



方向感度を持つ暗黒物質探索のための 低BG検出器性能評価

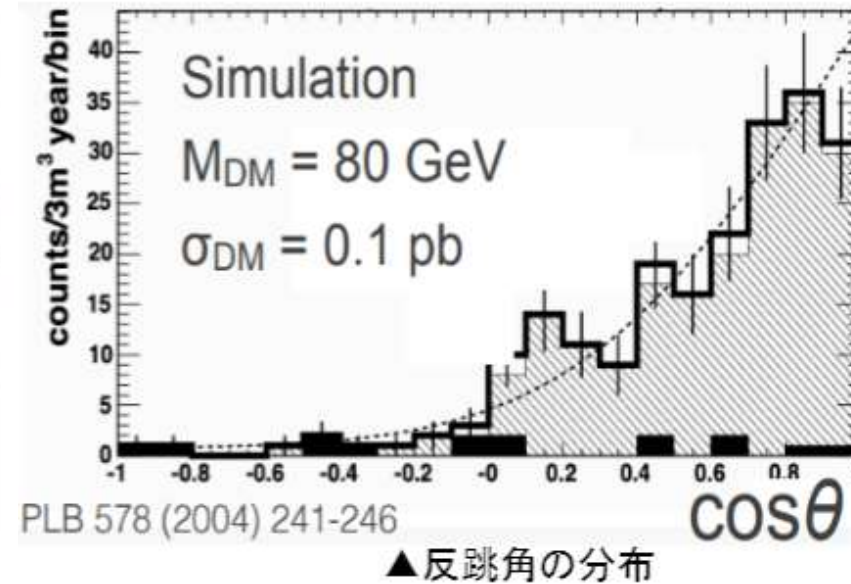
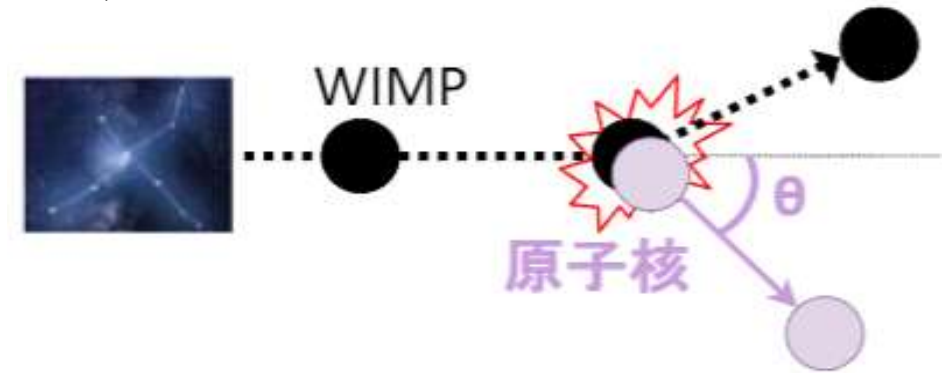
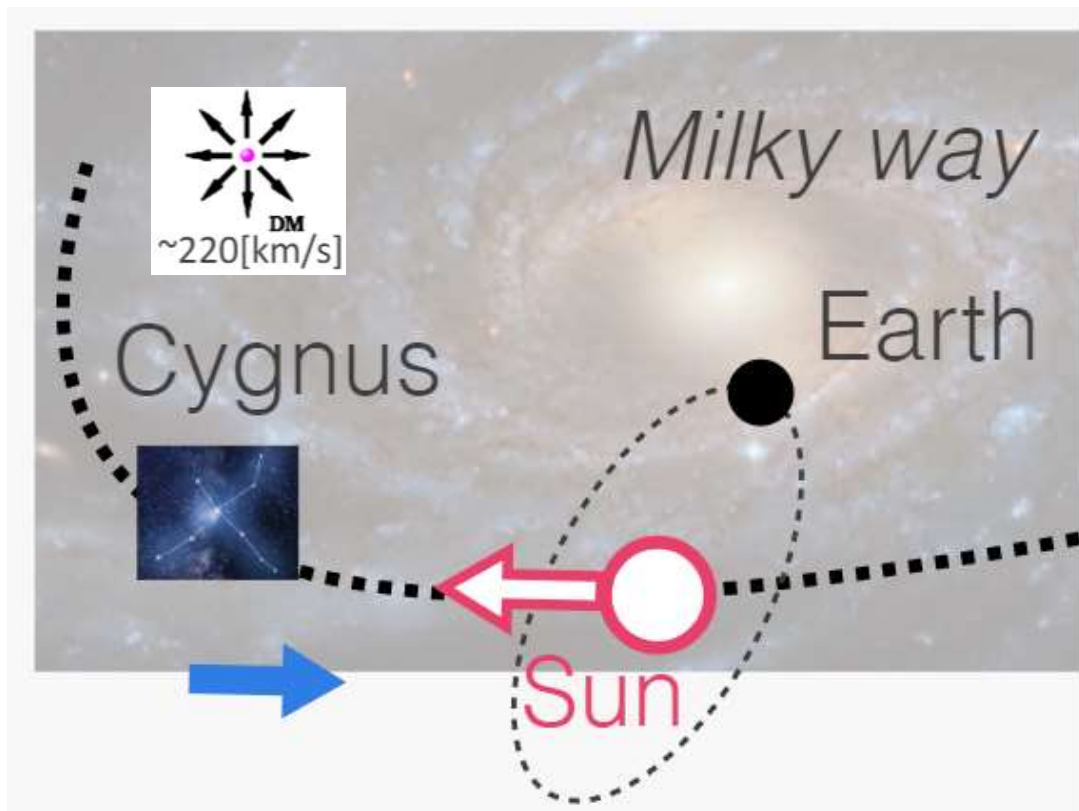
2023/11/17 MPGD研究会2023

神戸大学 生井凌太

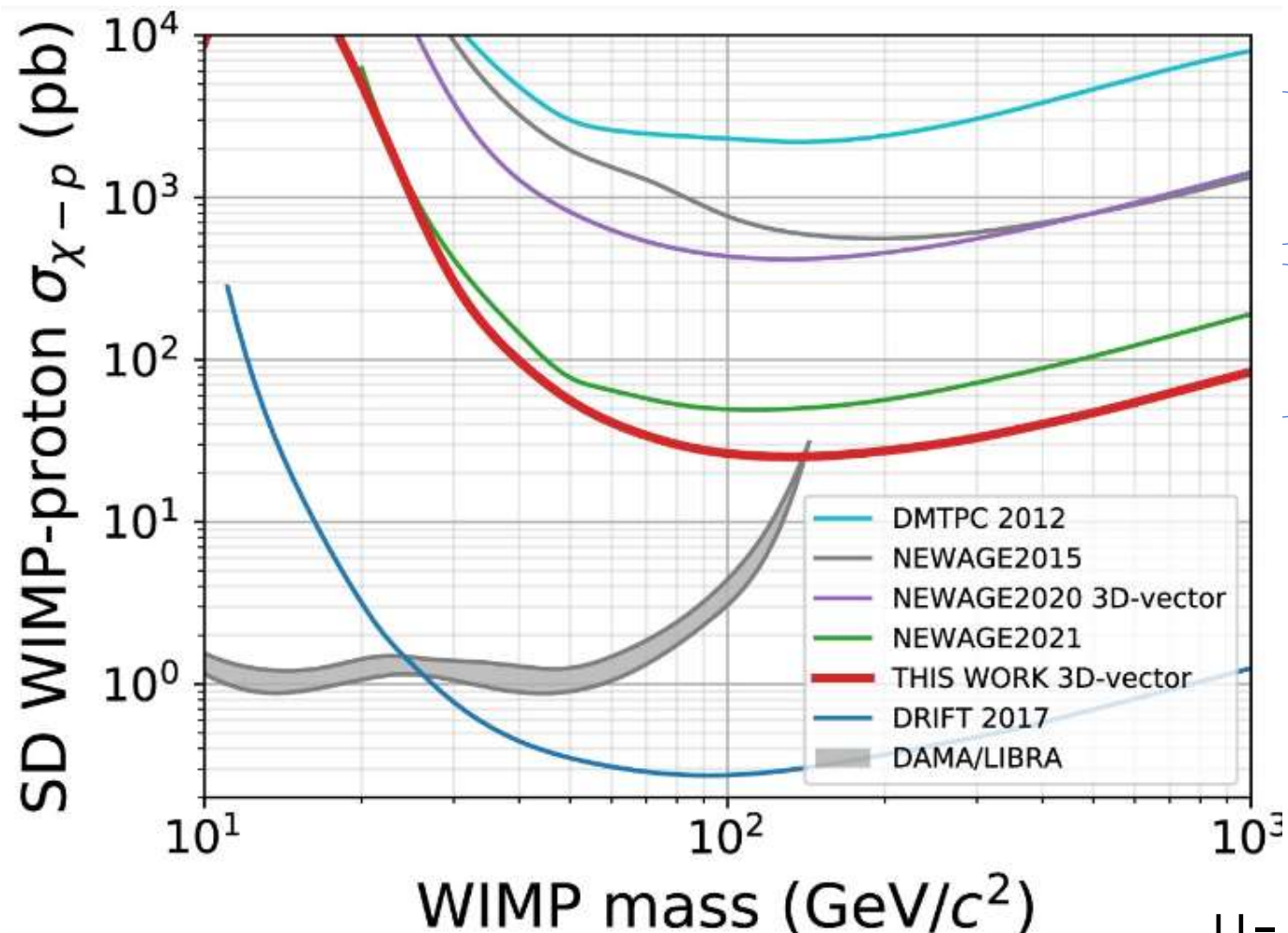
Introduction

方向に感度を持つ暗黒物質の直接探索

- 方向に感度を持つ暗黒物質直接探索
- はくちょう座方向からの暗黒物質(WIMP)による原子核反跳の散乱角を測定

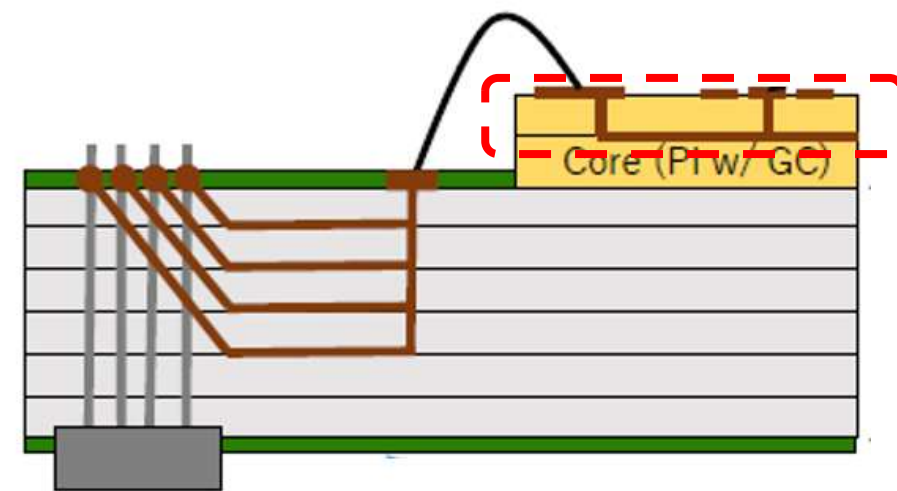


NEWAGE実験



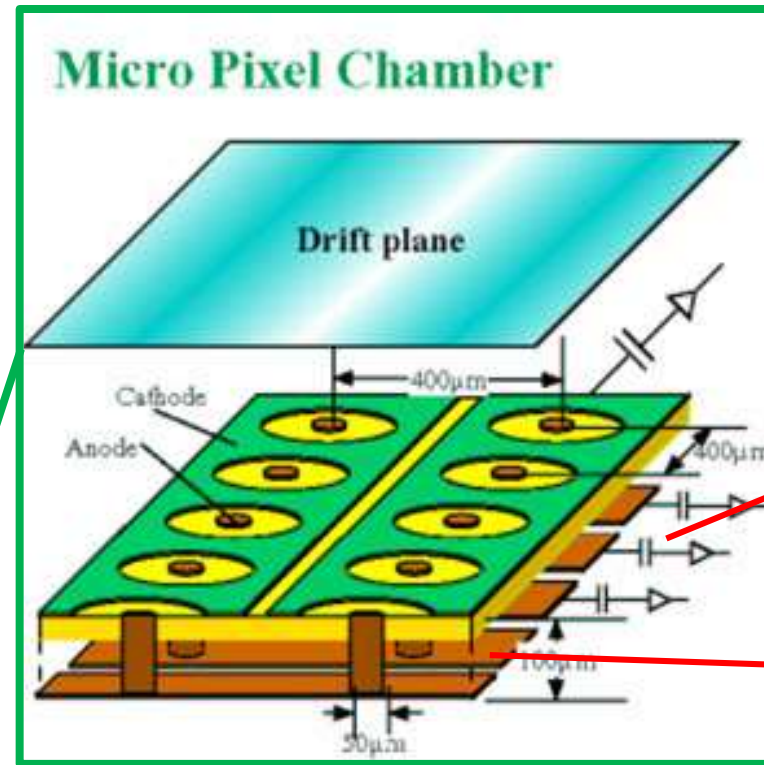
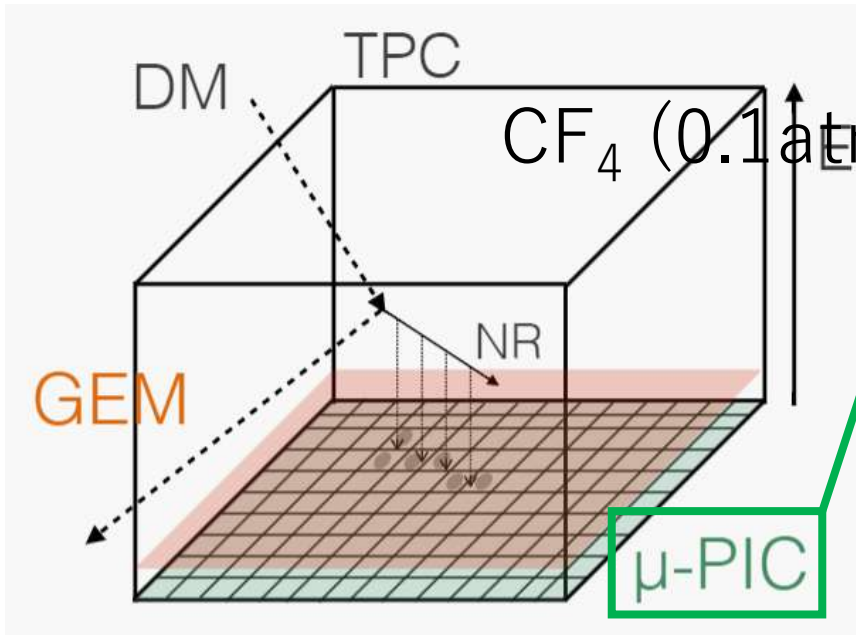
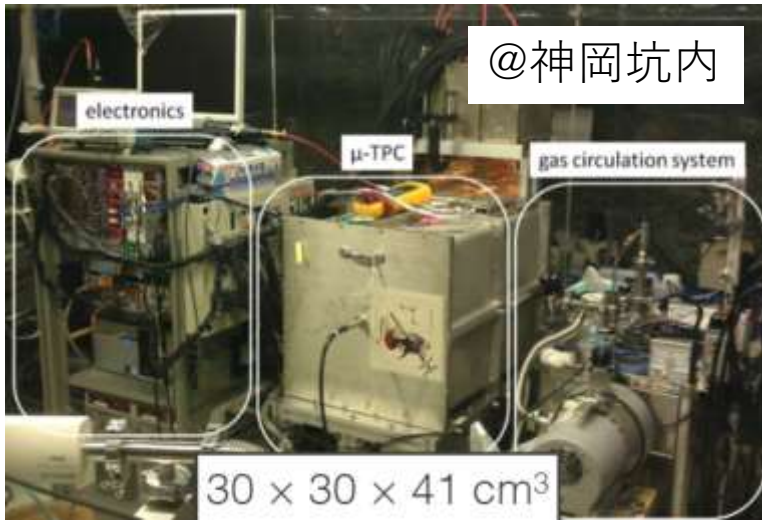
PTEP (2023) 103F01

μ -PIC
Low α (LA) μ -PIC



μ -PIC表面からGlassClothを除去
→低 α 化

NEWAGE実験



cathode

絶縁体

anode

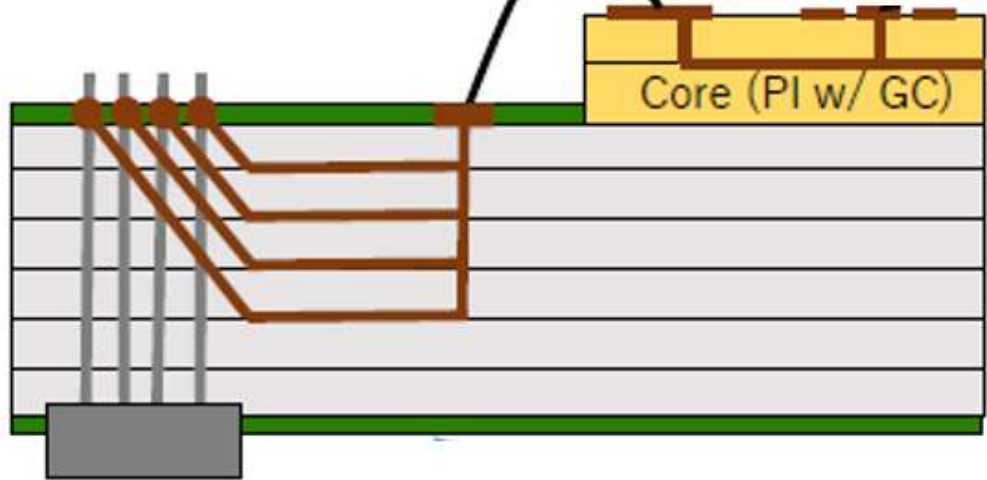
絶縁体からの希ガスのラドン(Rn)が
主な放射性バックグラウンド源

→減らしたい

Rn放出量の少ない素材を使う

Low Background μ PIC(LBG μ -PIC)の開発

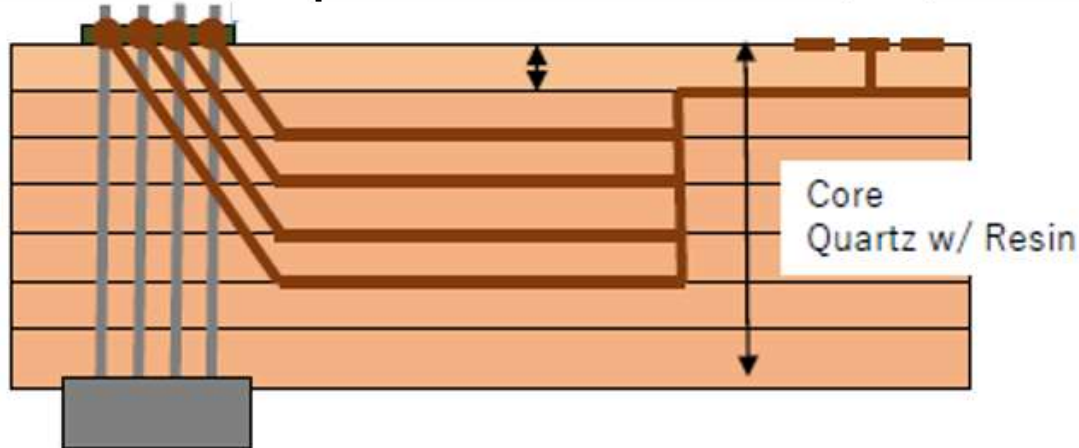
LA μ -PIC (2017-)



基板表面+内部のBG対策

- コア材をQuartz w/Resinに変更
- Solder Resistの面積を従来の1/15に削減
- **μ -PIC基板と中継基板を一体型にした**

LBG μ -PIC (2020-)

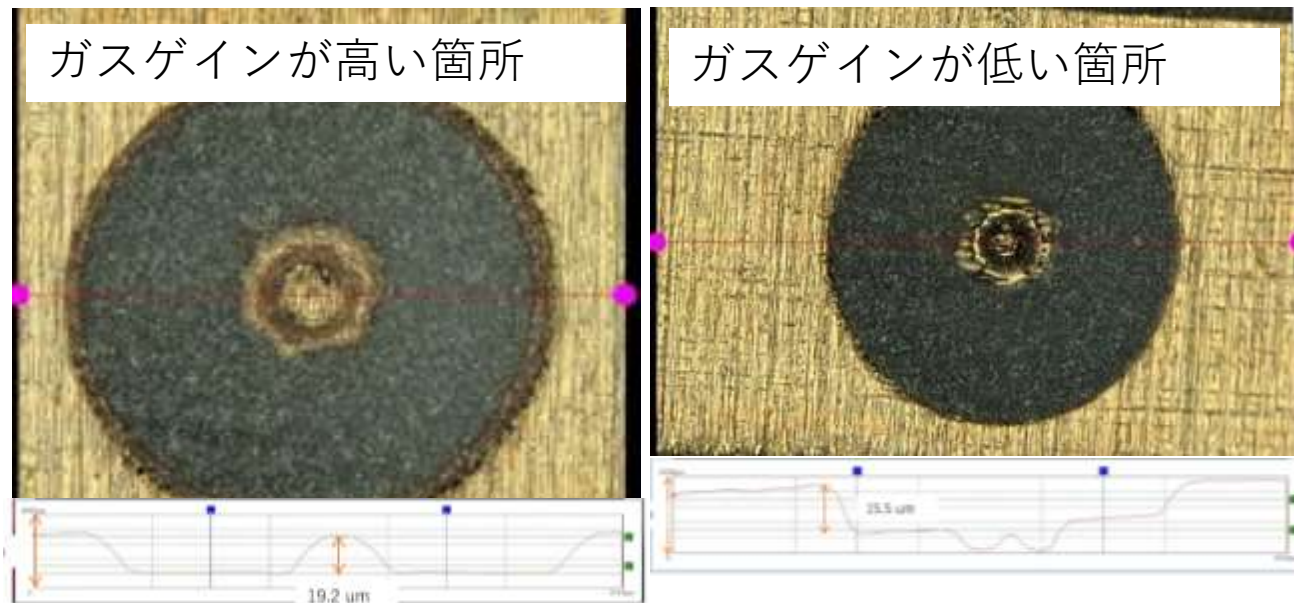
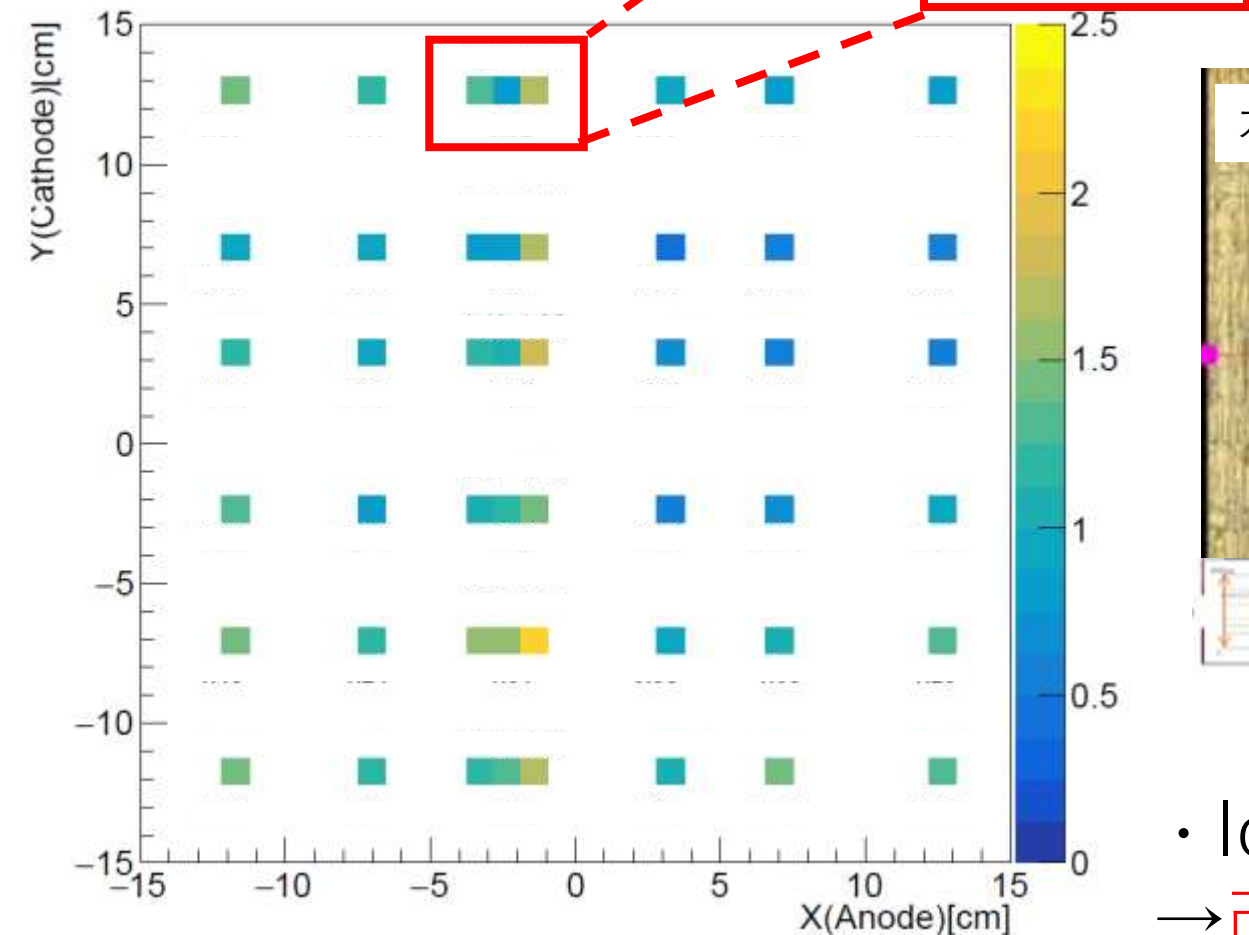


LA μ -PICの1/14以下のRnレートを達成

Sample	^{214}Po rate [count/day]
LA μ -PIC	34.1 ± 4.9
LBG μ -PIC 2020	< 2.3 (90% C.L.)

LBG μ -PIC2020年モデルの問題点

相対ゲインマップ

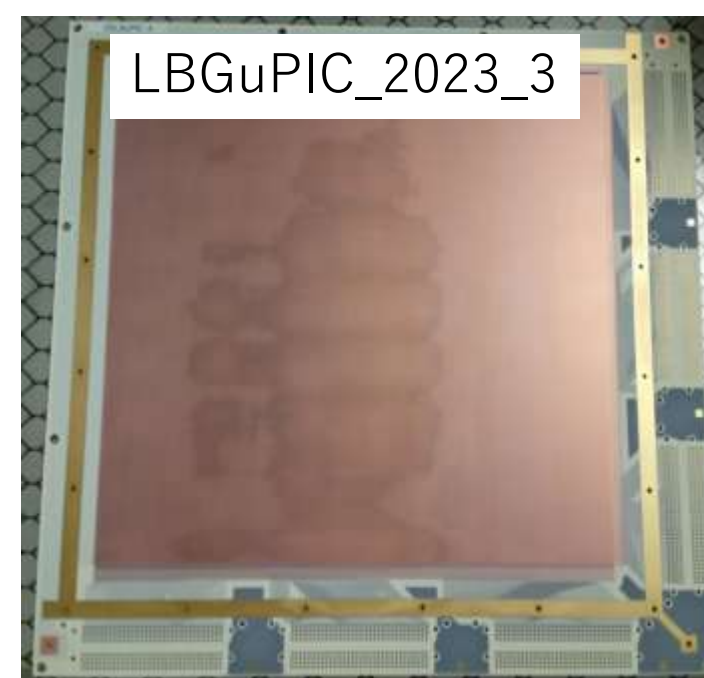
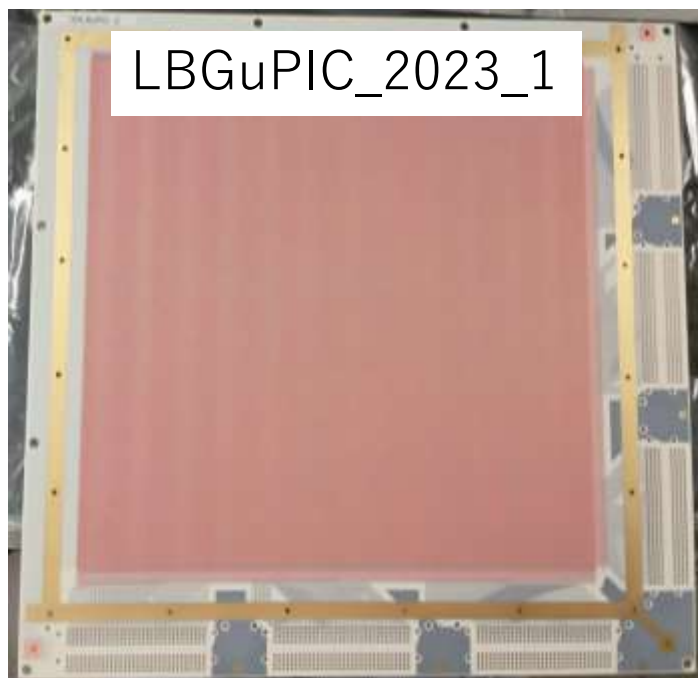


VHX-2000 (@神戸大) による撮影

- ・ localなgainに差が顕著な部分がある
→ 改良型LBG μ -PIC(2023モデル)の開発

LBG μ -PIC2023年モデル

LBG μ PIC2023年モデルの開発



pixelの形成状態を良くするため

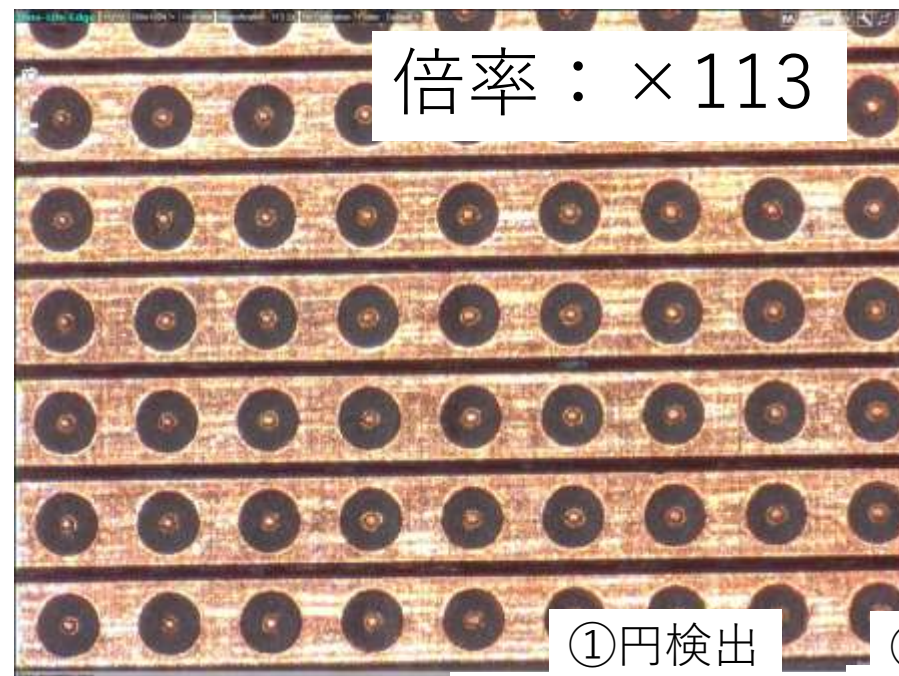
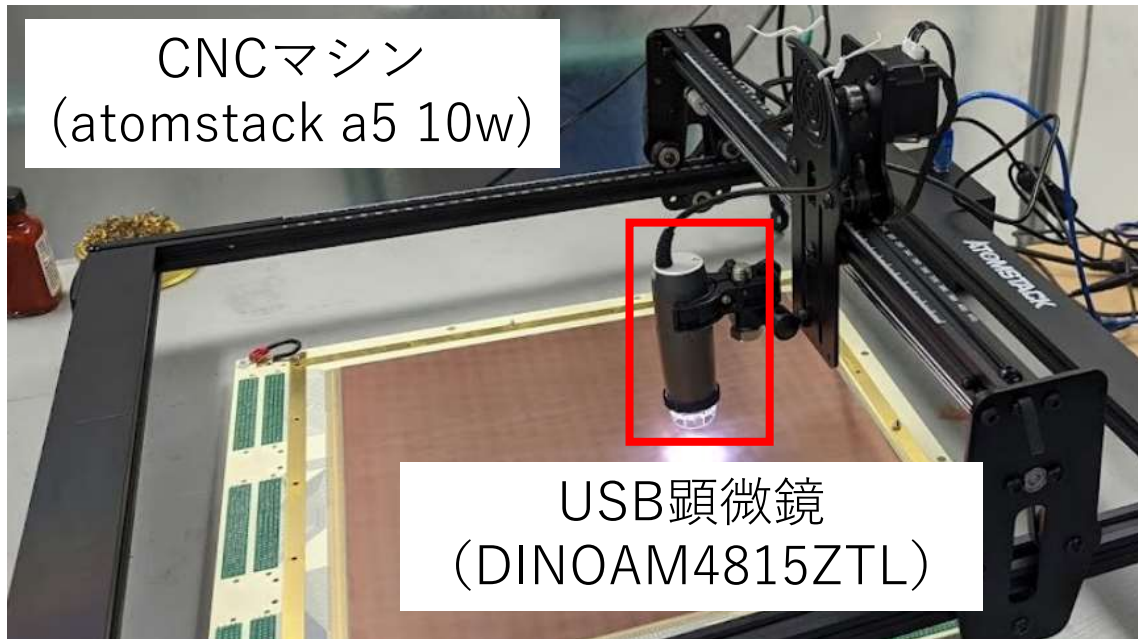
- ・電極デザインの見直し
- ・製造工程の見直し

等を行って3ヶ製作。→性能評価を行う

Sample	^{214}Po rate [count/day]
LBG μ -PIC(2020)	< 2.3 (90% C.L)
LBGμ-PIC(2023)	< 1.4 (90% C.L)

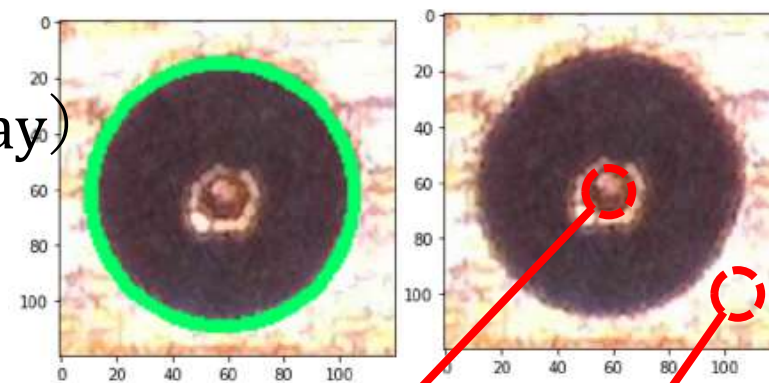
Rnレートは問題なし

アノードの形成状態の確認



①円検出

②中心座標取得

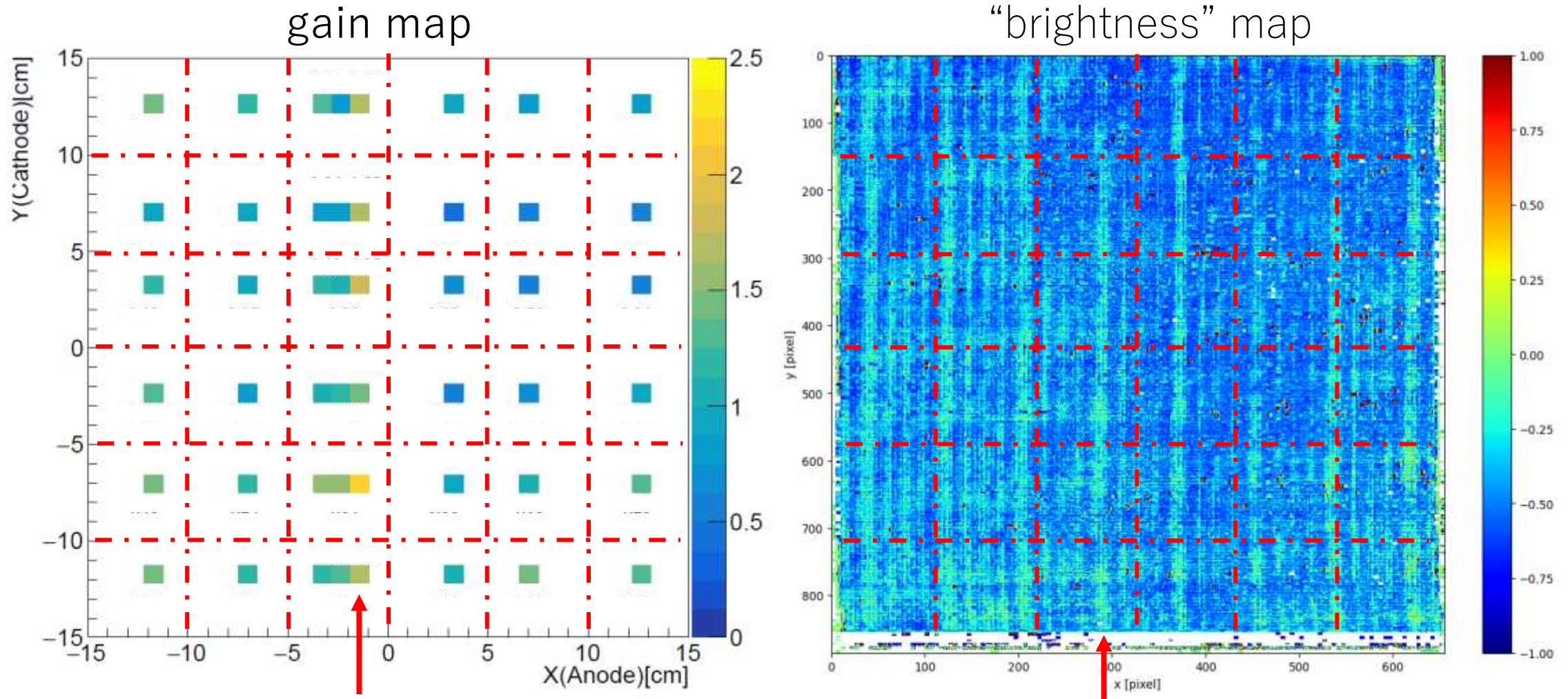


anode cathode

10

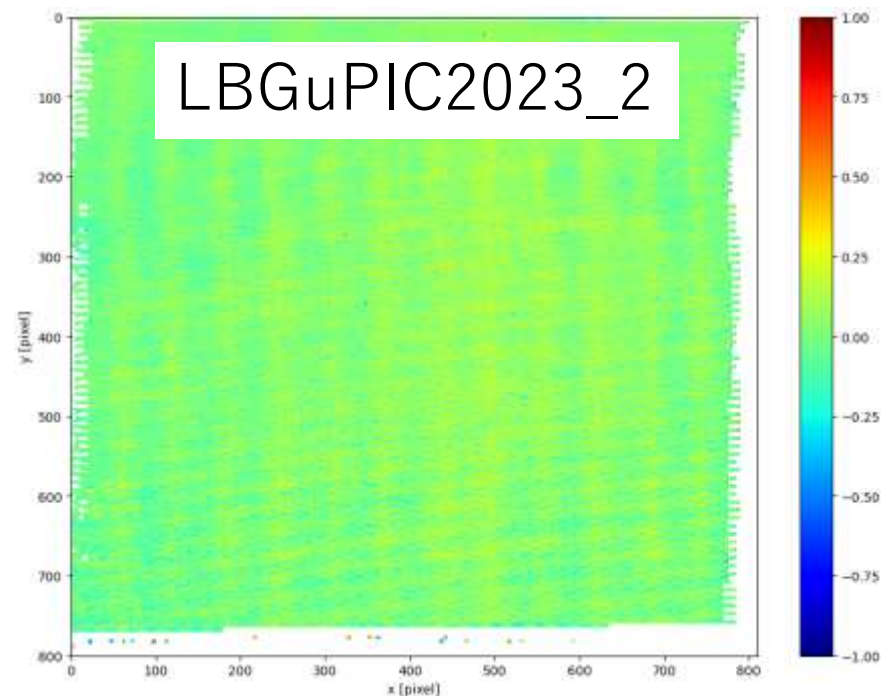
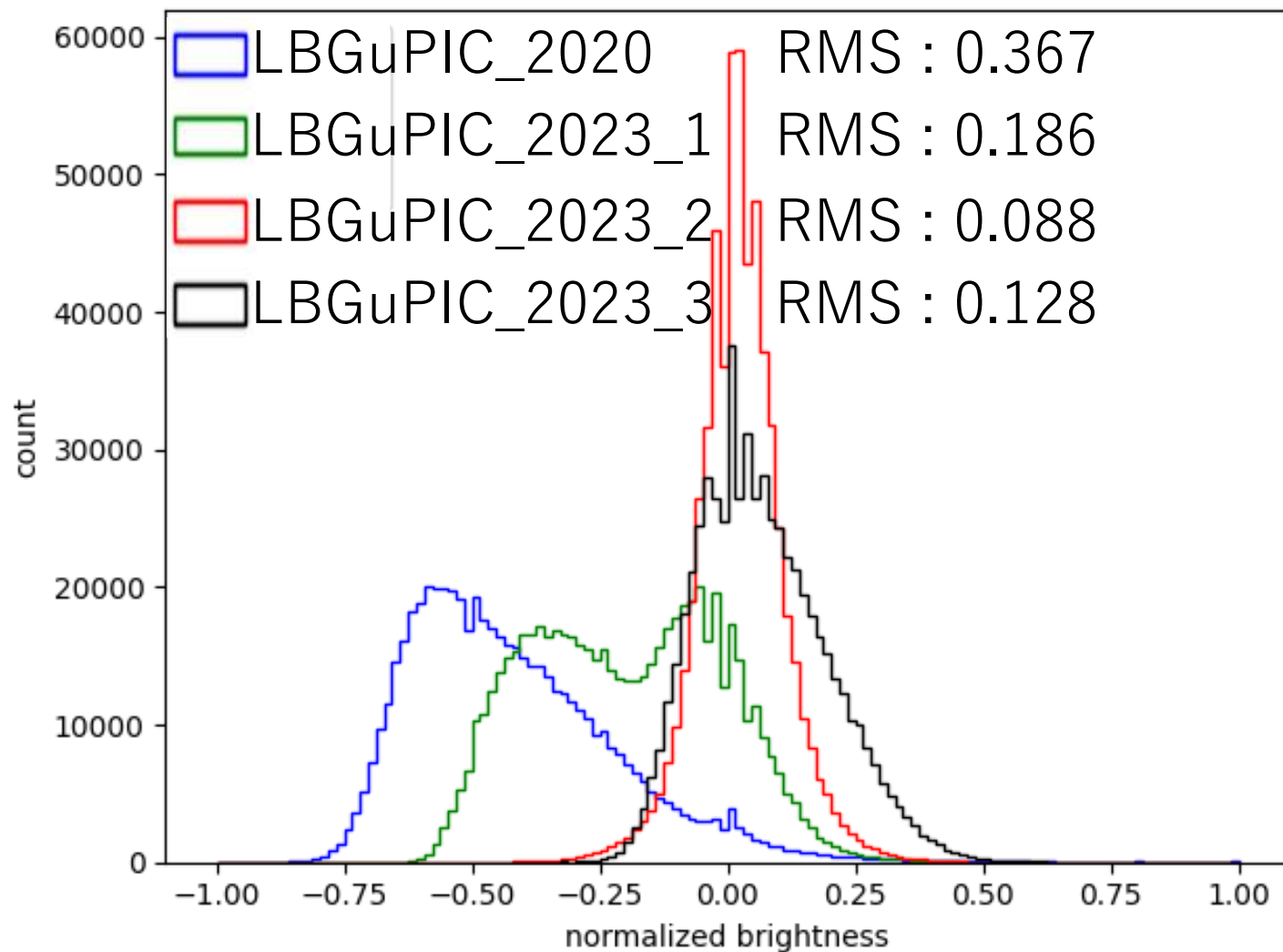
- CNCマシンにUSB顕微鏡を取り付け走査 ($\sim 1000\text{cm}^2/\text{day}$)
 - anode, cathodeの明るさを取得
 - $(\text{anode} - \text{cathode}) / \text{cathode}$ を”brightness”として計算
- **anode**の相対的な明るさを評価

2020年モデルでのgainとbrightnessの比較



gainの高い位置と"brightness"の高い位置に相関がみられる

2023年モデルの解析

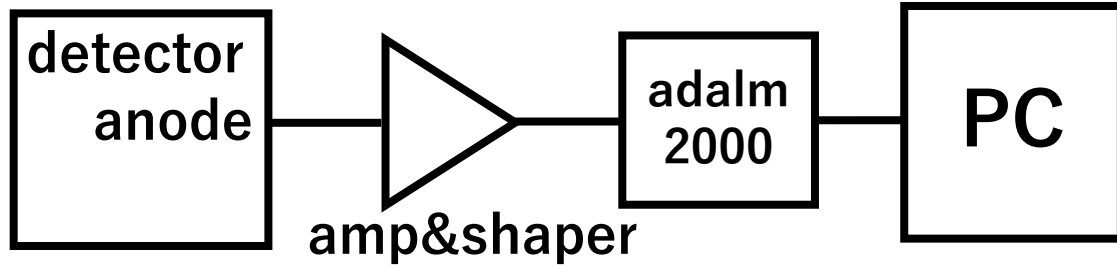


一様性改善

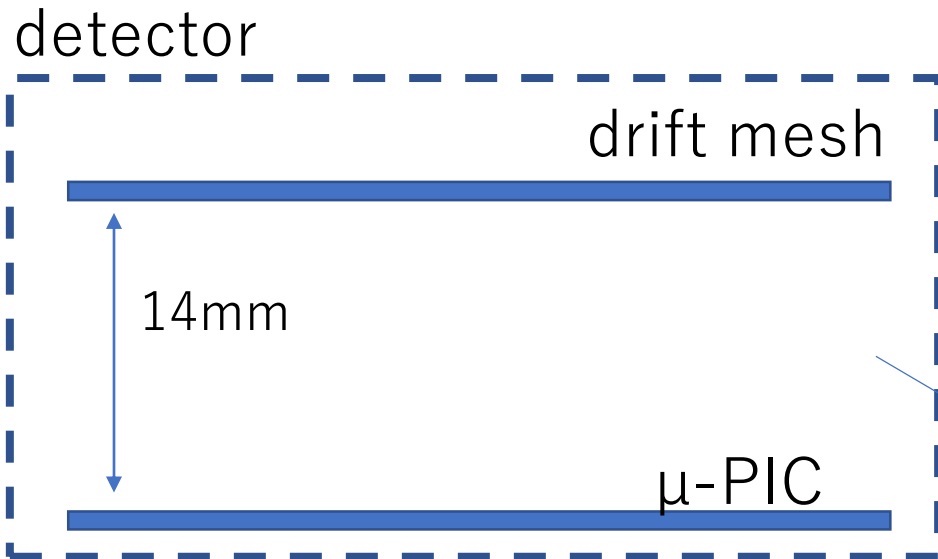
LBGuPIC_2023_2のgain測定へ

Gain Measurement

測定方法

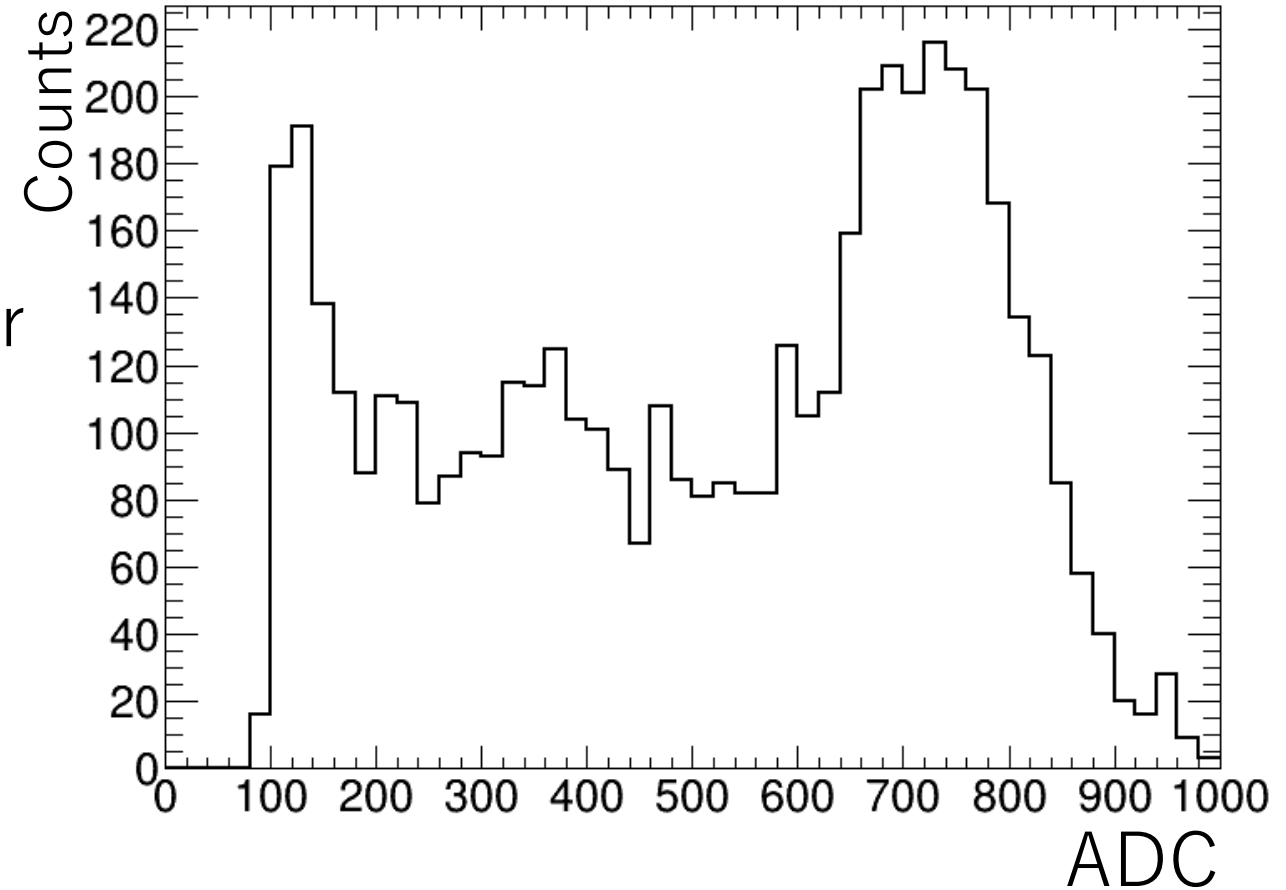


adalm 2000 : waveform digitizer
 $\pm 2.5\text{V}/12\text{bit}$ 10MHz

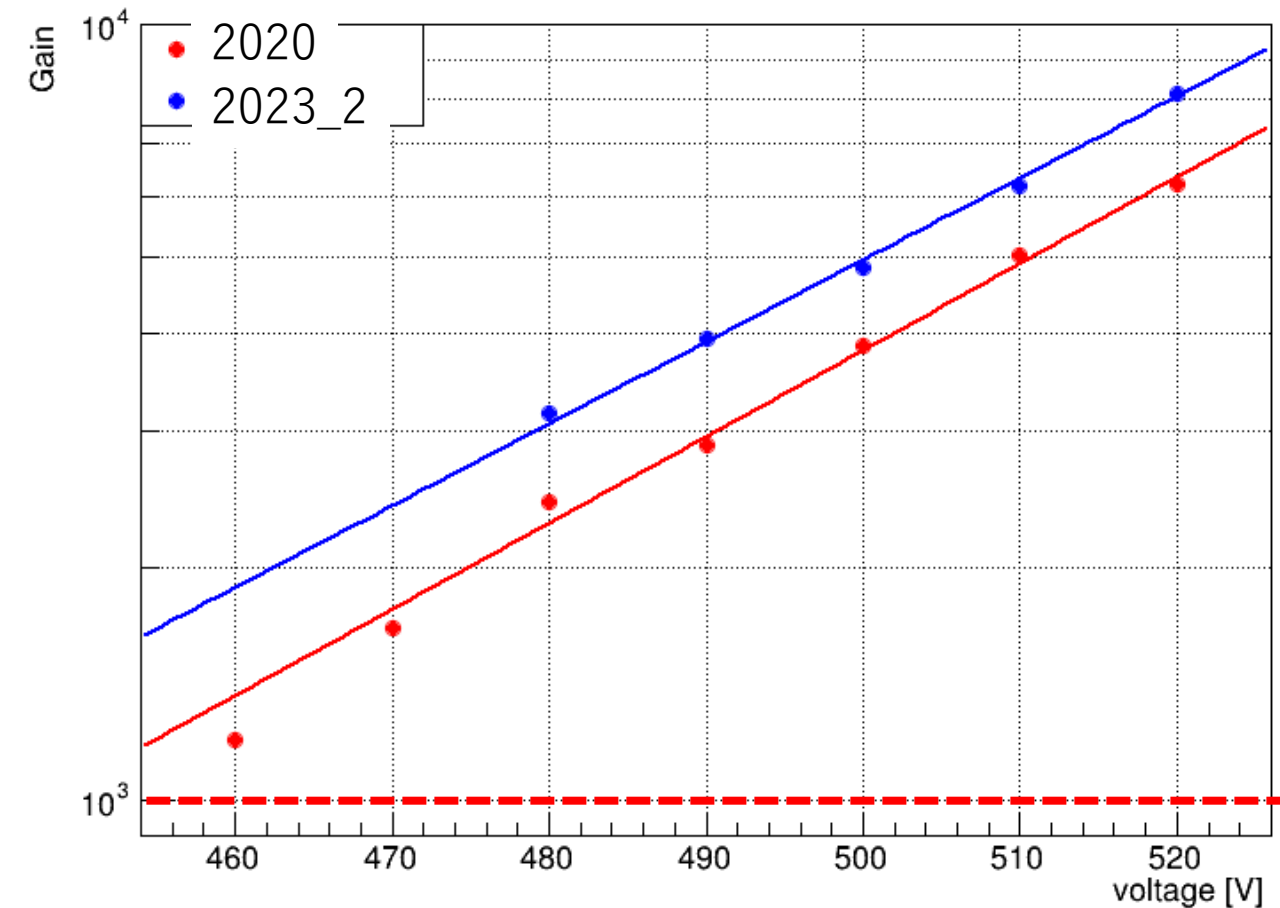


Ar:C₂H₆ (9:1)
760torr

55Fe Spectrum



Gain Curve測定

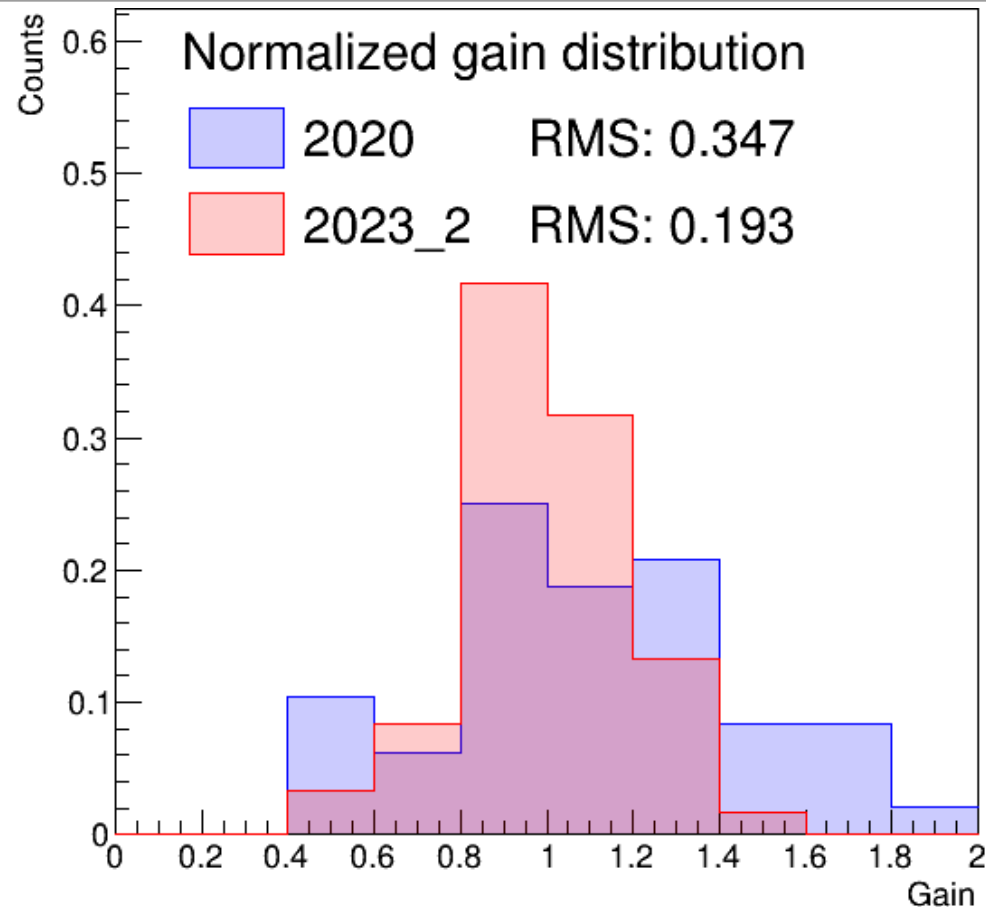
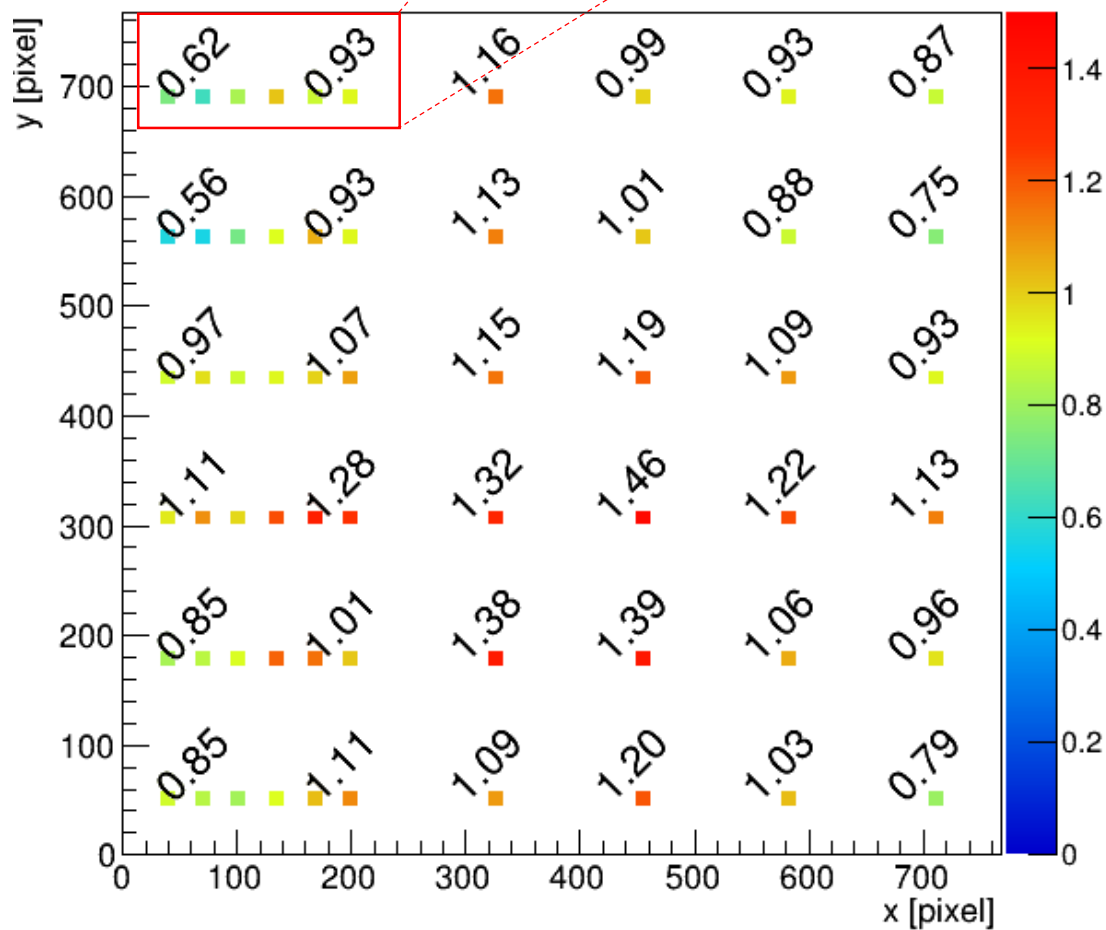


- LBGuPIC_2023_2の方がgainが高い
→ anodeが良好に形成されている

← 要請値

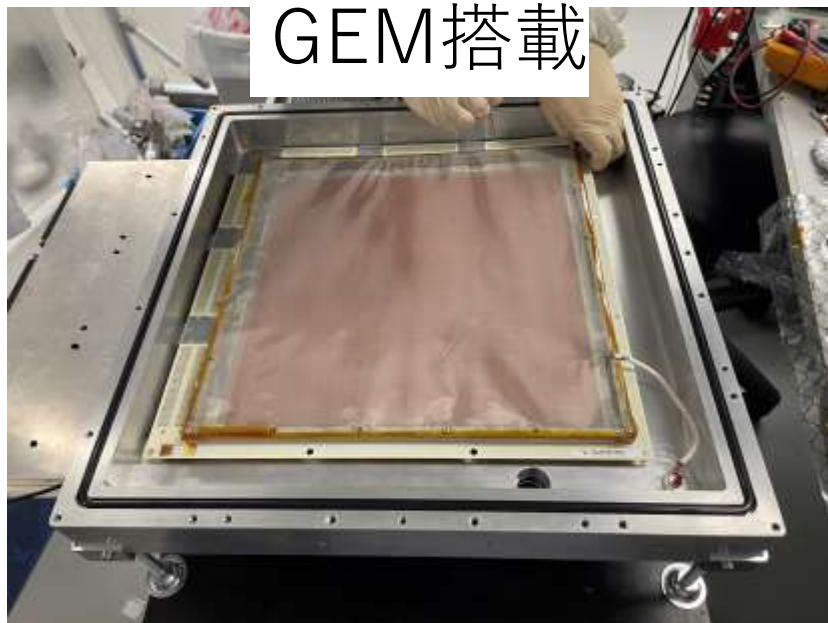
gain map

相对gain分布



- localなgainのばらつきが小さい
→補正すれば十分使える

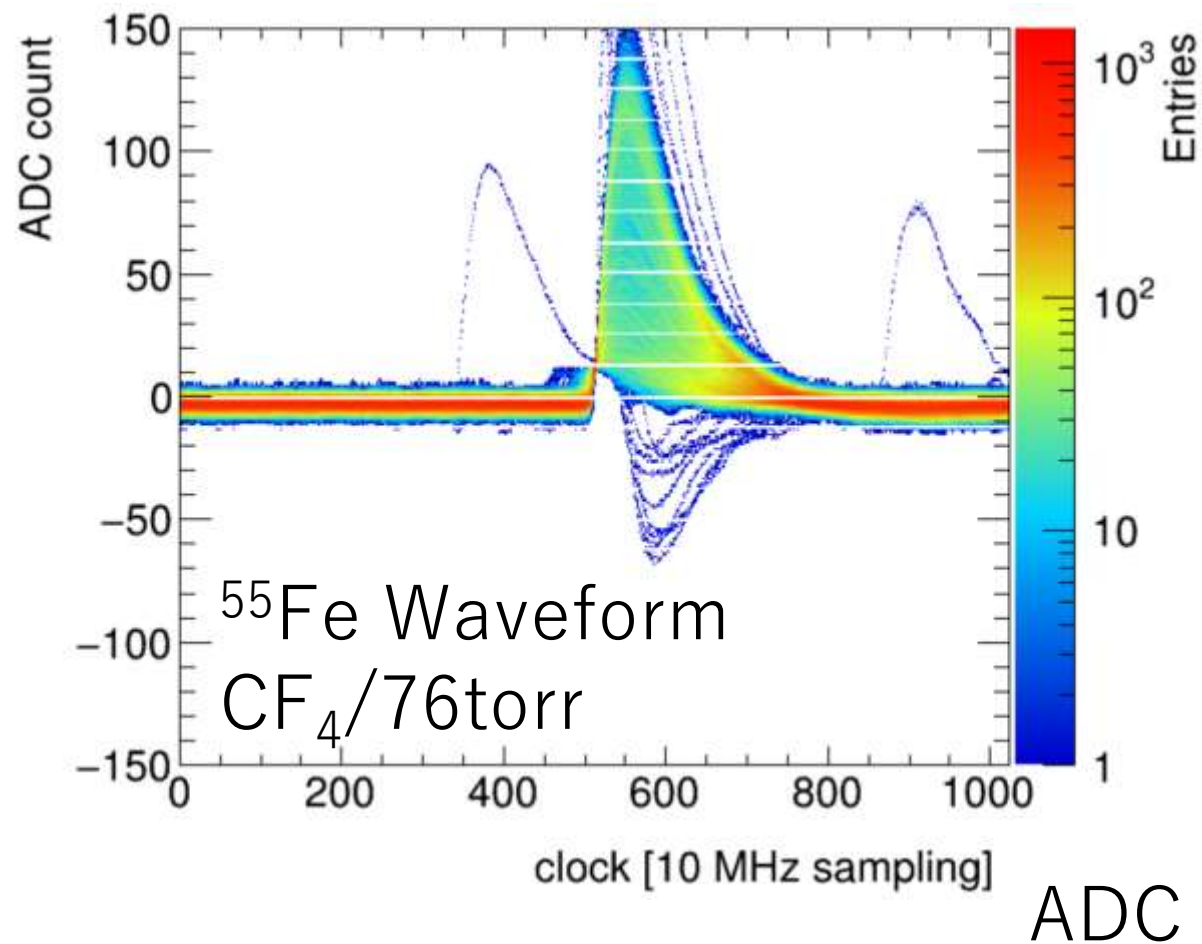
暗黒物質探索実験へ



GEM搭載

- GEM搭載後動作確認→良好
- DMrun開始予定@神岡

Counts



➤ まとめ

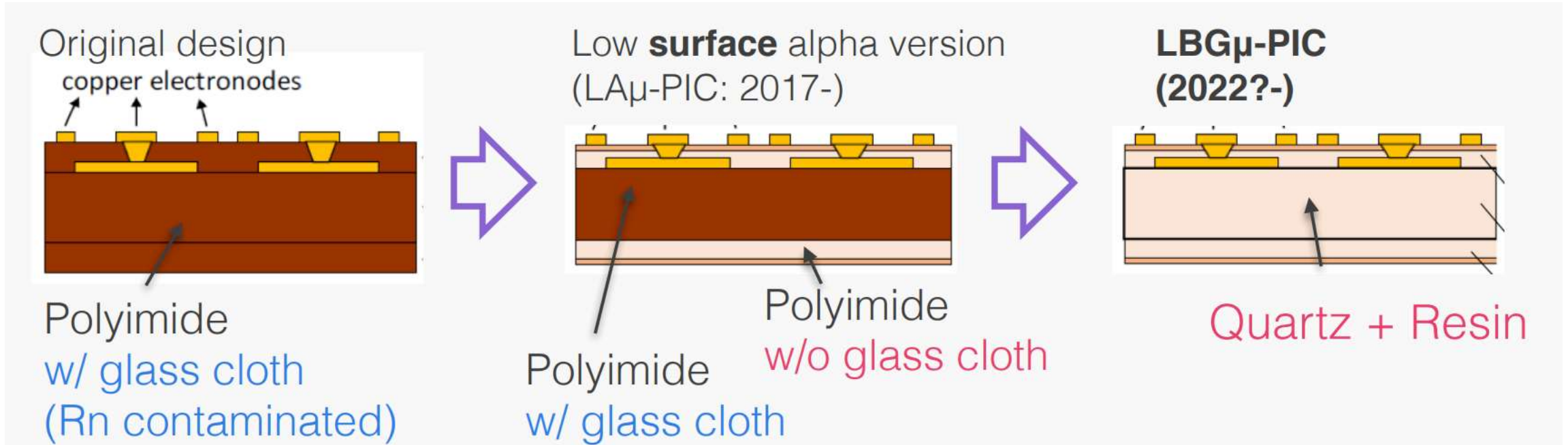
- 2023年モデルLBG μ -PICについて
 - 電極の形成状態が良好だった
 - localなgainムラが見られなかった

➤ 今後

- 暗黒物質探索実験への導入を行う
- 論文執筆

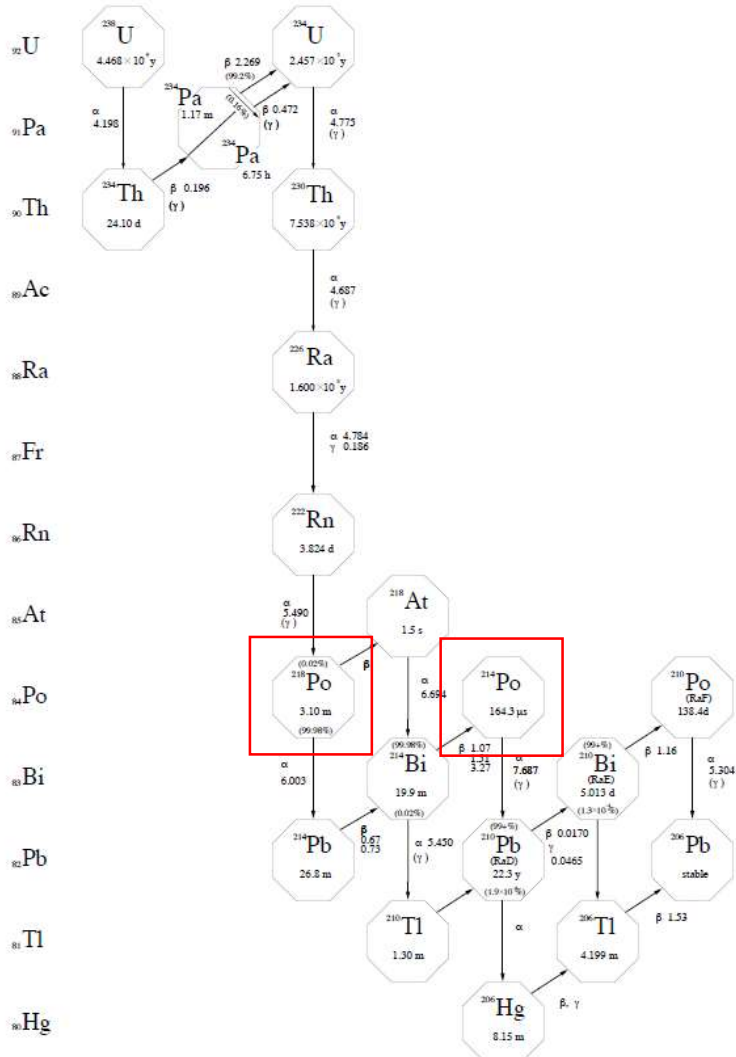
Back up

μ -PIC構造

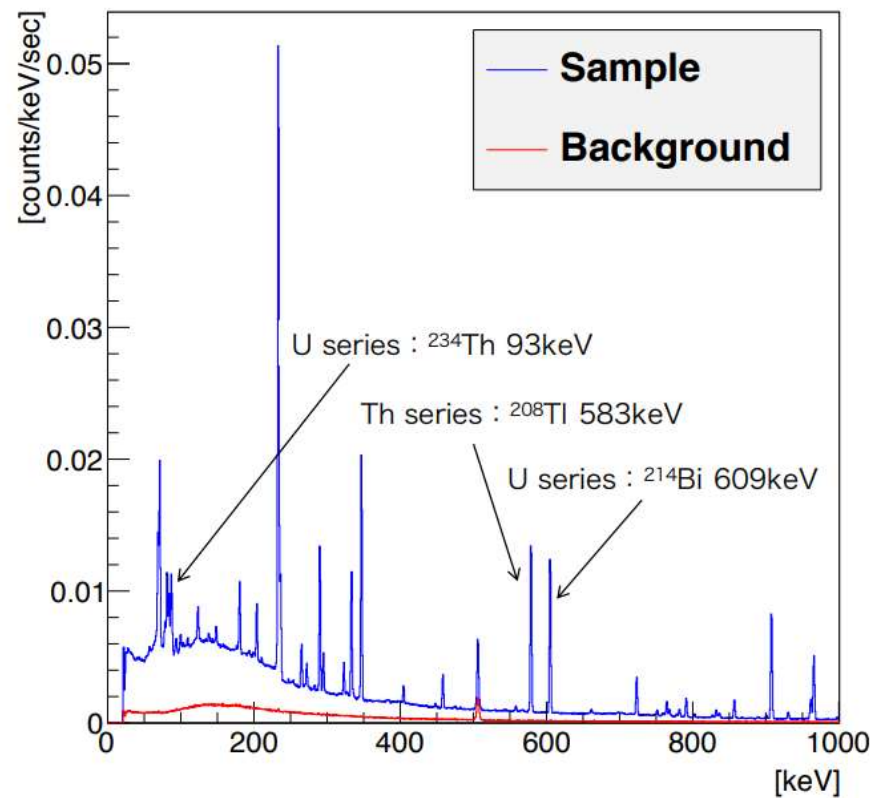
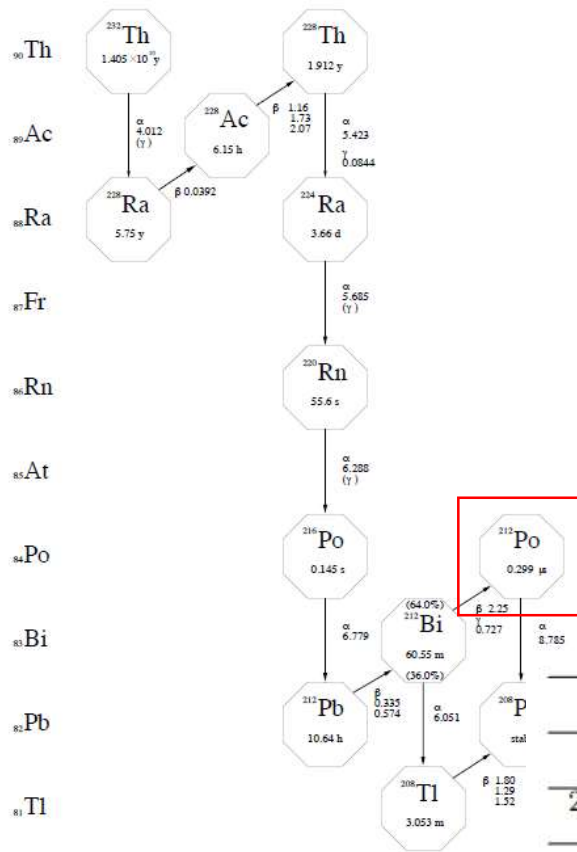


Rn放出のメカニズム

U chain



Th chain

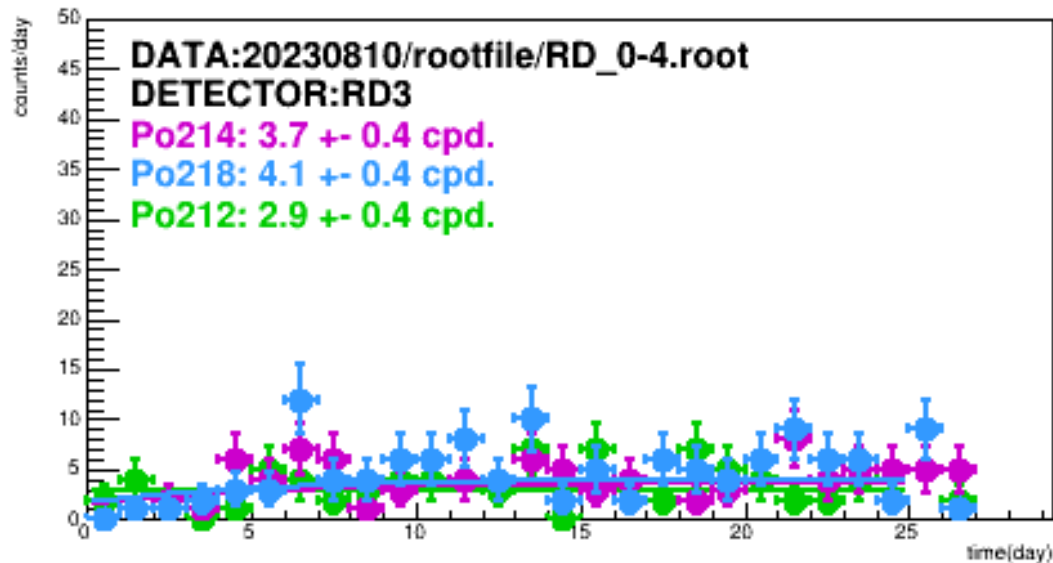


Series	Isotopes	gamma-ray energy [keV]	B_i [%]
^{238}U upper stream	^{234}Th	93	5.4
^{238}U middle stream	^{214}Bi	609	46.1
^{232}Th	^{208}Tl	583	84.5

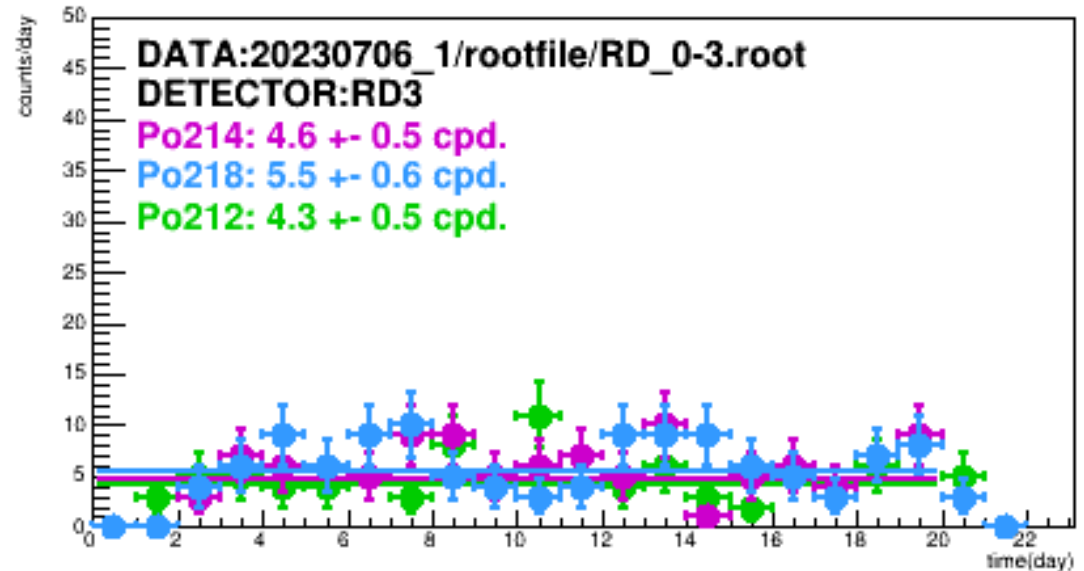
Poの測定原理

1. PINフォトダイオードの電場によってPoイオンが捕集される
2. PINフォトダイオード付近に集まったPoイオンが α 崩壊、発生した α 線がPINフォトダイオードによって測定される

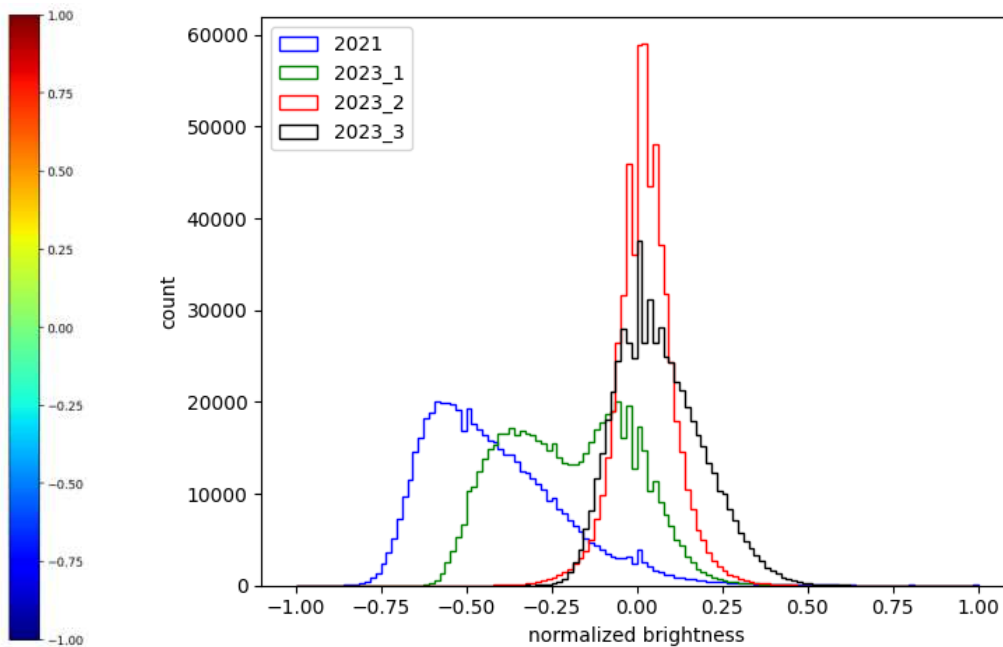
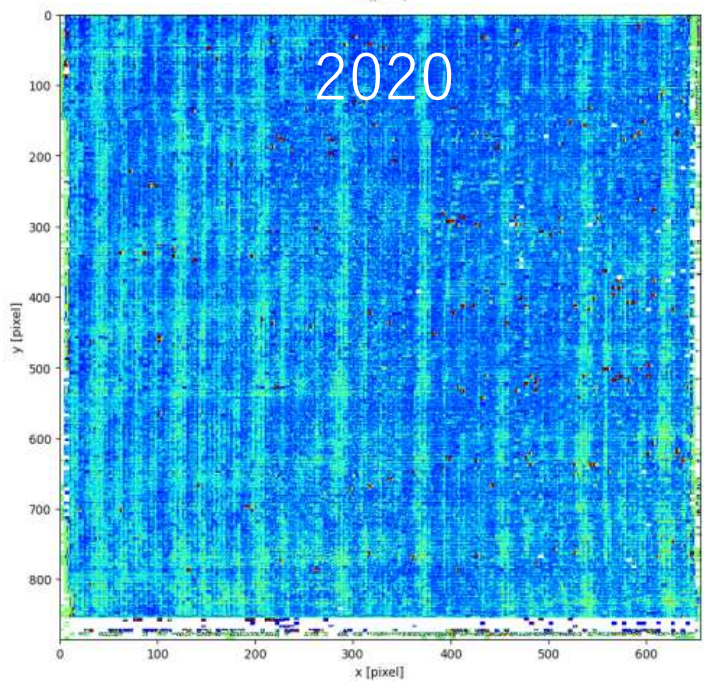
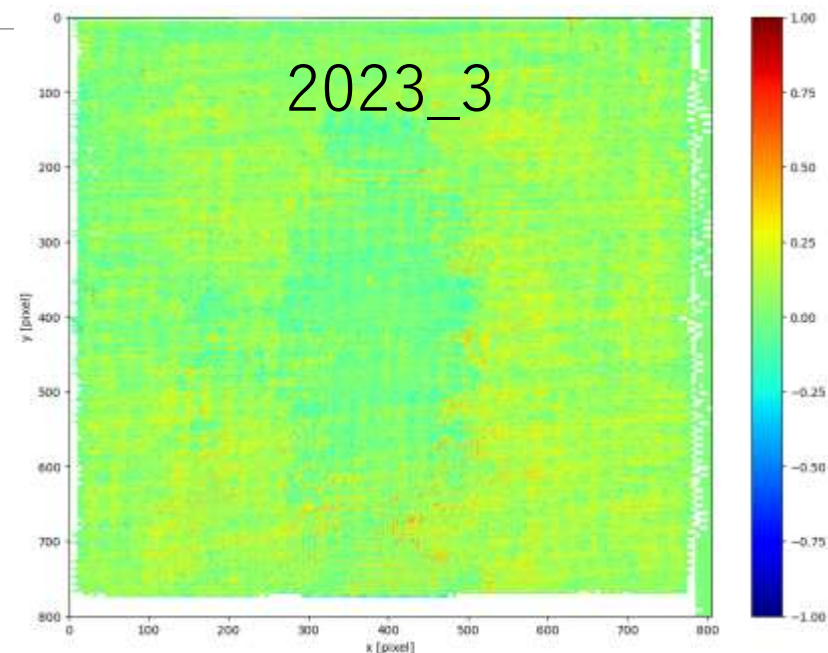
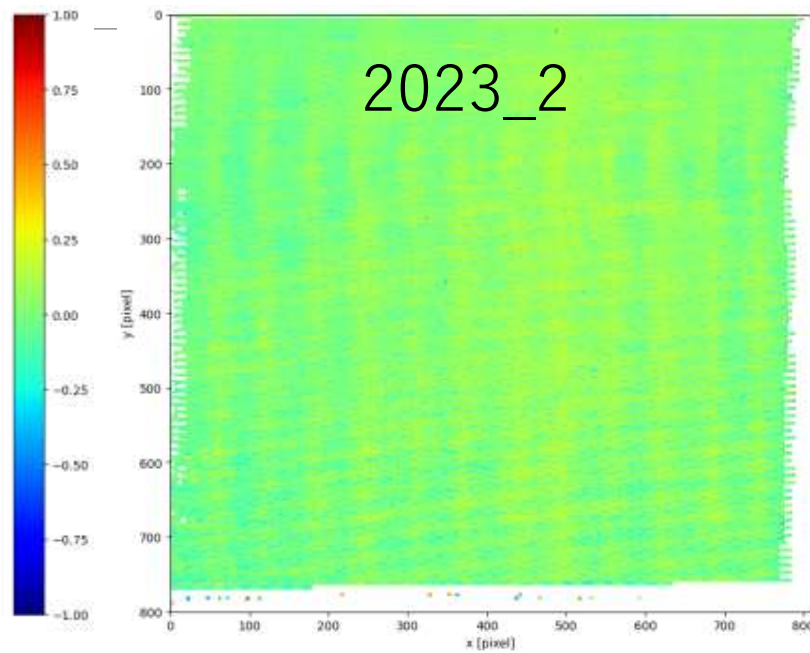
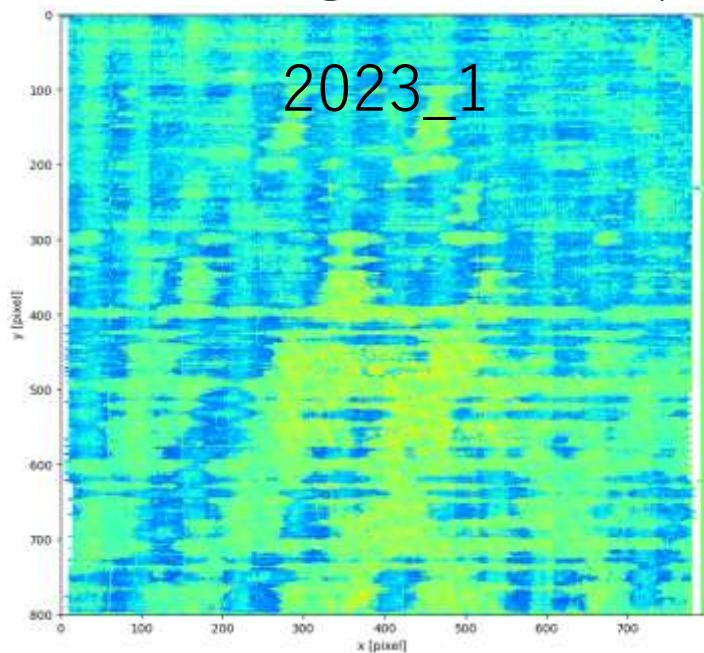
LBU PIC_2023_2



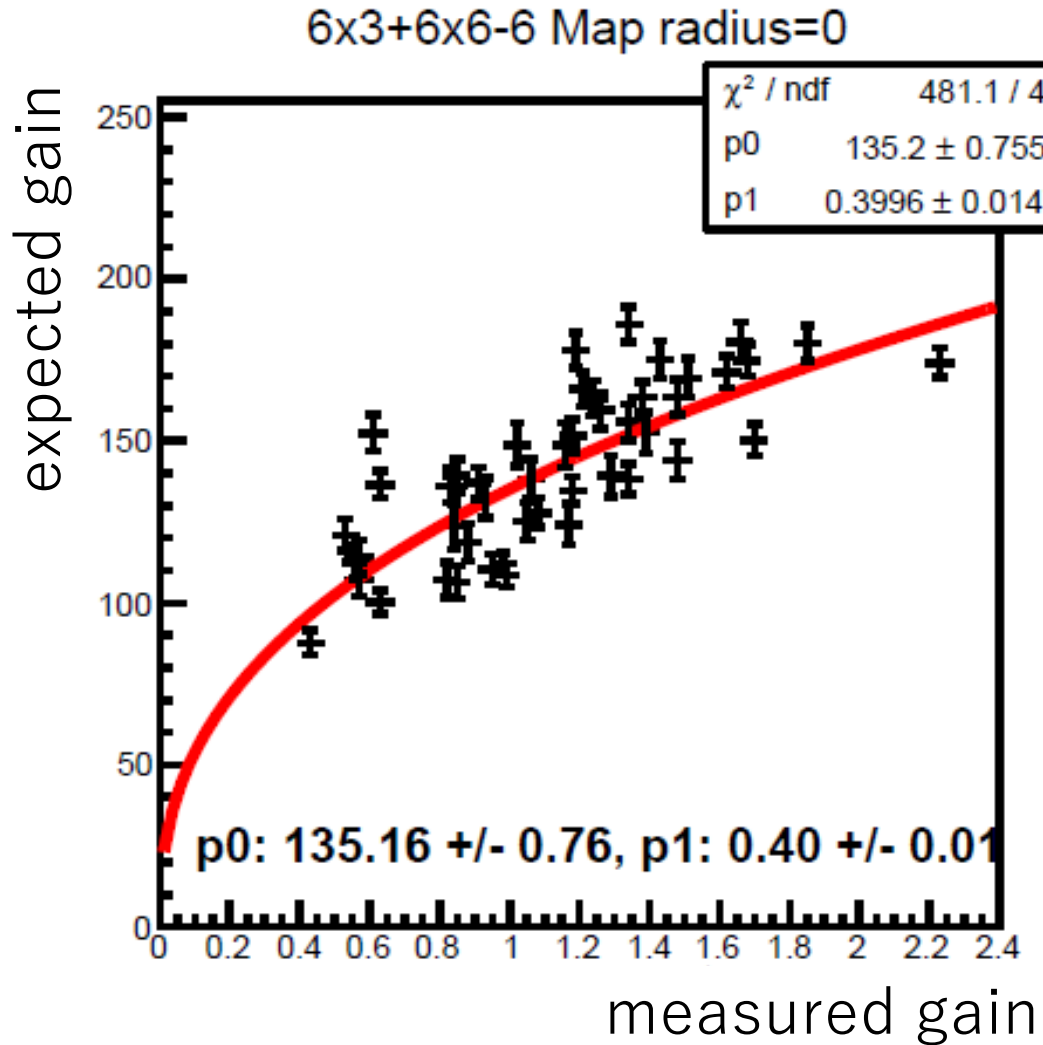
BG



“brightness” map

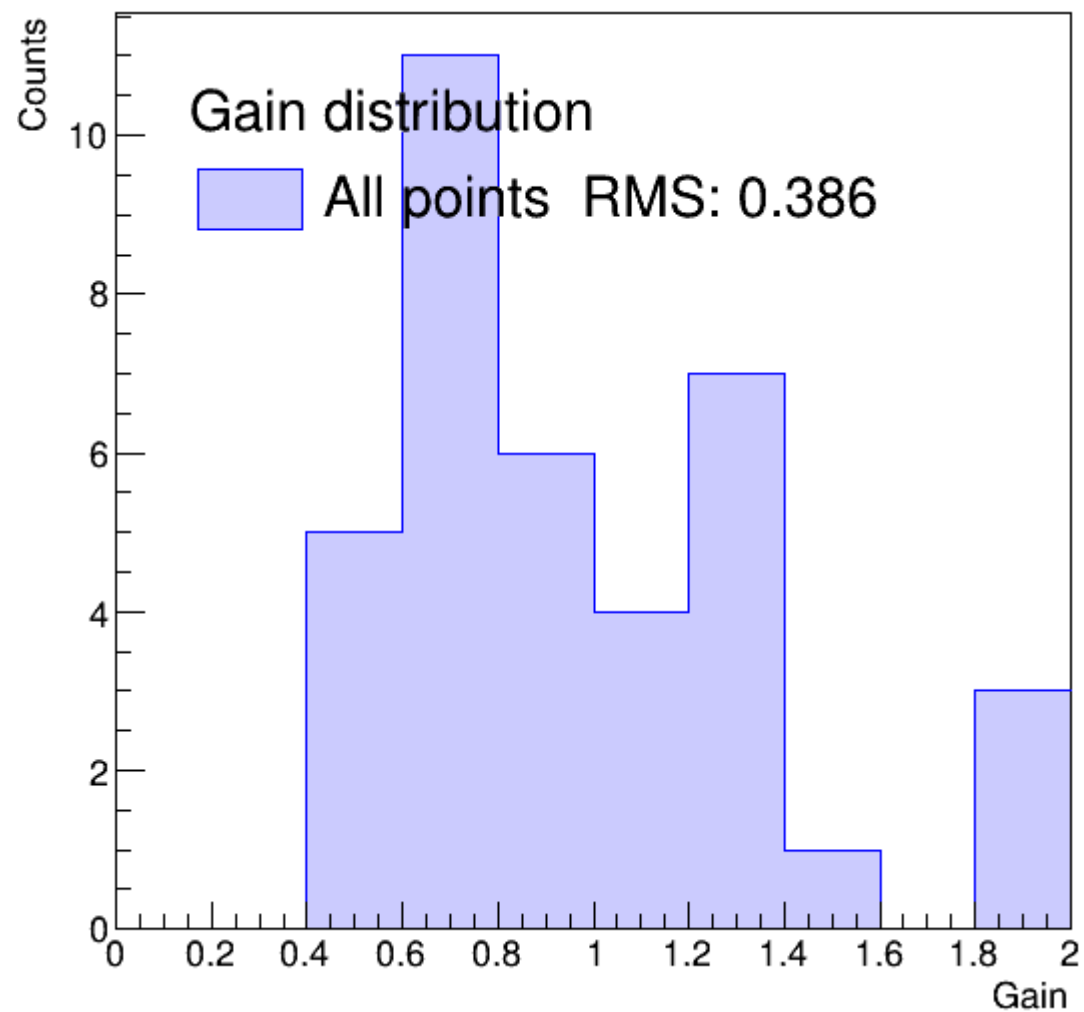
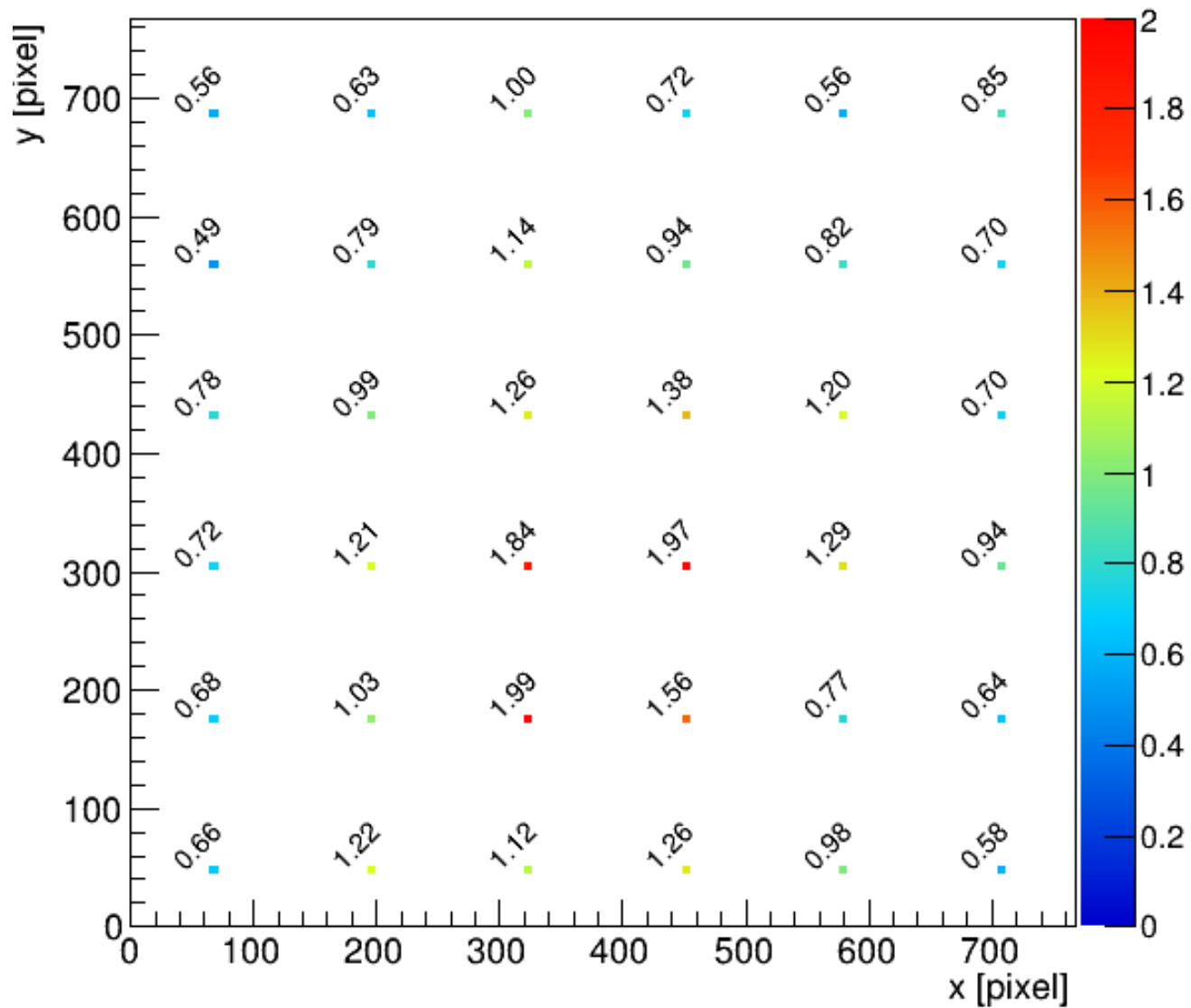


2021年モデルによるgainと”brightness”の相関関係調査



expected gain : 明るさから見積もられたgain
相関がみられる

GEM搭載後 gain map



CF4 76torr study

