

PF-AR直接入射路の建設とコミッショニング

Construction and commissioning of
direct beam transport line dedicated for PF-AR

高エネルギー加速器研究機構
加速器研究施設第七研究系
東直

2017年8月3日(木) 第14回日本加速器学会年会

著者

浅岡 聖二, 飯田 直子, 岩瀬 広, 上田 明, 内山 隆司,
小川 雄二郎, 尾崎 俊幸, 小野 正明, 帯名 崇, 柿原 和久,
紙谷 琢哉, 菊池 光男, 岸本 祐二, 工藤 喜久雄, 久米 達哉,
小玉 恒太, 小林 幸則, 坂中 章悟, 下ヶ橋 秀典, 佐藤 政則,
佐藤 政行, 佐波 俊哉, 諏訪田 剛, 高井 良太, 高木 宏之,
鷹崎 誠治, 高橋 毅, 多田野 幹人, 田中 窓香, 谷本 育律,
田原 俊央, 多和田 正文, 峠 暢一, 長橋 進也, 中村 典雄,
中村 一, 夏井 拓也, 濁川 和幸, 丹羽 尉博, 野上 隆史,
芳賀 開一, 原田 健太郎, 肥後 寿泰, 古川 和朗, 本田 融,
本間 博幸, 三川 勝彦, 三増 俊広, 宮内 洋司, 宮原 房史,
山田 悠介, 山本 尚人, 山本 将博, 吉田光宏

高エネルギー加速器研究機構

本日の発表内容

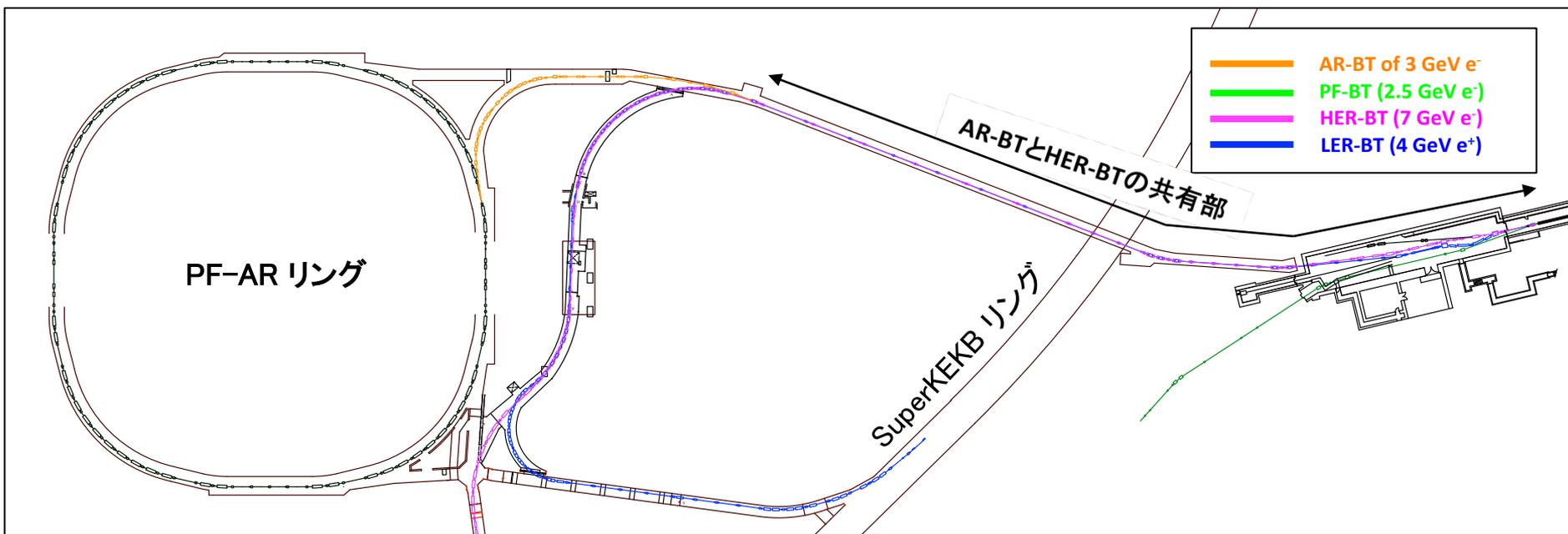
1. **イントロダクション**
2. PF-AR 直接入射路の構成と建設
3. コミッショニング
4. 今後の予定

1. イントロダクション

・入射路 (BT) の共有

KEKの入射器“LINAC”は4つのリングにビームを供給している. これまではAR-BTとHER-BTは一部共有されており, 入射先変更の際は電磁石の標準化のために10分程度入射を中断する必要があった.

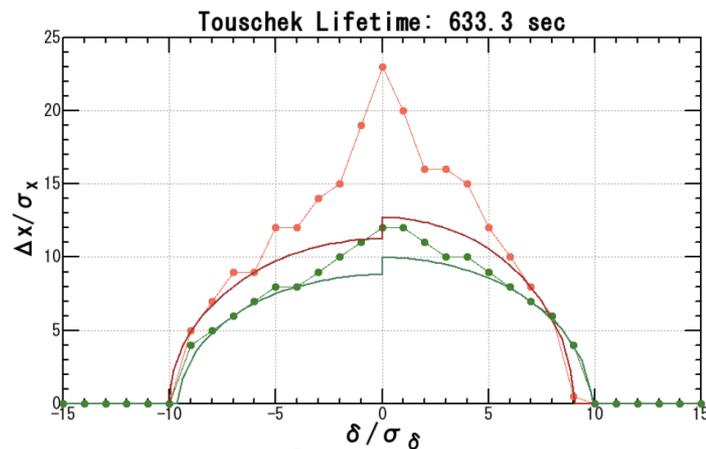
	入射エネルギー	リングエネルギー	
HER (High Energy Ring)	: 7.0 GeV e^-	→ 7.0 GeV	} SuperKEKB
LER (Low Energy Ring)	: 4.0 GeV e^+	→ 4.0 GeV	
PF (Photon Factory)	: 2.5 GeV e^-	→ 2.5 GeV	} 光源加速器
PF-AR (Advanced Ring)	: <u>3.0 GeV e^-</u>	→ <u>6.5 GeV</u>	



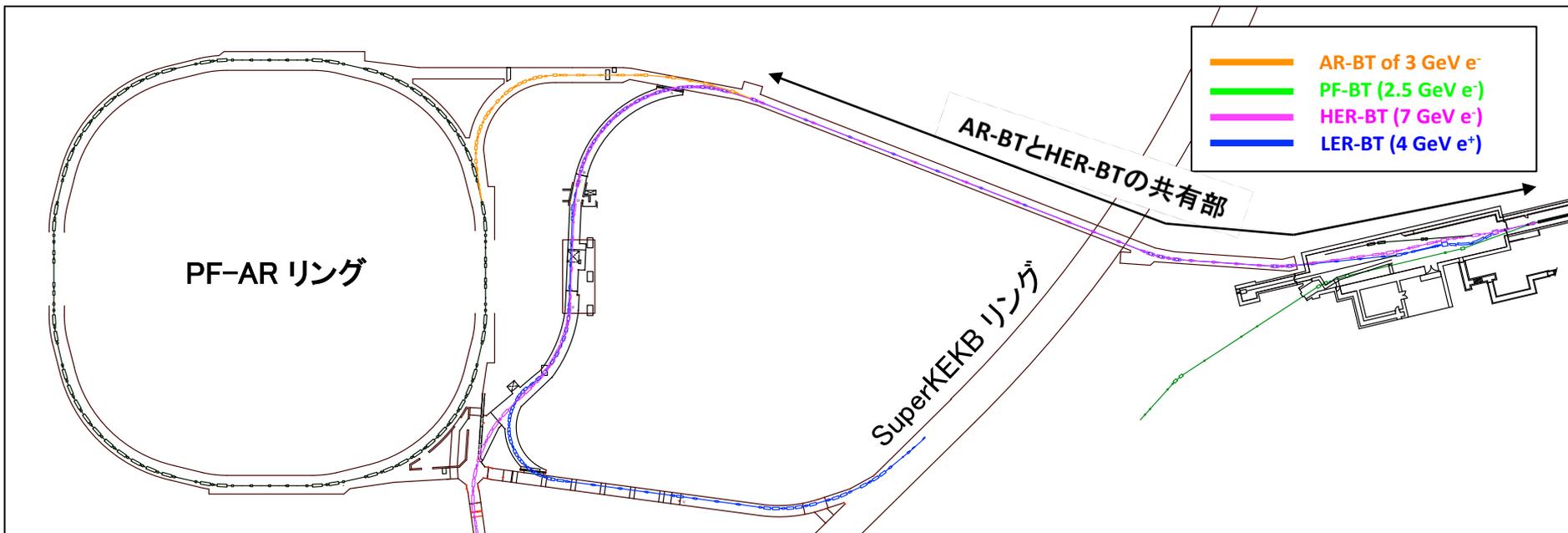
1. イントロダクション

・入射路共有の限界

2017年度冬からSuperKEKB Phase 2 運転が開始される. HERとLERのタウシェック寿命が10分程度と短いため, これまで行ってきた電磁石の標準化が不可となる.



*Ohnishi Y et al., 2014, Proc. of HF2014, (Beijing) pp 73-8



1. イントロダクション

・PF-AR専用直接入射路の建設

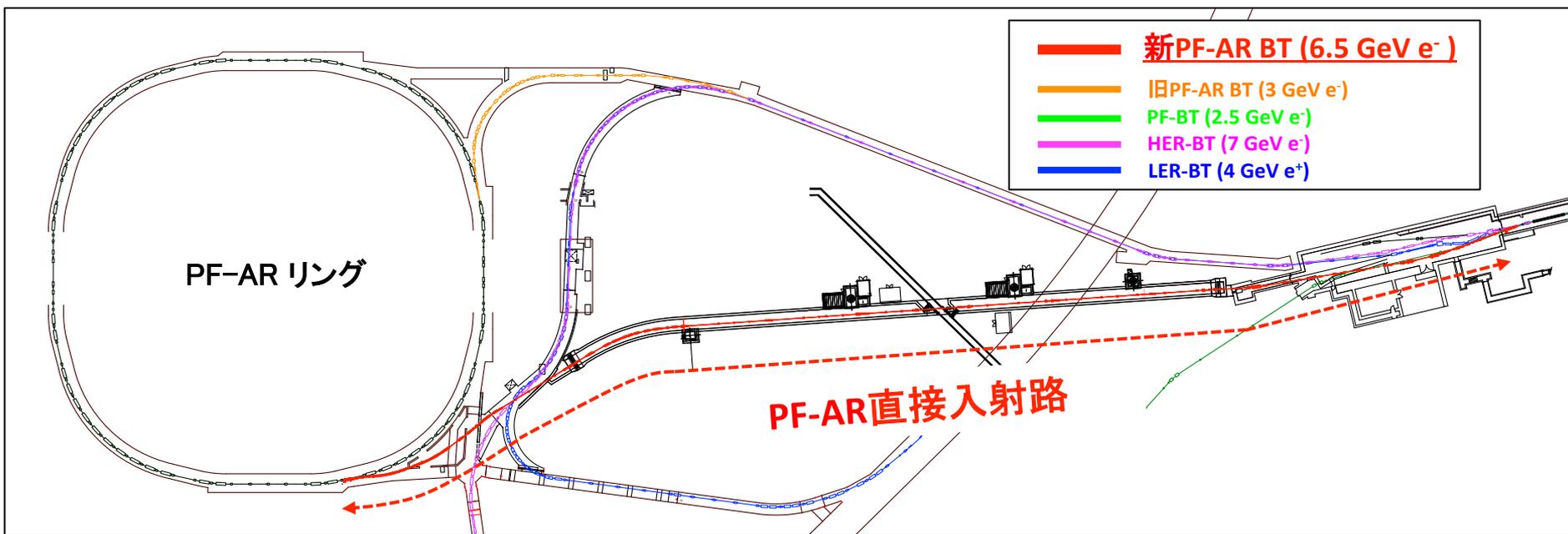
これまでの発表

[1] Takaki H., et al., 2014, Proc. of the 11th Annual Meeting of PASJ, (Aomori), pp 990-4

[2] Nagahashi S., et al., 2016, Proc. of the 13th Annual Meeting of PASJ, (Chiba), pp 567-70

PF-AR専用の直越入射路を建設し、4リング同時top-up入射の実現を目指す。ARBTの入射は3.0 GeVから6.5 GeVのfull-energy injectionとなる。

	入射エネルギー	リングエネルギー	
HER (High Energy Ring)	: 7.0 GeV e^-	→ 7.0 GeV	SuperKEKB
LER (Low Energy Ring)	: 4.0 GeV e^+	→ 4.0 GeV	
PF (Photon Factory)	: 2.5 GeV e^-	→ 2.5 GeV	光源加速器
PF-AR (Advanced Ring)	: 6.5 GeV e^-	→ 6.5 GeV	



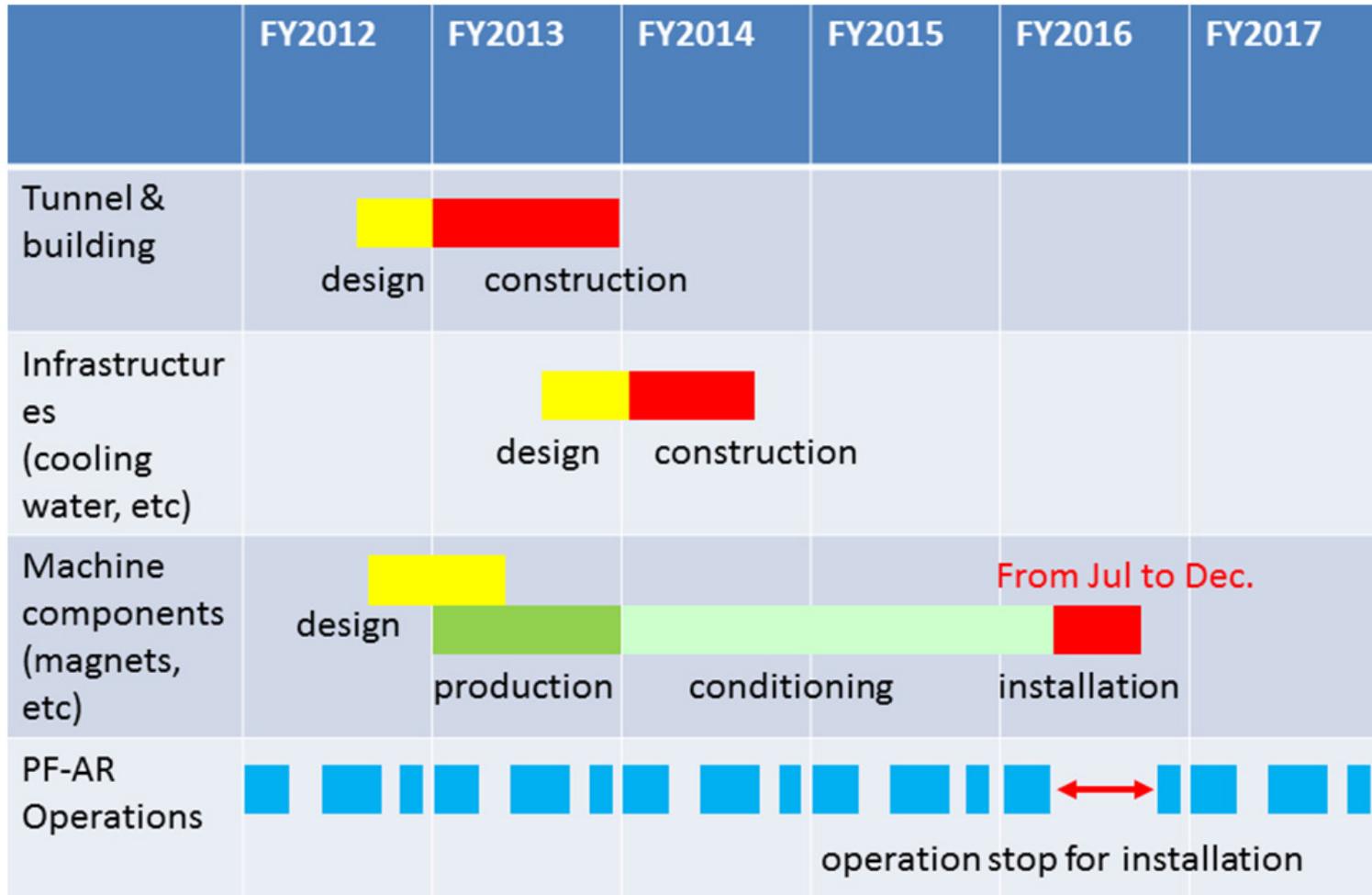
本日の発表内容

1. イントロダクション
2. PF-AR 直接入射路の構成と建設
3. コミッショニング
4. 今後の予定

2. PF-AR 直接入射路の構成と建設

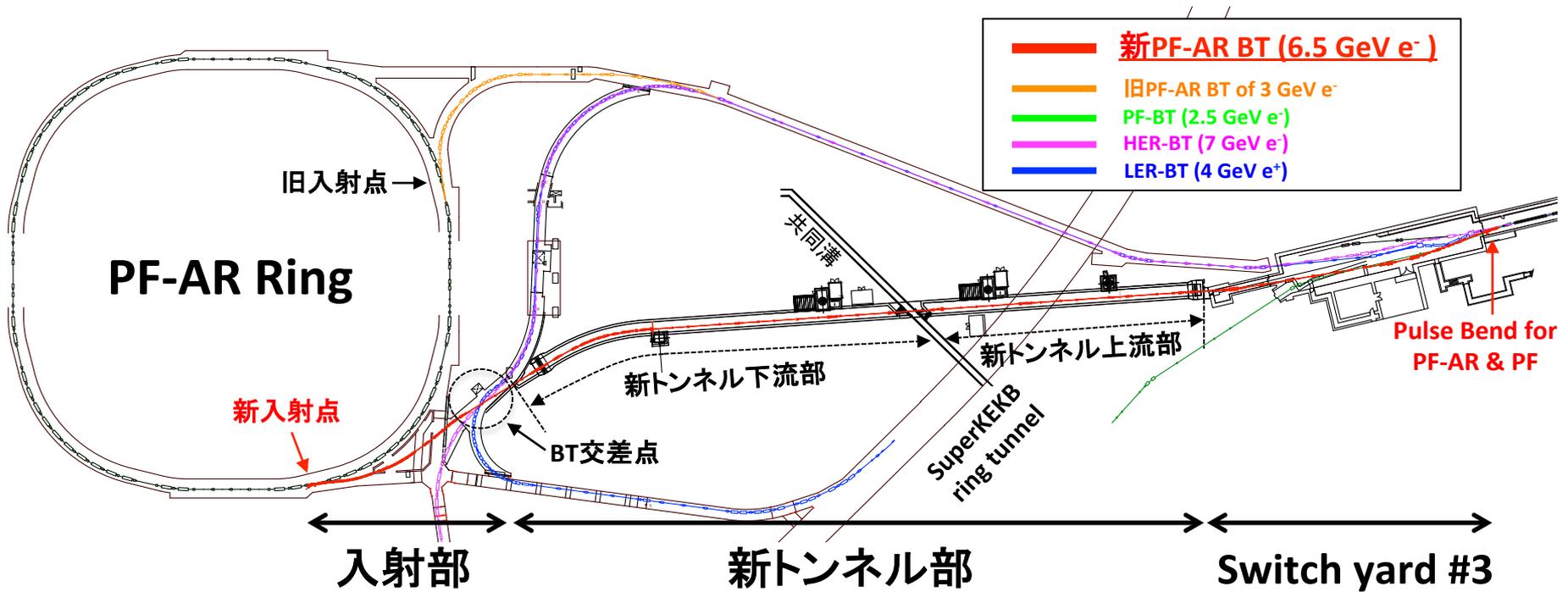
・建設スケジュール

TUP068: 長橋 進也, et al., “PF-AR直接入射路の電磁石システムとそのアライメント”



2. PF-AR 直接入射路の構成と建設

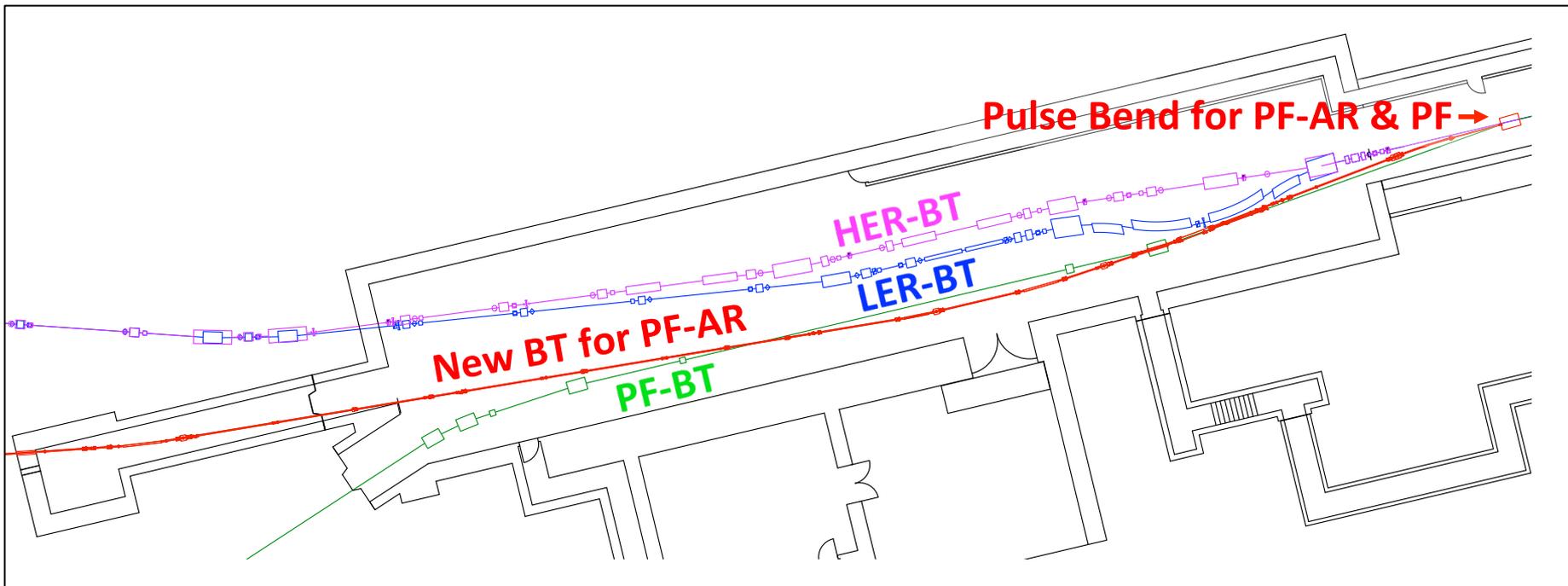
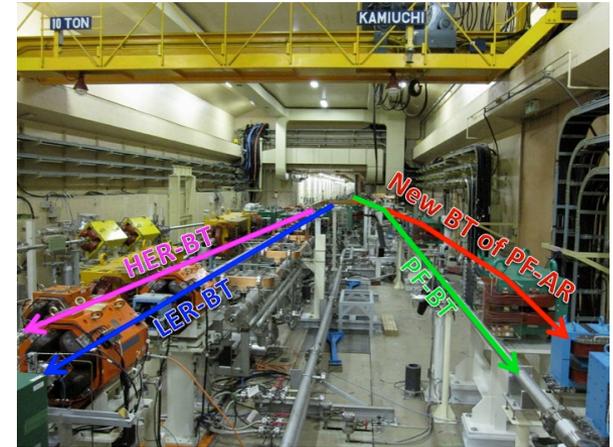
・構成



2. PF-AR 直接入射路の構成と建設

Switch yard #3

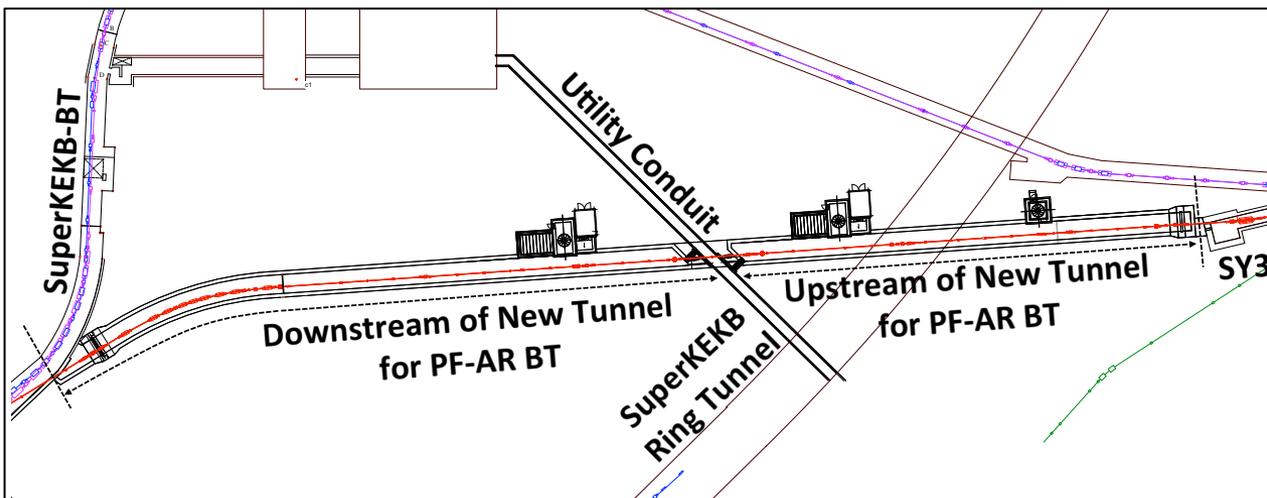
- ・LINACの終端に位置し, 4リングにそれぞれビームを振り分ける.
- ・PFとPF-ARに向かうビームは最大25 Hzの繰り返し周波数でパルス偏向電磁石によって振り分け.
- ・今回の新BT建設において最も窮屈で複雑な区画であり, BTの設計, 各加速器機器の開発, アライメントに際しては多くの課題を乗り越える必要があった.



2. PF-AR 直接入射路の構成と建設

・新トンネル部

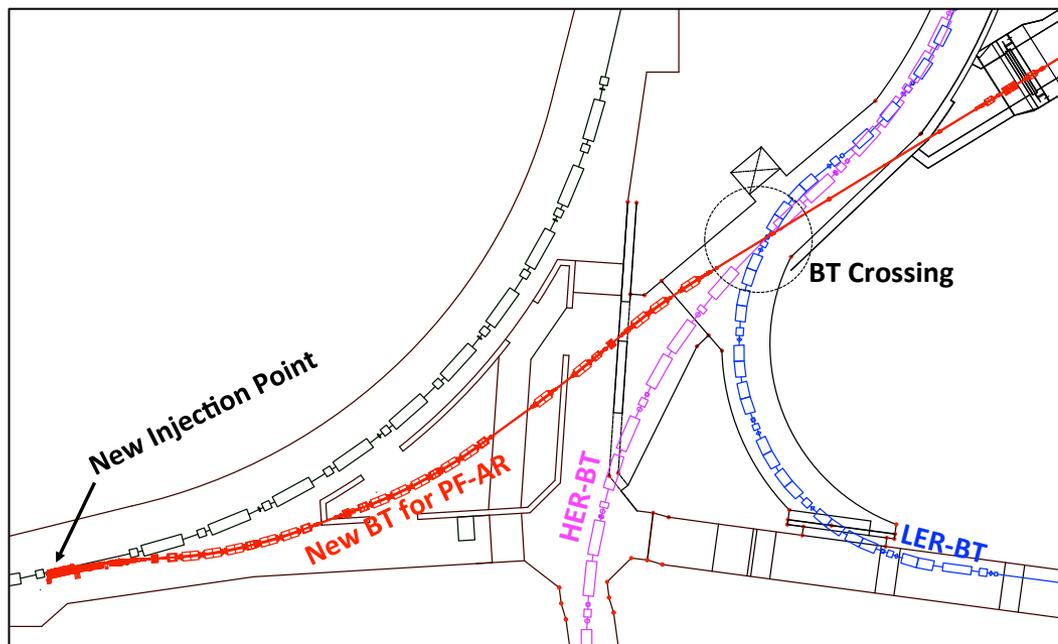
- ・全長約200 mで、既存の共同溝によって上流部と下流部に分けられている。
- ・上流部と下流部は互いに繋がっており、相対位置の擾乱は抑制されている一方、共同溝は切り離されている。
- ・共同溝ケーブルラックとの干渉を避けて新BTの真空ダクトを貫通させるため、4つの垂直偏向電磁石を用いて+60 mmのバンプ軌道を作っている。また、LINACとPF-ARの高低差も、このバンプで解消される。



2. PF-AR 直接入射路の構成と建設

・入射部

- ・新ARBTは既存のLER-BTから0.6 m上方を通過, 4 m長真空ダクトは3本に渡ってSuperKEKBトンネルの天井から吊られるように設置.
- ・6.5 GeV新入射システムとして3つのパルス・キッカー電磁石と2つのパルス・セプタム電磁石を新たに製作 [1-3].
- ・キッカー電磁石を設置するために蓄積リングの真空ダクトを25 mの長さに渡って新調.



[1] Ueda A., et al., 2016, Proc. of the 13th Annual Meeting of PASJ, (Chiba), pp 1222-6

[2] Ueda A., et al., 2017, Proc. of IPAC2017, (Copenhagen) WEPVA060

[3] Ueda A., et al., 2017, Proc. of IPAC2017, (Copenhagen) WEPVA059

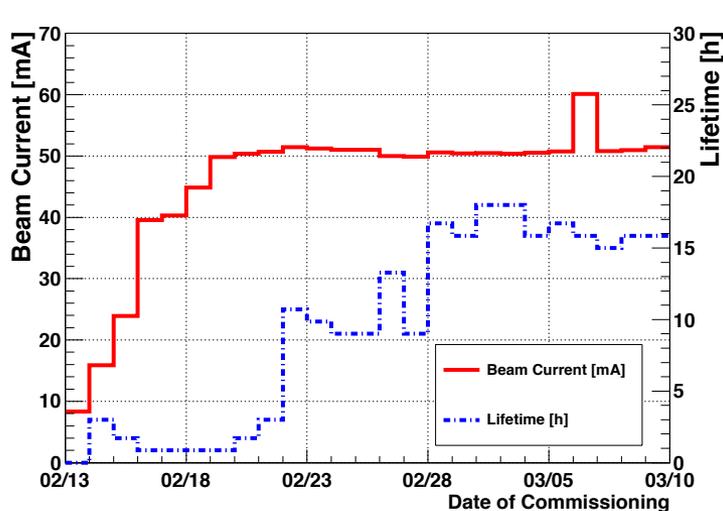
本日の発表内容

1. イントロダクション
2. PF-AR 直接入射路の構成と建設
3. コミッショニング
4. 今後の予定

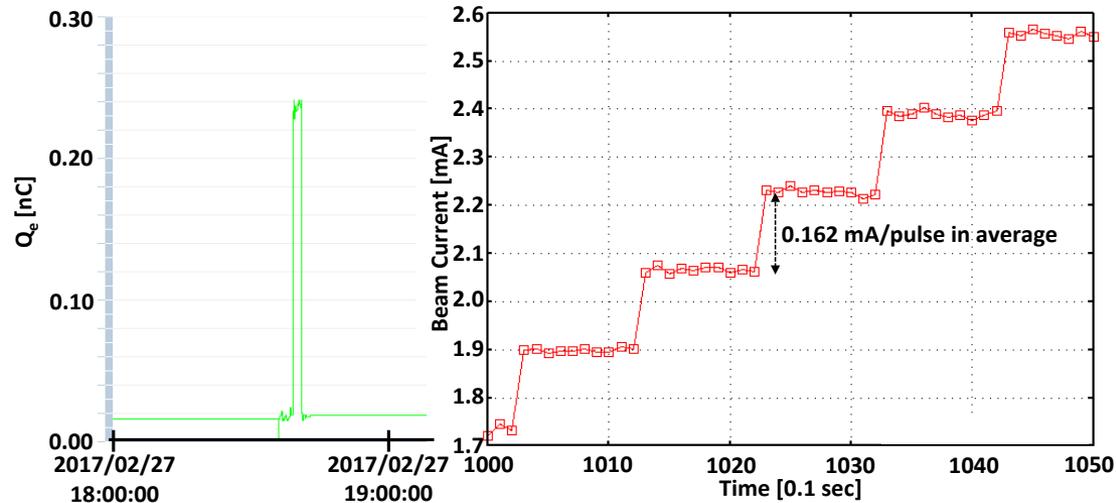
3. コミッショニング

・コミッショニングの経過

2017/02/13(月)	コミッショニング開始, ビームが新BTを通過し新入射点まで到達したことを確認.
14(火)	ビームの蓄積を確認, 蓄積中のビーム損失が大きく入射効率は1%を下回る.
17(金)	入射キッカーの位相を正確に測定・調整することにより入射効率は80%を超えるところまで改善.
3/1(水)	施設検査実施.
6(月)	施設検査合格通知.
10(金)	コミッショニング終了.



コミッショニング期間におけるその日の最大蓄積電流と典型的なビーム寿命.

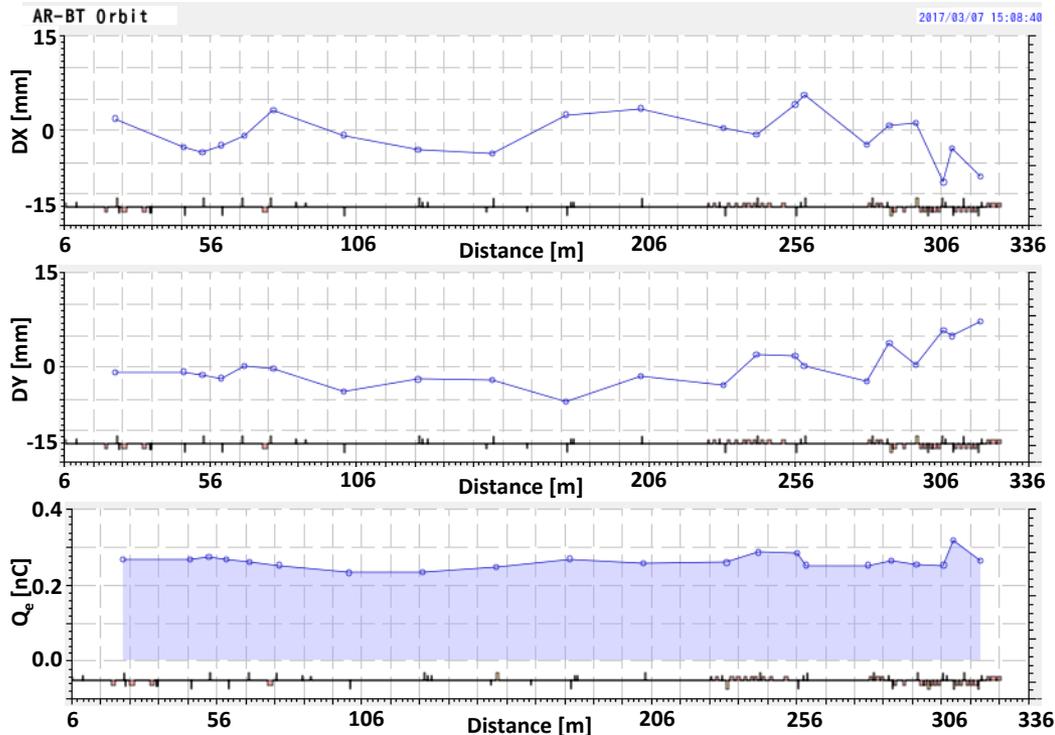


入射効率はLINAC終端にあるCTで測定された電荷量(左)とPF-AR リングのDCCTで測定した蓄積電流値の増加分(右)との比から求められている.

3. コミッショニング

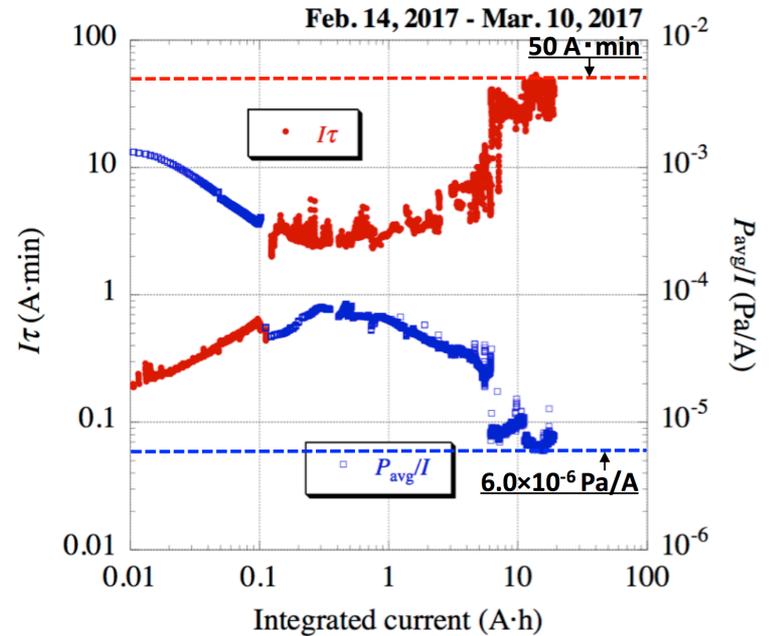
・BPM

・簡易較正を行った後の新BTにおけるBPM測定の結果. DX, DY については回路の較正により ± 1 mmの信頼度. ビーム電荷 Q_e については新BT直上流にあるLINAC CTと新BT最下流にあるCTとの比から損失がほぼ無いという事実を前提に簡易較正をした結果を示す.



・真空とビーム寿命

・真空とビーム寿命は過去の達成値までおおよそ回復しつつある.

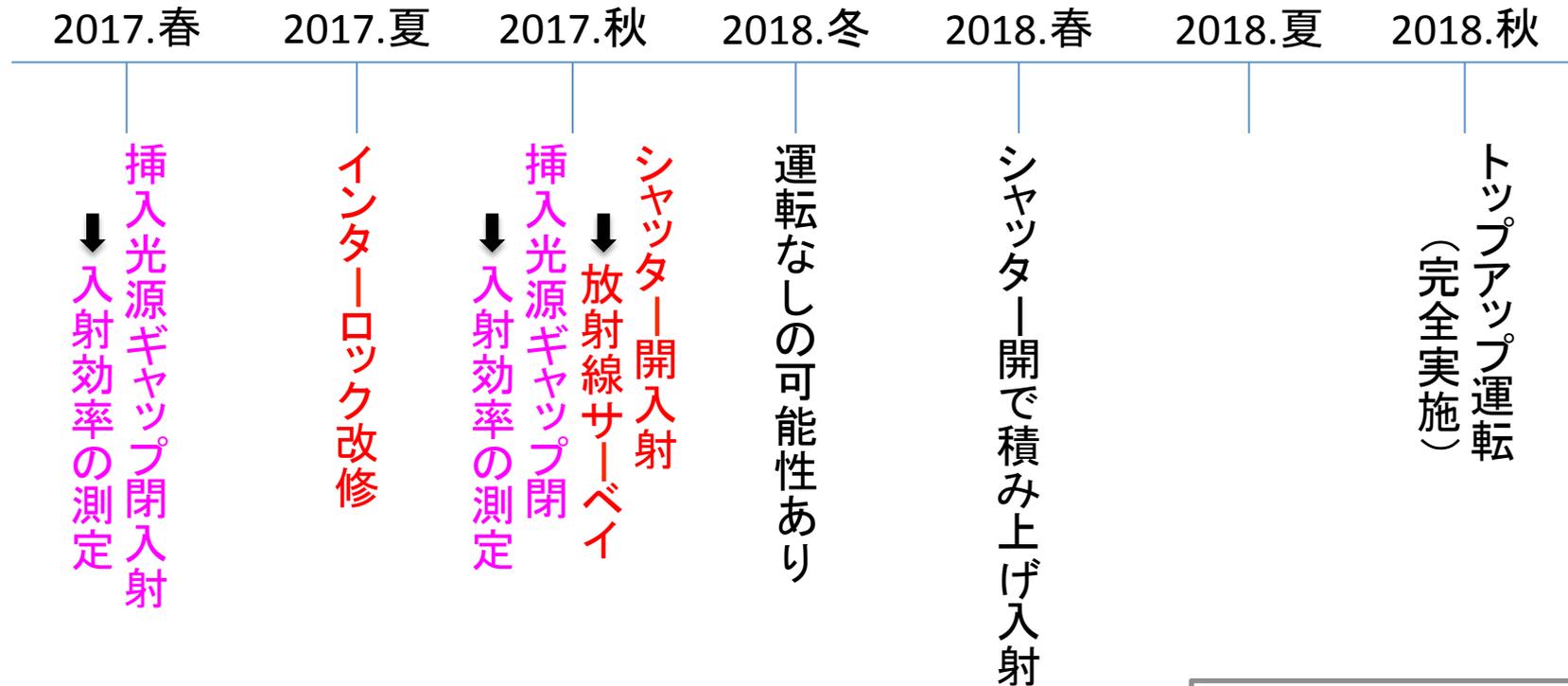


本日の発表内容

1. イントロダクション
2. PF-AR 直接入射路の構成と建設
3. コミッショニング
4. 今後の予定

4. 今後の予定

・ARのトップアップ運転に向けたスケジュール



解決すべき課題

赤: 優先順位高

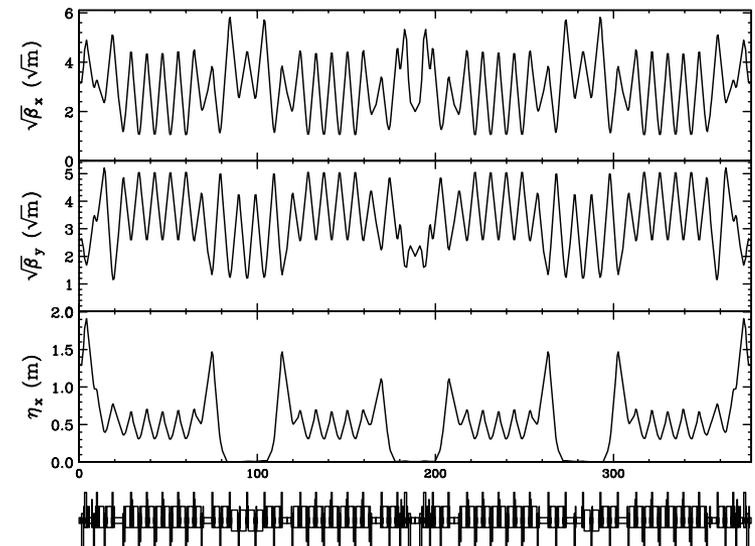
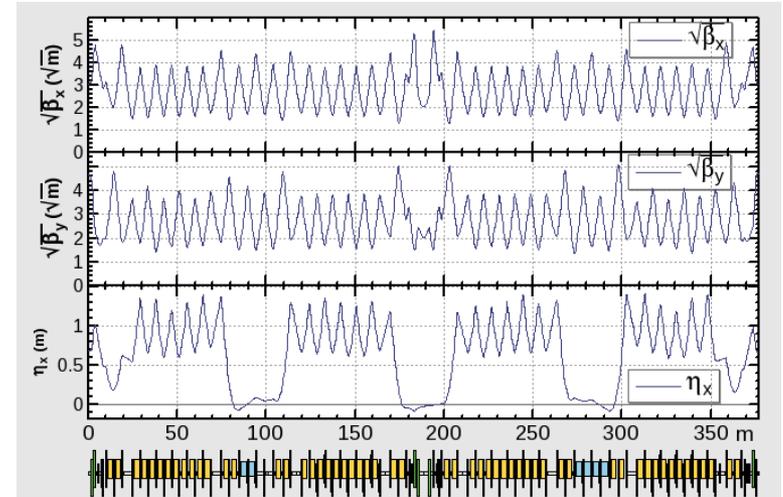
紫: 優先順位中

4. 今後の予定

・低エミッタンス化 TUP013

・新BTによる6.5 GeV full-energy injectionで不安定性の抑制が期待される. 過去に挑戦した低エミッタンス opticsの適用を改めて検討中.

	Present	Low Emittance	
Circumference [m]		377.26	
Phase advance / cell			
horizontal degree	90	140	
vertical degree	90	40	
Betatron tune			
horizontal	10.14	11.84	
vertical	10.21	8.38	
Chromaticity			
horizontal	-13.60	-20.67	
vertical	-13.37	-14.78	
Energy [GeV]	6.5	3.0	
Energy spread σ_E/E	1.15×10^{-3}	5.28×10^{-4}	
Energy loss [MeV/rev]	6.661	0.302	
RF voltage [MV]	17.4	3.0	
Damping time			
horizontal [msec]	2.45	24.95	
vertical [msec]	2.46	24.98	
longitudinal [msec]	1.23	12.50	
Emittance [nmrad]	287.59	162.60	34.7
Momentum compaction	1.26×10^{-2}	7.50×10^{-3}	7.49×10^{-3}
Synchrotron tune	0.054	0.043	0.028
Bunch length [mm]	15.94	11.81	8.61
Bucket height [%]	0.84	1.30	1.06



ご清聴ありがとうございました。