



# QPIX

内容  
イントロ(各種応用)  
QPIX現状

第6回MPGD研究会@神戸大

2009年12月12日

京大 宇宙線 身内賢太郎

for QPIXチーム

東工大(松澤、宮原、KHOA、FEI)

佐賀大(杉山、中島)

KEK(田中、幅、新井、佐々木)

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?  
何を指すか?  
どんなん?  
開発状況  
+  
QPIXをガス検出器へ



# イントロ

# QPiXとは？

荷電粒子検出を念頭に置き、全ての情報をできるだけ高精細に収集する

理想的には、3次元Volume cell (Voxel)の電荷をFADCで読む！！  
現在の技術では無理

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

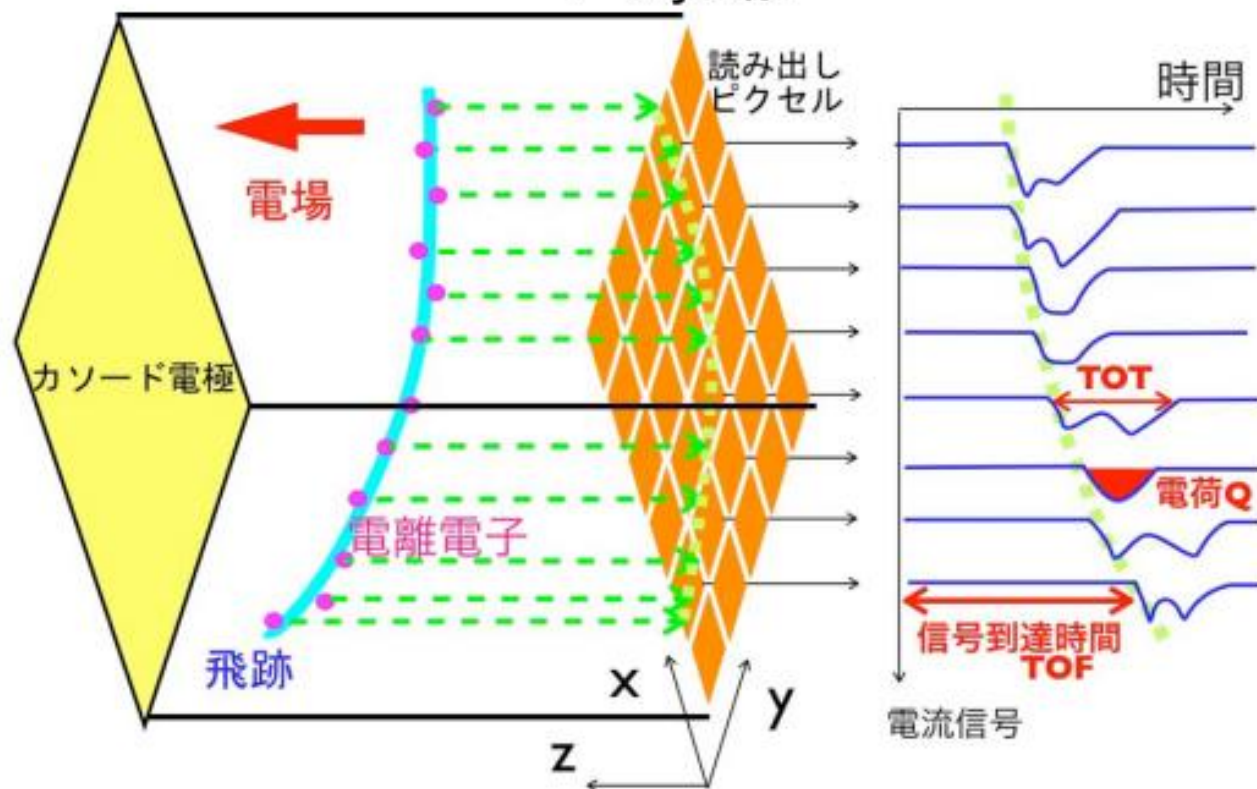
高速ADC → 電荷

→ x-y座標

Quad 情報

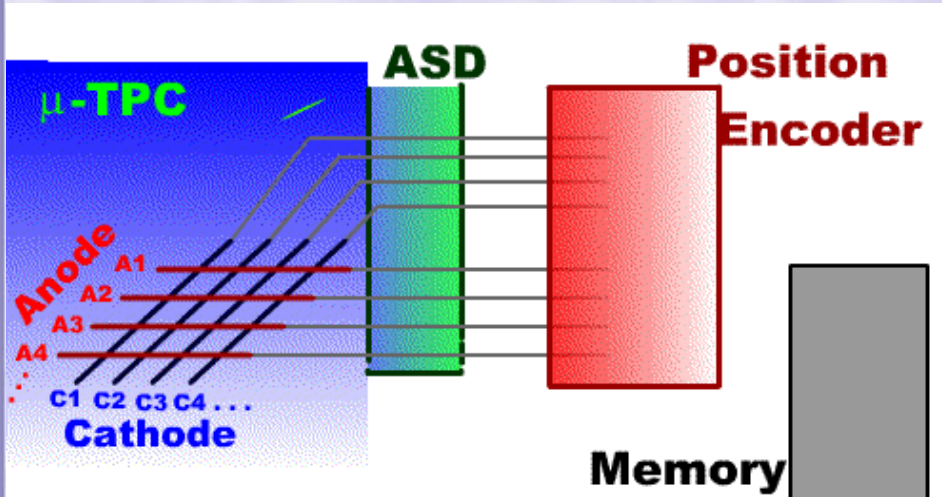
Quasi-3次元Pixel

Q(ADC)情報付きPixel



# 現行のMPGD読み出し

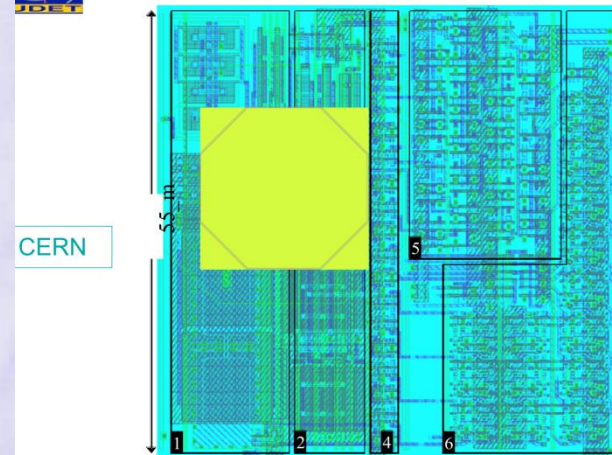
◆ まだまだ進化の余地あり



京大 μPIC読み出し  
 ピクセル× (ストリップ)  
 応用○ (各種)



Timepix pixel



Timepix chip:  
 • 256x256 pixels  
 • pixel: 55x55 μm  
 • active surface:  
 14x14 mm<sup>2</sup>

CERN TIMEPIX  
 ピクセル○ (機能限定)  
 応用△ (これから)

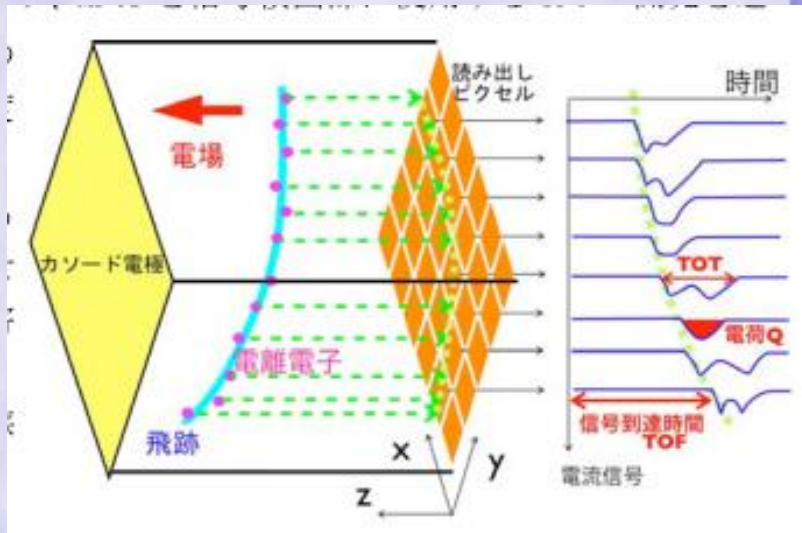
1 latches

**TIMEPIXの機能を越えた(=東工大工学部との協力)  
 ピクセル読み出しASIC(2007年～)**

# TIMEPIXとの差異

## PIXELごとにとる情報

- TOF: 到達時間 (TIMEPIXも)
- TOT: 信号幅 (TIMEPIXも)
- SAR ADC: 全電荷(Q) **NEW**



TIMEPIX: TOTでQを測定(2次元からの拡張)  
3次元の現実: TOTだけは不十分

## VOXEL検出器へ

- 信号の来たところだけの情報を残す(当面)
- 多重バッファー化で3次元ピクセル(VOXEL)に(将来)

<TERMS>

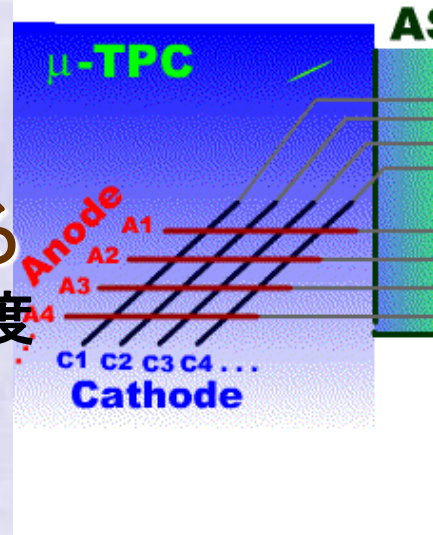
TOF(Time of Flight) :トリガーからそのピクセルがHITするまでの時間

TOT(Time Over Threshold) :そのピクセルの信号持続時間

SAR(successive approximation Register)ADC : 波形をを逐次比較するADC:

# ◆ TOTだけでは不十分

- もともとの飛跡の角度による不定性
- 電子雲は縦(ドリフト)(時間)方向に拡散する
  - ・ ガス種類などにも依存するが  $0.1\text{mm}/\sqrt{\text{cm}}$  程度



短ドリフト  
(~もとの飛跡)

長ドリフト  
(縦拡散あり)

ドリフト方向

元の飛跡

拡散後

TOT(青)は変わるが  
電荷(赤)は変わらない

TOTは さらに:  
飛跡の傾きの影響も受ける

TPCにとってADC情報は必須  
TOTも深さ情報を得る補助情報に。



# 応用

# ◆ 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

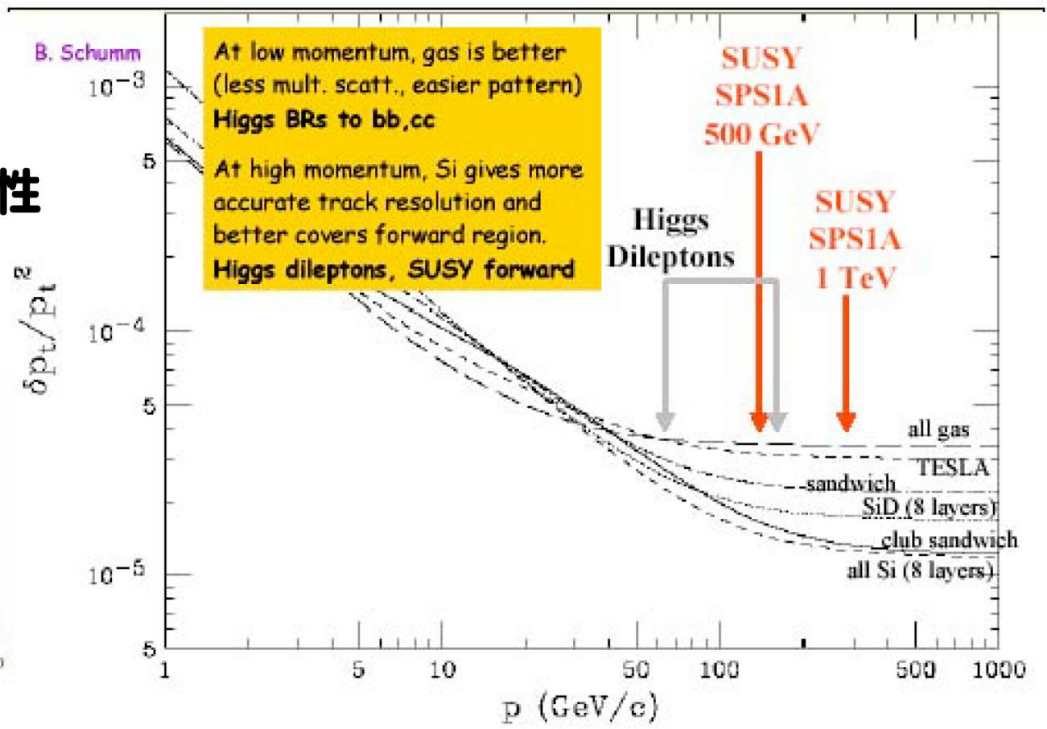
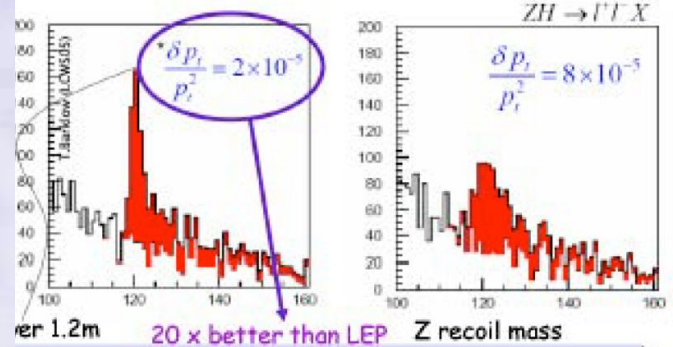
良い位置分解能

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

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

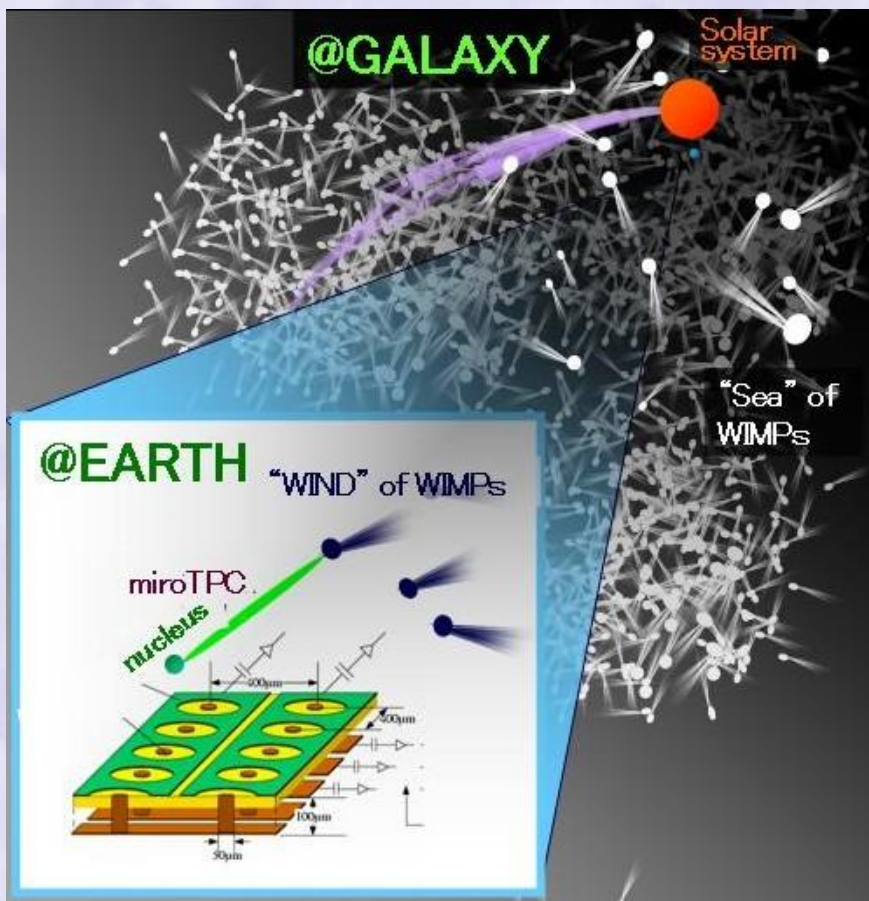
良い飛跡再構成効率  
良い2粒子分離能

高いバックグラウンド耐性

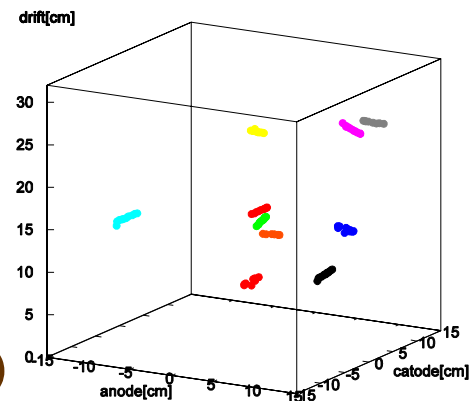




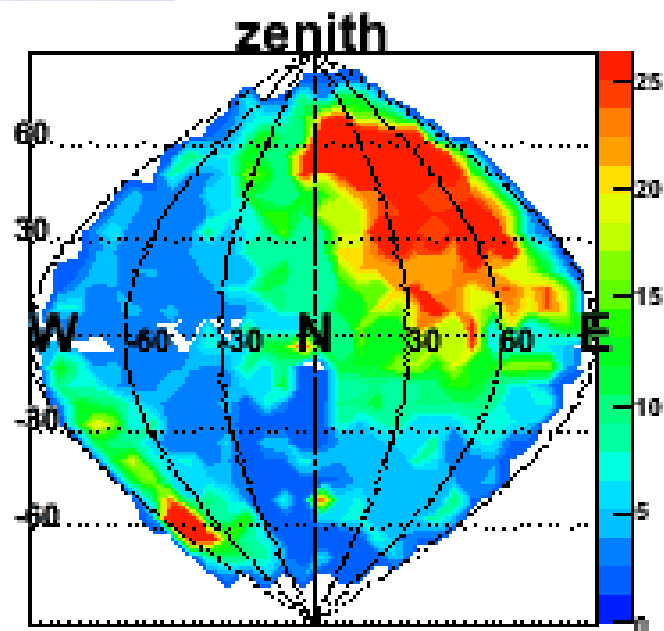
# ◆ 応用②ダークマタ (NEWAGE)



最新結果 西村D論(2009) PLB投稿中  
 検出器 Astroparticle Physics 31 (2009)185  
 地上実験 Physics Letters B 654 (2007) 58  
 実験提唱 Physics Letters B 578 (2004) 241



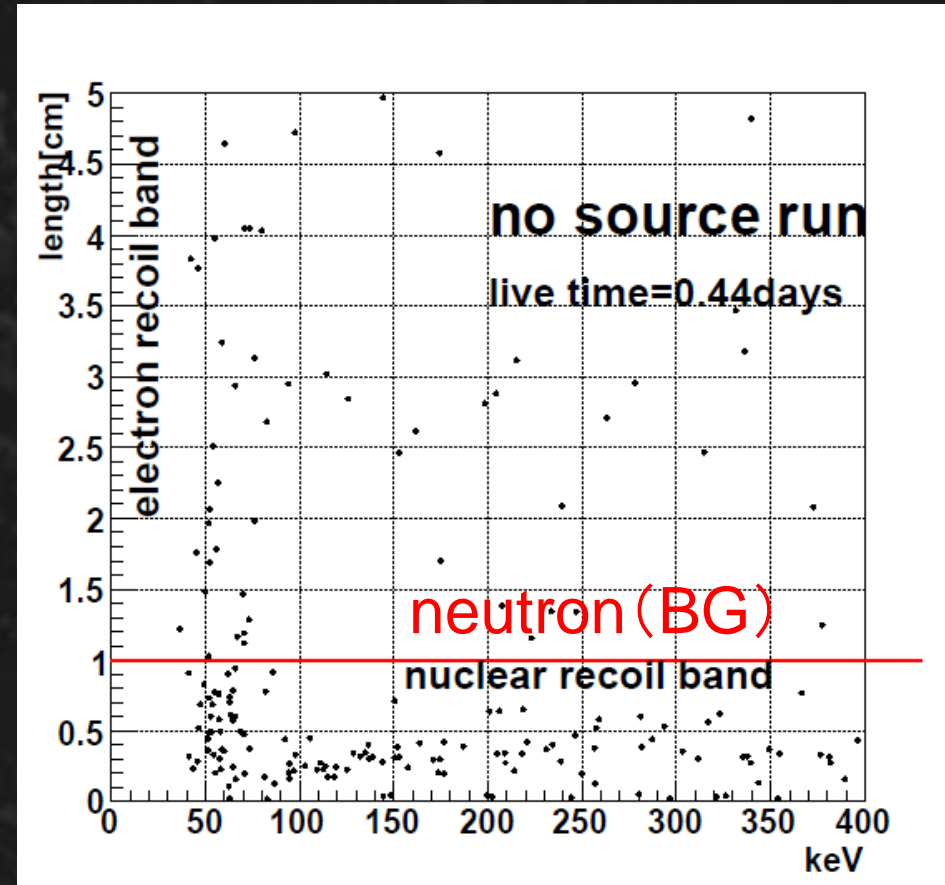
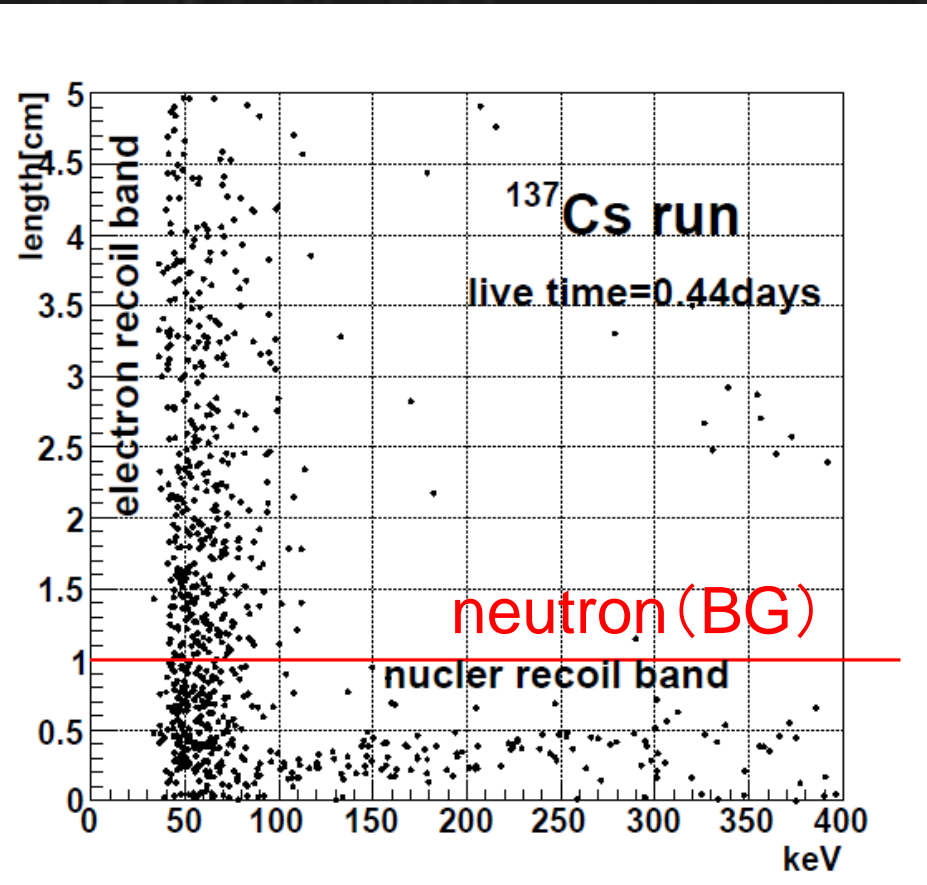
陽子の飛跡(右)  
 で書いたイメージ(下)



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

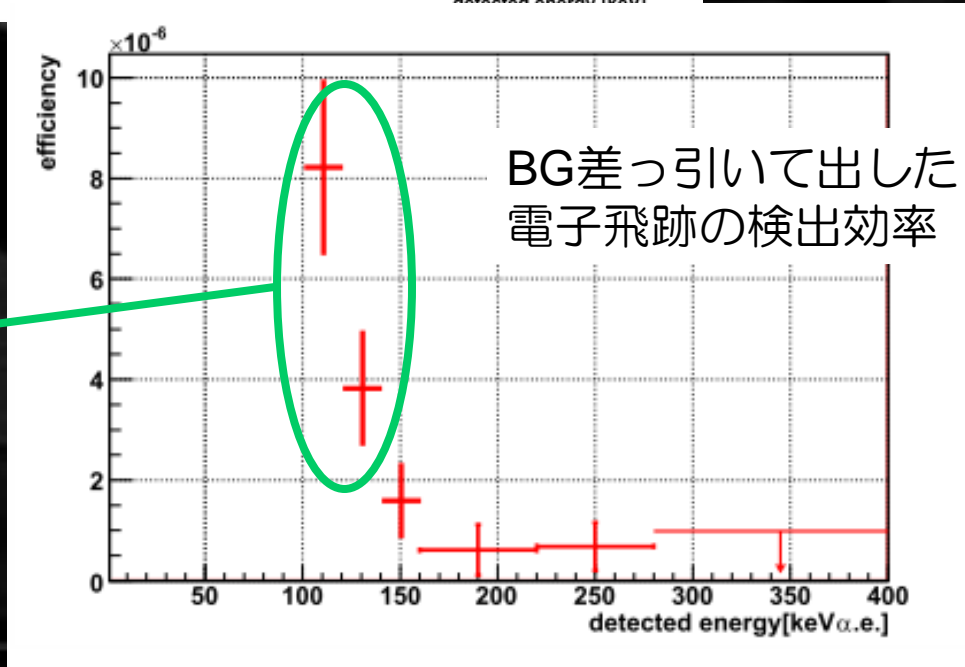
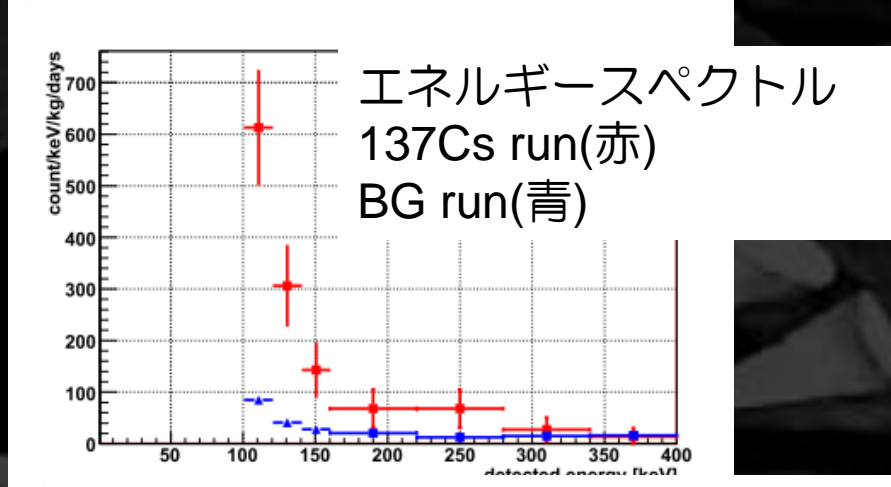
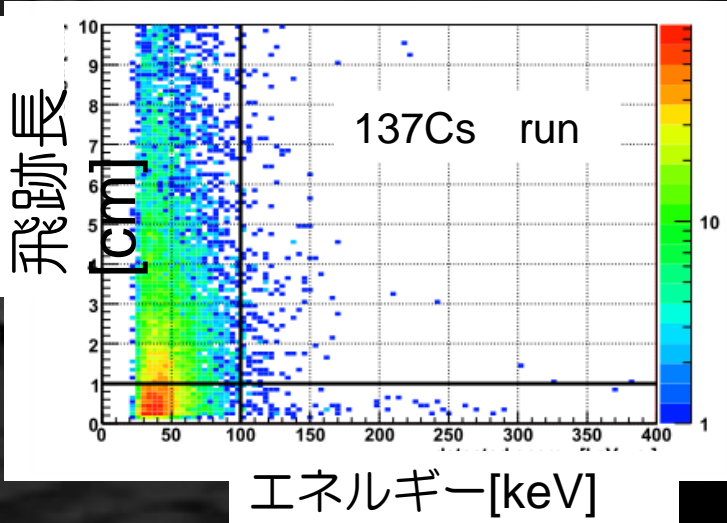
# ● ガンマ線除去

- ・ エネルギーvs飛跡長
- ・ gamma-rays from  $^{137}\text{Cs}$



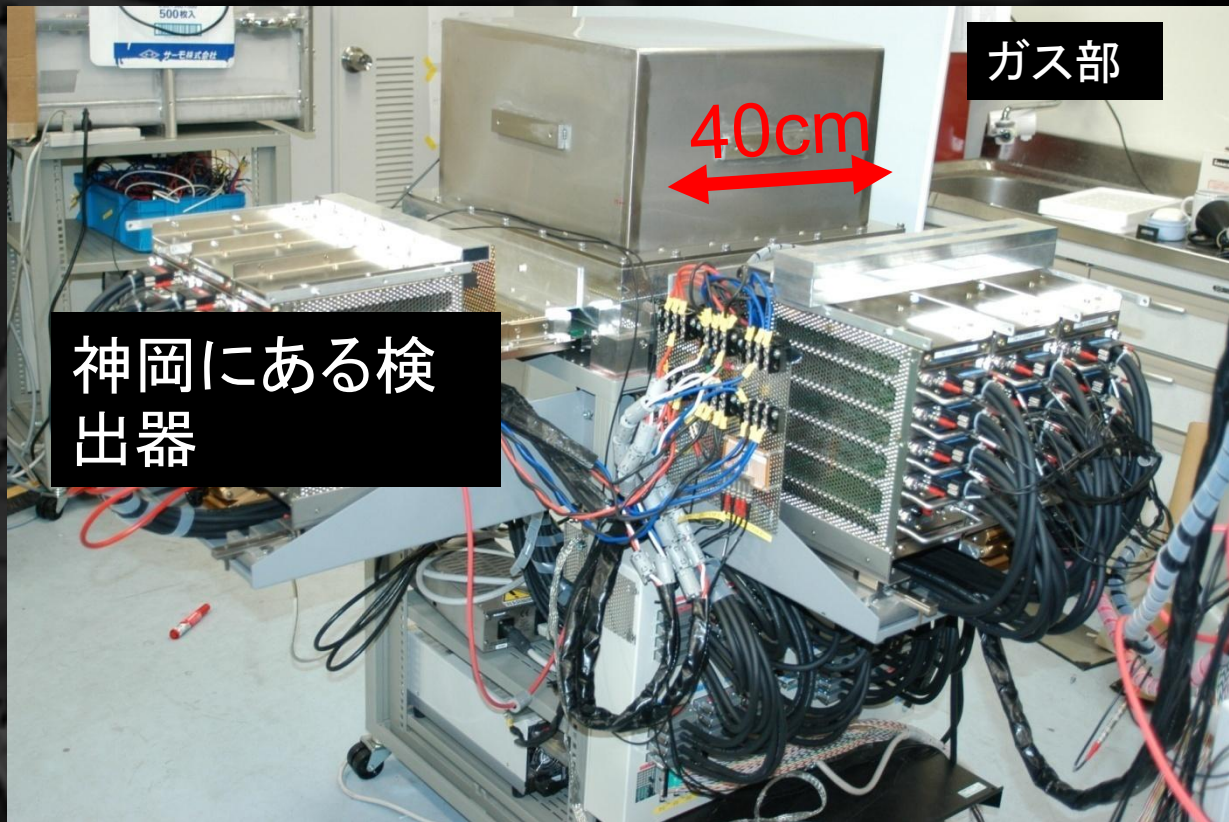
# ガンマ線除去

## エネルギーVS長さで除去



$8 \times 10^{-6}$  @100keV

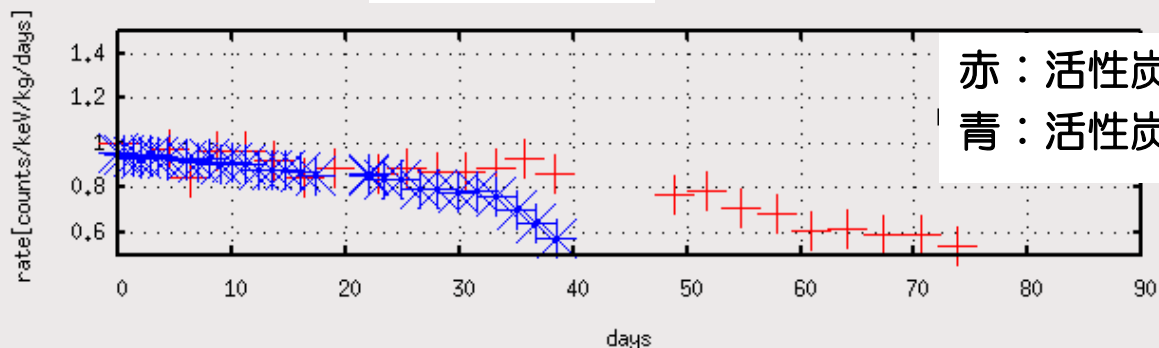
# ● もうすこし ガスの話



● CF4 0.2気圧  
封じ切り

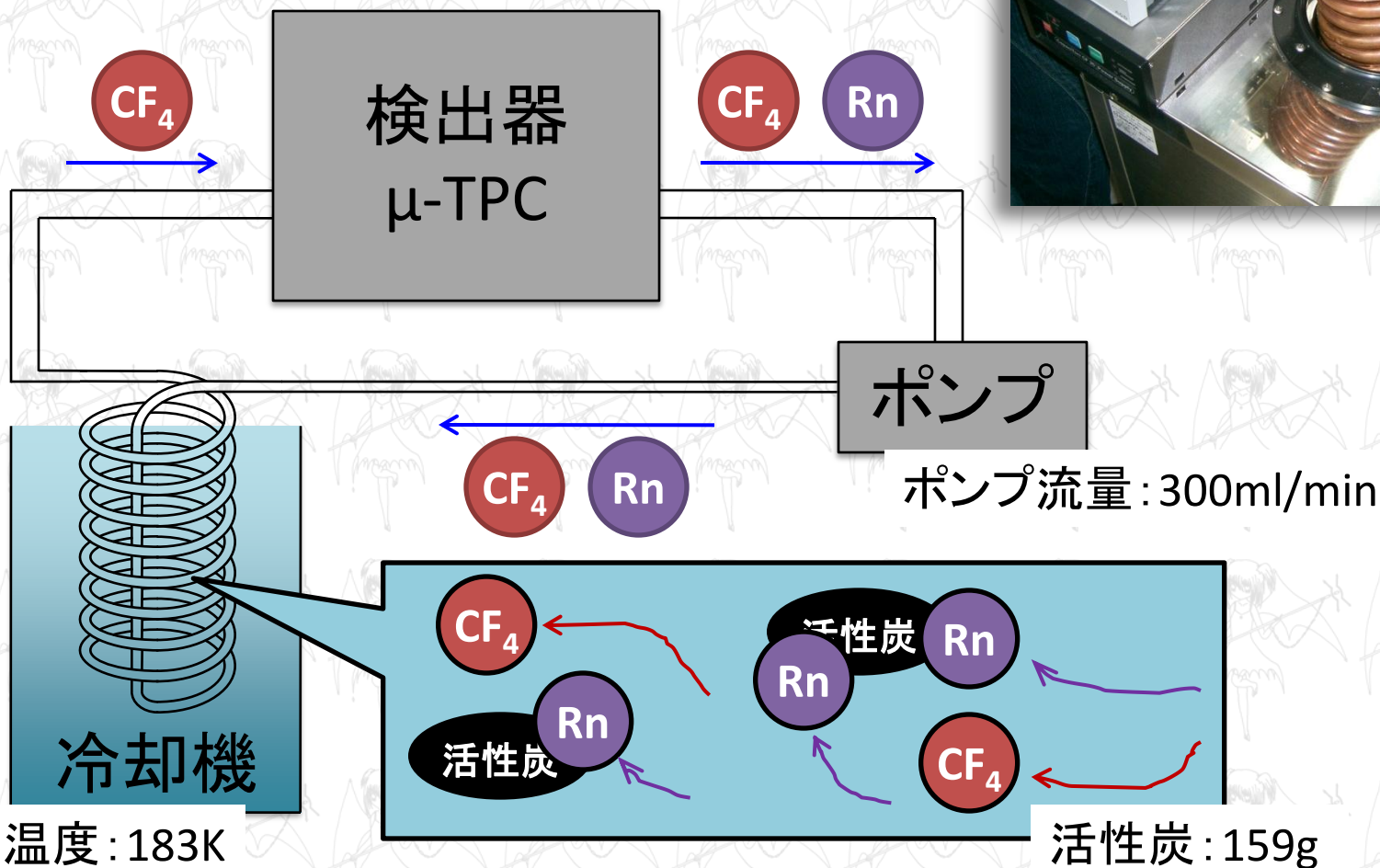
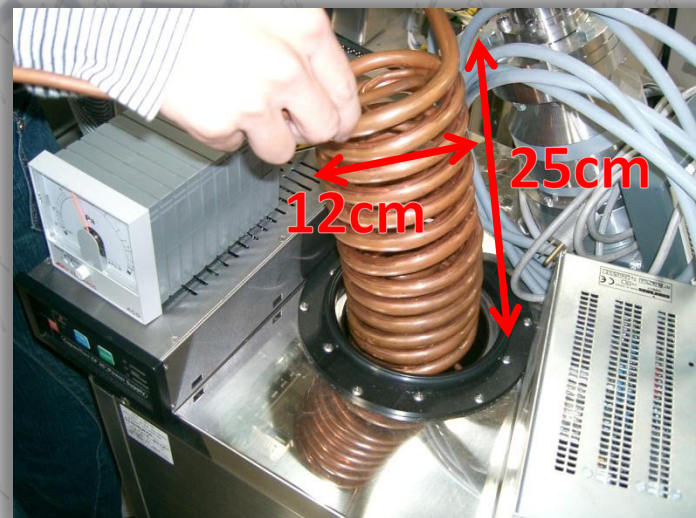
(常温) 活性炭を入れた  
ガス循環システム

ガスゲイン



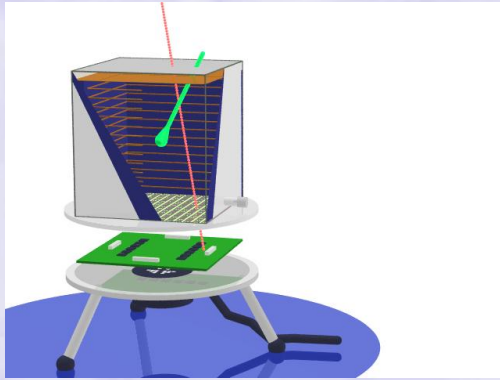
# 冷却活性炭システム

冷却(183K)・・・ラドンを液化  
活性炭・・・ラドンを吸着



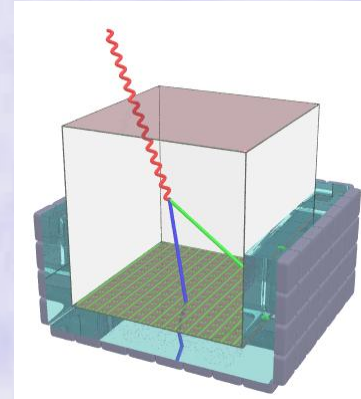
# その他、可能性のある応用

## ISS放射線モニタ



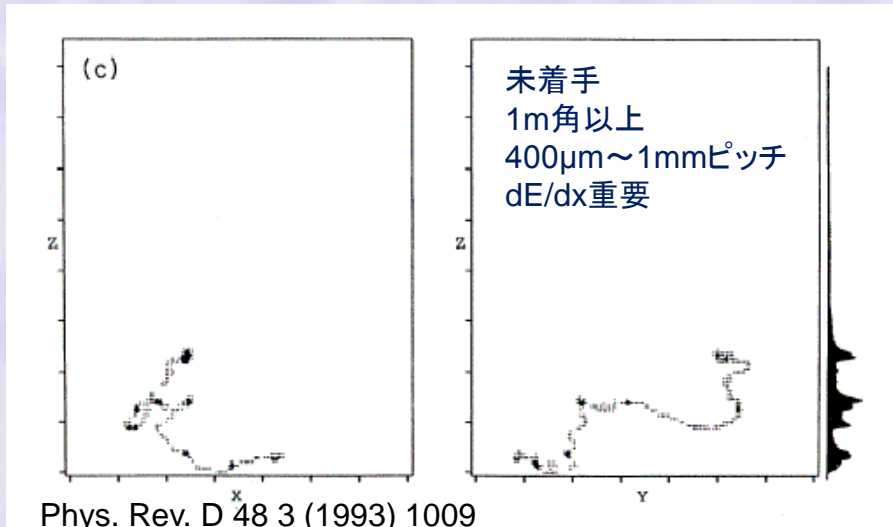
JAXA、KEK、京大  
2cm角程度  
400 $\mu$ m~800 $\mu$ mピッチ  
全体としてコンパクト  
ダイナミックレンジ4桁

## 対生成ガンマカメラ



京大  
30cm角以上  
400 $\mu$ mピッチ以下  
ストリップ

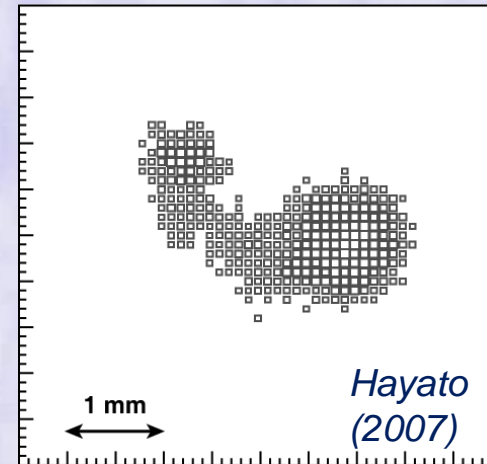
## ダブルベータ崩壊



未着手  
1m角以上  
400 $\mu$ m~1mmピッチ  
dE/dx重要

Phys. Rev. D 48 3 (1993) 1009

## X線偏光観測



2cm角程度  
50 $\mu$ mピッチ程度

Hayato  
(2007)

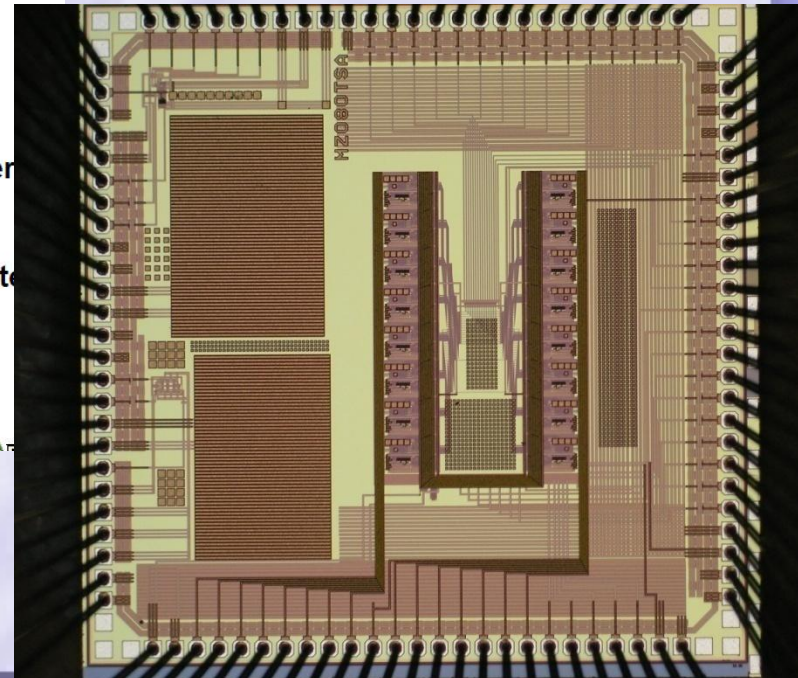
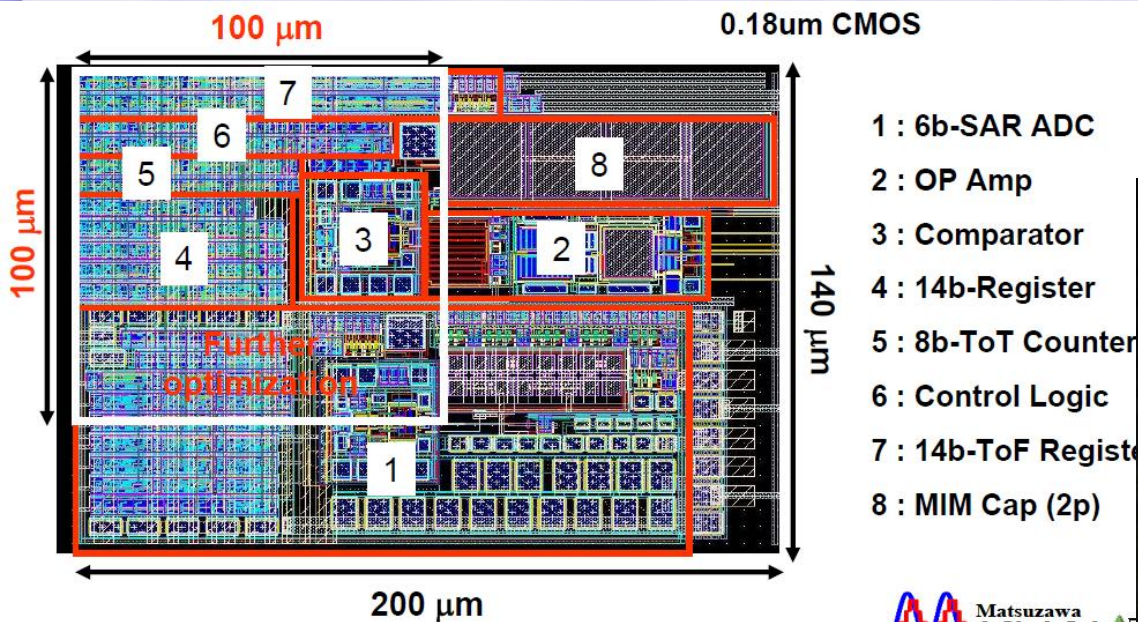


# 現状

## QPIXver0試験 & QPIXver1デザイン

# ◆ QPIX-ver0試験

- 機能確認用チップ QPIX-ver0(16ch/chip) 完成
- ADC6bit TOT8bit TOF14bit
- 電氣的な試験(東工大)2009年4月
- GEM+QPIXの試験2009年8月、9月





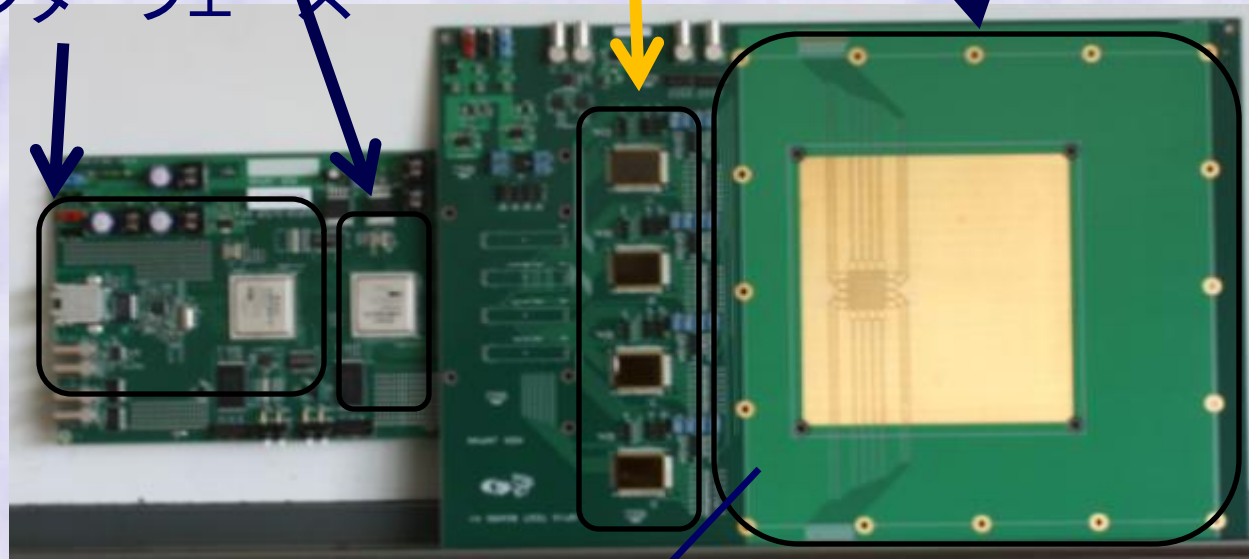
# ガスとの組み合わせ

SiTCP  
TCP/IP

インターフェース

Qpix制御部  
Qpix

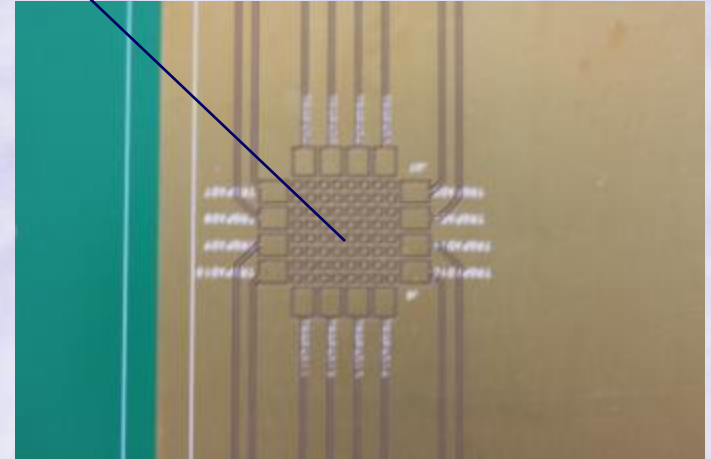
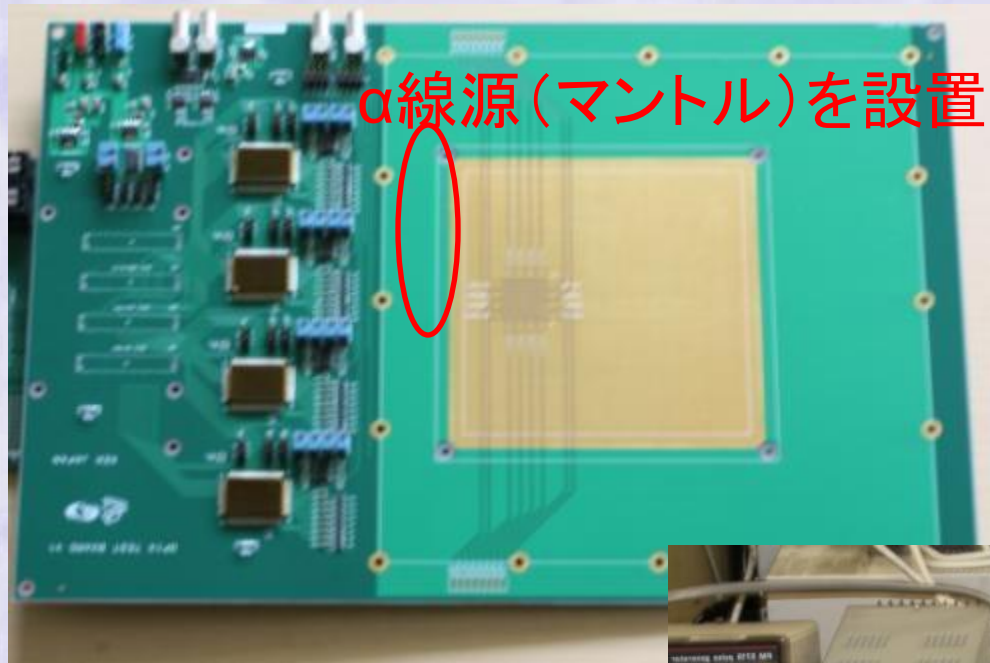
ガス検出器用パッド部



しゃーなしの無理やり。  
こんなに引きまわしてはいけません。

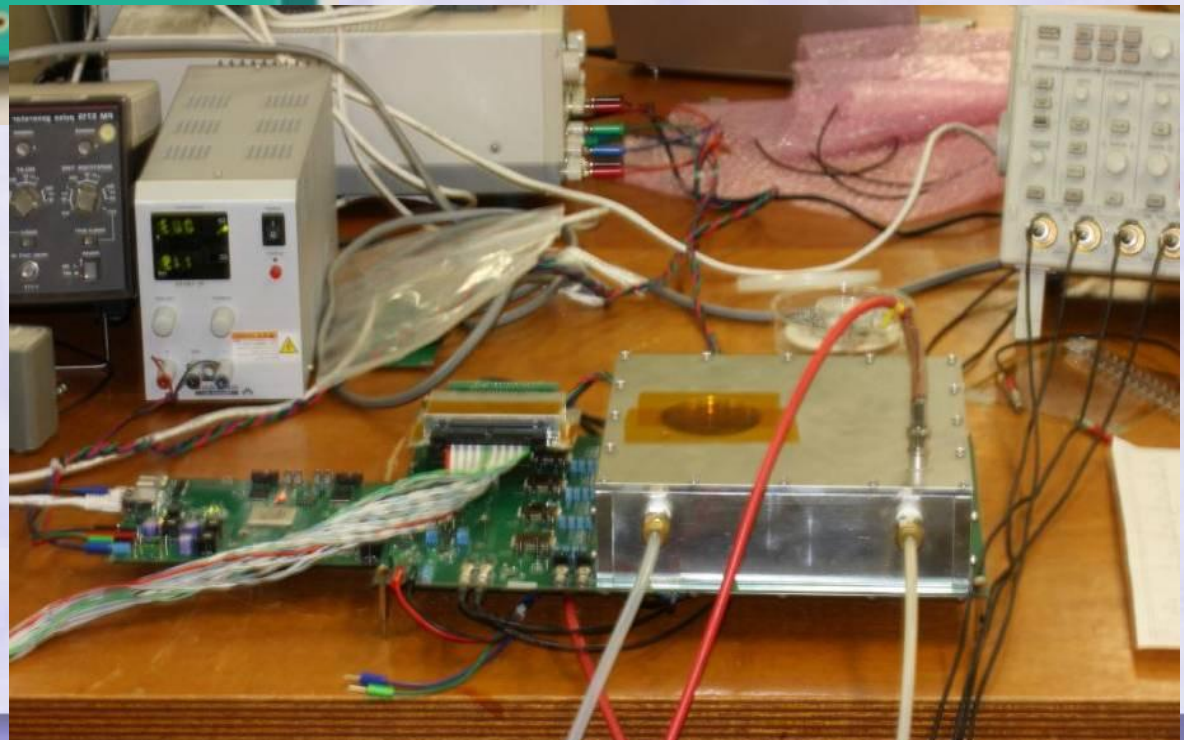
# 8x8パッド (QPIXに接続)

$\alpha$ 線源 (マントル) を設置

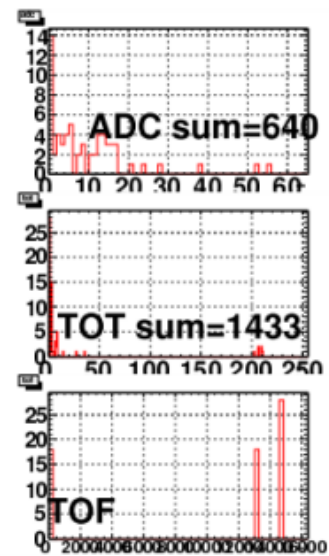
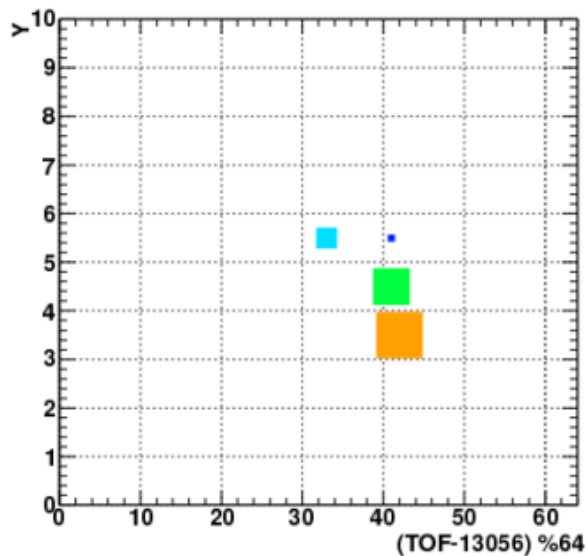
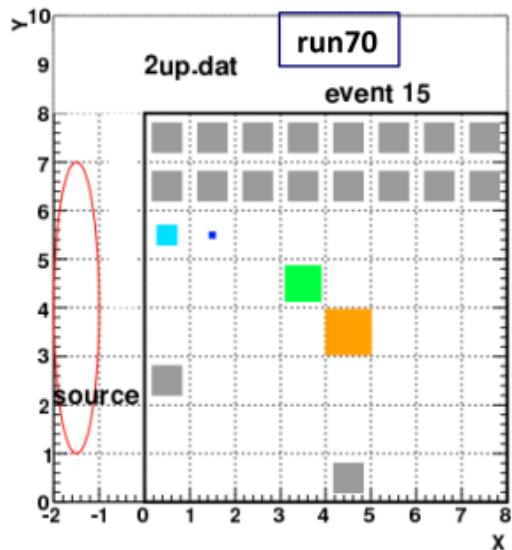


GEM3枚で増幅

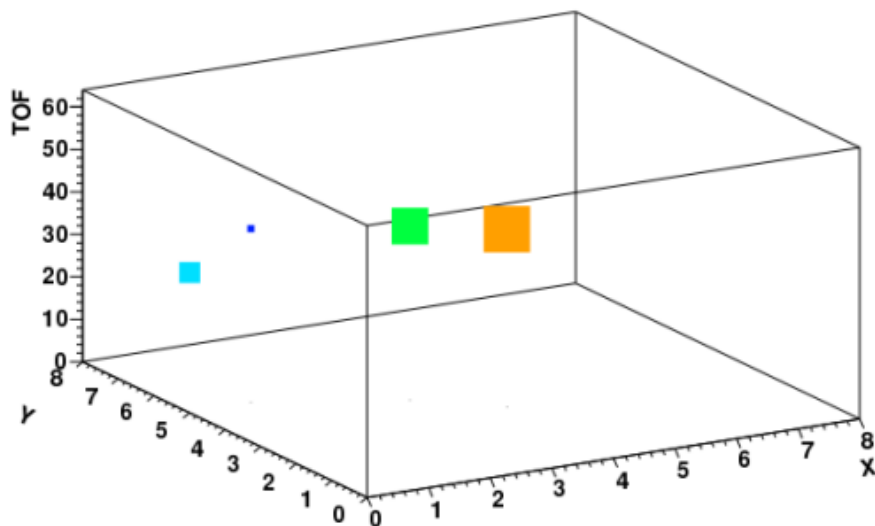
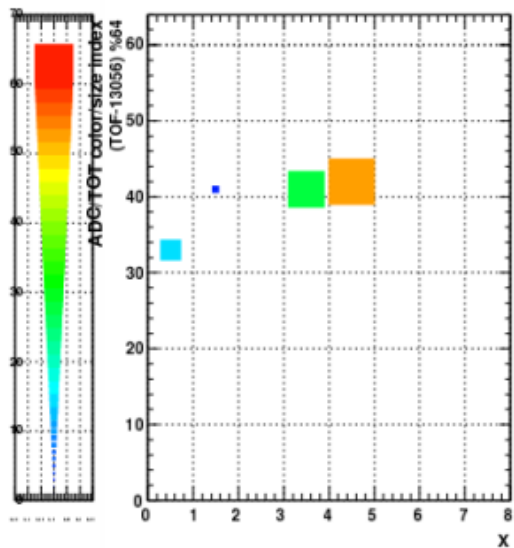
special thanks  
KEK 宇野さん  
大下さん



# ◆ イベント例

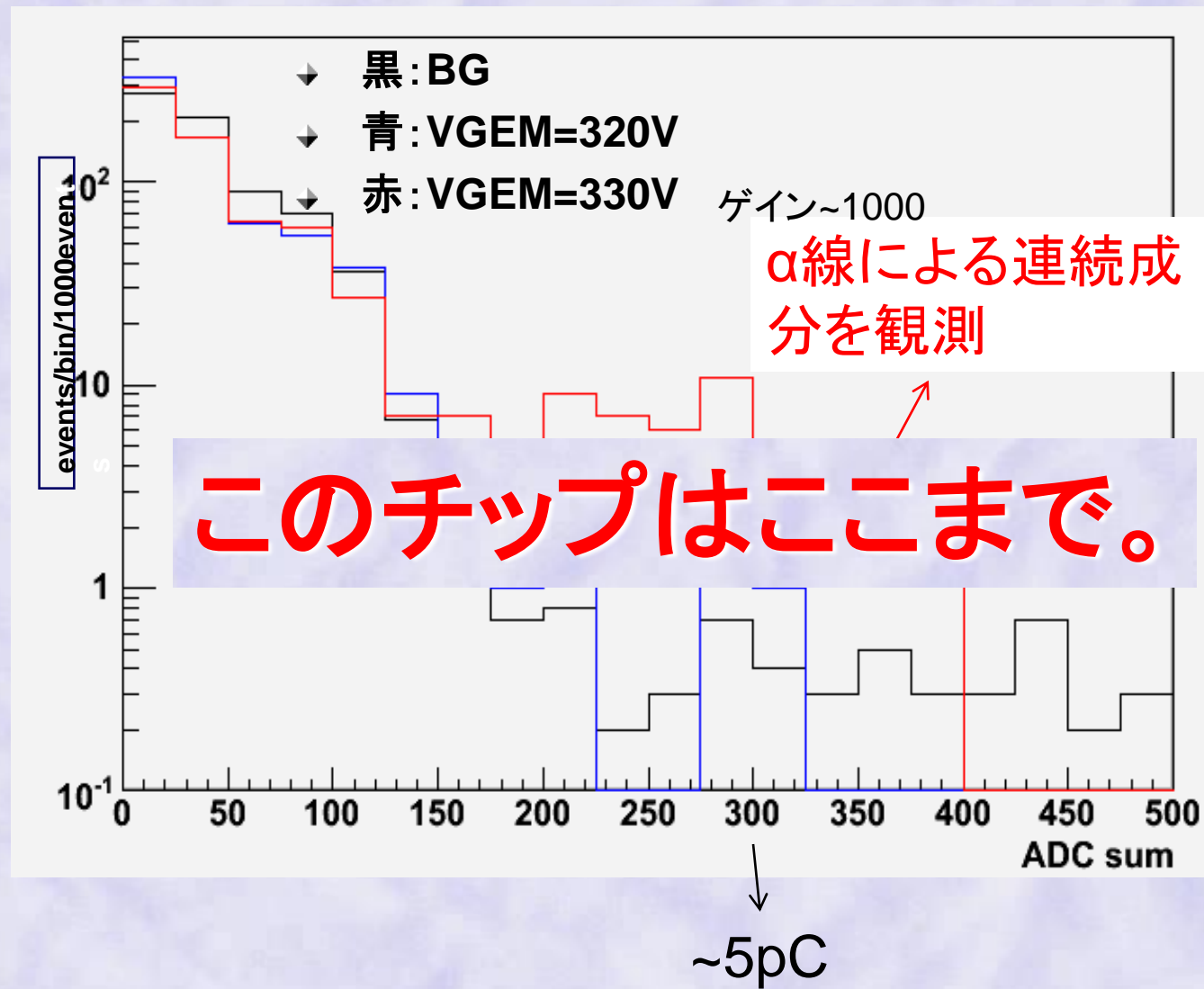


3D track(color:ADC/size:TOT)



# ADC

## ADCsum分布 (CUT条件:上から5行のピクセルに3hit以上)



## ◆ QPIX-ver1デザイン

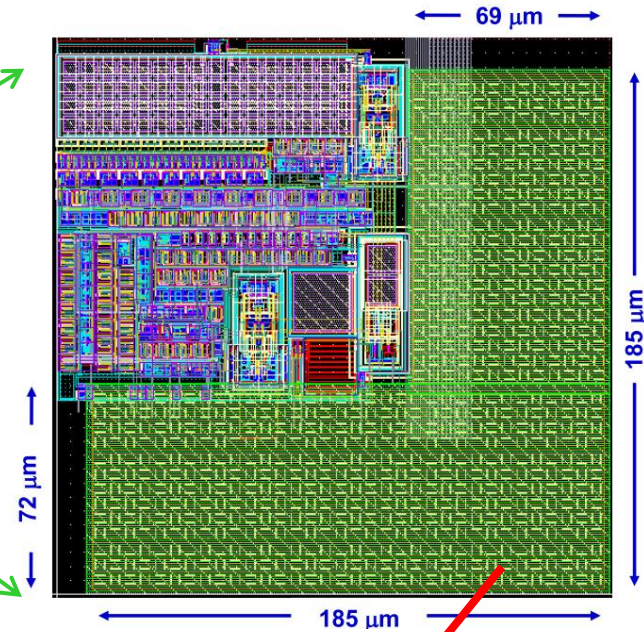
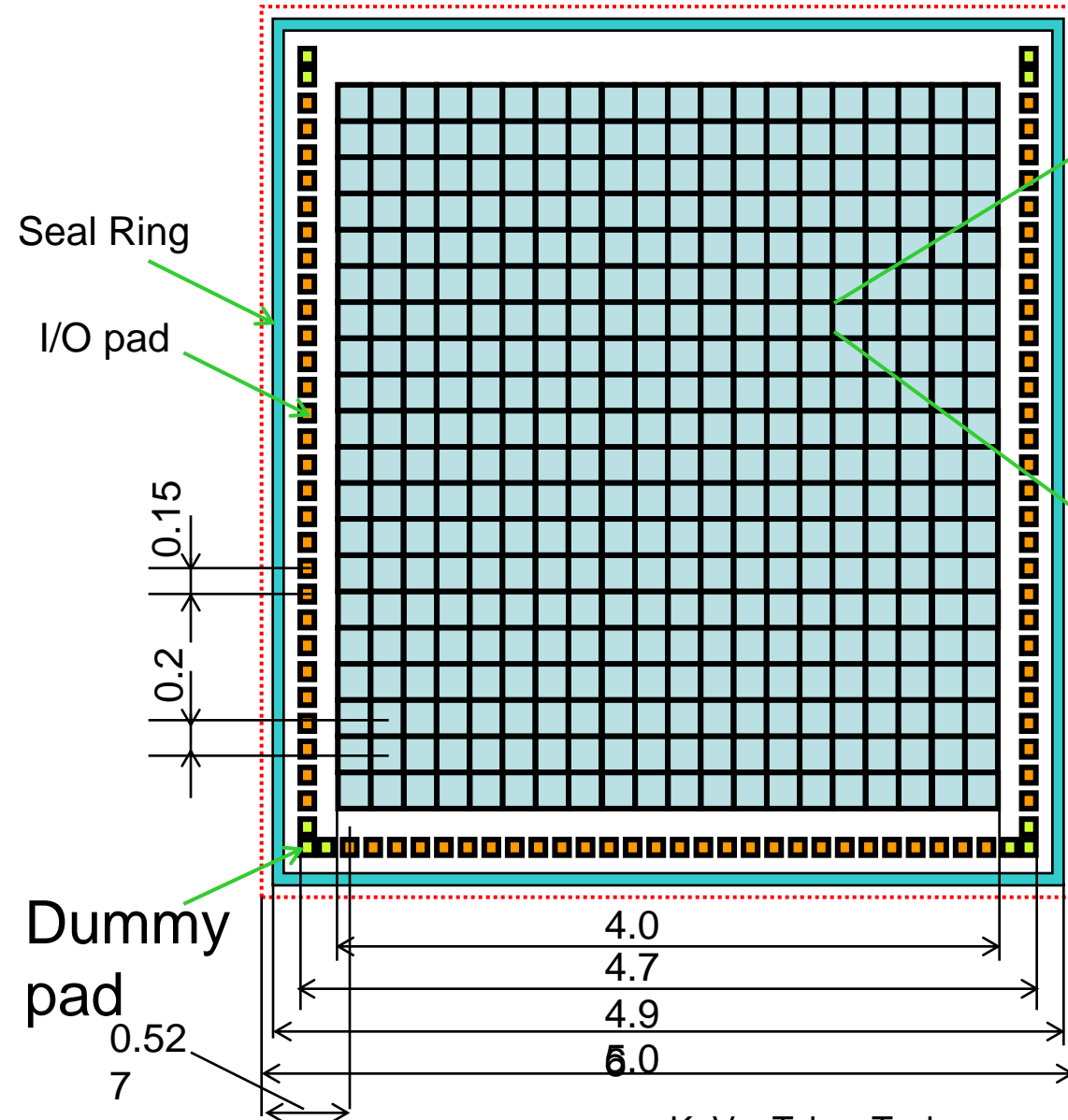
- 目標:ガス検出器との接続
- 最終的にはポストプロセス(杉山トーク)だが、、、
- 現時点でavailableな技術で原理実証
- 12/上旬 SUBMITTED

# ver0からのupdate

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

サイズは現時点では  
気にしない。  
ノイズを下げる  
ADCのbit数

# Chip layout

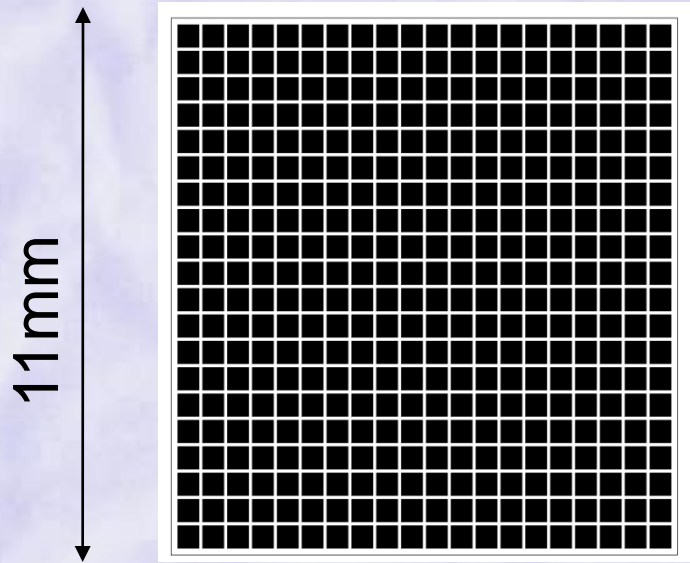


緑部分PAD

# ◆ ガスとの実装案① 上にPAD基板を載せる

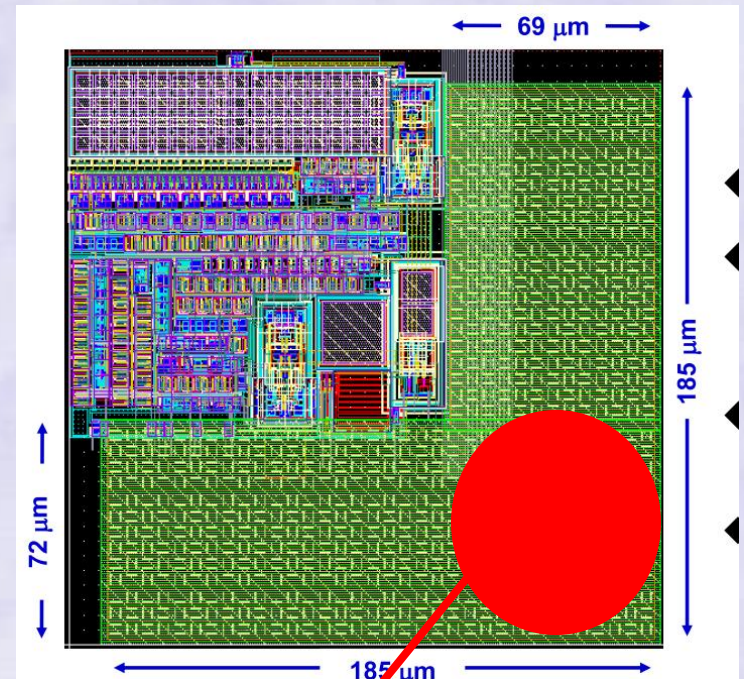
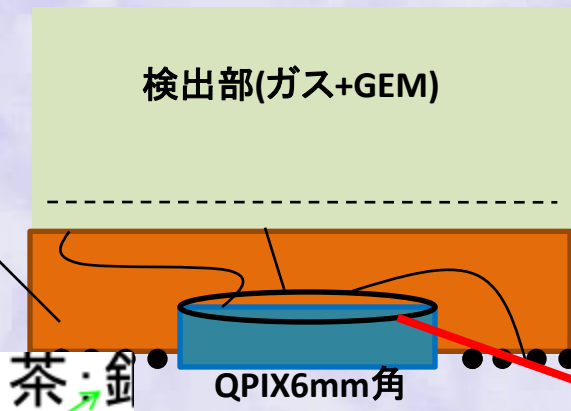
◎ : 隙間なく敷き詰められる  
△ : 技術的にチャレンジング

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



10層  
セラミック基板

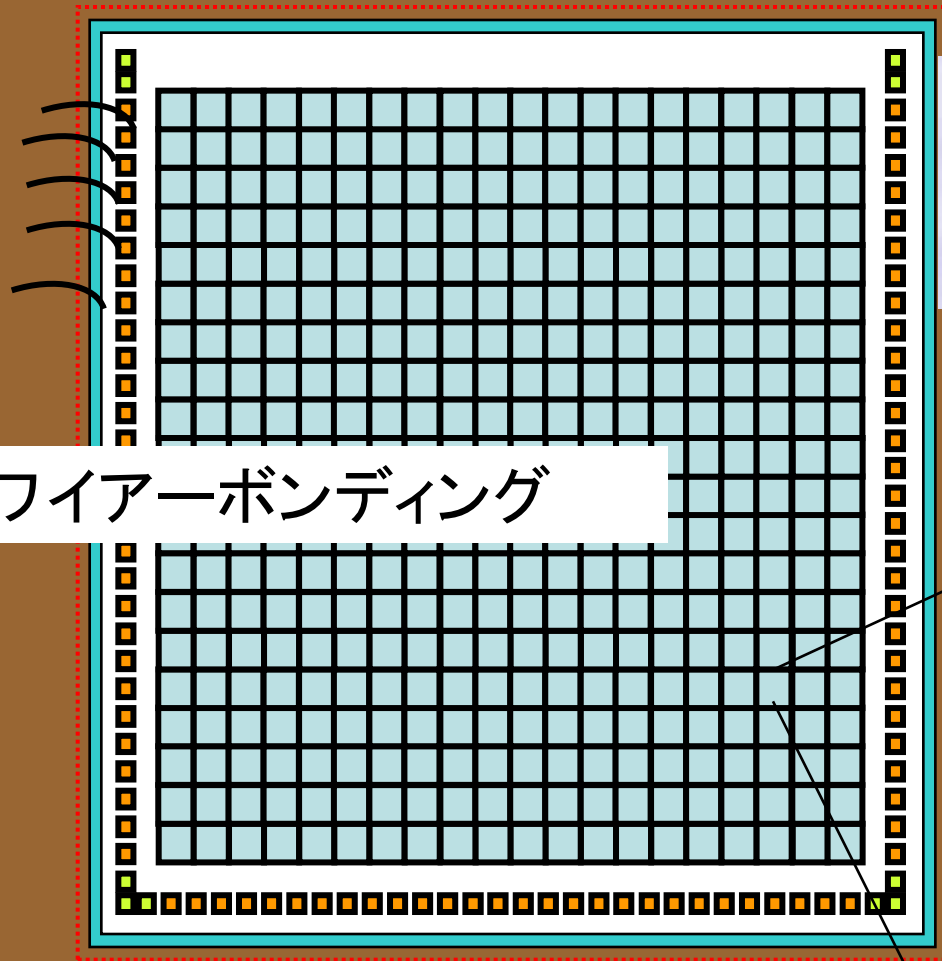
検出部(ガス+GEM)



金スタッドバンプ



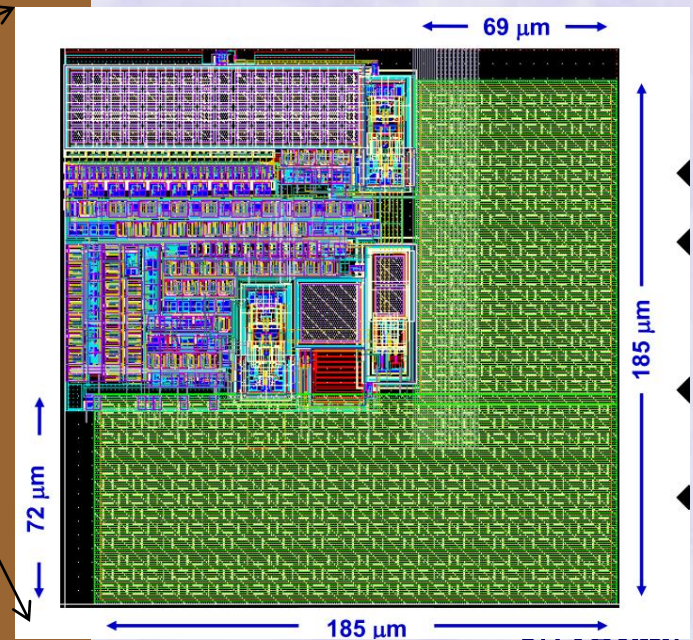
# ◆ 実装案② (QPIX自身のPADで電荷収集)



IOをワイヤーボンディング

実装基板

- ◎ : 技術的に問題ない。
- △ : チップ間に隙間
- △ : PADの被服率 ~ 50%



# まとめ

- ◆ QPIX ものになりつつあります。
- ◆ 応用募集中です。
- ◆ 今が食いつき時ですきっと。声かけてください。