

THOT03

Application to beam current measurement  
using electrostatic pickups at RIBF

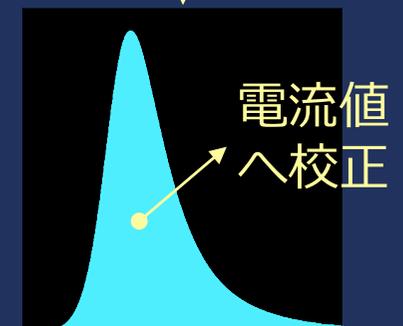
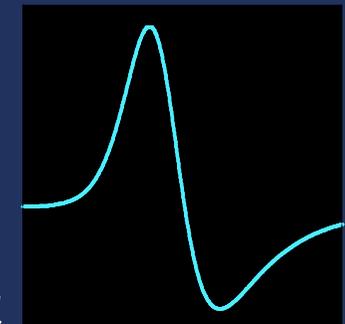
# 理研RIBFにおける静電誘導型ピックアップ によるビーム電流測定への応用

- 小山 亮\* (住重加速器サービス株式会社)
- 渡邊 環, 羽場 宏光 (理研仁科センター)
- 鴨志田 敦史 (日本ナショナルインスツルメンツ)

\*mailto: koyama@cyclotron.co.jp

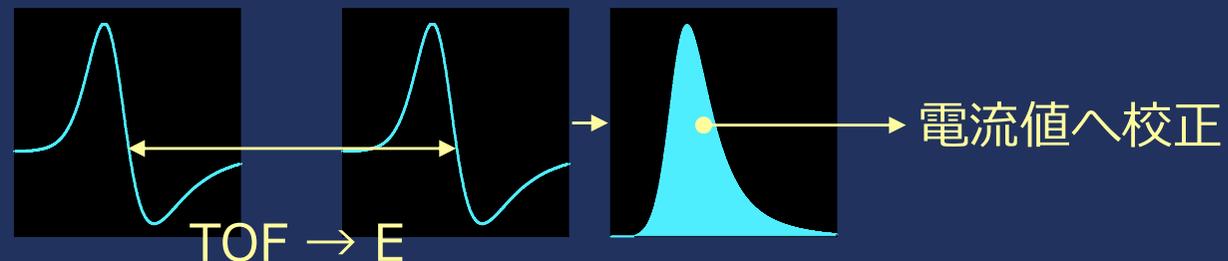
## \* ユーザーにビーム供給しながら 加速器をチューニングしたい

- 要求ビーム強度の維持
- 電磁石・RFなど最適化してビームロスを最小に  
→ 最大ビーム電流の向上
- 非破壊にビーム強度を知りたい
- ロックインアンプの振幅は不正確
- ピックアップ信号を二階積分し、  
電流換算してみたら大変有効



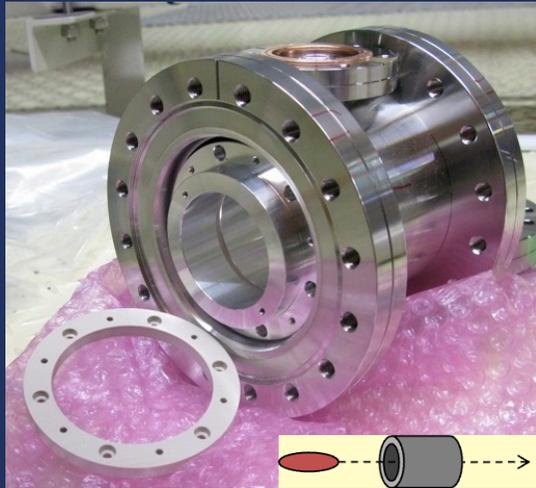
## \* 超重元素合成・RI製造( $^{211}\text{At}$ ) からの要請

- 照射ビーム量の連続監視・維持
- 装置特性の都合でFCでビーム電流が測れない
- 両者厳密なエネルギー設定

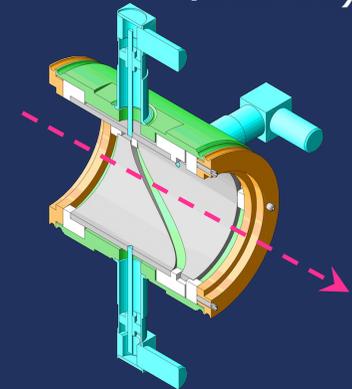


# RIBFの静電誘導型ピックアップ：3種類

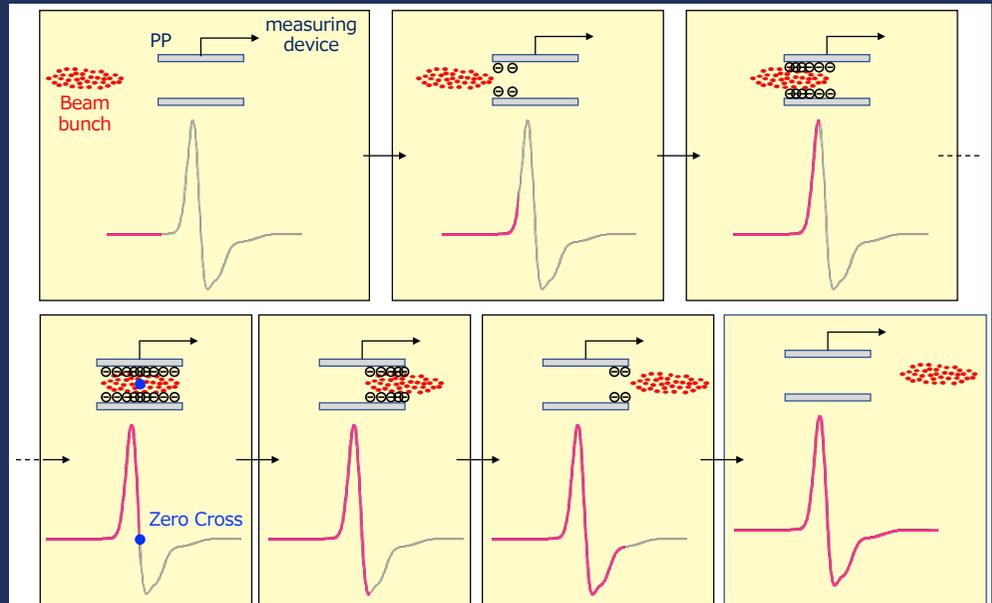
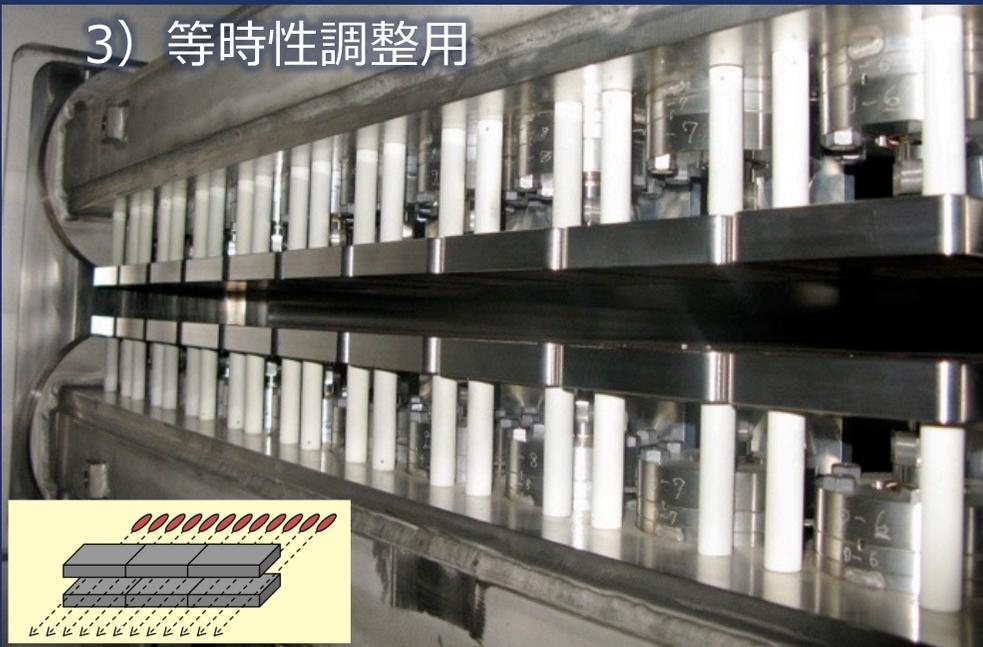
1) ビームライン用位相プローブ(PP)



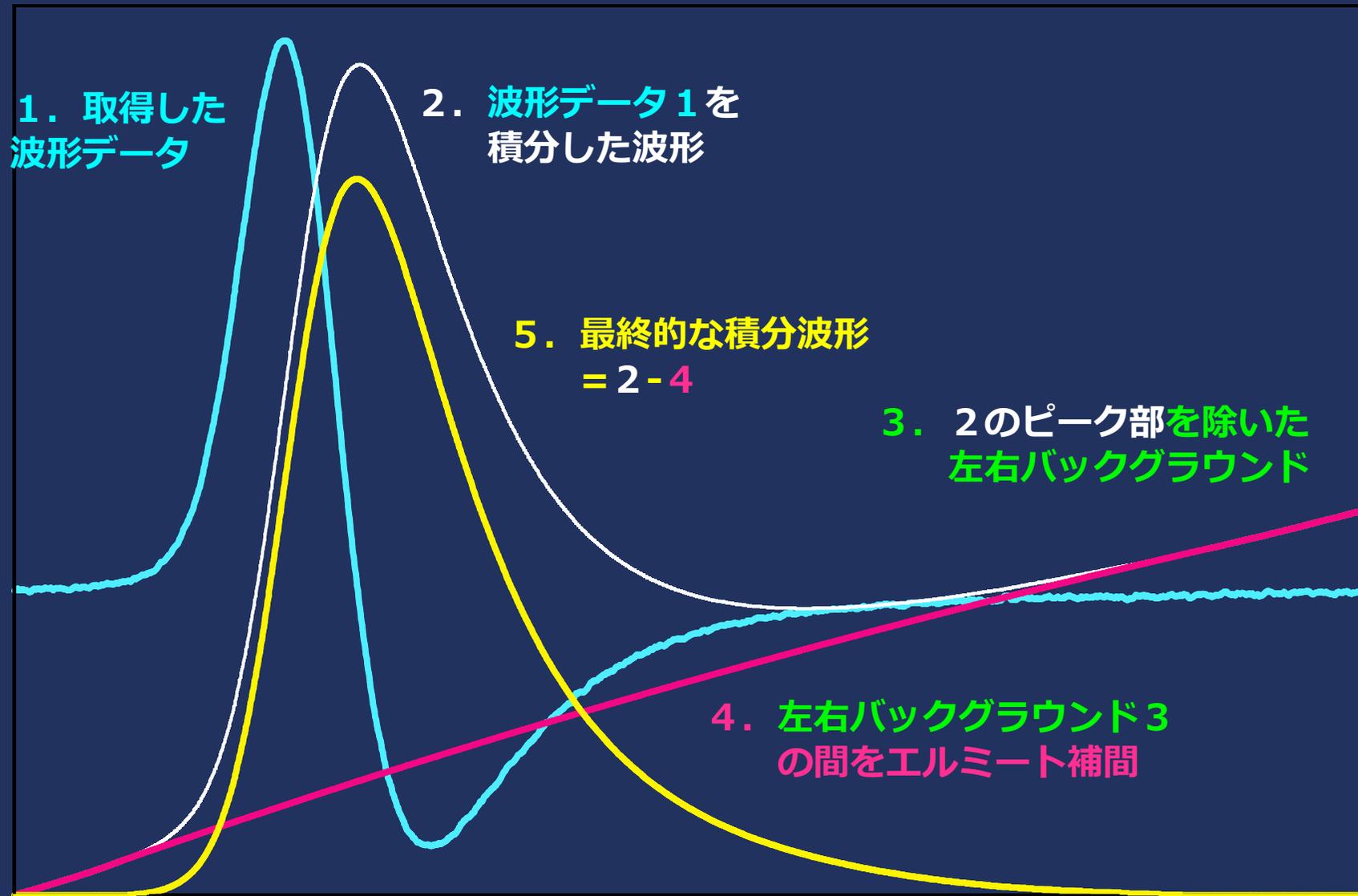
2) ビームエネルギー・位置モニター (BEPM)



3) 等時性調整用



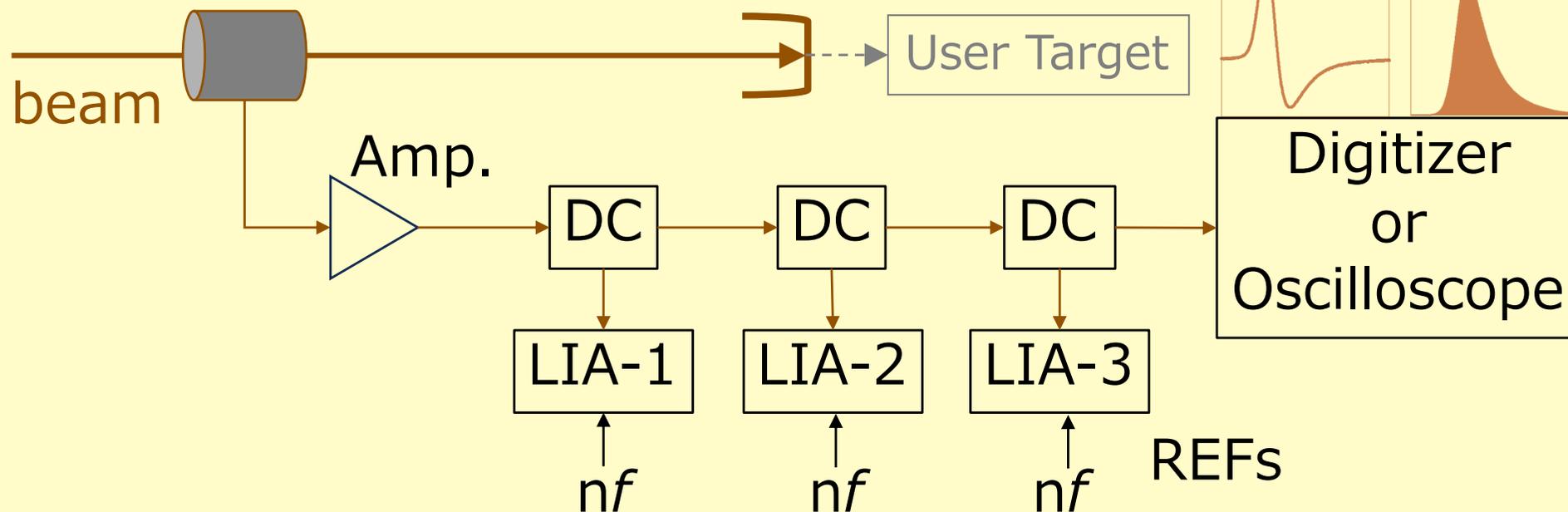
# ビーム電流の求め方



→ 更に積分 × 校正定数でビーム電流に換算：積分電流値 と呼ぶ

# 測定セットアップ : FC, LIA, 積分同時測定

Pickup (PP or BEPM) Faraday cup (FC)



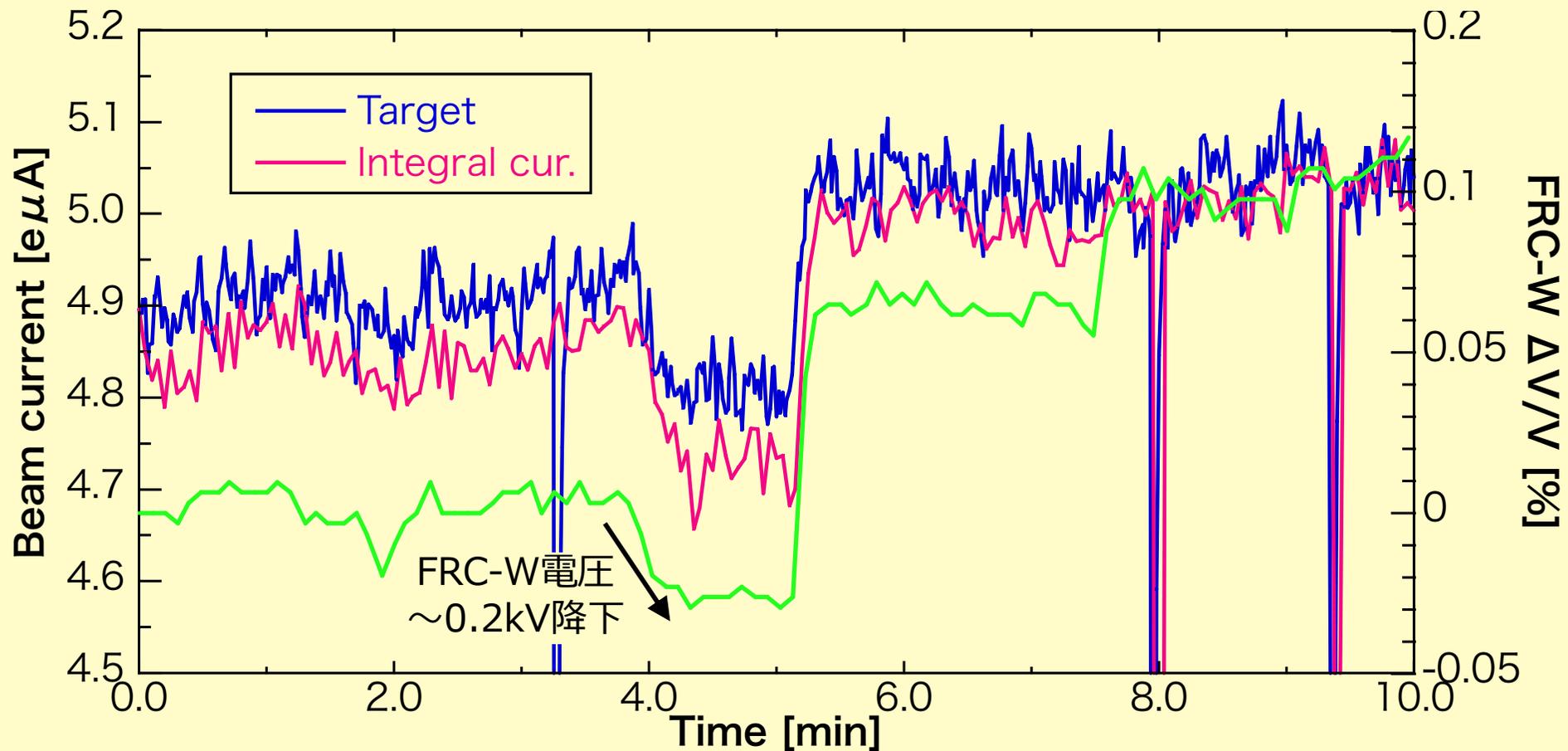
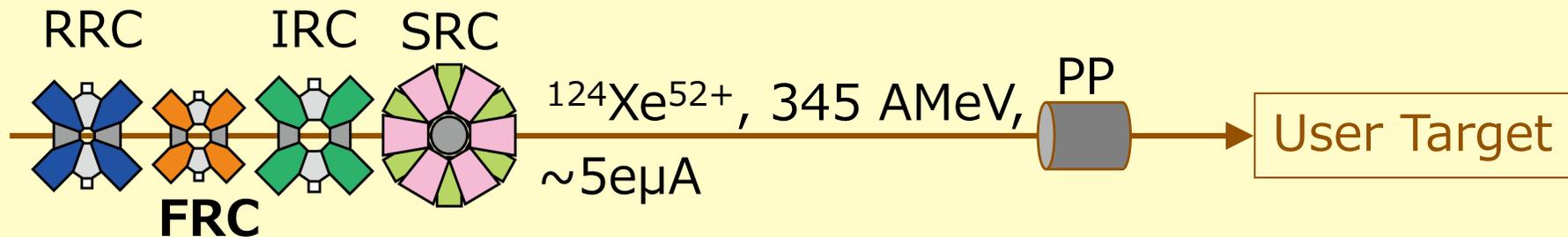
**DC** : Directional coupler  
ZFDC, Mini-Circuits

**LIA** : Lock-in amplifier  
SR844, SRS inc.

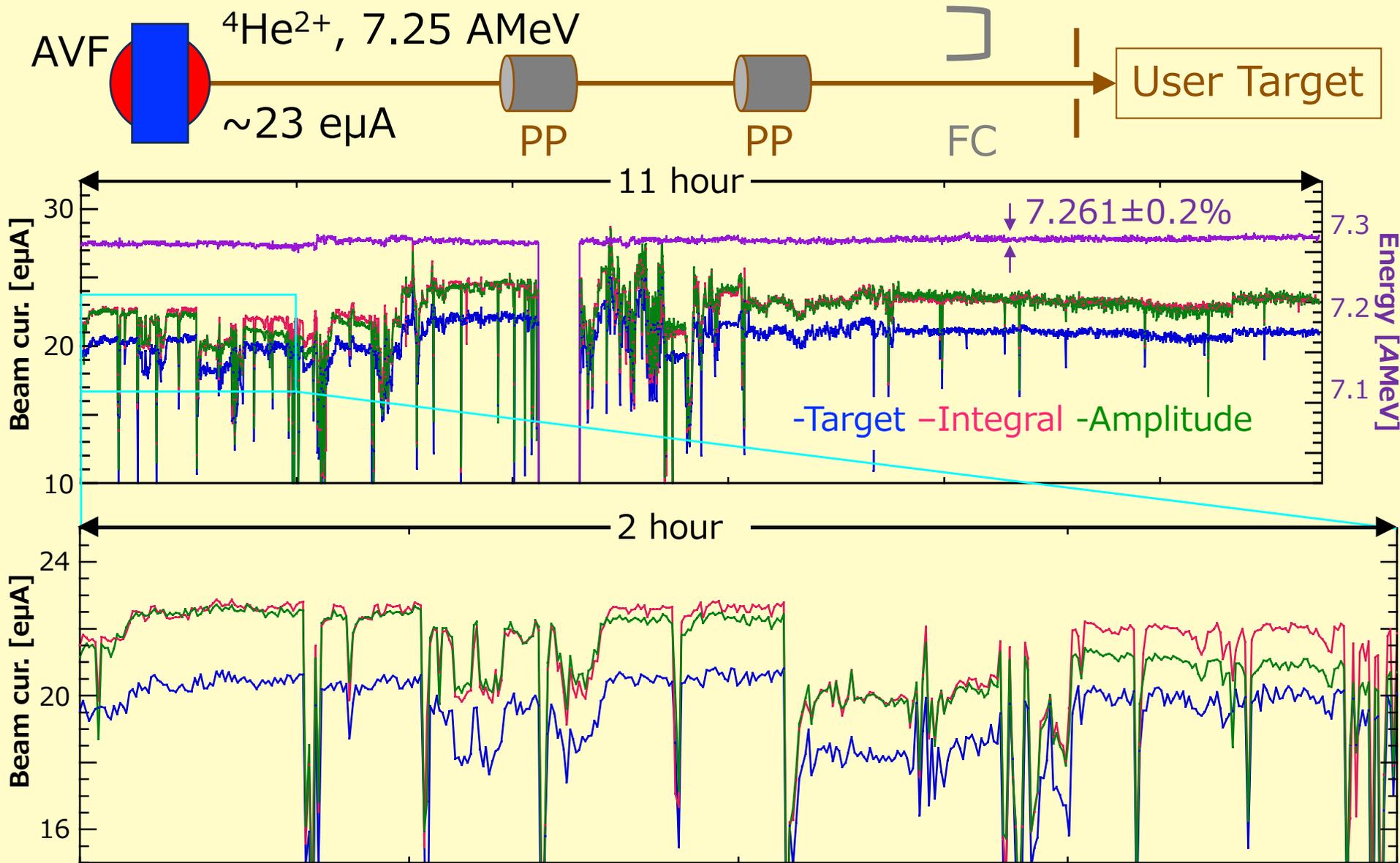
**Digitizer** : PXIe-5160, NI

**Oscilloscope** : RTO1024, R&S

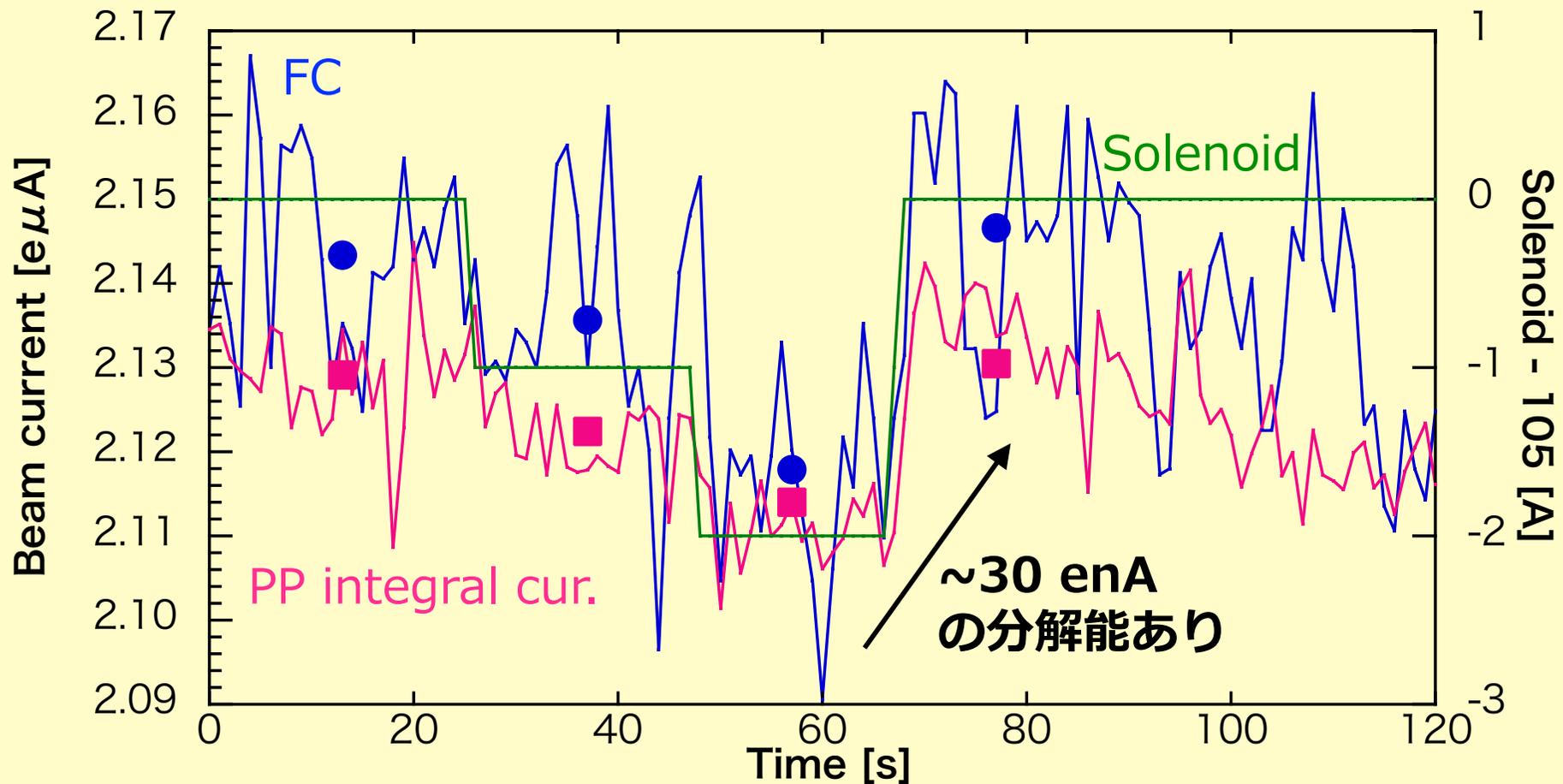
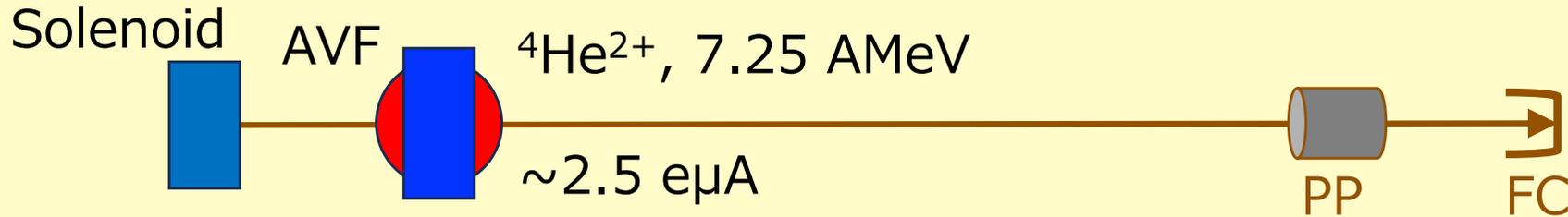
# 加速電圧の降下を補正できた



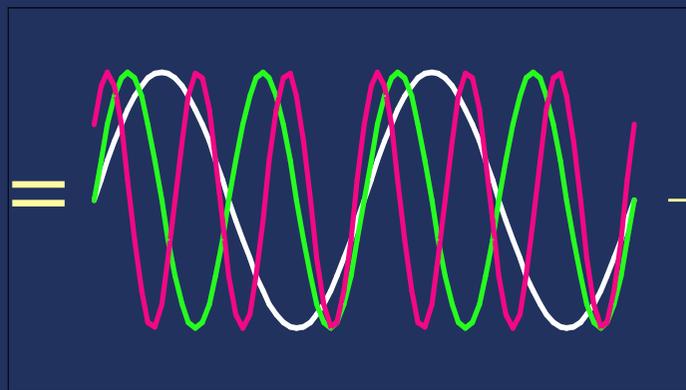
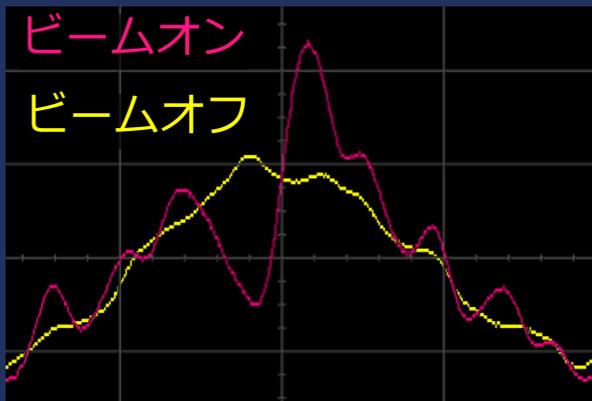
# 211At製造中のデータ: Target電流との相関



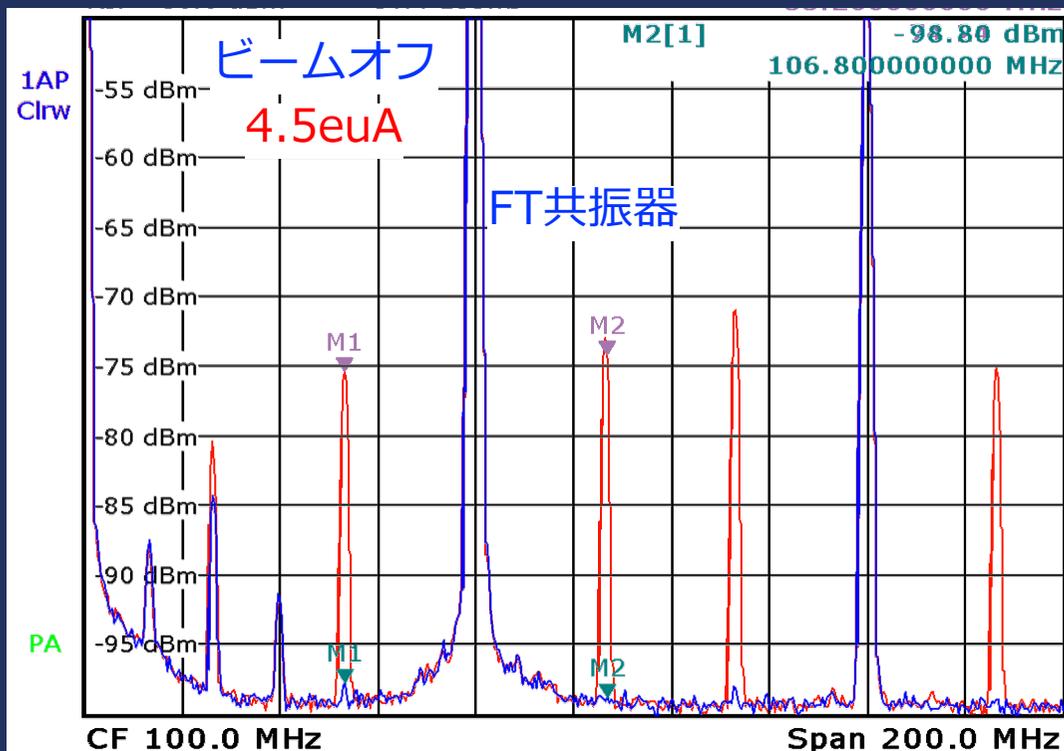
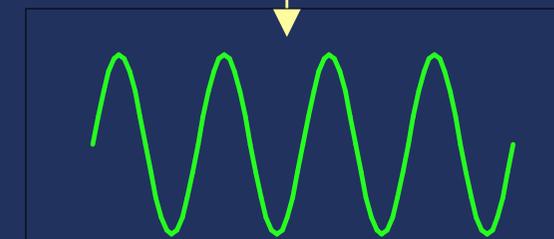
# 積分電流の分解能：～30 enA



# ロックインアンプによるビーム強度測定



LIA SR844 REF

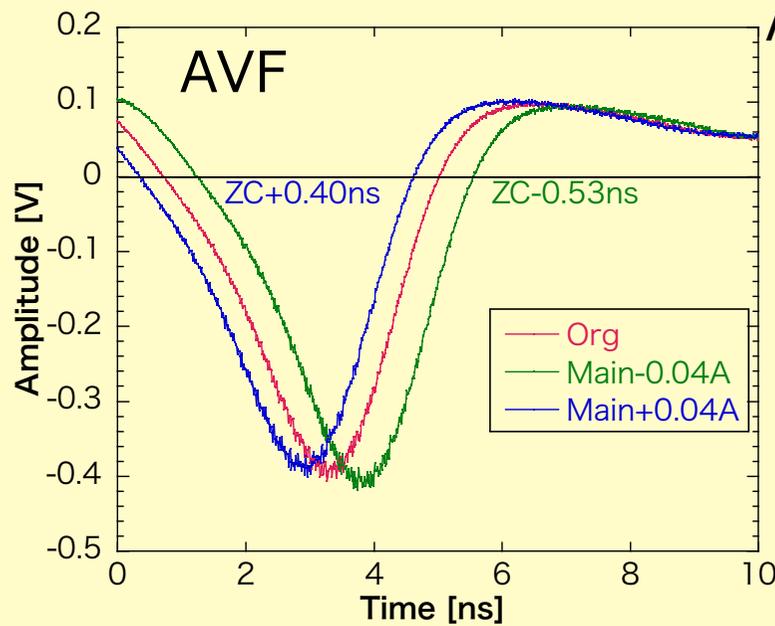


S/Nの良い成分にロックして  
振幅と位相を常時モニタ

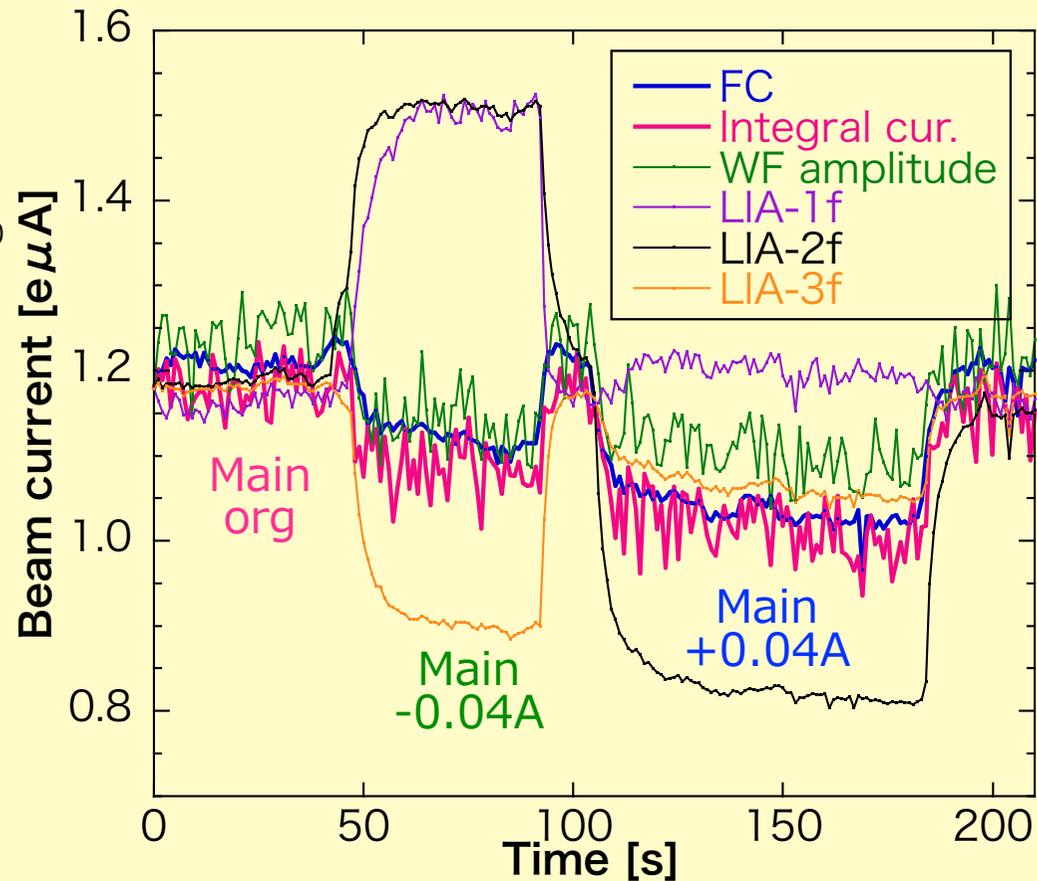
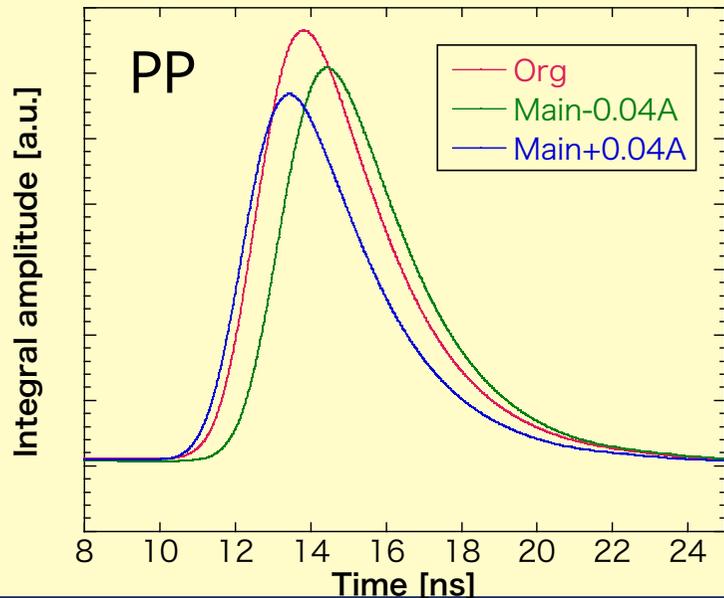
→ FC電流値と細かいところ  
で一致しない問題あり

SRC-PP#20,  $^{18}\text{O}^{6+}$ ,  
13.3 MHz, 230 AMeV

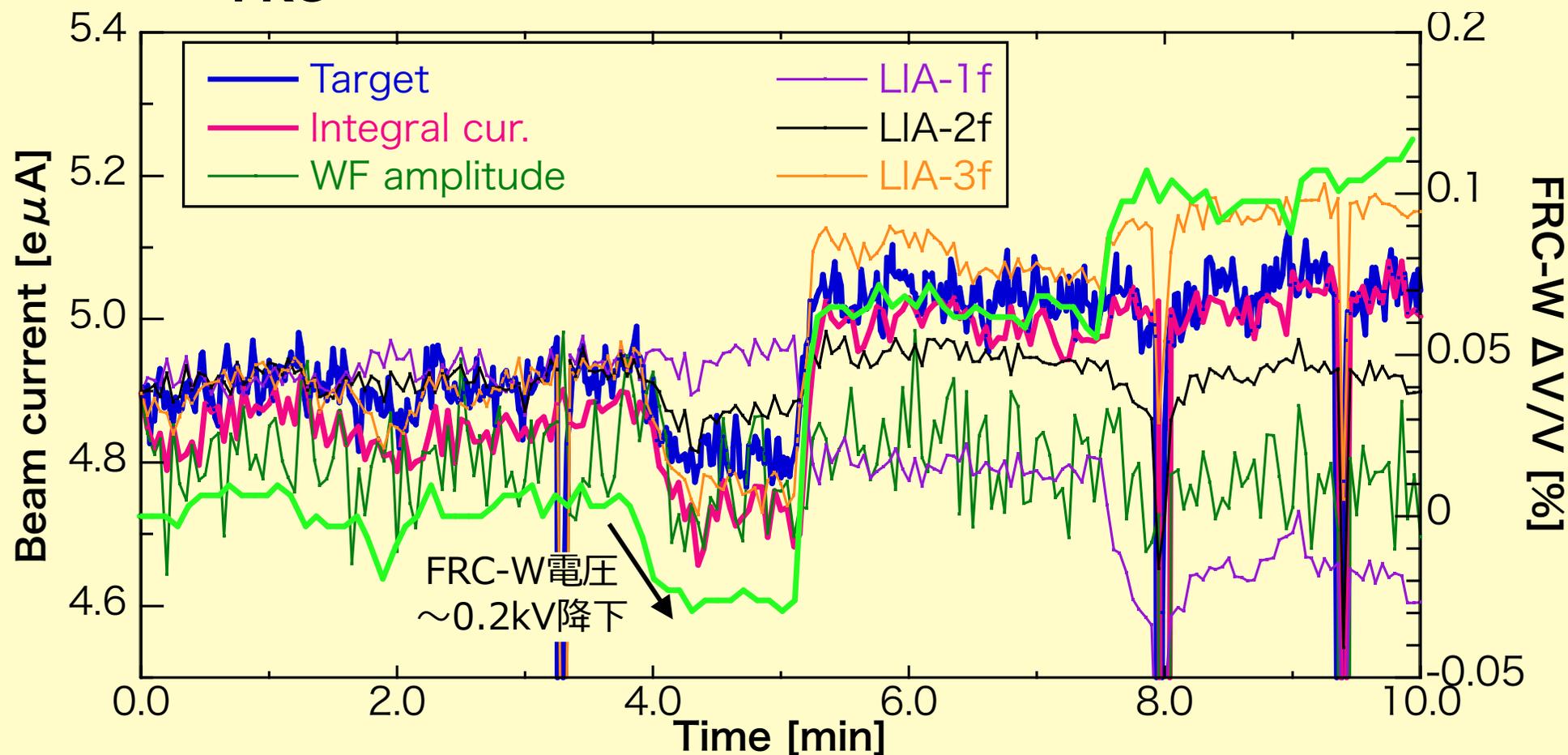
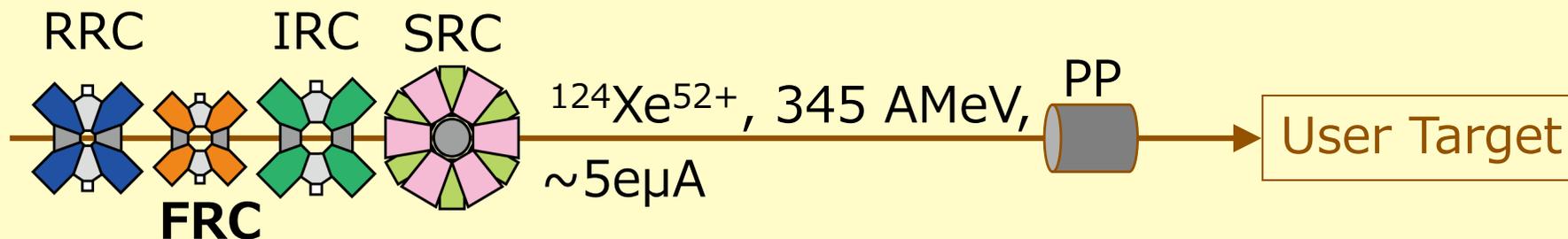
# LIA振幅との比較：等時性を変えてみる



AVF-Main coil:  $597\text{A} \pm 0.04\text{A}$



# LIA振幅との比較：RF変動からの回復



# 積分電流値の利用（1）



## 1) 振幅よりも二階積分値の方が有効

FRP011 ポスター③ 8月2日 1F大会議室 10:00-12:00

ビームエネルギー位置モニターを用いたビームエネルギー幅の測定

○宮脇 信正, 柏木 啓次, 渡辺 茂樹, 石岡 典子, 倉島 俊 (量研高崎研) ,  
福田 光宏 (阪大RCNP)

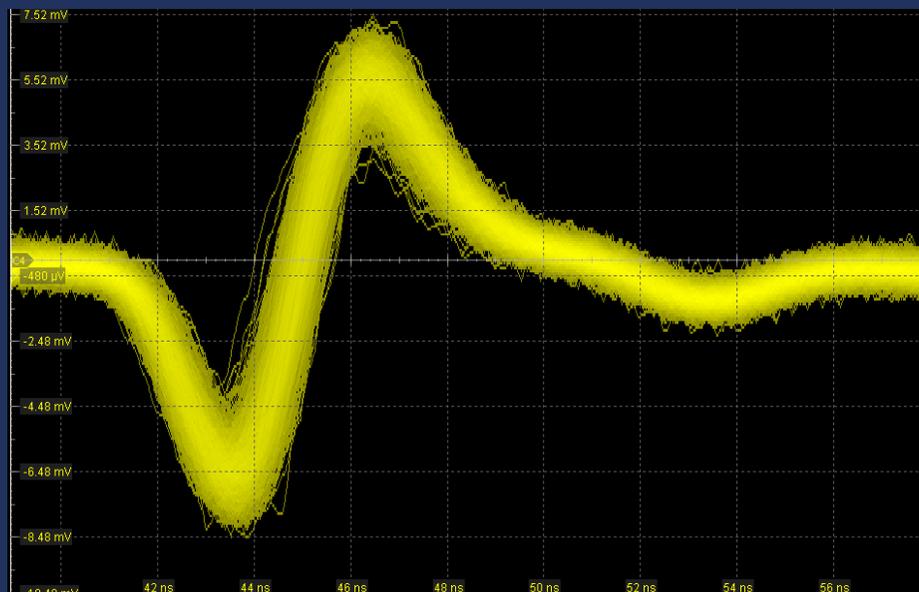
○足立 泰平, 渡邊 環, 西 隆博, 上垣外 修一 (理研仁科センター) ,  
重イオンビーム用ビーム位置モニターの設計検討 (THOA4)

Proc. of PASJ2023, Funabashi, Japan, pp. 49-54.

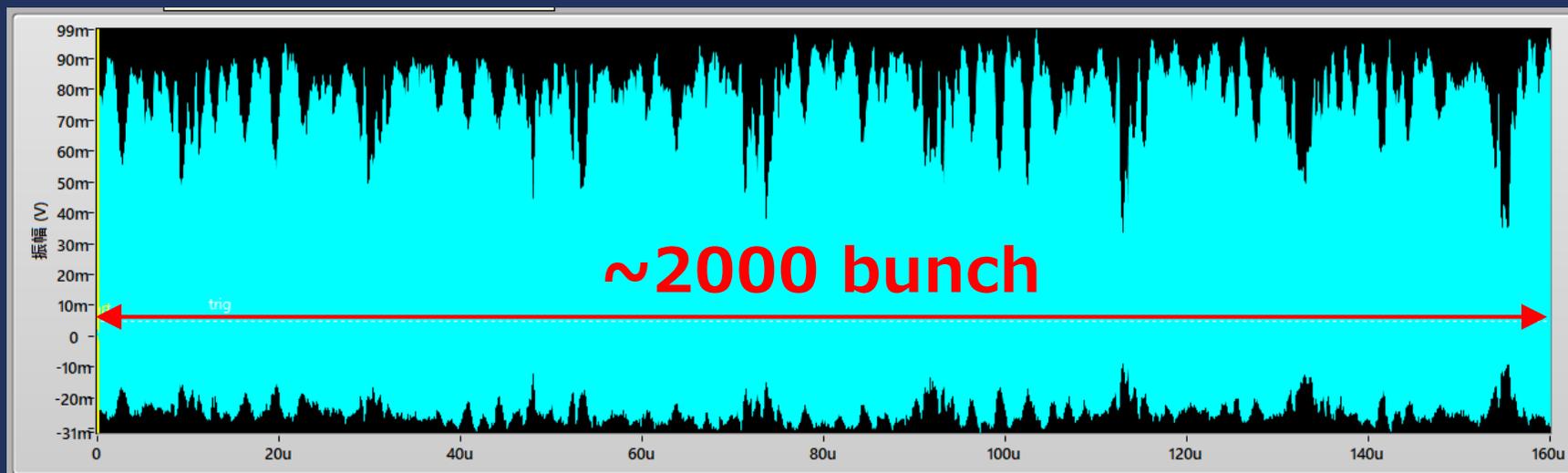
T. Nishi et al., "Development of non-destructive beam envelope measurements using BPMs for low beta heavy ion beams in SRF cavities", in Proc. of HB2023, WEA4I1, 284-289 (2023).

# 積分電流値の利用 (2)

## 2) FC電流値よりも時間構造を顕著に表す



ビーム電流量に加えて  
時間的な安定度の情報も  
→ イオン源チューニング



- ピックアップ信号を二階積分し，FC電流値との校正から積分電流値を求める手法を考案した
- 30 enA程度のビーム電流の変化に感度があることを確かめた
- 加速器のチューニングにより，ピックアップ波形が変化するような場合でも，従来のロックインプ振幅と比べても積分電流値はFC電流値とよく一致することが確かめられた



**供給強度の監視・ビーム調整に有効**  
**実際に運用中**