

レプトン対測定による ベクター中間子質量分布測定

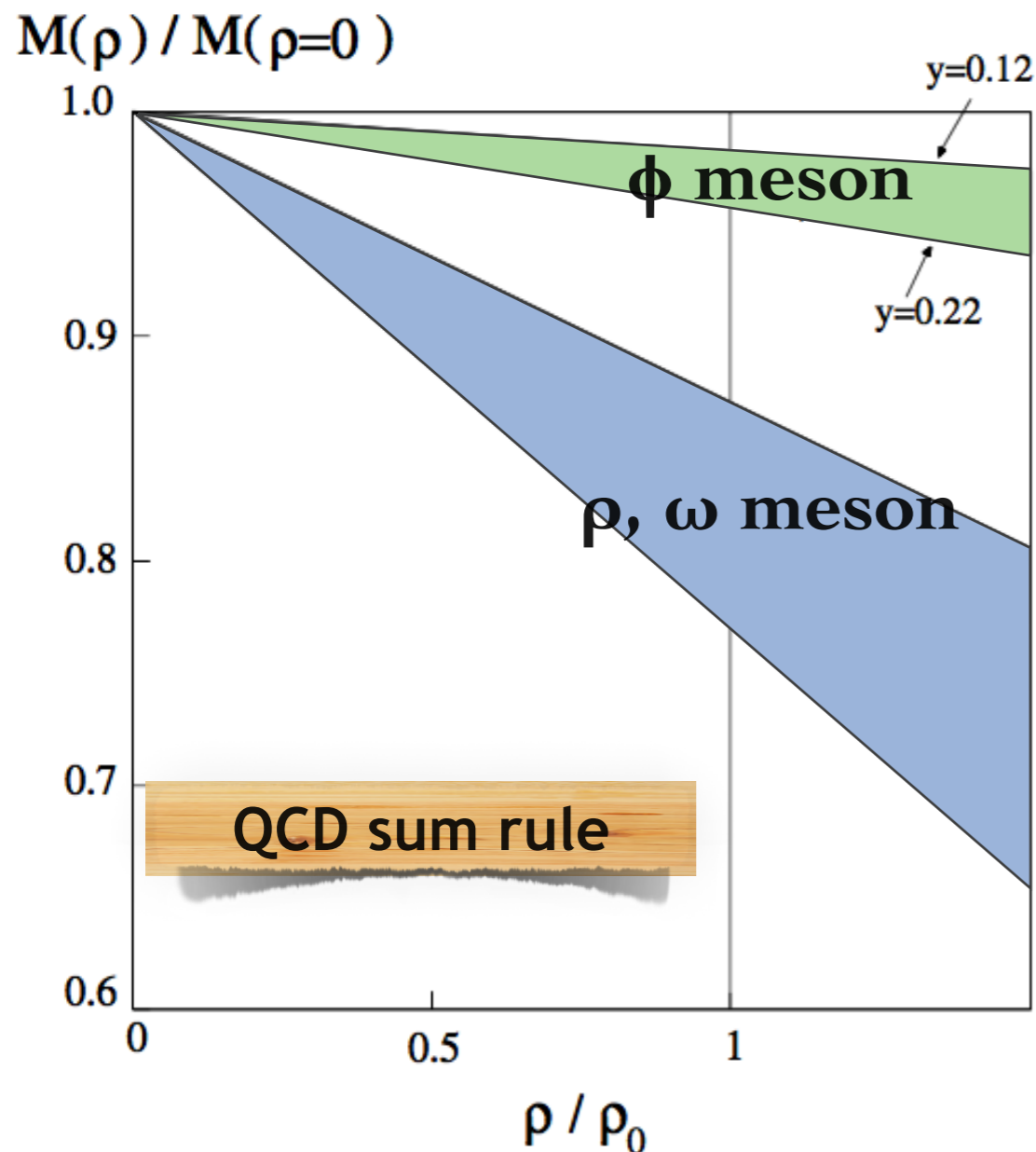
原子核・ハドロン物理学研究室

足利 沙希子

How hadron will change in medium ?

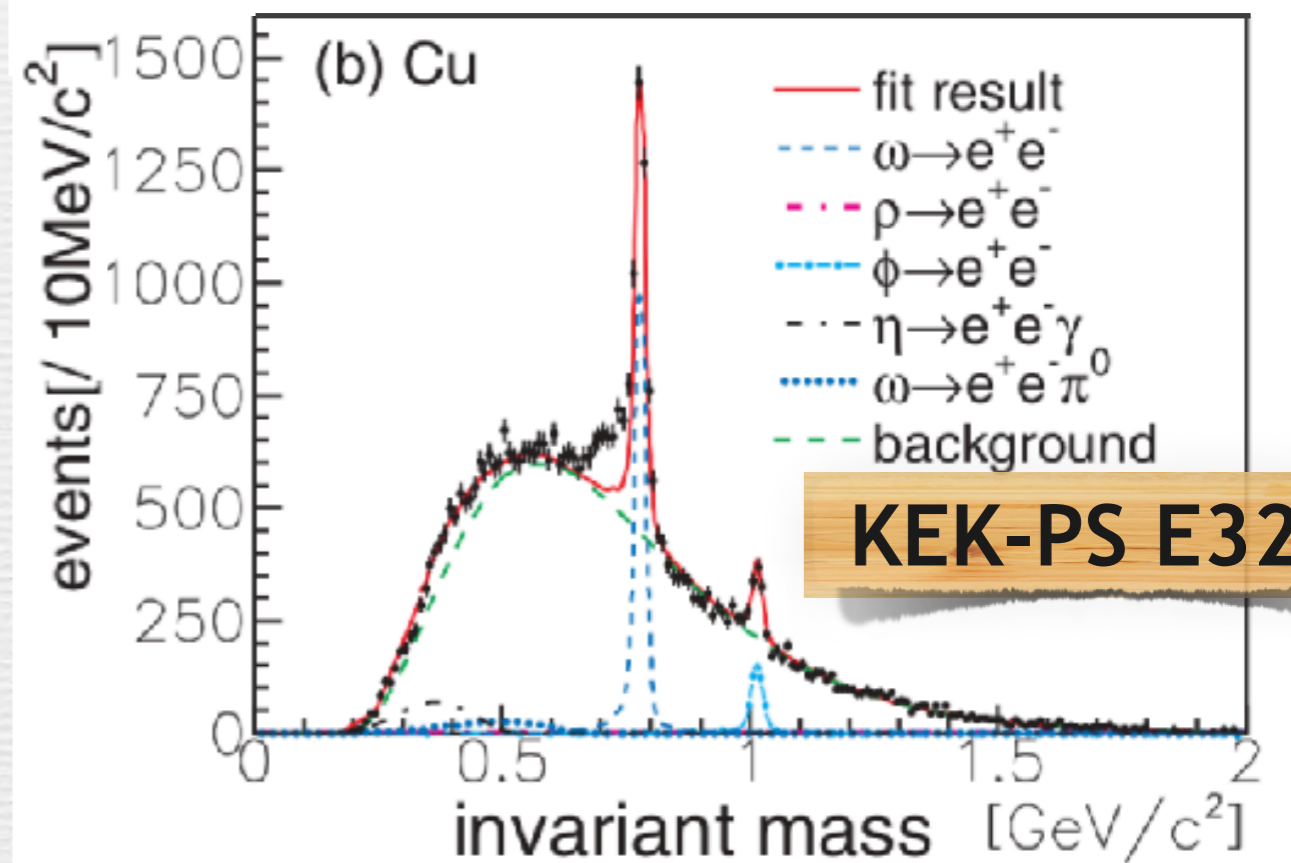
Hadron properties give crucial information for vacuum structure
vector meson could be good probe

Theoretical calculations ...



T. Hatsuda and S. H. Lee,
Phys. Rev. C 46 (1992)

Experiments ...



KEK-PS E325

Phys.Rev.Lett 96, 092301 (2006)



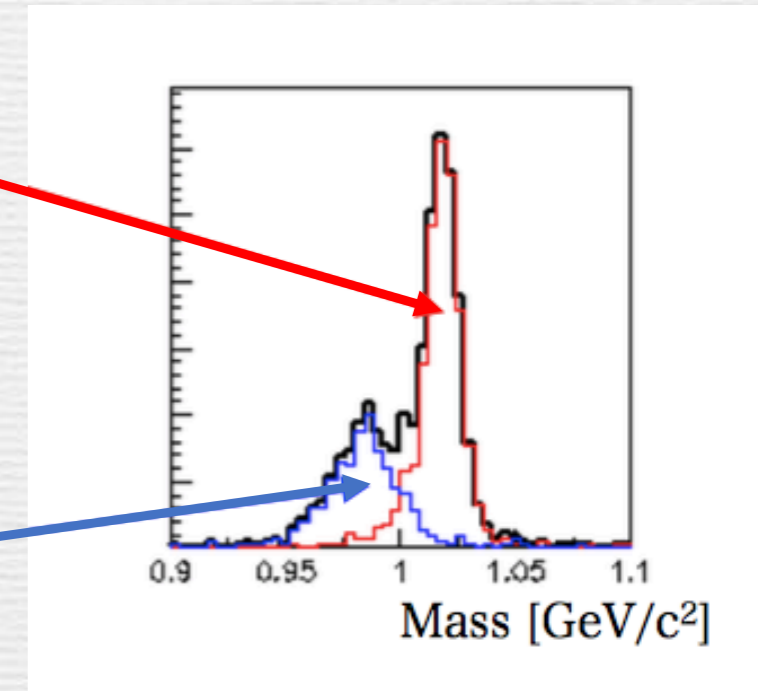
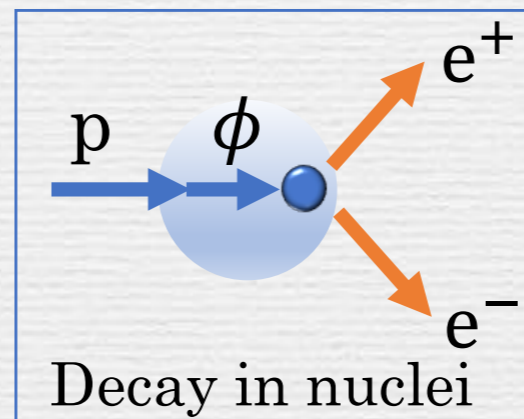
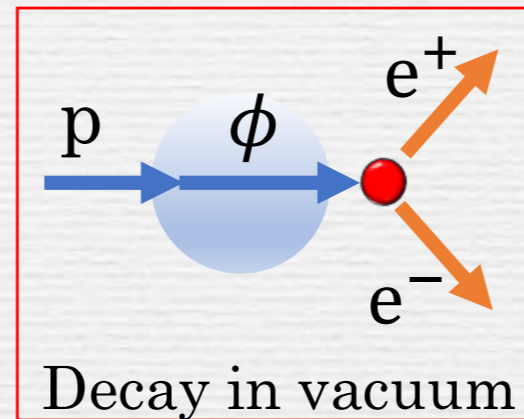
J-PARC E16 experiment

Systematic studies of the spectral change in nuclear medium

30 GeV $p + A \rightarrow \rho / \omega / \phi + X$

- nuclear size dependence
- H (CH₂), C, Cu, Pb
- meson's momentum dependence

- extract decays in medium
- dispersion relation



with state-of-the-art experimental techniques

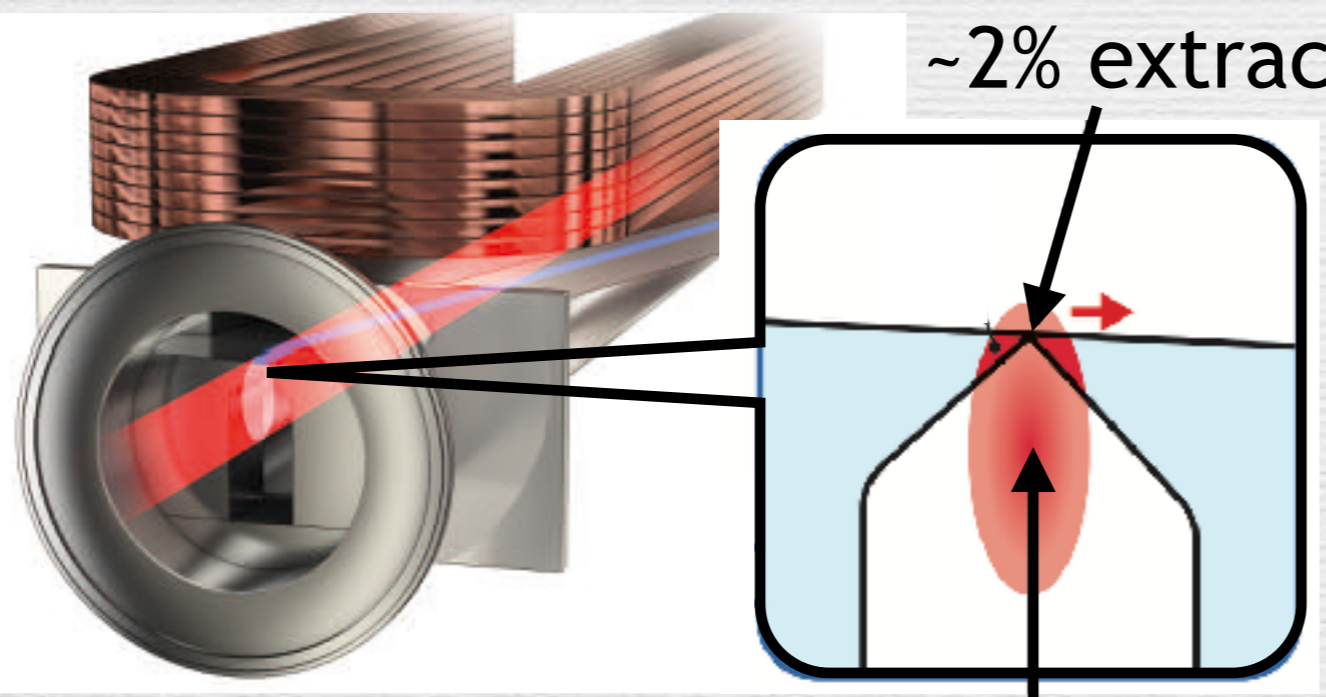
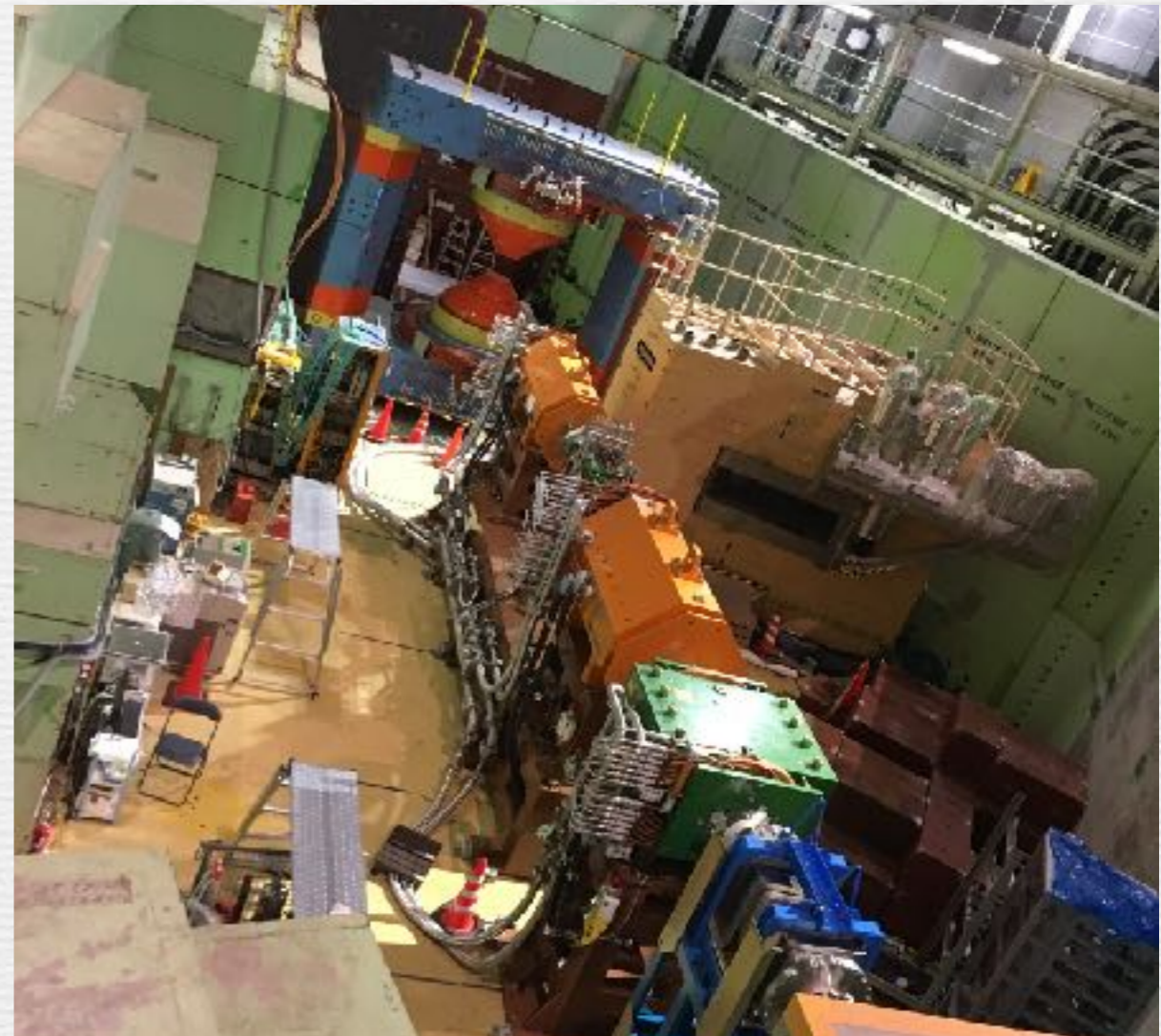
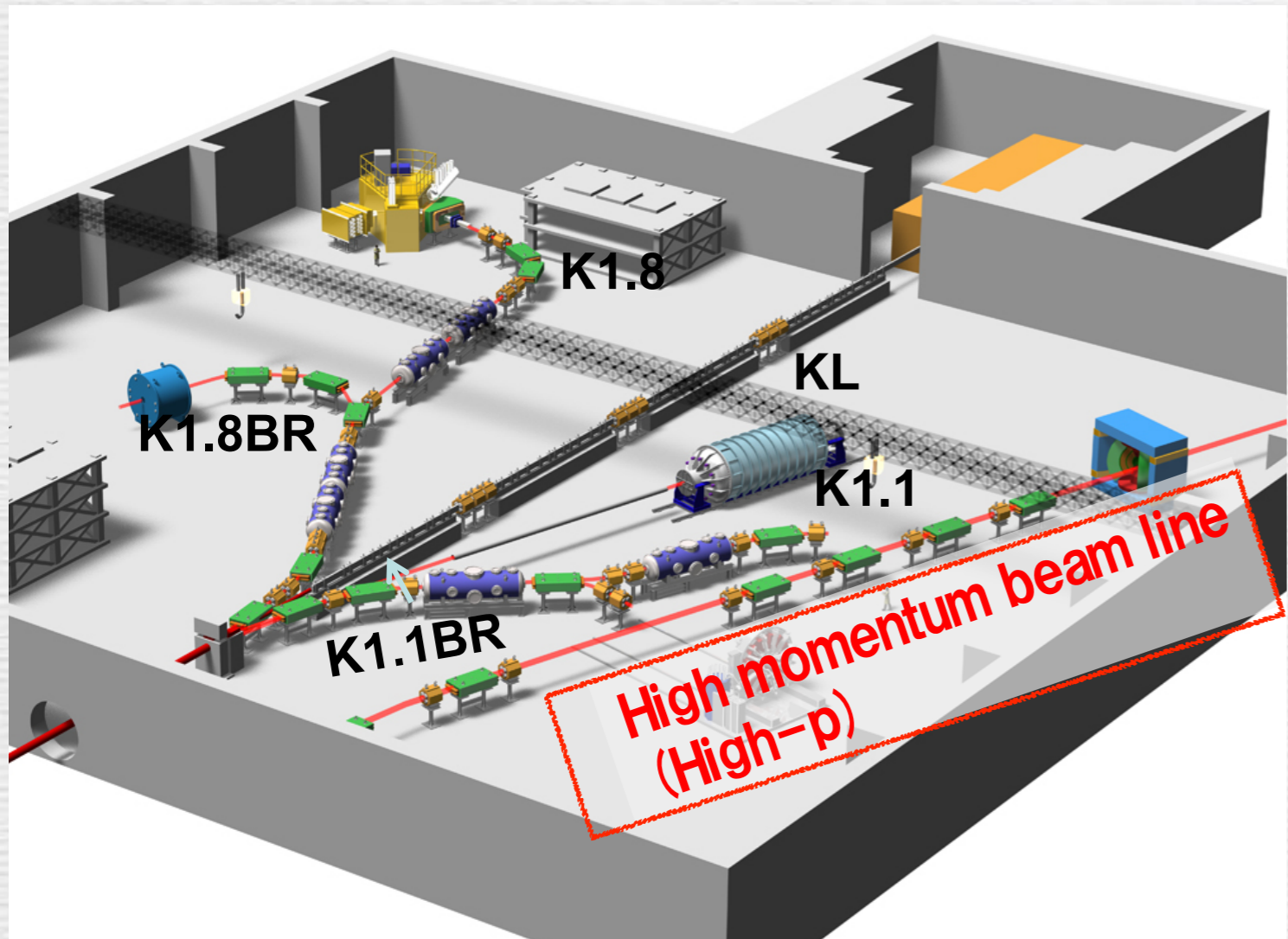
- **high statistics** ($\sim 100k \phi$)
- best mass resolution in the world ($\sim 5 \text{ MeV}$)

$\rho / \omega / \phi \rightarrow e^+e^-$ **branching ratio $\sim 10^{-4}$**

High intensity beam

High e ID performance

J-PARC new beam line



~2% extraction

Finally completed in Jan.2020 !

30 GeV (kinetic energy)

10^{10} protons / spill (2s)

to secondary target

E16 spectrometer

e ID system

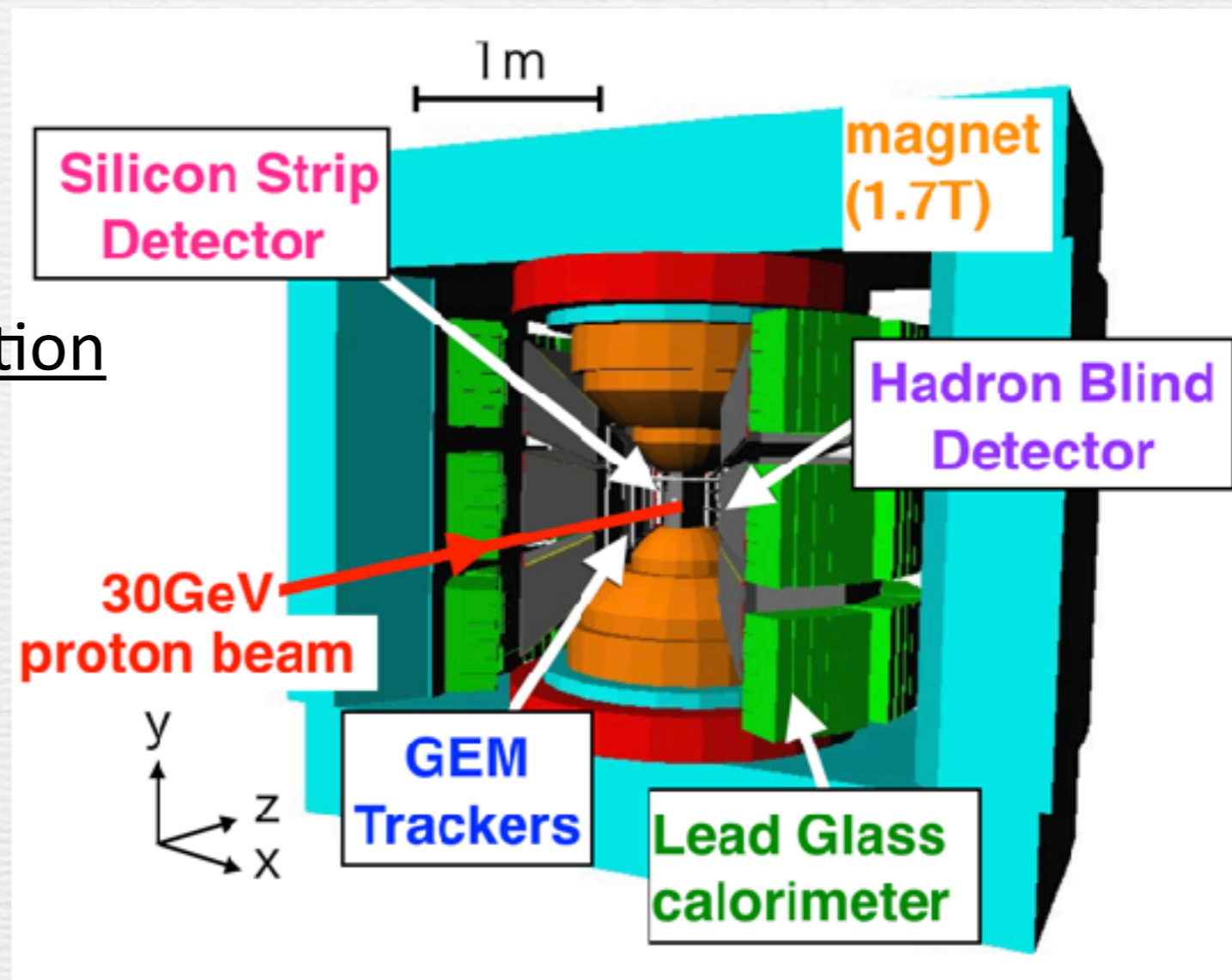
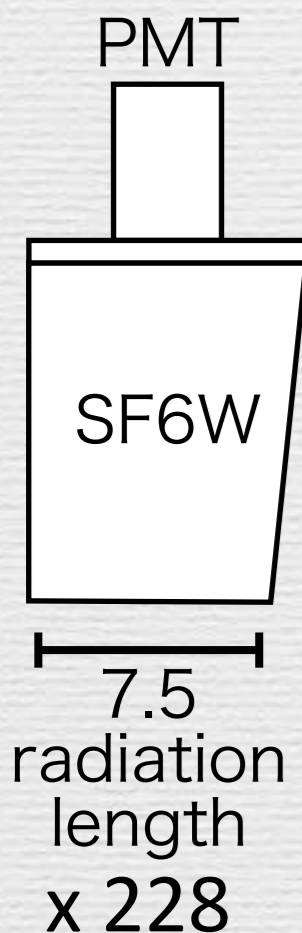
$$N_{\pi^{\pm}}/N_e = 100$$

nice efficiency & high hadron rejection

Lead Glass Calorimeter

e efficiency 90%
 π rejection 92.5%
(depend on threshold)

- high rate resistance
- 1MHz/segment
- high magnetic field resistance
- up to 500mT



Hadron Blind Detector

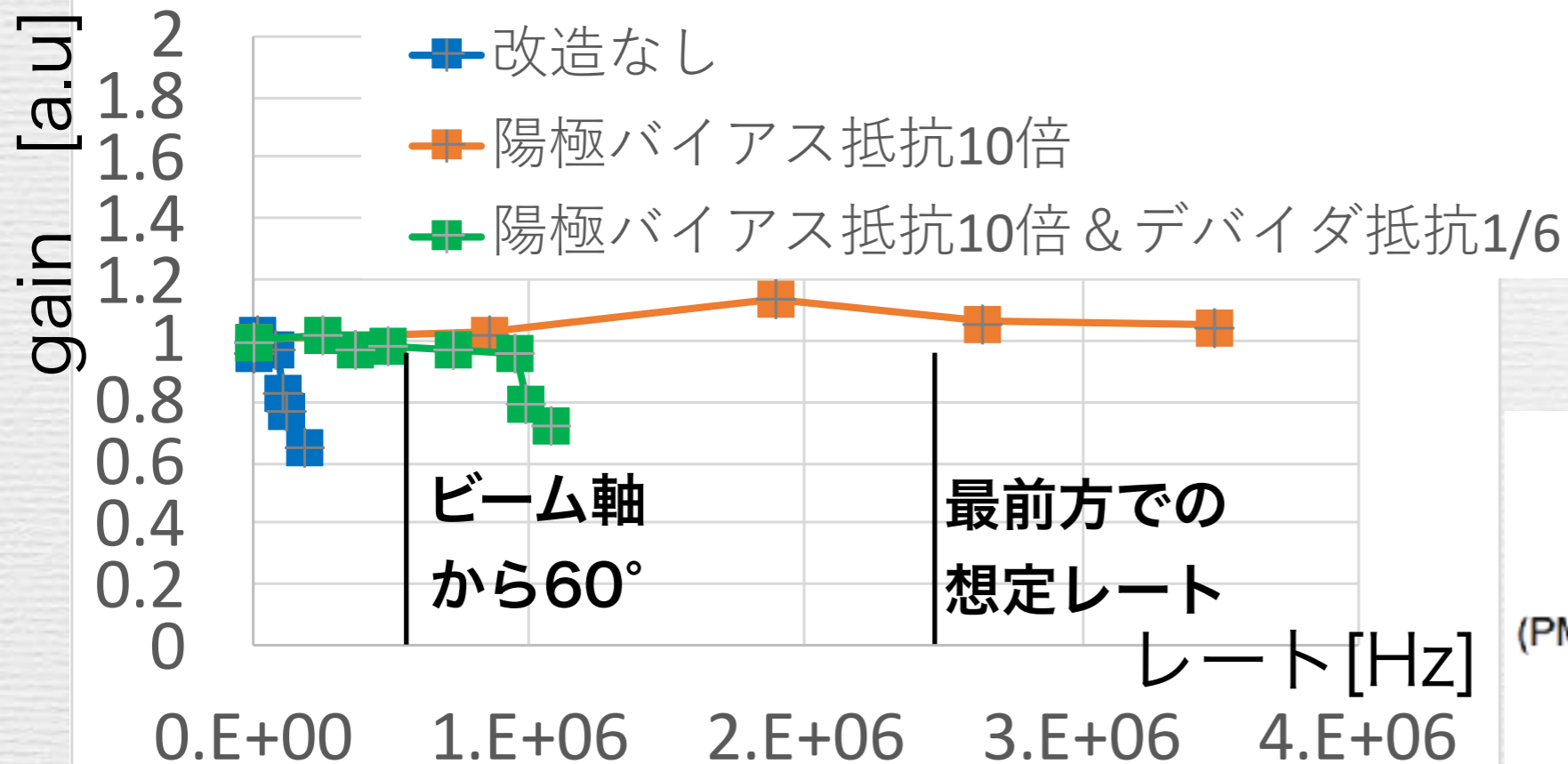
e efficiency 63%
 π rejection 99.4%

×

construction completed
in Jan.2020 !

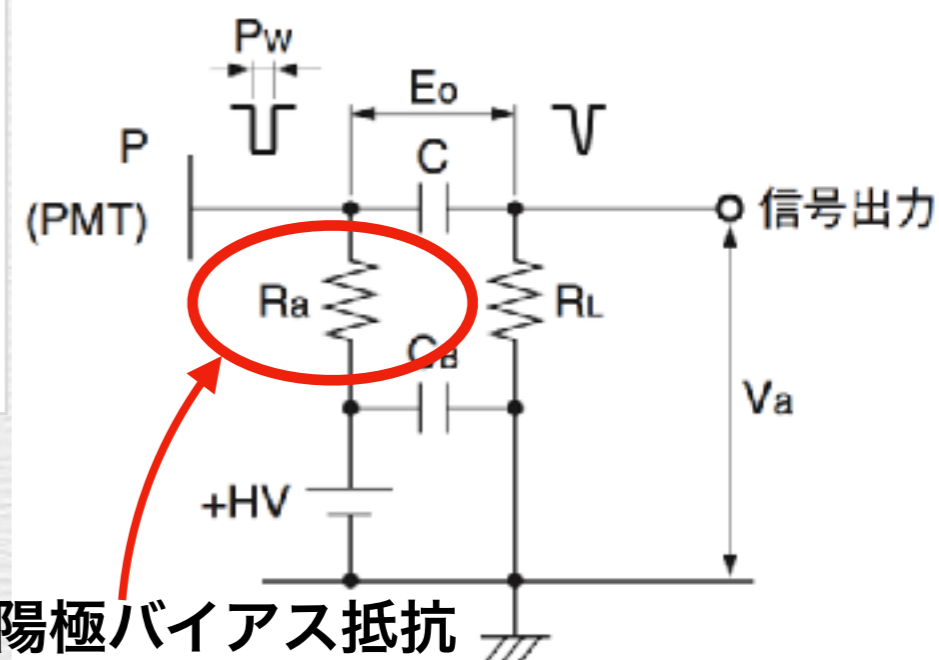
E16 lead glass calorimeter R&D

☑ 高カウントレート耐性 R6683 3" Positive PMT デバイダ基板を改造

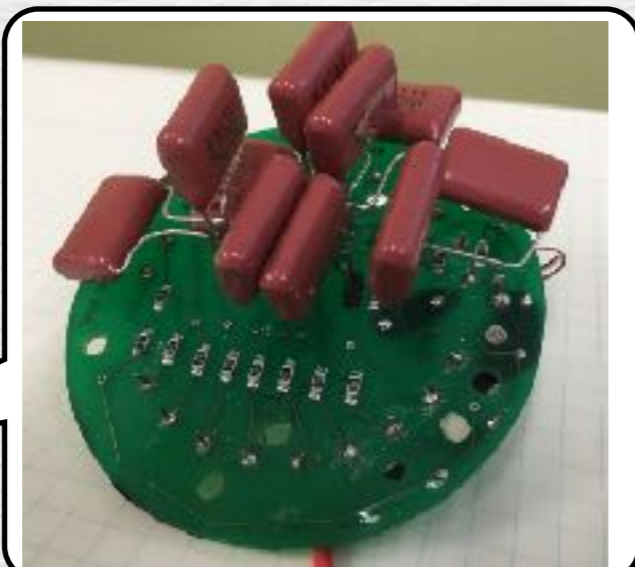


💡 回路の抵抗分割 $\times 1/6$
($1.3\text{M}\Omega \rightarrow 210\text{k}\Omega$)

💡 陽極バイアス抵抗 $\times 13$
($100\text{k}\Omega \rightarrow 1.3\text{M}\Omega$)



基板のプロトタイプ



増幅回路の後段での電圧低下を阻止
→ レート耐性が大幅に向上

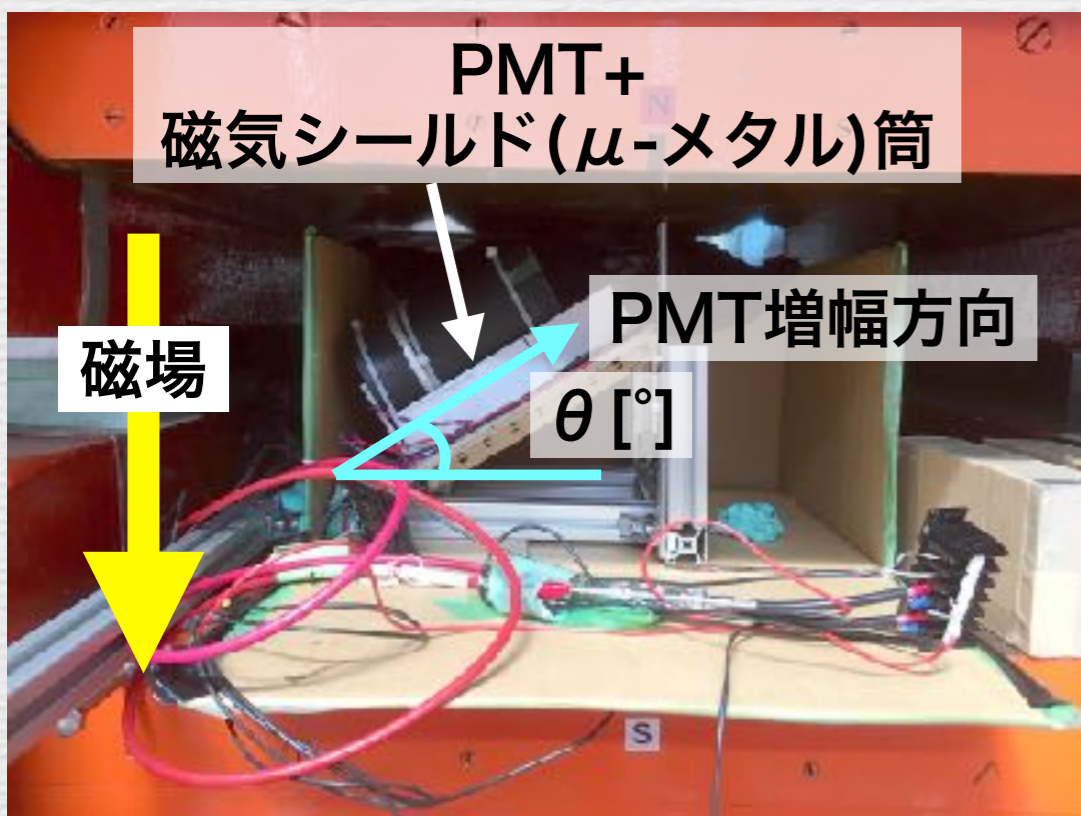
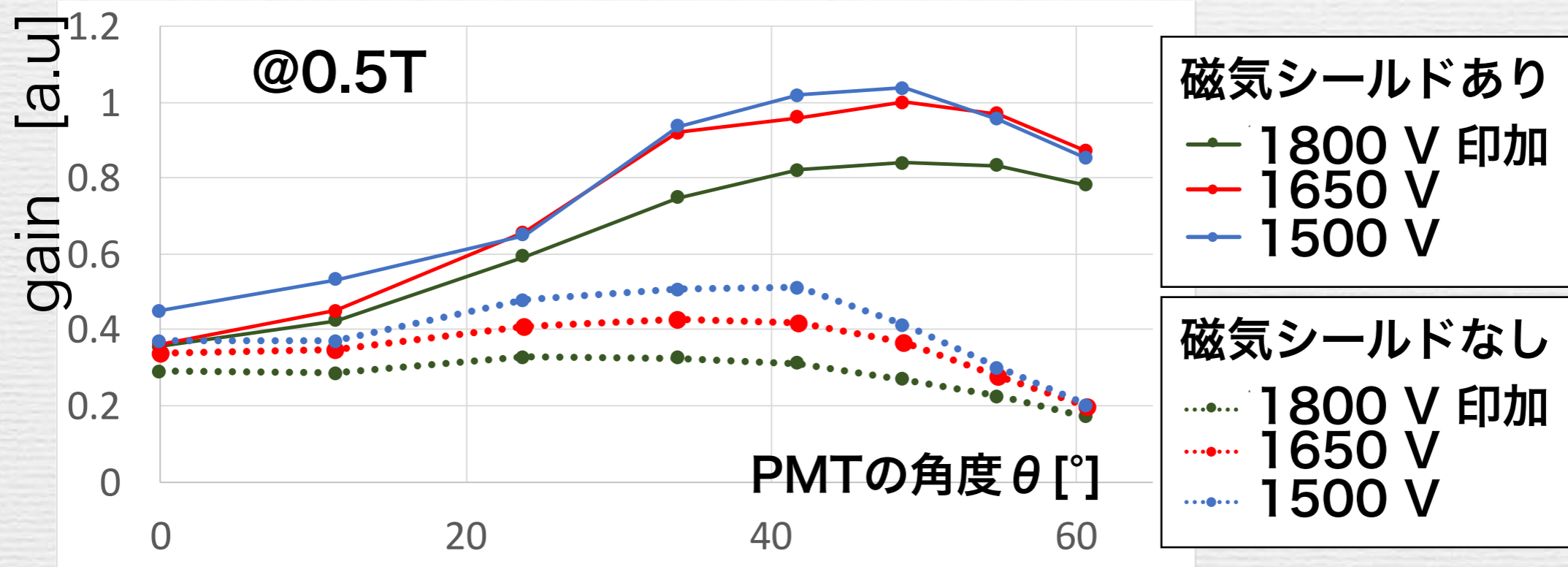
合計100個を改造

特にレートが高くなる前方セグメントに採用

E16 lead glass calorimeter R&D

☑ 高磁場耐性

磁場に対するPMT増幅部の角度とゲインの関係



スペクトロメータ内で想定される磁場(0.1-0.5T)でのPMTのゲインの変化を測定

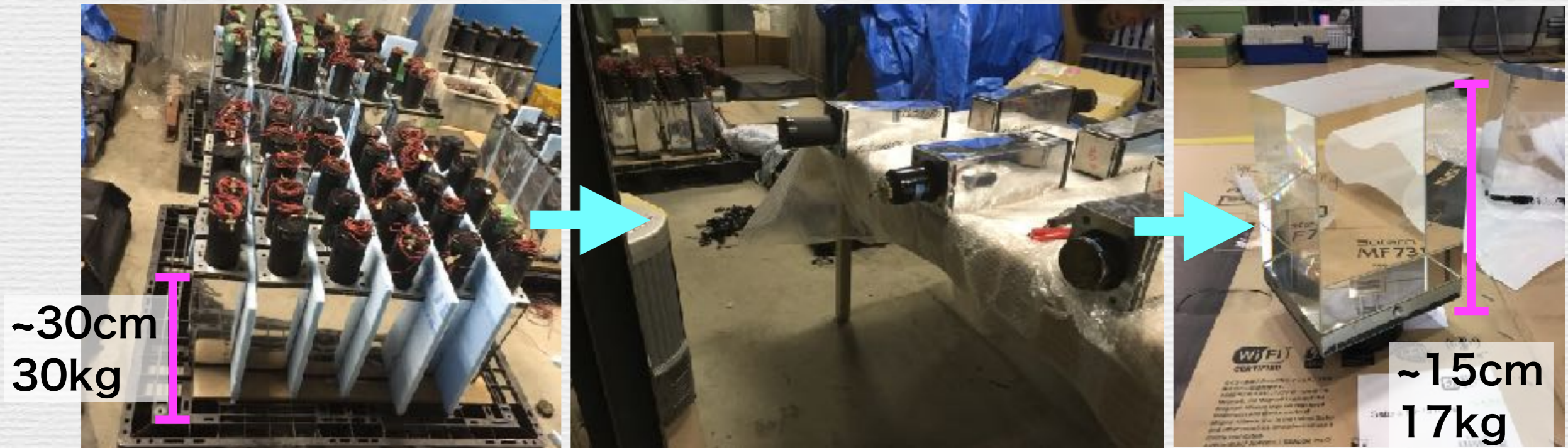
μ -メタル製の磁気シールドを取り付けるとゲインは上昇することが判明した

💡 磁場の有無によりスペクトロメータ中で最大で50%程度ゲインが変化すると予想

→ 実機インストール後、測定されたゲイン変化は最大で40%程度

E16 lead glass calorimeter construction

KEKに保管されている鉛ガラス約200本を分解・切削



1ブロックの大きさを約半分加工

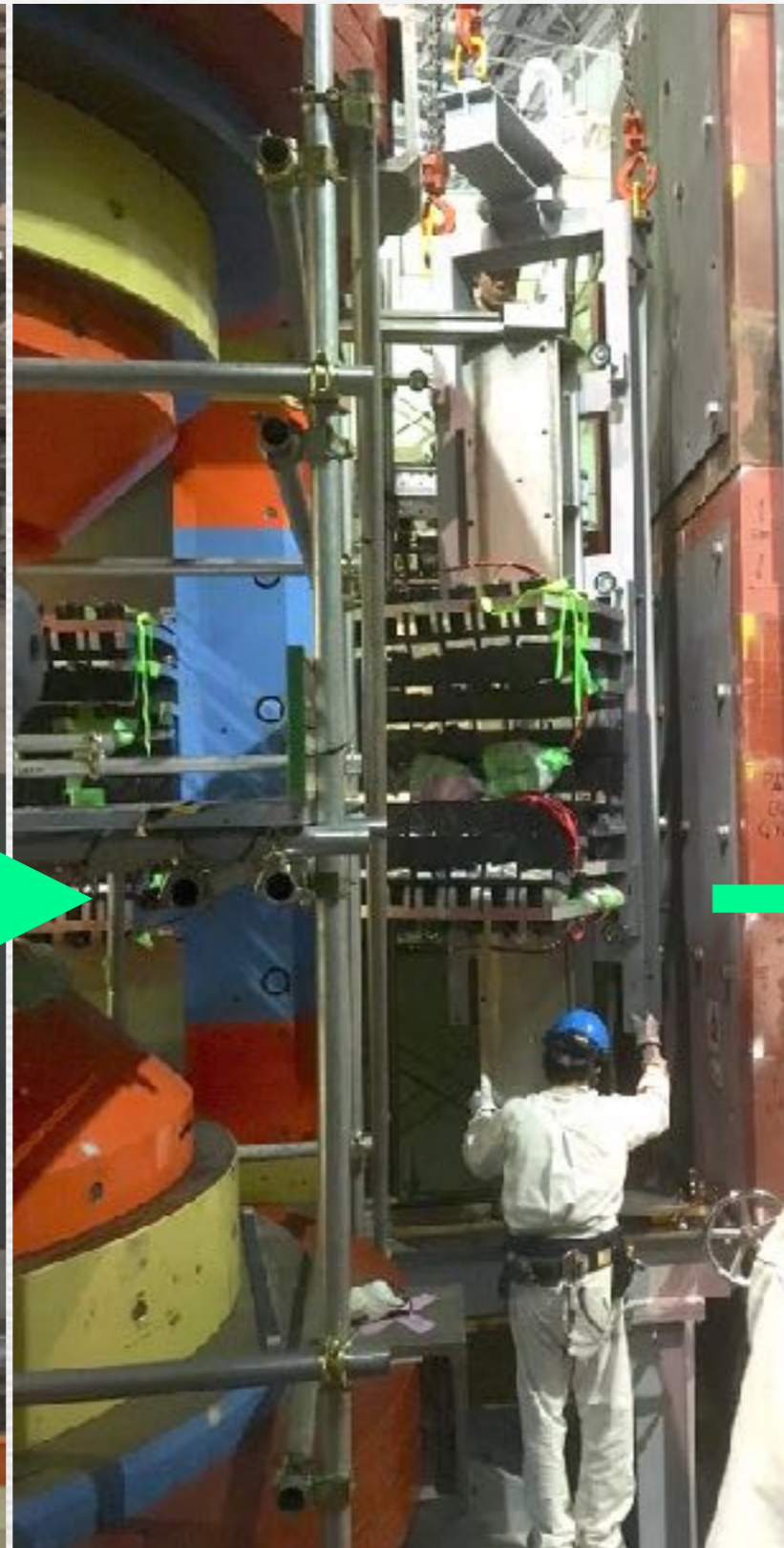
→ 1読み出しあたりのカウントレートを~1 MHzに抑える設計

改造したPMTを接着→組み立て



E16 lead glass calorimeter construction

6台をスペクトロメータ電磁石内にインストール



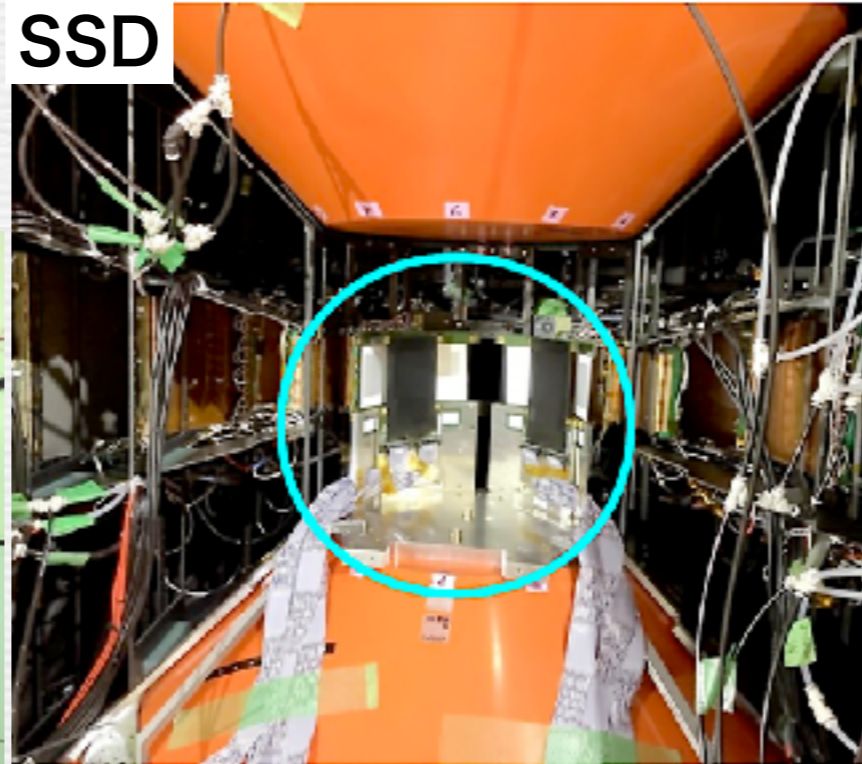
4-5mの柱に検出器を取り付け
レールとねじで電磁石内へ

<設置完了>

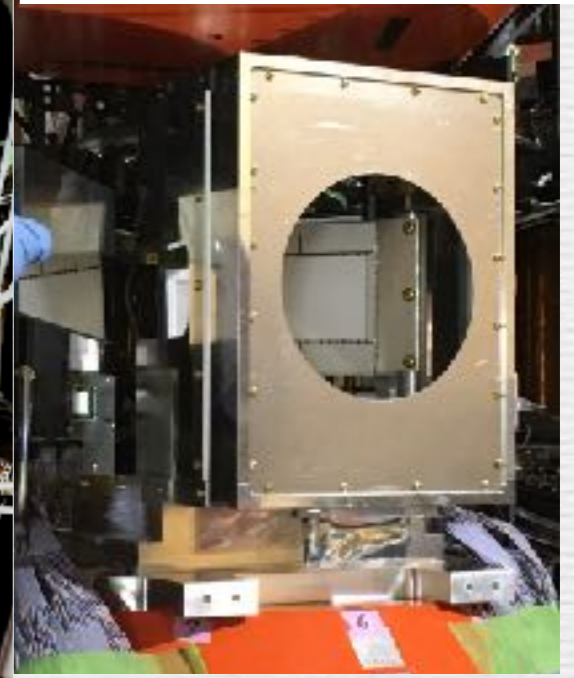
E16 spectrometer construction

6ヶ月で全ての検出器をインストール

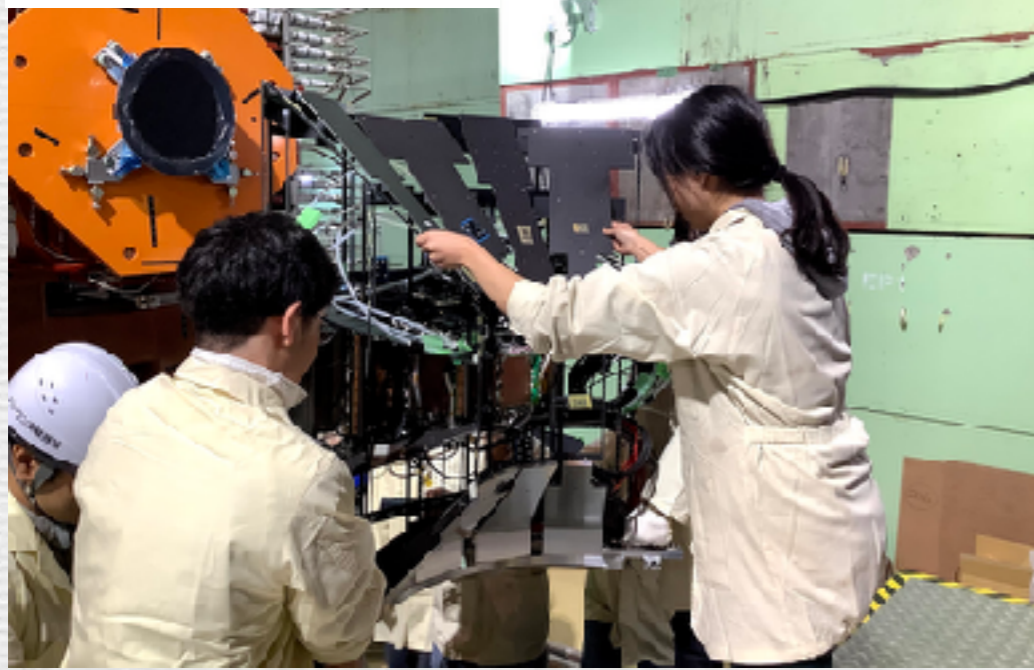
SSD



target chamber



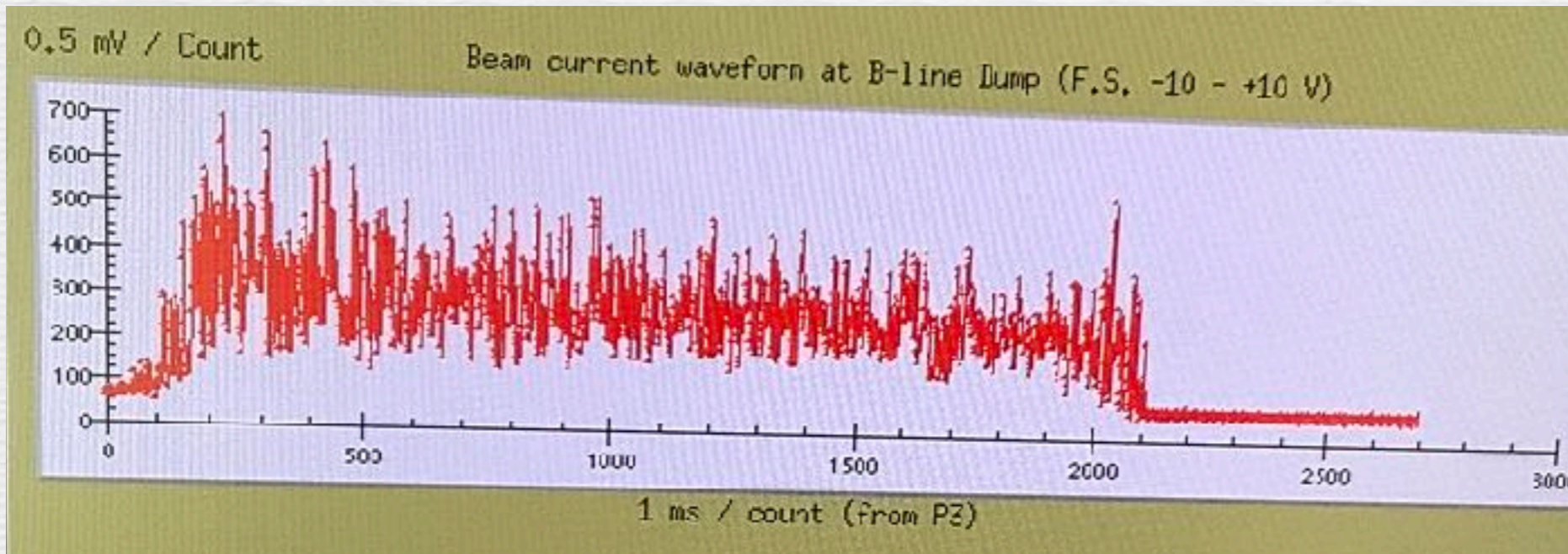
GEM trackers



Hadron Blind Detector

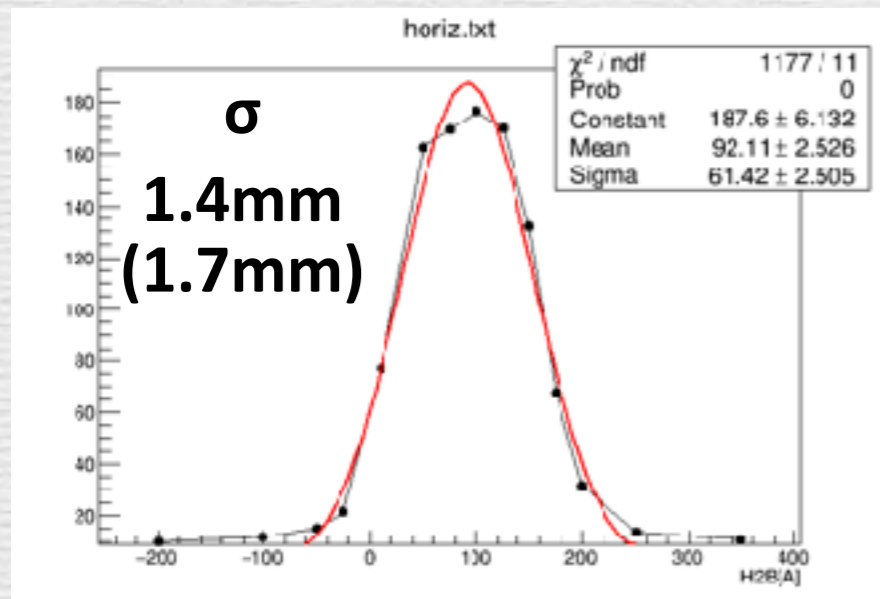


spill 構造

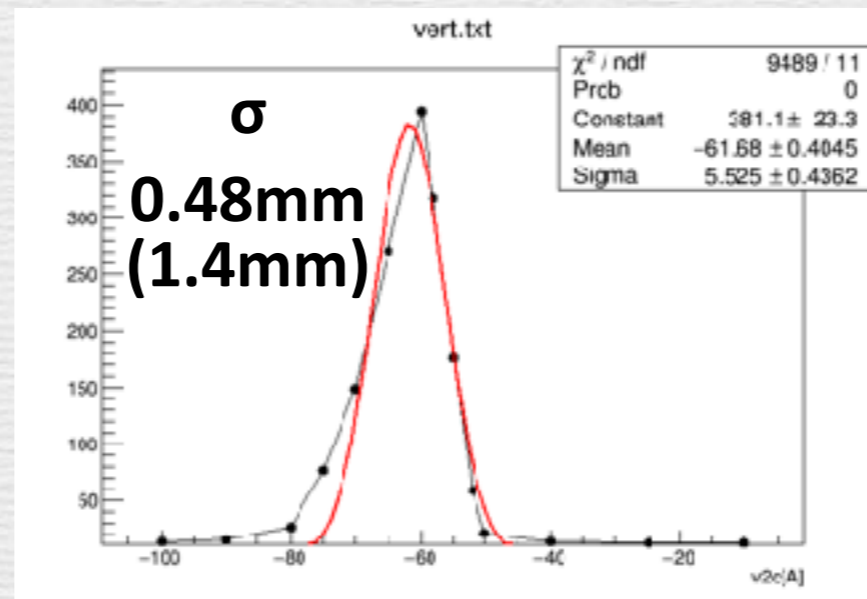


beam profile ()内は設計値

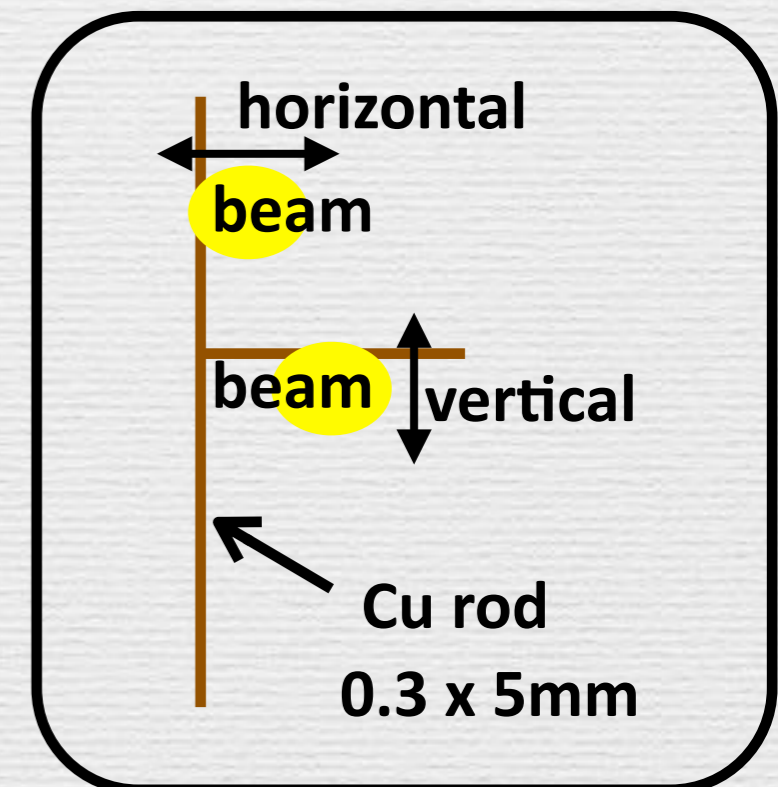
horizontal



vertical

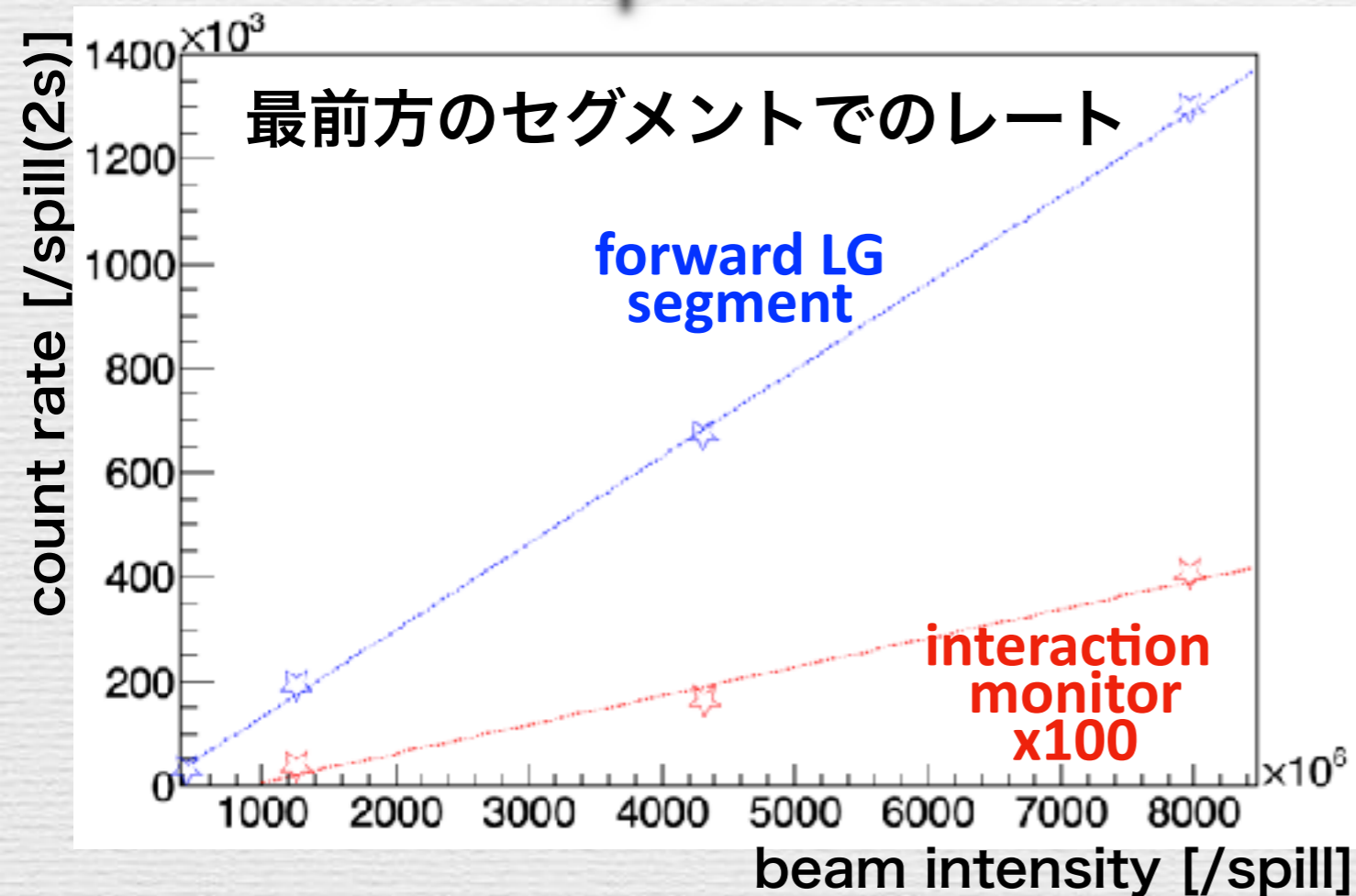
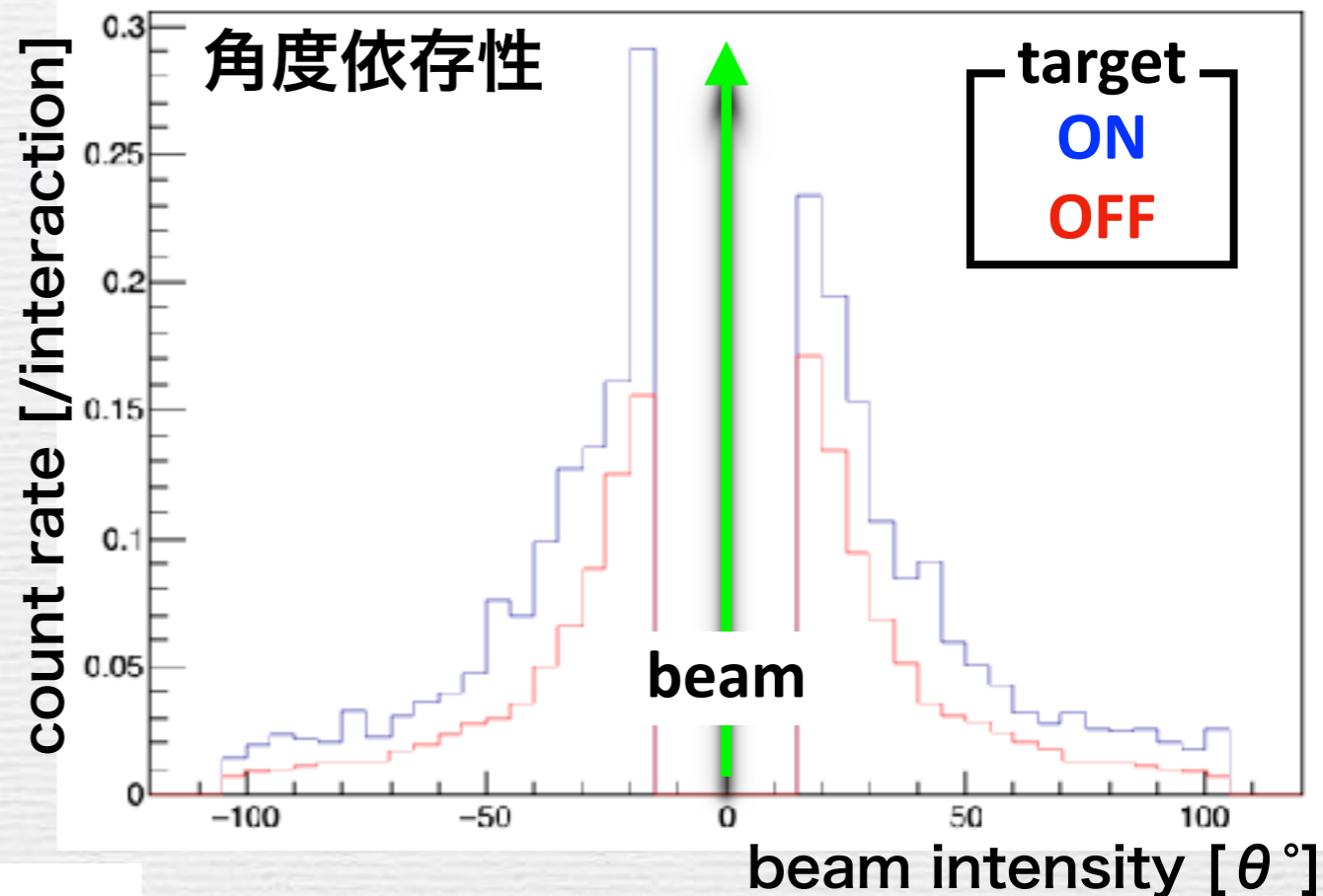
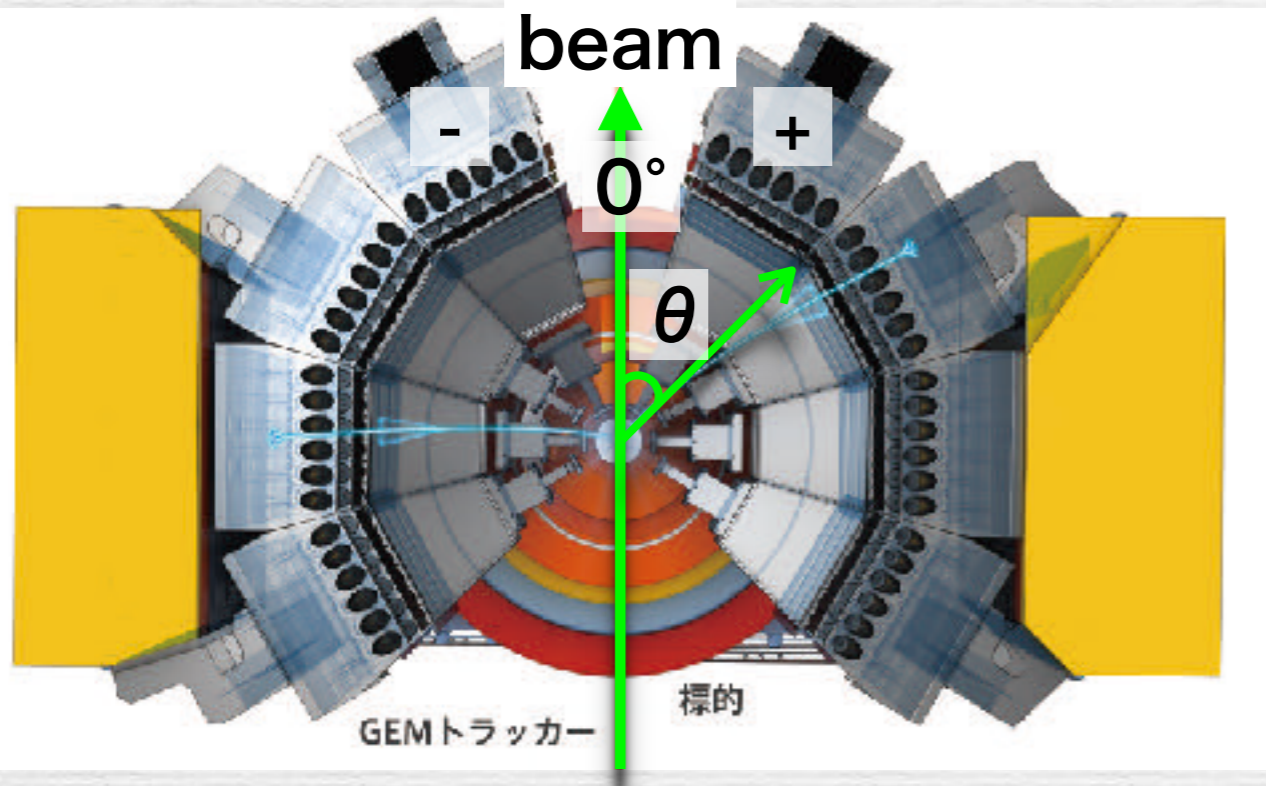


設計値よりも細いビームが実現できた!



E16 lead glass commissioning

☑ カウントレート



シングルレートは想定の1.2-1.3倍
カウントの半分はバックグラウンド
-> 今後さらなるビーム調整が必要

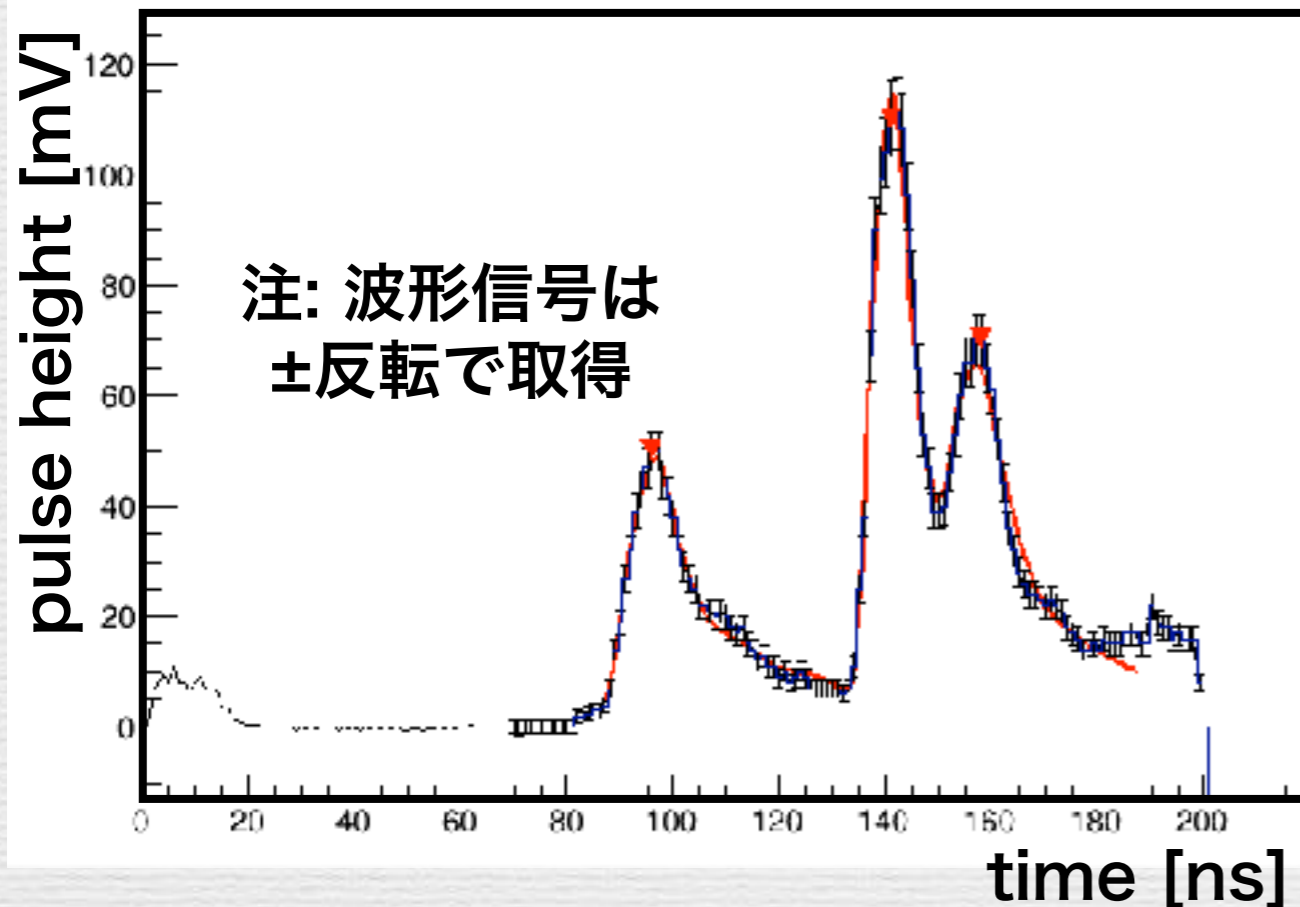
今回の最高ビーム強度
~ 8×10^9 p/spill

高レート環境でのPMTのゲイン低下は
確認されず、問題なく動作している

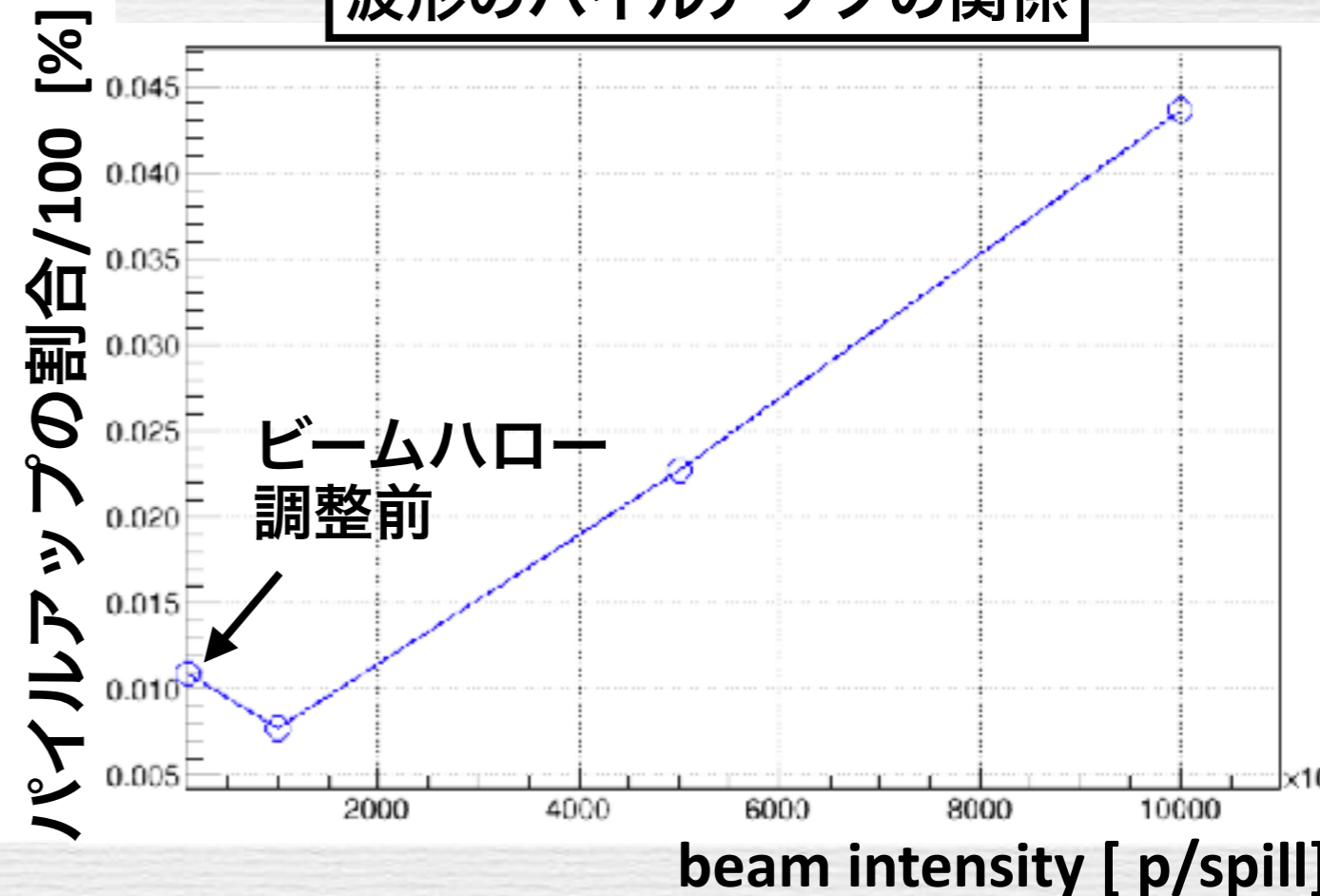
E16 lead glass commissioning

☑ 波形のパイルアップ

典型的なパイルアップ信号



ビームレートと 波形のパイルアップの関係



パイルアップの割合はビームレートに伴って増える
(~ 4.4% @ 7.8×10^9 p/spill beam)

波形をテンプレートフィット
→ 重なり合った波形を分けることが可能

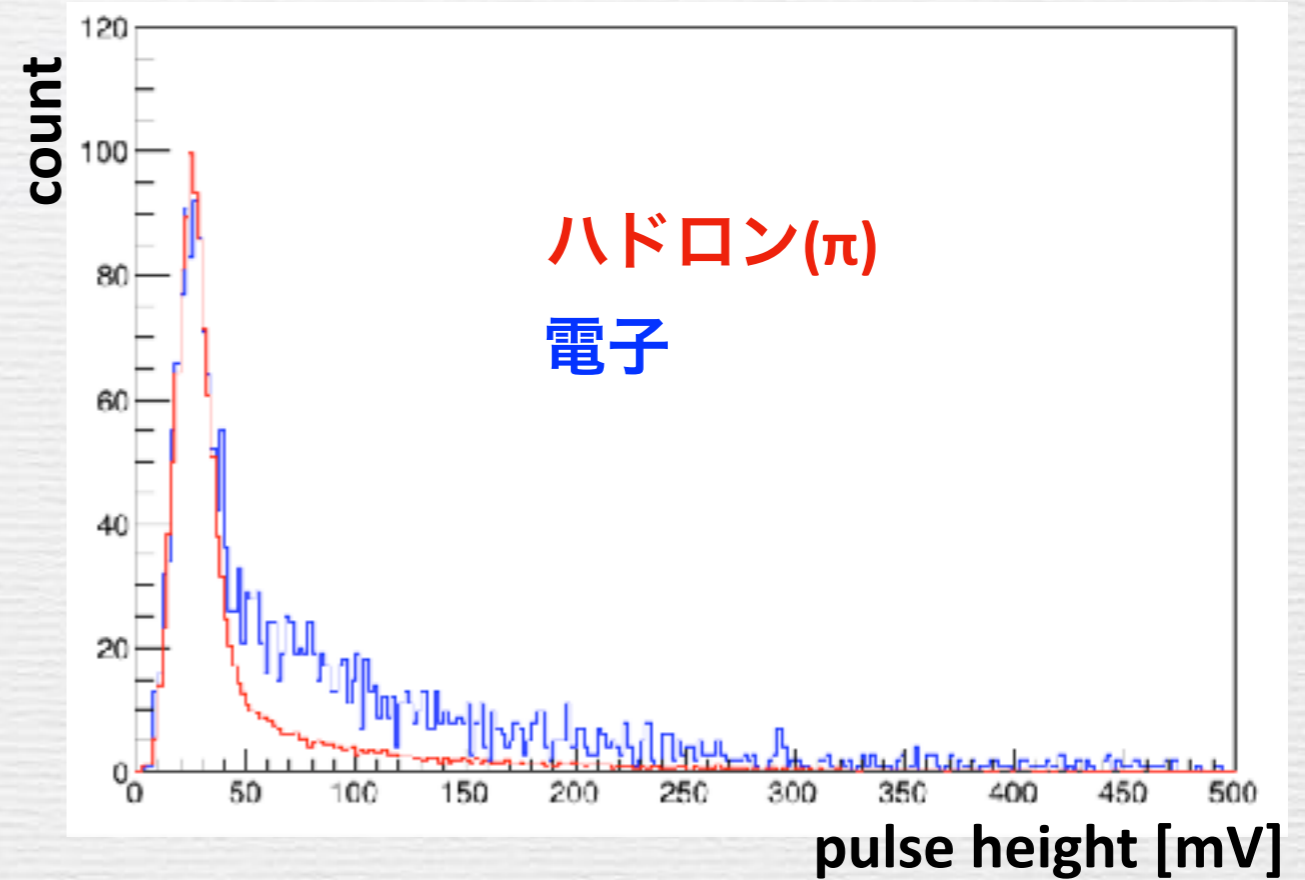
高レートによるe ID性能の悪化を防ぐことが期待できる

E16 lead glass commissioning

☑ 1セグメントの応答

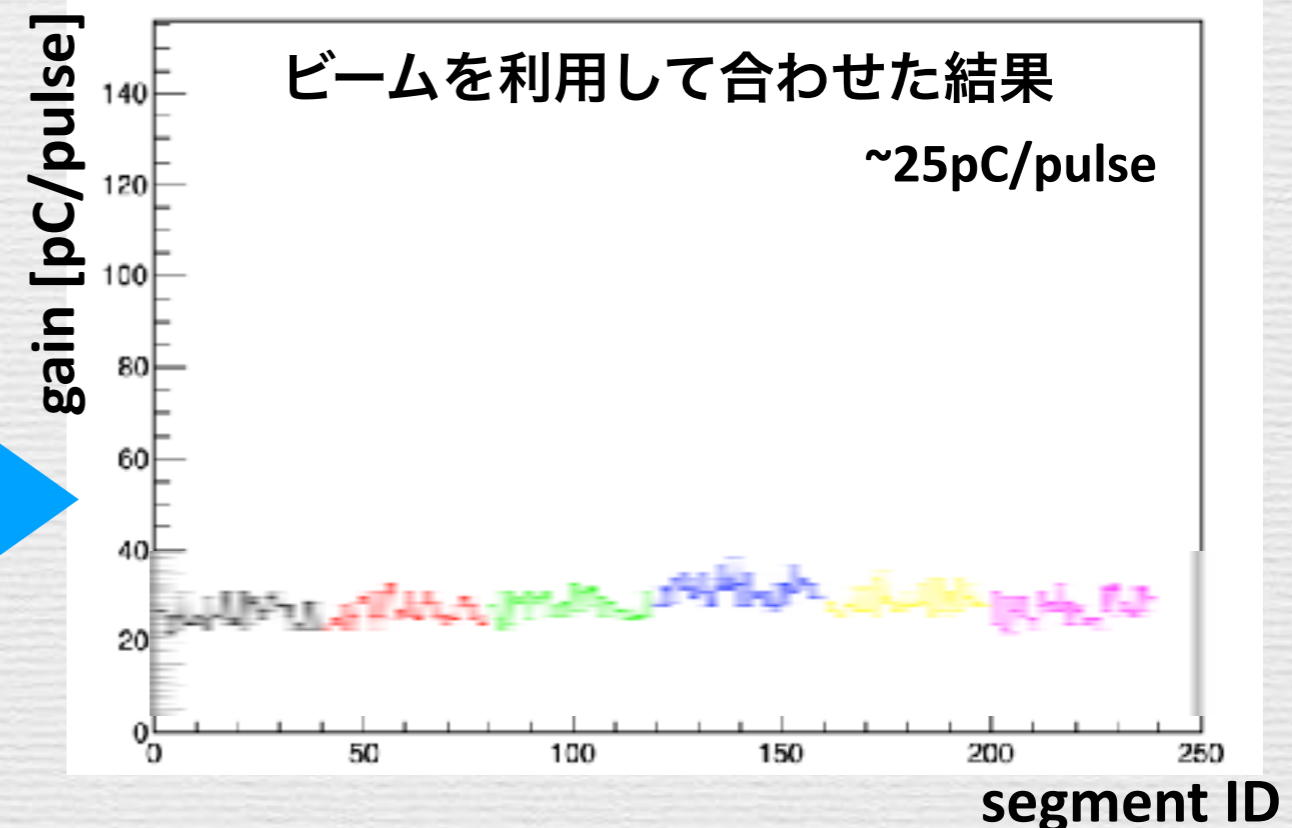
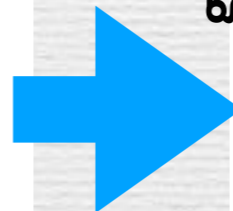
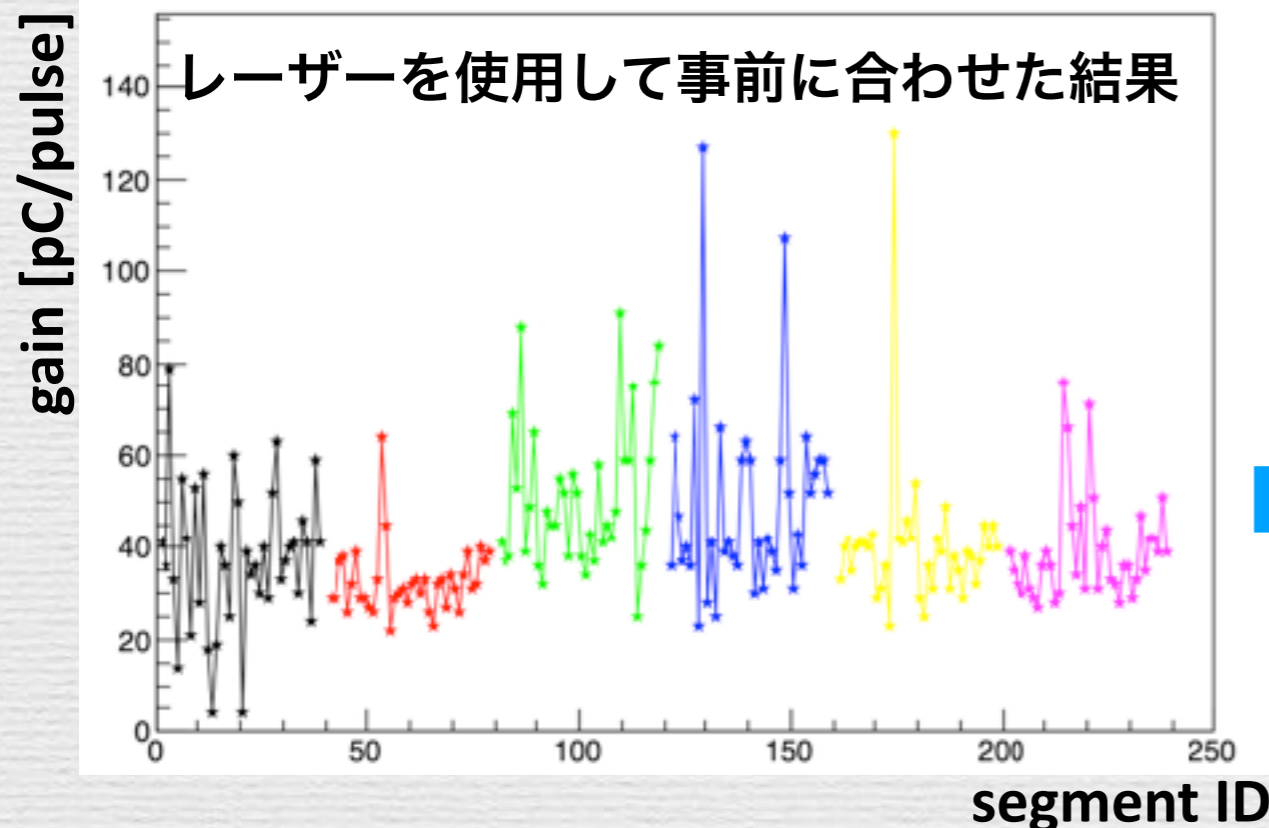
pion efficiency ($p > 0.2 \text{ GeV}$)
~ 82% (preliminary)

electron efficiency : 解析中
前段のHBDとの相関が見えている



☑ ゲイン合わせ

各セグメントのQDC平均を合わせた



2021.2.8- ビームライン&スペクトロメータ コミッショニング(2回目)

✳ ビームライン

- 検出器を追加、バックグラウンドの発生箇所を調査
- spill内でのレートのばらつきの低減

✳ スペクトロメータ

- K_s の質量を再構成、分解能を評価
- ベクターメソン(ρ 、 ω 、 ϕ)の生成量の測定
- e ID性能の評価

→ 30GeV p+Aでの ρ 、 K_s の生成断面積の評価

2022 秋- physics data taking

- 原子核内でのベクターメソンのスペクトルを測定