

KEKテストビームライン建設計画

花垣和則 (KEK素核研)，

本田融 (KEK加速器)， 森隆志 (KEK加速器)，
小林幸則 (KEK加速器)， 中村典雄 (KEK加速器)，
長橋進也 (KEK加速器)， 満田史織 (KEK加速器)，

その他KEK加速器研究施設の方々，

船守展正 (KEK放射光実験施設)，

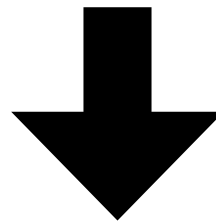
池上陽一 (KEK素核研)， 宇野彰二 (KEK素核研)， 外川学 (KEK素核研)，

中村勇 (KEK素核研)， 幅淳二 (KEK)，

飯嶋徹 (名古屋大)， 鷺見一路 (名古屋大)， 前田朱音 (名古屋大)

経緯

- ◎ GeVオーダーのテストビームライン建設に対する強い要望
- ◎ KEK内でも長い間議論され、過去にも予算要求していた
- ◎ 要望が届き、今年、測定器開発室に（突然）予算配分決定
 - ▶ つくばキャンパスPF-AR南実験棟に電子ビームライン
 - ▶ 2020年度、2021年度の2カ年計画で建設

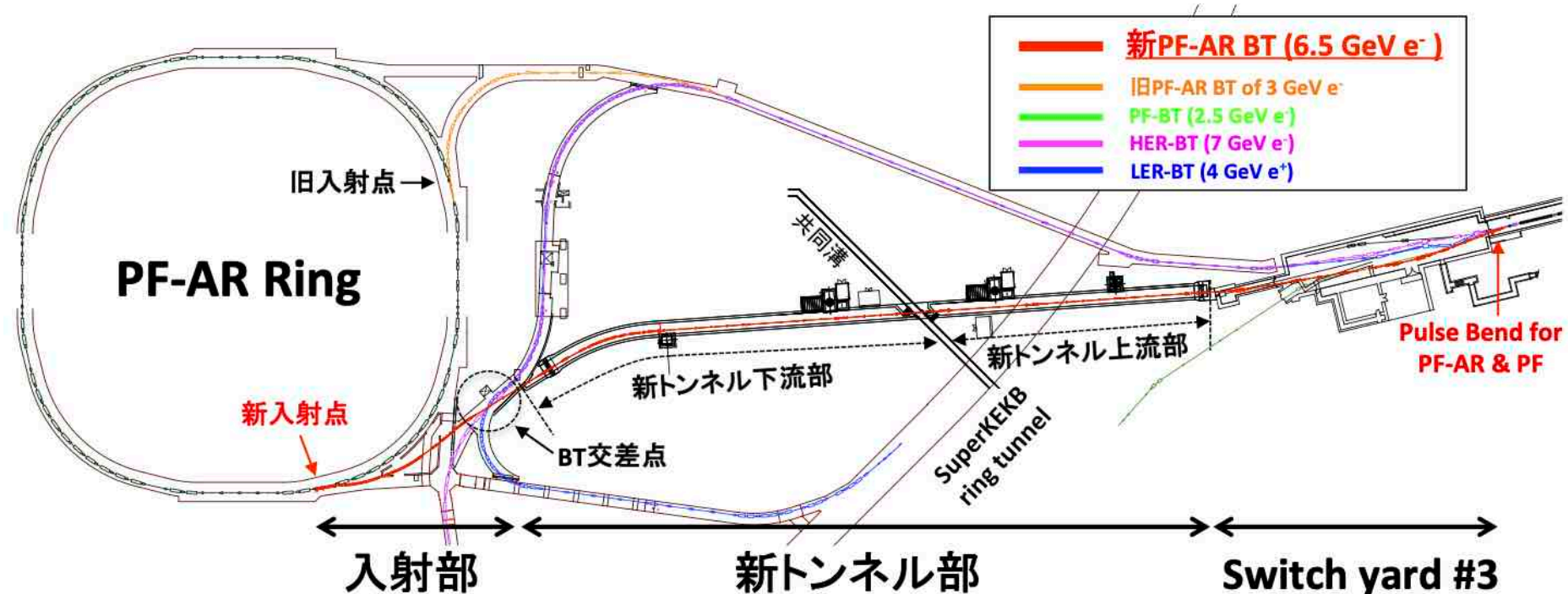


- ◎ 2014年の検討をベースにスタート
 - ▶ まずは、関係各所へのお願いと、人集め

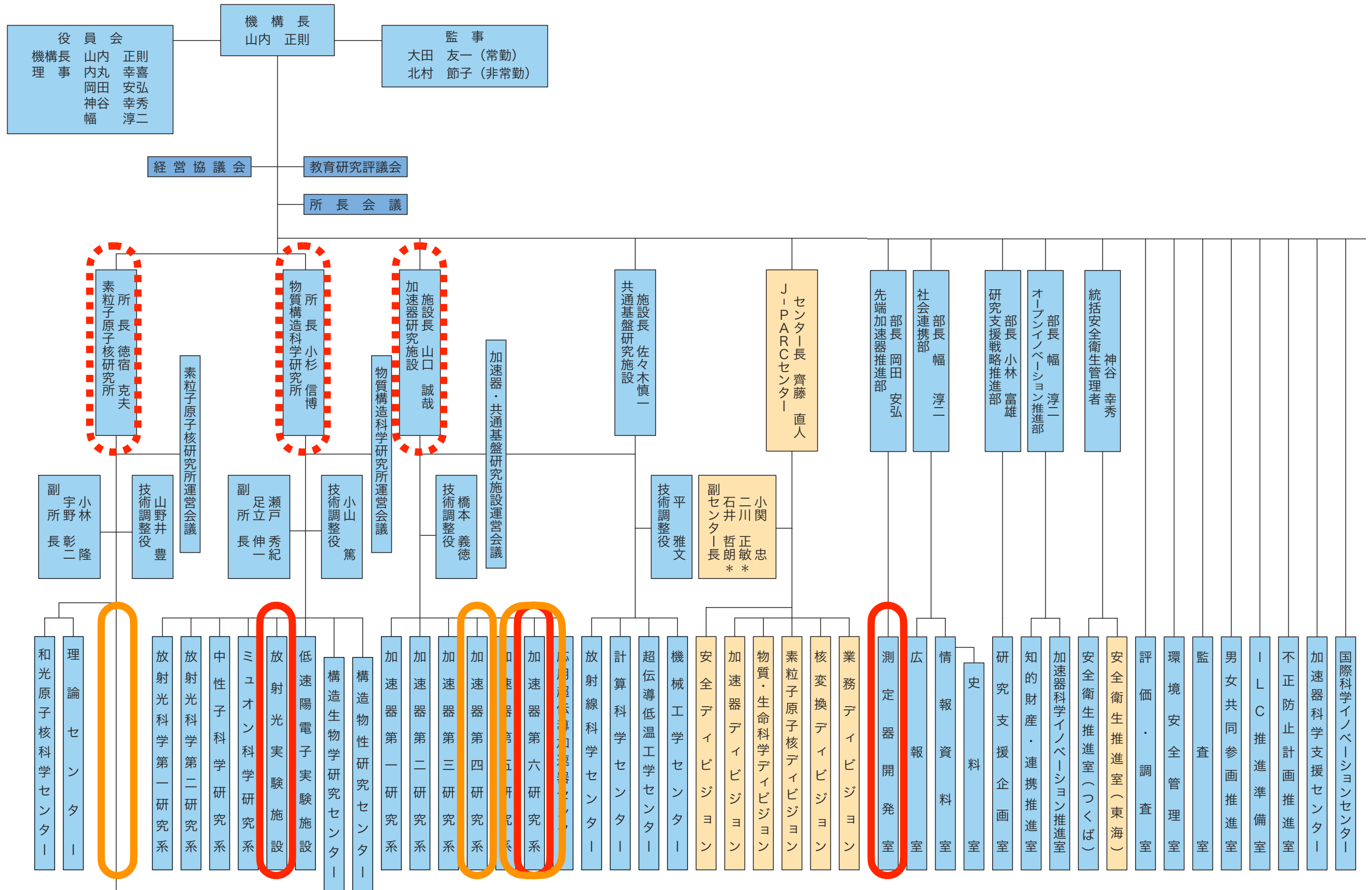
ようやく計画が固まりつつある

PF-AR

- 放射光実験施設（フォトンファクトリー；PF）が持つ放射光の光源となる電子加速器の1つ
 - ▶ PFリング 2.5GeV
 - ▶ Photon Factory Advanced Ring (PF-AR)
6.5GeV（5GeV運転も）
- 加速器研究施設第六研究系が，加速器（蓄積電子ビーム）の担当
- 周回周期 $1.257\mu s$ のシングルバンチ
- 50-65mAで運転
- トップアップ（電子の継続入射）運転が可能



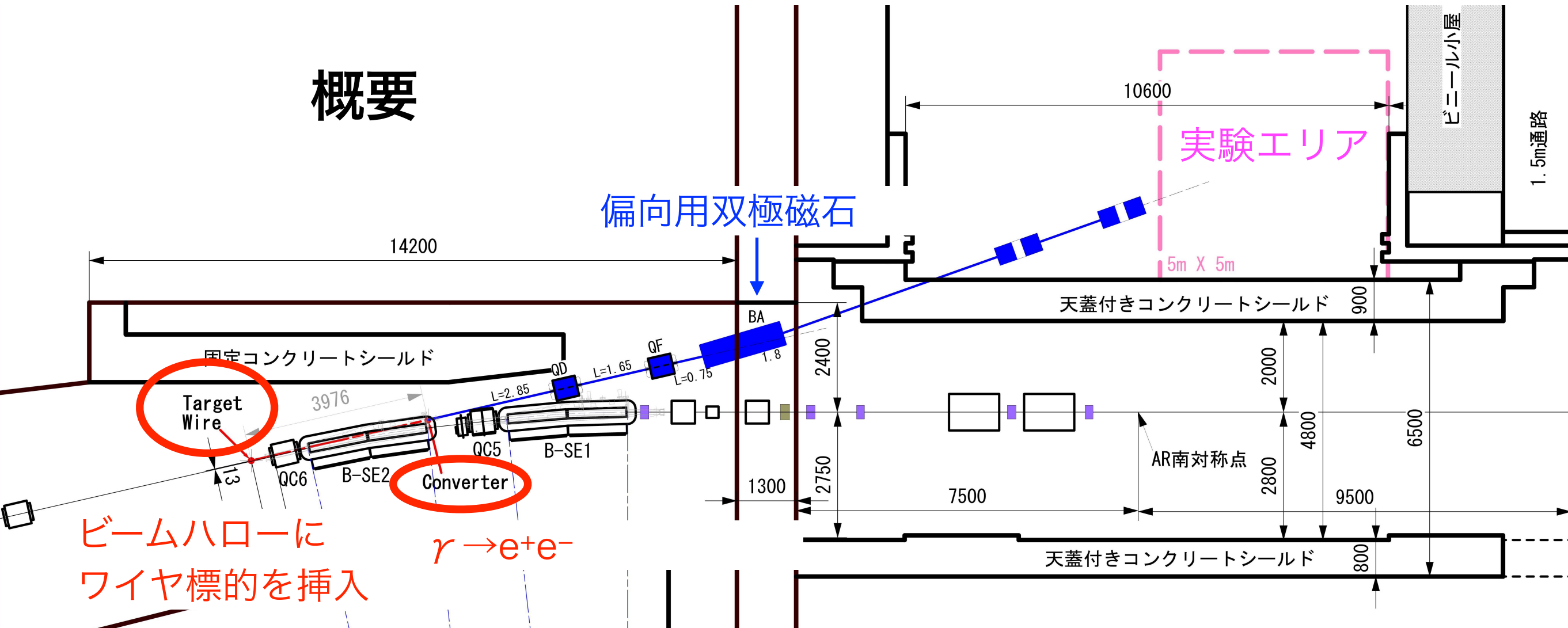
組織を大きく跨ぐ協力体制



目次

- インTRODクシヨソ
- 概要
- 標的とコンバータ
- ビーム取り出し&輸送
- 予想性能
- インフラ整備状況とスケジュール
- お願い

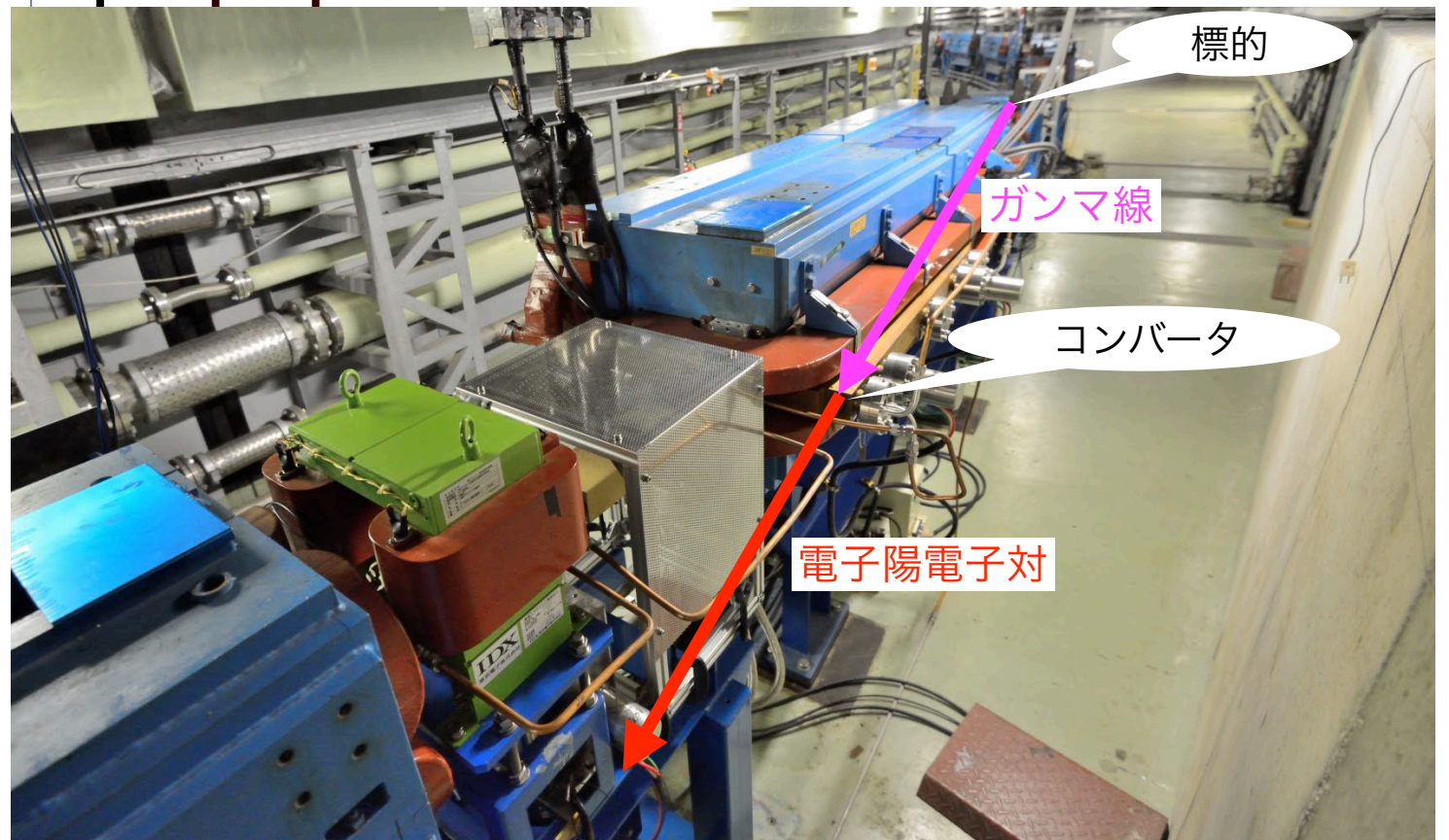
概要



ビームハローに
ワイヤ標的を挿入

$\gamma \rightarrow e^+e^-$

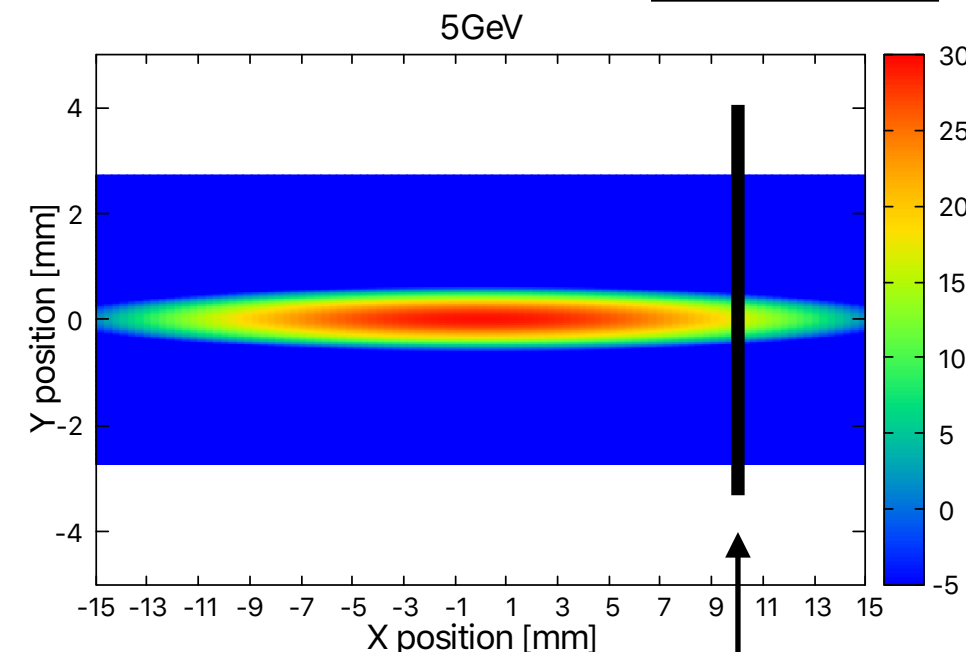
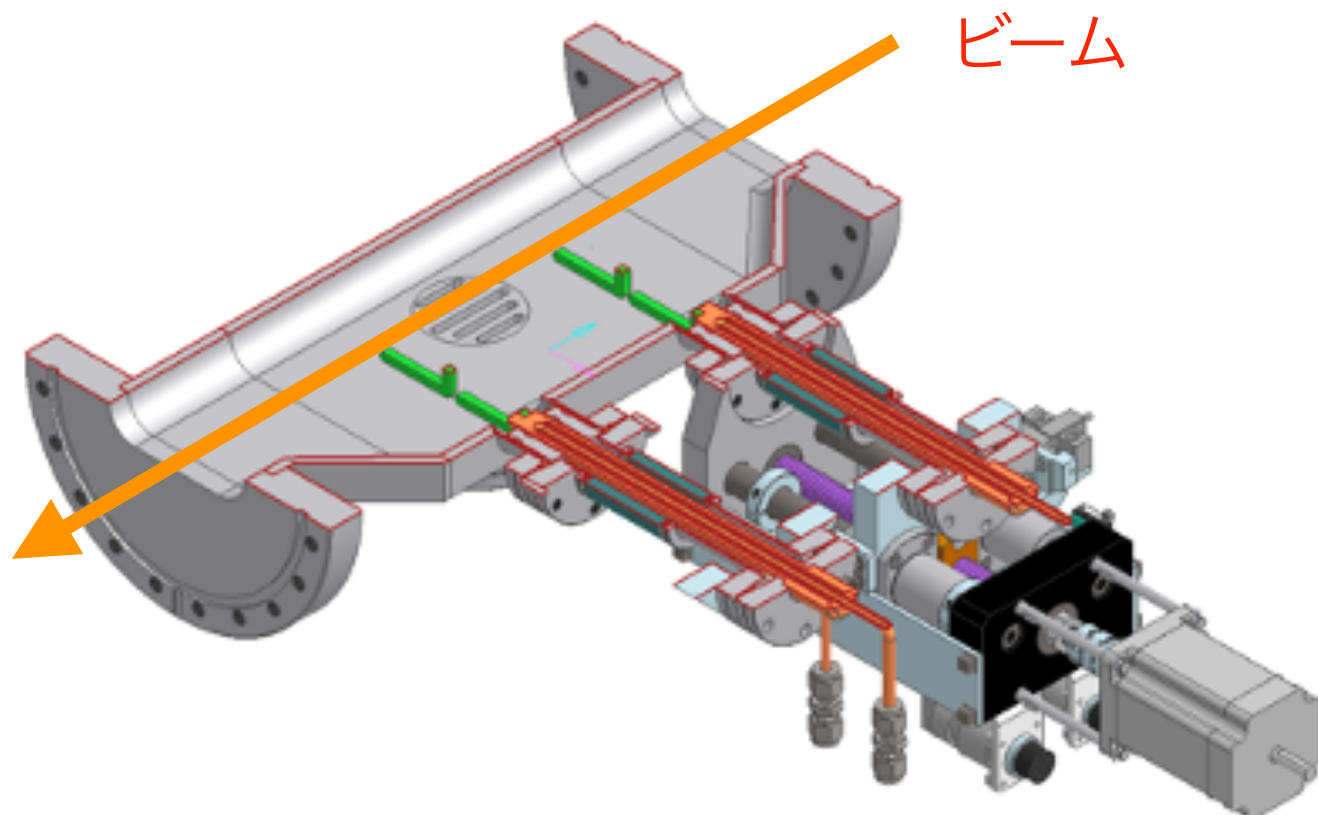
放射光源である
蓄積電子ビームの
寿命と安定性が
最優先



標的（まだ決まっています…）

本田融さん

- 直径 $100\mu\text{m}$ のカーボンワイヤを想定
（調達困難なことが判明）

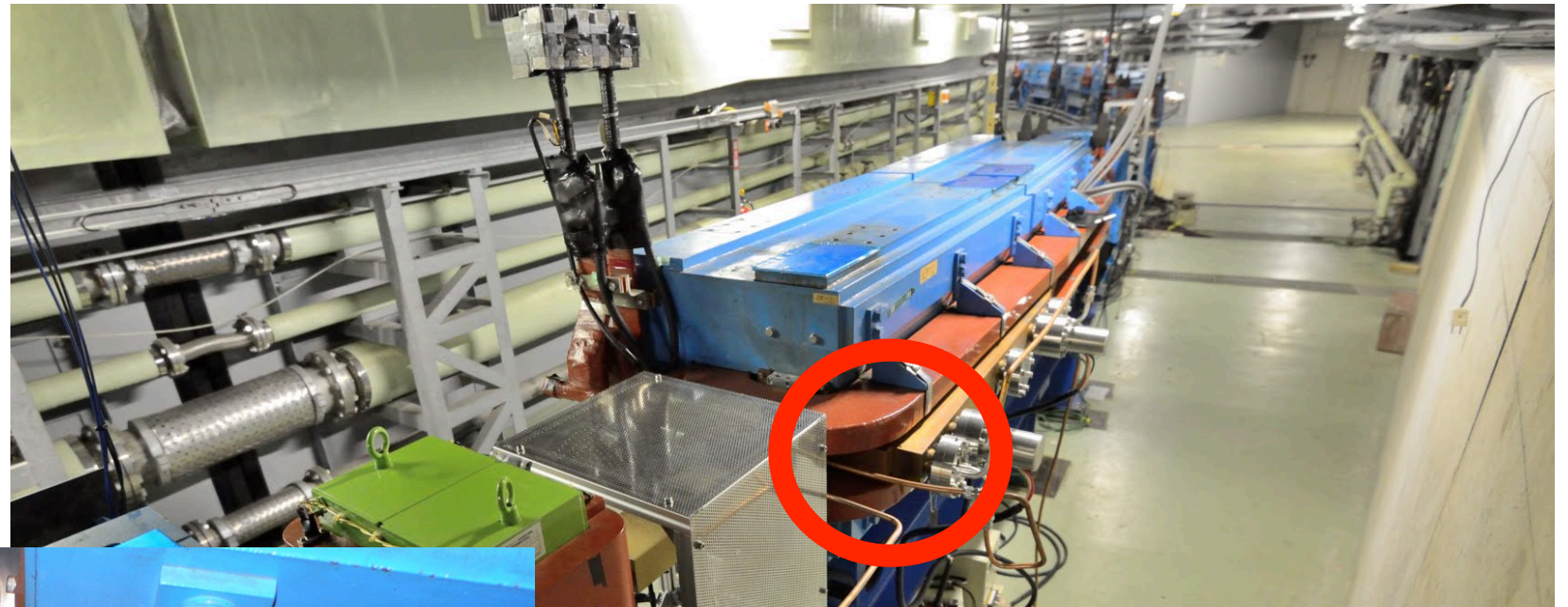


ワイヤ標的

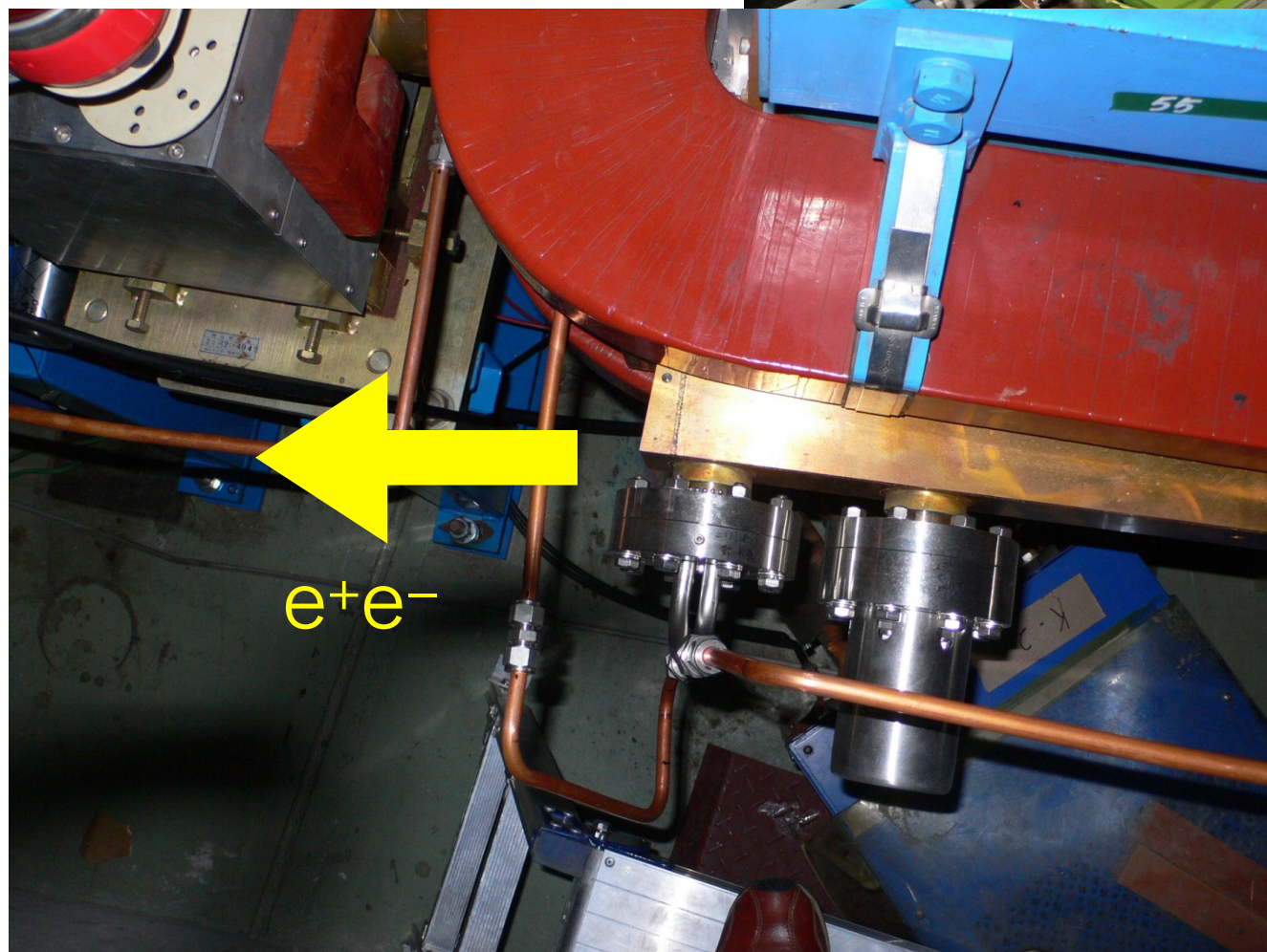
位置はビーム中心から
 5σ 強離れた位置を想定

- 放射光による入熱 直径 $100\mu\text{m}$ のカーボンだと $\sim 0.1\text{W}$
 - ▶ 冷却は輻射を想定（熱伝導も確保しておきたい）
- 課題
 - ▶ RF共鳴によるビーム不安定性がないかの検討
 - ▶ RFピックアップによる局所的な発熱
 - ▶ ビームバンチが作る高電場 (MV/m) による標的の放電

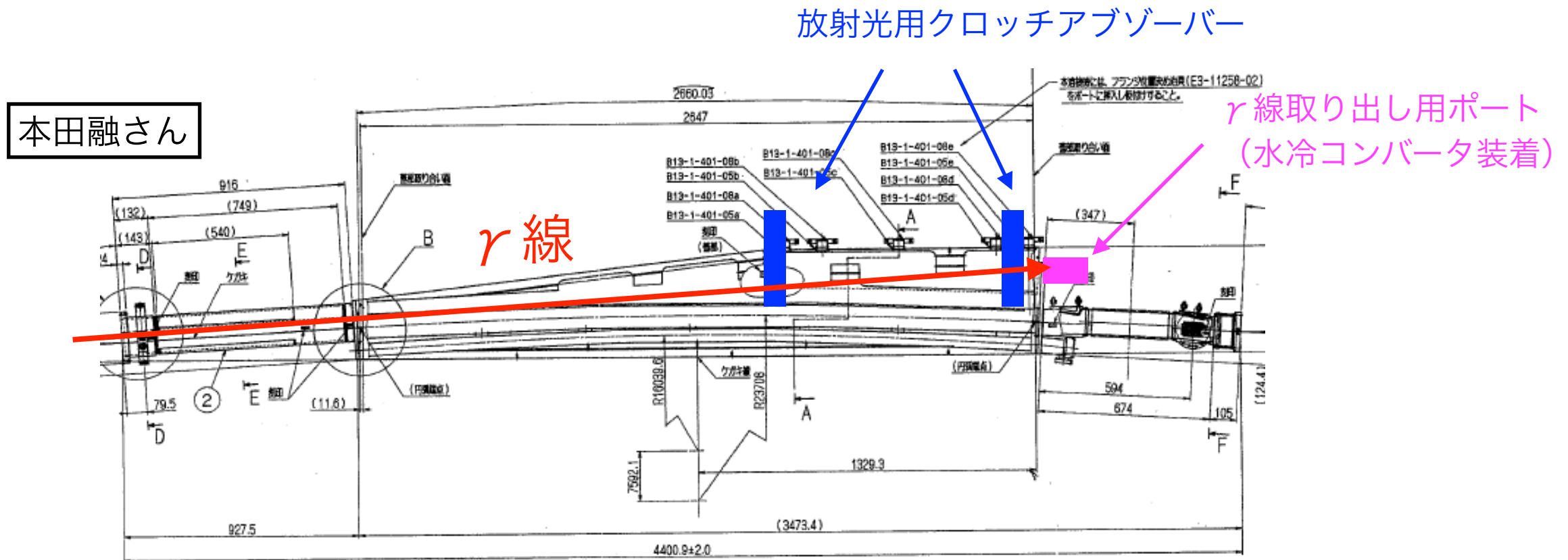
コンバータ (ビームダクト)



この辺に γ が入射する



ビームダクト



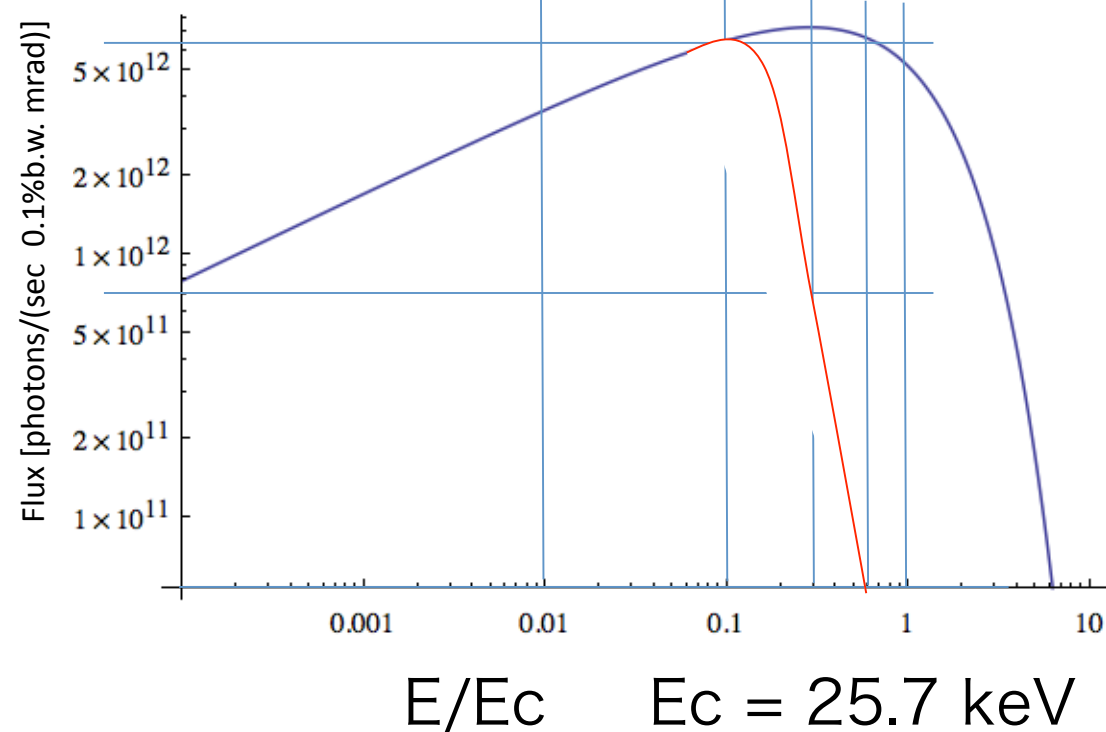
- ◎ 偏向電磁石内ビームダクト最下流端に γ 線が入射
→ γ 線取り出し用のポートを持つビームダクトを新たに製造
 - ▶ 水冷コンバータを取り付け可能
 - ▶ クロッチアブゾーバを γ 線通過孔を持つものに変更
- ◎ ビームダクトは無酸素銅製
 - ▶ 現在調達準備中

放射光による熱負荷

前田朱音さん
外川学さん
本田融さん

- 60mA運転とすると，電子ビーム1周で400kWのパワーを放出

放射光スペクトラム

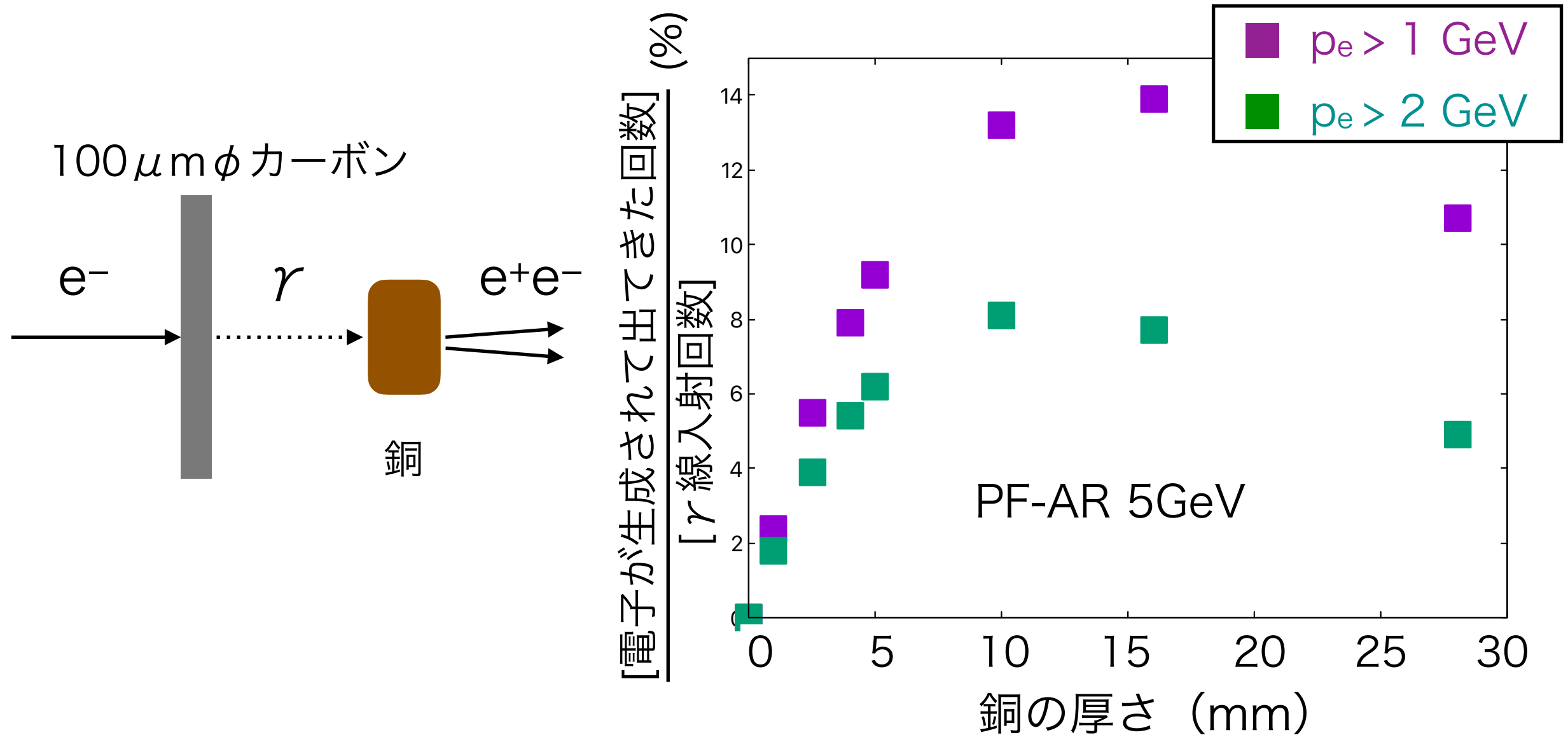


銅の厚さ(mm)	吸収パワー(W/cm ²)
1	337
2	356
10	378
16	380

- コンバータの冷却方法を検討中
 - ▶ [コンバータのみ] vs [クロッチアブゾーバの貫通孔を完全な孔ではなく薄い銅にして熱吸収]

コンバータの最適化

前田朱音さん
外川学さん

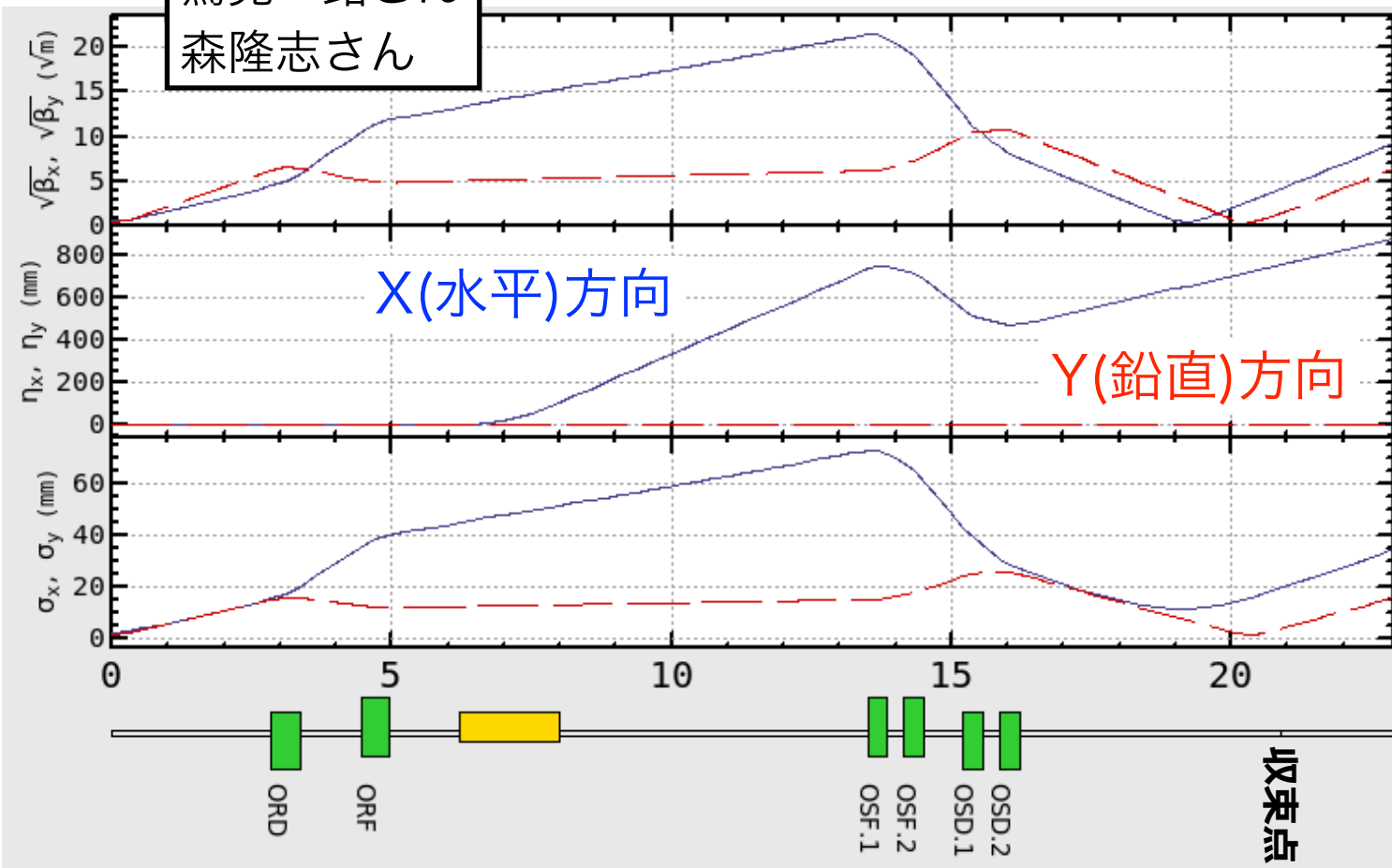


● Geant

- ▶ 6.5GeVまたは5GeVの電子を100 μm ϕ のカーボンに入射
- ▶ 生成された γ 線を銅に入射
- コンバータの厚さは16mmにする予定

ビーム取り出し光学系の調整

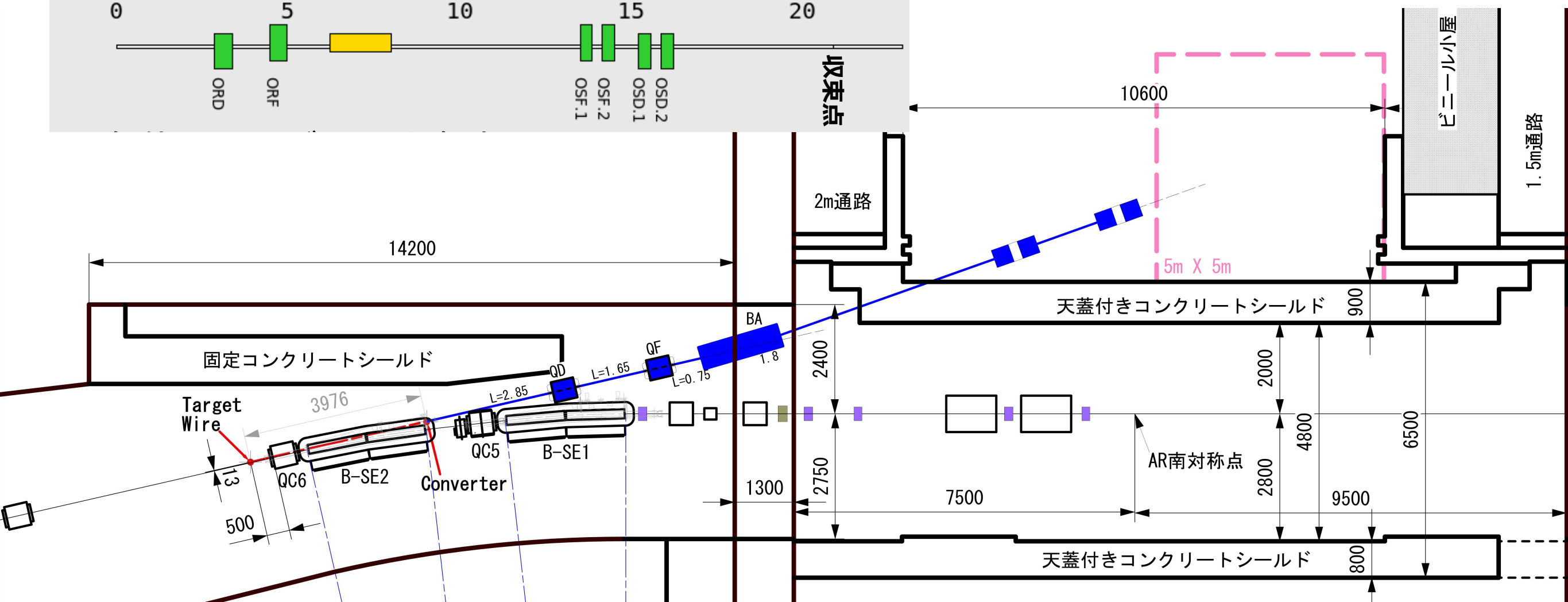
鷺見一路さん
森隆志さん



- 運動量の広がりを抑えつつ、収量を最大化
- β, ϵ の初期値はコンバータで生成された電子分布より計算

$$z' = \Delta p/p$$

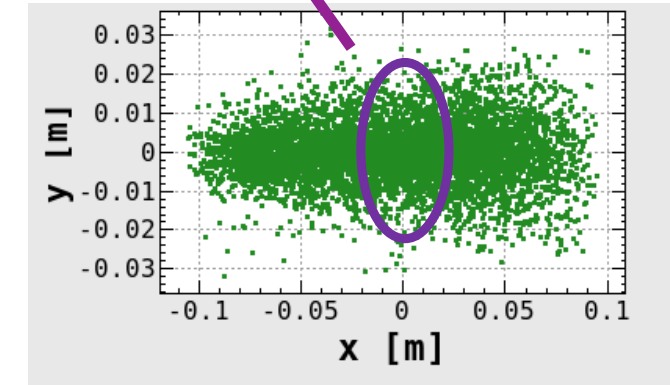
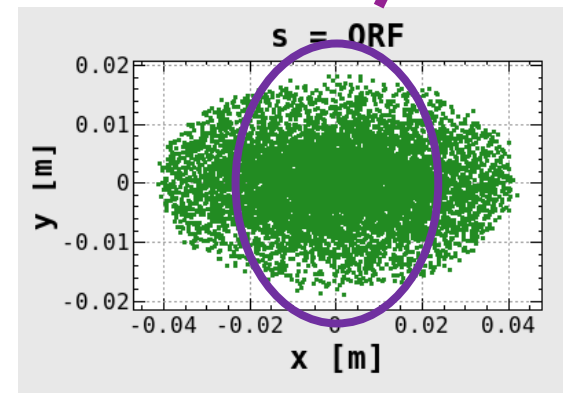
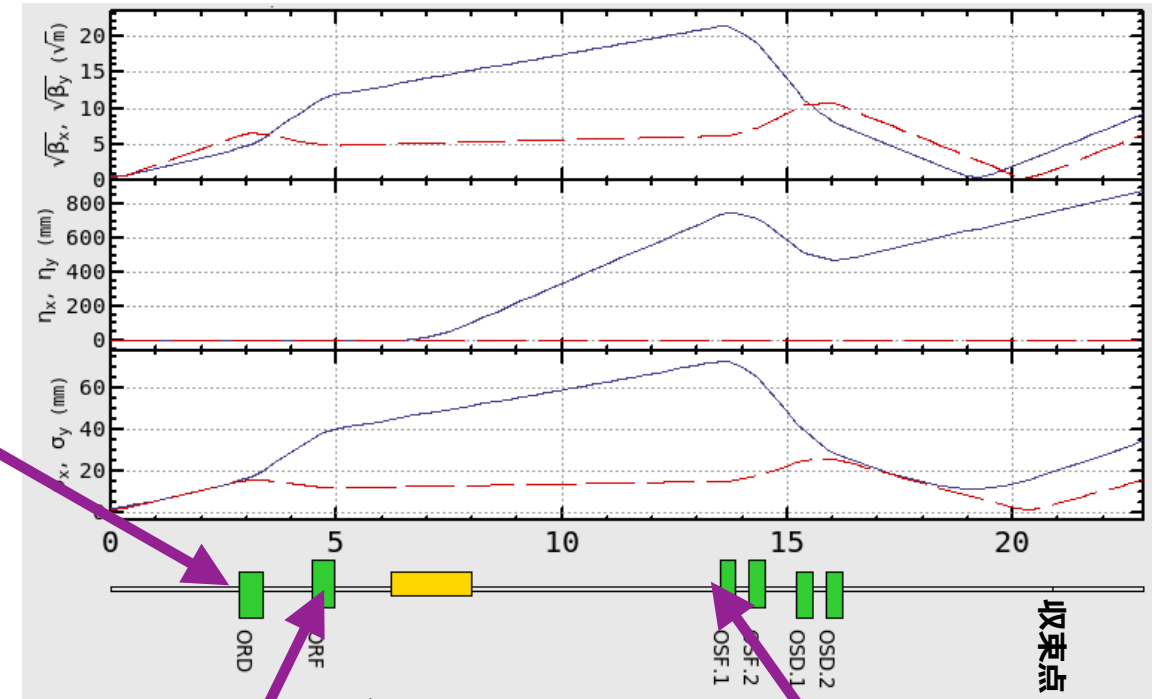
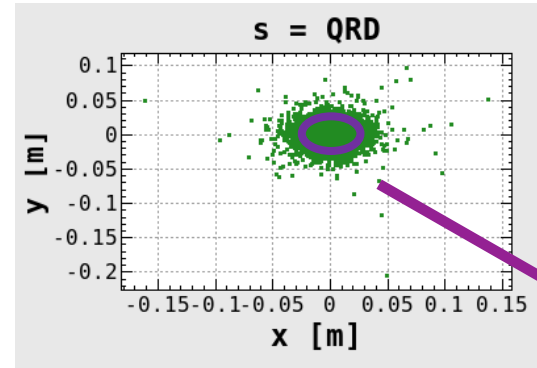
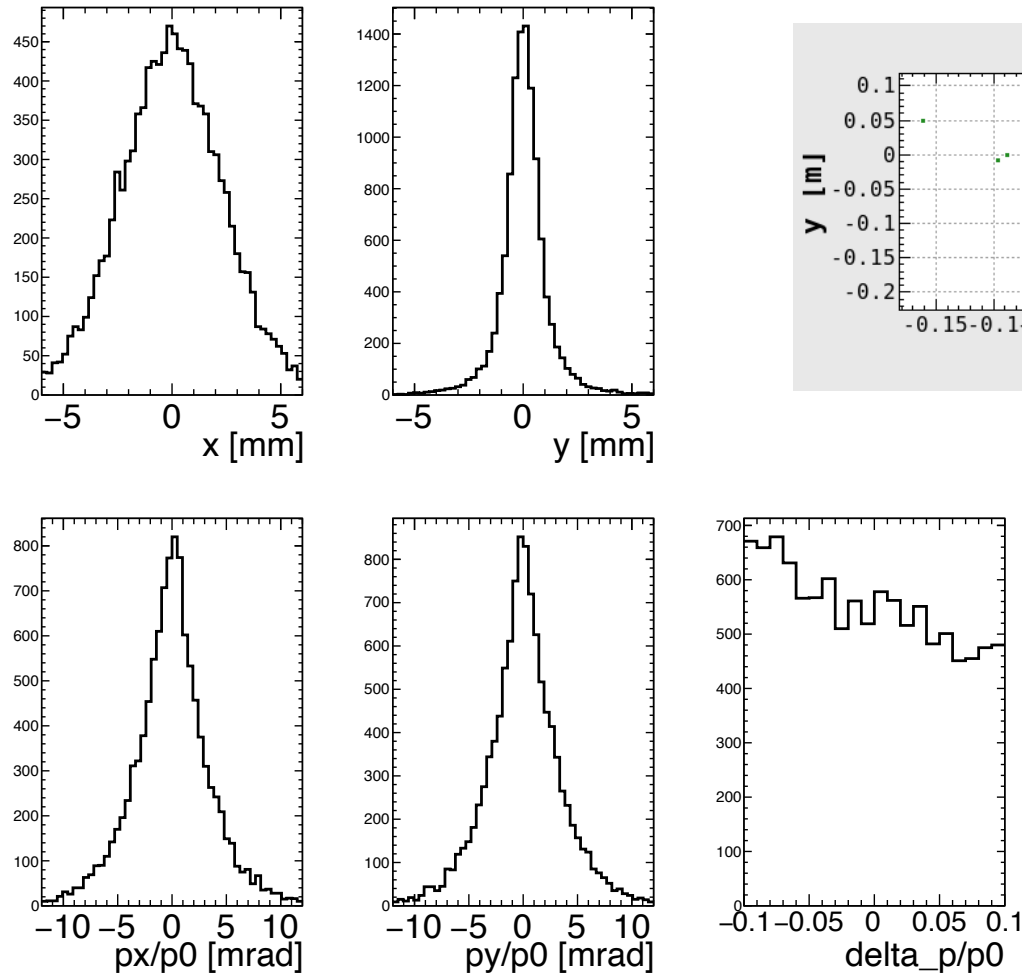
$$\sigma_x = \sqrt{\beta_x \epsilon_x + (\eta_x z')^2}$$



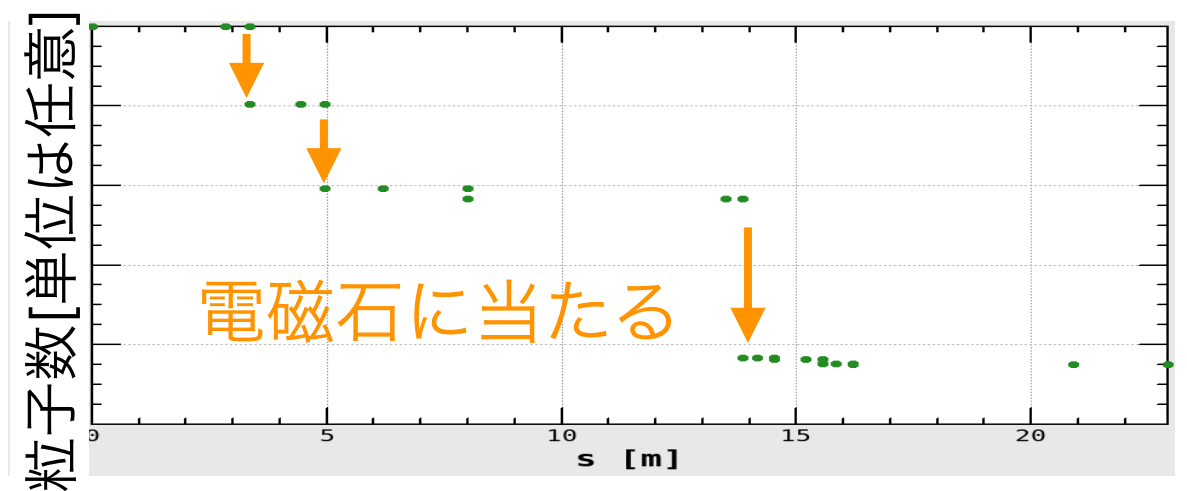
ビーム輸送

鷺見一路さん
森隆志さん

コンバータから出てきた
電子の各種分布



- 光学系は2GeVで最適化
- ビーム輸送を行い，電磁石の内径より内側を通過することを要求



予想ビームレート ←粗い予想

◎ トップアップ運転が可能だが、 トップアップなしで蓄積電子ビームの寿命20時間を目指すと…

- ▶ 60mA → リング内に 4.7×10^{11} 個の電子
- ▶ 寿命20時間とすると $dN/dt = 6.5 \times 10^6$ [個/s]
- ▶ Ring acceptance : $(\Delta E/E) = 0.9\%$
→ Geantより、 標的にビームロスが起こる確率は0.29%
- ▶ $6.5 \times 10^6 / 0.29\%$

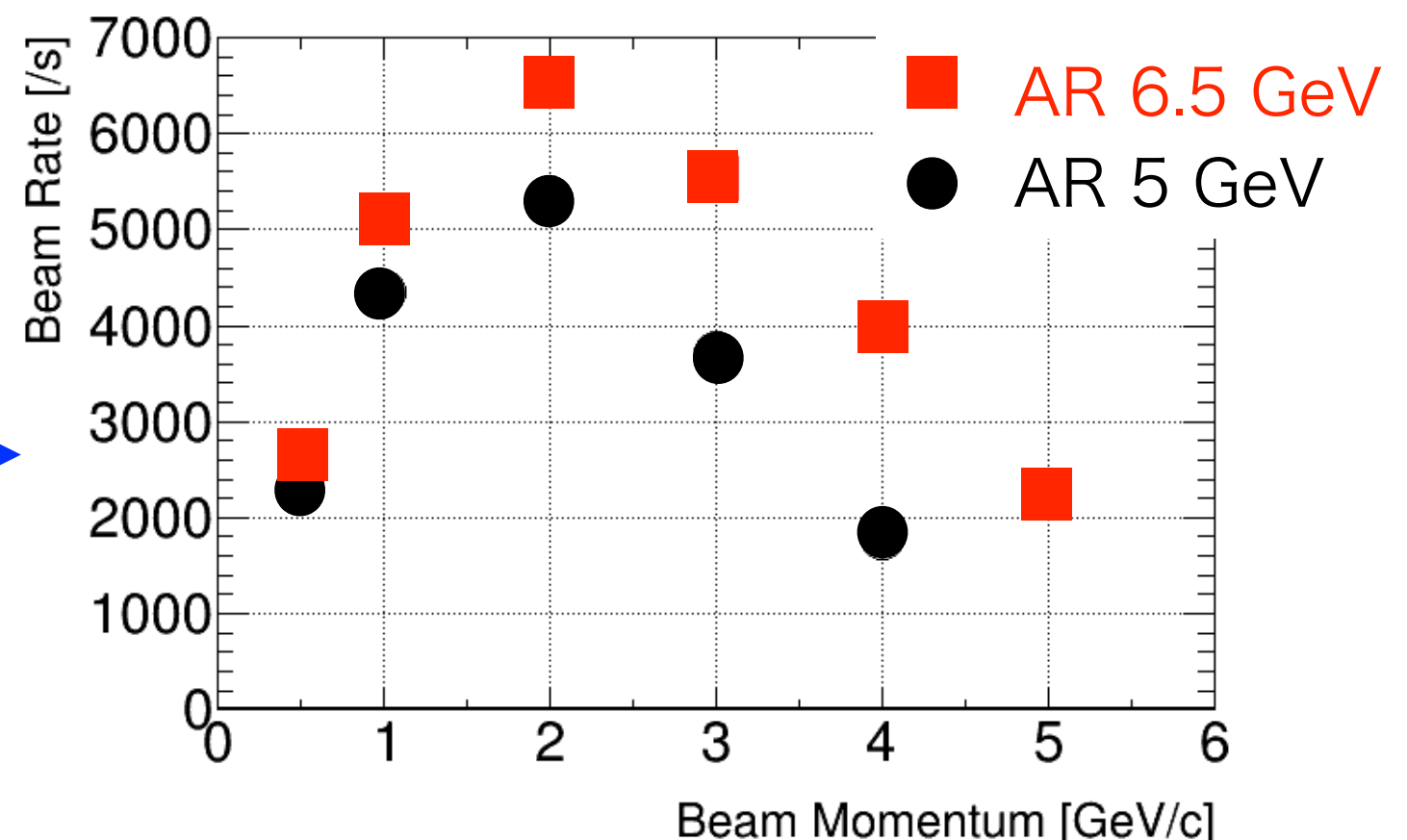
$$= 2.3 \times 10^9 \text{ [個/s]}$$

の電子が標的に
入射してよい

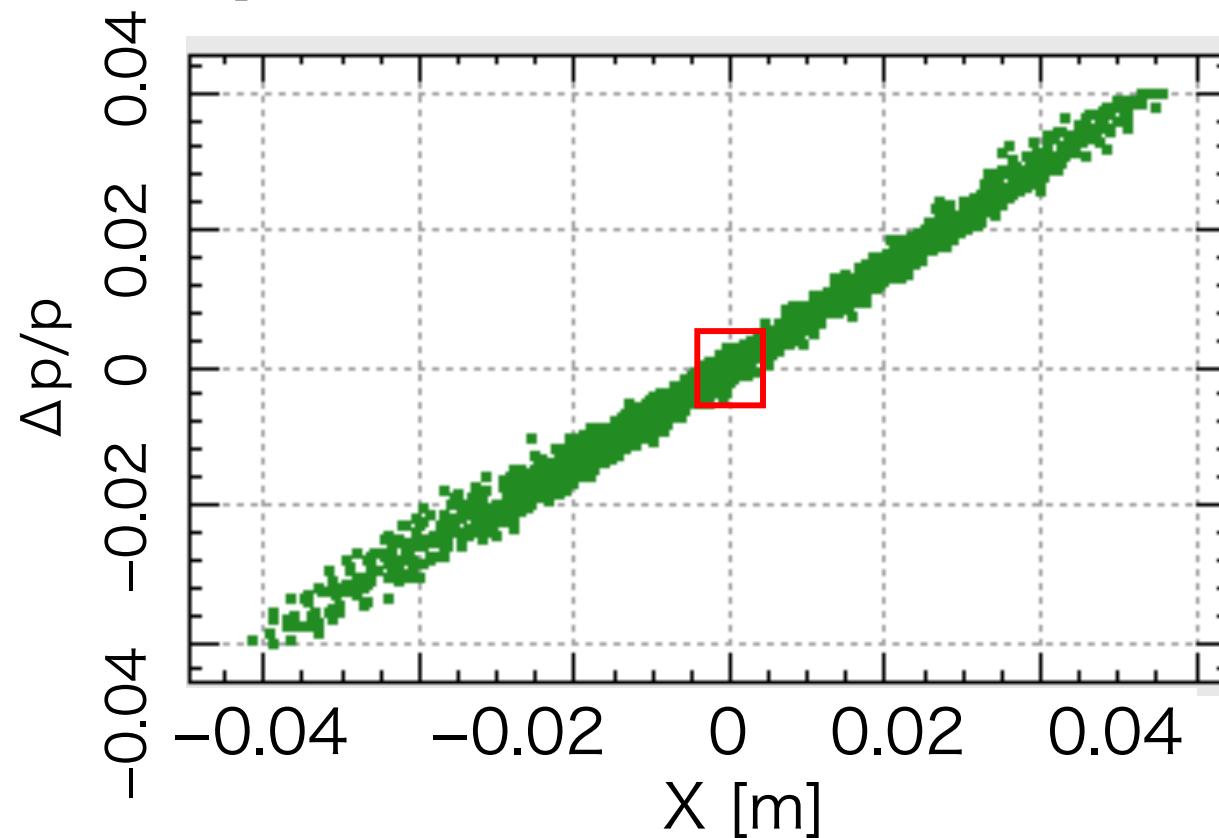
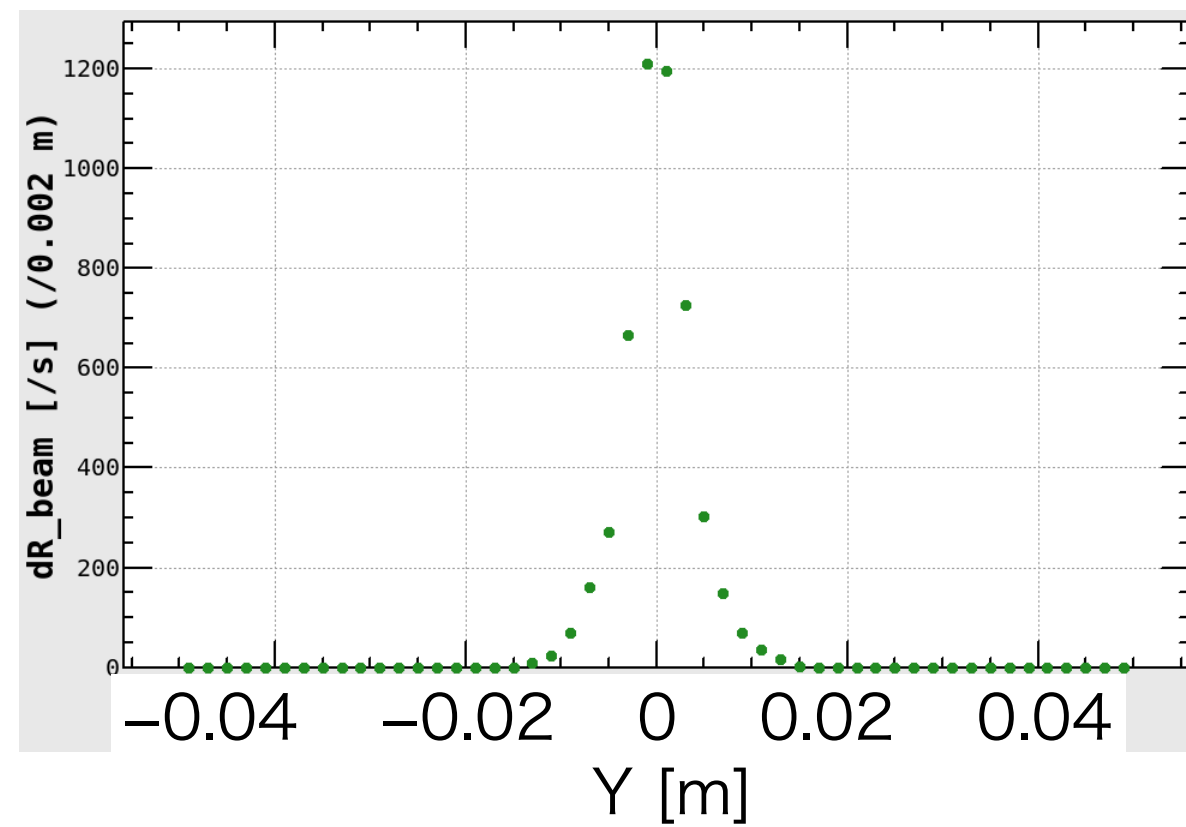
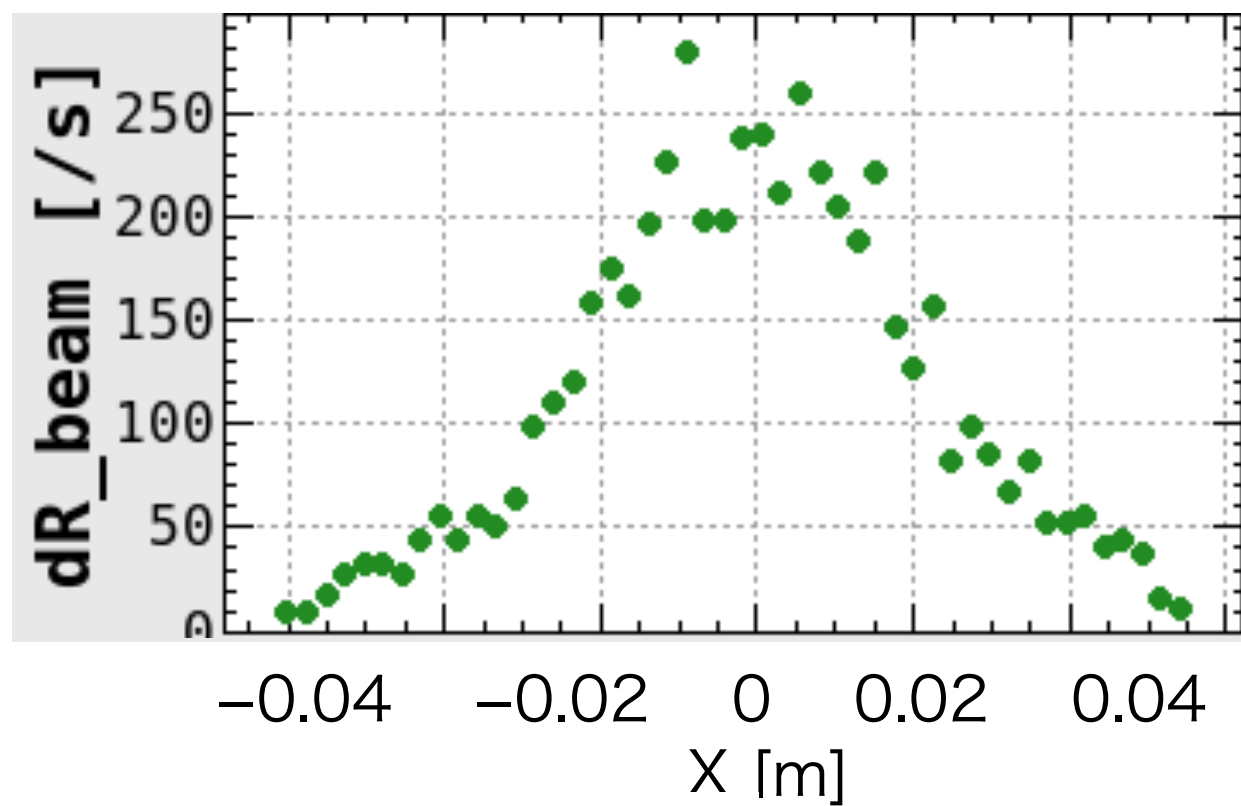
2.3×10^9 [個/s] の電子が
標的に入射する場合

実際にはどれだけ標的を
入れられるかが重要

鷺見一路さん
前田朱音さん



取り出した電子ビームの形予想



鷺見一路さん
前田朱音さん

電磁石

偏向用双極



200A/80V
水冷
長さ 1.8m
重さ～3700(3300?)kg

上流用四重極



50A/12V
空冷
長さ 50cm
重さ～800kg(架台込み)

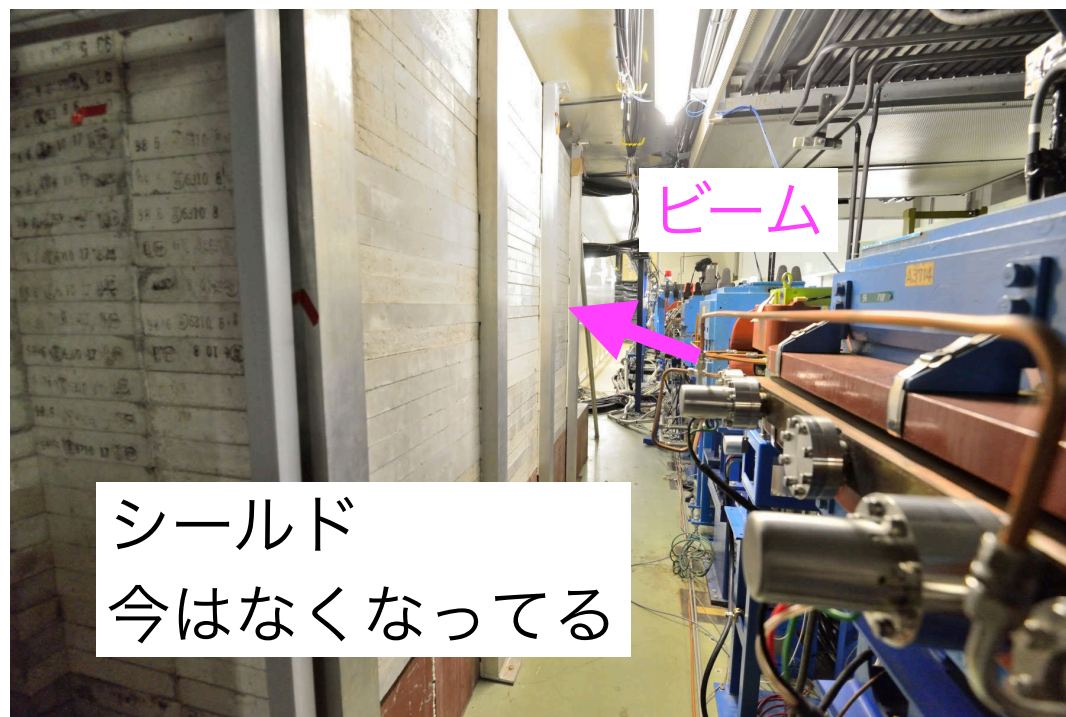
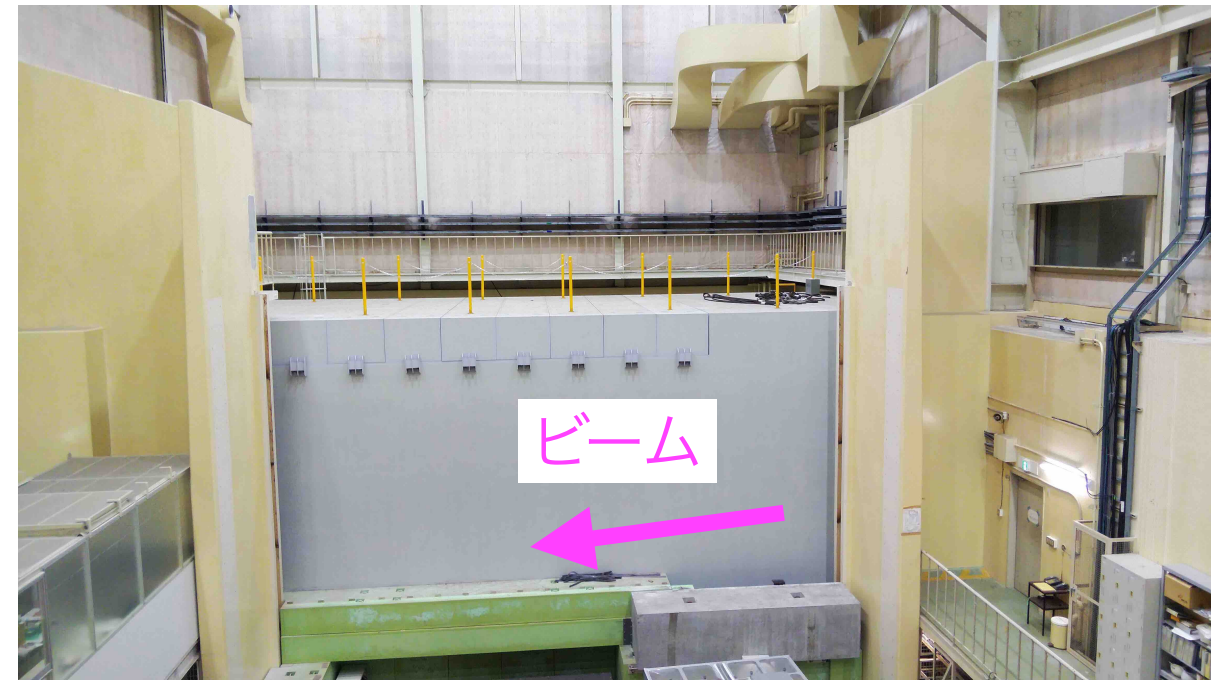
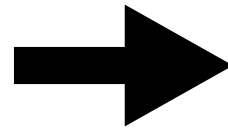
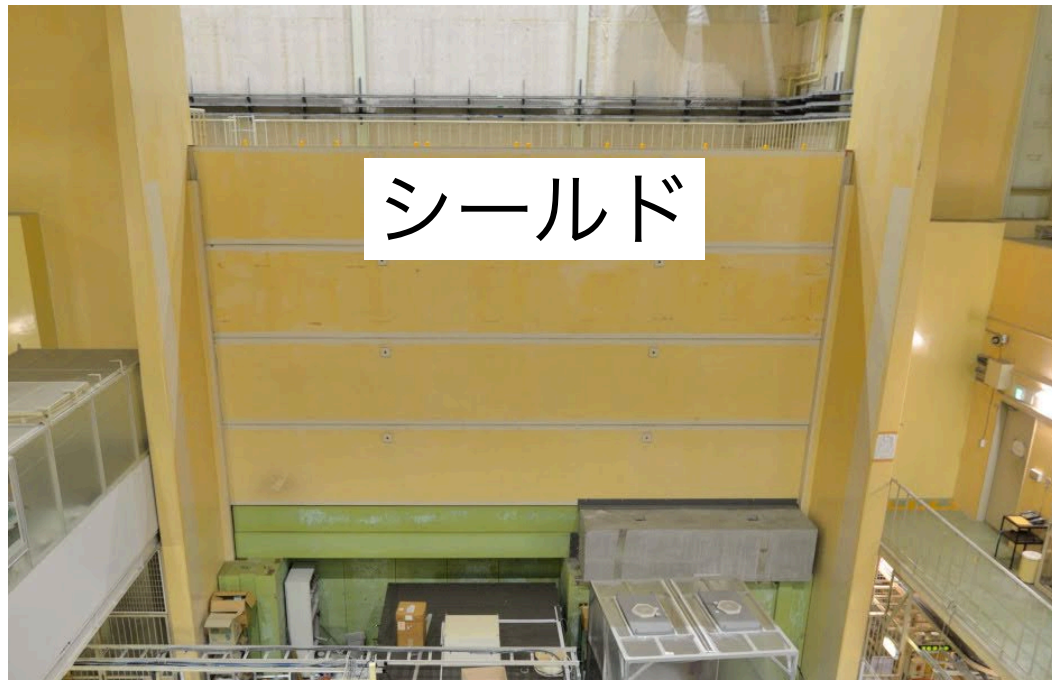
下流用四重極



28A/10V
空冷
長さ 36cm
重さ～400kg(架台なし)

- ◎ 電磁石はKEKBビーム輸送グループから借用できることになった
- ◎ 電源準備中

インフラ整備状況



- ◎ 不要なシールドの撤去作業完了
- ◎ ビームステージ製造準備中
- ◎ 電源室整備

長橋さん
満田さん
中村勇さん



今後の予定と運用方針

- ◎ 話題に出てこなくて、これからやらなければならないこと
 - ▶ 電磁石電源のコントロール系
 - ← 大学の人の協力を期待
 - ▶ コンバータより下流のビームダクト
 - ▶ ビームシャッターやインターロックなどの安全系
 - ▶ ビームライン申請
 - ▶ ビーム診断用ツール
 - ← 大学の人の協力を期待
- ◎ ユーザー会を立ち上げて自主的運営にしたい
 - ▶ テストビームラインのための人がいるわけではない

お礼とお願い ～結論に変えて～

- PF-ARに電子テストビームラインを建設することになった
 - ▶ つくばキャンパスに活気が出ることを期待
 - ▶ (J-PARCにもハドロンテストビームラインが欲しい)
- 組織を幅広く跨ぐ協力を支えられて、なんとか計画が始動
- 大学からの人的サポートが必要
 - ▶ 建設からコミッショニング
 - ▶ 運用
- 幅広い分野の多くの人に使ってもらえる施設にしたい

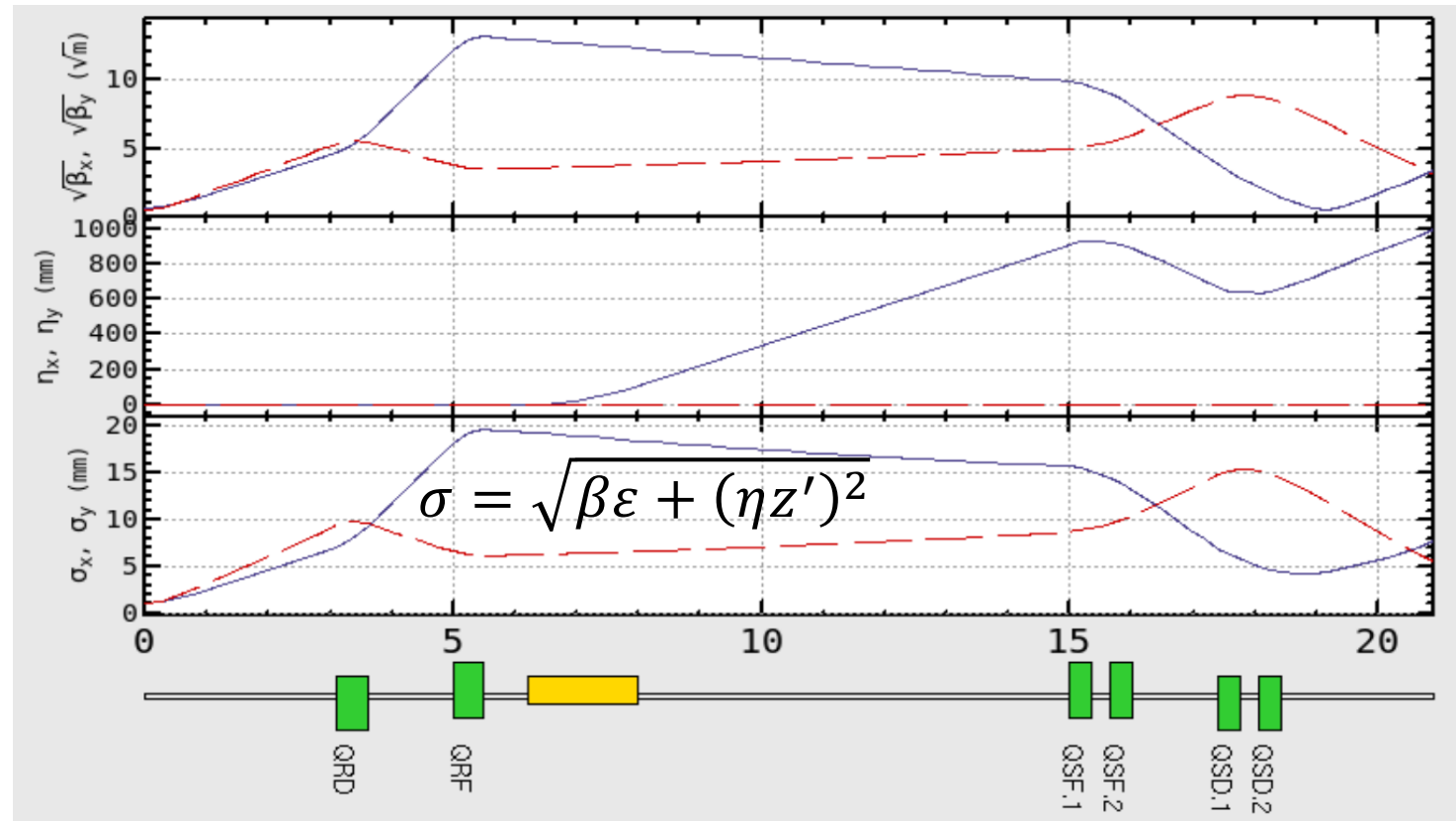
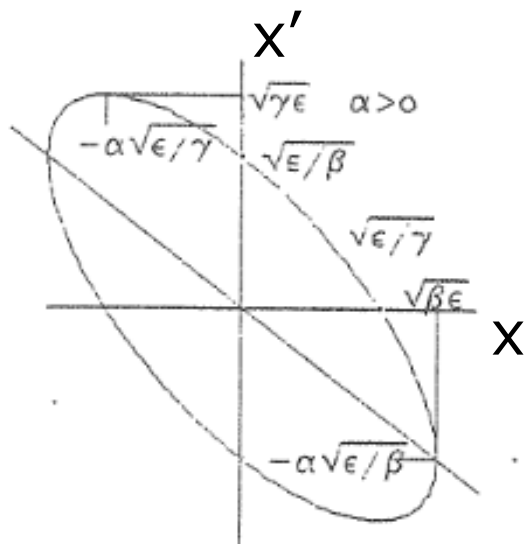
関係者にお礼申し上げます

さらなるご協力をお願いいたします

Backup

鷺見一路さんのスライドより

- Twiss Parameter
 - α : 楕円の傾き
 - β : $\sigma_x = \sqrt{\beta_x \epsilon_x}$
 - γ : $\sigma_{x'} = \sqrt{\gamma_x \epsilon_x}$
- エミッタンス ϵ
 - : $\pi \epsilon$ は楕円の面積
- 色収差 η
 - : $\sigma_x = \eta_x z'$, ($z' = \Delta p/p$)



- 自由空間 : α, β が変化
- 四極電磁石 : α, γ が変化
 $\eta \neq 0$ なら η も変化
- 偏向電磁石 : η が変化