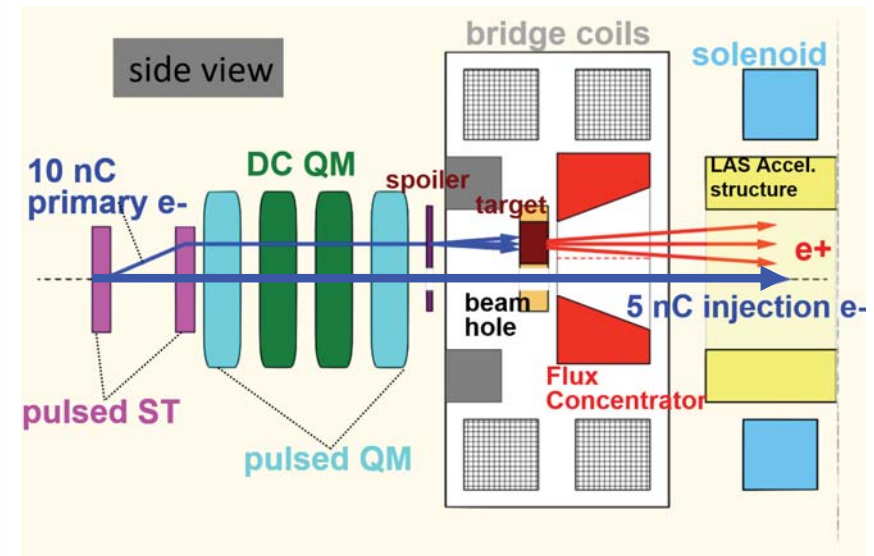
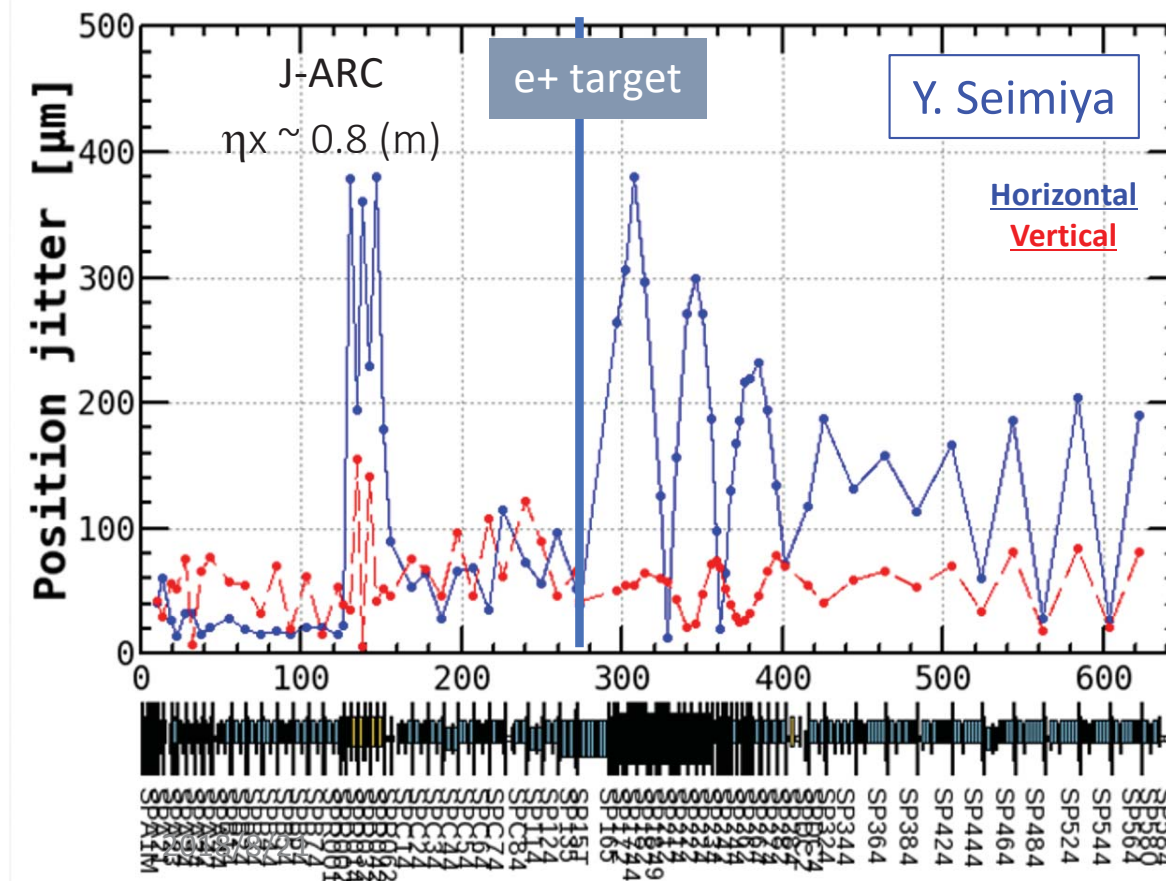
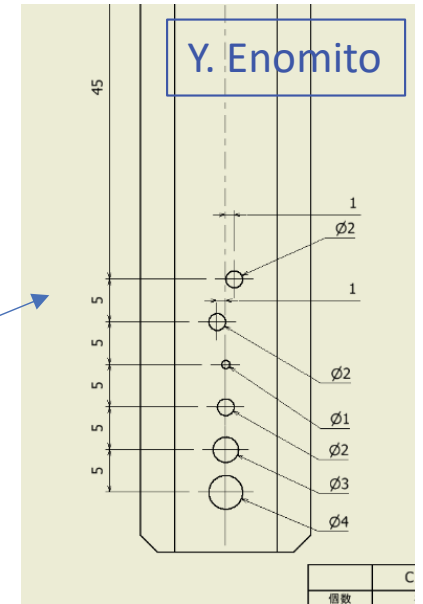
2017秋の実験値との比較
→yieldは若干よくなっているが、
依然シミュレーション(F. Miyahara)
より大幅に低い

今後電荷量を上げるために、

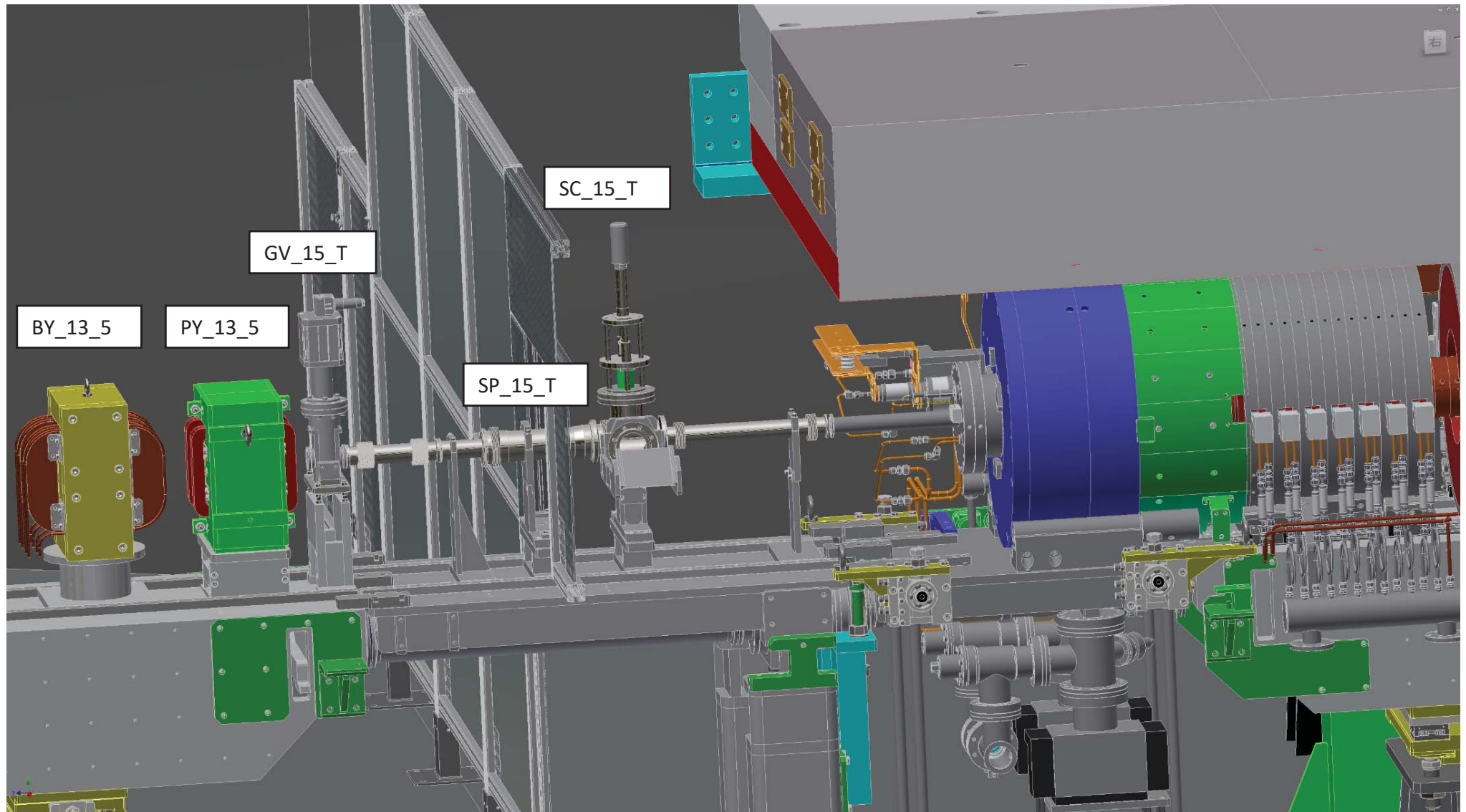
1. FC電流を上げる
2. プライマリー電荷量を上げる
3. 1~2セクターのロスを減らす

ビーム位置ジッタ

- 孔付き陽電子標的： $\Phi 2$ mm.
通常電子ビームはこの孔を通過する。
- 小さな孔がビーム位置ジッタの原因になる可能性？
- 秋のマシンスタディ：(SuperKEKBの運転は無い)
 - 夏期保守期間中に陽電子生成標的を撤去し，ダミーターゲットブロック（複数の異なる径の孔）を設置し，ビームスタディをおこなう。
 - 冬期保守期間中に，陽電子生成標的を再設置する。



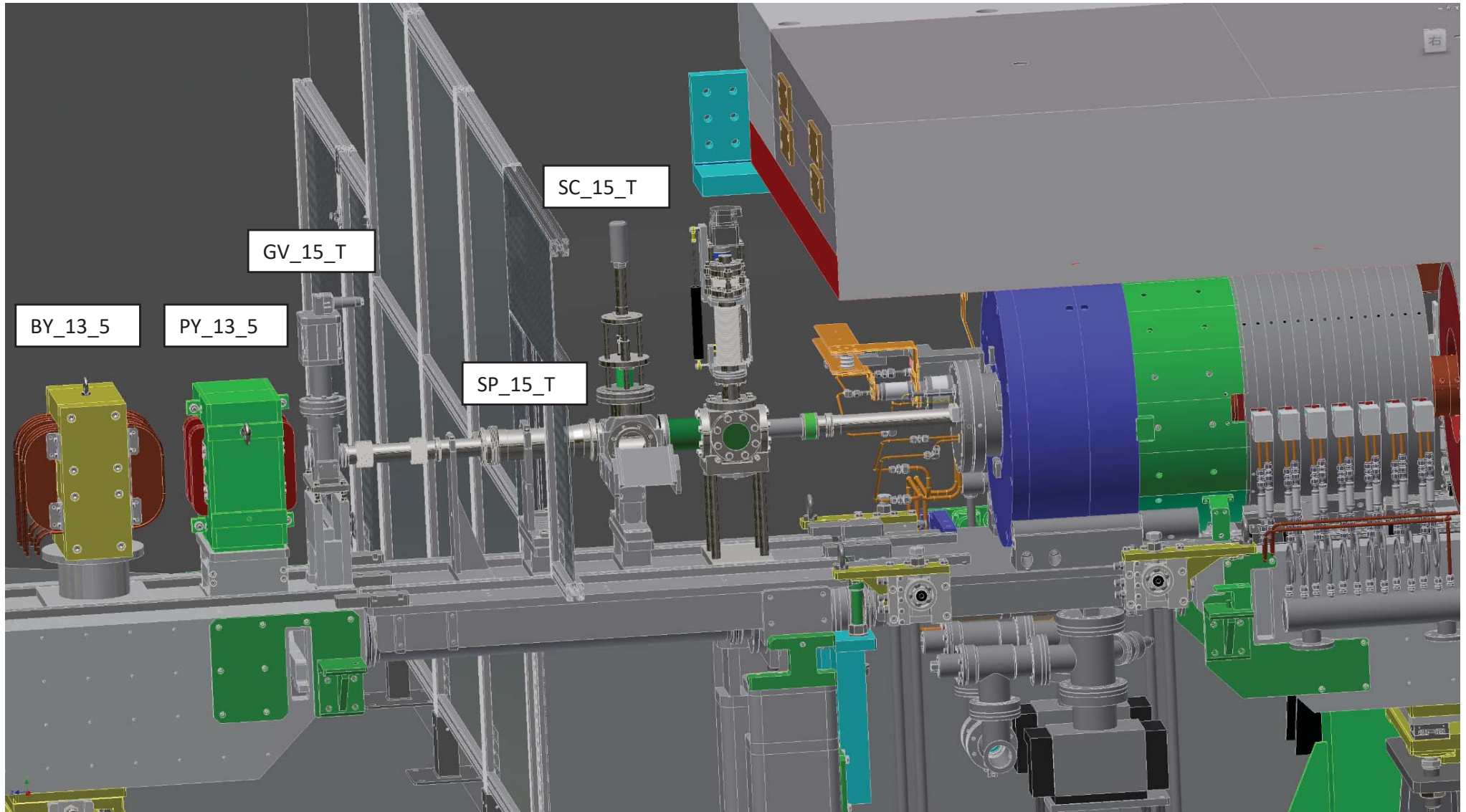
FCを撤去して



2018/8/21

Y. Enomoto
(LCG meeting, '18/7/2)

ターゲットブロックを設置する



2018/8/21

Y. Enomoto
(LCG meeting, '18/7/2)

夏期保守期間中の主な作業

- 各種点検・保守作業，老朽化対策
 - 不要電源，制御系，配線，ケーブル撤去
- クライストロン
 - KL_13設置，KL_44B立ち上げ
- パルス電磁石の追加
 - 追加にともない，BPMの設置（DC四極より径が小さい）
- 加速管交換
 - 11ユニット，13ユニット，51ユニット
- SY3，J-ARC大型電源制御更新
- SHB (114 MHz, 571 MHz)アンプの更新
- アライメント
 - エミッタンス増大対策

秋の運転

- 入射器
 - 10/22～12/21の2か月間
 - 10/22(月) 立ち上げ, 安全自主点検, RFコンディショニング開始, ビーム調整
 - 水曜日マシンスタディ5日間: 11/14, 11/21, 11/28, 12/5, 12/12
 - 水曜以外は、Photon FactoryのTop-up運転
 - 50 Hz試験: 12/19(水) 9:00 – 12/21(金) 9:00
- PF/低速陽電子
 - 11/9(金) 立ち上げ ~ 12/19(水) 運転停止
- PF-AR
 - 11/16(金) 立ち上げ ~ 12/19(水) 運転停止

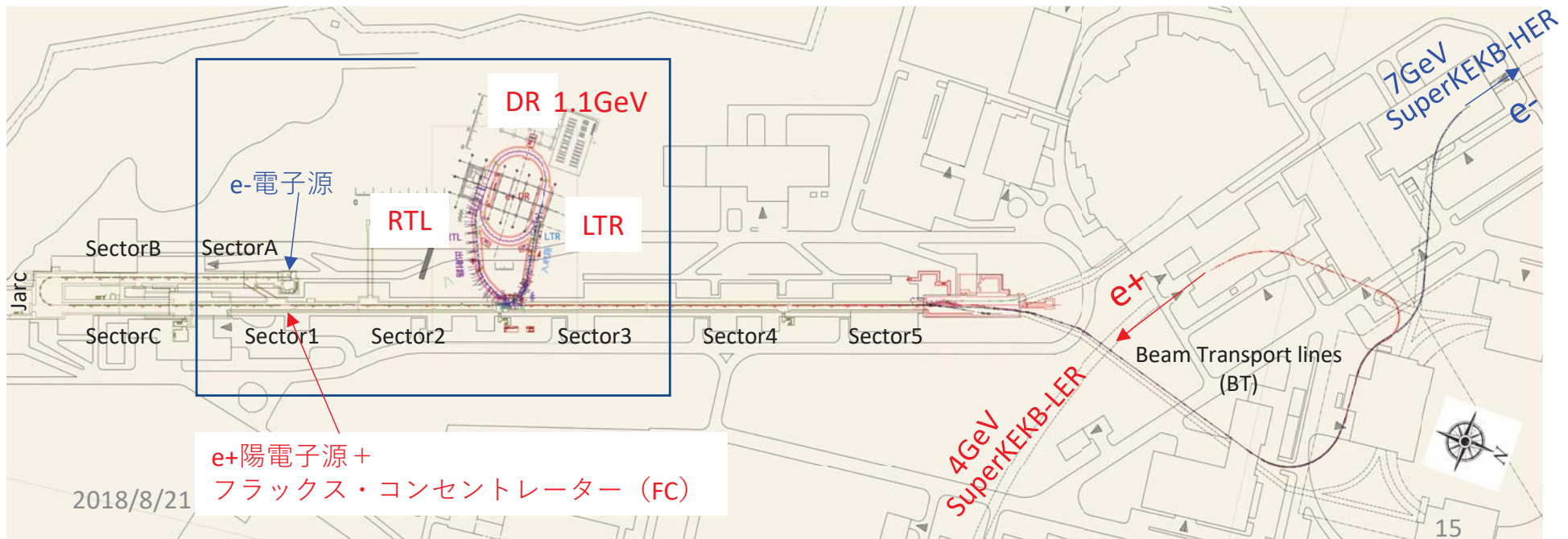
(2) DR コミットションング

DR コミッショニング

0. DR (2017.2 菊池氏)
1. DR Complex
 - Positron Damping Ring(DR)
 - Linac To Ring(LTR) : DRへの入射路
 - Ring To Linac(RTL) : DRからの出射路
2. LTRのコミッショニング
 - (2018.01 杉本氏)
3. DR のコミッショニング
4. RTLのコミッショニング
5. エミッタンス増大

SuperKEKB-LERから e+ 入射ビームへの要求値

	Phase 2	Phase3 -
	2018年	2019年～
$\gamma\epsilon_x$ [μm]	< 200	< 100
$\gamma\epsilon_y$ [μm]	< 40	< 15
$\sigma\delta$ [%]	0.16	0.1
電荷量 [nC]	1.5	4.0

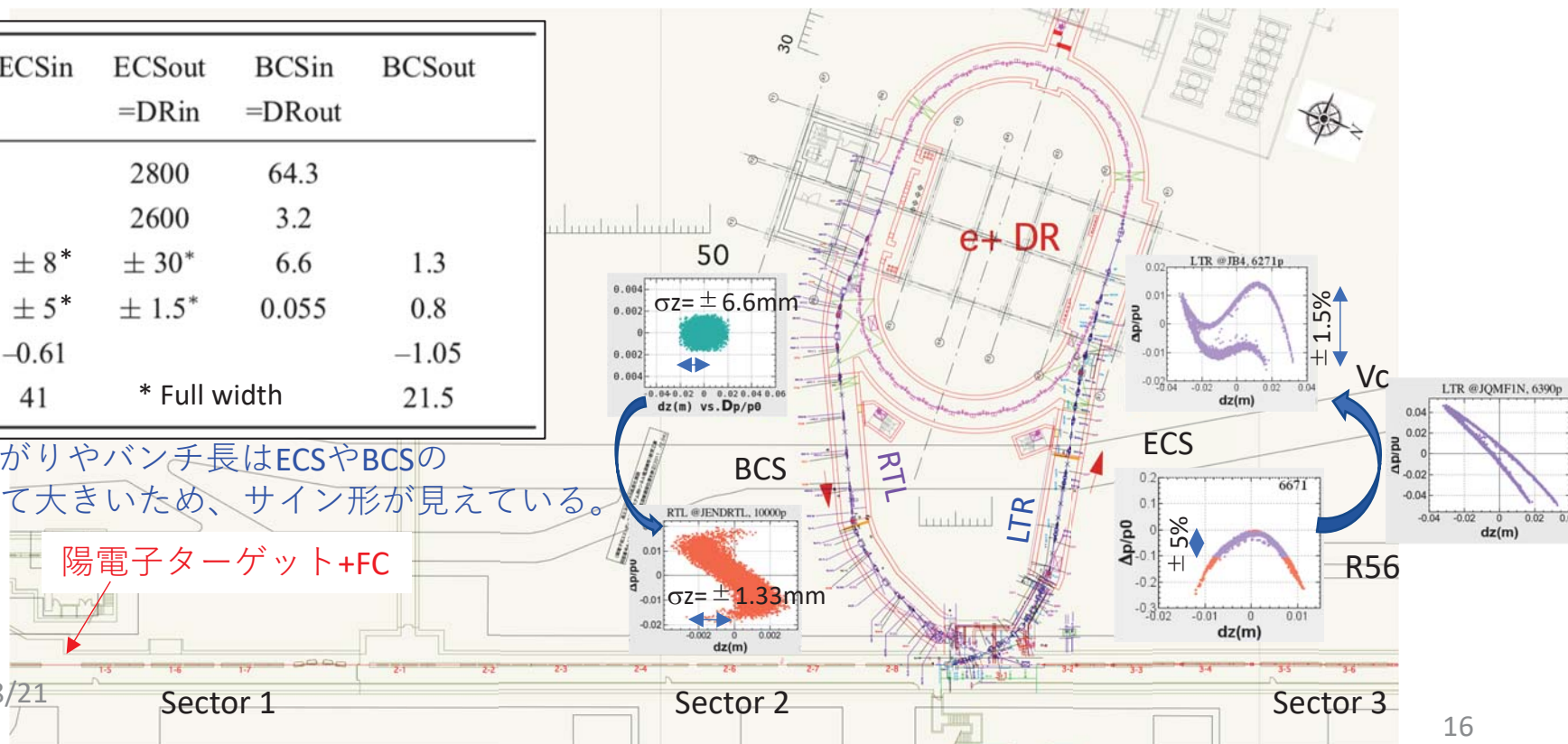


1. DR complex

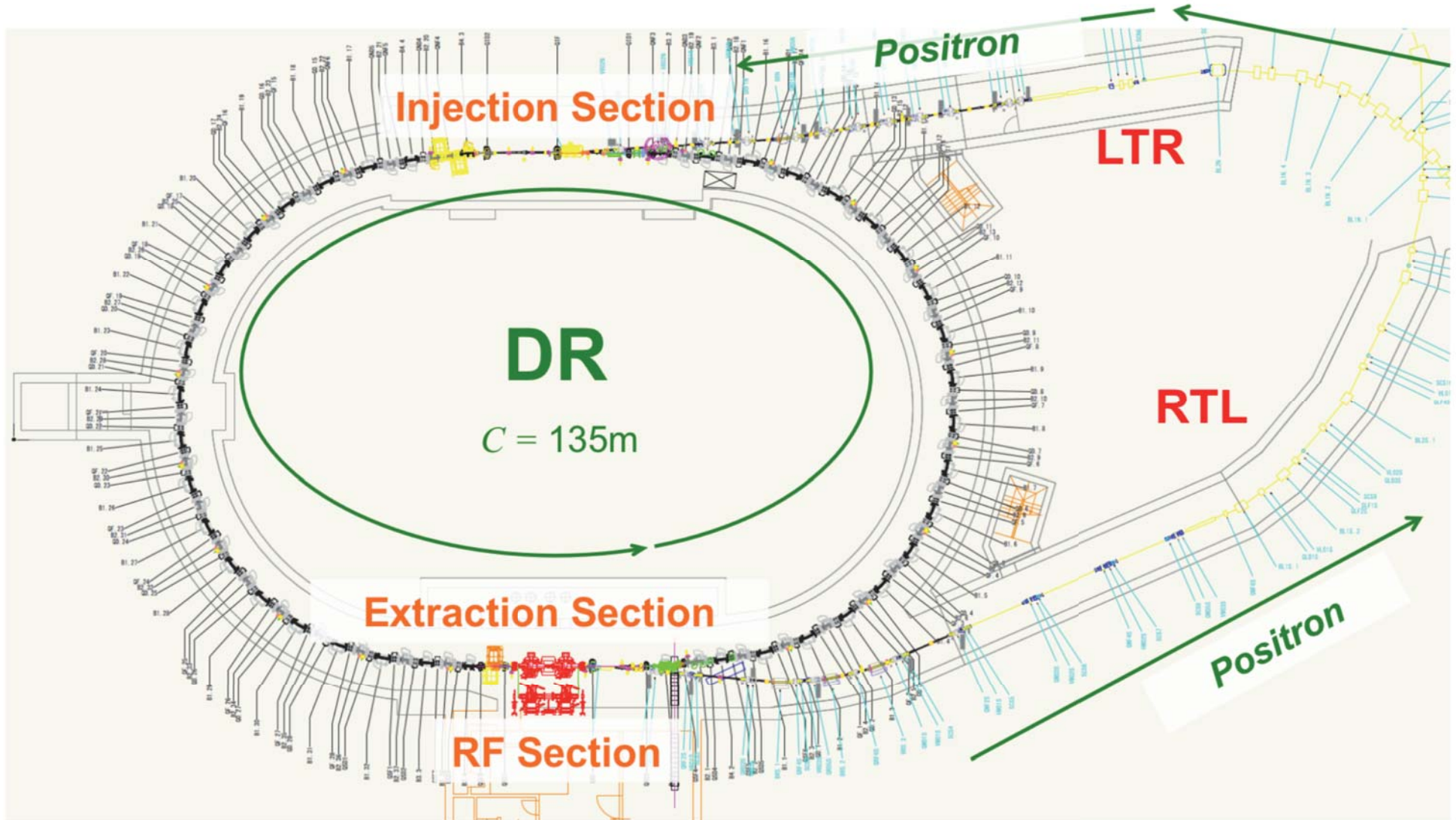
- LTR: 入射路
 - フラックスコンセントレーター(FC)からの陽電子は進行方向に巨大な広がりがある。
ロスに注意！
 - DRのエネルギーアクセプタンス1.5%以内に納めるため、LTRでは入射ビームのエネルギー広がりを小さくしなければならない。→ Energy Compression System(ECS)
 - $R_{56} = -0.6 \text{ m}$, $V_c = 41 \text{ MV}$
- RTL: 出射路
 - DRで小さくなったエミッタンスを増大させずに、下流まで輸送する。
 - DRからのバンチ長は6.6mmと長いので、LINACのS-bandに乗せるために短くしなければならない。→ Bunch Compression System(BSC)
 - $R_{56} = -1.05 \text{ m}$, $V_c = 21.5 \text{ MV}$

Parameters	ECSin	ECSout =DRin	BCSin =DRout	BCSout
$\gamma\epsilon_x [\mu\text{m}]$		2800	64.3	
$\gamma\epsilon_y [\mu\text{m}]$		2600	3.2	
$\sigma_z [\text{mm}]$	$\pm 8^*$	$\pm 30^*$	6.6	1.3
$\sigma_\delta [\%]$	$\pm 5^*$	$\pm 1.5^*$	0.055	0.8
$R_{56} [\text{m}]$	-0.61			-1.05
$V_c [\text{MV}]$	41	* Full width		21.5

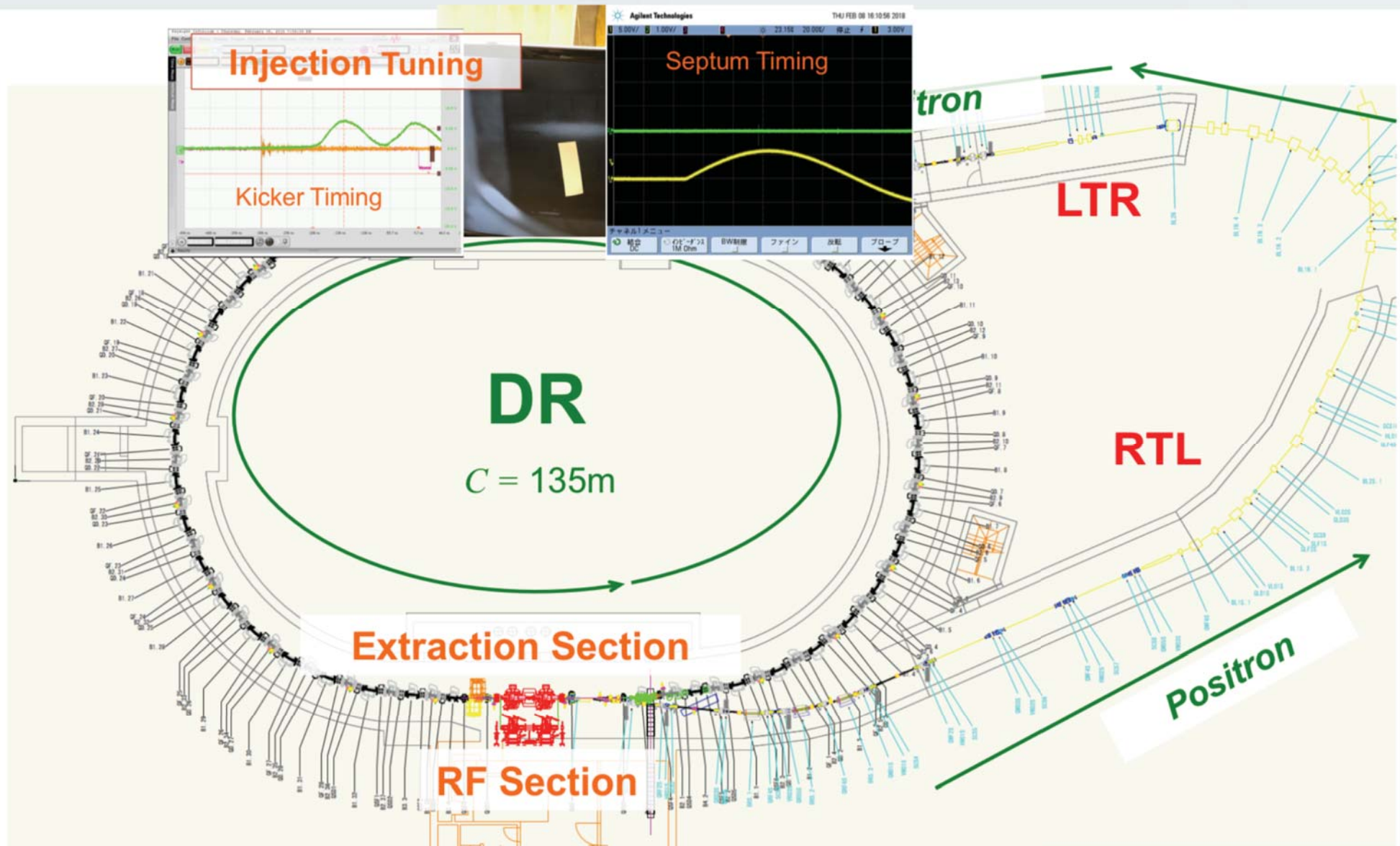
エネルギー広がりやバンチ長はECSやBCSのS-bandに比べて大きいため、サイン形が見えている。



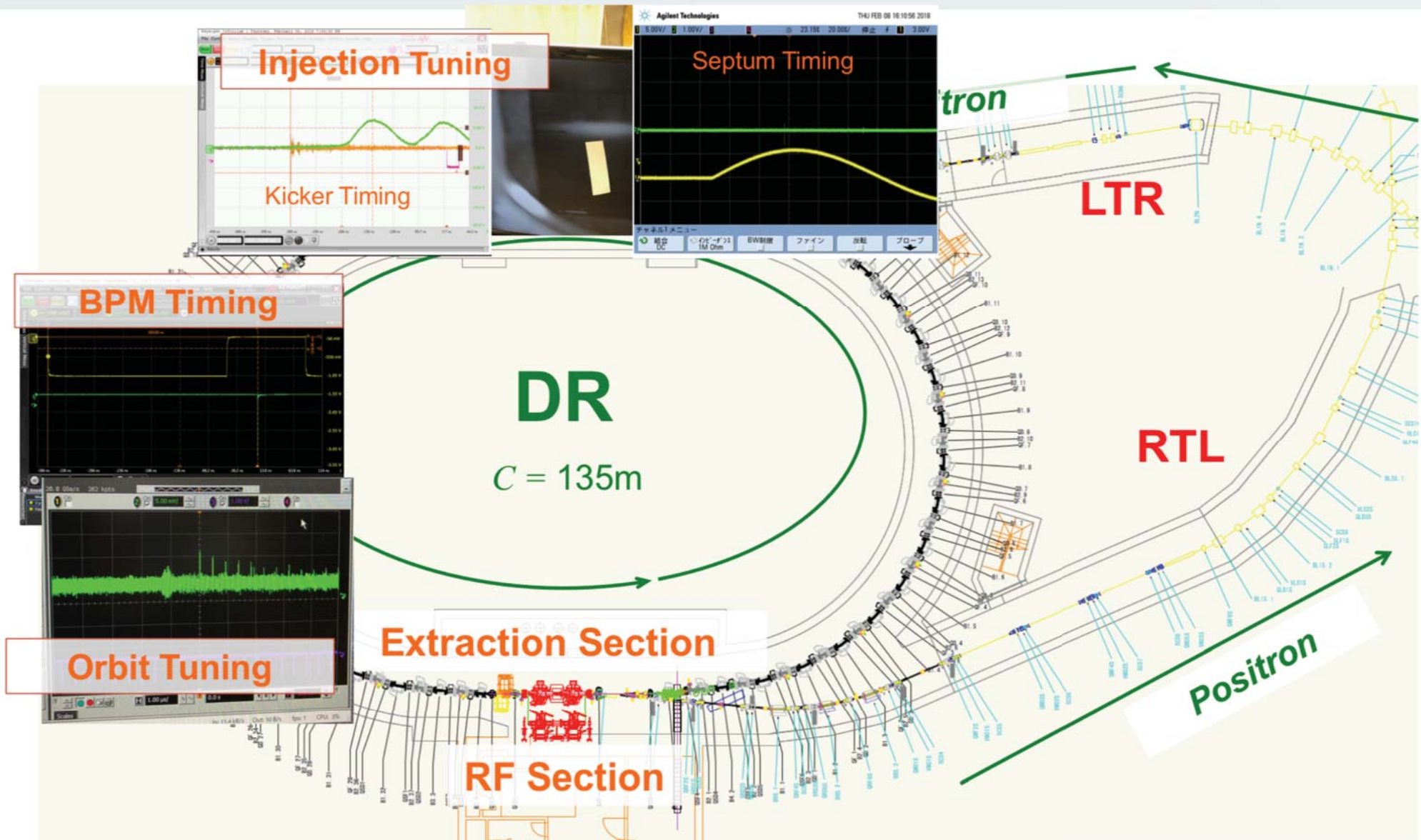
The First 3 Days



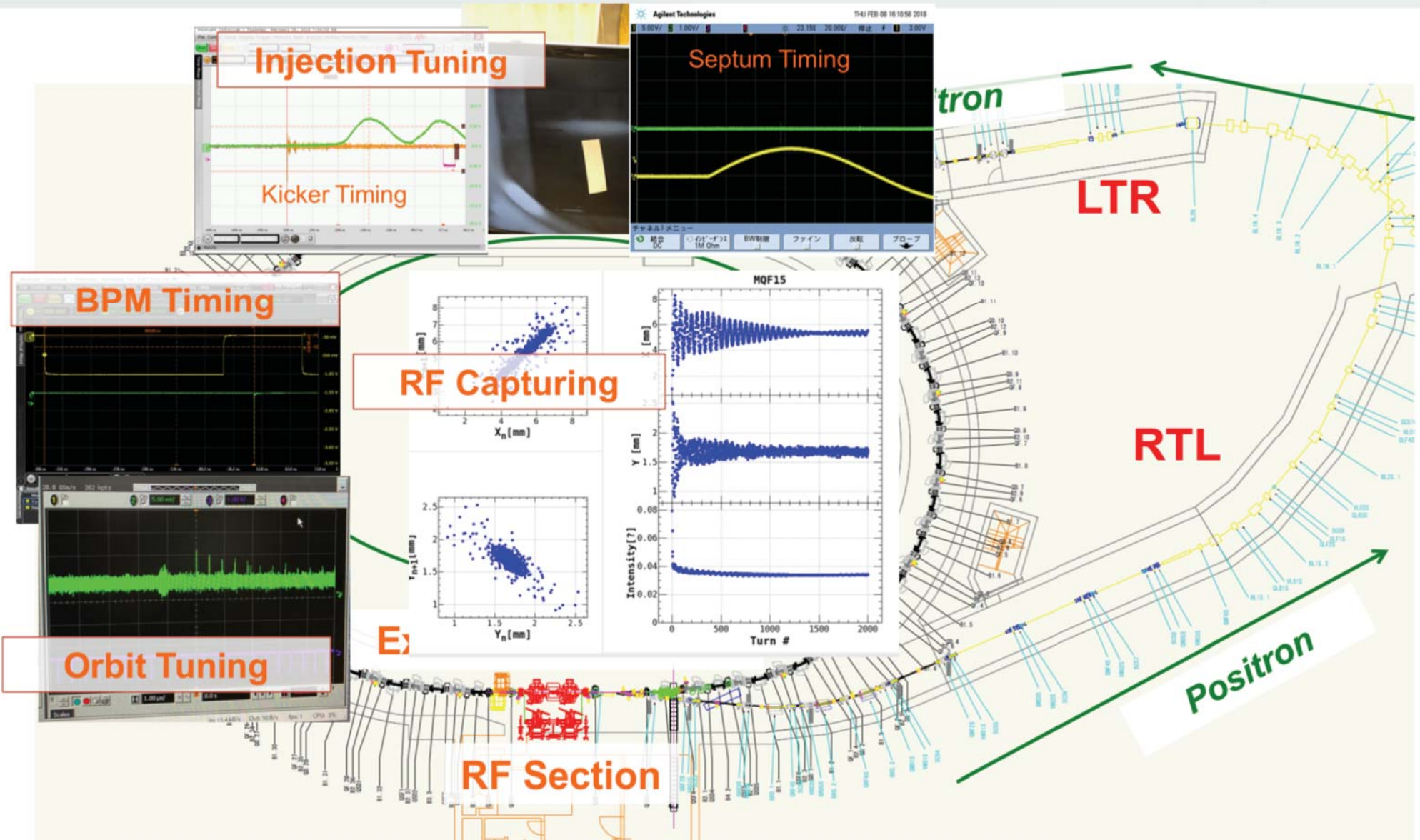
The First 3 Days



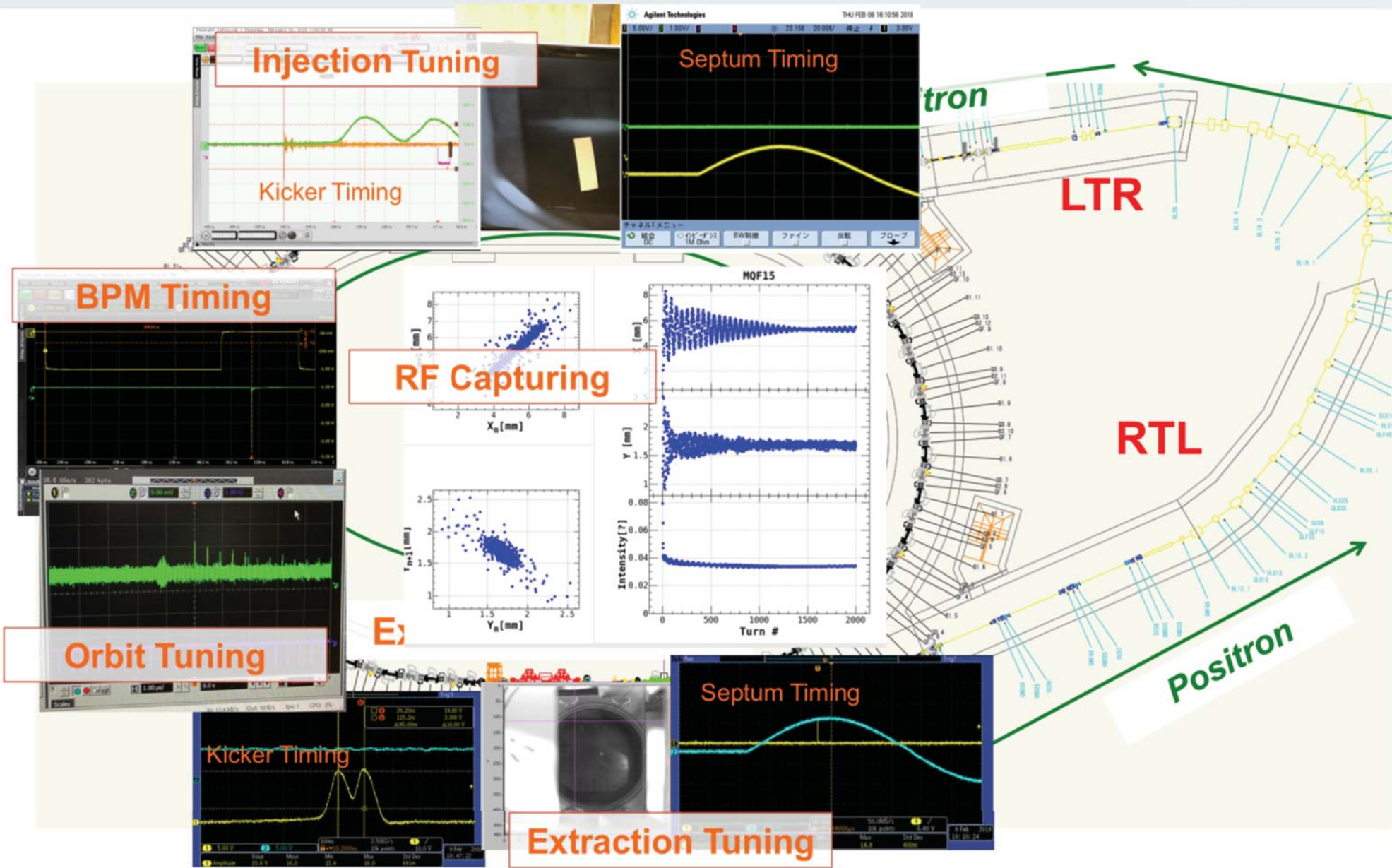
The First 3 Days



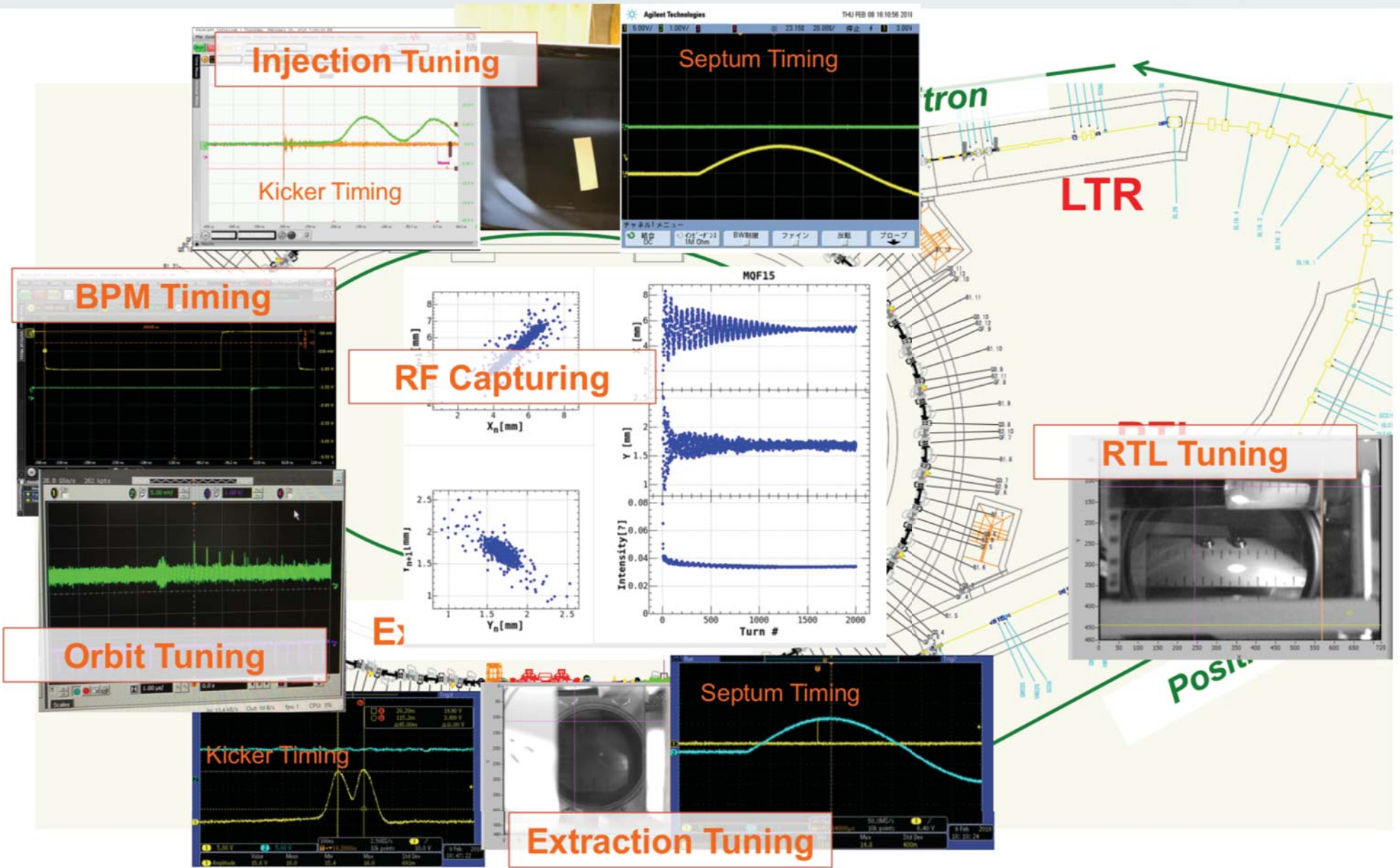
The First 3 Days



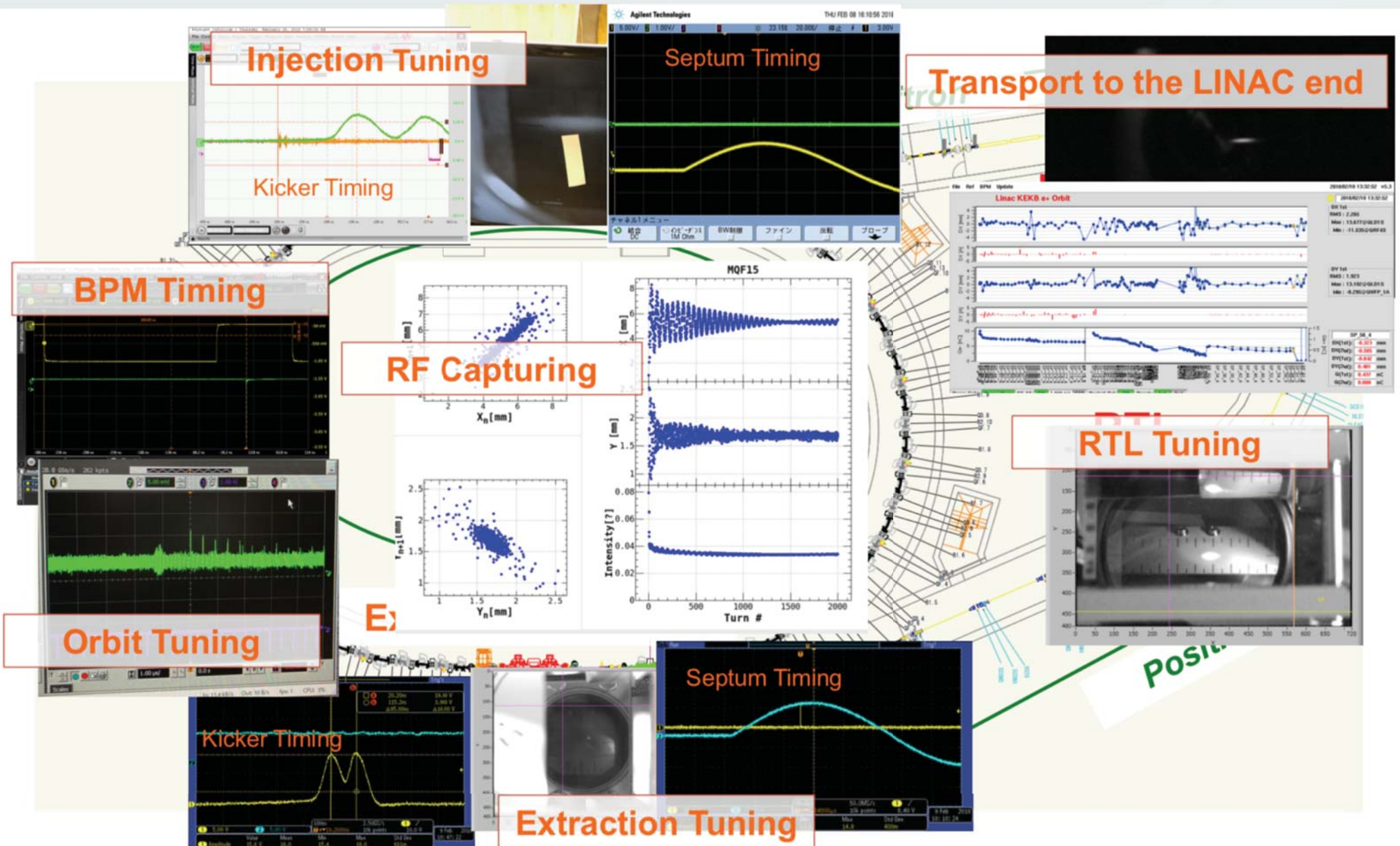
The First 3 Days



The First 3 Days



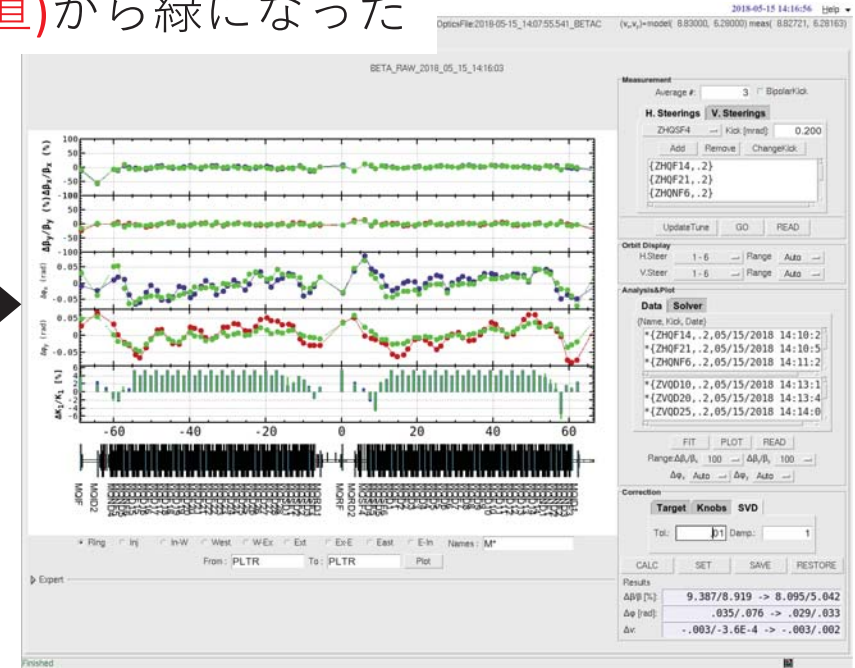
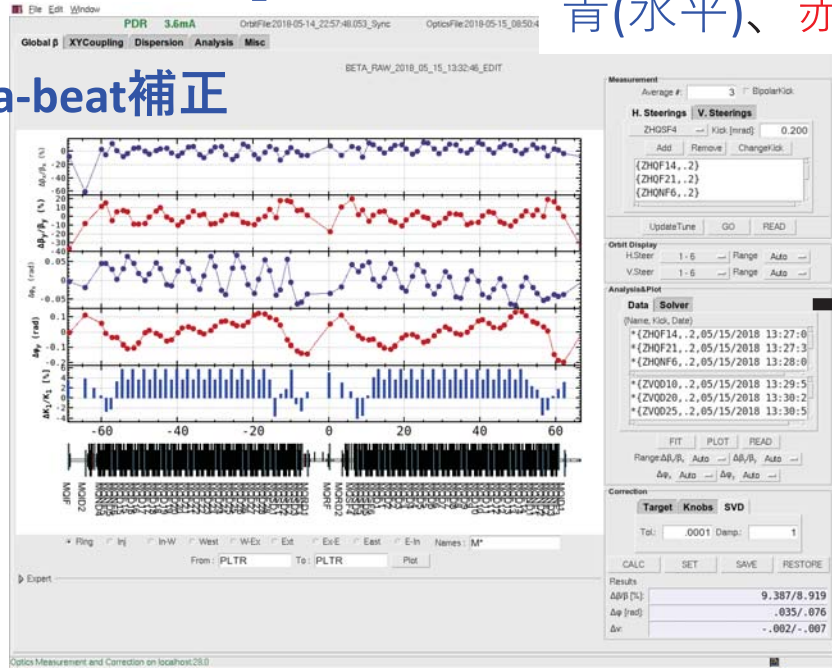
The First 3 Days



DR Optics

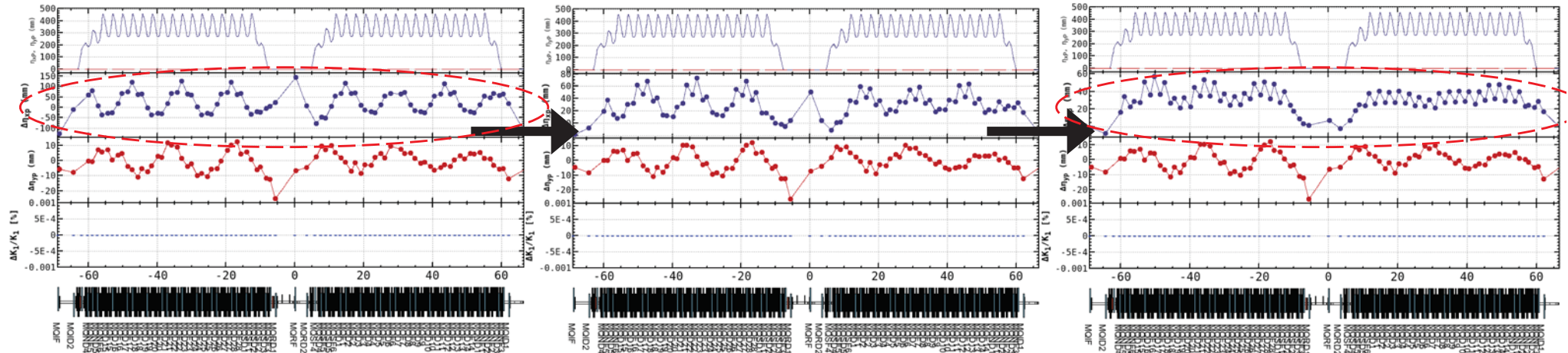
青(水平)、赤(垂直)から緑になった

Beta-beat補正



水平Dispersion補正

Beta-beat補正後に3回補正したが徐々にモデルの水平分散を反映したパターンが残る。さらなる調査検討が必要。



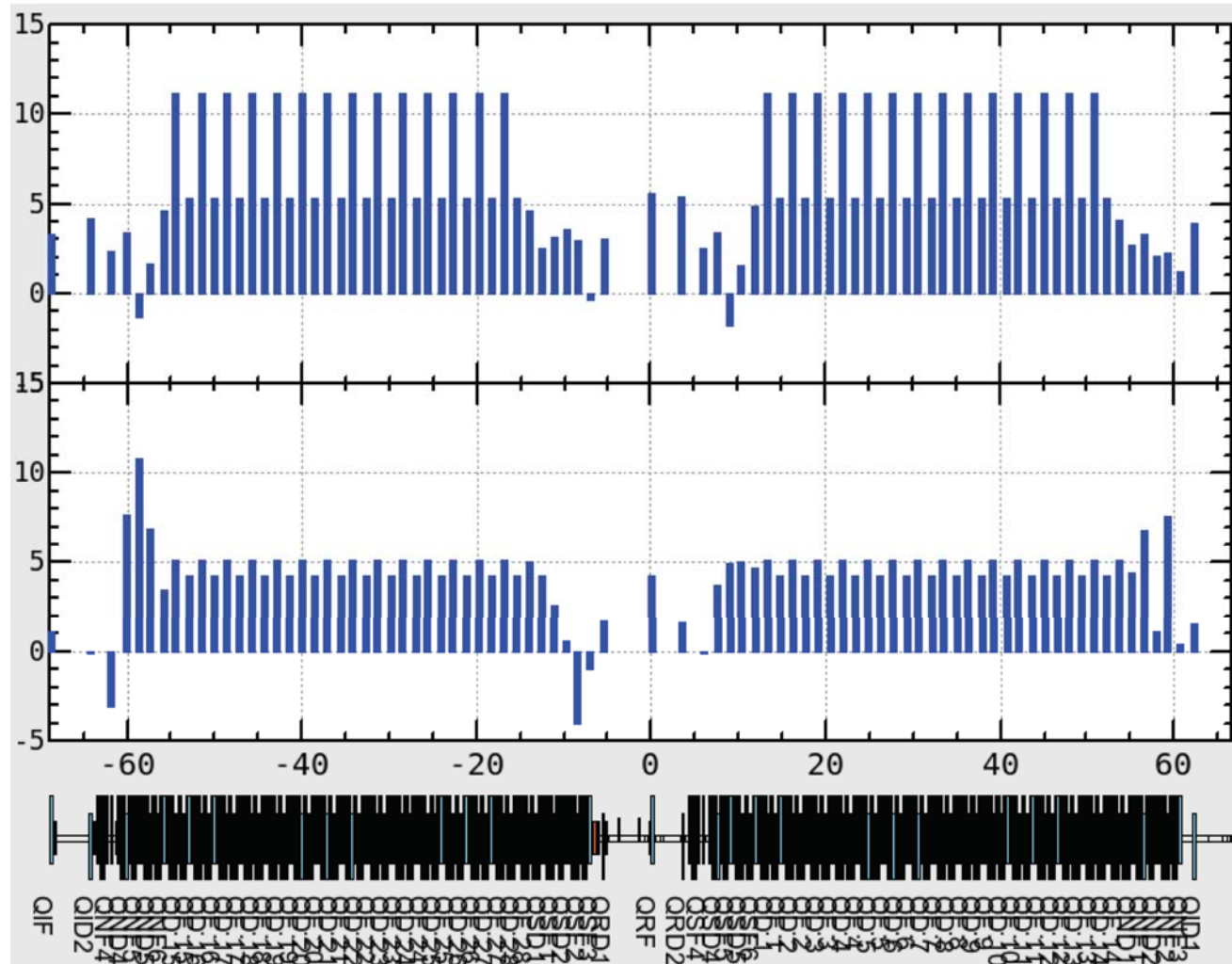
DR Correction factor for Quadrupole Magnet

H. Sugimoto

レビューでの指摘を受けてDRのモデルラティスを修正した。
これによりQFとQDの補正係数のアンバランスは大きく改善した。

OLD Model Lattice

$$\Delta K_1 / K_1 \text{ [%]}$$



NEW Model Lattice

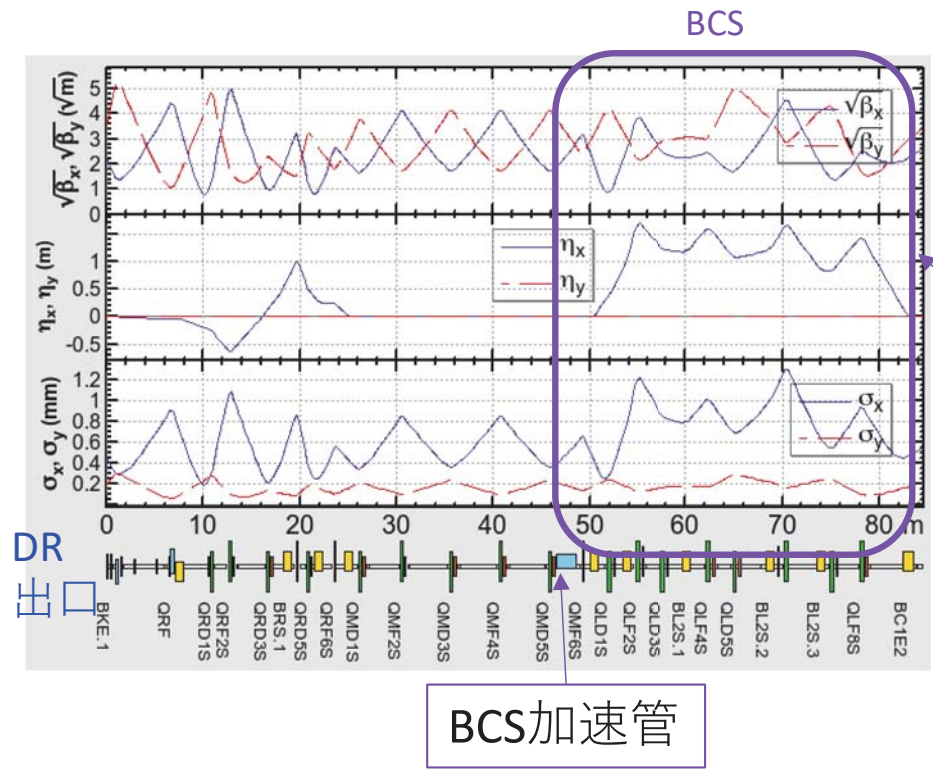
$$\Delta K_1 / K_1 \text{ [%]}$$

11%から5%になったが、
原因は検討中

要ビームサイズ測定
→ エミッタンス測定

低エミッタンスを保持して輸送

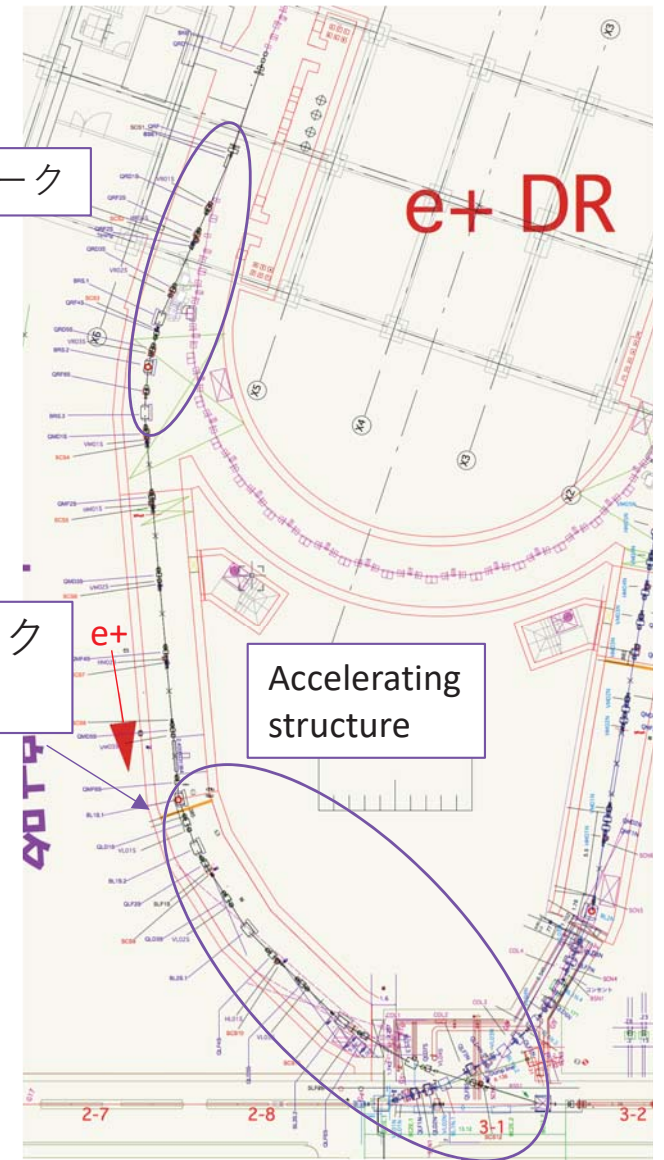
RTL 調整



第1 アーク

第2 アーク
 $R_{56} = -1.05$

LINACへ
戻り

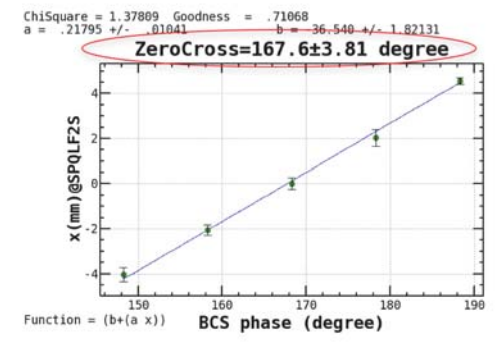


BCS加速管

リングからのビームはきれいなガウシアン

1. 軌道調整は、BCS加速管をStand-byにして行う
2. BCS加速管のゼロクロスを測定。
3. 0 か、 π かは、LINAC下流の水平Dispersionのある場所で判定。

2018/8/21



RTLアーケのDispersion補正

低エミッタンスの保持には、各アーケでDispersionが閉じてないといけない。

	< η_x > [m]		< η_y > [m]		QuadのFudge Factor
Correction	Before	After	Before	After	[%]
RTL第2アーケ	0.079	0.019	0.0094	0.0077	-4.5
RTL第1アーケ	1.05	0.09	0.02	0.01	-8.2

要検討

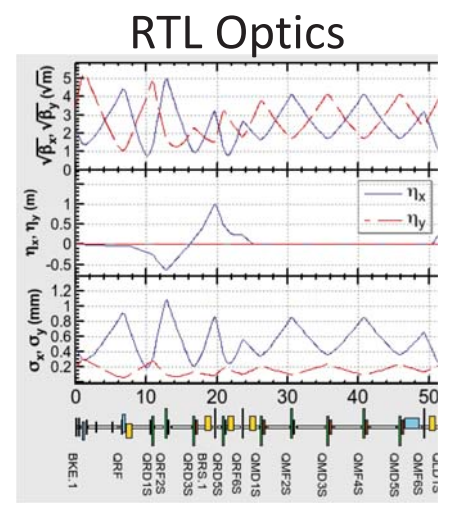
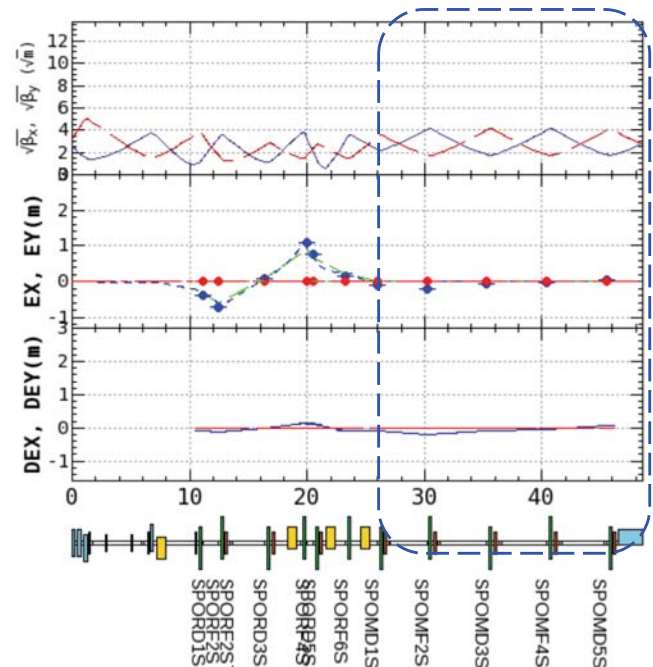
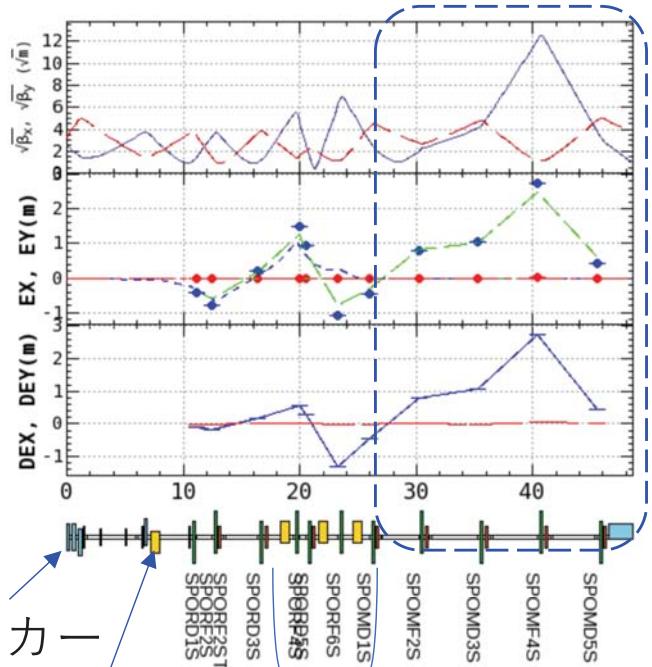
例：RTL第1アーケ

補正前



補正後

Y. Seimiya



出射キッカー

出射セプタム

DC Bends

DRのエネルギーを変える代わりに、Bend、Quadの強さを一斉に変えた。キッカー、セプタムについてはResponse測定を行った。

ワイヤースキャナー(WS)でエミッタンスを測定

• Dispersion補正の効果

0.7 [nC]	Sector 3のWSによる測定値			DR(Optics Calculation)	
	補正前	第2 アーク 補正後	第1 アーク 補正後		
γ_{ex} [μm]	293 ± 44.5	192 ± 22.4	126 ± 8.2	>	64.3
γ_{ey} [μm]	1.84 ± 0.163	2.01 ± 0.363	1.5 ± 0.1		XY coupling at DR =1.5/64.3 ≤2.3 ± 0.2%

水平Dispersionは半分以下になったが、
まだDRの倍ある。

DRのXY Couplingは2.3%以下と推定される。

• Emittance増大

0.7 [nC]	各WSによる測定値			SuperKEKB-LER からの要求値	
	Sector 3	Sector 5	BT- 0 arc	Phase-2	Phase-3
γ_{ex} [μm]	126 ± 8.2	189 ± 64	386 ± 237	< 200	< 100
γ_{ey} [μm]	1.5 ± 0.1	1.9 ± 0.3	7.0 ± 0.6	< 40	< 15

- 3～5セクターのエミッタンス増大
 - Transverse Wake Fieldの問題。
 - Offset 軌道によるWake FieldのCancelを行う予定。
- BTのエミッタンス増大
 - 要検討

全BT アークでDispersion補正

Y. Seimiya, N. Iida

e+	< η_x > [m]		< η_y > [m]		Quadの Fudge Factor
	Before	After	Before	After	
Correction					[%]
LTR第1 アーク	0.037	0.018	0.019	0.016	-3.3, -2.4
RTL第2 アーク	0.079	0.019	0.0094	0.0077	-4.5
RTL第1 アーク	1.05	0.09	0.02	0.01	-8.2
BTp第0 アーク	0.27 →	0.02	0.01	0.03	-26~12.9
BTp第1 アーク	0.037 →	0.047	0.126	0.102	2.5
Slope 1					2.5
BTp第2,3 アーク					2.5
Slope 2					2.5
BTp第4 アーク					2.5

BT-WSはここ

入射点

e-	< η_x > [m]		< η_y > [m]		Quadの Fudge Factor
	Before	After	Before	After	
Correction					[%]
Slope 1	0.13	0.11	0.05 →	0.01	1.0~5.9
BTe第0 アーク	0.11 →	0.02	0.01	0.02	0~6.7
BTe第1 アーク	0.102 →	0.038	0.029	0.036	2.37
BTe第2,3 アーク	0.066 →	0.029	0.037	0.034	2.52
Slope 2	0.104	0.091	0.192 →	0.116	3.55
BTe第4 アーク					2.17

BT-WSはここ

入射点

(3) SuperKEKBへの入射と今後

SuperKEKBへの入射、今後

• LER入射

- DRコミッションングを行った。
- 2018年2月、入射(LTR)、DR、出射(RTL)共に順調に立ち上がり、7月までLERに入射した。
- 今後の課題
 - e+収量を上げる
 - DR内のエミッタンス(ビームサイズ)測定
 - 3セクターでのバンチ長測定
 - Phase3前にDR再立ち上げ時間が必要

• HER入射

- RF gun
 - 6月17日～21日の約5日間、HERに入射した
 - Energy spread等のStudyが必要（秋の運転時）
 - Backgroundは小さい印象がある（by BCG）

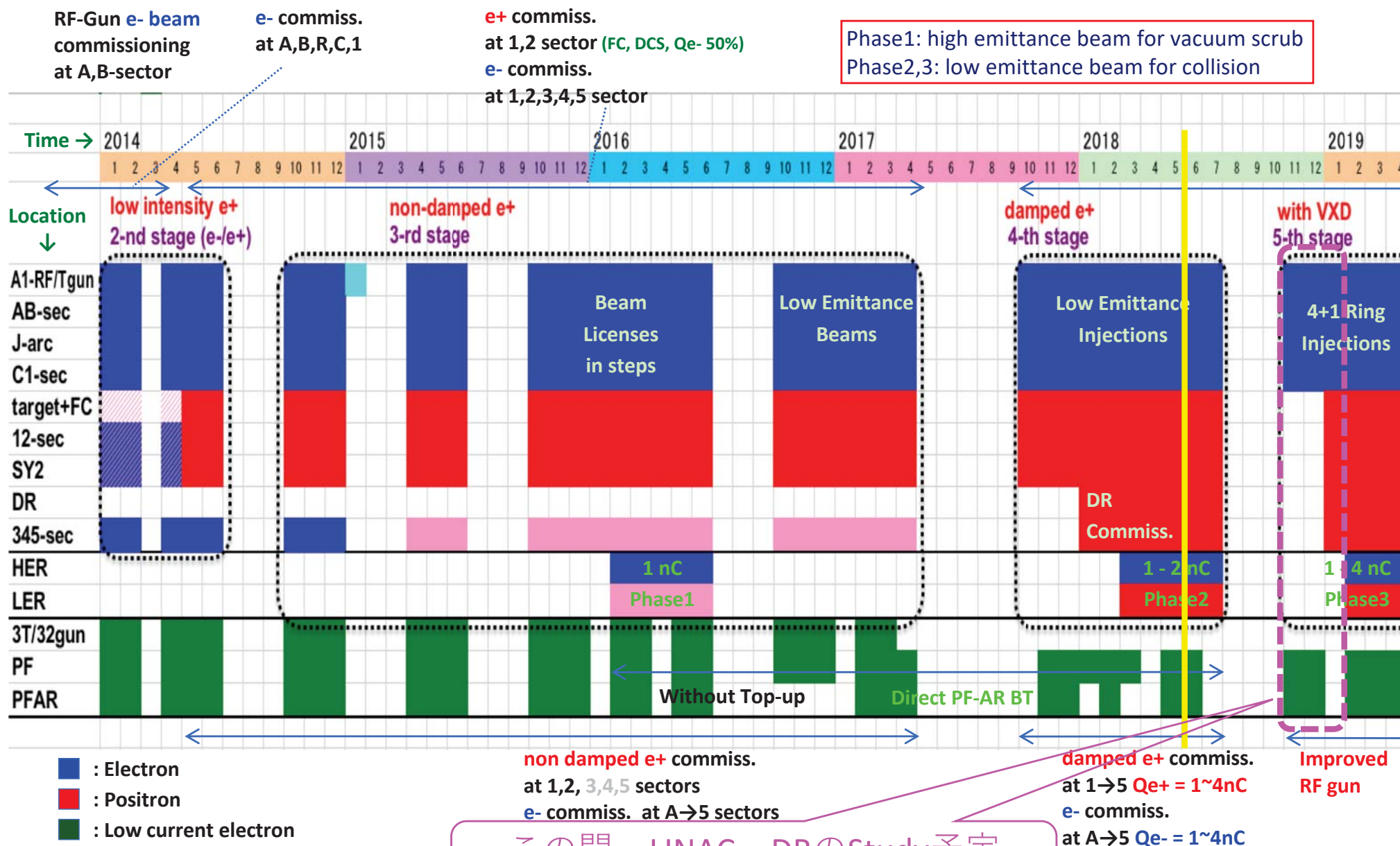
• エミッタンス増大

- LINAC内でWake場よる増大 -> Offset injection Study等
- RTL、BTでのエミッタンス増大 -> 要調査

SuperKEKBへの入射、今後 (続き)

- 入射ビームの質が入射効率、Backgroundに効く
 - 入射効率、Background低下時にどうするか？
 - 入射ビームの質を常にモニターする必要がある
 - Energy, Energy spread, Optics, Orbit, ...
 - これらがずれた時にどう対処するか、要検討。
 - 運転中のビーム診断ラインの検討が必要。
 - 全ての入出射パルスマグネット
 - KEKB制御室で波形、タイミングをモニターできるようにしたい
 - 悪化時にパルスマグネットの異常かどうかを早めに判断したい
 - KLY ギャラリーの室温が影響する
- (7月の運転は効率が悪かった。)

Linac Schedule Overview as of Mar(Jun).2018

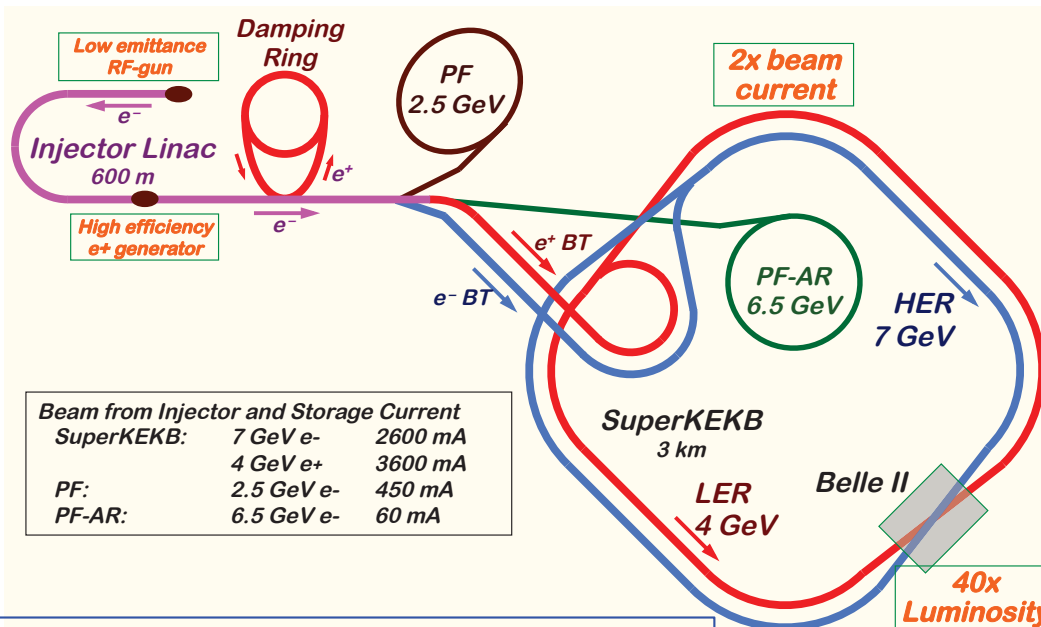


この間、LINAC、DRのStudy予定。
BTのStudyはMR Ready後

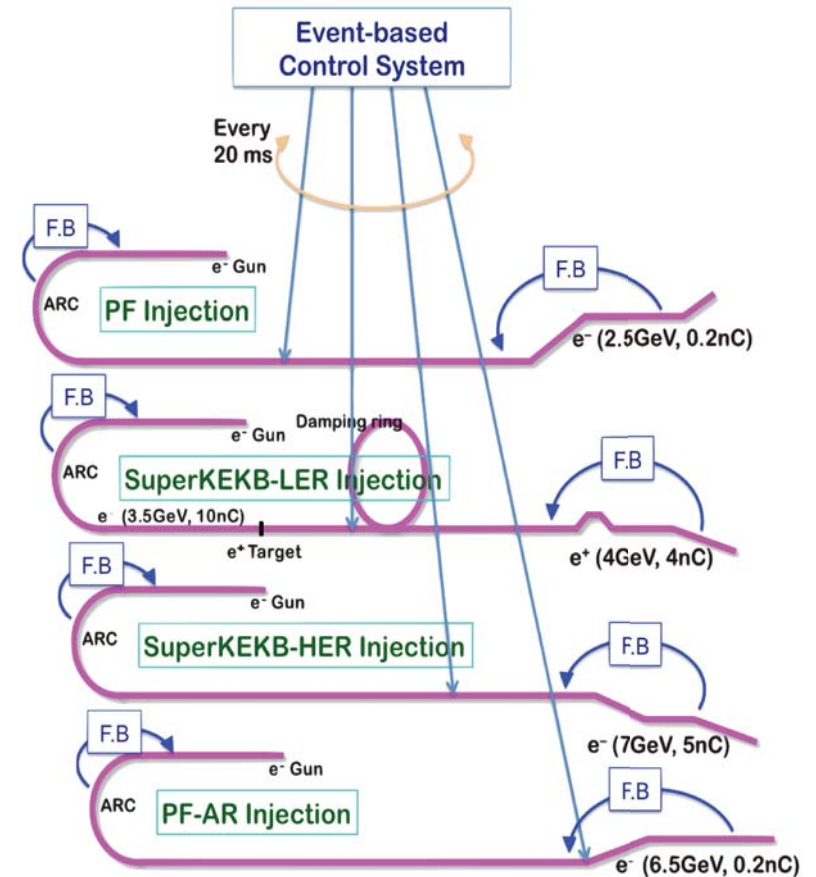
Back up

Mission of Electron/positron Injector in SuperKEKB

- For 40-times higher luminosity in SuperKEKB collider
- **Low emittance & low energy spread injection beams with 4 times higher beam current**
 - New high-current photo-cathode RF gun
 - New positron capture section
 - Positron damping ring injection/extraction
 - Optimized beam optics and correction
 - Precise beam orbit control with long-baseline alignment
 - Simultaneous top-up injection to DR/HER/LER/PF/PFAR
- Balanced injection for the both photon science and elementary particle physics experiments



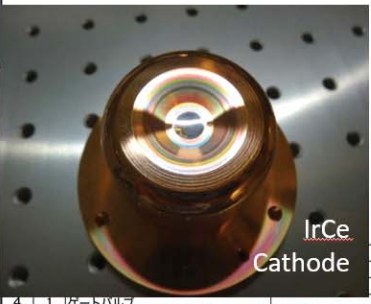
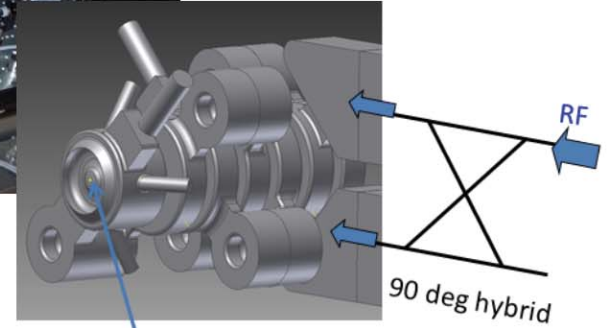
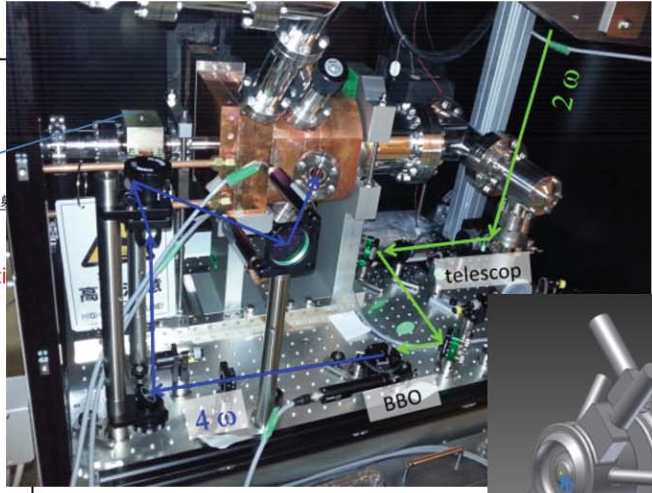
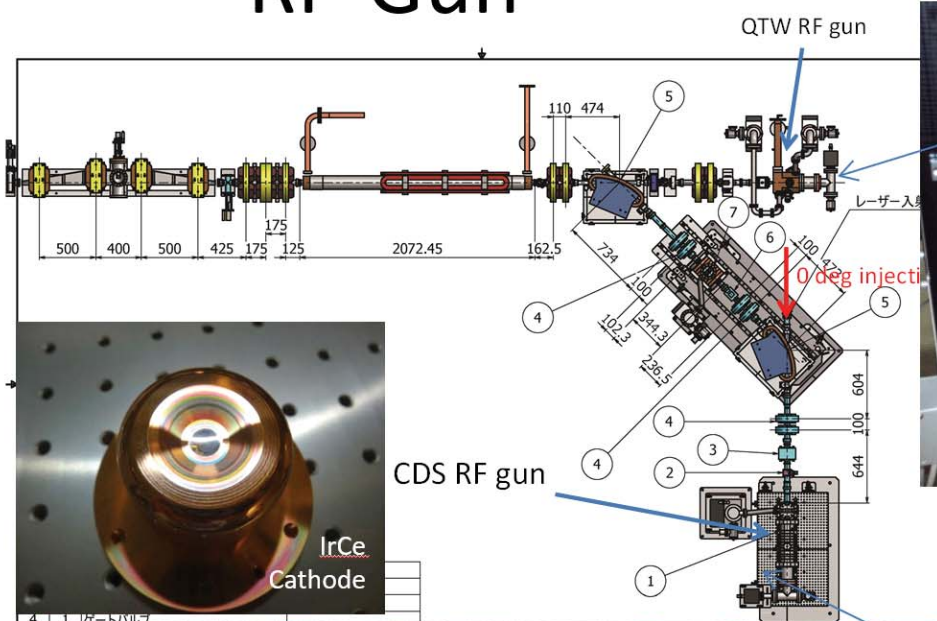
1 + 4 リング同時入射！



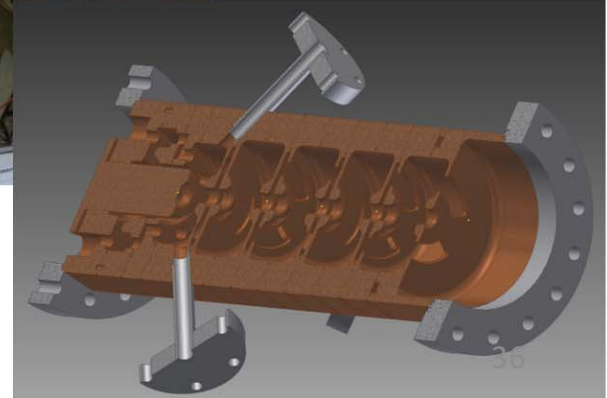
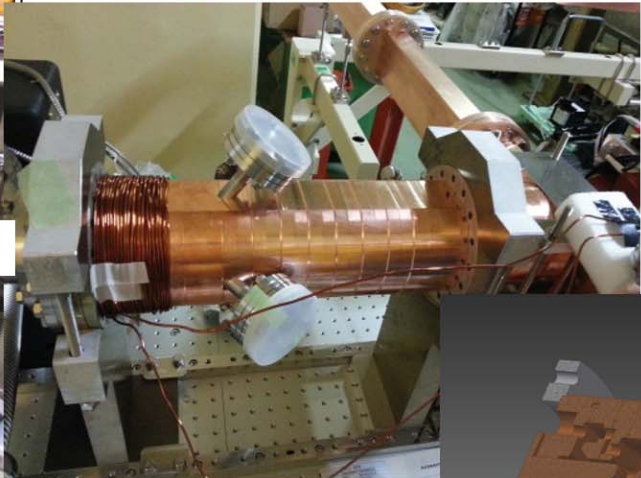
The single injector would behave as multiple injectors to multiple storage rings by the concept of virtual accelerator

RF-Gun

0-deg QTW RF gun (Quasi Traveling Wave)



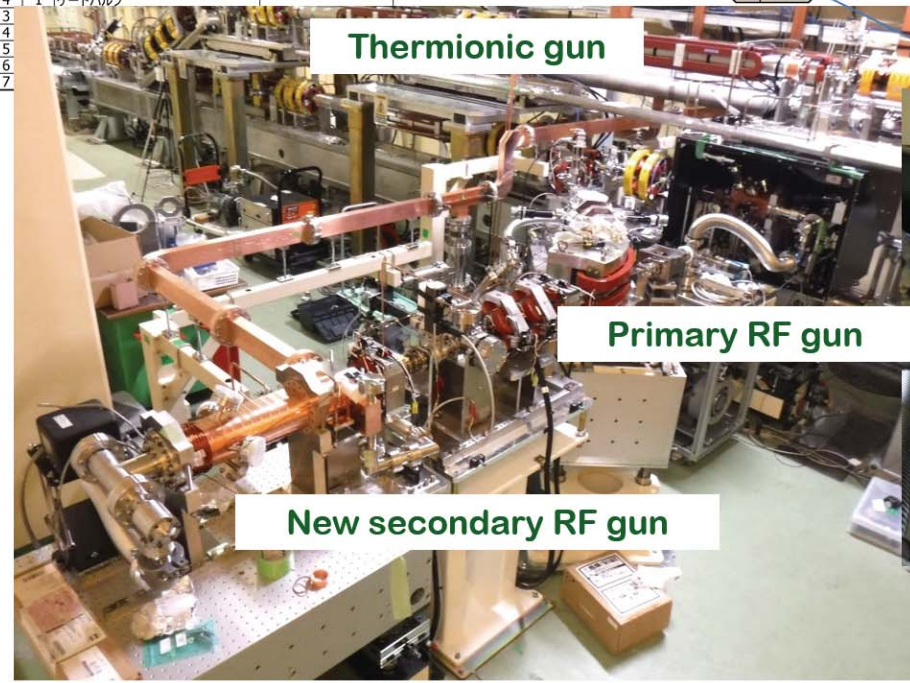
90-deg CDS RF gun (Cut Disk Structure)



Thermionic gun

Primary RF gun

New secondary RF gun

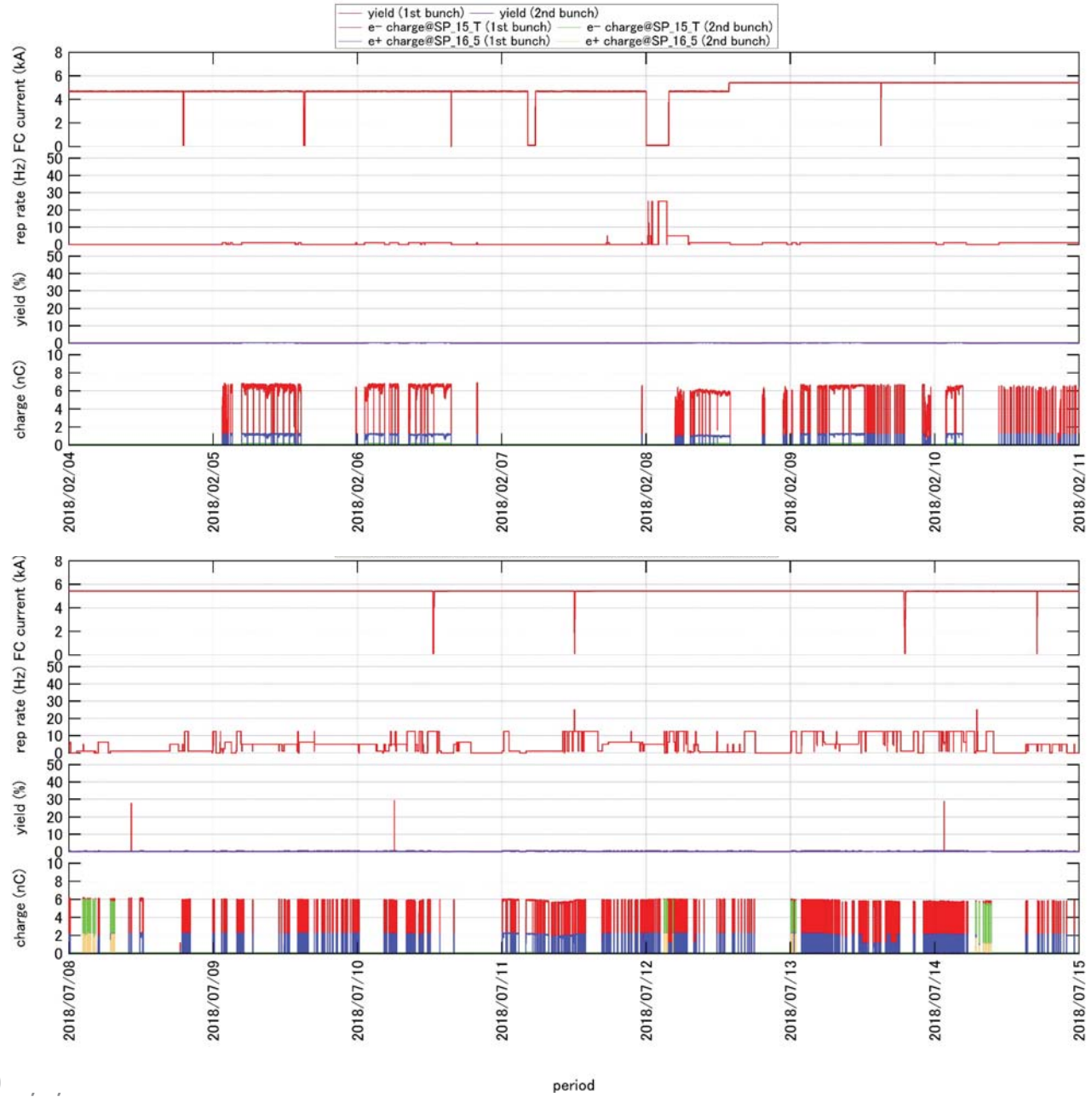


2018/8/21

M. Yoshida, SuperKEKB review, Mar. 14th, 2018

FC (続き)

Y. Enomoto



2月5~10日



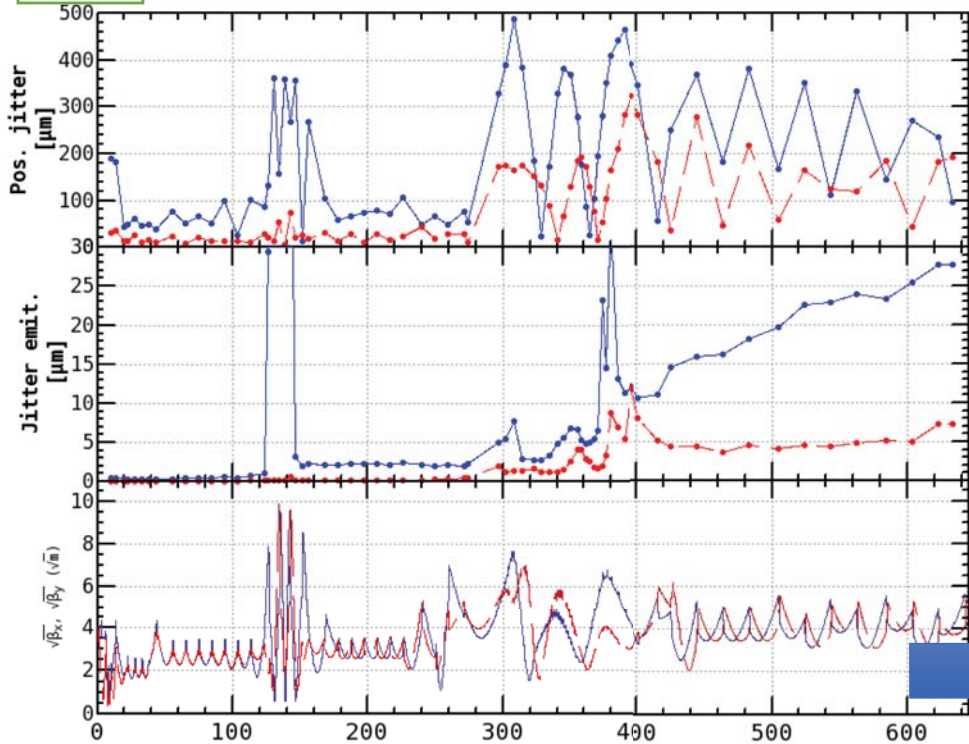
赤(Primary e-)
に対する
青(e+)
が増えている

7月8~15日

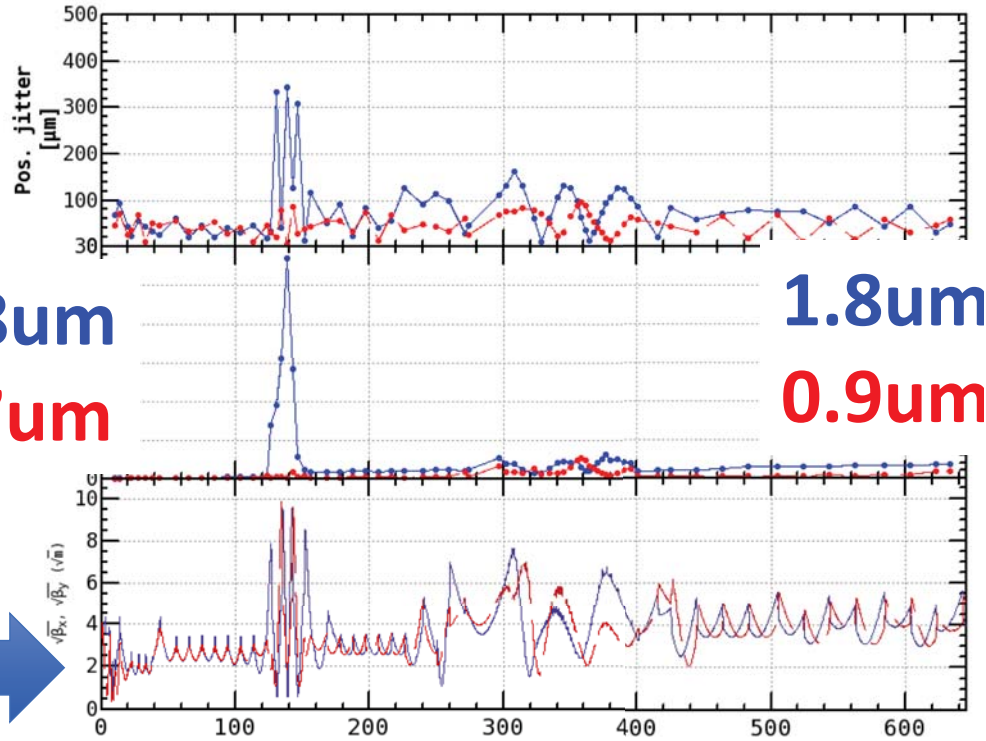
Dispersion補正(RF電子銃)

- 熱電子銃レベルまでジッターエミッタンスが改善

1nC



28μm
7μm

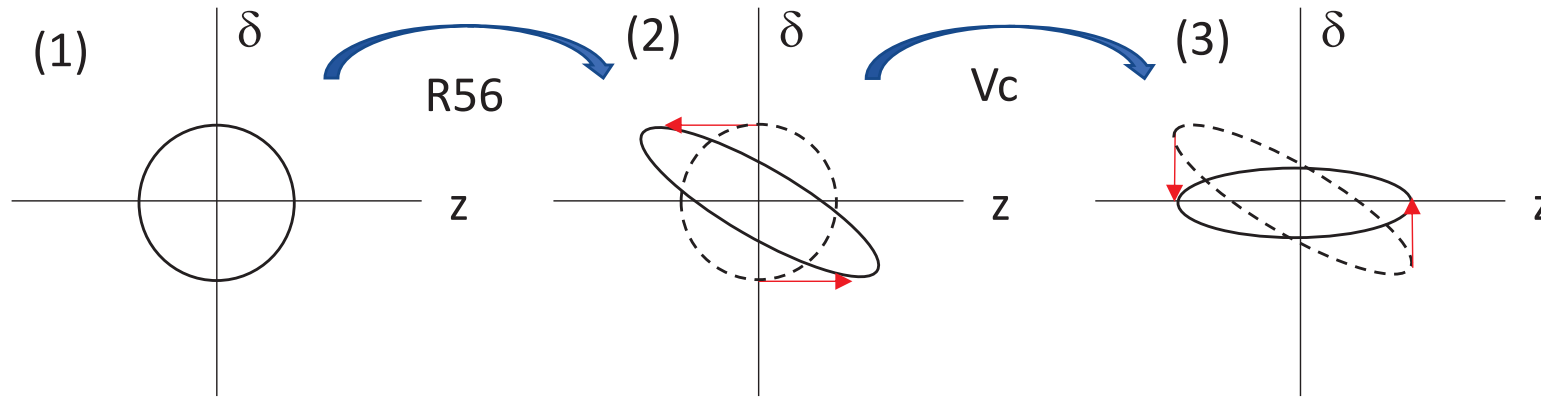


1.8μm
0.9μm

ディスパージョン補正で軌道ジッターが改善

$$R56 = \delta / \sigma_z$$

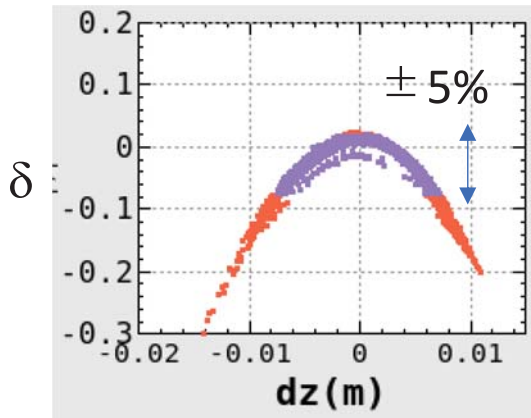
Energy Compression System(ECS)



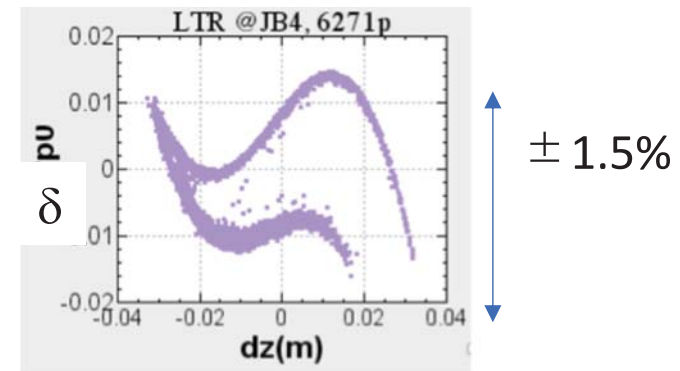
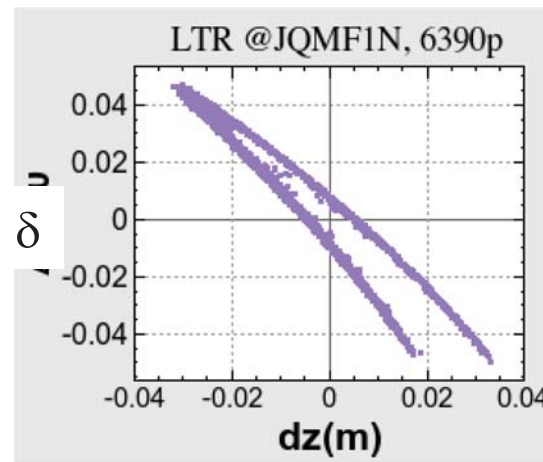
(1) LTR入口

(2) 第1 アーク出口

(3) 加速管出口



SY2のCollimatorで
予めLow Energy
Tailを切っておく



S-bandのSineカーブが
見えている

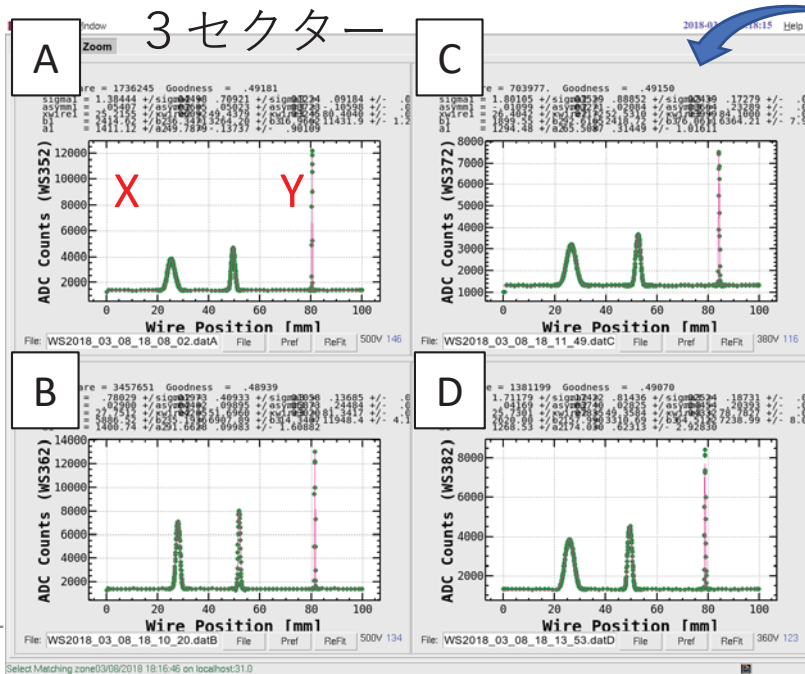
ビーム中心が加速電圧のゼロクロスの場合、
重心が動かない

3セクターのワイヤースキャナー(WSS)でエミッタンスを測定

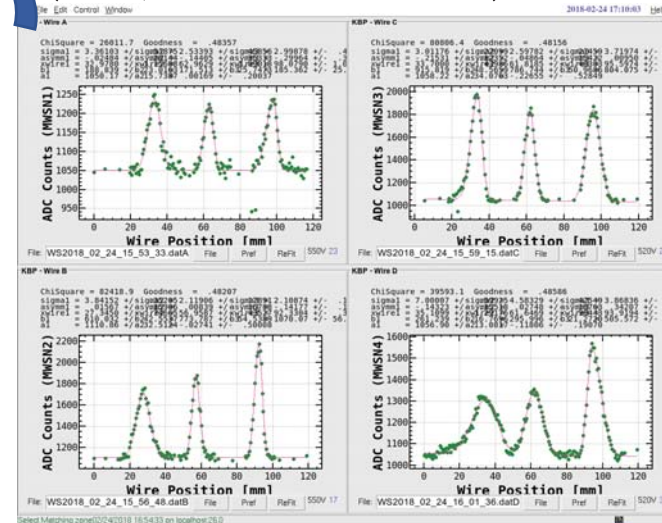
0.7 [nC]	Sector 3			DR(Optics Calculation)
	補正前	第2アーク補正後	第1アーク補正後	
$\gamma_{\epsilon x}$ [μm]	293 ± 44.5	192 ± 22.4	126 ± 8.2	> 64.3
$\gamma_{\epsilon y}$ [μm]	1.84 ± 0.163	2.01 ± 0.363	1.5 ± 0.1	XY coupling at DR = $1.5/64.3$ $\leq 2.3 \pm 0.2\%$

水平Dispersionは半分以下になったが、
まだDRの倍ある。

DRのXY Couplingは2.3%以下と推定される。



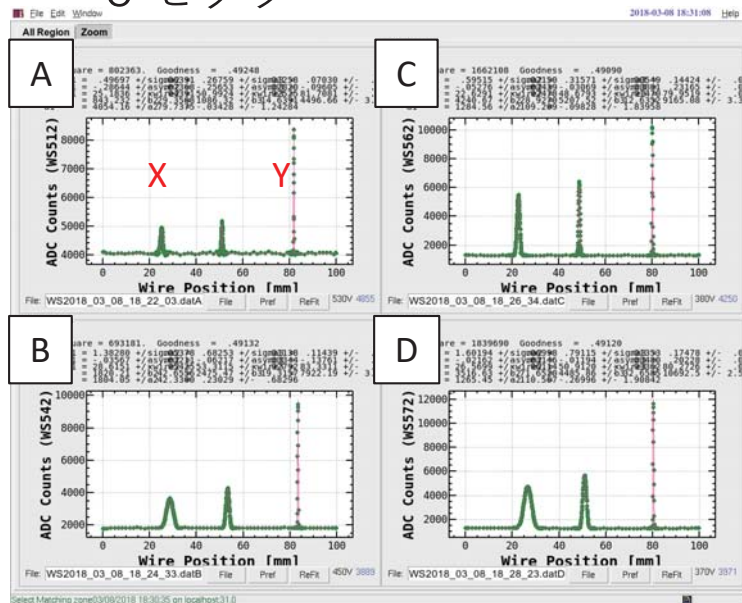
(LTR、巨大だった頃)



2018/8/21

5セクター, BTのワイヤースキャナー(Ws)でエミッタンスを測定

5セクター

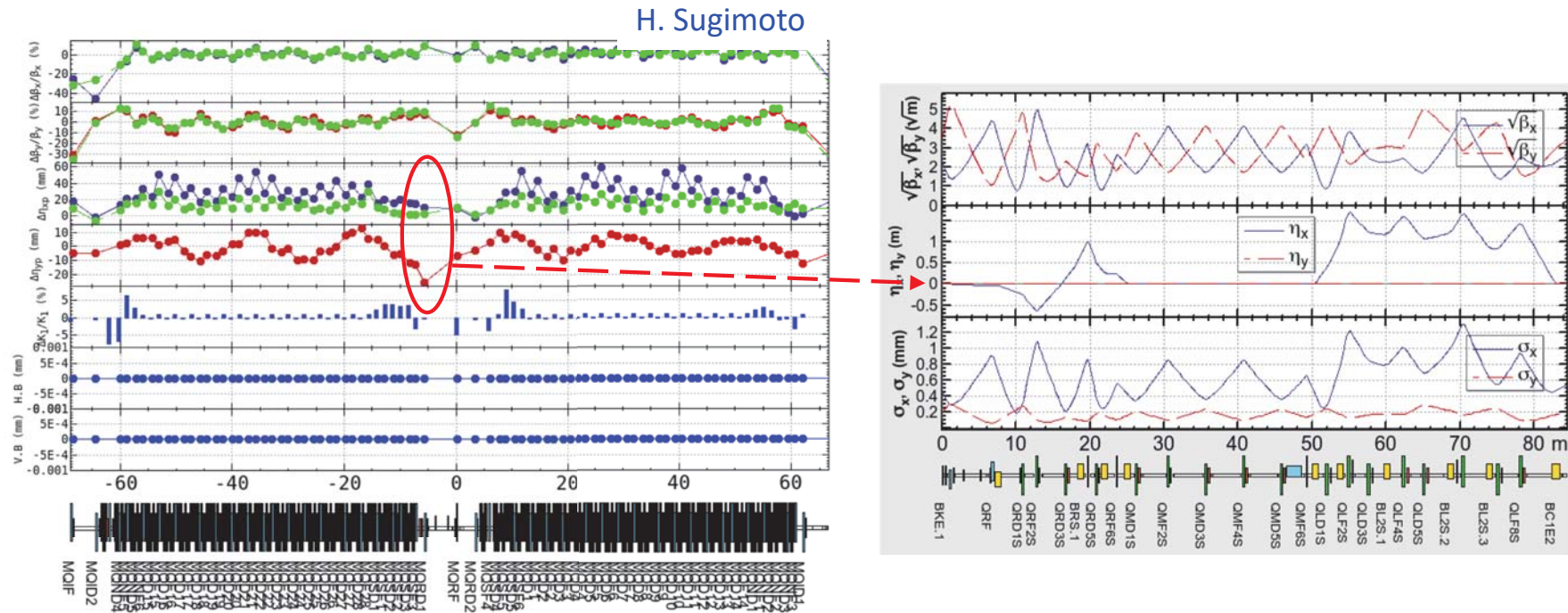


0.7 [nC]	Wsによる測定値			SuperKEKB-LERからの要求値	
	Sector 3	Sector 5	BT- 0 arc	Phase-2	Phase-3
$\gamma\epsilon_x (\mu\text{m})$	126 ± 8.2	189 ± 64	386 ± 237	< 200	< 100
$\gamma\epsilon_y (\mu\text{m})$	1.5 ± 0.1	1.9 ± 0.3	7.0 ± 0.6	< 40	< 15

DR 設計	入射	出射
$\gamma\epsilon_x (\mu\text{m})$	2800	64.3
$\gamma\epsilon_y (\mu\text{m})$	2600	3.2
$\sigma_z (\text{mm})$	$\pm 30^*$	6.6
$\sigma_\delta (\%)$	$\pm 1.5^*$	0.055

- 3～5セクターのエミッタンス増大
 - Transverse Wake Fieldの問題。
 - Offset 軌道による Wake FieldのCancelを行う予定。
- BTのエミッタンス増大
 - 要検討

DR内のDispersion測定値からの寄与



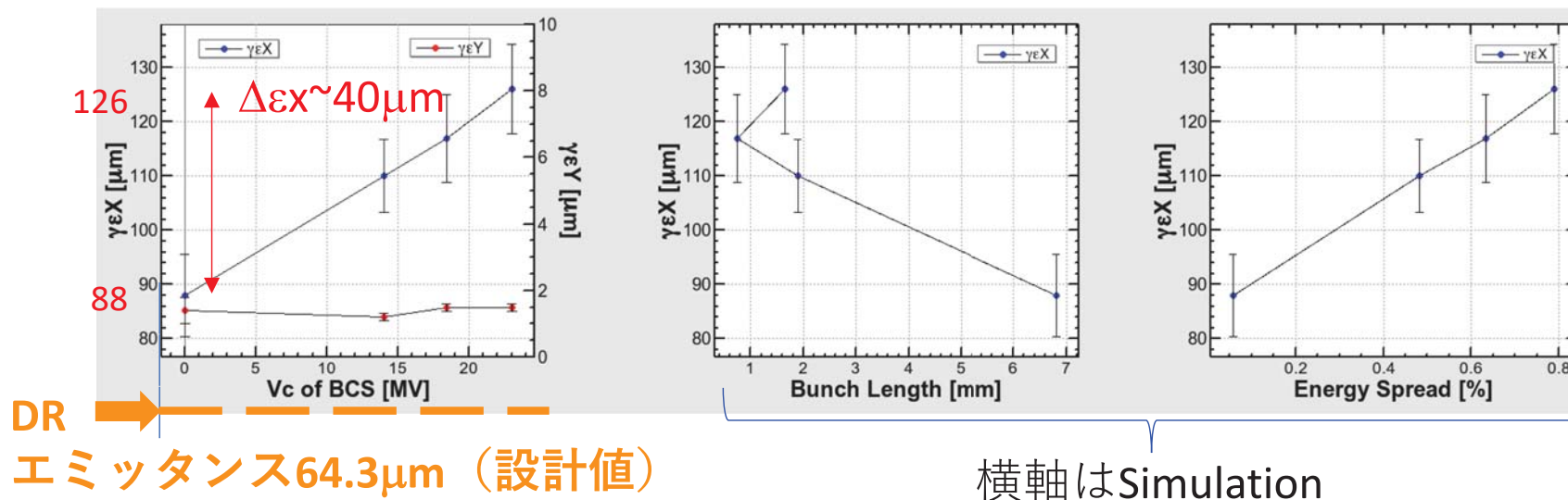
	\mathcal{H} [m]	δ	$\Delta\epsilon$ [nm]	$\Delta\gamma\epsilon$ [μm]	ϵ [μm]	$\Delta\epsilon/\epsilon$
X	6.08e-5	5.5e-4	1.84e-2	0.04	64.3 (from DR Optics calculation)	6.2e-4
Y	4.49e-5		1.36e-2	0.03	1.9 (from WS measurement)	1.5e-2

DR出射点で測定された水平DispersionからRTLへのエミッタンスの寄与は、RTLでのエミッタンスに対して無視できるほど小さい。

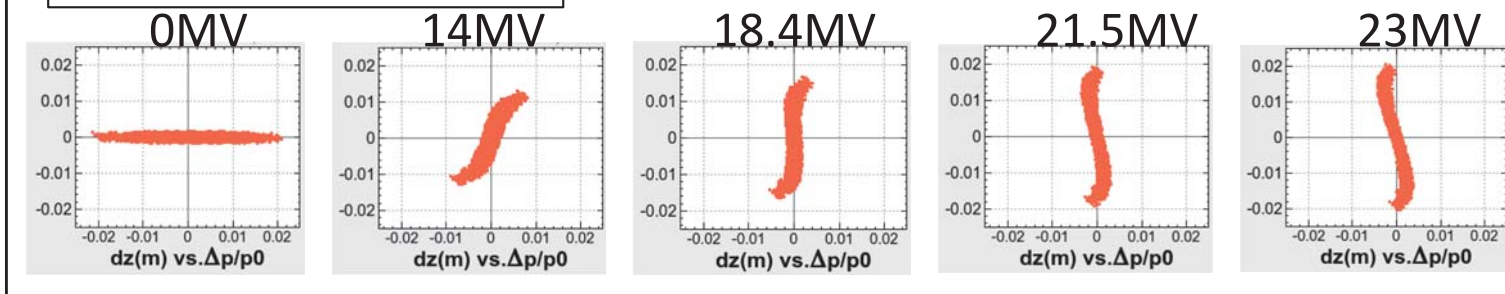
水平エミッタンスのBCS-Vc依存測定

0.7nC 3セクターのWire Scanner測定

Y. Seimiya, M. Kikuchi, N. Iida



σ_z vs. σ_δ in Simulation



DRからのバンチ長は設計値 (6.6mm) とした。

バンチ長測定

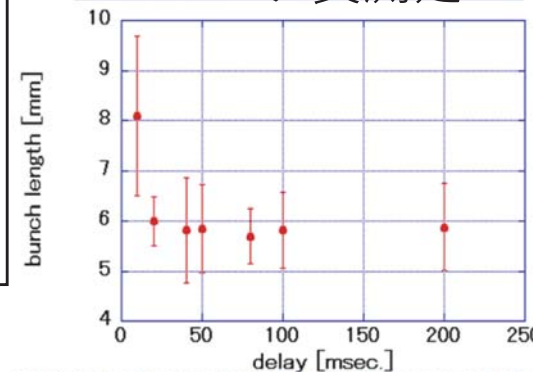


Figure 6: Measured bunch length after injection.

水平エミッタンスの電荷量依存測定

電荷量 (nC)	加速電圧(MV)	$\gamma\beta\epsilon_x$ (μm)	$\gamma\beta\epsilon_y$ (μm)
0.7	0	88 ± 7.6	1.4 ± 0.4
1.5	0	104 ± 7.4	3.7 ± 0.5

- 測定された水平エミッタンスについて
 1. BCSのVc依存性がある。
 - バンチ長：Coherent Synchrotron Radiation(CSR)??
 - 3セクターでのバンチ長測定が必要
 - エネルギー広がり：水平分散の残留漏れ？
 2. 電荷量依存性がある。
 - CSR??
 - 3セクターTransverse Wake?
- DRのエミッタンス測定が必要

インスタビリティの概算

Handbook of Accelerator Physics and Engineering

CSR

$$Z_{\parallel}(k) = \frac{1}{c} \int_0^{\infty} dz W_{\parallel}(z) e^{-ikz}$$

$$= \frac{Z_0}{2\pi} \frac{e^{i\pi/6}}{3^{1/3}} \Gamma\left(\frac{2}{3}\right) \frac{k^{1/3}}{R^{2/3}}$$

$$dE = Z(k)L^*I/E$$

$$d\epsilon_x = (\eta x^* dE)^2 / \beta x$$

$$\Delta\gamma\epsilon_x = \text{Sum} \sum d\epsilon_x)_i = 0.81 \mu\text{m} < 40 \mu\text{m}$$

$$Z_0 = 377$$

$$R = 3.35 \text{m}$$

$$sz = 1 \sim 7 \text{mm}$$

$$L = 0.7938 \text{m}$$

$$cc = 1 \text{nC}$$

$$E = 1.1 \text{GeV}$$

$$l = cc / \sigma z^* c$$

材質：SUS316L

Resistive wall

$$\frac{Z_m^{\parallel}}{L} = \frac{\omega}{c} = \frac{Z_m^{\perp}}{L}$$

$$= \frac{Z_0 c / (\pi b^{2m})}{[1 + \text{sgn}(\omega)i](1 + \delta_{m0})bc \sqrt{\frac{\sigma_c Z_0 c}{2|\omega|}} - \frac{ib^2 \omega}{m+1} + \frac{imc^2}{\omega}}$$

$$\Delta\gamma\epsilon_x = \text{Sum} \sum d\epsilon_x)_i = 0.0012 \mu\text{m} \ll 40 \mu\text{m}$$

いずれも概算では影響は小さそうであるが、さらにCSRのTracking simulationを検討中

BT での Emittance 増大

KBp エミッタンス測定まとめ (FC-ON/OFF)

M. Kikuchi, T. Mori, N. Iida

■ H-plane

