

3軸 μ -PICの立ち上げ

志賀崎・竹下

MeVガンマ線望遠鏡における μ -PIC

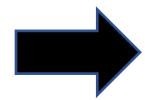
目的：0.1~100MeVの宇宙探査

サイエンス：核ガンマ線、銀河中心領域における電子陽電子対消滅...etc

- ・コンプトン領域は撮像が困難。観測が進んでいない。

Electron-Tracking Compton Camera (ETCC)

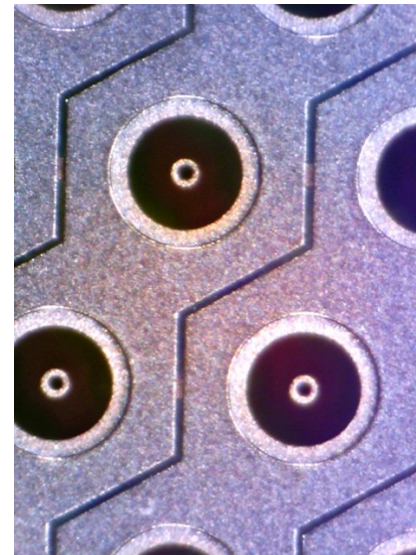
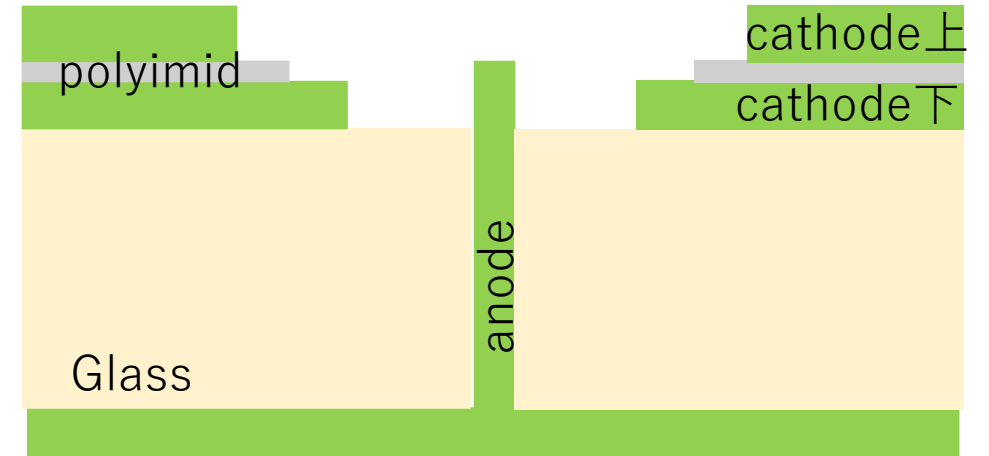
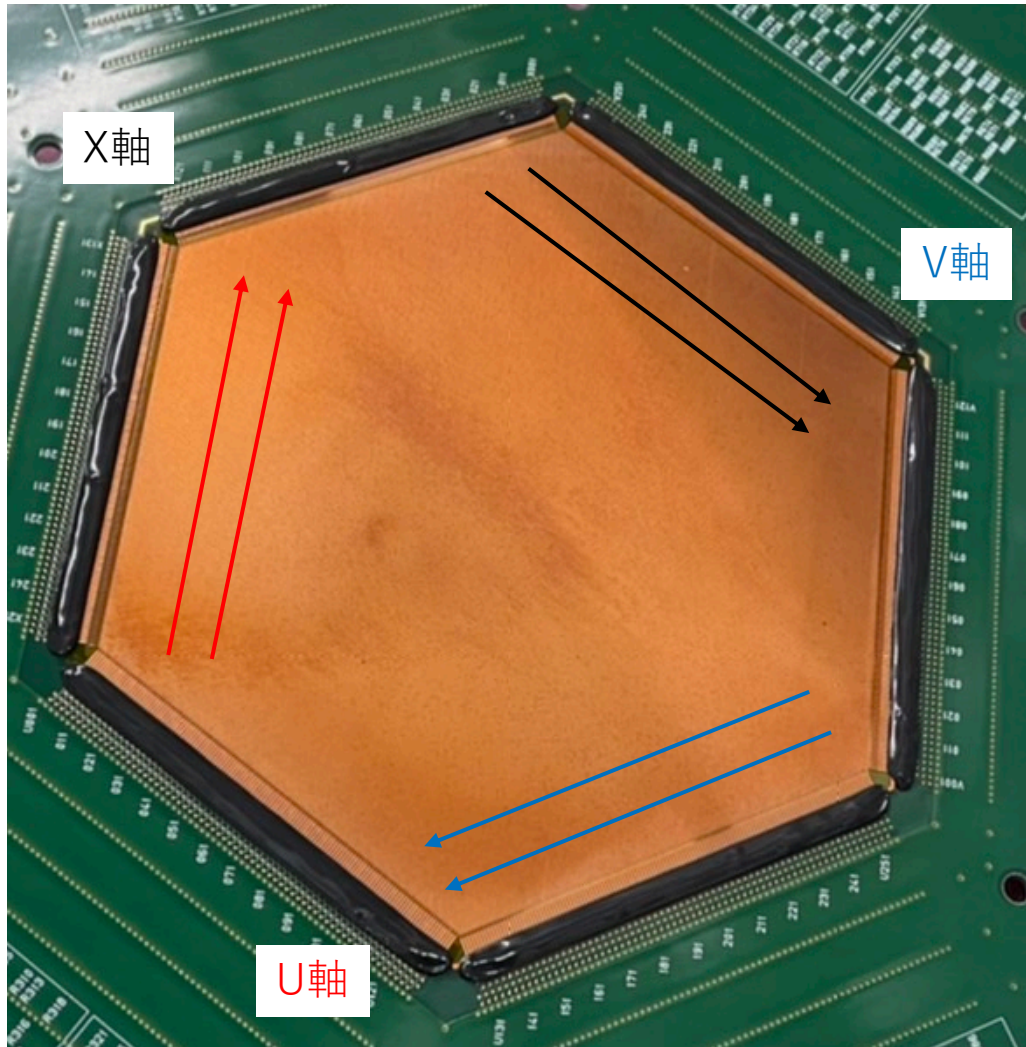
- ・ μ -PICによるTPC
 - 反跳電子のエネルギー, 散乱点, 反跳方向
- ・ シンチレータ
 - 散乱ガンマ線のエネルギー, 吸収点



事象毎に到来方向が一意に決定
余剰のパラメータを用いた雑音除去

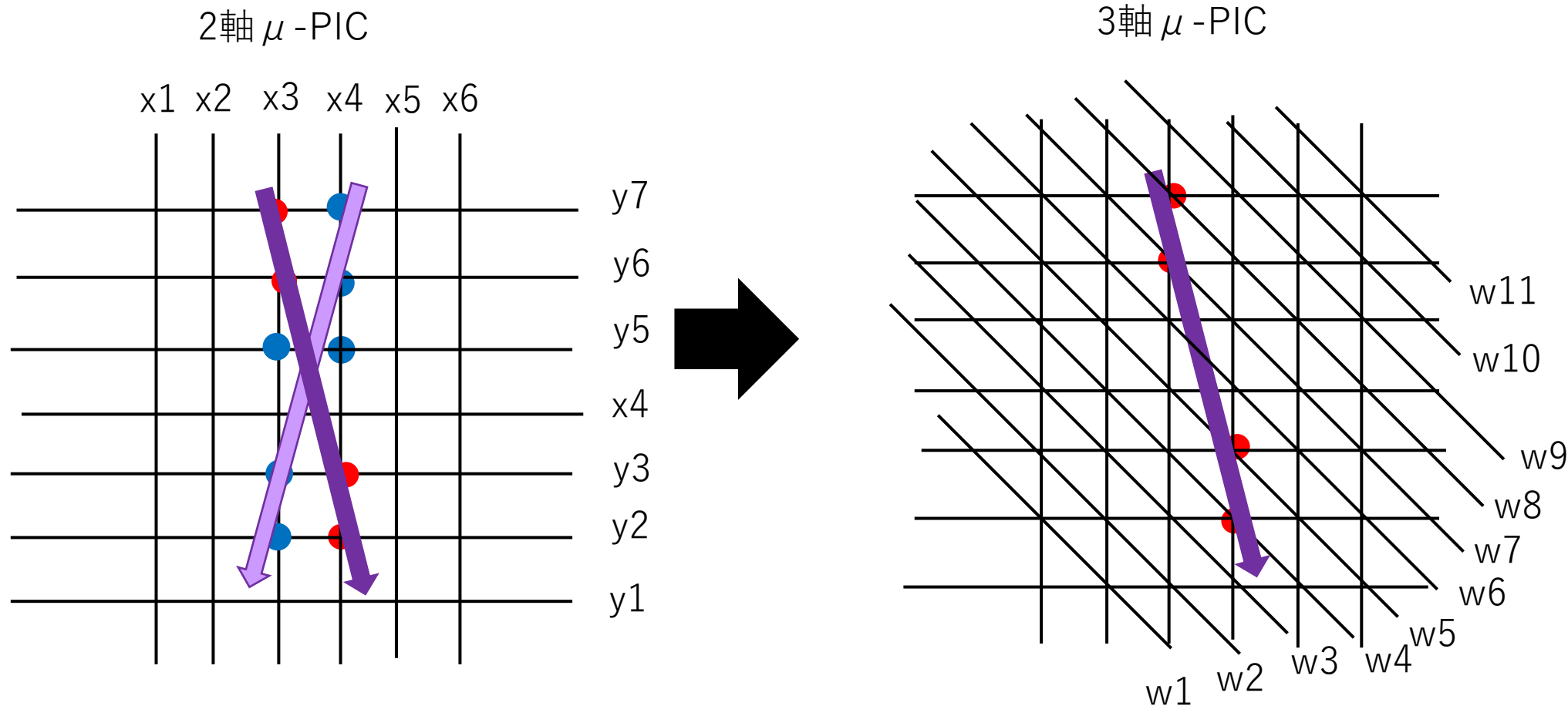
- ・ μ -PICへの要求
高利得化・安定化、3軸 μ -PICによる電子飛跡の詳細化・高利得化

3軸 μ -PIC



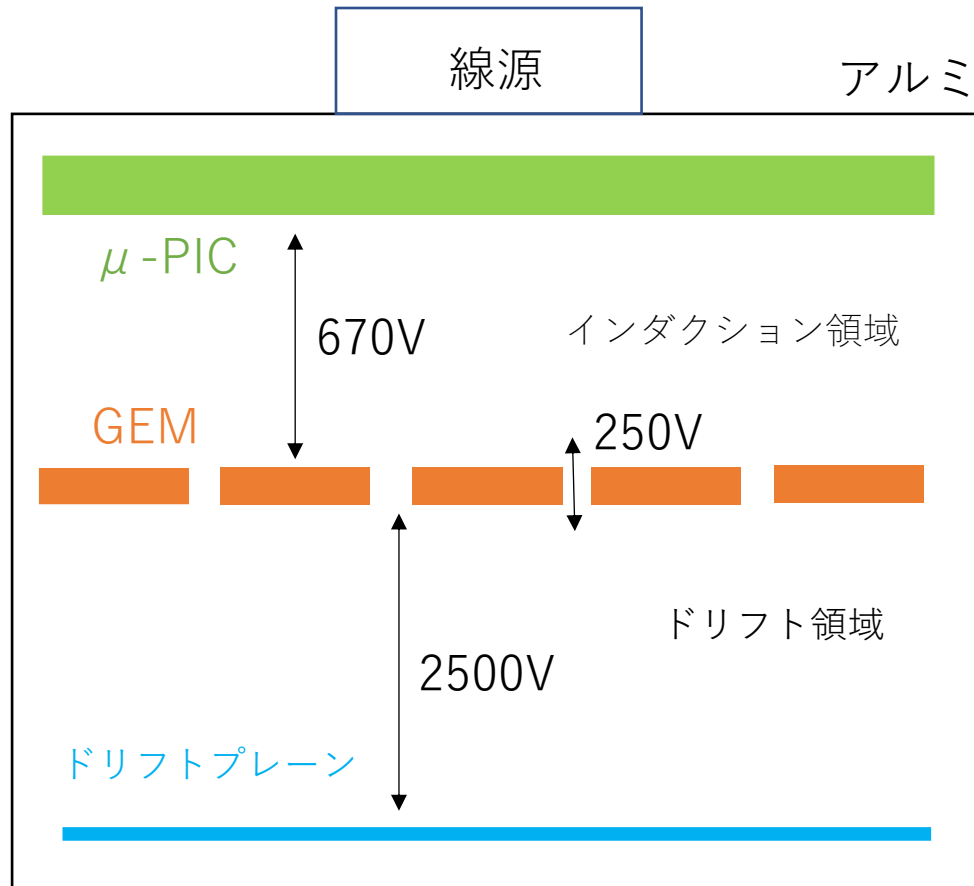
- 2次元ガスイメージング検出器
- プリント基板技術で製作
- 個々のピクセルでガス増幅
- 各軸に256ch
- 各軸のなす角度は 120°

直行型strip電極の問題点と3軸化

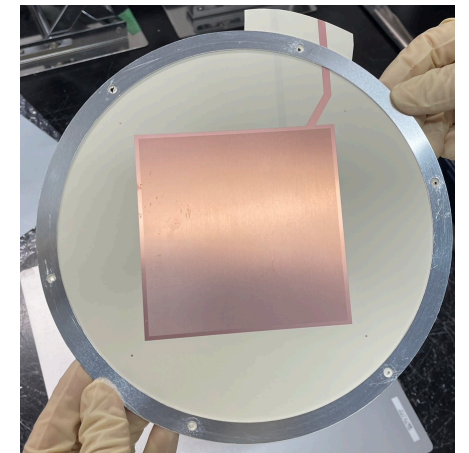
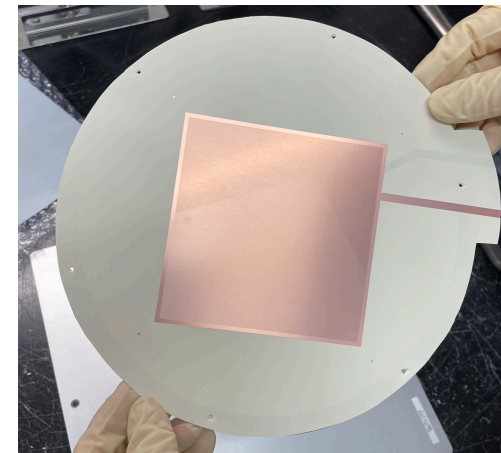
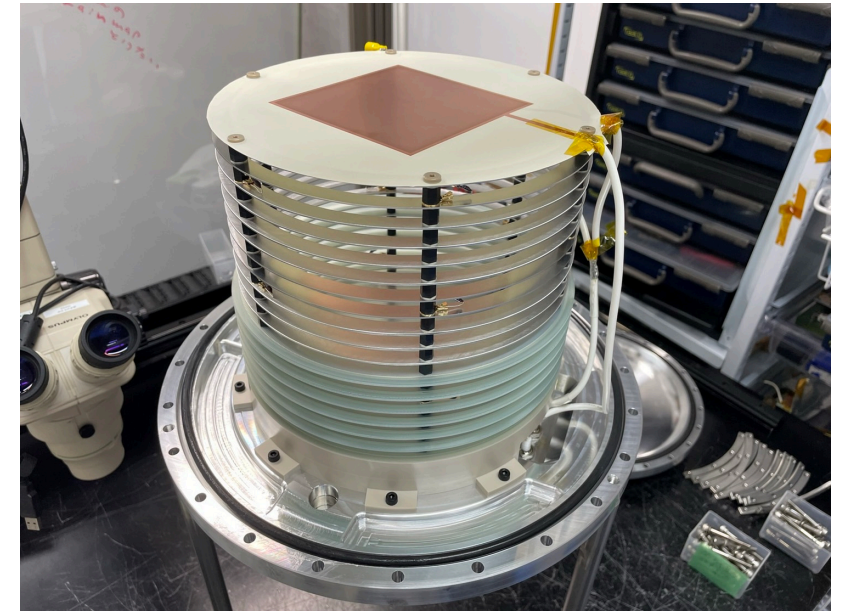


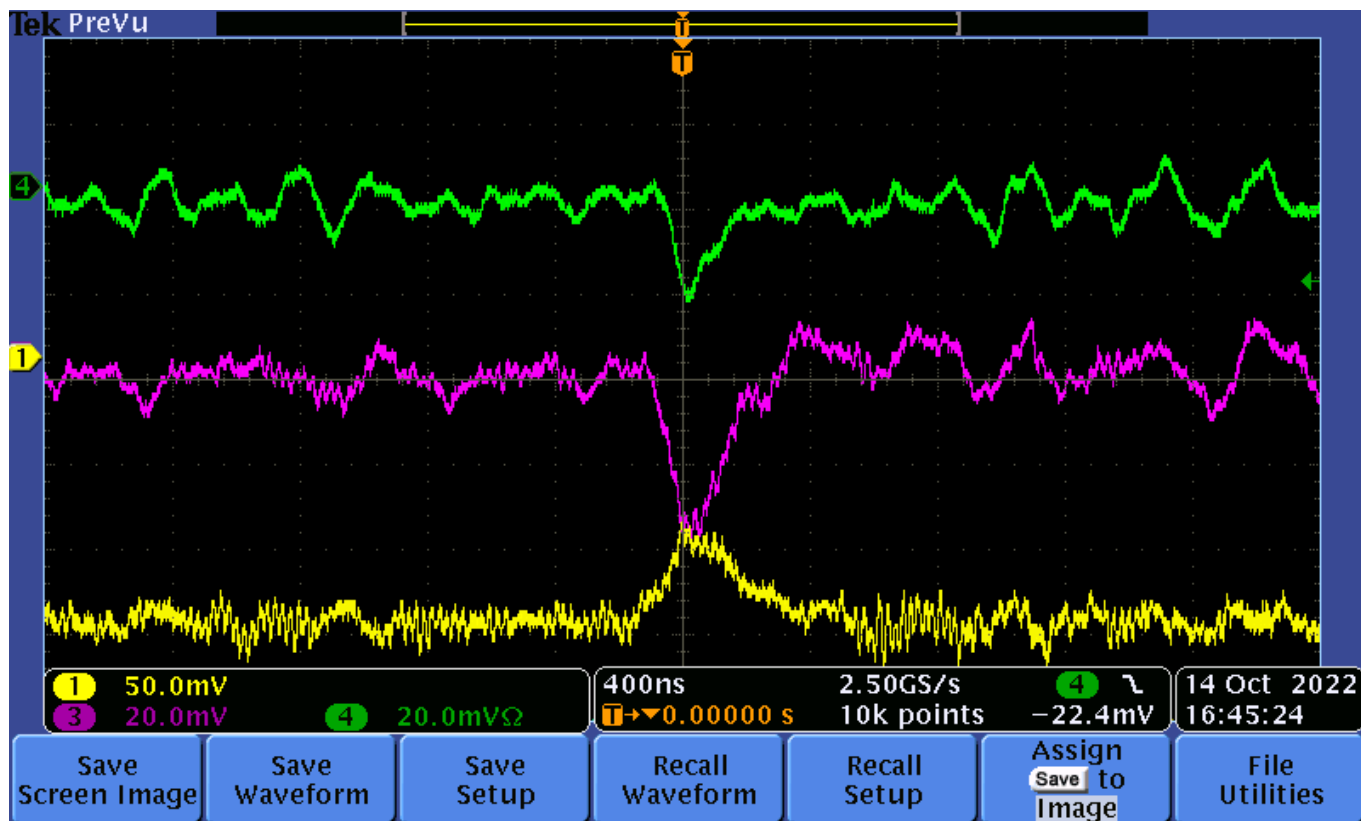
→ある程度飛跡の不定性を解くことが可能

3軸 μ -PIC



電場





各軸で信号を確認

Ar 95% CF4 3% C4H10 2%

HV

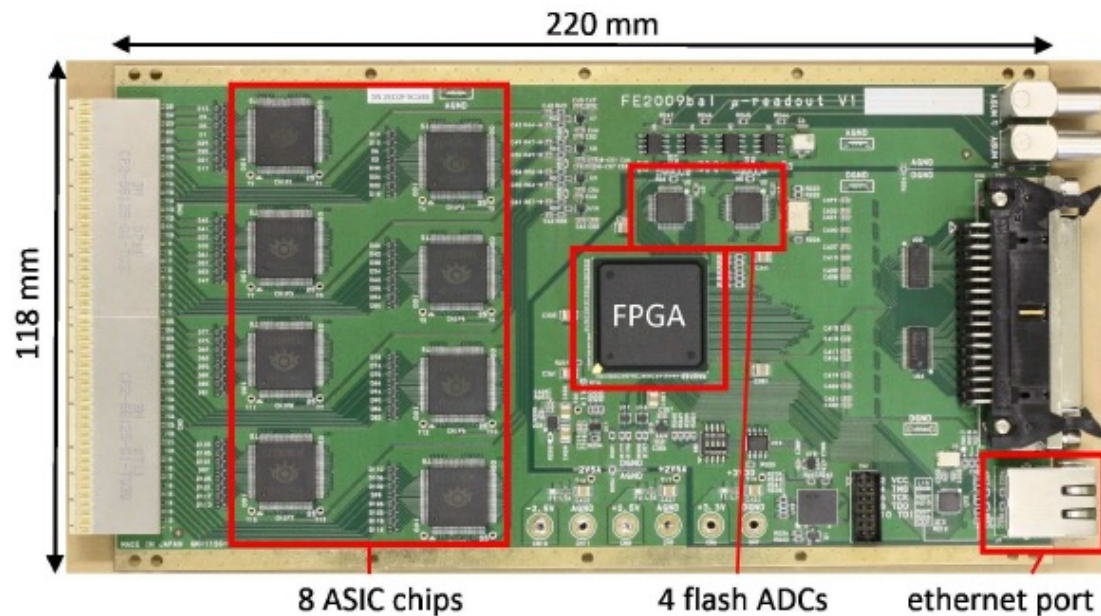
Drift top -3050V

GEM上 -550V

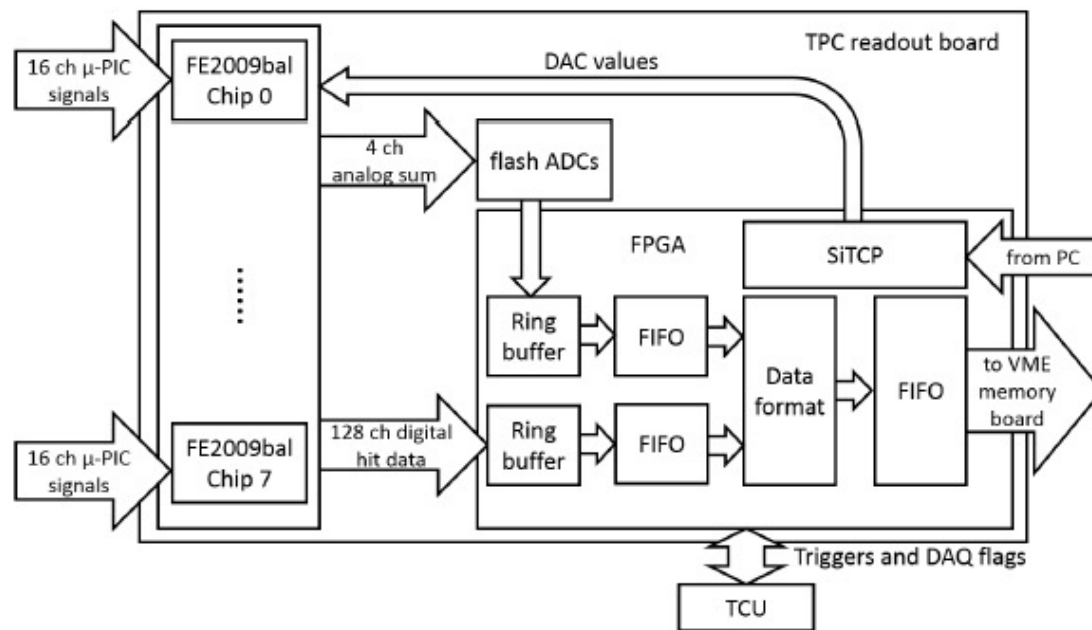
GEM下 -300V

Anode 370V

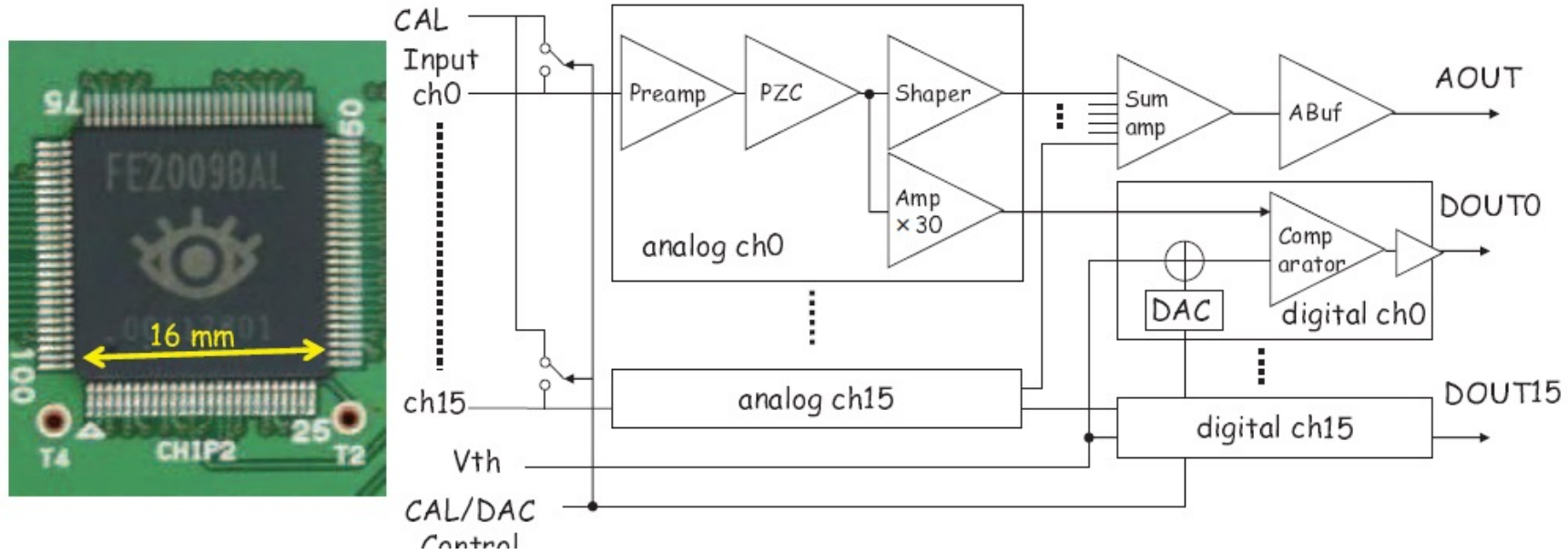
岩城ボード



μ -PICに基づいたETCC用の計測基盤。
128chのアナログ信号を処理。



ASIC chip

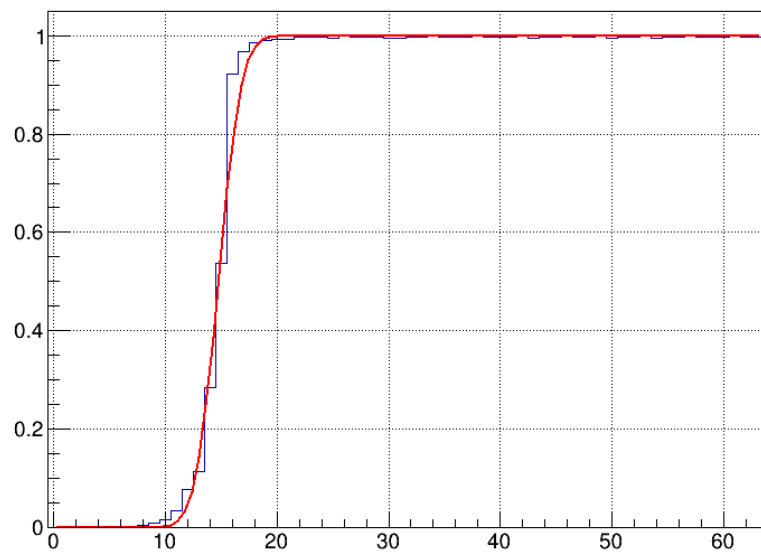


VthでComparatorの閾値を一律で設定できるが、ch毎の特性で誤差が生じるため各ch毎にDAC値を設定して調整する。

DAC値補正

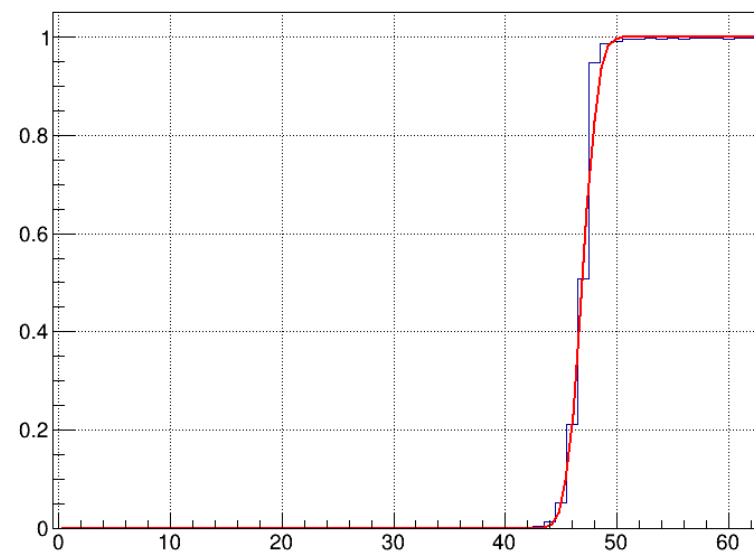
- DAC値は10~50とchにより様々
- フィッティングが上手くいっていないものは手で調整

Ch 034



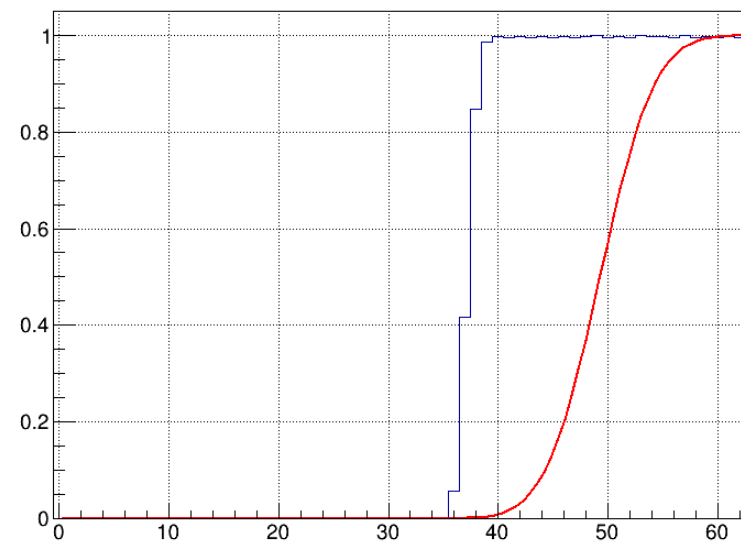
DAC値

Ch 039



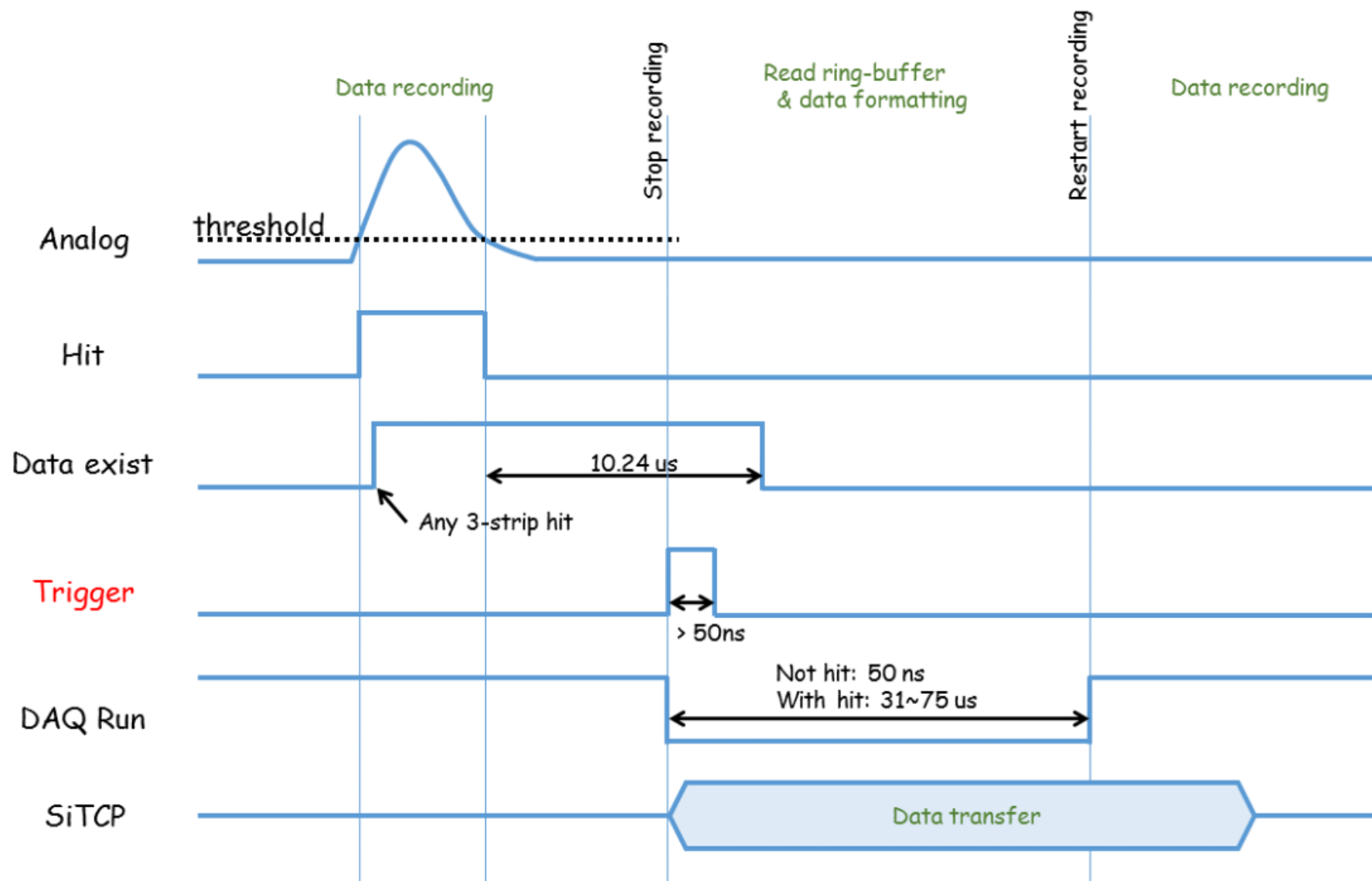
DAC値

Ch 006



DAC値

タイミングチャート



- 黒字は岩城ボードからの出力、赤字は入力

Trigger

セルフトリガー

AND



Trigger

OR



HIT信号



OR



HIT信号



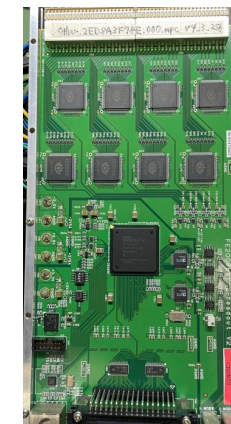
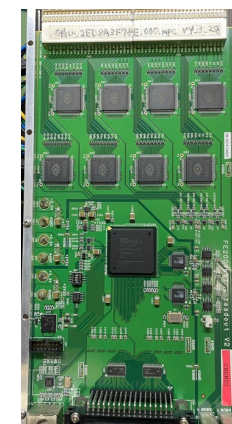
OR



X軸

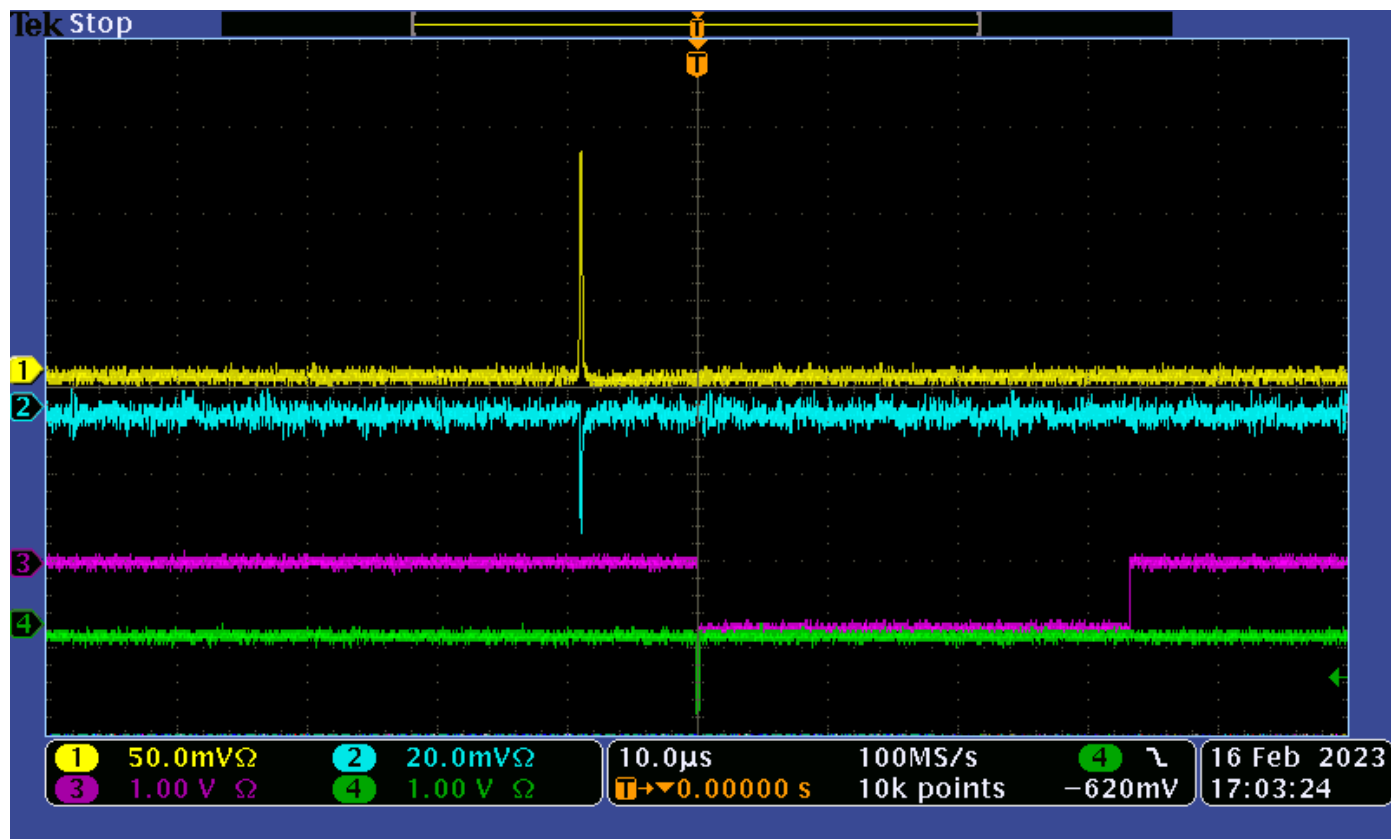


U軸



V軸

Trigger



約 $10\mu\text{s}$ のdelay

^{133}Ba

HV

Drift top -3050V

GEM上 -550V

GEM下 -300V

Anode 370V

データフォーマット

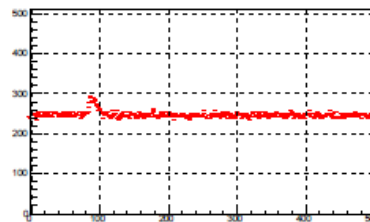
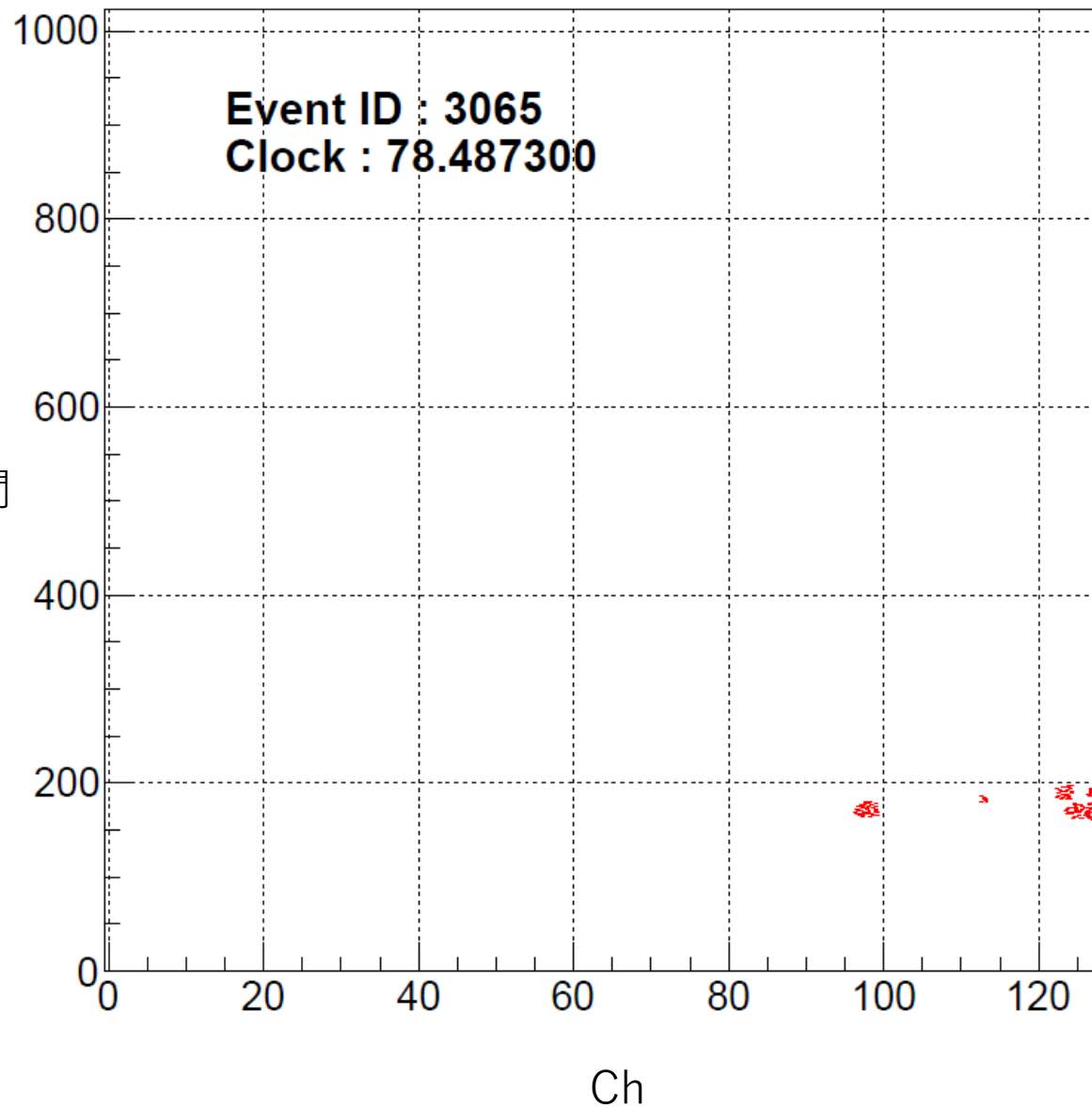
TPC Data (TCP) ver 1.4

データフォーマット

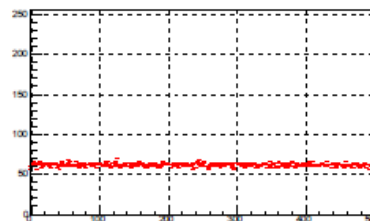
Byte	0-MSB	0-6	0-5	0-4	0-3	0-2	0-1	0-LSB	1-MSB	1-6	1-5	1-4	1-3	1-2	1-1	1-LSB	
0x000					0xeb											0x90	
0x002					0x19											0x64	
0x004									Trigger counter (上位bit)								
0x006									Trigger counter (下位bit)								
0x008									Clock counter (上位bit)								
0x00a									Clock counter (下位bit)								
0x00c									Input Ch 2 counter (上位bit)								
0x00e									Input Ch 2 counter (下位bit)								
0x010 + 8×clock		0x4			0	0										FADC Ch0	
0x012 + 8×clock		0x5			0	0										FADC Ch1	
0x014 + 8×clock		0x6			0	0										FADC Ch2	
0x016 + 8×clock		0x7			0	0										FADC Ch3	
0x1016					version (year)								version (month)				
0x1018		version (sub)			0					Encoding Clock Depth							
0x1020 + 10×hit		0x8					0x0				0x0					0x0	
0x1022 + 10×hit		0x0			0						Encode clock						
0x1024 + 10×hit									hit情報 (ch127 - ch112)								
0x1026 + 10×hit									hit情報 (ch111 - ch96)								
0x1028 + 10×hit									hit情報 (ch95 - ch80)								
0x102a + 10×hit									hit情報 (ch79 - ch64)								
0x102c + 10×hit									hit情報 (ch63 - ch48)								
0x102e + 10×hit									hit情報 (ch47 - ch32)								
0x1030 + 10×hit									hit情報 (ch31 - ch16)								
0x1032 + 10×hit									hit情報 (ch15 - ch0)								
Footer					0x75 ("u")								0x50 ("P")				
Footer+1					0x49 ("I")								0x43 ("C")				

- Trigger counterはTriggerが入力される度、1増加
- Input Ch 2 counterはSignal counterが入力される度、1増加

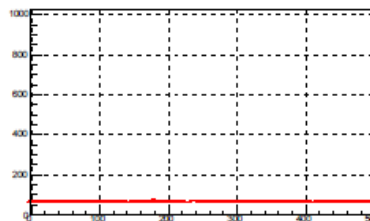
Hit Image



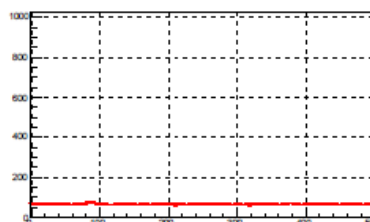
左図 HIT情報



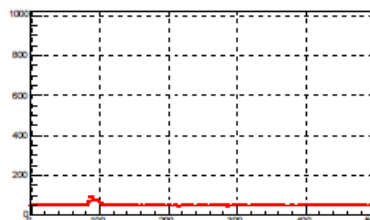
右図 flashメモリに保存されたアナログ情報



^{133}Ba

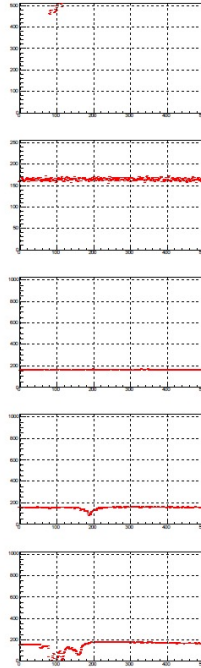
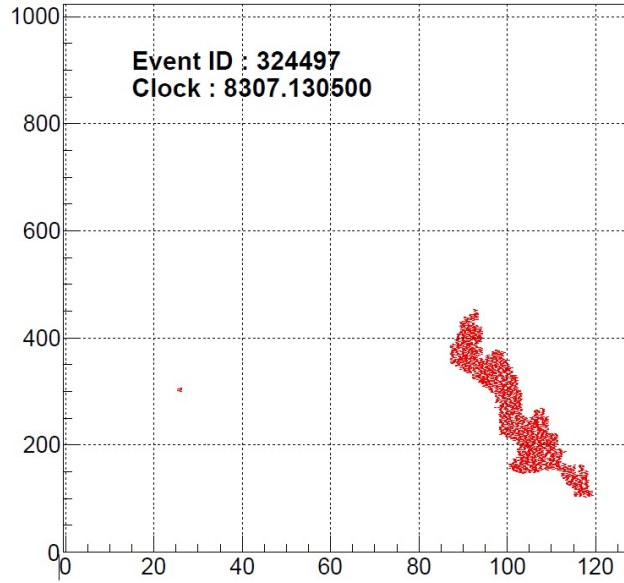


HV
Drift top -3050V
GEM上 -550V
GEM下 -300V



Anode 370V

Hit Image

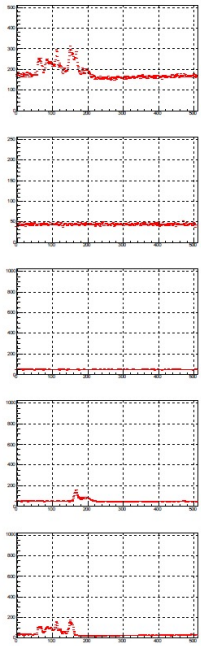
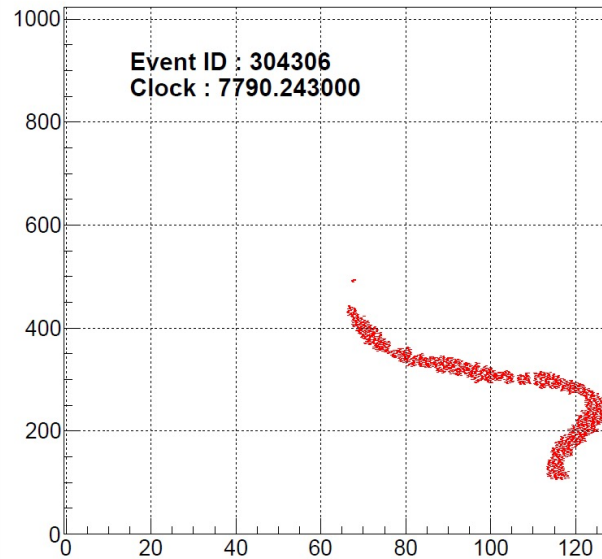


^{133}Ba

HV
Drift top -3200V
GEM上 -620V
GEM下 -300V

Anode 420V

Hit Image

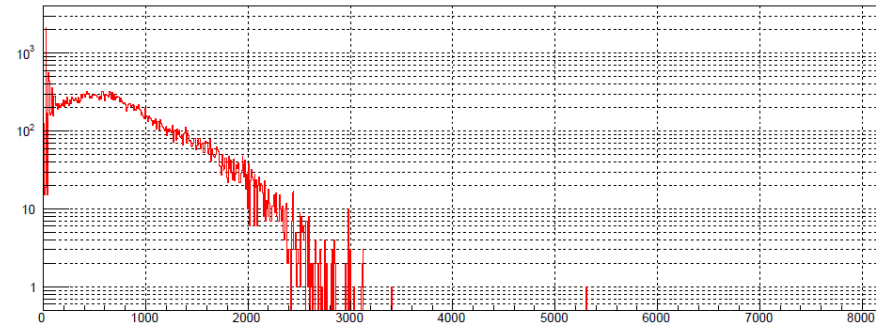
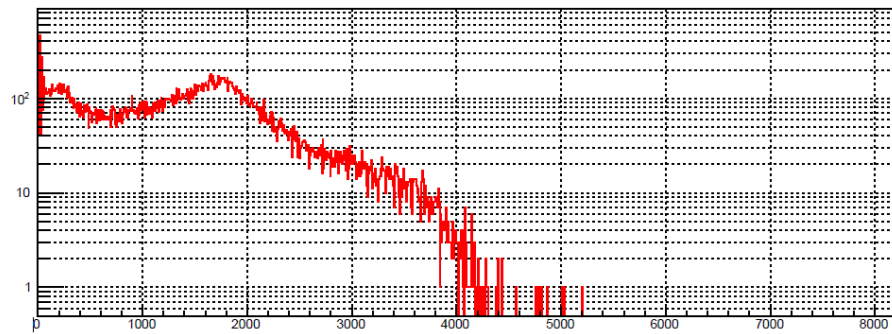
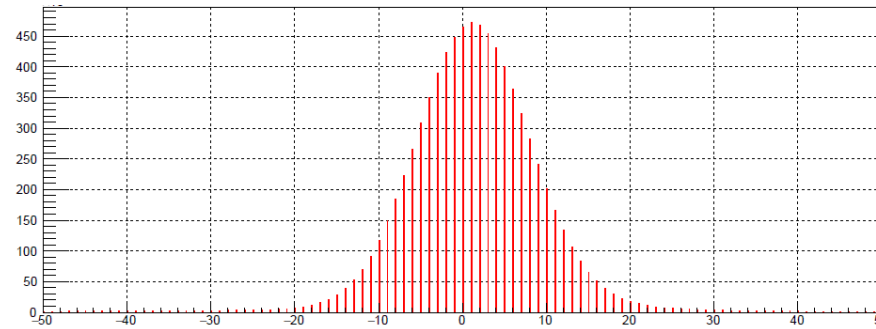
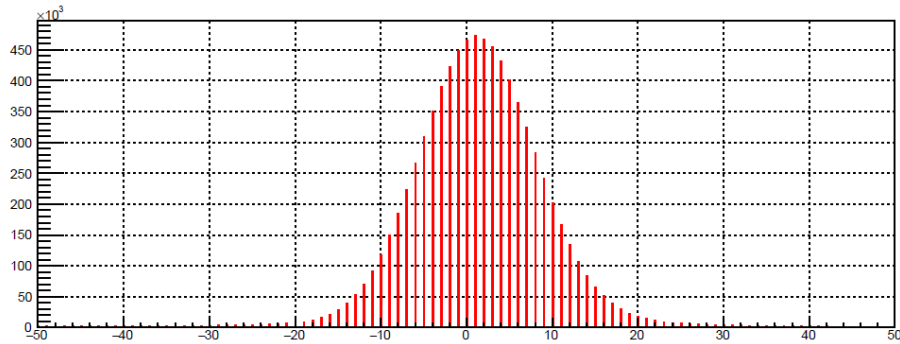


Threshold

^{241}Am

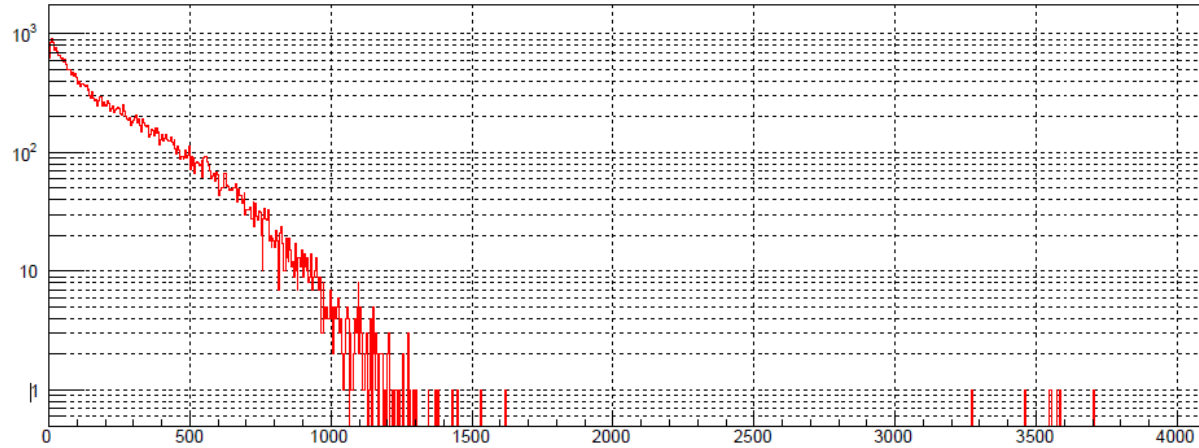
HV
Drift top -3050V
GEM_上 -550V
GEM_下 -300V

Anode 370V

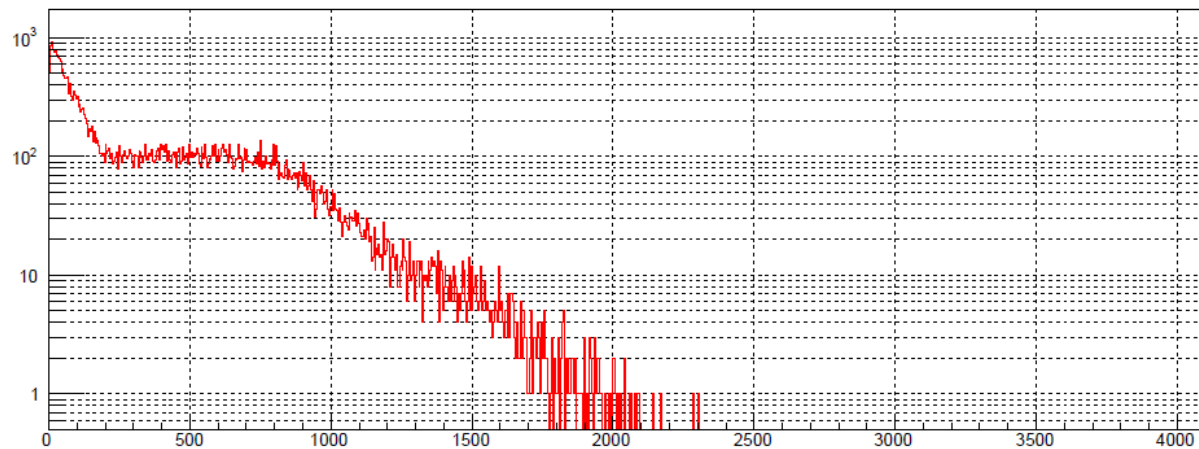


Threshold

Cathode



Anode



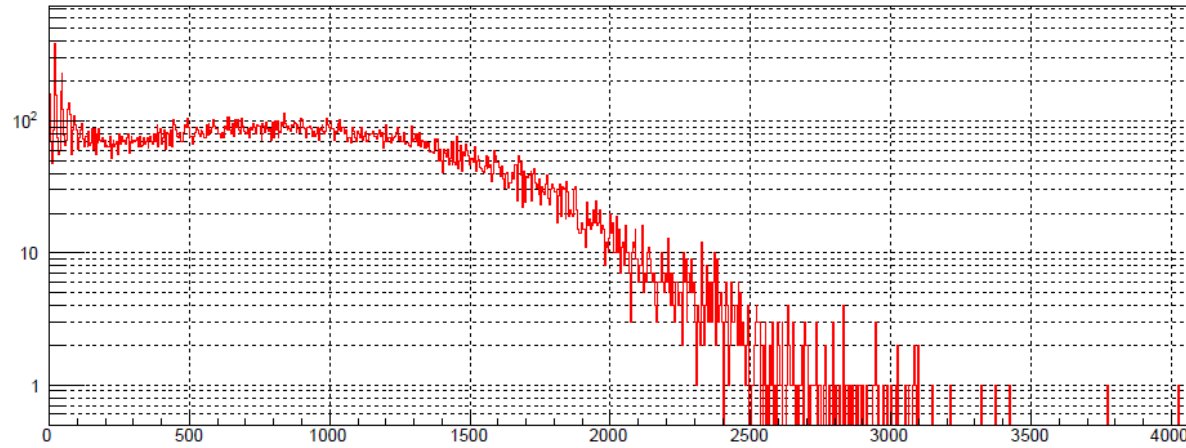
^{241}Am

HV
Drift top -3050V
GEM_上 -550V
GEM_下 -300V

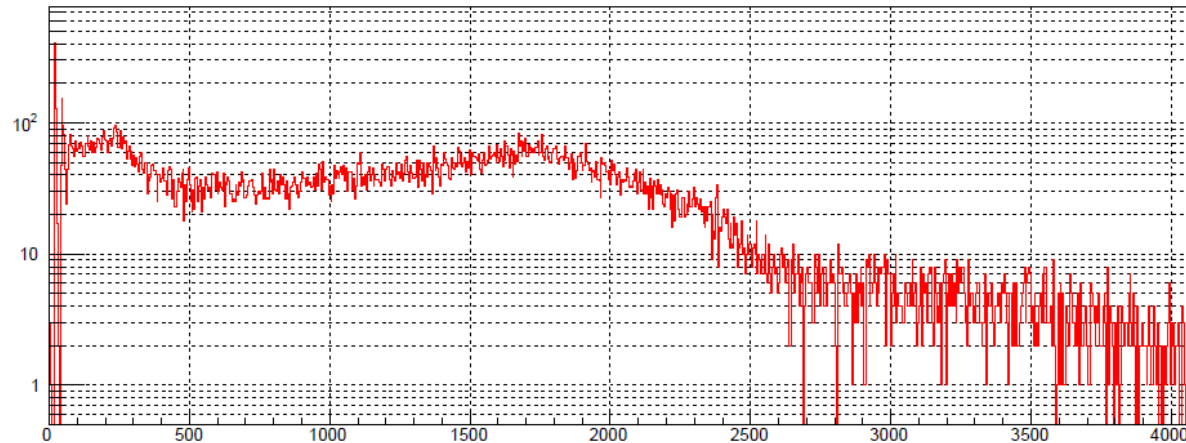
Anode 370V

Spectrum

Cathode



Anode



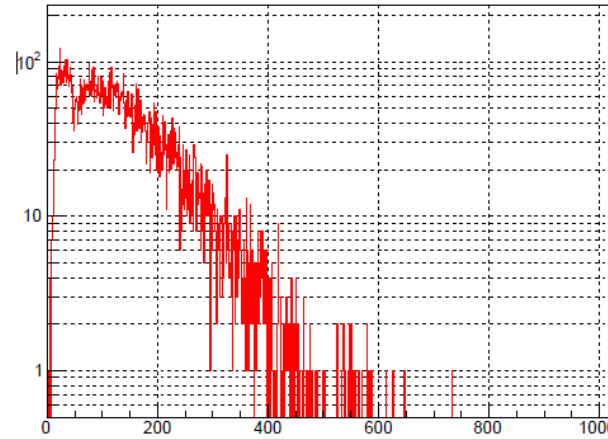
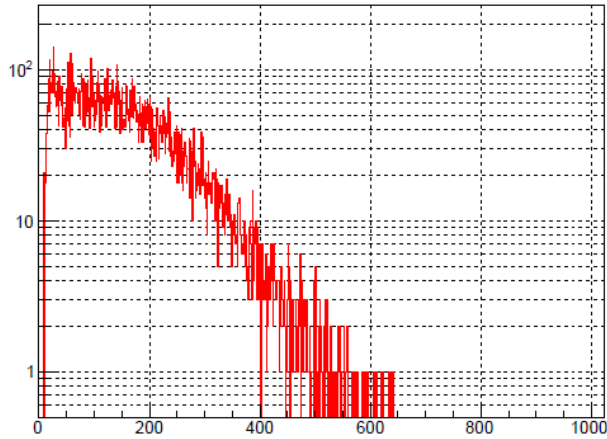
^{241}Am

HV
Drift top -3050V
GEM_上 -550V
GEM_下 -300V

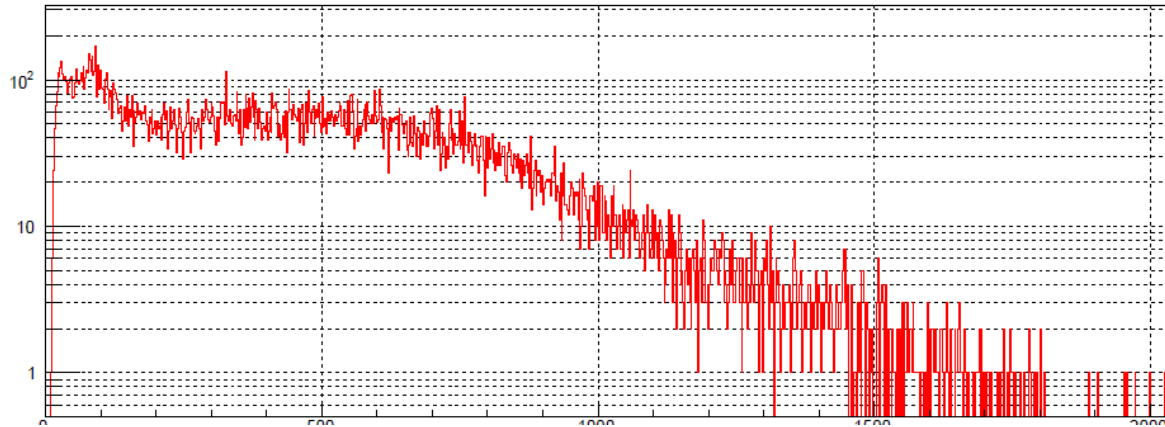
Anode 370V

Spectrum

Cathode



Anode

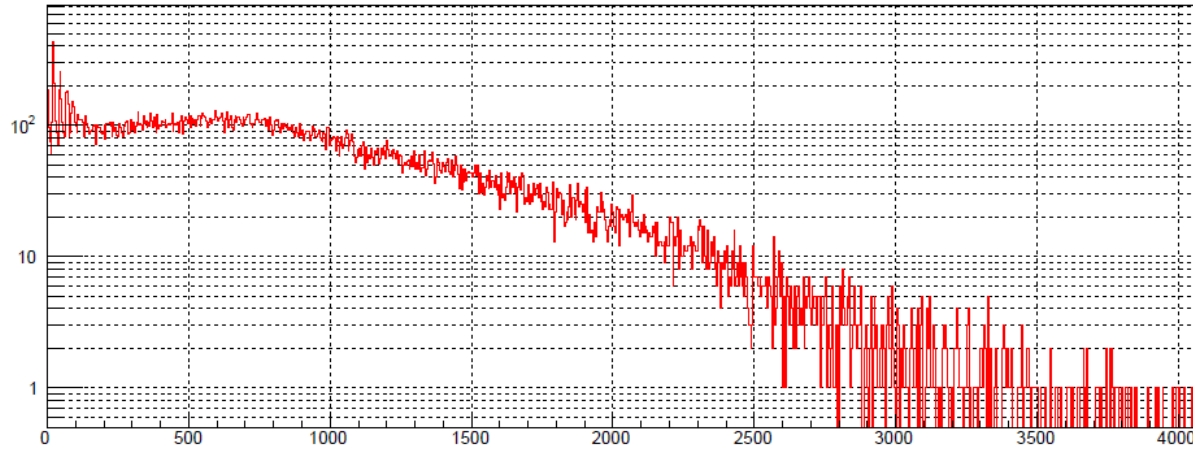


^{241}Am

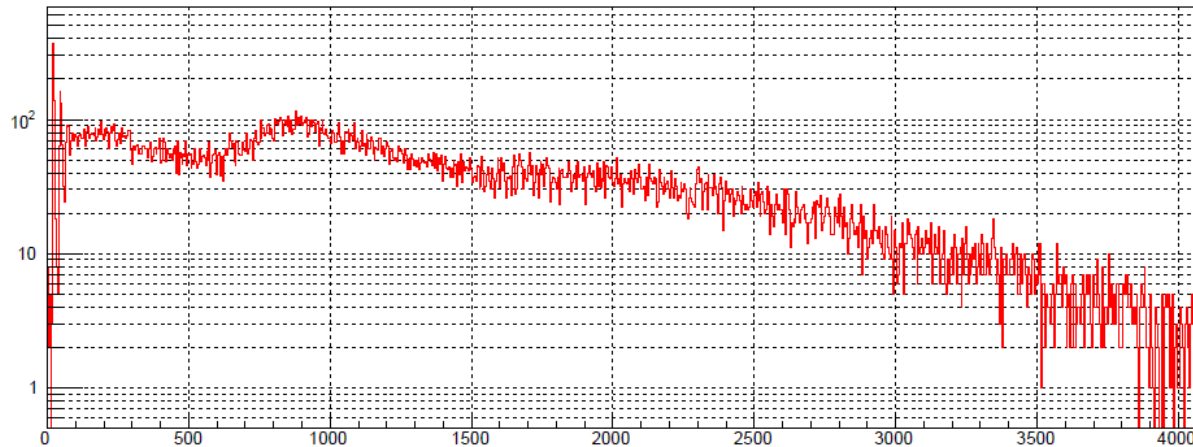
HV
Drift top -3050V
GEM上 -550V
GEM下 -300V
Anode 370V

Spectrum

Cathode



Anode

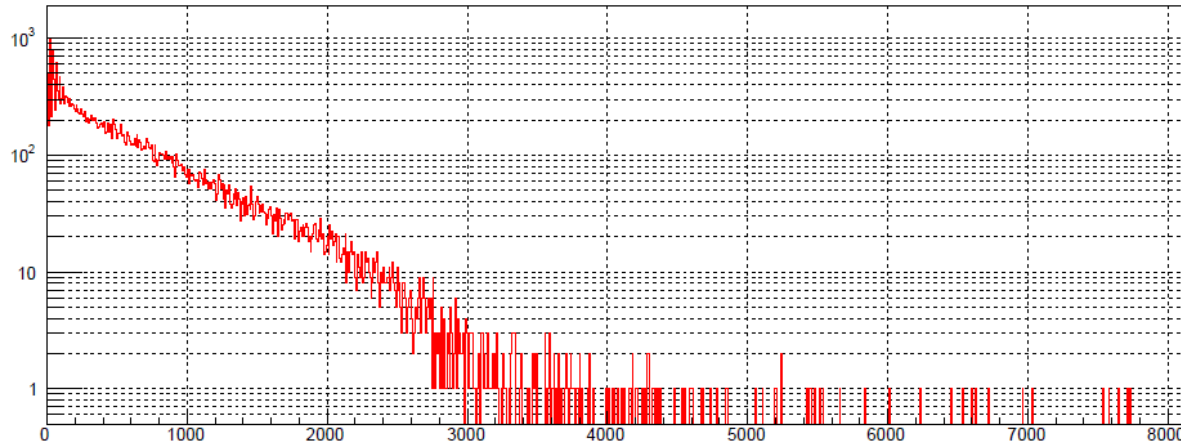


^{133}Ba

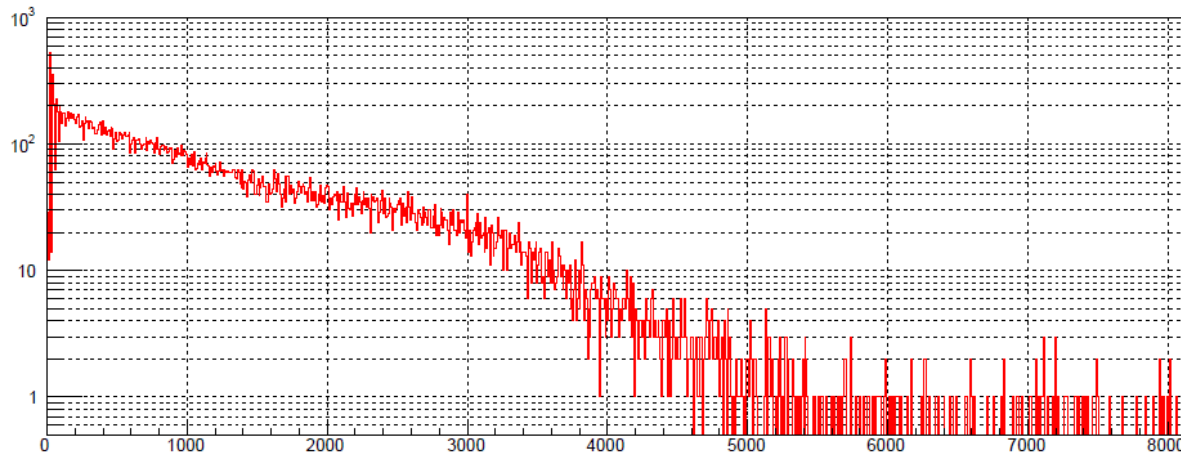
HV
Drift top -3050V
GEM上 -550V
GEM下 -300V
Anode 370V

Spectrum

Cathode



Anode



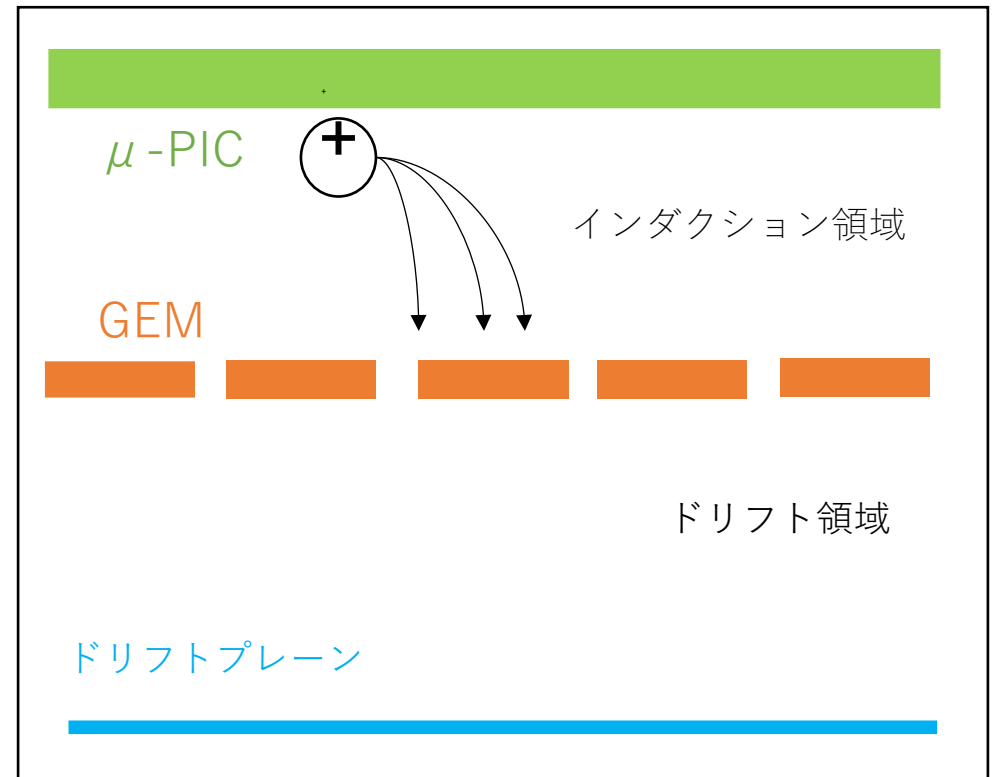
^{137}Cs

HV
Drift top -3050V
GEM_上 -550V
GEM_下 -300V

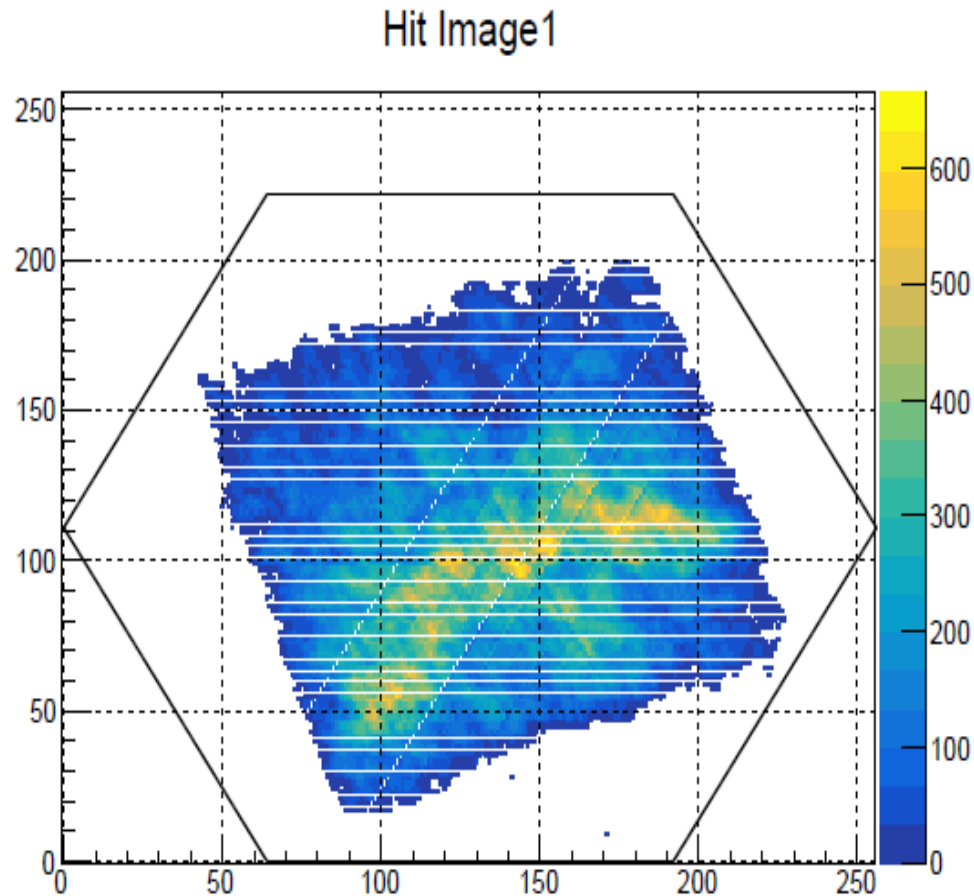
Anode 370V

Spectrum

AnodeとCathodeでスペクトルの形が異なる
→陽イオンがDrift領域に戻っているから？



μ -PICの反応領域



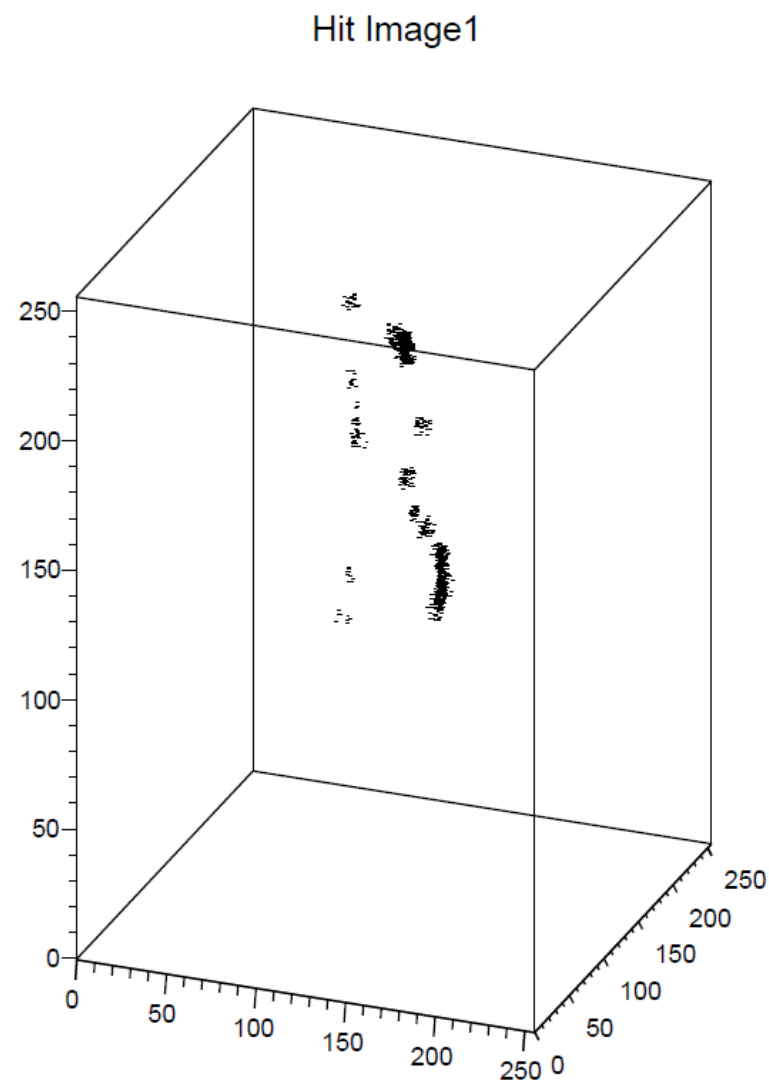
μ -PICに比べGEMの方が小さいため、
反応領域はGEMの大きさに依存する。

電子の飛跡

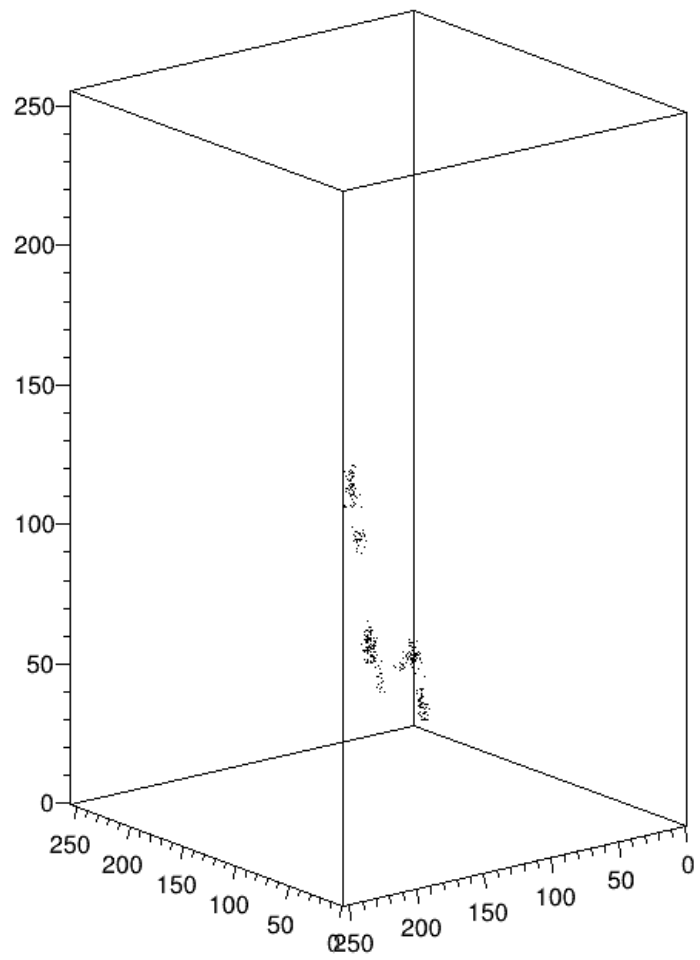
^{133}Ba

HV
Drift top -3050V
GEM上 -550V
GEM下 -300V

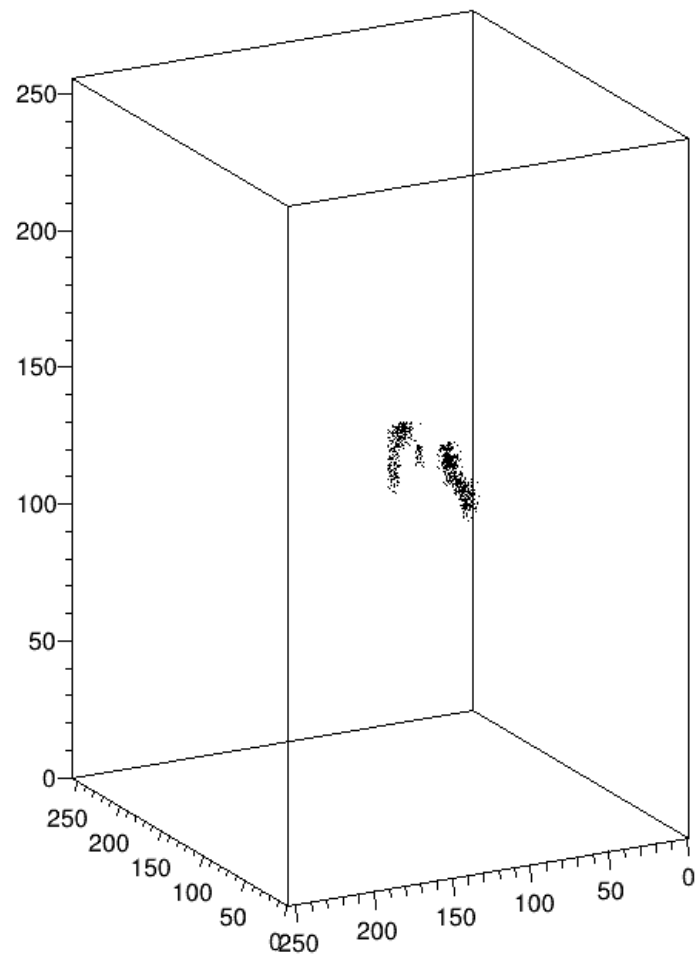
Anode 370V



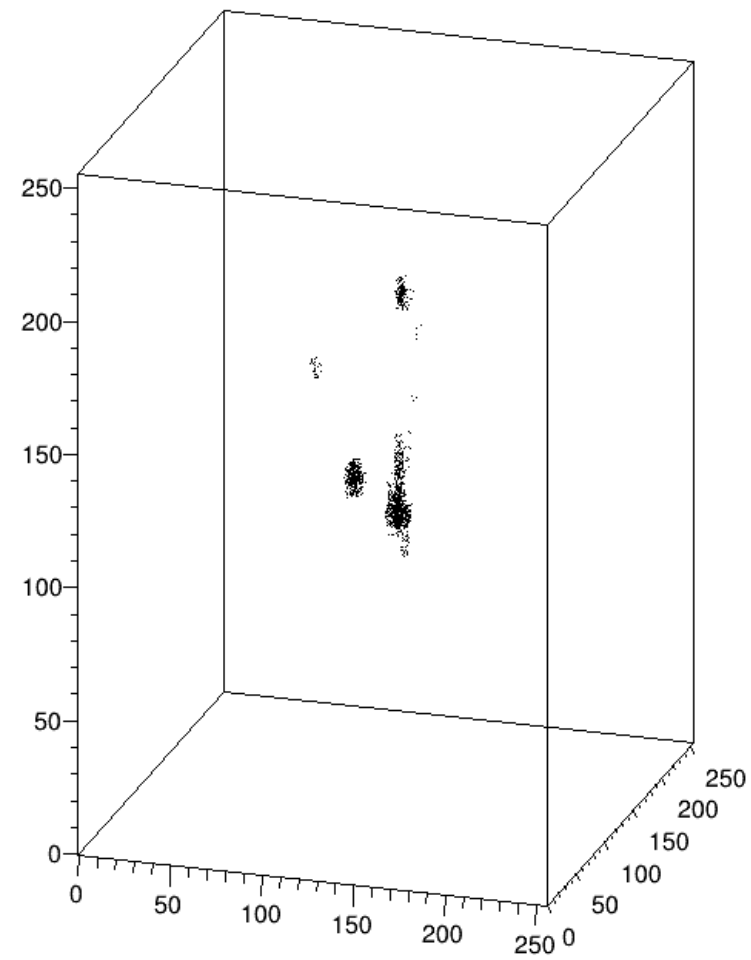
Hit Image1



Hit Image1



Hit Image1



まとめ

- ・ 電子の飛跡を得ることができた。
- ・ スペクトルについては改善が必要。