

compact ERL 入射器のコミッショニング運転

Commissioning operation of the compact ERL injector

2012年8月5日(月)15時10分～15時30分
名古屋大学・豊田講堂ホール

宮島 司

高エネルギー加速器研究機構



Outline

1. ERL実証機としての compact ERL
2. compact ERL入射器のコミッショニング目標
3. コミッショニング計画
4. コミッショニング結果
5. まとめ

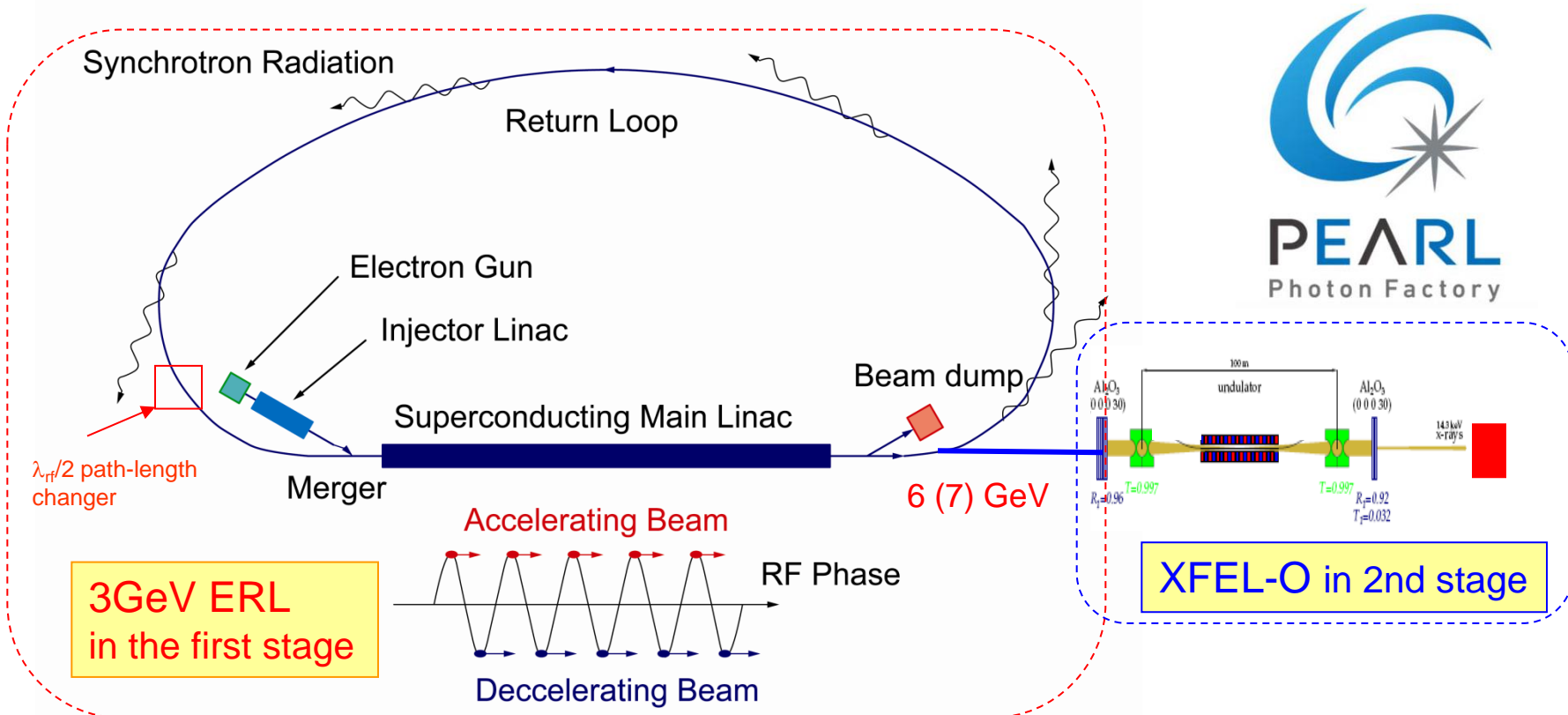


ERL開発チーム

- A) High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
 - 坂中章悟A), 足立伸一A), 明本光生A), 荒川大A), 浅岡聖二A), 江並和宏A), 遠藤有聲A), 福田茂樹A), 古屋貴章A), 芳賀開一A), 原和文A), 原田健太郎A), 本田融A), 本田洋介A), 本間博幸A), 本間輝也A), 細山謙二A), 穂積憲一A), 石井篤A), 加古永治A), 神谷幸秀A), 片桐広明A), 河田洋A), 小林幸則A), 小島裕二A), 近藤良也A), 久米達哉A), 松本利広A), 松村宏A), 松下英樹A), 道園真一郎A), 三浦孝子A), 宮島司A), 長橋進也A), 仲井浩孝A), 中島啓光A), 中村典雄A), 中西功太A), 中尾克己A), 濁川和幸A), 野上隆史A), 野口修一A), 野澤俊介A), 帯名崇A), 尾崎俊幸A), チュウファンA), 阪井寛志A), 佐々木慎一A), 下ヶ橋秀典A), 佐藤康太郎A), 佐藤昌史A), 設楽哲夫A), 島田美帆A), 篠江憲治A), 塩屋達郎A), 宍戸寿郎A), 多田野幹人A), 高橋毅A), 高井良太A), 竹中たてるA), 谷本育律A), 飛山真理A), 土屋公央A), 内山隆司A), 上田明A), 梅森健成A), 渡邊謙A), 山本将博A), 山本康史A), 矢野喜治A), 吉田光宏A)
- B) Sokendai, the Graduate University for Advanced Studies
 - Cenni Enrico B)
- C) University of Tokyo (ISSP/SRL) Institute for Solid State Physics Synchrotron Radiation Lab.
 - 高木宏之C)
- D) Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
 - 羽島 良一D), 松葉俊哉D), 永井良治D), 西森信行D), 沢村勝D), 静間俊行D)
- E) Hiroshima University (HU/AdSM) Graduate School of Advanced Sciences of Matter
Department of Quantum Matter
 - 栗木雅夫E), 飯島北斗E)

KEKでの将来放射光源計画と compact ERL

- KEKにおける3 GeV ERL(Energy Recovery Linac)放射光源計画
 - PEARL (Photon Factory ERL Advanced Research Laboratory)
 - 3-GeV ERL を利用した超高輝度・超短パルス放射光源を建設する計画
 - 6-GeV recirculating Linac (2回加速)を用いて共振器型X線自由電子レーザー (XFEL-O)を実現



ERLの鍵となる開発のため

ERL実証機として、compact ERL (cERL)を建設

実証機としての compact ERL (cERL)

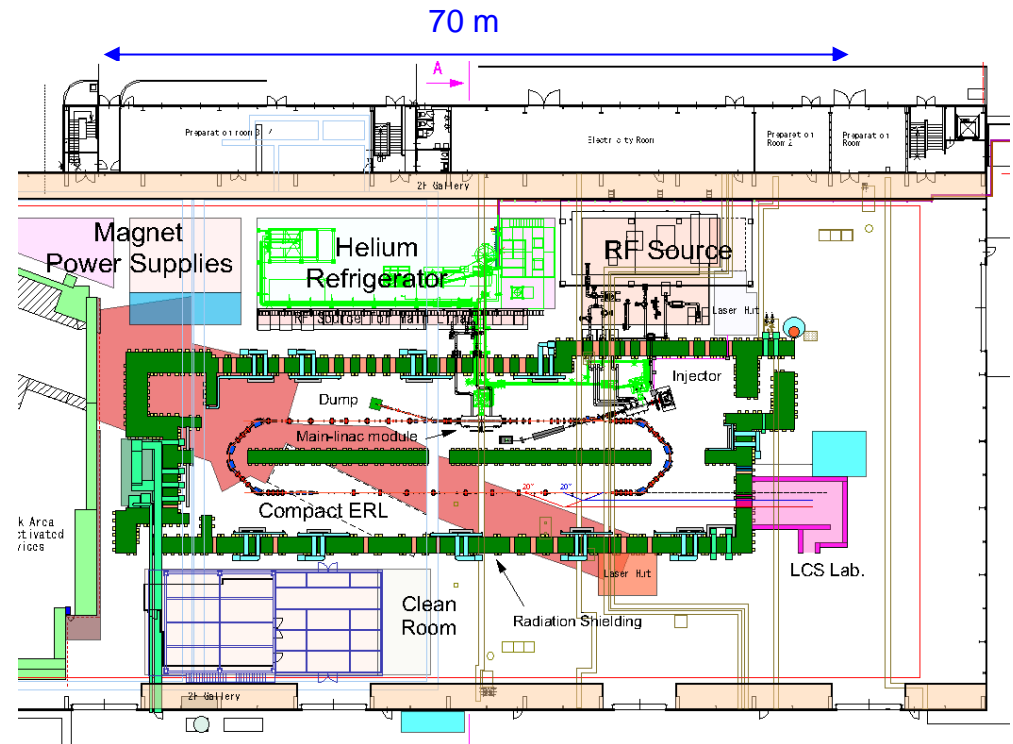
compact ERLの目的

- 鍵となる装置のR&Dと安定な運転の実証 (電子銃, 超伝導加速空洞, ...)
- 超低エミッタンスビームの生成・加速、エネルギー回収の実証



Parameters of the Compact ERL

	Parameters
Beam energy (upgradability)	35 MeV 125 MeV (single loop) 245 MeV (double loops)
Injection energy	5 MeV
Average current	10 mA (100 mA in future)
Acc. gradient (main linac)	15 MV/m
Normalized emittance	0.1 mm·mrad (7.7 pC) 1 mm·mrad (77 pC)
Bunch length (rms)	1 - 3 ps (usual) ~ 100 fs (with B.C.)
RF frequency	1.3 GHz



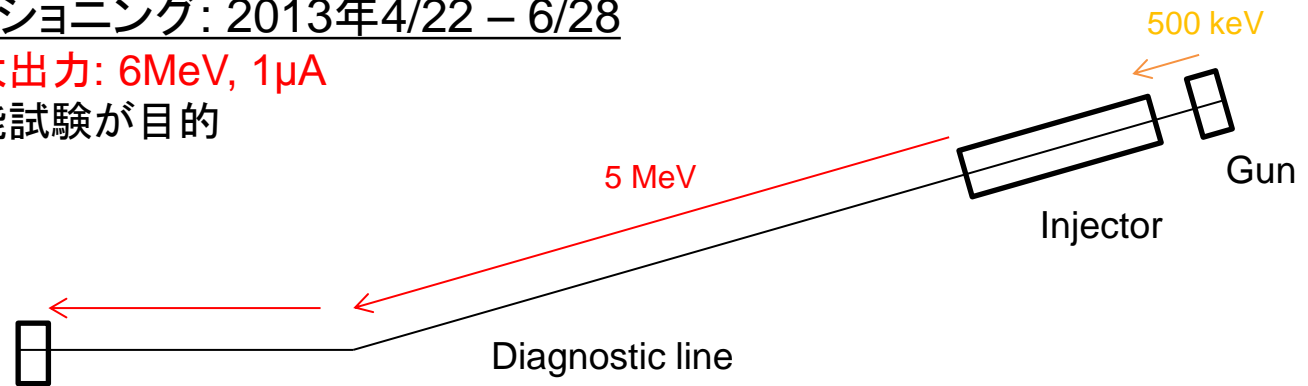
cERL コミッショニング計画

- cERL入射器での単体試験の期間と、cERL全体での試験期間の2つに分ける

cERL入射器コミッショニング: 2013年4/22 – 6/28

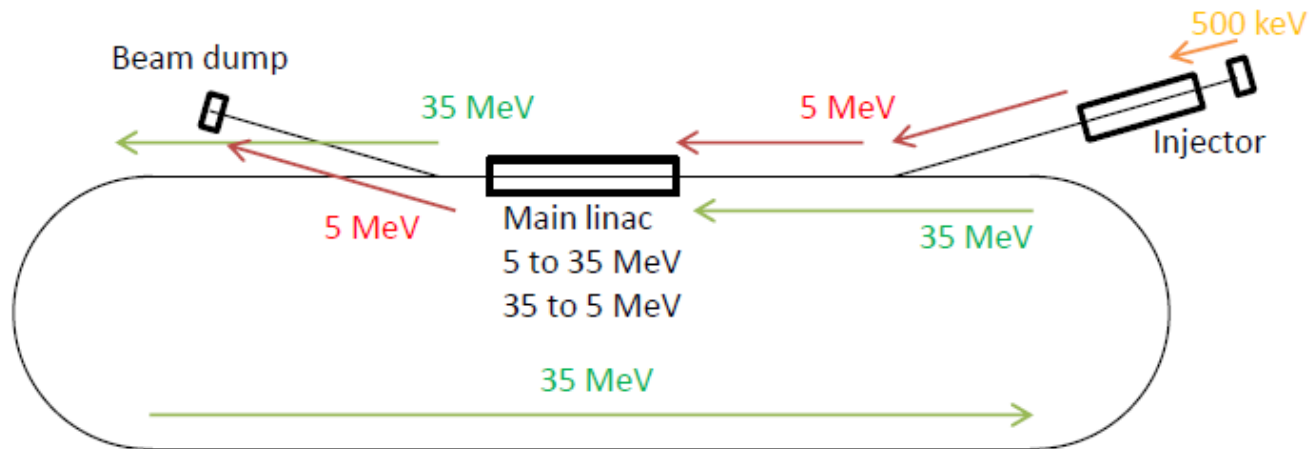
放射線申請での最大出力: 6MeV, 1 μ A

入射器単体での性能試験が目的



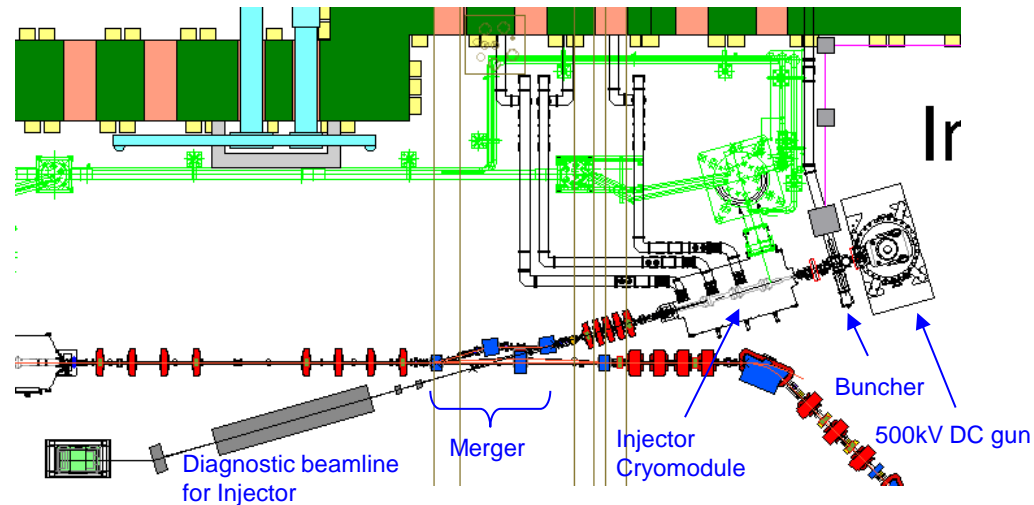
cERL全体でのコミッショニング: 2013年秋から開始予定

現在周回部の建設を進めている



cERL 入射器

- 入射器の目的: 超低エミッタンスかつ短バンチ長をもったビームを生成し、加速、輸送すること
- ERLでは入射器でのビーム性能がほぼ加速器全体の性能を決めるため、極めて重要



Design layout of cERL injector.

Parameters of the Compact ERL Injector (最終目標)

Gun voltage	500 kV
Beam energy	5 – 10 MeV
Beam current	10 – 100 mA
Normalized rms emittance $\varepsilon_n = \varepsilon(\gamma\beta)$	1 mm·mrad (77 pC/bunch) 0.1 mm·mrad (7.7 pC/bunch)
Bunch length (rms)	1 – 3 ps (0.3 – 0.9 mm)



2013年4月から開始した射器コミッショニングでは、ビーム性能が制限されるが、可能な限り小さいエミッタンスを実現することが目標

これらの性能を実現するには、15 MV/mの加速勾配が必要

cERL入射器の建設

- 光陰極DC電子銃
 - JAEAで500 kVでの1.8 mA大電流生成試験の後、2013年秋にKEK ERL開発棟に移設
 - 高電圧印加試験を経て、**390 kVで運転することに決定**
- 入射器超伝導空洞
 - 2-cell 空洞3台
 - 大電力試験を経て、**最大7 MV/mで運転することに決定**
- 入射器診断ライン
 - 入射器で生成されたビームを診断
 - 横方向、縦方向の位相空間を診断できる
 - スクリーンモニタ、ストリップラインモニタ、スリットスキャナ、Faraday cup, 偏向空洞、16度偏向電磁石



cERL入射器コミッショニングのスケジュール

- ビーム運転期間: 約2か月間

- 4/22 - 4/26
- 5/13 - 6/28

- この期間に実施すべき項目

- 放射線施設検査(5/23)
- 入射器を構成する機器の性能試験
- ビーム調整法の確立
- ビーム品質の測定

cERLスケジュール2013年5月

130509

5 May		ビーム調整項目案(2013.05.24)					2013 平成25年	
Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday		
			1	2	3 憲法記念日	4 みどりの日		
5 こどもの日	6 振替休日	7	8 測定	9	10 審議会	11		
			← 申請書Draft-1完成 →		← 空洞冷却 →			
12	13 (IPAC13)	14	15	16	17	18		
	← 空洞冷却 →	← ヒアリング →		← エイジング・入射器コミッショニング →				
19	20	21	22	23	24	25		
	← 空洞冷却 →	← 入射器コミッショニング →		← 施設検査 →				
26	27	28	29	30	31	6/1		
	← 空洞冷却 →	← エミッタ測定(slit)、BPM校正、偏向空洞立ち上げ →						

cERLスケジュール2013年4月

4 April		2013 平成25年				
Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday
	1	2	3	4	5	6
	← ベーキング準備(5連Q部) →		← ベーキング(5連Q部) →		← NEG活性化 →	
	← インターロック確認・自主検査 →					
7	8	9	10	11	12	13
	← インターロック確認・検査 →			← 主任者検査 →	← 空洞冷却 →	
	← 真空ITLK試験 →					
14	15	16	17	18	19	20
	← 空洞冷却 →		← 電子銃・空洞エイジング、LLRF調整、等 →			
21	22	23	24	25	26	27
	← 空洞冷却 →	← Step 2: 390 keV輸送 →		← Step 3: RF位相調整 →		← Step 4: 電流増強 →
	← Step 1: 入射器手前 →					
28	29 昭和の日	30				

cERLスケジュール2013年6月

6 June		ビーム調整項目案(2013.05.24)					2013 平成25年	
Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday		
						1	← 前ページに記載 →	
2	3 周回部申請	4	5	6	7	8		
	← 空洞冷却 →	← パンチャー空洞立ち上げ、パンチ長測定、CW試験 →						
9	10	11	12	13	14	15		
	← 空洞冷却 →		← 大電荷試験1(機器調整、オプティクス調整) →					
16	17	18	19	20	21	22		
	← 空洞冷却 →		← 大電荷試験2(ビーム品質測定) →					
23	24	25	26	27	28	29		
	← 空洞冷却 →		← 周回部運転に向けた調整 →				← 昇温 →	

入射器コミッショニングの目標

ビームダイナミクスでの目標設定

parameter	value
ϵ_{nx} (mm·mrad)	0.262
ϵ_{ny} (mm·mrad)	0.261
σ_z (mm)	0.846
γ	69.5014
σ_γ	0.0290783
β_x (m)	2.67319
β_y (m)	2.11744
α_x	-0.601
α_y	-0.179



この値は周回部で最適な条件になるときの値であり、各機器の性能が達成され、装置を十分に調整した後に到達可能な値である。

コミッショニングでは、機器の性能試験も重要な項目であるため、より現実的な値を定めて段階的に最終目標に近づけていく必要がある。

入射器コミッショニングでの目標

	Parameters
Gun voltage	390 kV
Injection energy	5.5 MeV
Bunch charge	7.7 PC/bunch (10 mA 相当)
Acc. gradient (injector)	7 MV/m
Normalized emittance	< 1 mm·mrad
Bunch length (rms)	1 - 3 ps (usual)
RF frequency	1.3 GHz

シミュレーションから求めた主加速空洞後のビーム条件


- 入射器コミッショニングの目標設定に当たっては、ビームダイナミクスから定めた目標とともに、現実の加速器として運転するための外的な条件を考慮する必要がある
- 外的な条件: 運転期間や人員の配分、放射線発生装置としての施設検査合格等
- これらの条件を考慮して、入射器コミッショニングの目標を次のように定めた
 - 電子ビームの生成・加速を実証し、ダンプまで損失なく輸送(施設検査に向けた条件)
 - 機器の性能試験
 - ビーム調整法の確立
 - ビーム品質の測定

入射器コミッショニングの計画

- 放射線施設検査が一つの重要な通過点となることから、次の2段階に分けてコミッショニング計画を立案
 - 施設検査に向けた調整(最大出力の2-3割を損失なくダンプまで輸送)
 - 機器の性能試験、ビーム性能向上

1. 施設検査に向けた調整

基本方針

- 限られた時間(2週間程度)で放射線施設検査に合格する必要がある
 - 調整項目を減らして、できるだけ早く施設検査に必要な条件に到達すること
- 
- 空間電荷の効かない電荷量、バンチャー空洞はオフ、ソレノイド2台のみの調整でダンプまで輸送

2. 機器の性能試験、ビーム性能向上

基本方針

- 機器の性能評価を優先する(問題があったときの対策時間を確保するため)

実施項目

- 機器の性能試験(電子銃、超伝導空洞、バンチャー空洞、モニターシステム等)
- ビーム調整法の確立(空間電荷効果が効くか効かないかで大きく変化)
 - 空間電荷なし:ビームライン全体で大きな問題がないことを確認するのが目的
 - 空間電荷あり:周回部運転に向けた 7.7 pC/bunchでの運転条件確立が最終目標
- ビーム品質の測定
 - 可能なものは複数の測定方法でクロスチェックする(例、エミッタンス測定;ウェイストスキャン法、スリットスキャン法)

入射器コミッショニングの結果（施設検査）

- Step 1: Gunから入射器入口までの区間
- Step 2: 390 keVビームのダンプまでの輸送
- Step 3: RF空洞の位相調整
- Step 4: 電流の増強 (300 nA)

Step 1

目的: 入射器空洞前の軌道を調整
390 keVビーム

4/22(月)完了

Step 2

目的: 390 keVビームの輸送
390 keVビーム

4/23(火)輸送途中でビームが発散
⇒低エネルギーでの輸送は難しい

Step 4

目的: 電流の増強 (施設検査のため)
5 MeVビーム、300 nA

4/26(金)電流増強 ⇒ 200 nA輸送
5/23(木)施設検査 ⇒ 合格(5/27付)

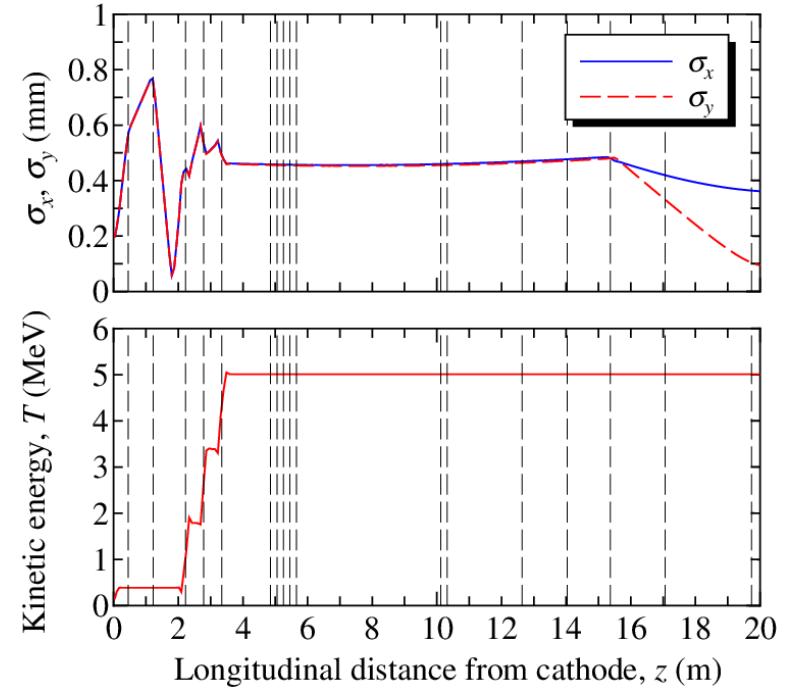
Step 3

目的: RF空洞の位相調整
エネルギー: 390 keV – 5 MeV
入射器空洞1: 1.8 MeV
入射器空洞2-3: 5.0 MeV
Eacc = 7 MV/m

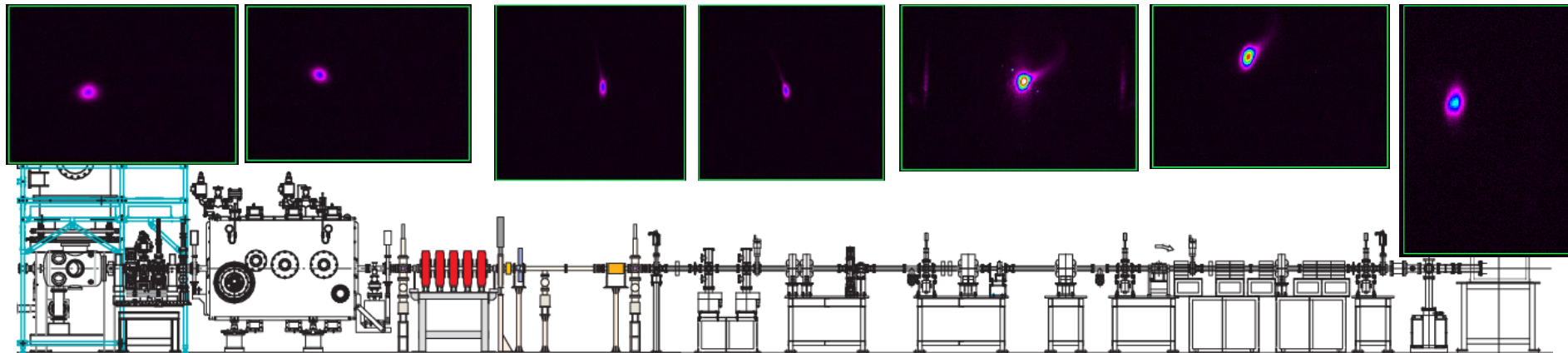
4/24(水)600 keV程度まで加速成功
4/25(木)5 MeVに到達
4/26(金)5 MeVオプティクス調整

施設検査に向けたビーム調整

- 加速空洞の位相調整後に、5 MeVまで到達
- 空間電荷効果が効かない電流なので、ソレノイド2台と軌道補正コイルの調整のみでビームダンプまで輸送できた
- 励起レーザーの時間構造
 - 基本的にビーム調整ではバンチ電荷が重要となり、平均電流は低くて良い(平均電流 150 pA, バンチ電荷 20 fC/bunch)
 - ビームのマクロパルス幅 : 1 μ s
 - マクロパルス内のバンチ数 : 1300 (繰り返し1.3 GHz)
 - マクロパルスの繰り返し : 5 Hz



MS1	MS2	MS3	MS4	MS5 (Faraday cup)	MS6	MS7
MSGA01	MSGA02	MSGC01	MSGD01	MSGE01	MSGE02	MSGE03



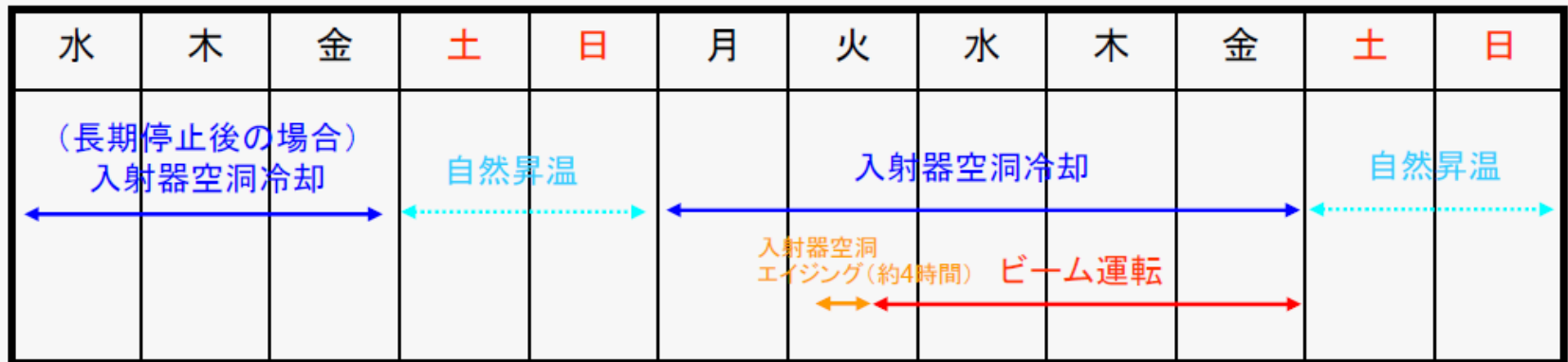
入射器コミッショニングの結果(6月末まで)

- 放射線施設検査合格後に次の段階に移った
- 機器の性能試験
 - RFシステム安定化試験(ビームエネルギーの安定化)
 - バンチャー空洞試験(施設検査まではビーム運転で使っていなかったため)
 - ビーム損失評価(損失場所の推定、コリメータの調整)
 - Loss monitor / MPS (Machine Protection System)系の整備
 - CW運転テスト
 - 大電流試験(最大1 μA)

} 時間が取れなかったため未実施
- ビーム調整法の確立
 - オプティクス診断・モニター類校正(スクリーン、BPM, slit scanner, 偏向空洞)
 - オプティクス調整(最小エミッタンスの実現、数値計算との比較)
 - 周回部運転に向けたオプティクスの確立 \Rightarrow 時間がとれなかったため未実施
- ビーム品質の測定
 - エミッタンス測定(方法を変えてクロスチェックする、Q-scan, slit-scan)
 - バンチ長測定(偏向空洞立ち上げ)
 - バンチ電荷を上げた試験(空間電荷効果の評価、最大7.7 pC/bunch)

cERL入射部の運転パターン

cERL入射部の運転パターン(典型的)



1日の運転パターン

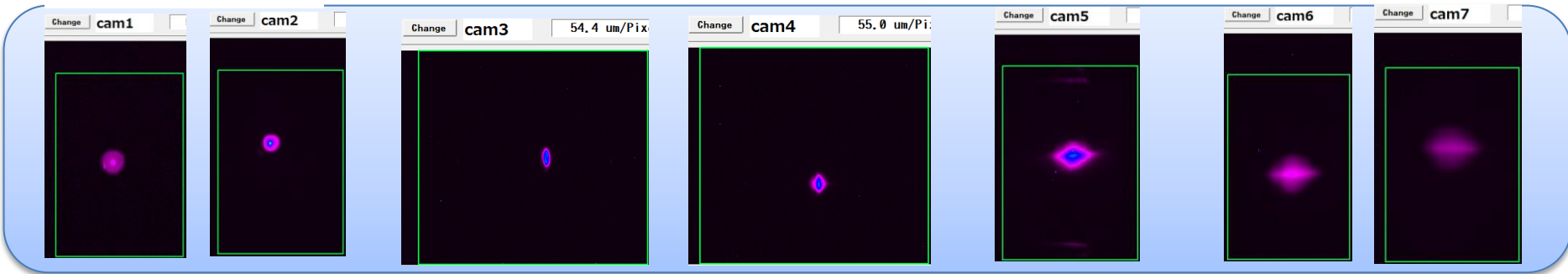


第7回ERL計画推進委員会、坂中さん資料より

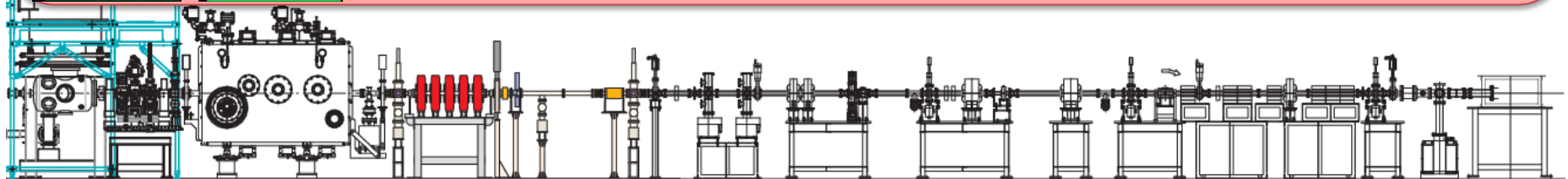
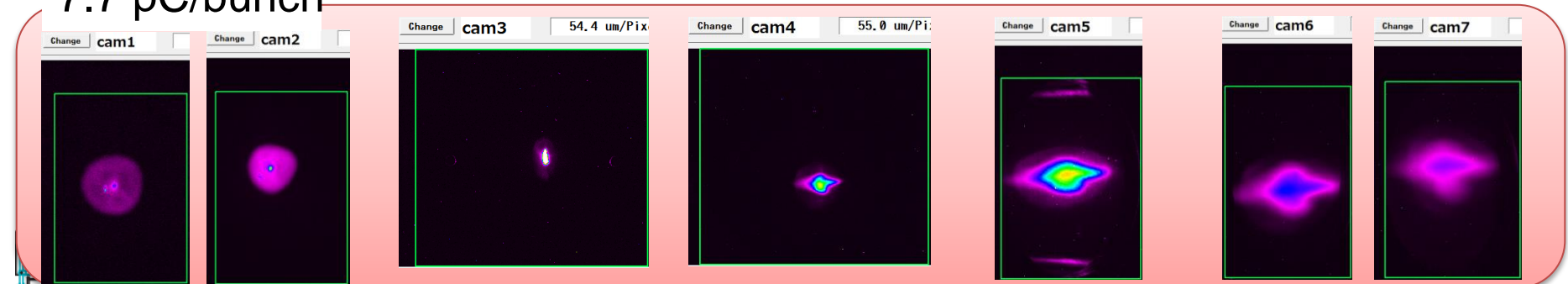
大電荷でのビーム試験

- 空間電荷効果の効かない微小電荷領域(10 – 20 fC/bunch)での調整法確立およびビーム品質の確認の後に、レーザーを増強して最大7.7 pC/bunchでの調整試験を開始した
- 試験期間:6月最後の1週間程度⇒十分な時間が取れなかったのでビーム性能向上は今後の課題

1.5 pC/bunch

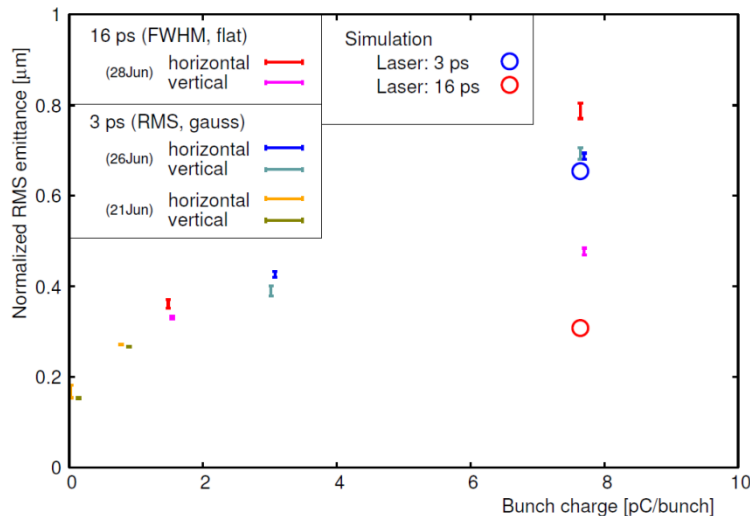


7.7 pC/bunch



入射器コミッショニングで達成した項目

- ビーム性能評価
- 電子銃直下 (390 keV, ~ 10 fC/bunch)
 - 規格化エミッタンス: 0.07 mm mrad
 - ほぼGaAsとレーザー波長で決まる値
- 低バンチ電荷 (5.6 MeV, ~ 10 fC/bunch)
 - 規格化エミッタンス: 0.2 mm mrad
 - 計算では0.1 mm mradまで行けるのでさらに調整の必要あり
- 大電荷 (5.6 MeV, 最大 7.7 pC/bunch)
 - バンチ長: 7 ps rmd
 - エネルギー拡がり: 1.5×10^{-3} rmd
 - 規格化エミッタンス: ~ 0.8 mm mrad
 - とりあえず1 mm mrad以下は得られたので、致命的な問題はない。ただし今後の検討が必要。



- 機器の性能評価
- 電子銃
 - 非常に安定に運転できた。電子銃自体に起因する放電は約2か月の運転で一度もなし
- 入射器超伝導加速空洞
 - 空洞本体、RF源、冷凍機ともに安定であった
 - RF源のFB gainの調整、空洞間の位相の精密調整によってエネルギーが安定した
- モニターシステム
 - 立ち上げ最初期には、スクリーンモニタとBPMが活躍した。
 - 周回部の運転に向けてビーム損失量を測定するためのロスモニタ試験の実施
- ビーム調整法の確立
- 空洞位相調整 (エネルギーの調整)
 - 空芯補正コイル、偏向電磁石を使って詳細に調整できるようになった
- 軌道調整
 - 収束電磁石 (ソレノイド、四極) の中心を通すような手法を確立
 - RF空洞の軌道中心調整は、ある程度確立したがまだ課題が残る
- 空間電荷効果の理解
 - 今回の測定結果から解析中

まとめ

- 2013年4月にcERL入射器の建設が完了し、4月22日～6月28日までの約2か月間ビームコミッショニング運転を行った
- cERL入射器コミッショニング計画を立案(短期間での立ち上げを実現するために)
 - 前半:施設検査に向けた調整
 - 後半:機器の性能検査、ビーム調整法の確立、ビーム品質の測定
- ビーム運転開始から1週間で、超伝導加速空洞での加速、ダンプまでの輸送に成功
- 5月23日に放射線施設検査を受け、5月27日に合格
- 施設検査合格後に、機器の性能試験、ビーム性能向上のための試験を開始
- 達成した項目
- 5.6 MeVに加速後の規格化エミッタンス
 - 0.2 mm mrad (~ 10 fC/bunch) \Rightarrow 目標の 0.1 mm mradに近いがまだ調整が必要
 - ~ 0.8 mm mrad (7.7 pC/bunch) \Rightarrow 目標の 0.2 mm mrad に到達する調整は今後の課題
- 空洞間の位相精密調整、RF源のFB gain 調整によって加速後のエネルギーが安定した
- ERLの鍵となる電子銃、入射器超伝導空洞ともに非常に安定であった
- 空間電荷効果の理解はこれからの課題
- 6月28日に入射器コミッショニングを終了し、現在周回部の建設を進めている

Reference

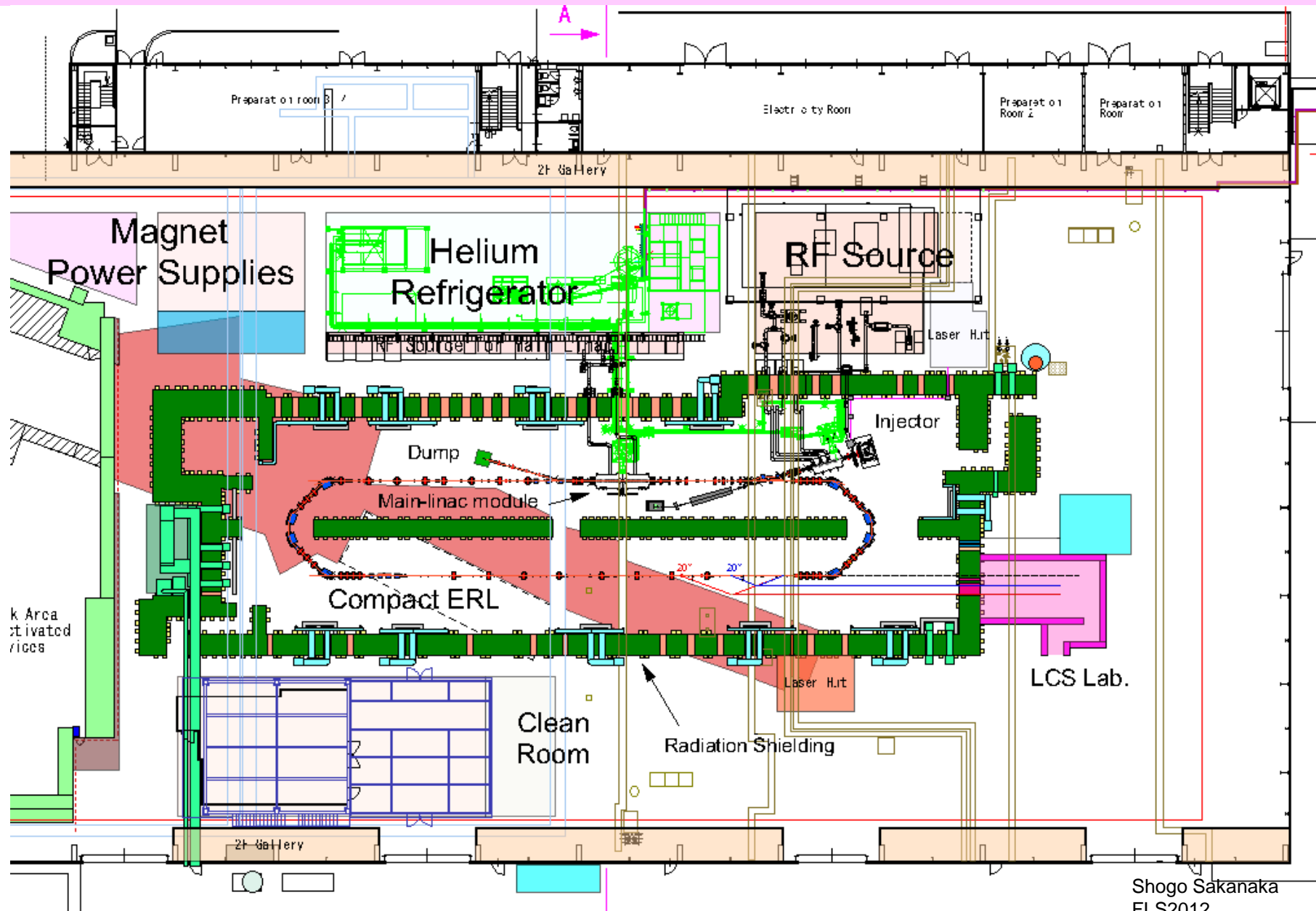
- 電子銃
 - N. Nishimori et al., Appl. Phys. Lett. 102, 234103 (2013).
 - 西森信行, 他, "光陰極直流電子銃から500keV-mA電子ビームの生成", 本学会発表, MOOT03.
 - 山本将博, 他, "ERL第二電子銃の開発状況", 本学会発表, SUP034.
- 励起レーザーシステム
 - 本田洋介, 他, "ERL試験加速器研究施設入射部における光陰極電子銃用レーザーシステムの開発", 本学会発表, SAP107.
- 入射器超伝導空洞
 - K. Watanabe et al., "Development of the superconducting rf 2-cell cavity for cERL injector at KEK", Nucl. Instrum. Methods Phys. Research A 714 (2013) 67.
 - E. Kako et al., "High-Power Test of Injector Cryomodule for Compact-ERL", PAC2013, p. 2340.
- 主加速空洞
 - 梅森健成, 他, "ERL主加速部超伝導空洞の開発", 本学会発表, SUP042.
 - 阪井寛志, 他, "Compact ERL主加速部超伝導空洞クライオモジュールのハイパワーテスト", 本学会発表, MOOT09.
- 高周波システム
 - 三浦孝子, 他, "cERL入射器の高周波システム", 本学会発表, SUP051.
- 入射器コミッショニングでのビーム品質測定
 - 本田洋介, 他, "ERL試験加速器入射部における横方向ビーム性能評価", 本学会発表, SUP011.
 - 本田洋介, 他, "ERL試験加速器入射部における縦方向ビーム性能評価", 本学会発表, SUP010.
- モニターシステム
 - 高井良太, 他, "コンパクトERL用ビーム位置モニターとスクリーンモニターの開発", 本学会発表, SAP024.
- 周回部
 - 中村典雄, 他, "コンパクトERL周回部のオプティクス設計", 本学会発表, SAP021.
- 放射線
 - 松村宏, 他, "ERL開発棟におけるコンパクトERL入射部の新設に伴う放射線安全対策", KEK Internal 2013-1.

- ご清聴ありがとうございました



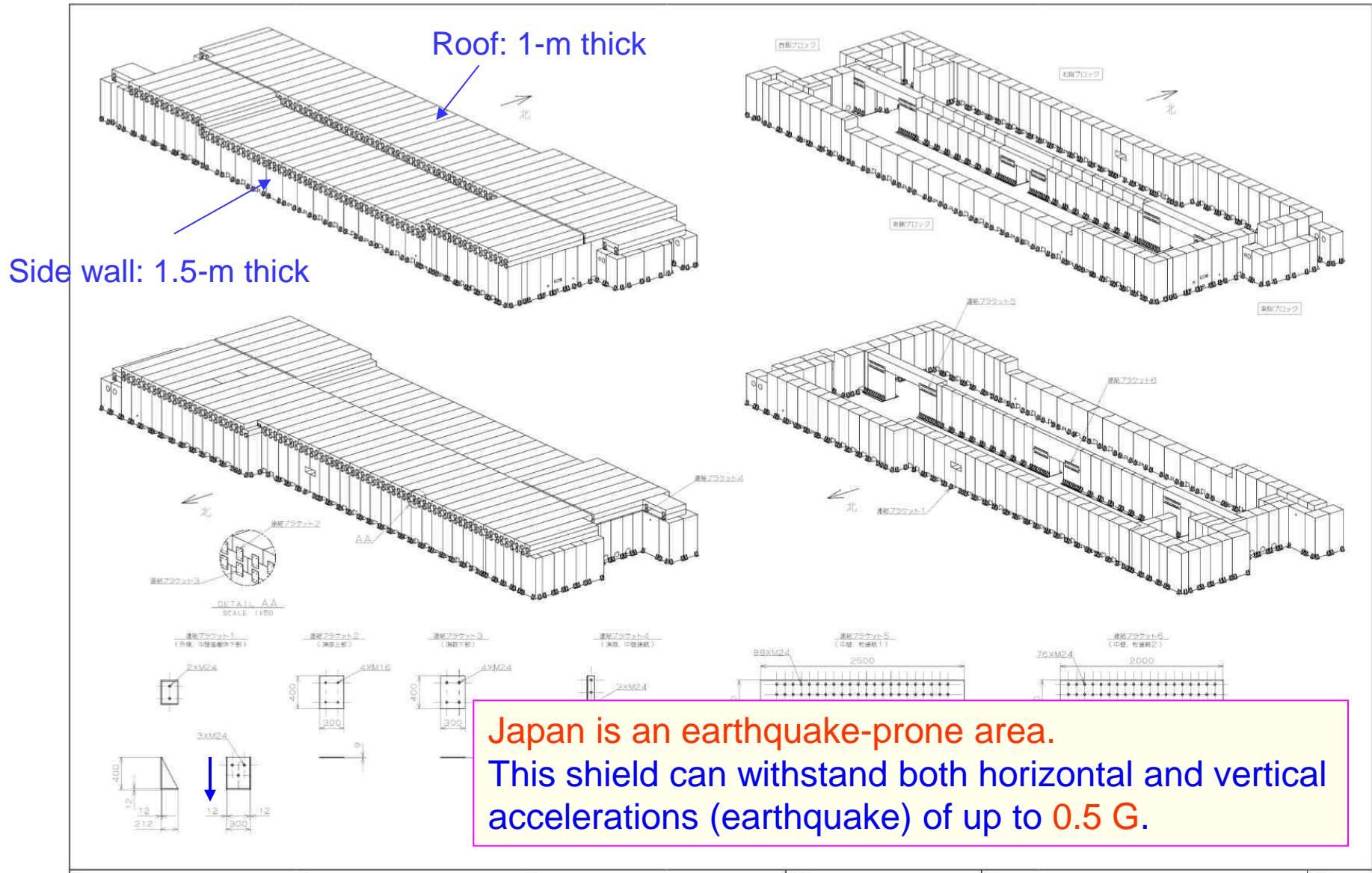
Back up slides

Layout of the Compact ERL (single-loop version)



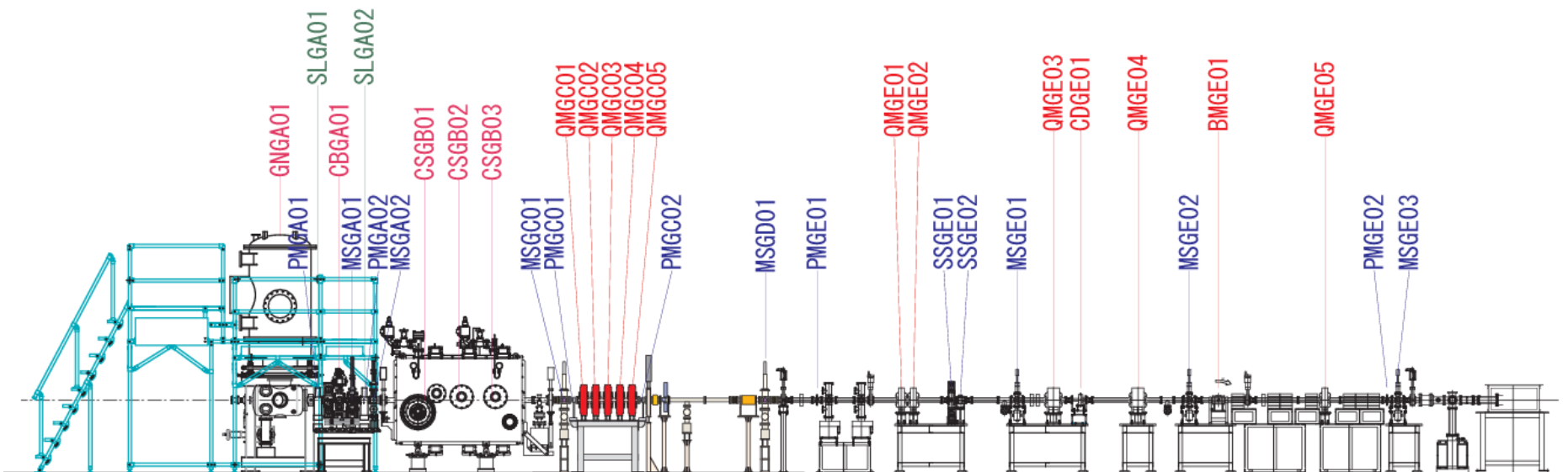
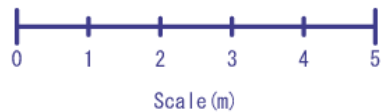
Design of Radiation Shield

Courtesy: K. Haga



Japan is an earthquake-prone area.
This shield can withstand both horizontal and vertical accelerations (earthquake) of up to 0.5 G.

cERL入射器の機器配置



GN: 電子銃
 SL: ソレノイド電磁石
 CB: バンチャー空洞
 QM: 四極電磁石
 BM: 偏向電磁石
 CD: 偏向空洞
 ZH: 水平方向軌道補正電磁石
 ZV: 垂直方向軌道補正電磁石

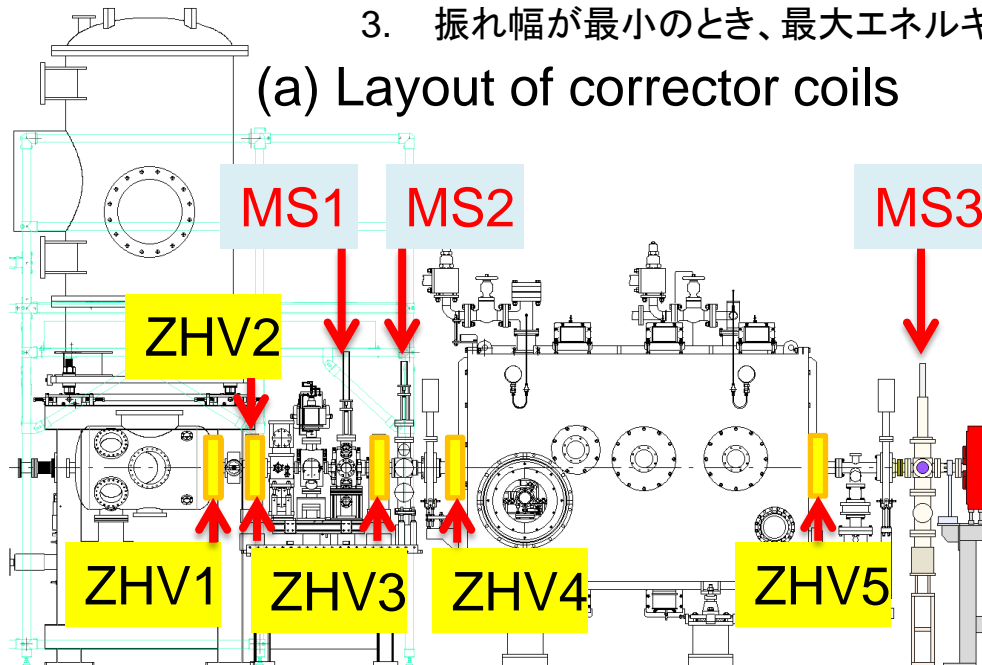
PM: ビーム位置モニタ(ストリップラインモニタ)
 MS: スクリーンモニタ
 SS: スリットスキャナー

超伝導加速空洞の位相調整

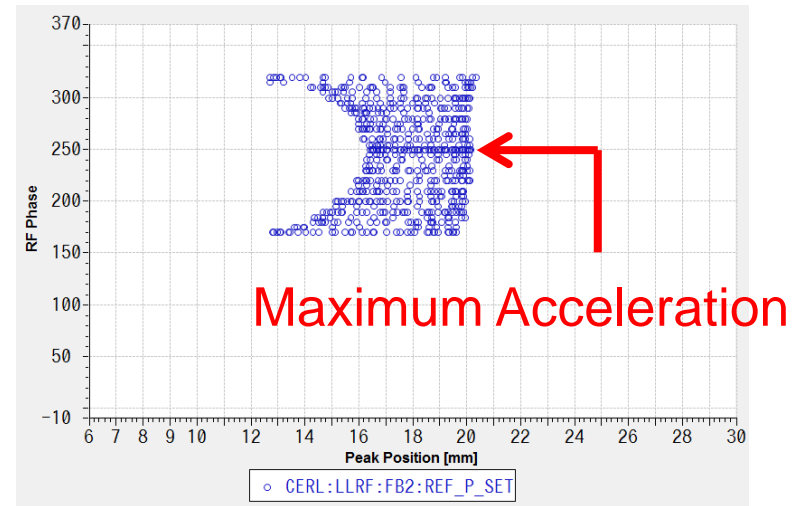
- 加速空洞の位相調整のためには、エネルギーを測定する必要がある
- 当初予定ではダンプ手前の偏向電磁石でエネルギーを測定予定であった
- 390 keV程度の低エネルギービームを20m離れたビームダンプまで輸送するのは難しかった
- 代わりに、超伝導加速空洞下流に設置して軌道補正用の空芯コイルとスクリーンモニタを組み合わせてエネルギー測定と位相調整を実施
- 粗くではあるが位相を調整することができた

位相調整の手順

1. ZH5を正弦波で変化させる
2. 下流のスクリーンMS3でビームの振れ幅を測定
3. 振れ幅が最小のとき、最大エネルギーとなる

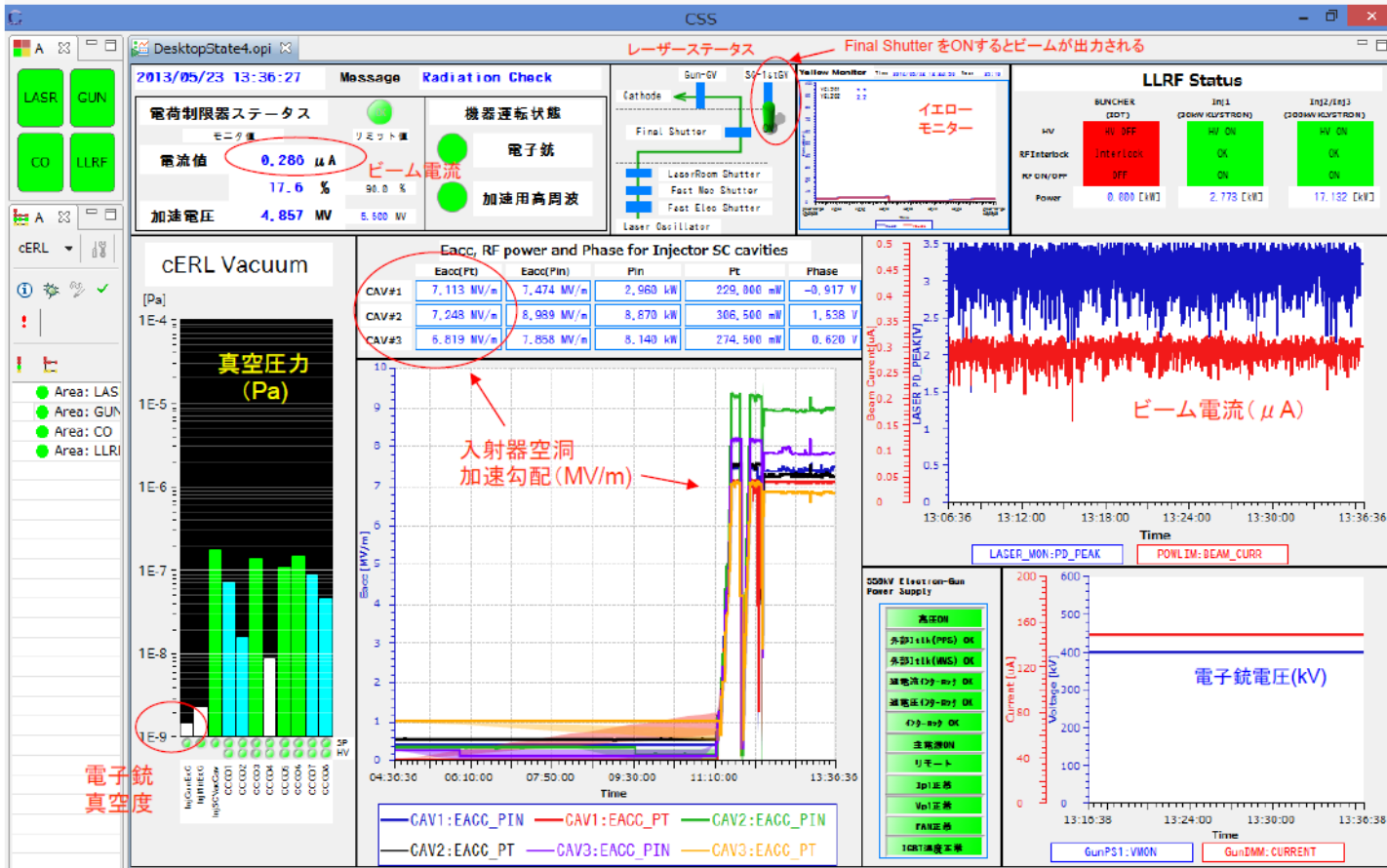


(b) Phase adjustment



施設検査合格

cERL運転画面の例：(5/23 施設検査中)



5月23日(木)施設検査:原子力安全技術センター
 運転時検査では最大出力の約3割で運転
 5月27日付で合格となる

第7回ERL計画推進委員会、
 坂中さん資料より

施設検査合格までに実施した項目

- 機器の性能試験
 - 電磁石の応答測定(補正コイル、ソレノイド、四極電磁石)
 - 放射線施設検査
- ビーム調整法の確立
 - RF空洞位相調整(最大加速位相の探索)
 - RF空洞軌道調整
 - 電磁石中の軌道調整(BBA, Beam based alignment)
- ビーム品質の測定
 - Solenoid-scan, Q-scanによるエミッタンス測定
 - ビームエネルギー測定

2013年5月のビーム運転

eERL運転スケジュール(5月)

2013.05.30 作成: 坂中章悟 (加速器7系; PHS 4371)

		午前 (9:00-13:00)	午後 (13:00-17:00)	準夜(前半) (17:00-22:00)	準夜(後半) (22:00-25:00)	深夜 (1:00-9:00)
5月8日	水	空洞冷却開始				
5月13日	月	運転準備	入射器空洞手前までのビーム調整(山本)			
5月14日	火	運転準備	入射器空洞エイジング(加古)	入射器空洞エイジング/LLRF試験/ビーム調整(加古)		
5月15日	水	運転準備	入射器空洞エイジング/LLRF試験(加古)	ビーム調整(本田洋介)		
5月16日	木	運転準備	ビーム調整/15:00 放射線測定(島田)	ビーム調整(原田)		
5月17日	金	運転準備	ビーム調整/放射線測定予備日(中村)	ビーム調整(高井)		
5月18日	土					
5月19日	日					
5月20日	月	運転準備				
5月21日	火	運転準備	入射器空洞エイジング(加古)	ビーム調整(坂中)		
5月22日	水	運転準備	ビーム調整(坂中)	ビーム調整(本田洋介)		
5月23日	木	施設検査	13:00頃 運転検査/ビーム調整当番(中)	ビーム調整(原田)		
5月24日	金	運転準備	ビーム調整(島田)	ビーム調整(久米)		
5月25日	土					
5月26日	日					
5月27日	月	運転準備				
5月28日	火	運転準備	入射器空洞エイジング(坂中)	ビーム調整(宮島)		
5月29日	水	運転準備	ビーム調整(宮島)	ビーム調整(本田洋介)		
5月30日	木	運転準備	13:00-15:00 入射器空洞立ち上げとバンチャー空洞エイジング/その後ビーム調整/(久米)	ビーム調整(原田)		
5月31日	金	運転準備	13:00-15:00 入射器空洞立ち上げとバンチャー空洞エイジング/その後ビーム調整/(宮島)	ビーム調整(高井)		

施設検査準備
(機器のチェック、立ち上げ方法確認、ビーム調整)

← 放管による事前検査
(線量測定)

ERL開発棟内と敷地境界での線量問題なし(約5.4 MeV, 0.3 μA運転時)

← 施設検査(原子力安全技術センター)

合格(5/27付)

電子銃収束力測定
偏向空洞試験
超伝導空洞収束力評価

32

第7回ERL計画推進委員会、坂中さん資料より

2013年6月のビーム運転

cERL運転スケジュール(6月)

2013.06.18 作成: 坂中章悟 (加速器7系; PHS 4371)

- 凡例:
- 電子銃エイジング等(加速器室内は立入禁止)
 - 入射器空洞エイジング(加速器室内は立入禁止)
 - ビーム運転(加速器室内は立入禁止)

		午前 (9:00-13:00)	午後 (13:00-17:00)	準夜(前半) (17:00-22:00)	準夜(後半) (22:00-25:00)	深夜 (1:00-9:00)
6月1日	土					
6月2日	日					
6月3日	月	(空洞冷却)				
6月4日	火	運転準備	入射器空洞エイジング /バンチャー空洞 LLRF試験	立ち上げ/マシンスタ ディ		
6月5日	水	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月6日	木	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月7日	金	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月8日	土					
6月9日	日					
6月10日	月	(空洞冷却)				
6月11日	火	運転準備	入射器空洞エイジング	立ち上げ/マシンスタ ディ		
6月12日	水	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月13日	木	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月14日	金	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月15日	土					
6月16日	日					
6月17日	月	(空洞冷却)				
6月18日	火	運転準備	入射器空洞エイジング	立ち上げ/マシンスタ ディ		
6月19日	水	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月20日	木	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月21日	金	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月22日	土					
6月23日	日					
6月24日	月	(空洞冷却)	電子銃ビームのスタ	電子銃ビームのスタ	← 変更	
6月25日	火	運転準備	入射器空洞エイジング	立ち上げ/マシンスタ ディ		
6月26日	水	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月27日	木	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ		
6月28日	金	運転準備	マシンスタディ	マシンスタディ	(空洞昇温)	
6月29日	土					
6月30日	日					

低電荷での性能評価

- バンチャー空洞試験
- 超伝導空洞収束力評価
- ロスモニタ試験
- RF安定度試験

大電荷試験

- レーザー切り替え
- 大電荷輸送試験(15 mA相当)
- 超伝導空洞収束力評価
- LLRF試験

空間電荷効果の評価

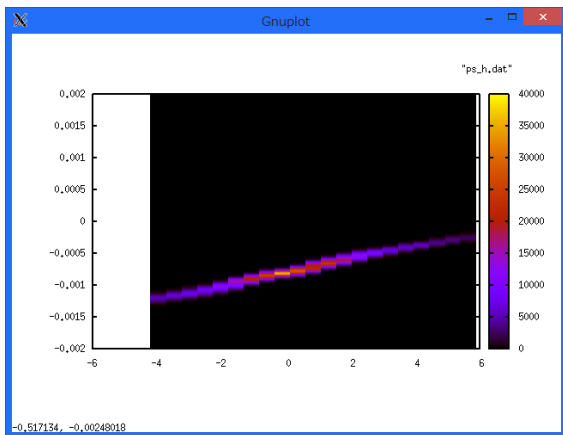
- 空洞内軌道調整
- 7.7 pC/bunchでの品質測定
- ロスモニタ試験

16 ps flat レーザーパルス長

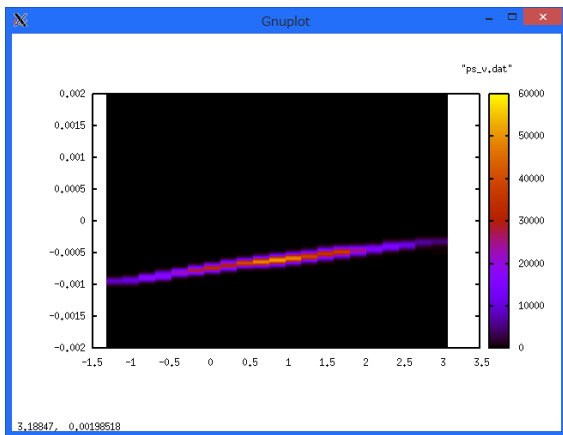
- 空洞スタディ(機械振動測定、ピエゾFB)
- コリメタ試験
- ビーム品質評価(縦・横方向)

横方向ビーム品質測定: 16 ps flat long

buncher 50kV
SL1 8.3A
horizontal, 7.7pC/b
0.89 μ m

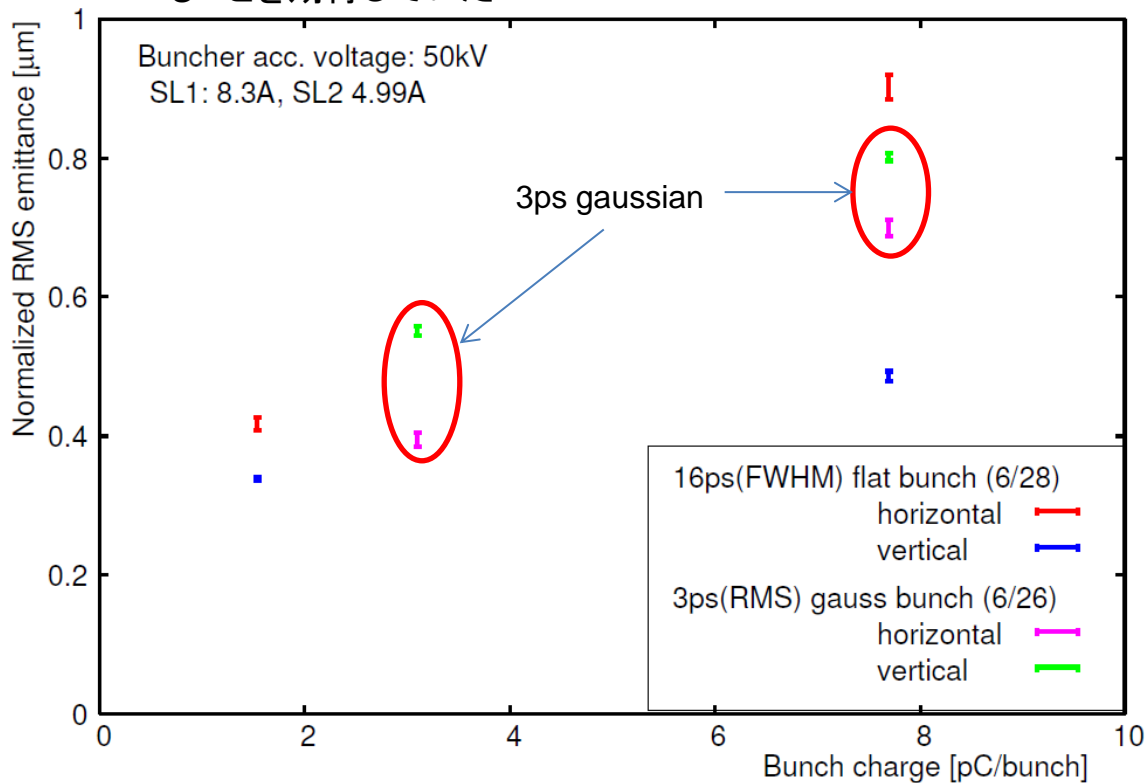


buncher 50kV
SL1 8.3A
vertical 7.7pC/b
0.48 μ m



結果

- レーザーパルス長を伸ばすことでバンチ電荷が下がるので低いエミッタンスを期待したが、下がらなかった
- 空洞のオフセンター軌道等の影響が大きそうなので、対策を考える
- 最低限達成すべき目標には到達しているが、さらに下げられることを期待していた



本田洋介, "10 mA相当ビームでのエミッタンス測定(長パルス)"