

# QPIX project

疑似3次元ピクセル(Quasi-3dPIX)

-(ガスTPCの次世代ASIC)-

身内賢太郎(京都大学)

for QPIX開発グループ

杉山晃・東貴俊(佐賀大)

松澤昭・岡田健一・倉科隆・

Vu Minh Khoa・松永 賢一・宮原正也

(東工大・工)

田中真伸・新井康夫・幅淳二

(KEK素核研)

房安貴弘(長崎総合科学大)

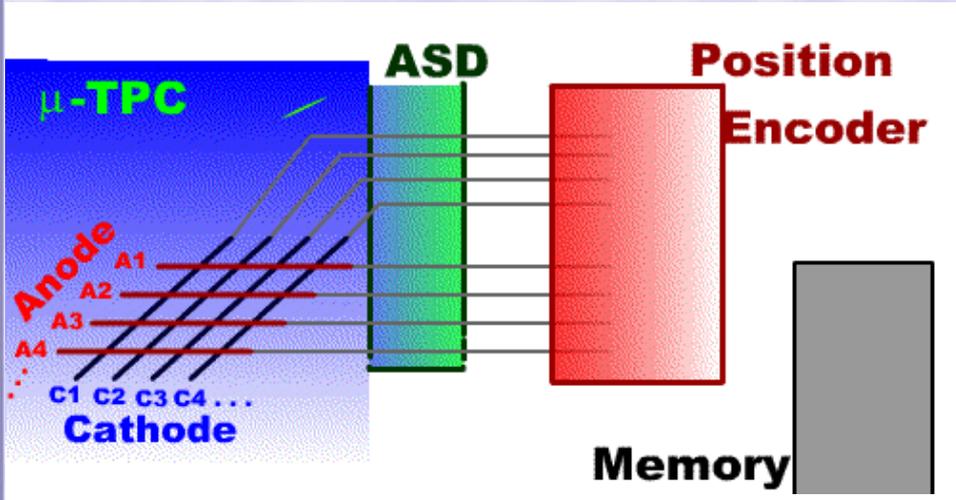
概要

応用

仕様・現状

# 概要①: イントロダクション

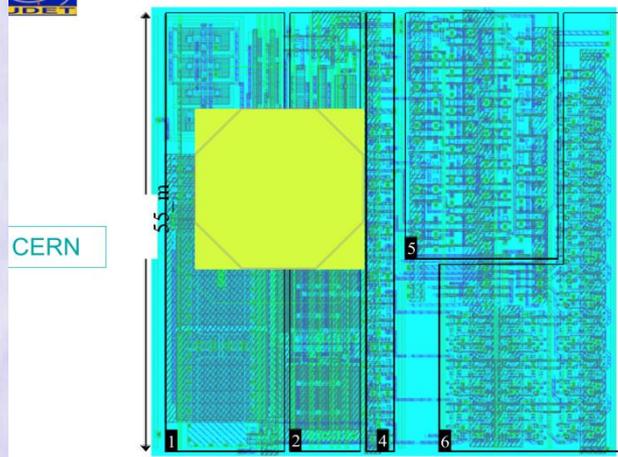
## ◆ ガスTPCの完全ピクセル読み出しを



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)

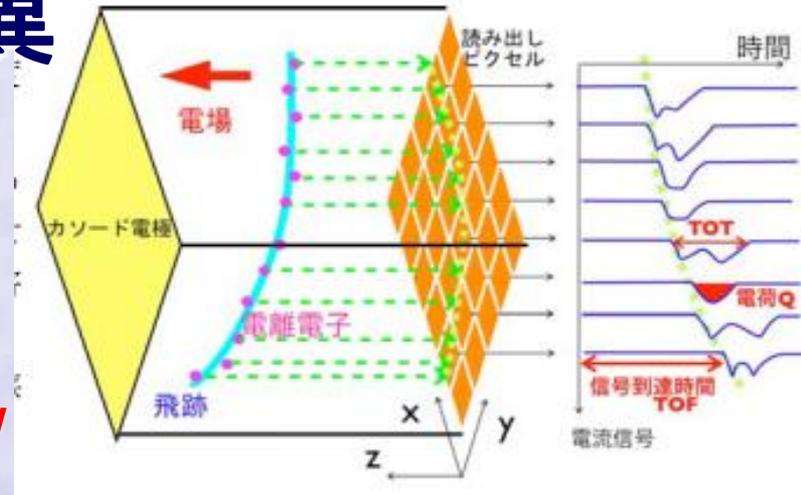
1 latches

**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~)**

# 概要②: 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:

# 概要③: 国内ASIC 開発での位置づけ

高密度

超微細プロセス

Qpix  
開発グループ

東工大  
佐賀大、京都大  
KEK

MPGD  
CMOS FE 開発  
藤田、京都大、  
測定器開発室MPGD-G

フロントエンド  
信号処理ASIC  
MPGD  
MAPMT  
(中密度実装)

複雑

単純

高レートガス検出器

超高速FE開発  
谷口、島崎:素核研  
岸本:放射光

QVC  
開発グループ  
KEK、神戸大

に複雑なAD  
混在  
クエント回路

# 概要④:工学部との共同開発

## ◆ 最新のテクノロジーを使用

- 小面積 低電力 かつ高精度

Measurement result : Offset voltage

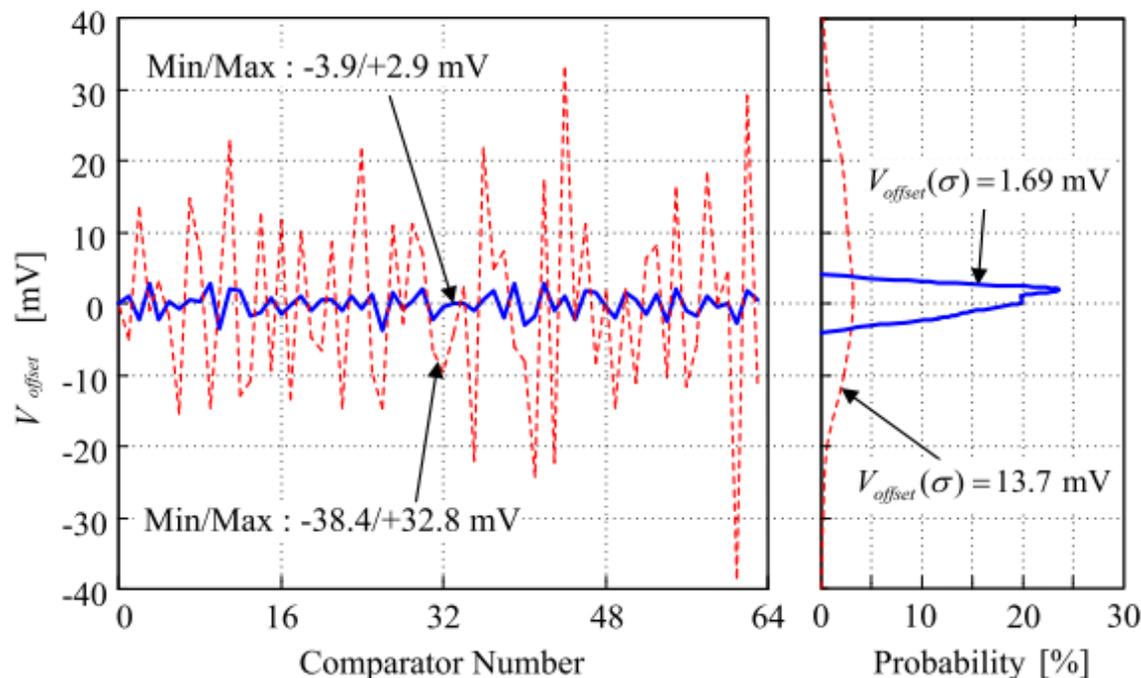
12

TOKYO TECH  
Pursuing Excellence

The offset voltage is dramatically improved from 13.7 mV to 1.69mV.

VDD=1.0 V,  $f_{CLK} = 250$  MHz, N=64

— Calibration ON  
- - - Calibration OFF



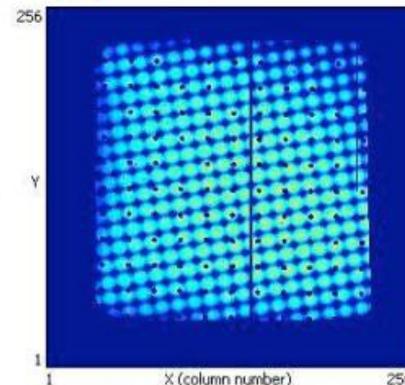
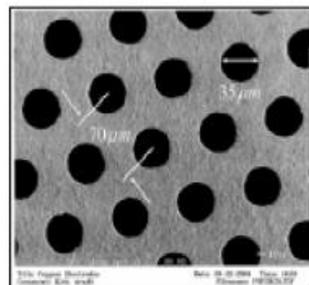
# 応用：実装方法

## ◆ MPGDとの組み合わせでTPC

ポストプロセス(次に。)  
c.f. 21日 杉山トーク

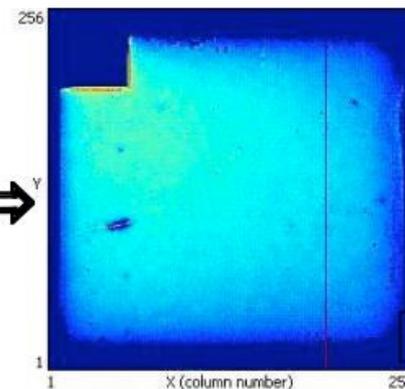
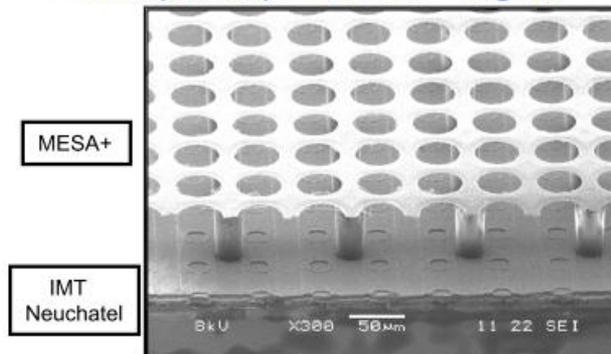
### Full post-processing of a TimePix

・ Timepix chip + Micromegas mesh:



Moiré effects  
+ pillars

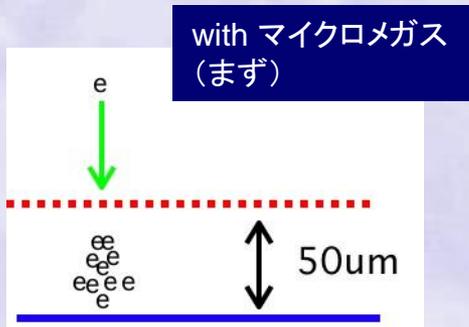
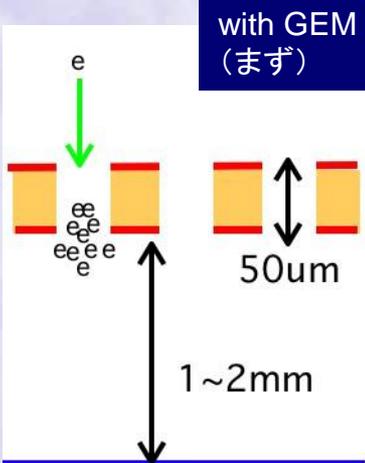
・ Timepix chip + SiProt + Ingrid:



"Uniform"

"counting" mode

高抵抗のアモルファスSiをチップ表面にコーティングすることで放電対策も万全



### <TERMS>

MPGD (Micro Pattern Gas Detector) : GEM、マイクロメガス、 $\mu$  PICなどの微細加工技術を用いたガス検出器。この部分を見た方はMPGD研究会Vol.5 @理研 12/12,13をおすすめします。

# 応用①

## ◆ リニアコライダーTPC

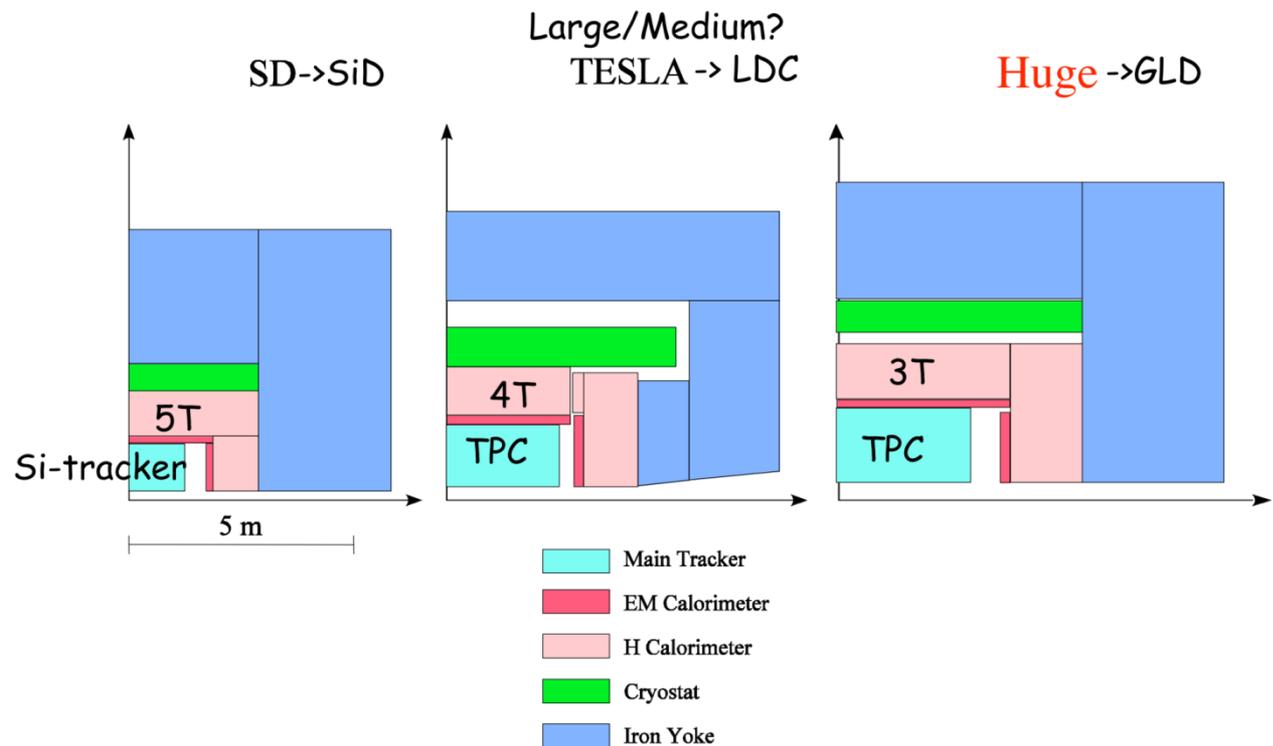
### ILCの測定器案

大きなBR<sup>2</sup> : 3つの測定器コンセプト

Bを最大



Rを最大



# リニアコライダーTPC

## 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

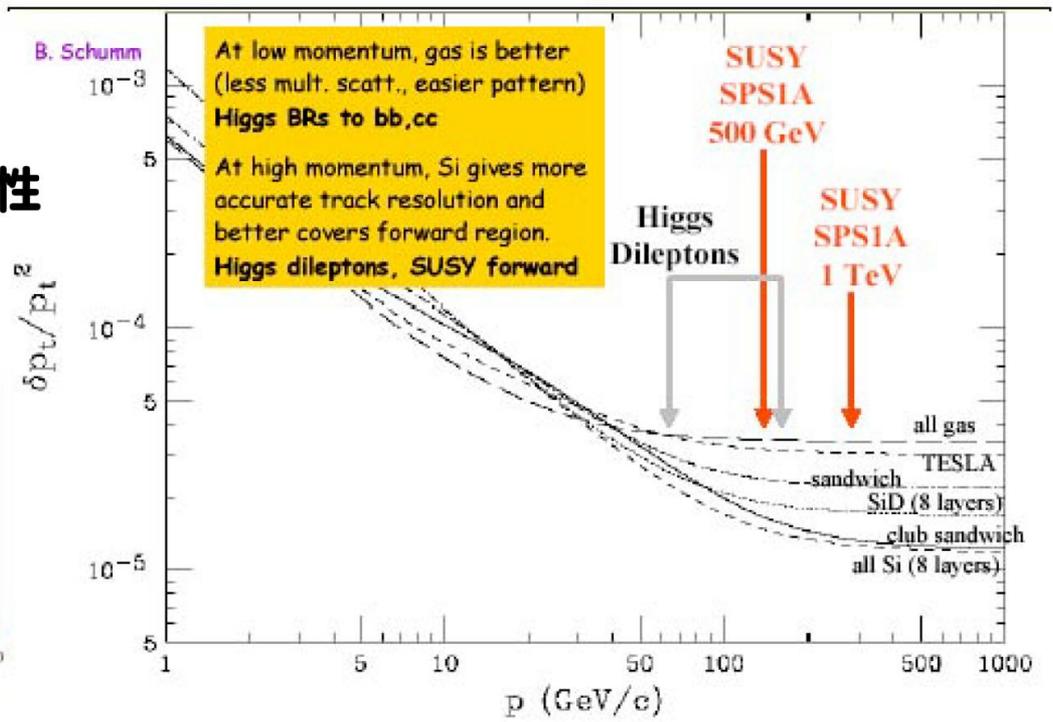
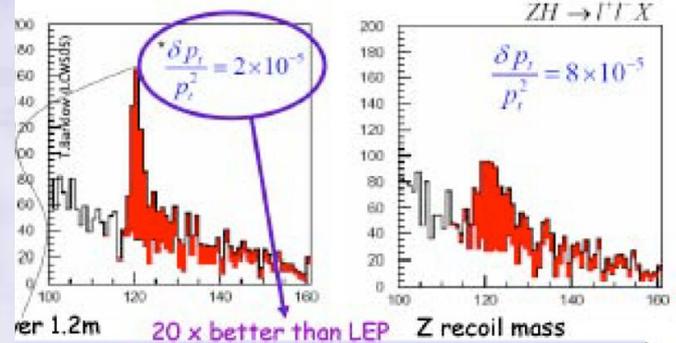
良い位置分解能

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

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

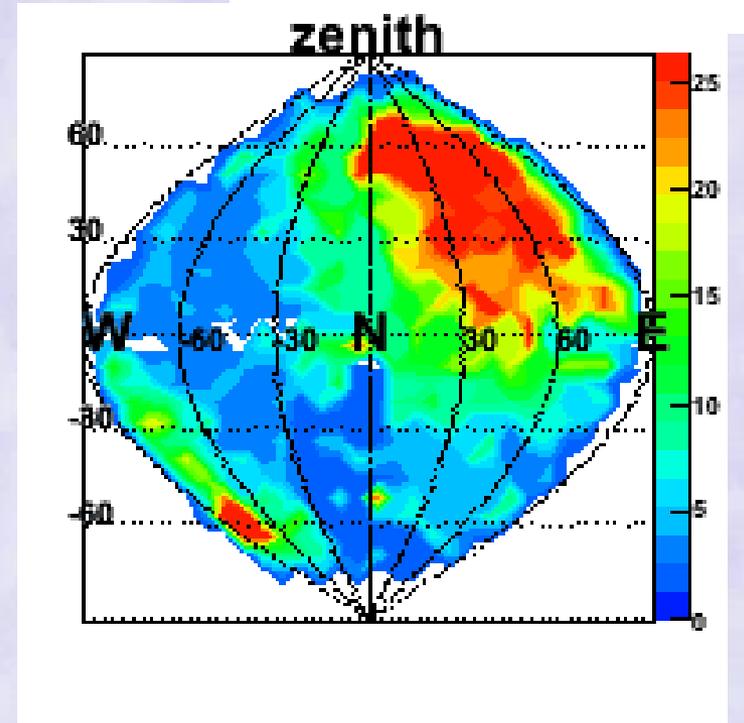
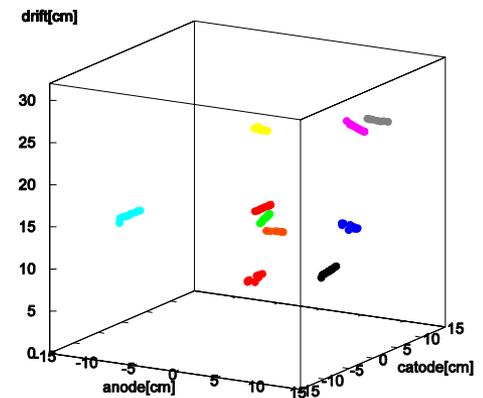
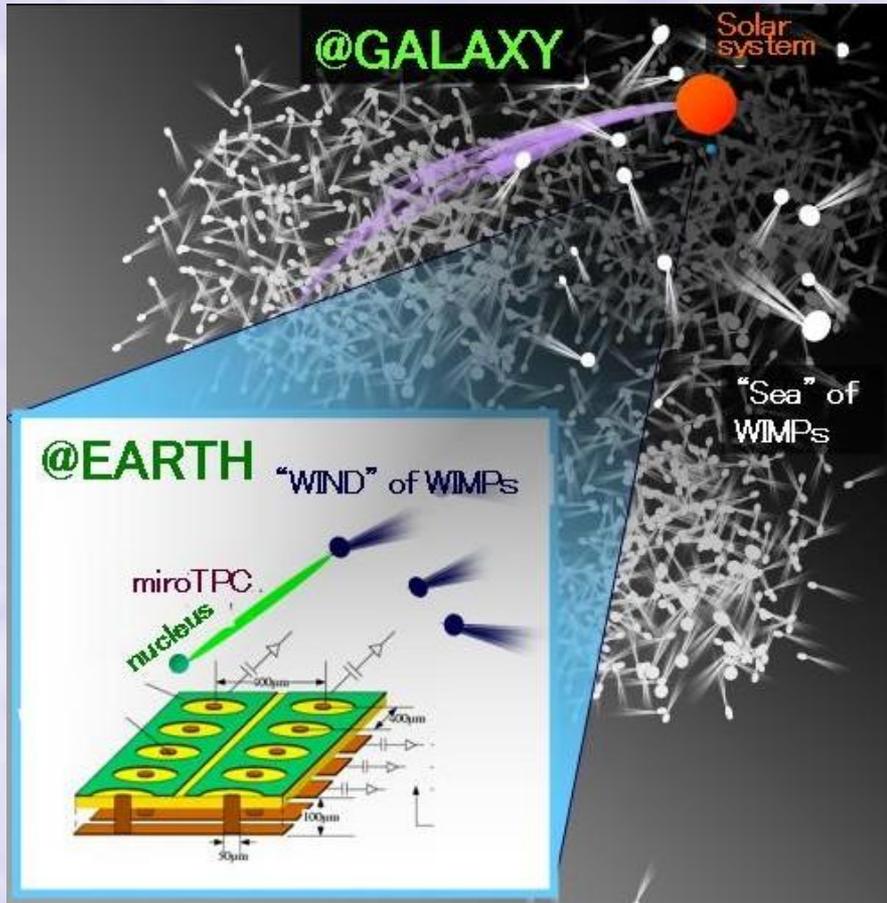
良い飛跡再構成効率  
良い2粒子分離能

高いバックグラウンド耐性



# 応用②

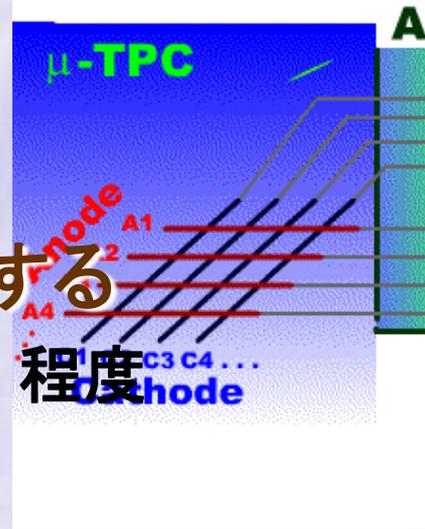
## ◆ ダークマター (NEWAGE実験)



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

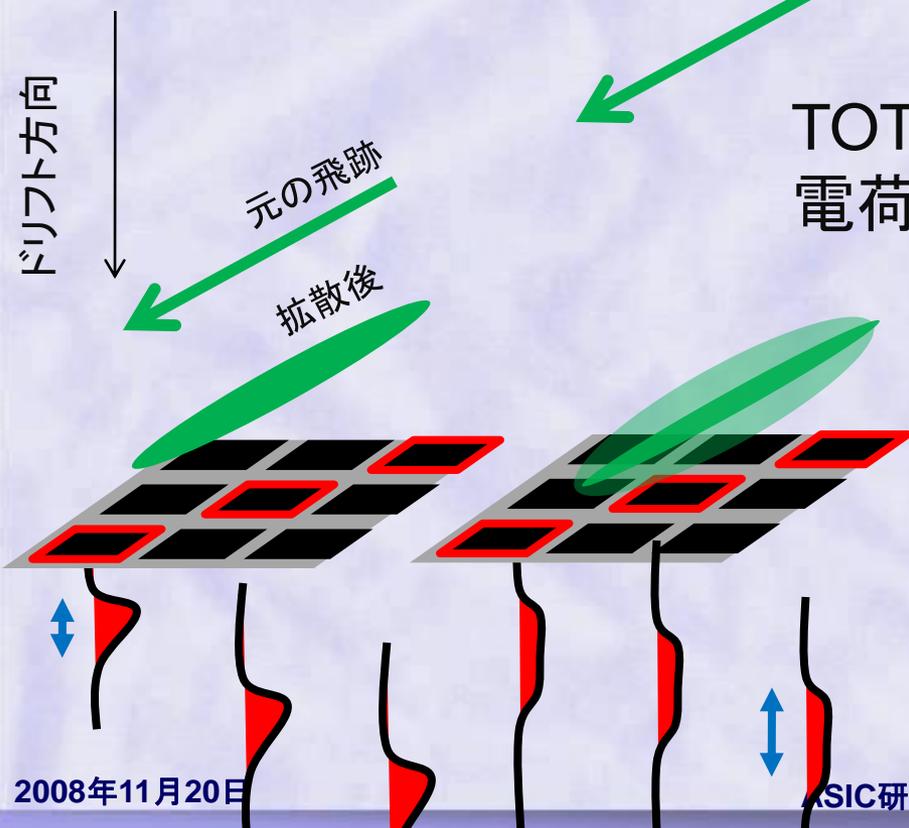
# ◆ TOTだけでは不十分

- 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)



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③(可能性)

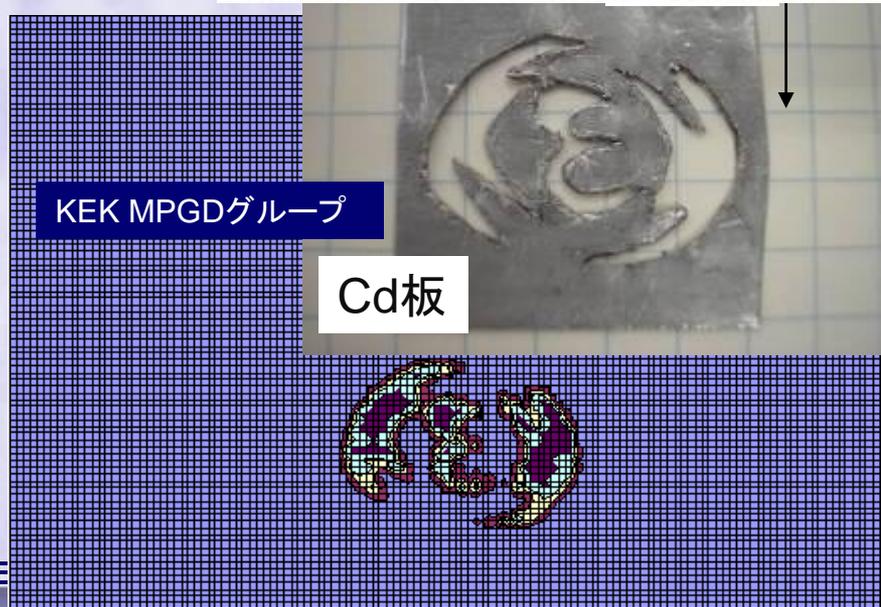
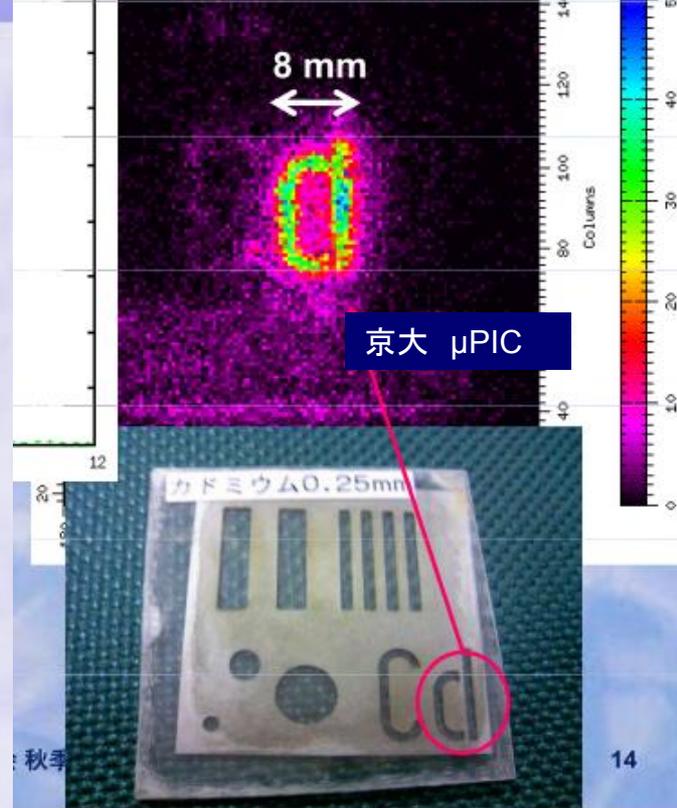
## ◆ 中性子イメージング

- GEM、 $\mu$ PICで画像化されつつある(いずれもストリップ読み出し)

- ピクセル化によって

高分解能・高レート耐性  
・SN改善へ

- ◆ その他の応用に合わせて  
MODIFY可能。



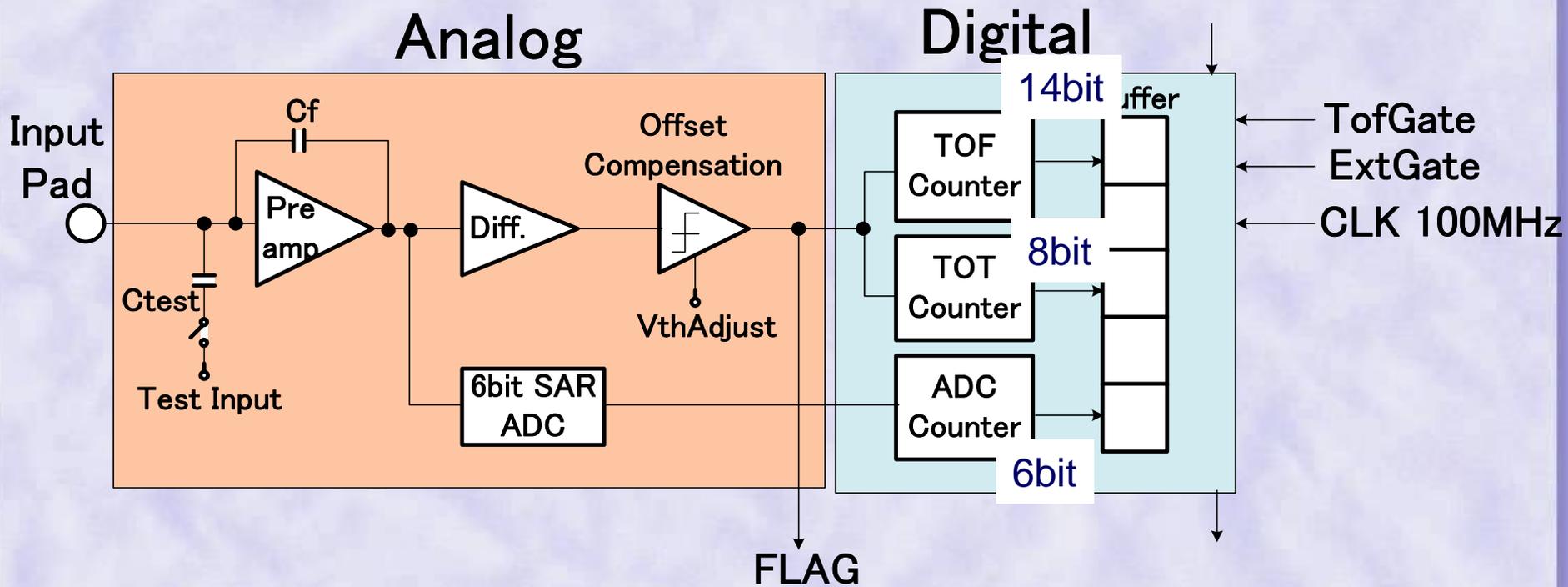
# (応用を踏まえて)仕様・設計

## ◆ 全体の仕様

	ILC	NEWAGE	目標仕様	(参考)TIMEPIX
面積	>10m <sup>2</sup>	>100m <sup>2</sup>		
ピッチ	<100μm	<400μm	100μm	52μm
=チャンネル数	>10G	>60G		
消費電力			数mW/ch	440mW(Analog) +220mW(digital) /(256 × 256ch)
不感時間 (=レート耐性)			バッファ付 で無を目指す	200μs~3ms
最大電荷(ADC)	0.5pC		0.5pC	なし
TOT、TOF分解能	10ns		10ns	2ns
最大TOF (最大ドリフト時間)	100μs =14bit	10μs =10bit	14bit	14bit
最大TOT	600ns=6bit以上		8bit	
プロセス			TSMC 0.18um	0.25um IBM CMOS

# 仕様・設計

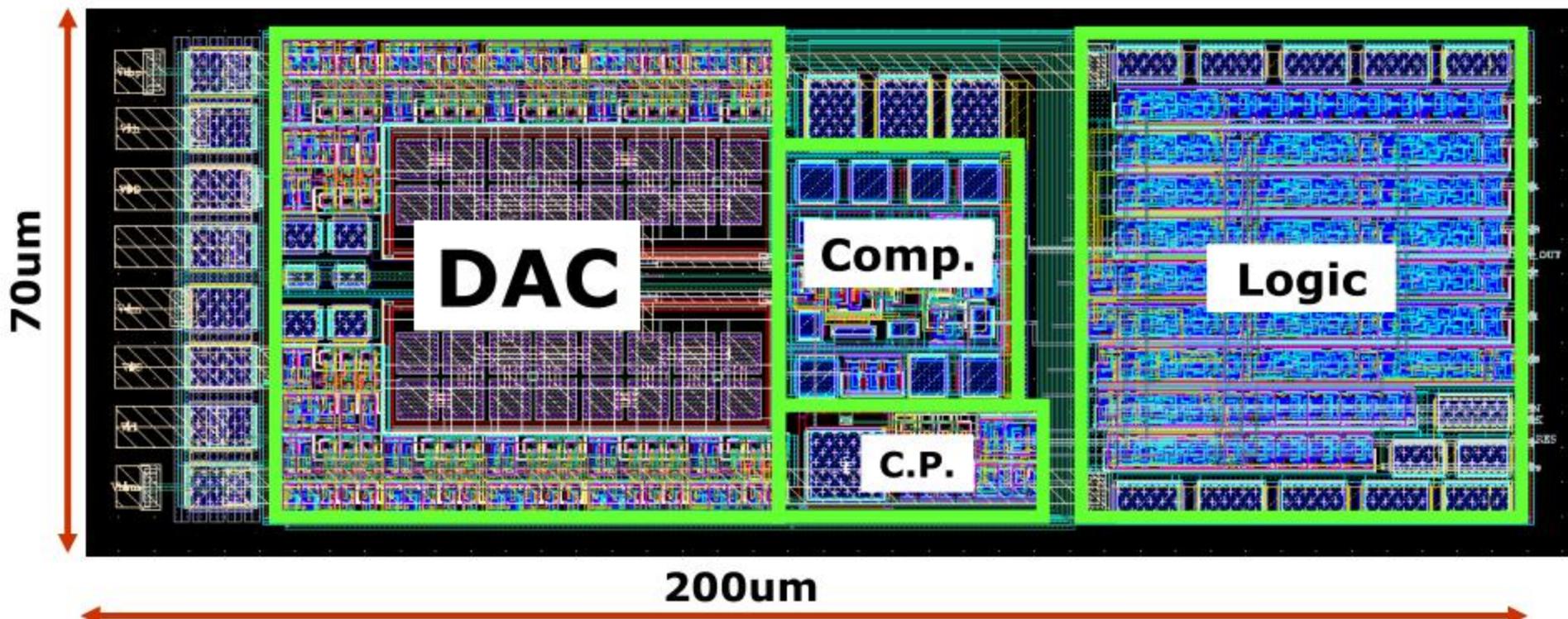
## ◆ ピクセル毎の仕様



# 現状

- ▶ ADC機能を確認するためのTEG製作中  
(2008/12完成予定)

- ADC部緒元 6bit 10Msps 200 $\mu$ W/ch  
(シミュレーション)



<TERMS>

TEG (Test Element Group): IC開発段階で製作する評価用素子

身内賢太朗

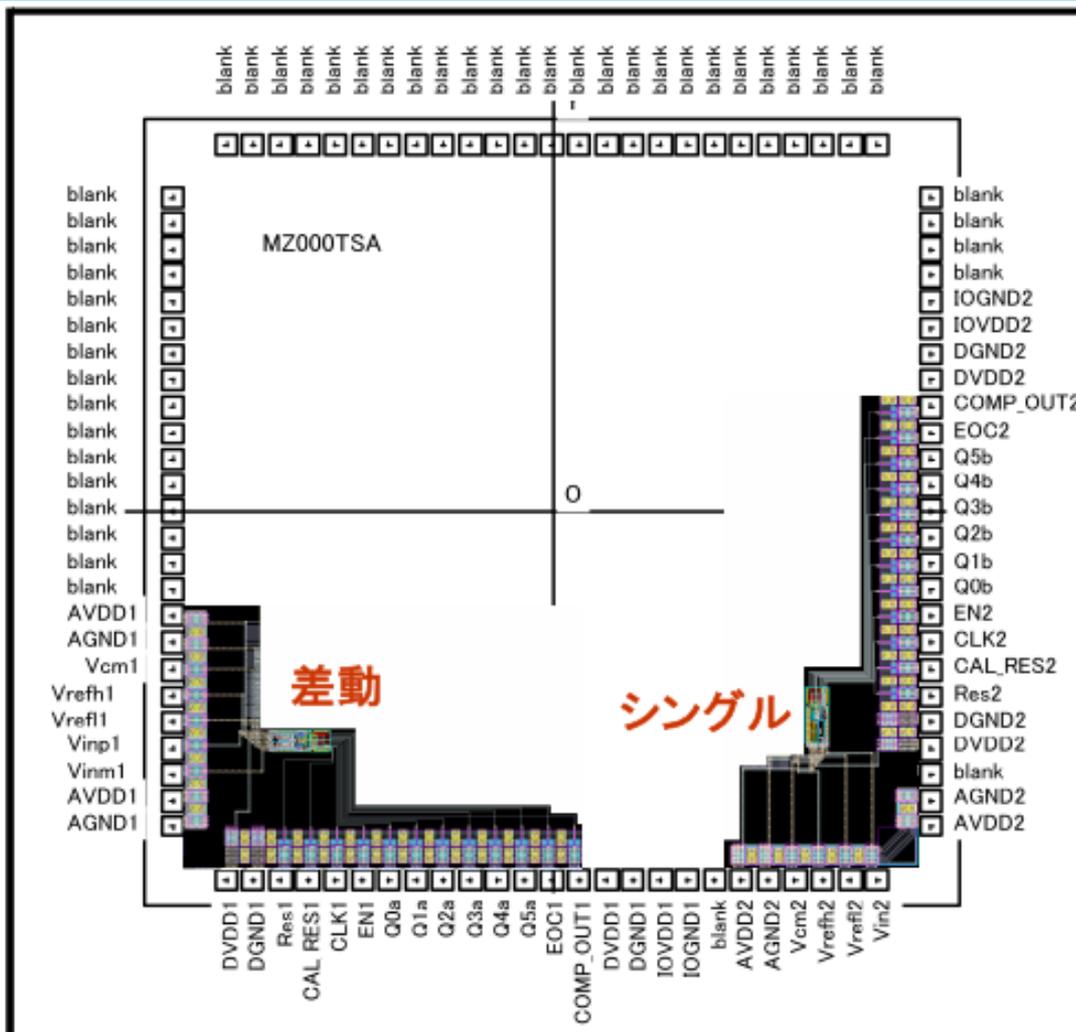
# ◆ ADC-TEG

シングルエンドと差動(S/N改善が期待)を製作中

## CHIP

12

TOKYO TECH  
Pursuing Excellence



# ◆ 試験予定

- ADC TEGチップ試験 2009/2~ (東工大)
  - ・ リニアリティー 速度 消費電力
  - ・ コンパレータ感度 キャリブレータありなしでの比較
- ガス検出器との接続試験2009年度(物理チーム)
  - ・ GEMと組み合わせて動作確認

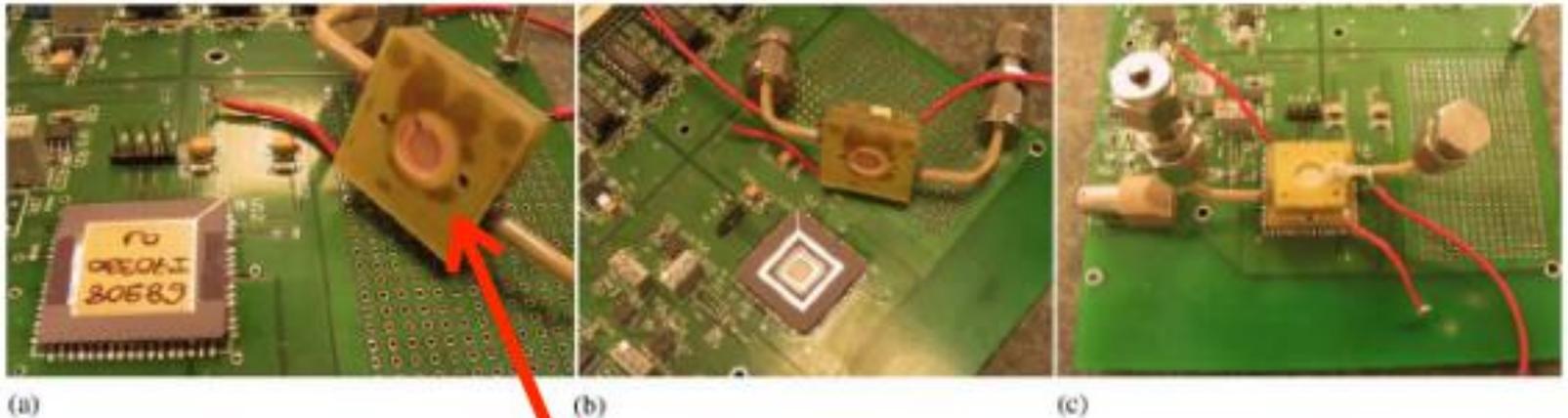


Fig. 1 試験のイメージ図  
while test.

the chip: (a) All the mechanical details of the top section of the detector are glued together  
c cover (b) the chip is exposed and the mechanics glued upon it, (c) the MPG D is ready for test.

ガスのドリフト容器

# まとめ

## ◆ QPIX: ガスTPCのピクセル読み出しASIC

- CERNのチップを超える性能
- 工学部との共同開発