



# QPIX

内容  
イントロ(各種応用)  
QPIX現状

第7回MPGD研究会@神戸大

2009年12月12日

京大 宇宙線 身内賢太郎

QPIXチーム+

Open-It(Open source consortium)

東工大(松澤、宮原、FEI)

佐賀大(杉山、中島)

KEK(田中)

長崎総合科学大(房安)

新型ガスピクセル用読み出しASIC  
~QPiX~ の開発



杉山 (佐賀大)  
for QPiX開発グループ

東工大 (松澤、岡田、倉科、  
宮原、Khoa、松永)  
KEK(田中、新井、幅、佐々木)  
京都大 (身内)  
佐賀大 (杉山、東)  
長崎総合科学大 (房安)

背景  
QPiXとは何か?  
何を狙うのか?  
どんなん?  
開発状況  
+  
QPiXをガス検出器へ



# イントロ

# QPIX?

## ◆ ピクセル読み出し ASIC with ADC

- 主にガスTPCを念頭

TOF : Time of Flight

TOT : Time over Threshold

ADC : SAR ADC

ピクセル 位置

ドリフト時間 → z座標

信号幅 → z方向電子分布

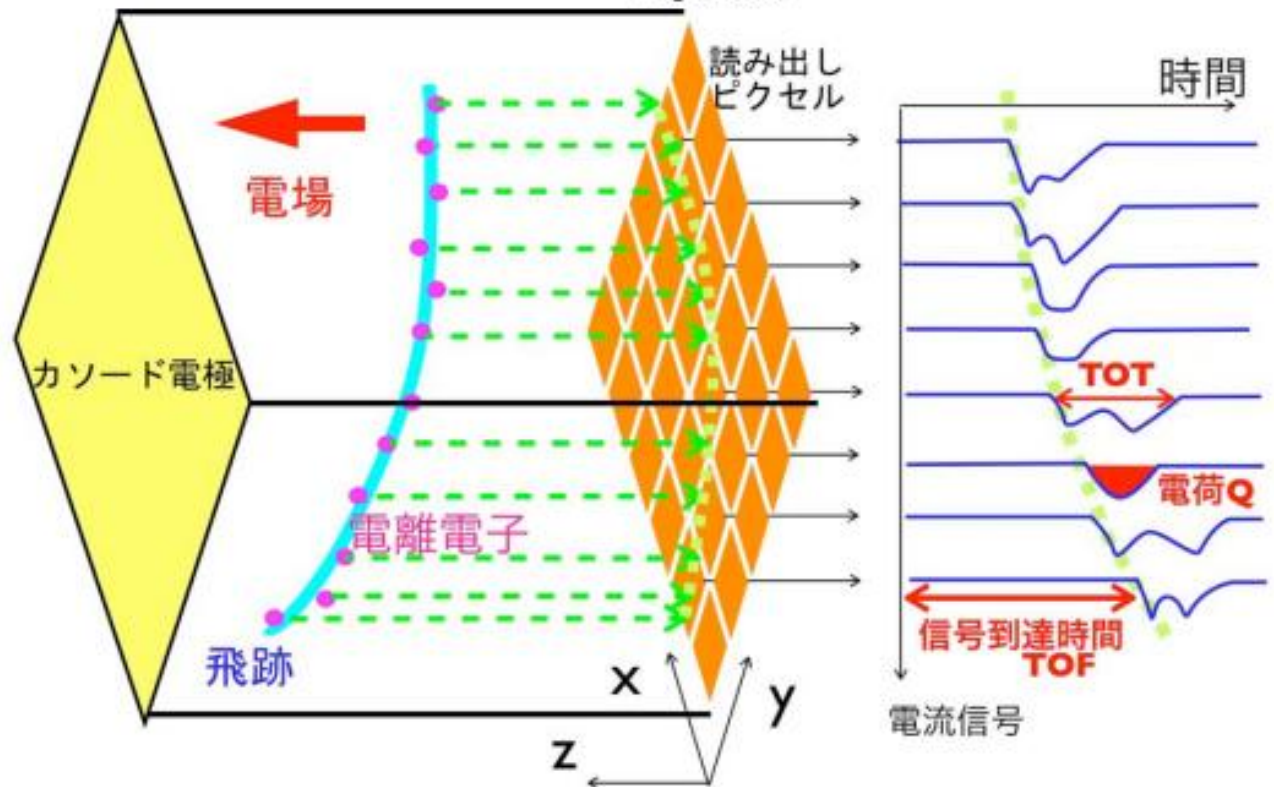
高速ADC → 電荷

→ x-y座標

Quad 情報

Quasi-3次元Pixel

Q(ADC)情報付きPixel



# ◆ 応用① リニアコライダーTPC(杉山)

## TPC 飛跡検出器

大きな体積を覆う (直径~4m 長さ~5m)

低物質質量 (カロリメータの性能)

DC型は困難：  
エンドプレートが厚い

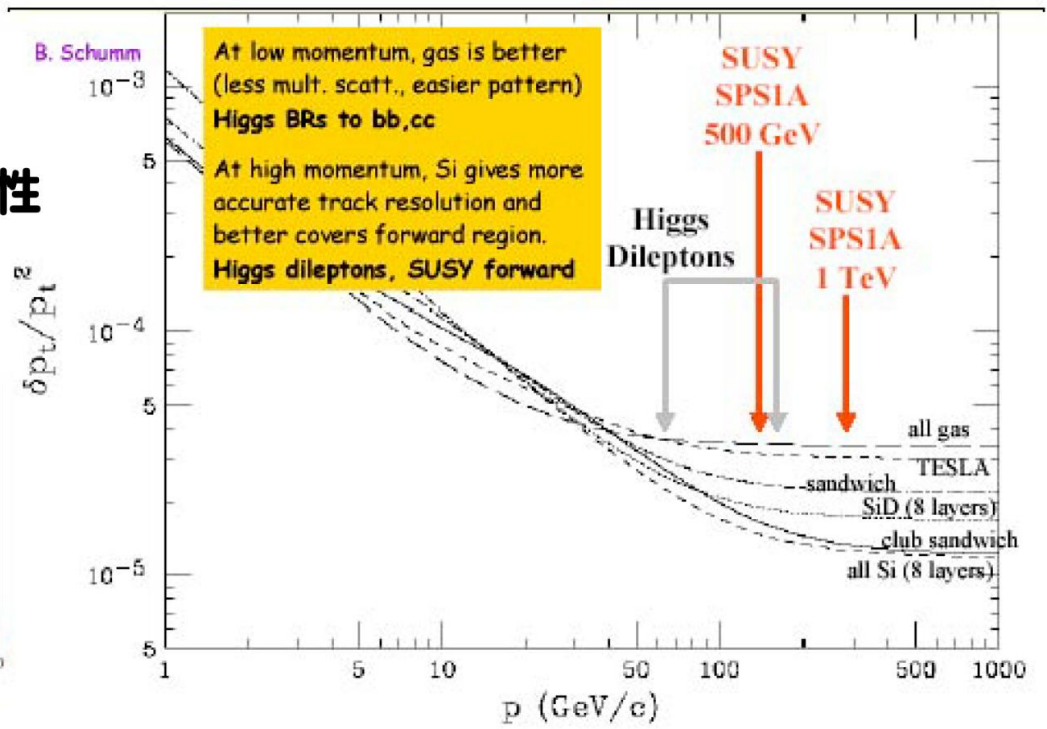
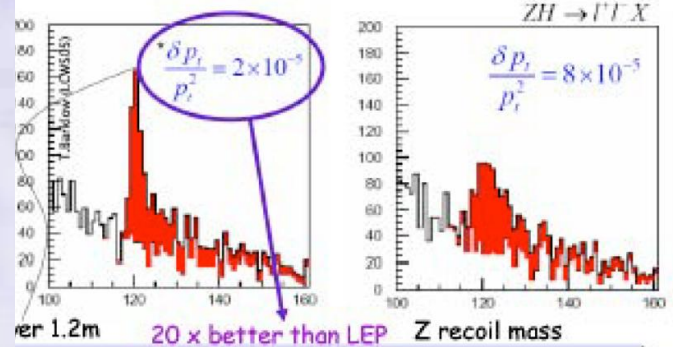
良い位置分解能

$$\sigma_{r\phi} < 150 \mu\text{m}$$

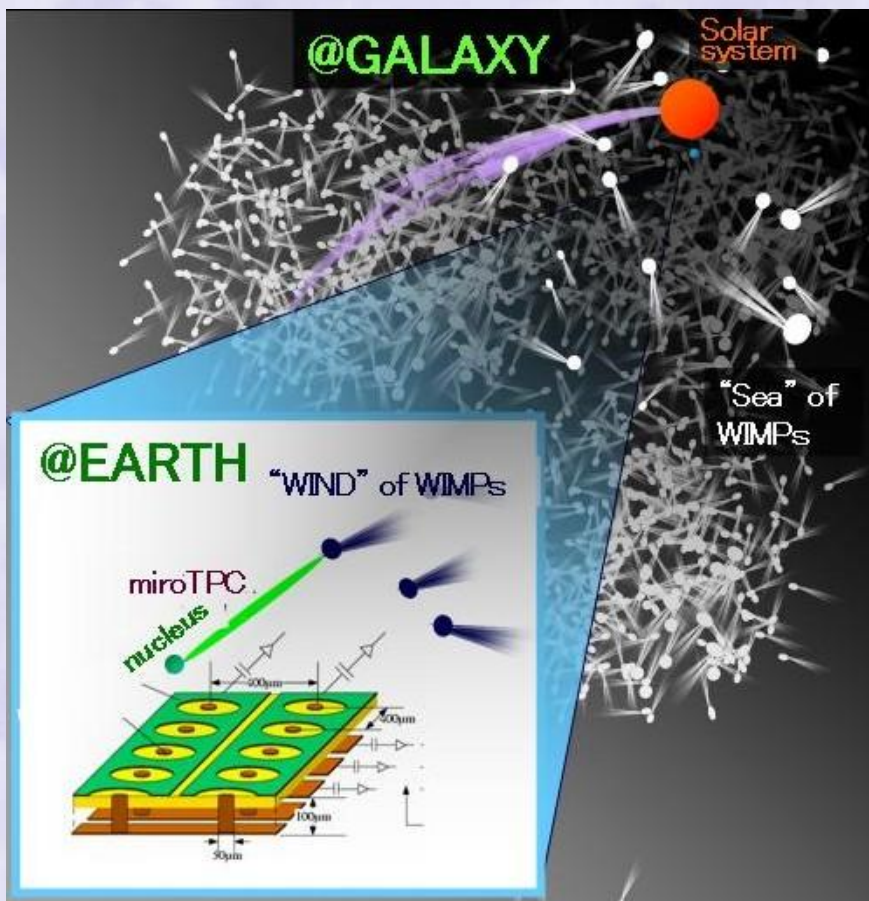
$$\frac{\sigma_{P_T}}{P_T^2} \sim 5 \times 10^{-5}$$

良い飛跡再構成効率  
良い2粒子分離能

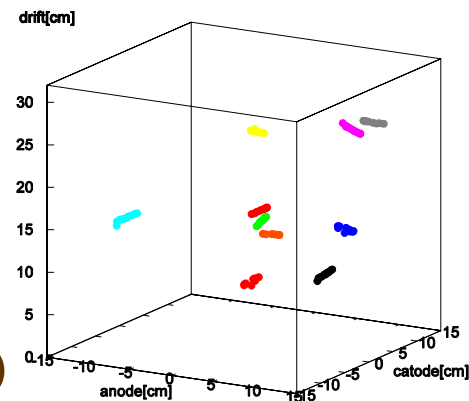
高いバックグラウンド耐性



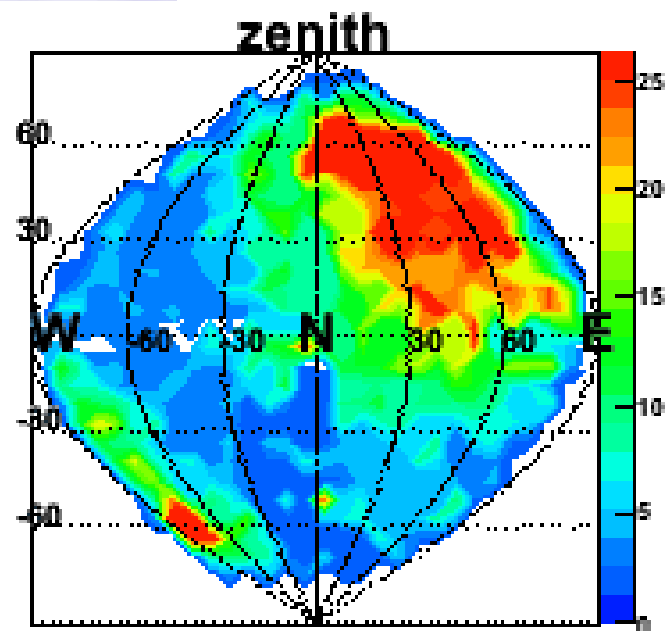
# ◆ 応用②ダークマタ (NEWAGE)



最新結果 Physics Letters B 686(2010)11  
 地上実験 Physics Letters B 654 (2007) 58  
 実験提唱 Physics Letters B 578 (2004) 241



陽子の飛跡(右)  
 で書いたイメージ(下)



100m<sup>3</sup>規模のガスTPCをもちいた  
 方向に感度をもった暗黒物質検出器



# 現状

QPIXver1

# ver0(昨年報告)とver1デザイン

	QPIX v.0	QPIX.v.1
Dimensions	140 x 200 $\mu\text{m}^2$	200 x 200 $\mu\text{m}^2$ (機能130 $\mu\text{m}^2$ 角)
Channels	8ch/chip	<b>20 x 20ch/chip</b>
ADC LSB/MSB	25 fC/1.6 pC	<b>1.5 fC/1.5 pC</b>
Readout information	TOF: 14 bits	TOF: 14 bits
	TOT: 8 bits	TOT: 8 bits
	<b>ADC: 6 bits</b> 10Msps	<b>ADC: 10 bits,</b> 10Msps
Read out	Parallel	Serial/Parallel

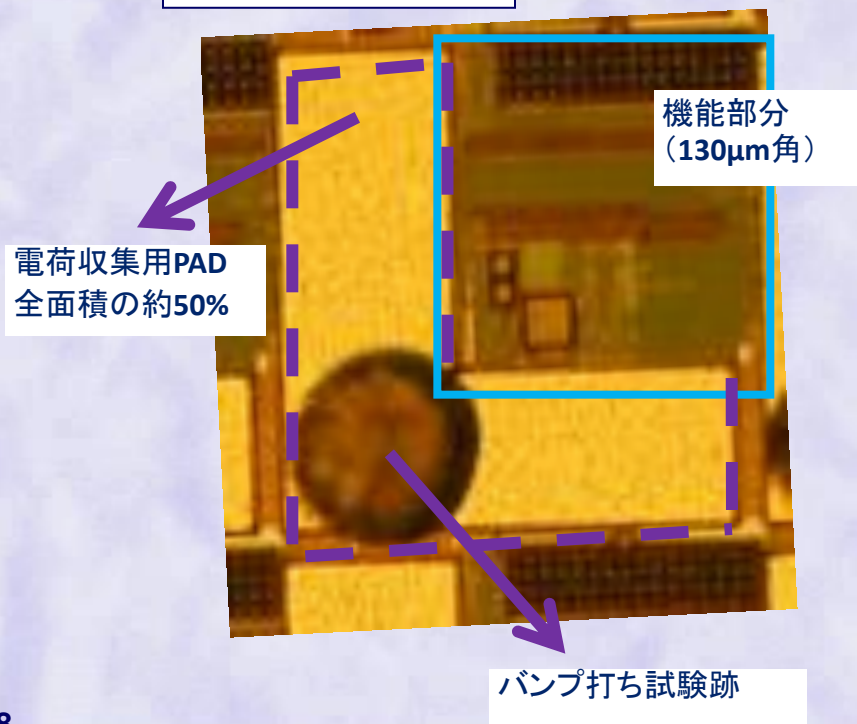
VER1 目的:

ピクセルをマトリクス状に配置してガス検出器の読み出しとしての動作を確認する

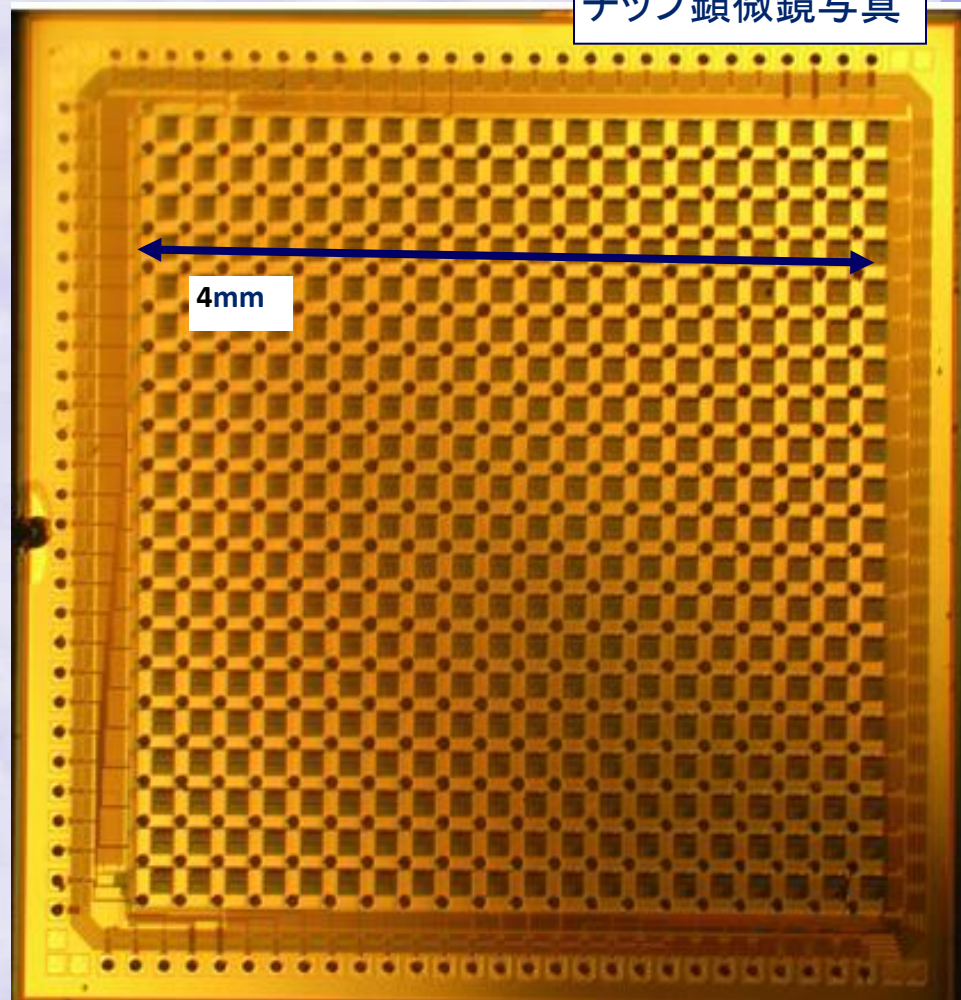
## QPIX ver1 実物

- 20 × 20ピクセル (200 $\mu$ mピッチ)
- ADC10bit (MAX 1.5pC)
- TOT 8bit (100MHz)
- TOF 14bit (100MHz)
- CMOS 0.18 $\mu$ m

### ピクセル拡大



### チップ顕微鏡写真





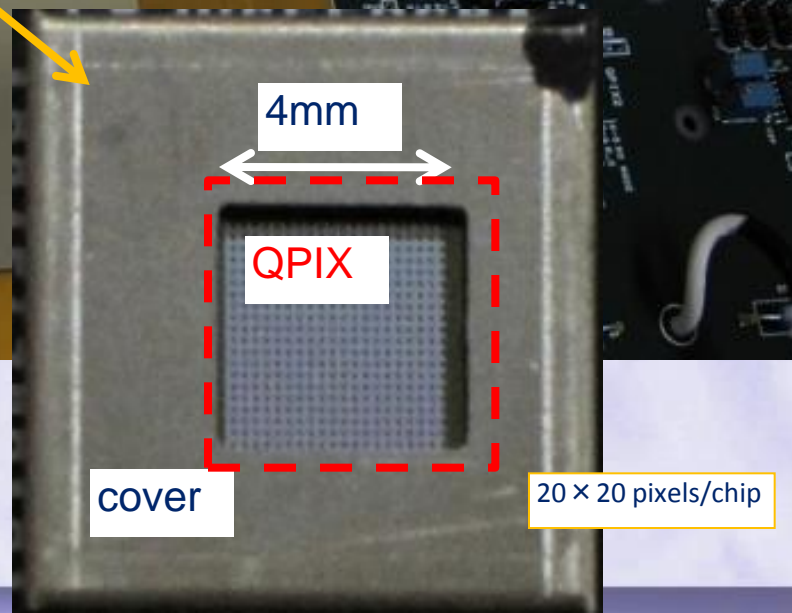
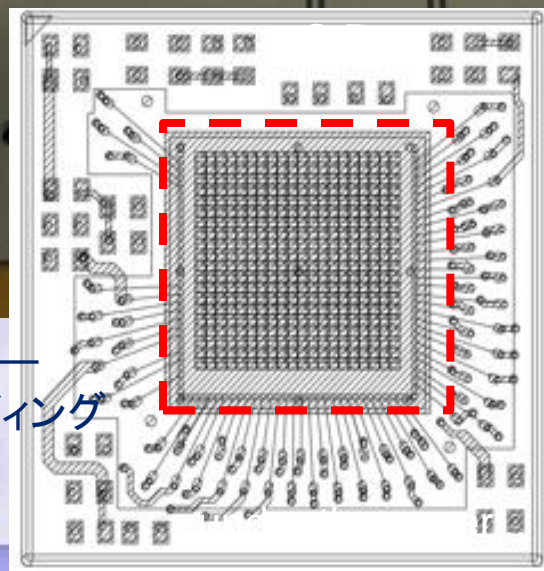
# GEMと合わせた実験

-2010 9-11月@KEK

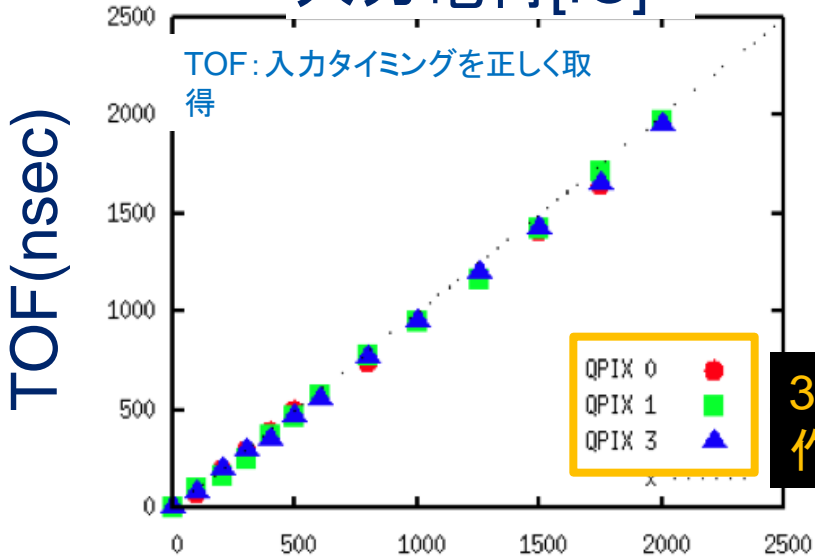
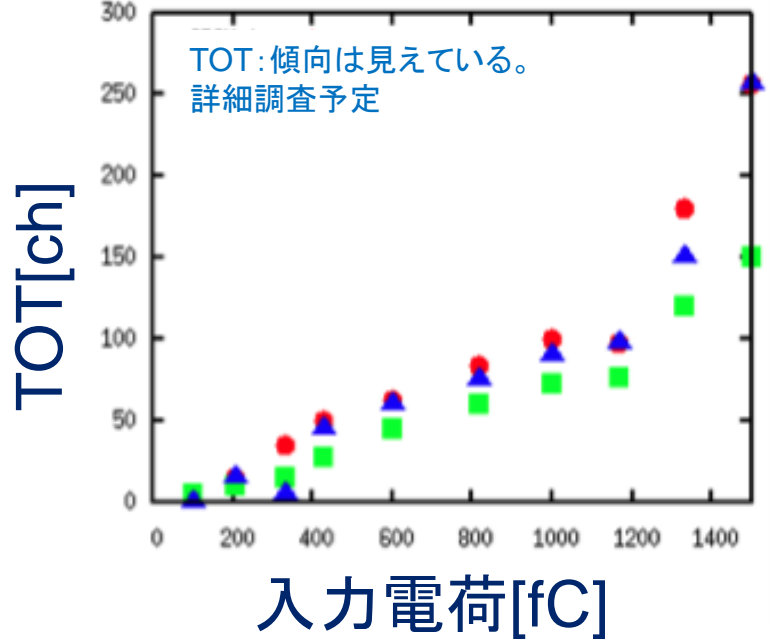
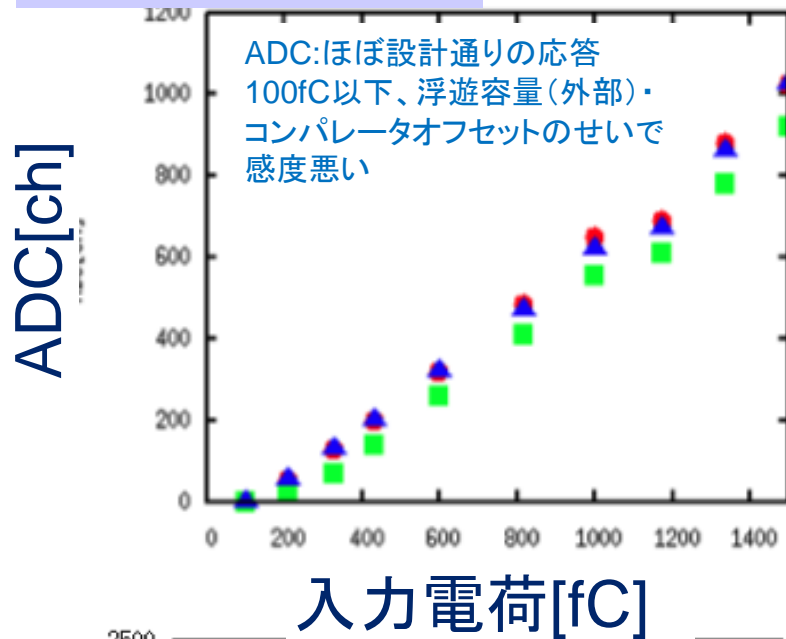
-QPIXを4ヶ搭載

QPIX-ver1 テストボード

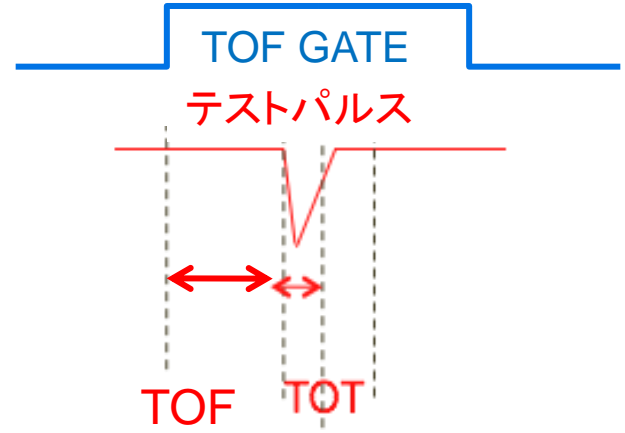
⇒ TO FPGA



# テストパルスによる試験



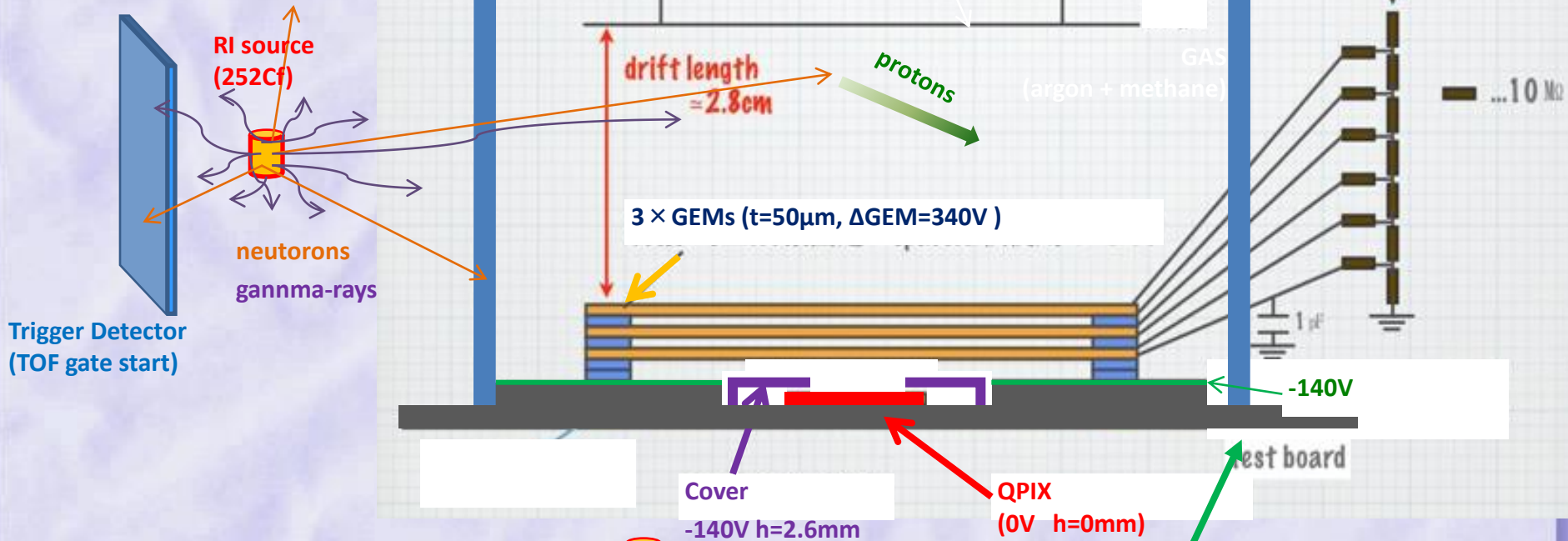
3チップの動作を確認。



パルスを入れたタイミング(nsec)

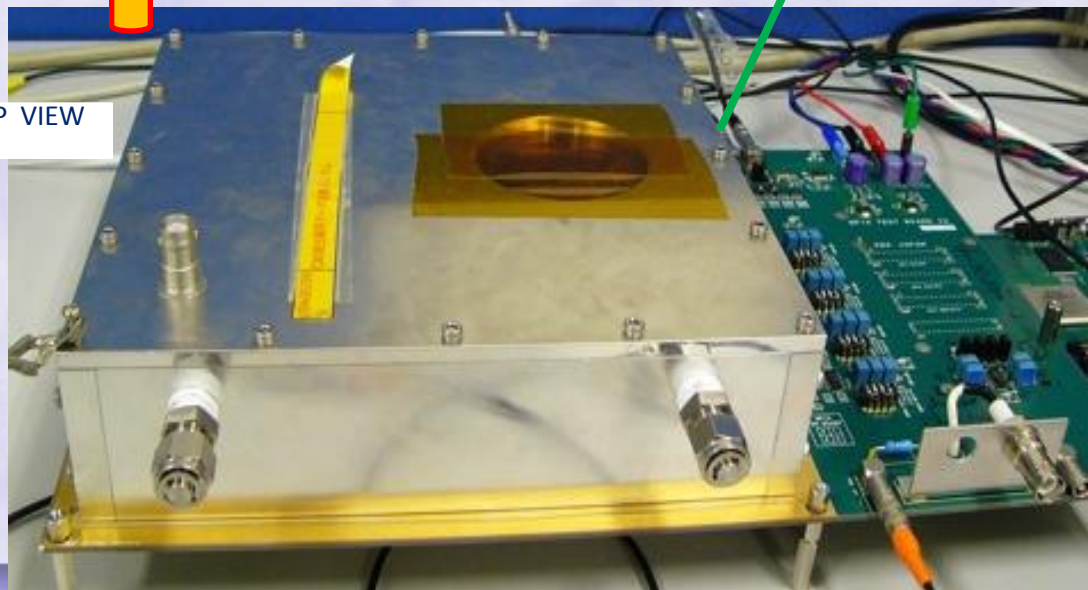
# SET UP

• SIDE VIEW



陽子飛跡を検出

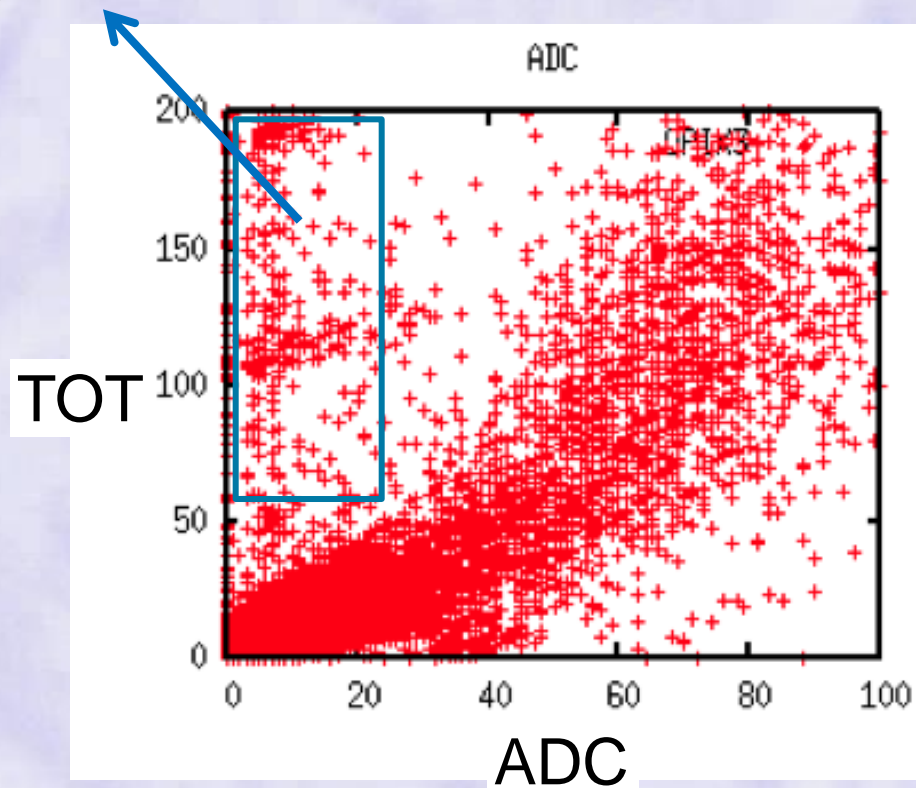
• TOP VIEW





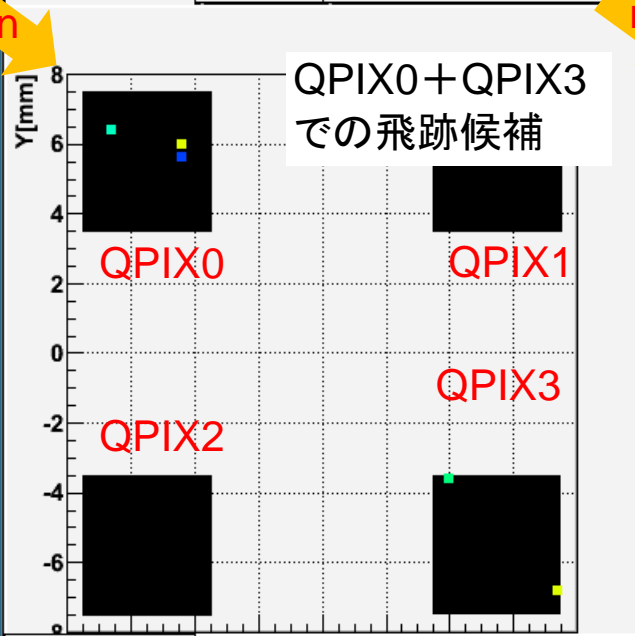
# 結果(速報)

この部分のイベントは  
要チェック

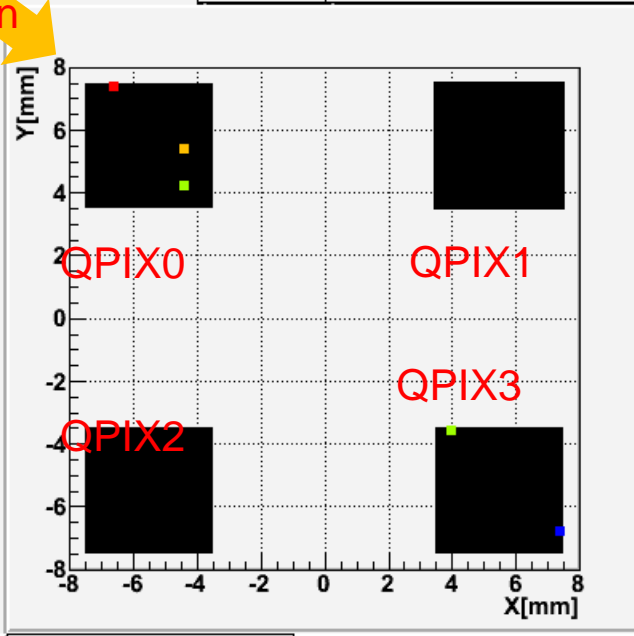


TOTとADCの相関は見えている

**ADC** File=303 dir:20101112123849  
 ID=357 ADC color: blue(0) -> red(16)

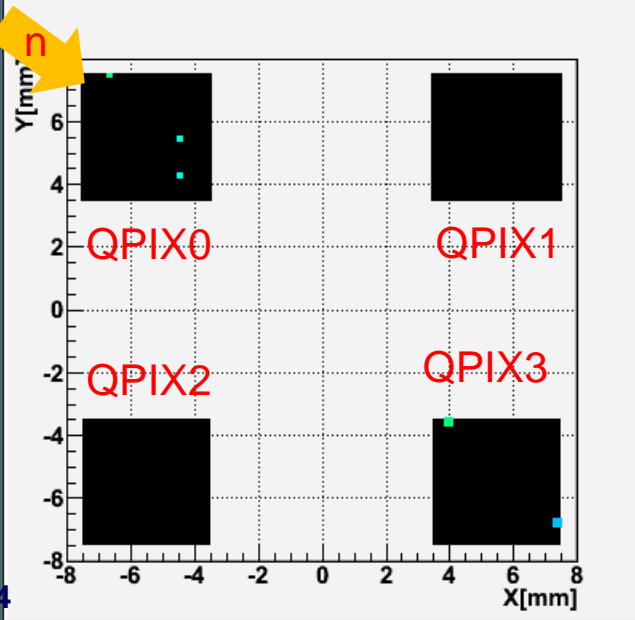


**TOF** File=303 dir:20101112123849  
 ID=357 TOF color: blue(10) -> red(16)

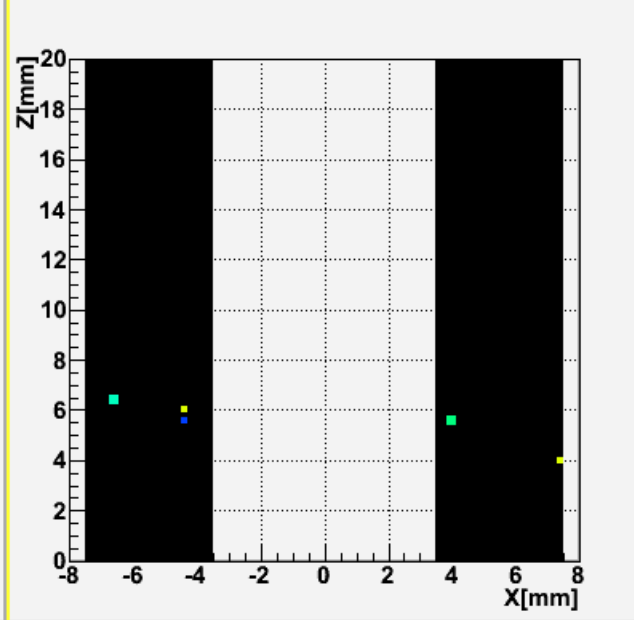


chip0  
 ADC\_sum:20,ADC\_hit:6  
 TOT\_sum:85(17),TOT\_hit:33(6)  
 QPIX0とQPIX3はテストパルス  
 で試験し動作を確認したのでこの2つになるべく陽子の  
 飛跡が入るように線源を置  
 いてテストを行った  
 T\_s:31(0),T\_h:13(0)  
 F\_s:1413(0),F\_h:13(0)

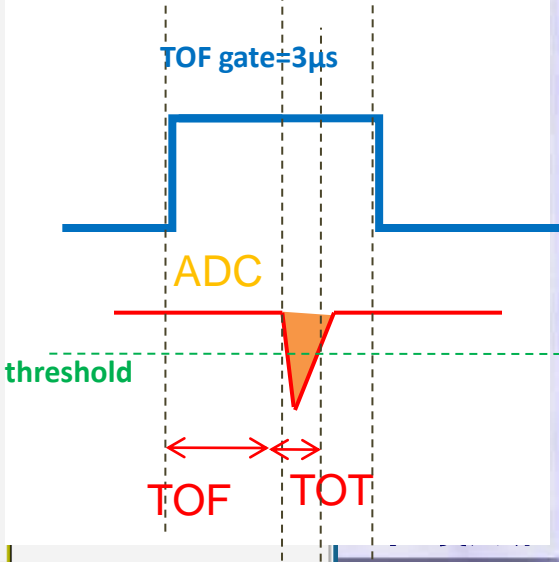
**TOT** File=303 dir:20101112123849  
 ID=357 TOT color: blue(0) -> red(10)



**x-z view** File=303 dir:20101112123849  
 ID=357 color(ADC)/size(TOT)

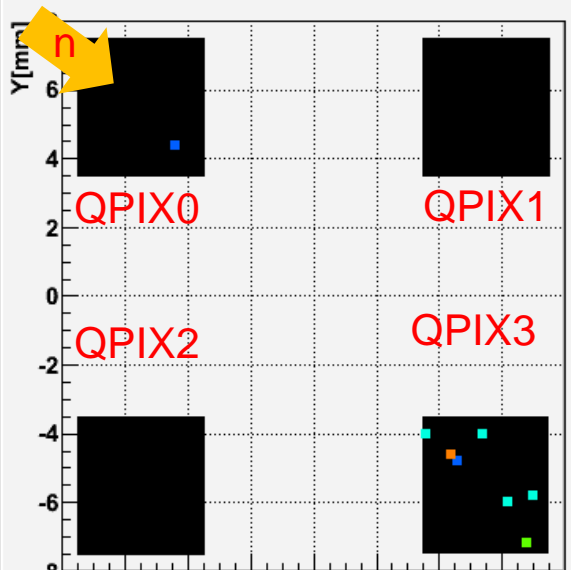


chip2  
 A\_s:512,A\_h:1



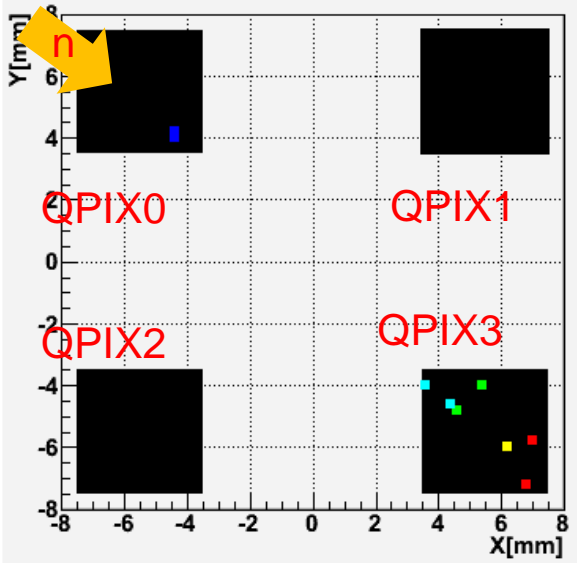
# ADC

File=40	dir:20101112184347
ID=6834	ADC color: blue(0) -> red(10)



# TOF

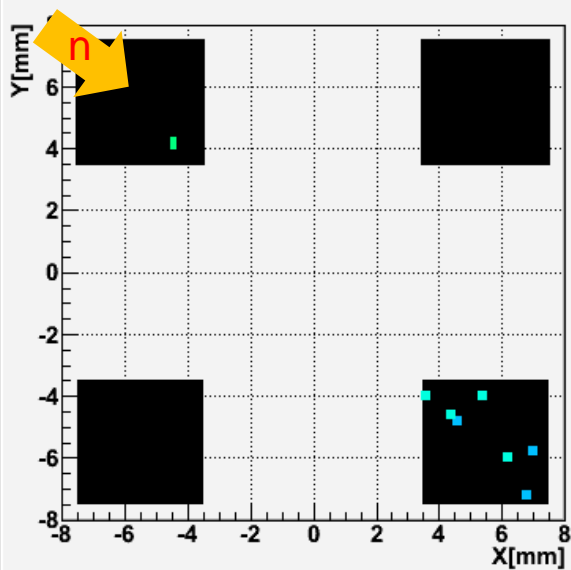
File=40	dir:20101112184347
ID=6834	TOF color: blue(11) -> red(15)



chip0
ADC_sum:8,ADC_hit:4
TOT_sum:59(16),TOT_hit:19(4)
DF_sum:11025(3010),TOF_hit:19(4)
chip1
A_s:0,A_h:0
T_s:6(0),T_h:2(0)
F_s:2450(0),F_h:2(0)

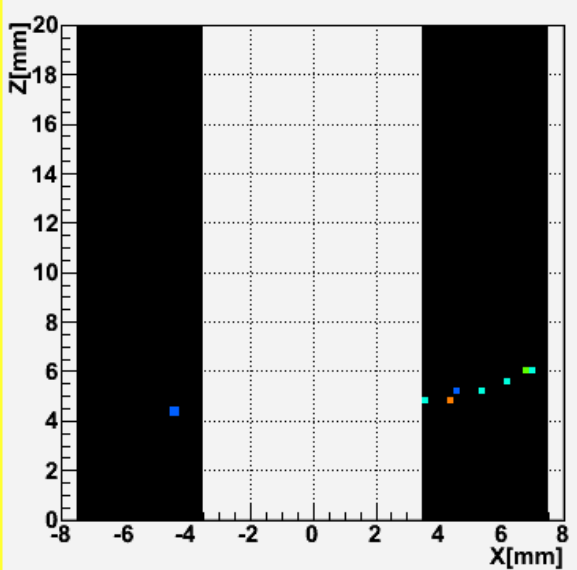
# TOT

File=40	dir:20101112184347
ID=6834	TOT color: blue(0) -> red(10)



# X-z view

File=40	dir:20101112184347
ID=6834	color(ADC)/size(TOT)



chip2
A_s:0,A_h:0
T_s:0(0),T_h:0(0)
F_s:0(0),F_h:0(0)
chip3
A_s:35,A_h:10
T_s:38(26),T_h:15(10)
F_s:9012(7597),F_h:15(10)

「典型的なイベント」について定量的に

- 1MeVの陽子 in argon 30 ~ 100keV/mm (rangeは25mm程度)  
W値24eV ガスゲイン15000 200μmピッチ を使って

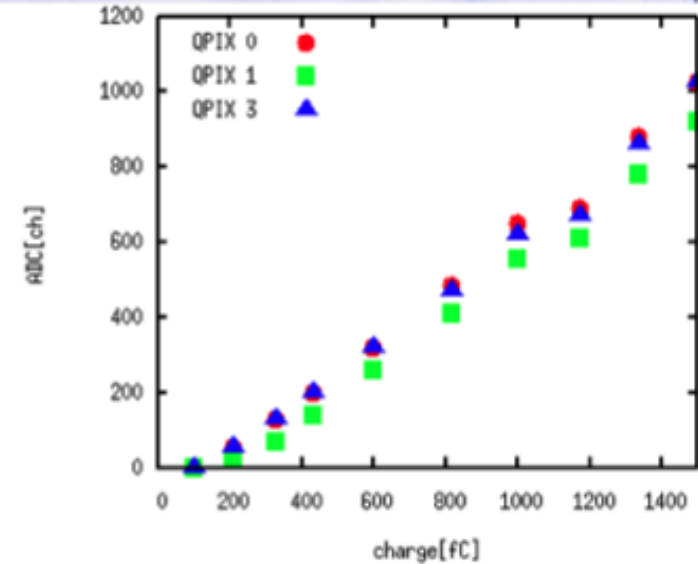
- 2000 × PAD被覆率 × diffusion × Induction効率 fC /ピクセル  
(PAD被覆率~50%、diffusion効果~1/4 Induction効率~1/2)

= 120fC / ピクセル

- 下の測定結果 100~150fC とほぼ一致

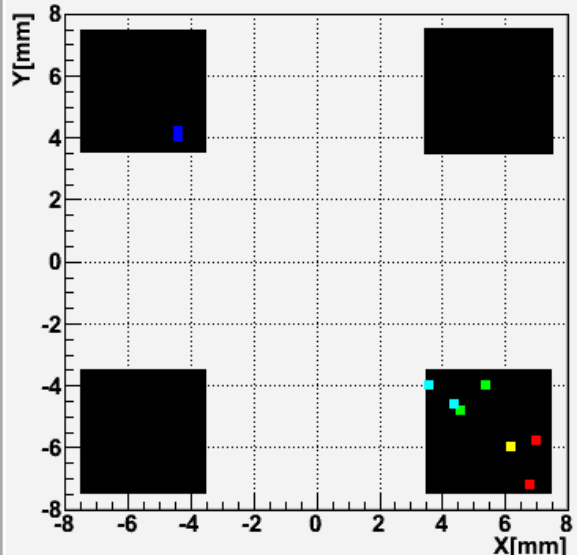
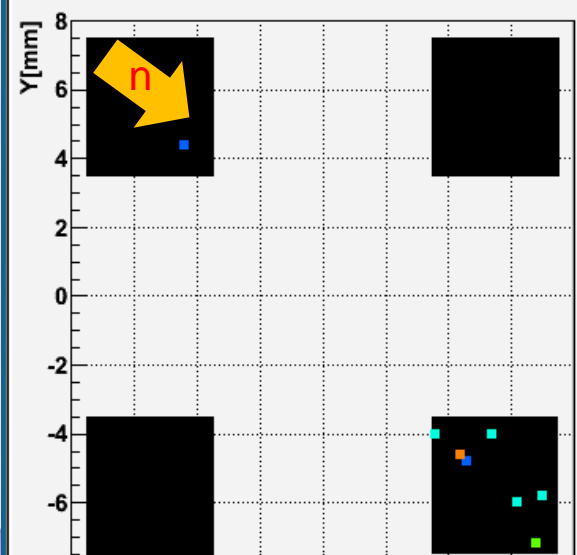
- 但し、飛跡に沿ってもっとfireするはず。
- ピクセルのgainの違いが見えているのか。

- ③電荷依存性 : 入力電荷を変えながら 測定



<b>ADC</b>	File=40	dir:20101112184347
	ID=6834	ADC color: blue(0) --> red(10)

<b>TOF</b>	File=40	d
	ID=6834	TOF c





# ver1性能(2010年11月時点)

	QPIX v.0	QPIX.v.1
Dimensions	140 x 200 $\mu\text{m}^2$	200 x 200 $\mu\text{m}^2$ (機能130 $\mu\text{m}^2$ 角)
Channels	8ch/chip	<b>20 x 20ch/chip</b>
Preamp Gain	0.4 mV/fC	0.43 mV/fC
Comparator threshold	245 fC	35 fC
ADC LSB/MSB	25 fC/1.6 pC	<b>1.5 fC/1.5 pC</b>
Readout information	TOF: 14 bits	TOF: 14 bits
	TOT: 8 bits	TOT: 8 bits
	<b>ADC: 6 bits</b> <b>10Msps</b>	<b>ADC: 10 bits,</b> <b>10Msps</b>
Power	350 $\mu\text{W}$	150 $\mu\text{W}$
Read out	Parallel	Serial/Parallel

次の一手

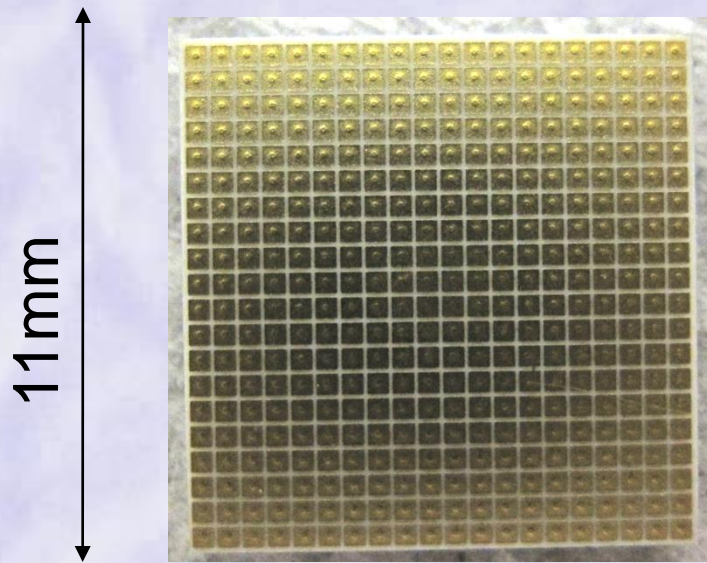
S/Nの理解  
(特にチップか  
基板かの調査)と  
改善への基礎  
調査

# まとめ

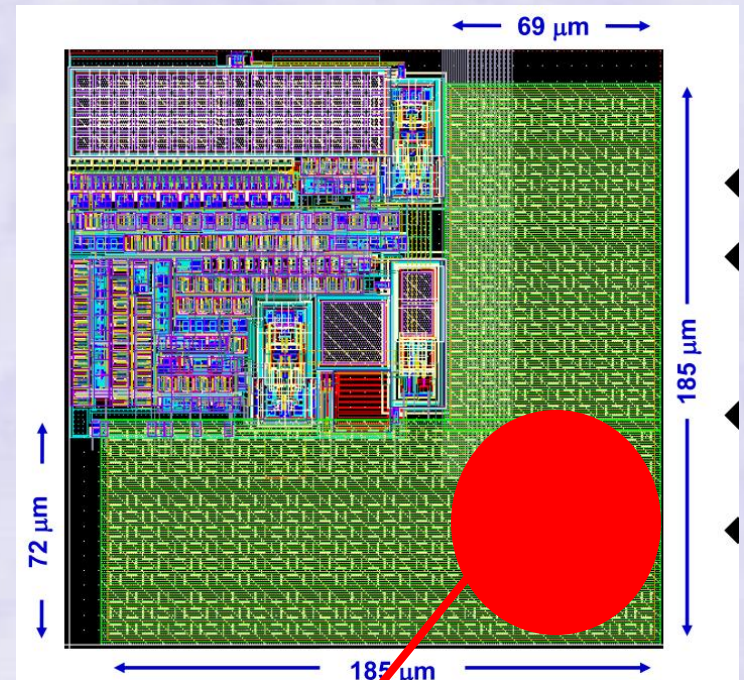
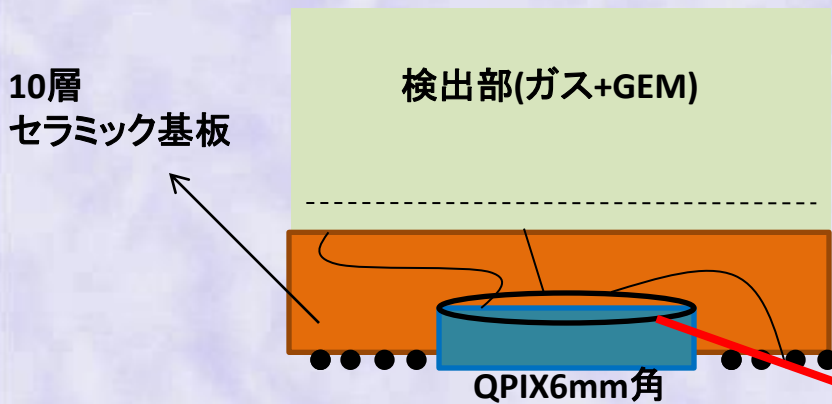
- ◆ QPIX ver1 : 20 × 20の「ピクセル」読み出し
- ◆ テストパルスによる試験: ほぼ設計通りの応答
- ◆ GEMと合わせた試験を開始した。
  - 中性子線源を使用し陽子のトラックを検出
- ◆ 今後: 定量評価・S/Nの向上へ
  - ノイズの定量評価・切り分け
  - チップ設計へのフィードバック

# ◆ もうひとつの実装法 上にPAD基板を載せる

◎ : 隙間なく敷き詰められる  
△ : 技術的にチャレンジング



ガス側から眺む  
検出面 (PAD)  
(500 $\mu$ mピッチ)



金スタッドバンプ