



SMILE33: TPCTリガーでの読み出しに向けた MPPCシンチレーションカメラの開発

京都大学 中増 勇真

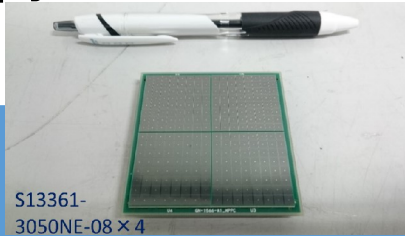
高田淳史, 岸本哲朗, 古村翔太郎, 窪秀利, 松岡佳大, 宮本奨平,
水本哲矢, 水村好貴, 中村輝石, 中村優太, Parker Joseph,
園田真也, 竹村泰斗, 谷口幹幸, 谷森達, 友野大, 吉川慶,
黒澤俊介(東北大NICHe), 身内賢太郎(神戸大理),
澤野達哉(金沢大数物), 鎌田圭(東北大NICHe,株式会社C&A),
庄子育宏(東北大金研,株式会社C&A),
吉川彰(東北大金研,東北大NICHe,株式会社C&A)

目次

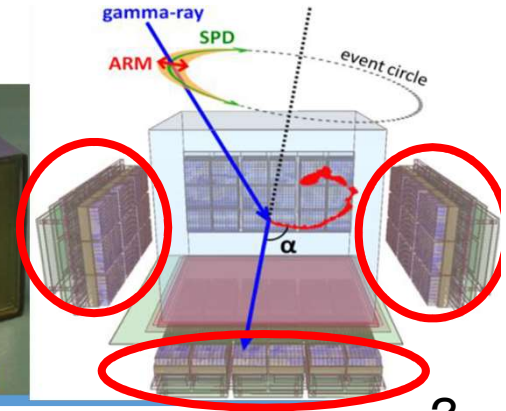
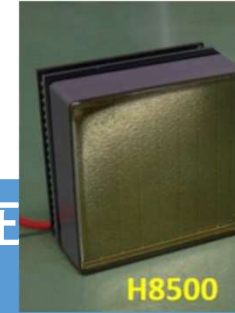
- ダイナミックレンジ
- MPPC温度依存性
- ADCのSampling rate見積り
- まとめと課題

Head Amp目標

目標値



現在

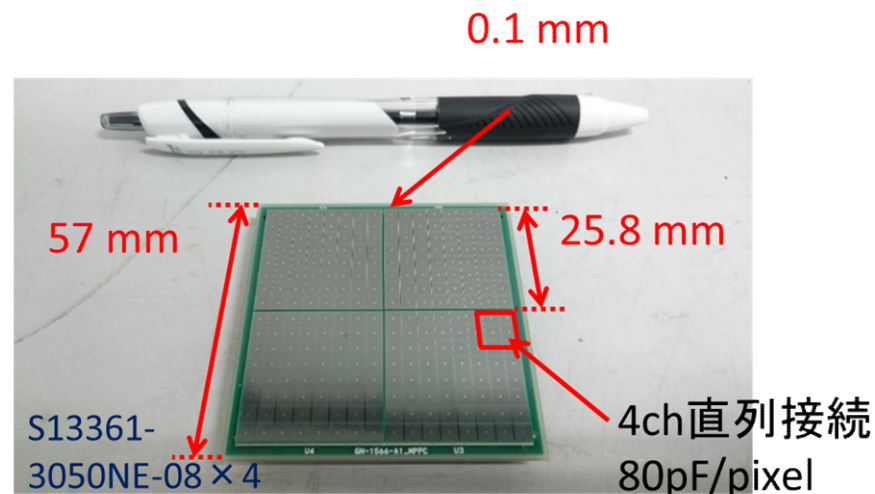


2016春の物理学会にて講演

	目標値	現在
高エネルギー分解能 (FWHM)	$\Delta E/E \sim 8\%$ @ 662keV ARM $< 4^\circ$ @ 511keV	$\Delta E/E \sim 11\%$ @ 662keV ARM $\sim 5^\circ$ @ 511keV
高阻止能	シンチの厚み > 2 放射長	シンチの厚みが1放射長
省電力	$< 0.1W$	0.6W/PMT
ダイナミックレンジ	100keV – 5MeV	100keV – 1MeV
DAQ	TPC trigger (吉川講演: 23aSP-4)	シンチtrigger

実現方法

- 省電力
- GSOの発光波長(440nm)に合う



①ダイナミックレンジ調整(現在の5倍)

-> 2ゲイン読み出し

・読み出し回路のパラメータ調整

②MPPCの温度制御

->温度モニター + HVコントロール

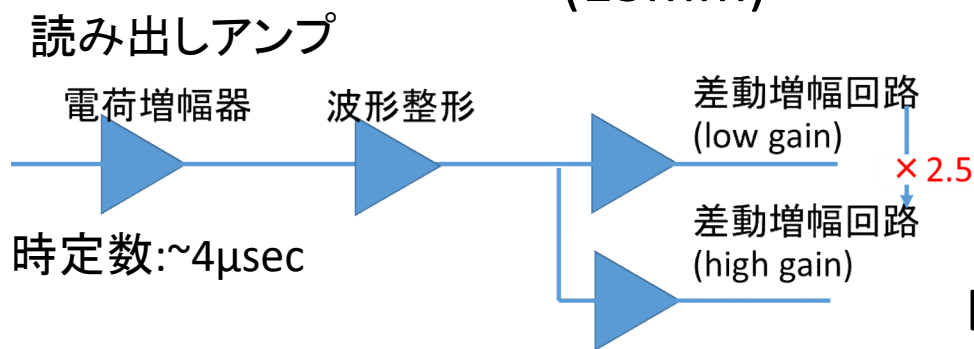
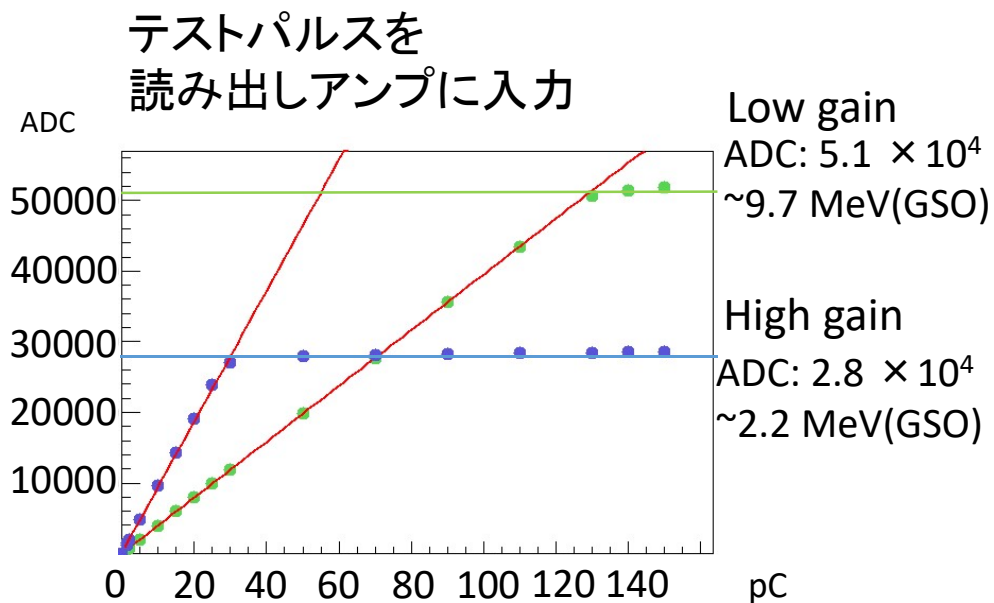
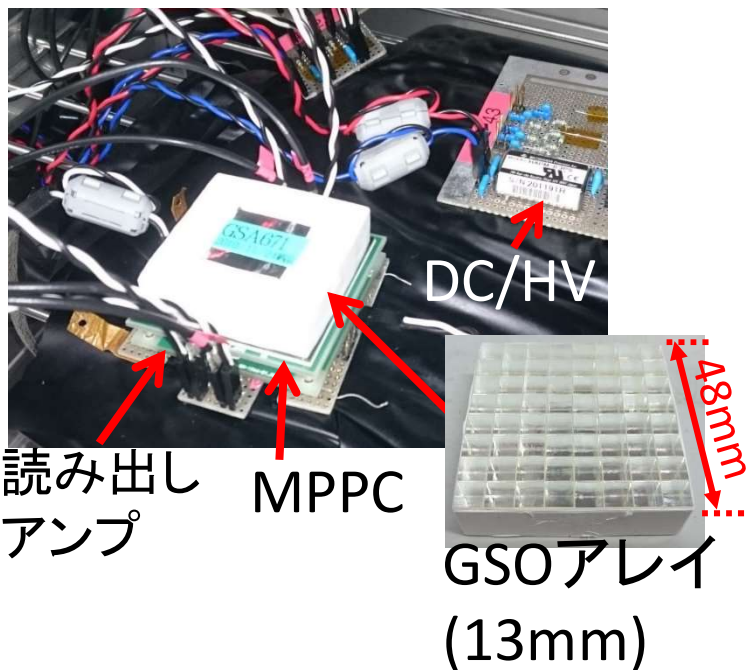
③TPCTリガーで測定

MPPCを用いる！

	Sampling ADC	Sample Hold	Peak Hold ADC
イベント取得時間	○	○	×
Common stop	○	△	△

-> Sampling ADCの使用

ダイナミックレンジについて



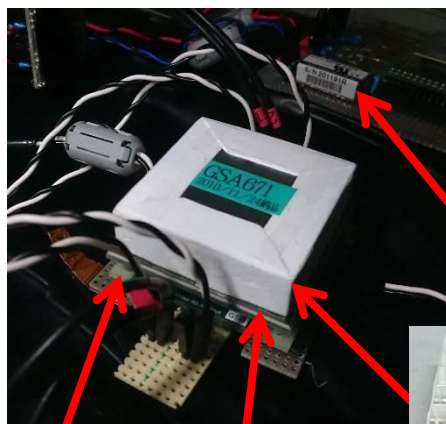
GSOでは100keV – 数MeVまで
測定可能



- GSO:
Low gainのゲインを上げつつ
~5MeVまで測定できるように調整

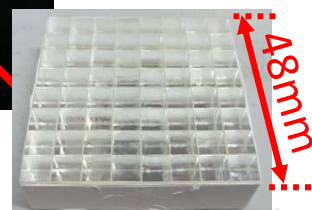
ダイナミックレンジについて

gain変更後



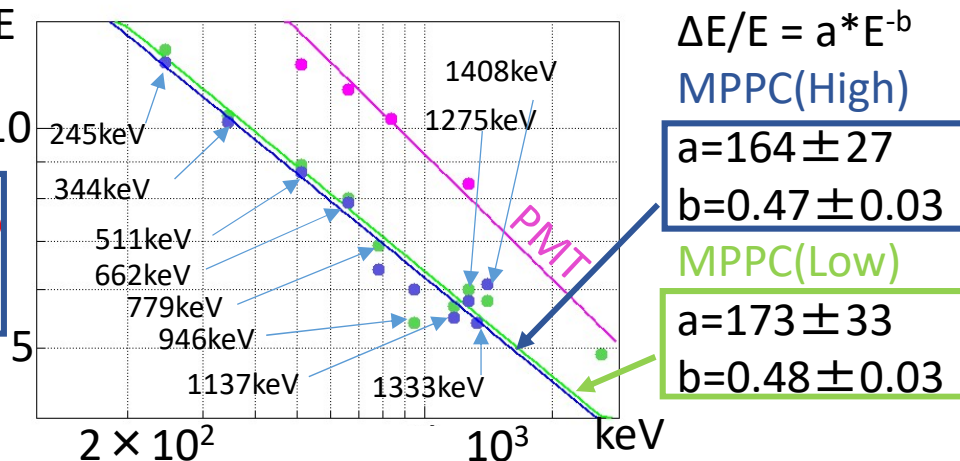
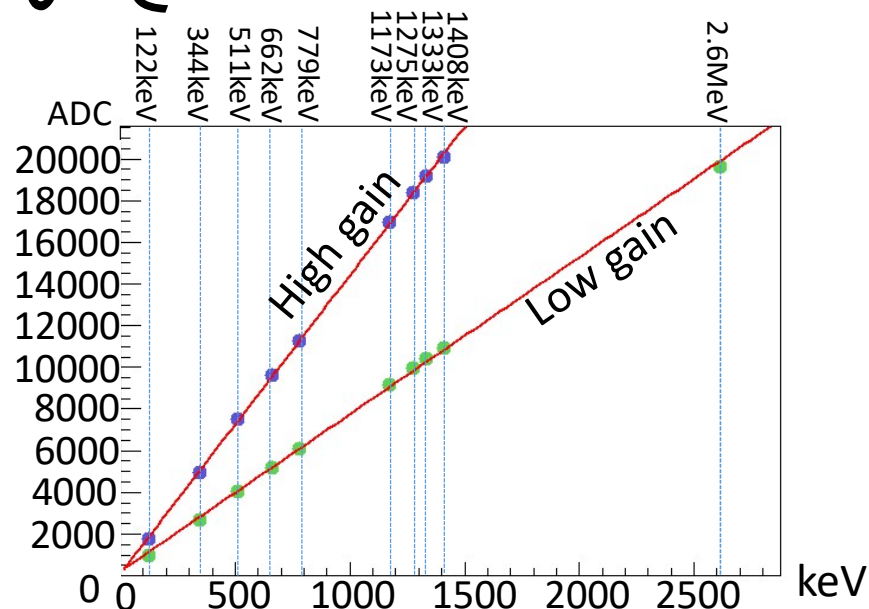
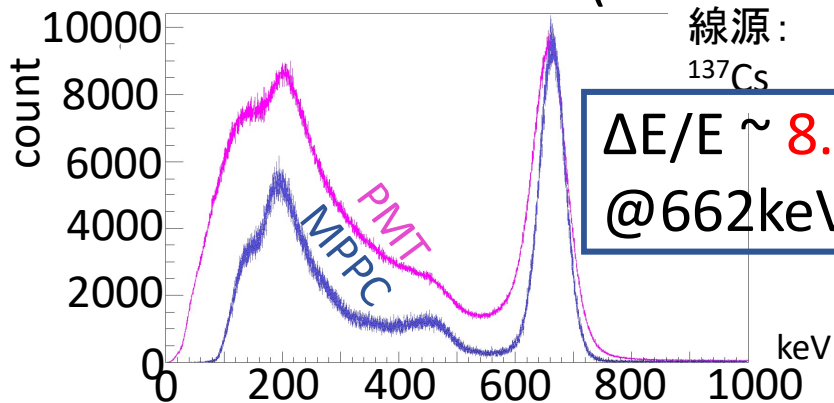
DC/HV

読み出し
アンプ MPPC
温度:15°C, gain: Low



48mm
GSOアレイ
(13mm)
線源:
 ^{137}Cs

$\Delta E/E$
[%]



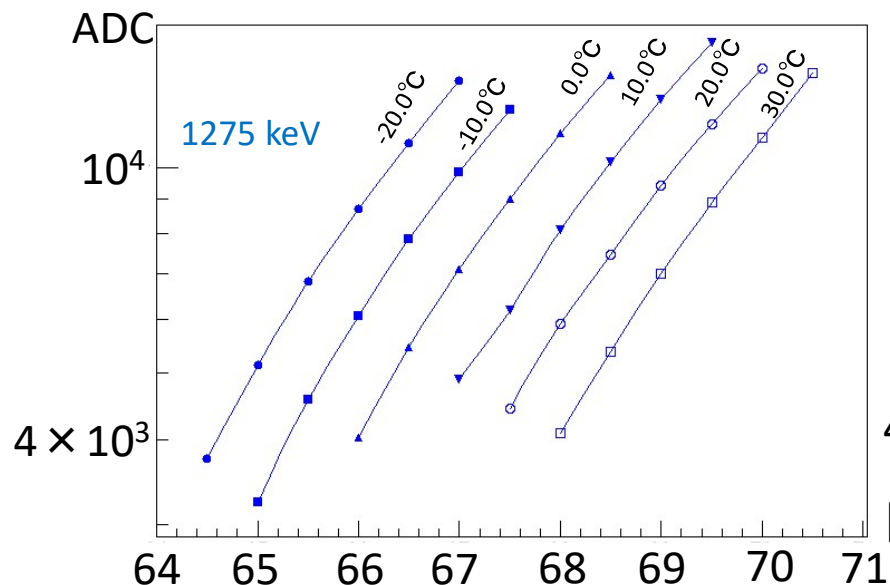
GSOではHigh gain:1.4MeV, LowGain2.6MeVまで確認!

MPPC温度依存性

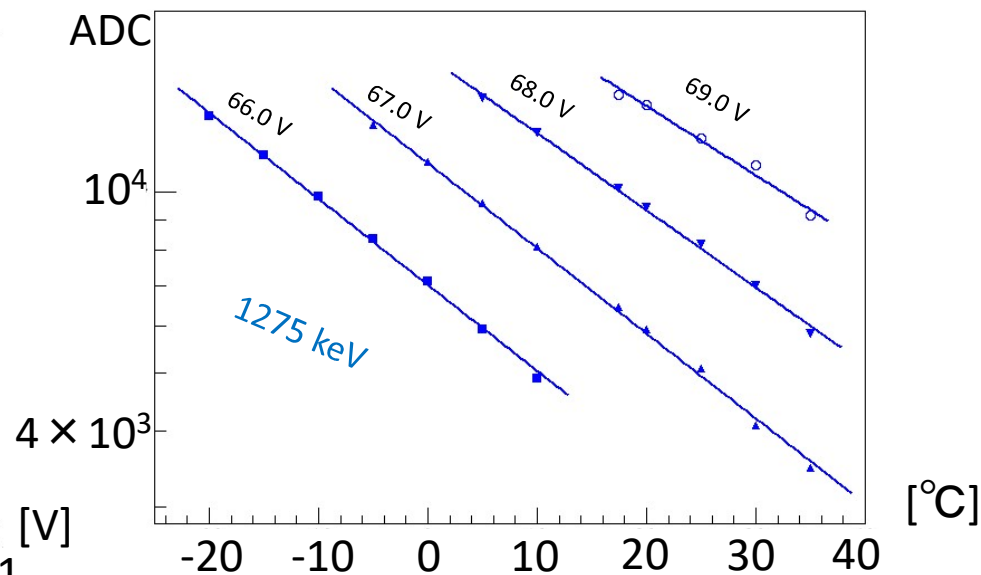
温度制御するためにはMPPCゲインの
温度依存性を知る必要あり

(MPPC:S12572-015C, 電圧:64.5V~70.5V, 温度:-20.0°C ~ 35.0°C)

Peak中心値と電圧値



Peak中心値と温度



印加電圧 V : ピーク中心値 ADC \Rightarrow $ADC = Ae^{BV+C}$

温度 T : ピーク中心値 ADC \Rightarrow $ADC = De^{ET}$

でフィットできる!

-> 温度と印加電圧の依存をまとめて $ADC = ae^{b(V-(cT+d))} + C$ と書ける?

MPPC温度依存性

温度を固定して

511keVのピーク中心値を $ADC = Ae^{BV} + C$ でfit $\Rightarrow A_0, B_0, C_0$

1275keVのピーク中心値を $ADC = Ae^{BV} + C$ でfit $\Rightarrow A_1, B_1, C_1$

$V = V_{BD}$ (降伏電圧) のとき (\rightarrow gain = 0)

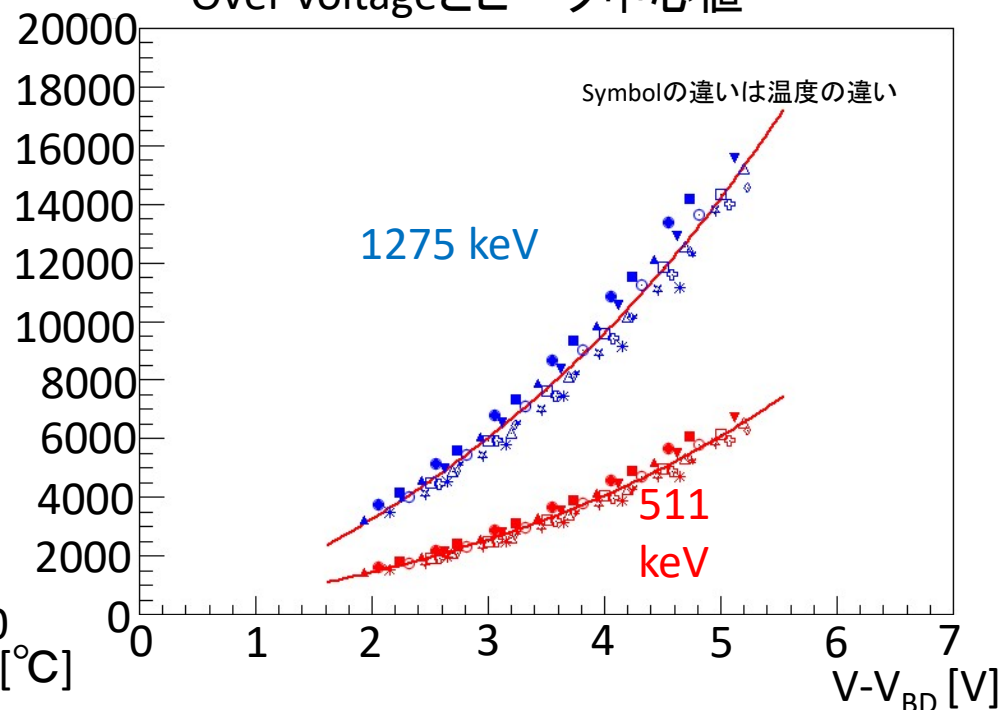
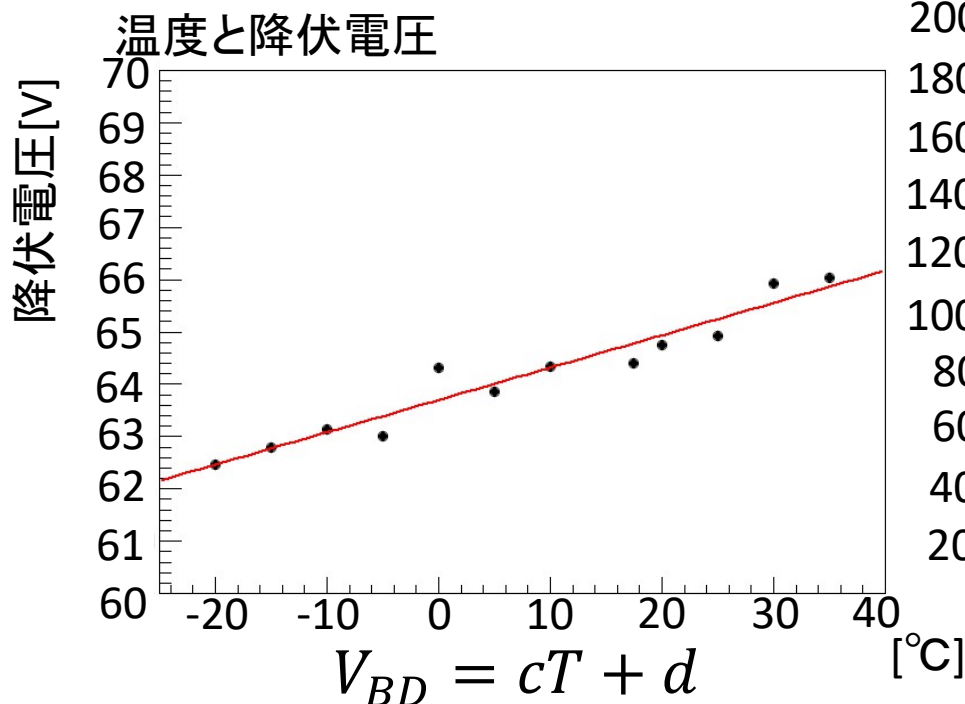
$$A_0 e^{B_0 V_{BD}} + C_0 = A_1 e^{B_1 V_{BD}} + C_1$$

\rightarrow 降伏電圧が得られる

印加電圧から降伏電圧を差し引く

\Rightarrow ほぼ同じところに重なる

Over voltageとピーク中心値



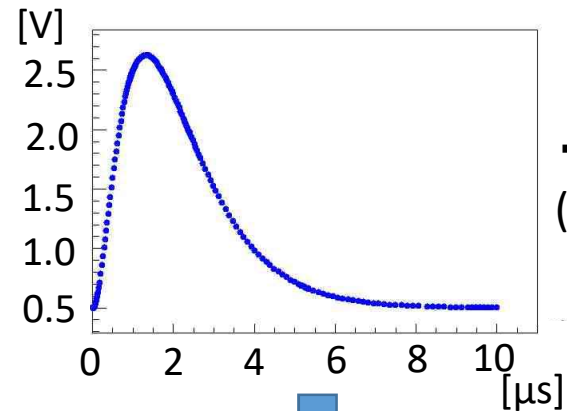
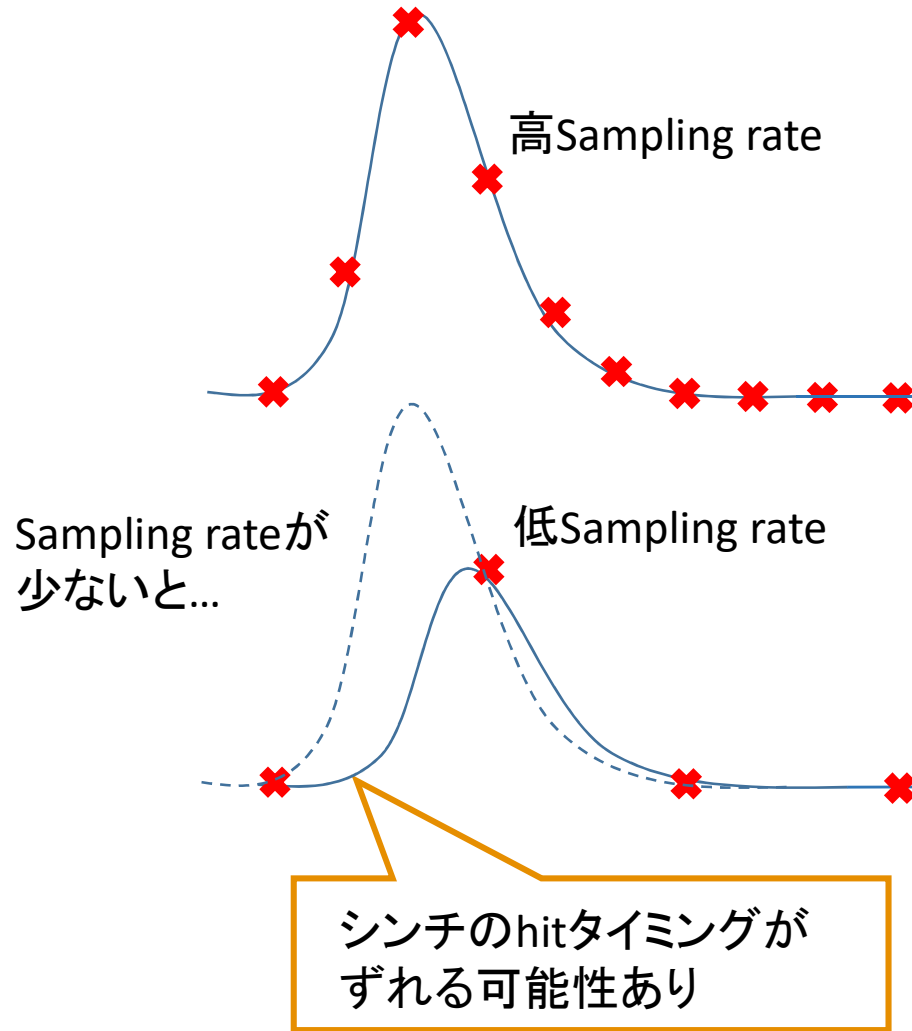
V_{BD} vs 温度は一次関数で表せる!

$$ADC = ae^{b(V-V_{BD})} + C$$

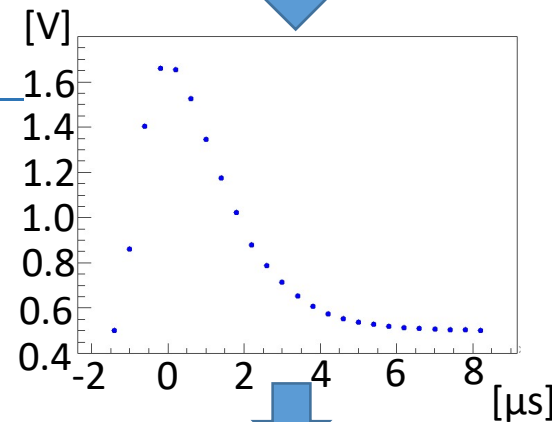
V : 印加電圧, V_{BD} : 降伏電圧, T : 温度

ADCのSampling rate見積り

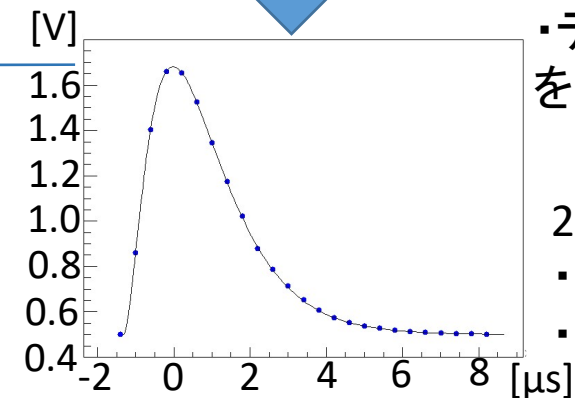
何MspsのSampling ADCを使う？



・回路シミュレーション
(LTspice)から得た波形



・乱数を入れる
(時間方向: $\pm 5\mu$ s
波高値: 1-5V)
・電圧値は0.25mV
刻み
・Sampling rateに
合わせてプロット



・テーブルデータ
を用いてfit

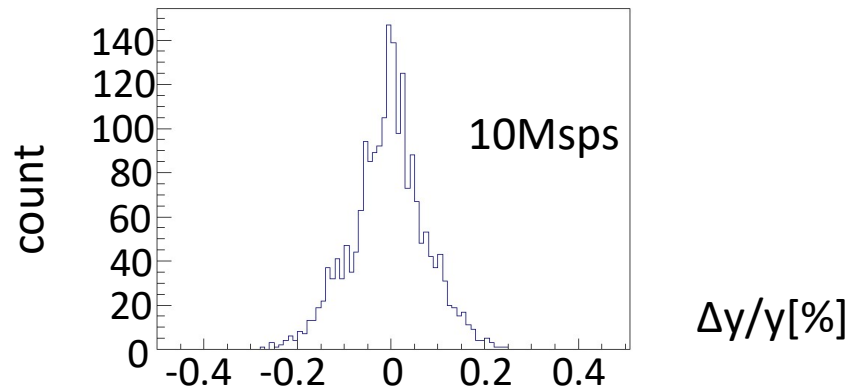
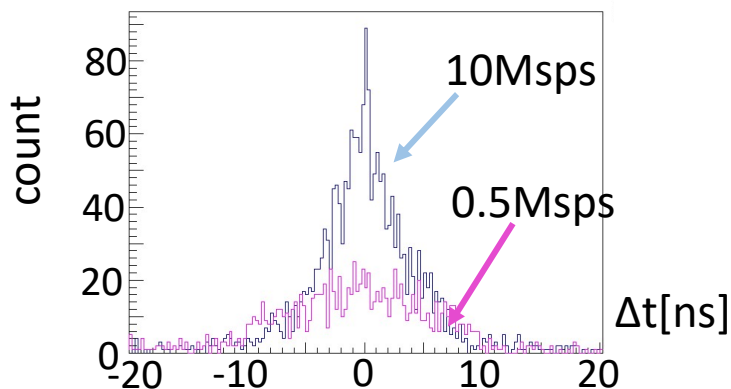
2つのパラメータ
・時間のずれ
・波高値

ADCのSampling Rate見積り

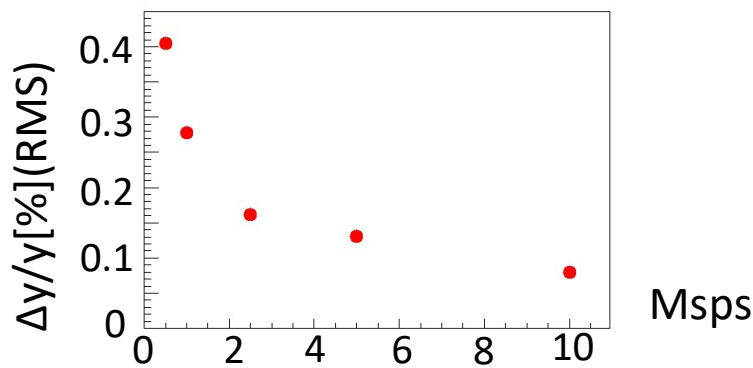
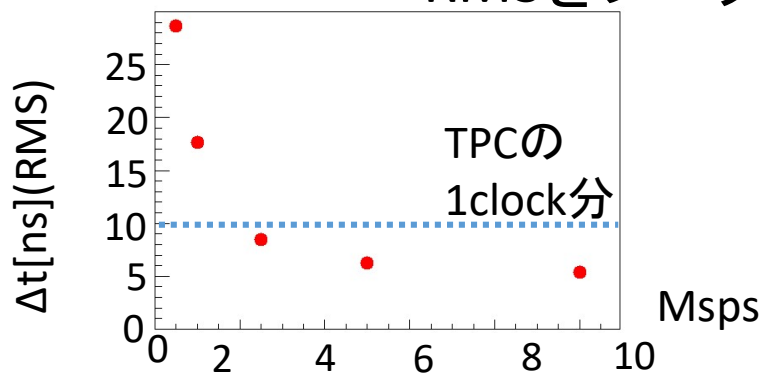
時間方向のずれ: Δt [ns]

波高値ずれ: Δy [V]

Fit波高値: y [V]



0.5, 1, 2.5, 5, 10 Mspsでの
RMSをプロット



2.5Mspsより低いとTPCの1clock以上ずれる

データ量

2.5Mspsを用いる

$$2.5\text{Msps} \times 10\mu\text{sec} \times 14\text{bit} \times 4\text{端} \times 2\text{gain} (+\alpha) \times 300\text{Hz} = \sim 1\text{Mbps}$$

($\ll 200\text{Mbps}$: TPCデータ)

まとめと課題

- ダイナミックレンジはGSO+MPPCで現行の2.5倍以上
(設計値: 100keV~5MeV, 実測確認: 122keV~2.6MeV)
- GSO+MPPCで $\Delta E/E \sim 8.0\%$ @662keV
- MPPCのゲインは温度に対して一次関数で制御可能
- ADCのSampling rateは $>2.5\text{Msp}$ sで十分
-> $\sim 1\text{Mbps}$ でdead timeに影響なし
- 課題
 - FPGAを用いたADC読み出し+通信 (製作中)
 - エネルギー較正の線形性評価
 - GAGG+MPPCでのダイナミックレンジ測定