

# 液体キセノンPETの読み出しについて

田中秀治

# エレクトロニクスシステム概要

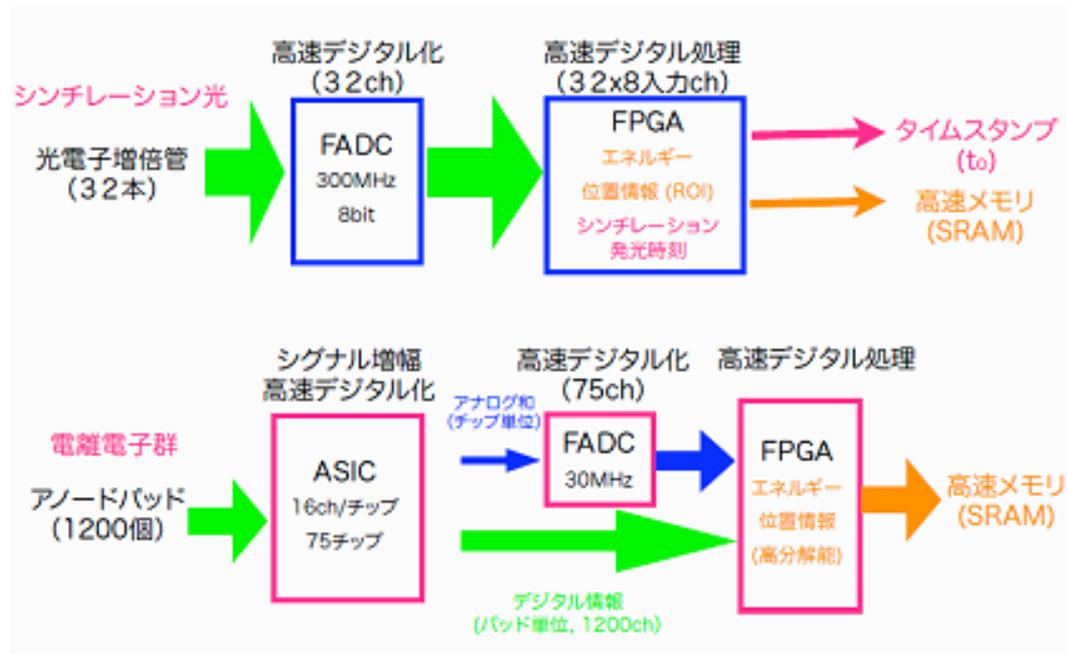


図5:エレクトロニクスシステムの概要。  
シンチレーション光の情報 (ROI情報)、電離電子の情報 (精密位置、エネルギー情報)をそれぞれFPGA技術用いてオンボードでパイプライン処理する。

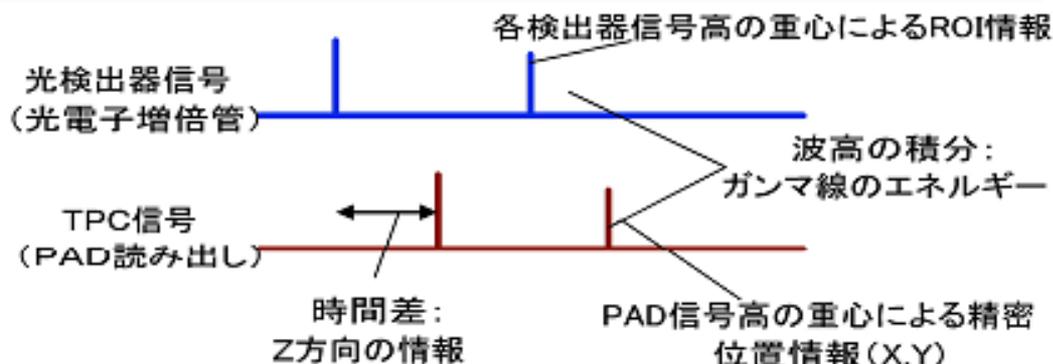


図6:エレクトロニクスボード上でパイプライン処理される信号情報の概念図。

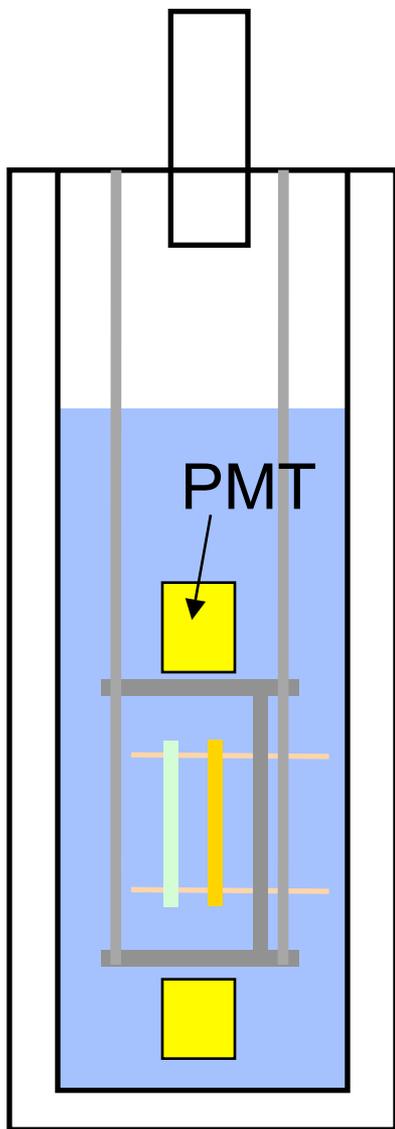
# 現状

ASIC (FEXE08)の試作

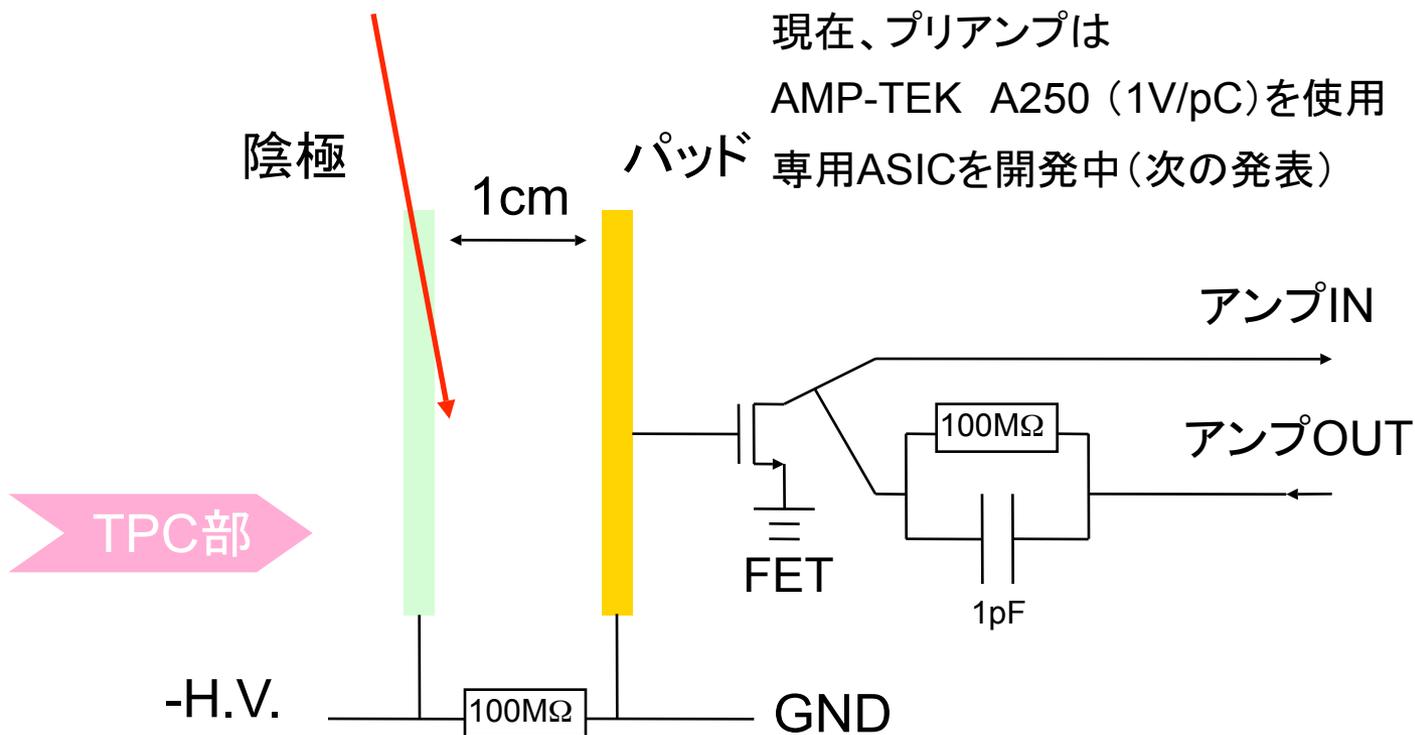
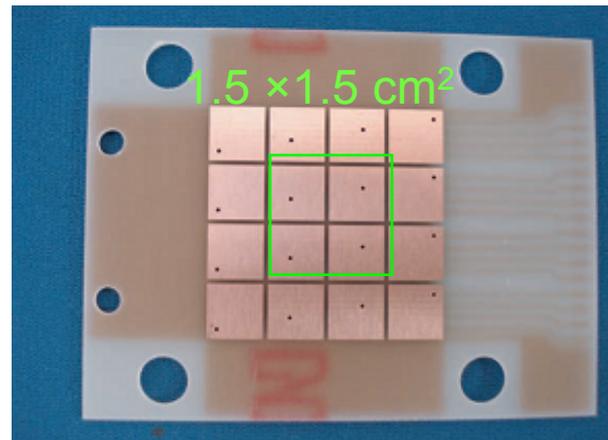
ADC サンプルの評価

PMT,TPCそれぞれの信号確認

# 実験装置の配置 2009 2月バージョン



TPCの有効体積中に  
 $^{241}\text{Am}$ の $\alpha$ 線源(約200Bq)  
が貼り付けられている

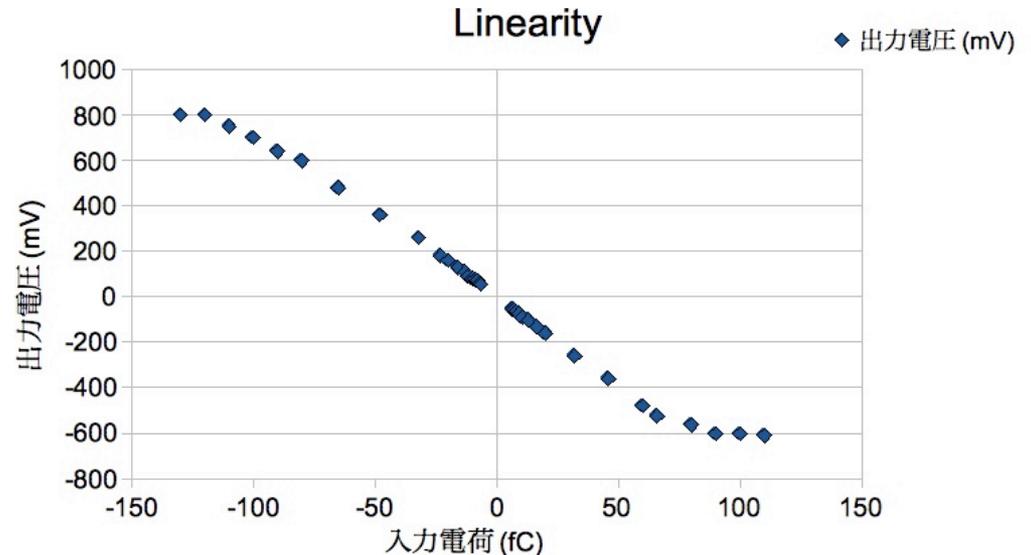
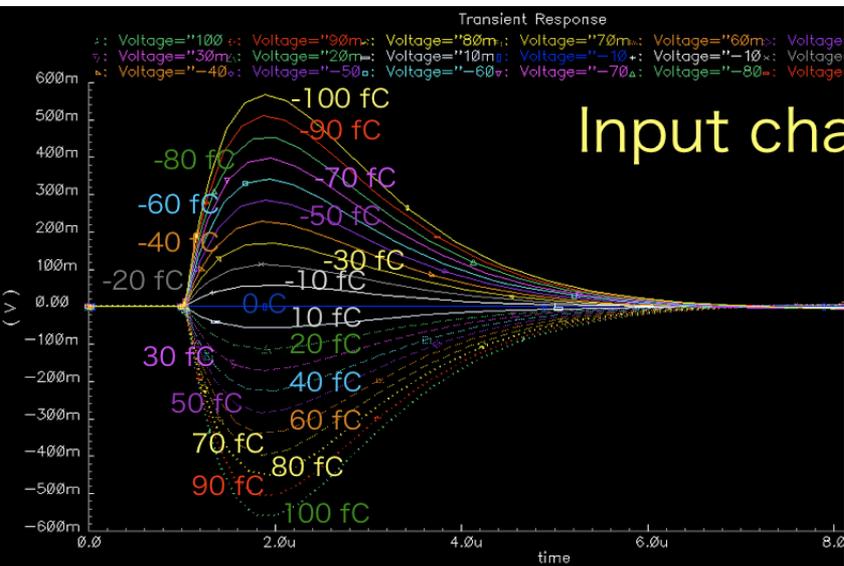
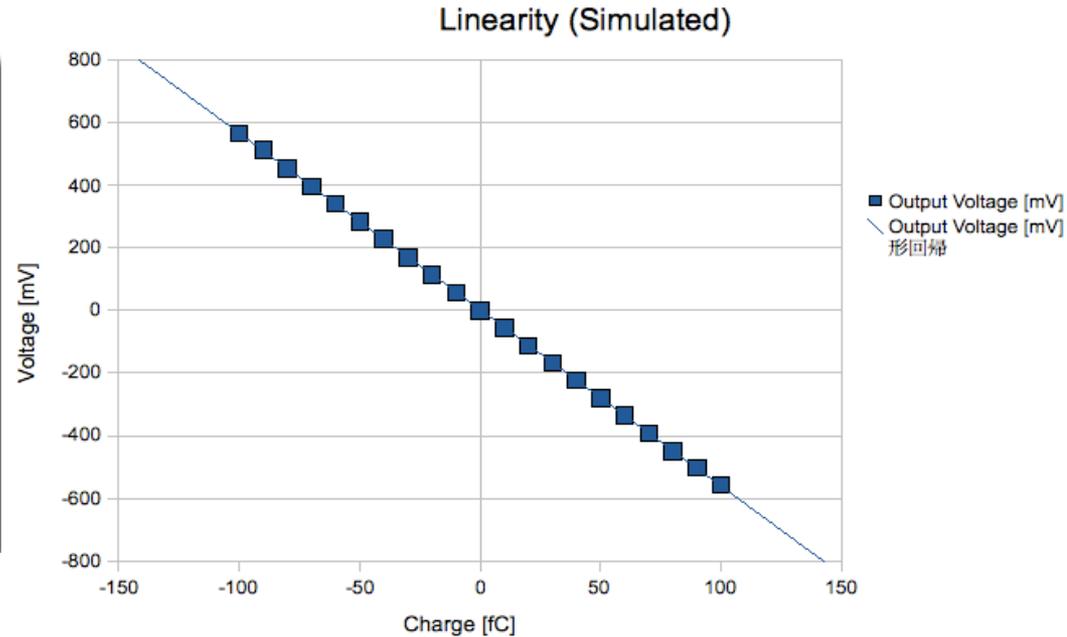


# TPCセットアップについての補足

- AMPTEK A250はテストボードP250と一緒にテストチェンバー内に設置されている。P250上には68uFのタンタル電解コンデンサが使用されている。液化中、PTRヘッドの温度が170K辺りで突然、約200MHzのサイン波(+<sub>-</sub>20mV)がA250の出力に現れる。これはおそらくコンデンサー等の低温特性によるものと考えられる。
- 現在はキセノンガスがテストチェンバー内に充満している。この状態のまま、液化を始めるべきかどうかについて議論を行った。
- 液化して行うことは昨年末の結果の再現性を確認するだけであまりメリットがないという意見が支配的であった。したがって、ガス中での必要なデータを収集後、速やかにキセノンを回収し、上記のような改良を施し再試験を行うこととなった。
- 主な改良点は以下である。
- FETとfeedback capacitor/registerとPre-amp (A250)を切り離しテストチェンバー内に入れ、2本の同軸ケーブルで常温のPre-ampに結線する

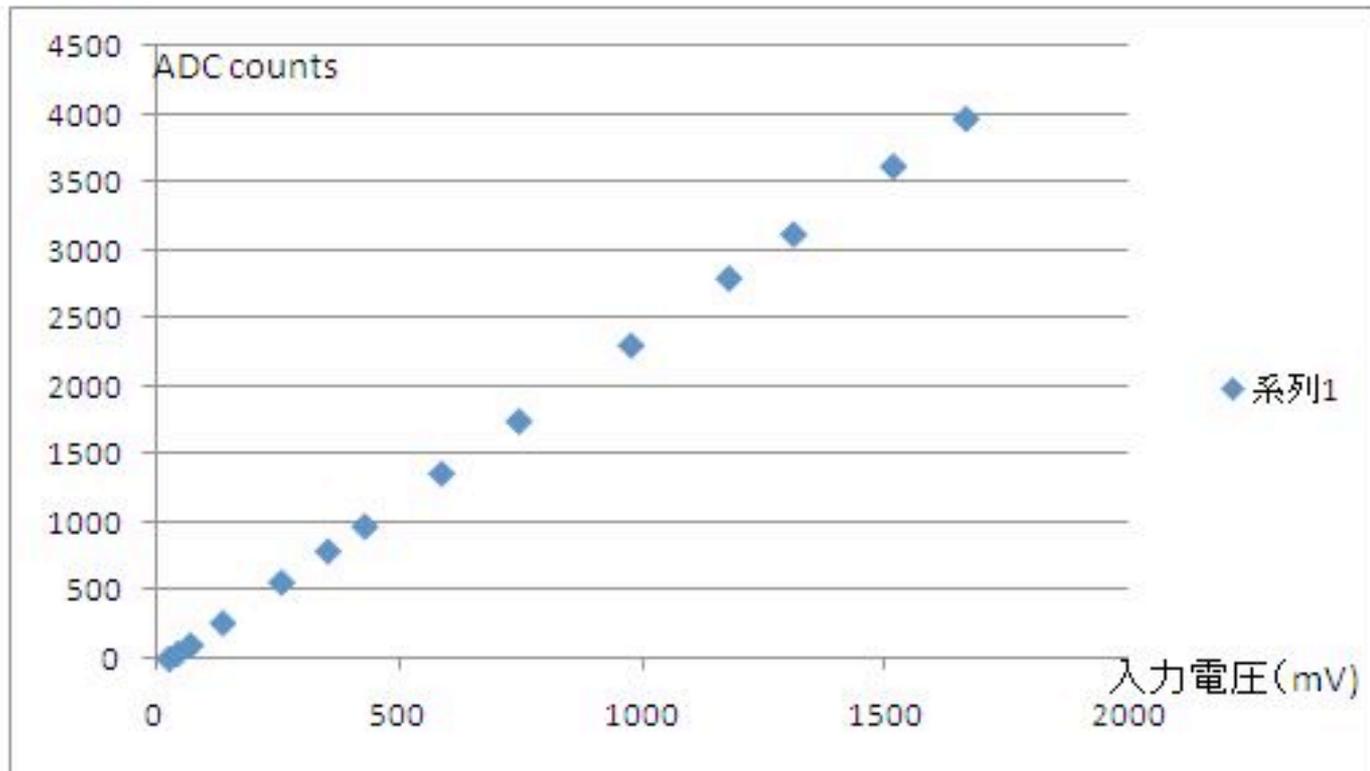
# プリアンプASIC (ASD FE2006のパラメータ変更)

	FEXE08
入力電荷	-25fC ~ +25fC
Conversion gain	8.2 V/pC
ダイの大きさ	3 mm x 3 mm
ピーキングタイム(時定数)	1 us ( & 可変)
消費電力	10 mW/ch 以下
温度耐性	-100°C



# ADCサンプル

- チップ VDEC PC341 BU7064 DG  
(細かい仕様は一切知らされておられません。)  
理解できたこと
  - ★入力レンジ: 0~1.7V(回路図ではマイナスも使えそうな面をしているが試験できていない)
  - ★ADC 12bit
  - ★Clockは10MHzまで動作確認できた(手持ちのpulse generatorが10MHzまでなのでここまで)。
  - ★入力Clockは1.7V
  - ★電源は±5V
  - ★12bitバス出力は1.8V



ざっくりみて2counts/mV

# 511 keV $\gamma$ 線はどのように測定できる？

- 511 keV  $\rightarrow$  約30000個の電離電子 ( $W \sim 15\text{eV}$ )
- $30000 \times 1.6 \times 10^{-19} [\text{C}] \sim 5 \text{ fC}$
- $5 \text{ fC} \times 8.2 \text{ V/pC} \sim 40 \text{ mV}$  プリアンプ
- 80 counts (ADC: 2counts/mV)
- 収集効率を考慮するとあと2～30倍の増幅かADCのupdate (20 counts/mV程度)が必要

# パイプライン処理に向けて(議論)

- **PMT信号処理**

- 時間情報 (TMCを使う? :キセノン信号～数ns)
- チャージ情報 (ADC+アキュムレータ処理)
- コインシデンス情報(ゲートタイミングはどうするか)
- 最終的にROI情報にまとめる

- **TPC信号処理**

- 時間情報
- チャージ情報
  - ペディスタル処理(サンプリング方法が問題)
- 重心位置情報処理(2次元)

- **統合処理**

- PMTとTPCのTOFより深さ情報を得る
- データ圧縮
- シリアルパラレル変換

これらをどのようなステップではじめたら良いか？

# 他実験情報1

- NIM A332(1993)395-412 A three-ton liquid argon time projection chamber (ICARUS)

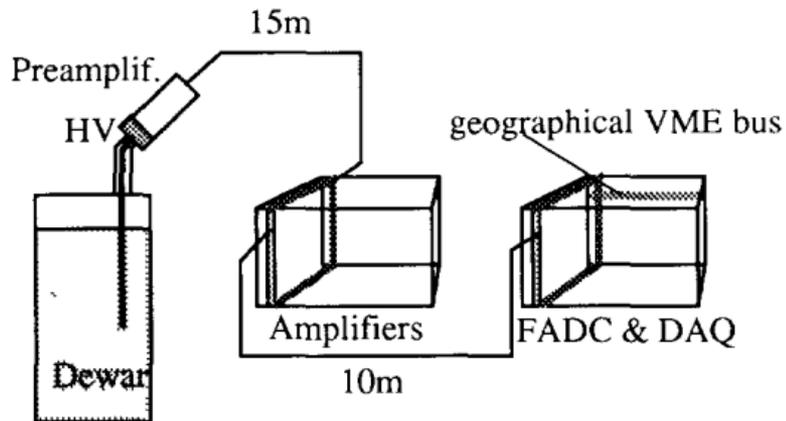


Fig. 13. Analogue electronics physical lay-out.

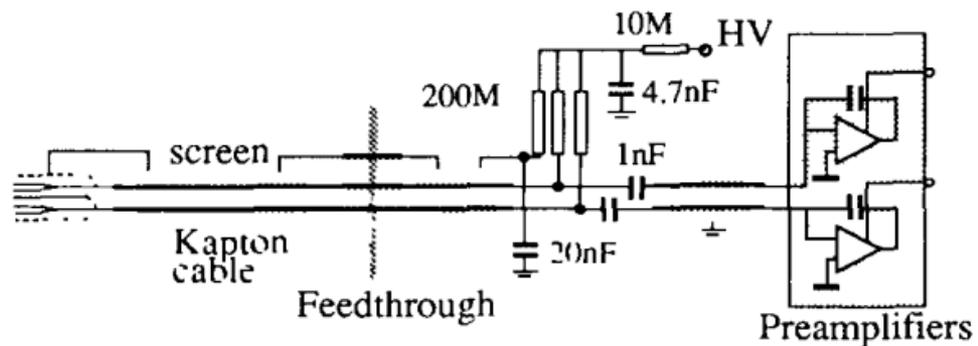


Fig. 11. Schematic view of the electrical connections of sense and screen wires.

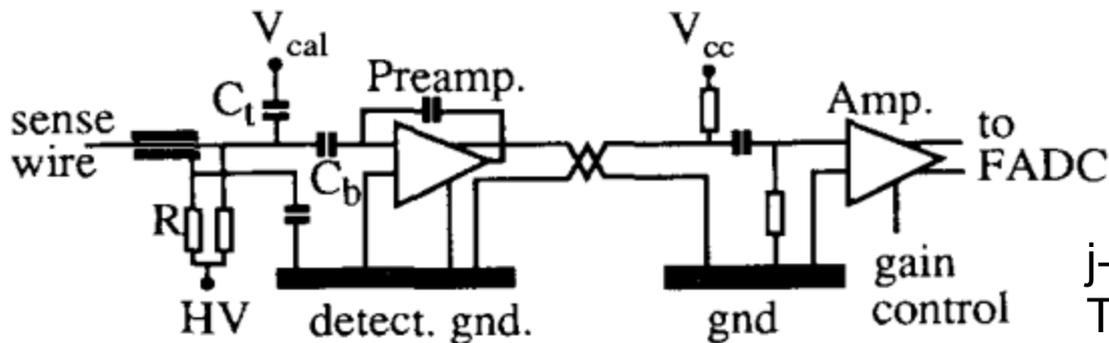


Fig. 14. Front end electronics.

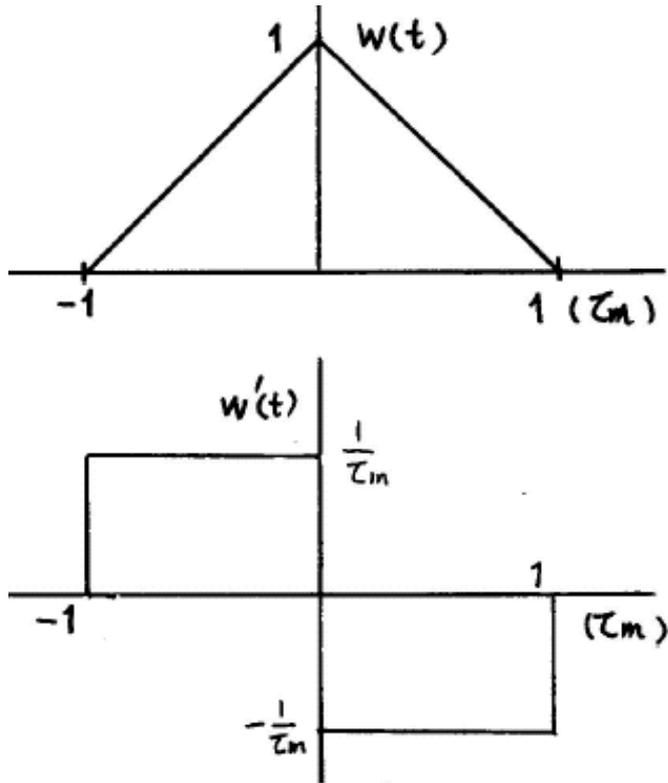
j-FETs

Total gain: 18V/pC

ENC:800 e(100pC input capacitance)

(FE2006:5900e,

# BJTとJFETプリアンプとの違い



## • バイポーラアンプ

- $\langle \text{ENC}_P \rangle^2 = 2.28 q^2 \times 10^{13} \tau_m$
- $\langle \text{ENC}_S \rangle^2 = 2.5 q^2 \times 10^{19} C_D^2 / \tau_m$

## • JFETアンプ

- $\langle \text{ENC}_P \rangle^2 = 2.1 q^2 \times 10^8 \tau_m$
- $\langle \text{ENC}_S \rangle^2 = 4.1 q^2 \times 10^{19} (C_D + C_{iss})^2 / \tau_m$

• BJTアンプのParallel noiseが非常に多い。Series noiseは少ない。

• JFETアンプのParallel noiseは非

低雑音センサインターフェース回路に向けた**JFET**混載**CMOS**技術

電気学会論文誌E(センサ・マイクロマシン部門誌) Vol. 123 (2003), No. 10 pp.422-428

やっているところはないわけではない。

# 他実験情報2

- NIM A367 (1995) 58-61 multi-wire chamber PET  
– ICARUS FE + FLASH ADC

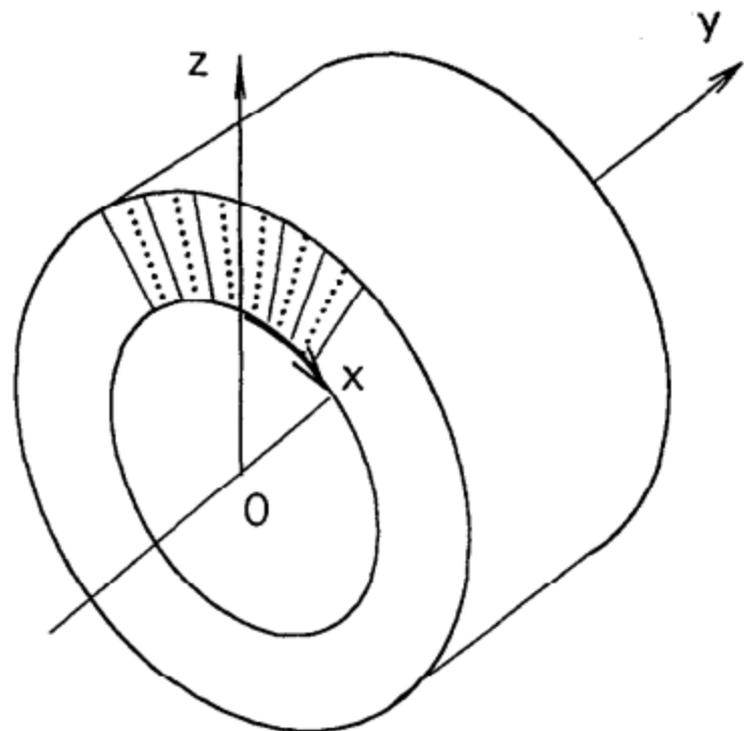
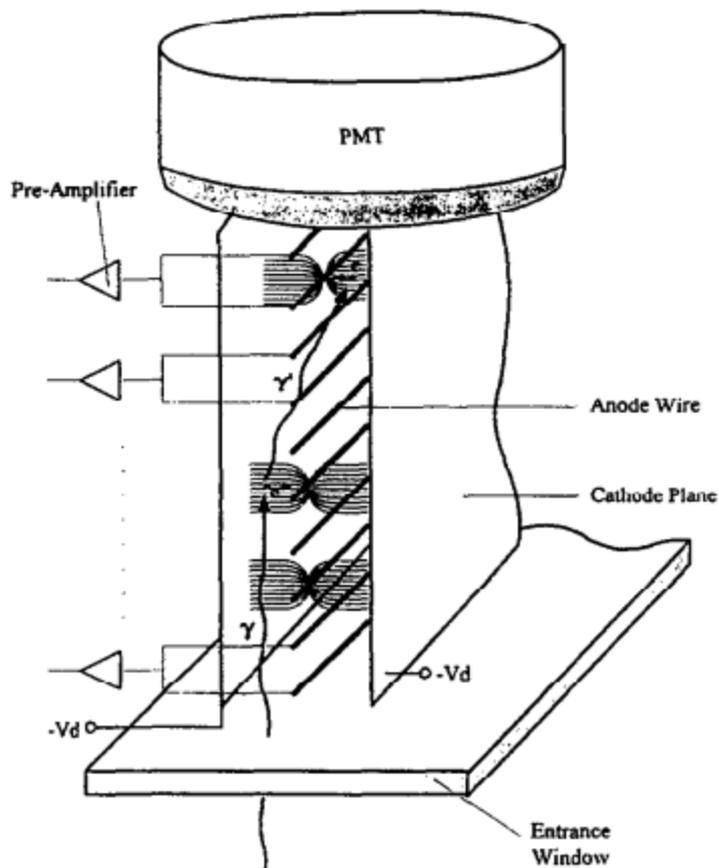


Fig. 2. Design of a PET tomograph with multiwire detector.

数mm位置情報、charge 信号はpositiveイオンのためにエネルギー情報として得られなかった

# 他実験情報3

- NIM A563(2006) 225-228 Experimental study of a Xenon PET prototype module
  - Position Sensitive PMTによる情報

*M. P. L. QUINN-MURIEL ET AL. / NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS IN PHYSICS RESEARCH A 503 (2000) 223-228*

22

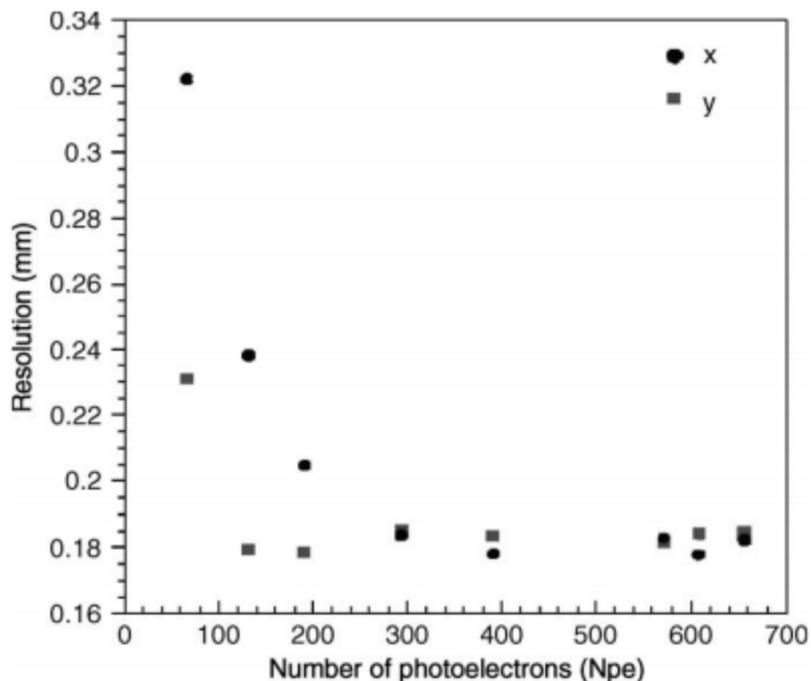


Fig. 4. The PSPMT resolution (FWHM) in  $x$  and  $y$  as a function of the number of electrons.

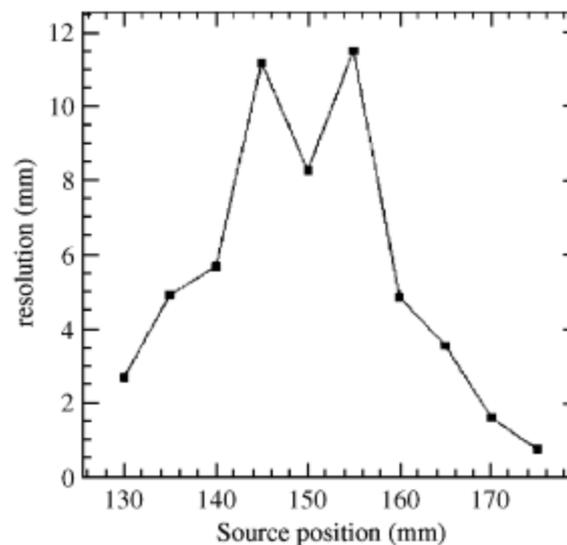


Fig. 6. Axial resolution as a function of the source localization.

deduced from the amplitude of the dynode signal measured on the right and left PSPMT located at each side of the module, as defined in Section 2.

# 他実験情報4

- NIM A569 (2006) 863-871  
Time-of-flight position  
emission tomography using  
liquid xenon scintillation

Table 2  
PMT properties

	R5900-06AL12S-ASSY	R5900-06MOD
Ratio of quantum efficiency in liquid xenon		~5:1
Quantum efficiency measured at room temperature (Hamamatsu Photonics Co.)	$21.6 \pm 1.5\%$	$6.4 \pm 0.6\%$
Gain (HV = 800V)	$10^6$	$10^5$
Number of dynodes	12 stages	10 stages
Material of photocathode	K-Cs-Sb	Rb-Cs-Sb
Size of photocathode	$18 \times 18 \text{ mm}^2$	
Material of window	Quartz	

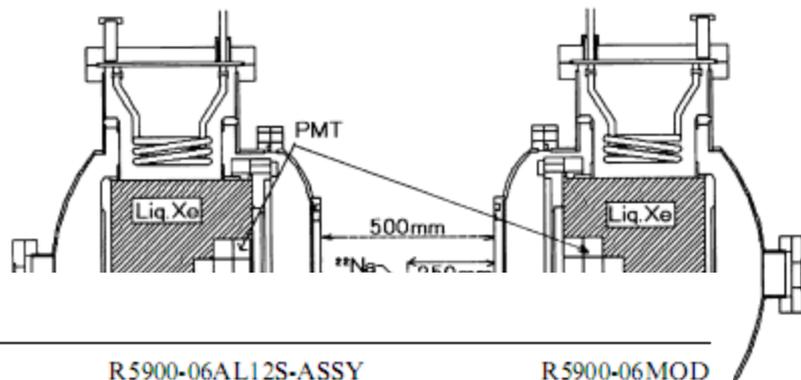
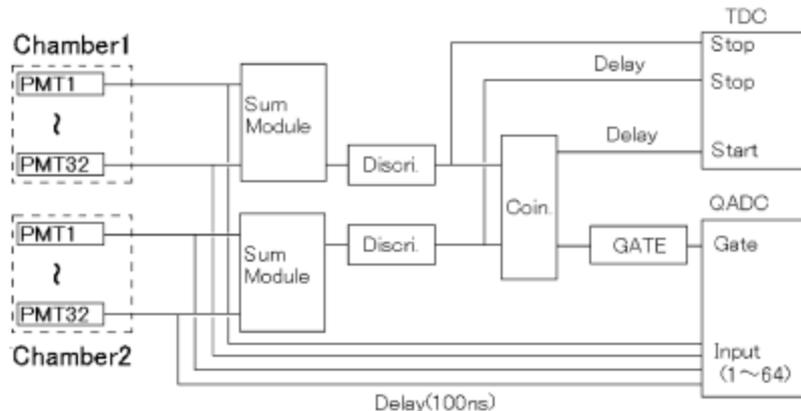


Table 3

Comparison between energy, position and timing resolutions at the central region of  $5 \times 5 \times 5 \text{ mm}^3$  of TOP-PET detector using old photomultipliers and new photomultipliers

	New PMT	Old PMT
Energy resolution (%)	15.9	29.9
Position resolution (mm)		
X	3.5	7.3
Y	3.3	7.3
Z	2.1	4.8
Time resolution (ps)	260	650



# 他実験情報5

- NIM A571 (2007) 142-145 Nuclear medical imaging using  $b^+$   $\gamma$  coincidences from  $^{44}\text{Sc}$  radio-nuclide with liquid xenon as detection medium

## Simulation study

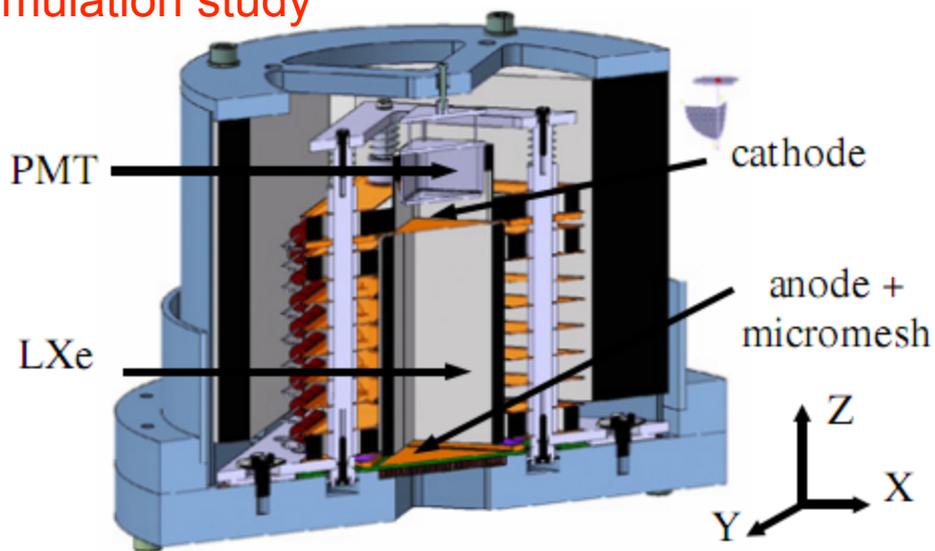


Fig. 2. Active volume of the LXe Compton telescope prototype construction.

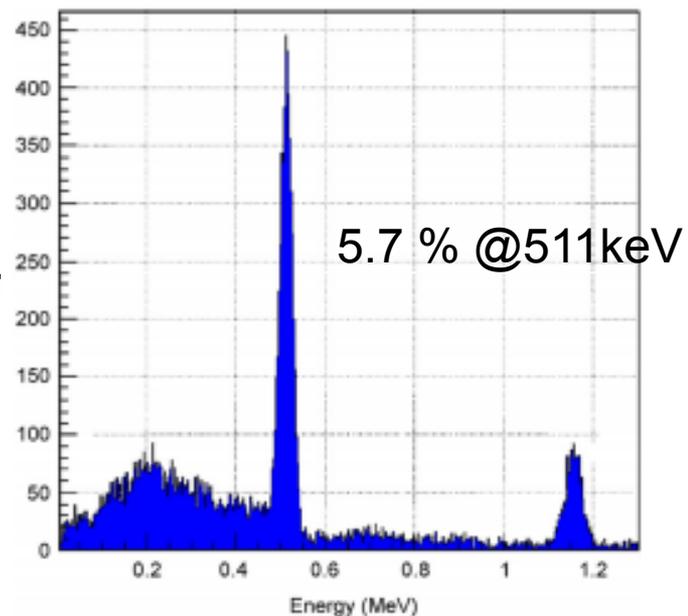


Fig. 4. Simulated energy spectrum of a  $^{44}\text{Sc}$  source in the LXe module.

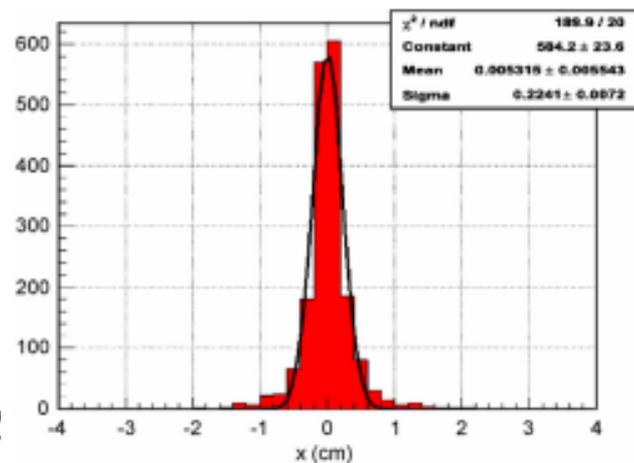


Fig. 5. Projection on one axis of the reconstructed image of a point source with a voxel (volumetric pixel) size of  $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$ .

# 他実験情報6

- NIM A323(1992)583-600 Liquid xenon ionization and scintillation Studies for a totally active-vector electromagnetic calorimeter

The charge amplifier (= 100 mV/pC) coupled to M1 has a decay time constant of 70  $\mu$ s ( $C = 7$  pF,  $R = 10$  M $\Omega$ ), much larger than the longest drift time.

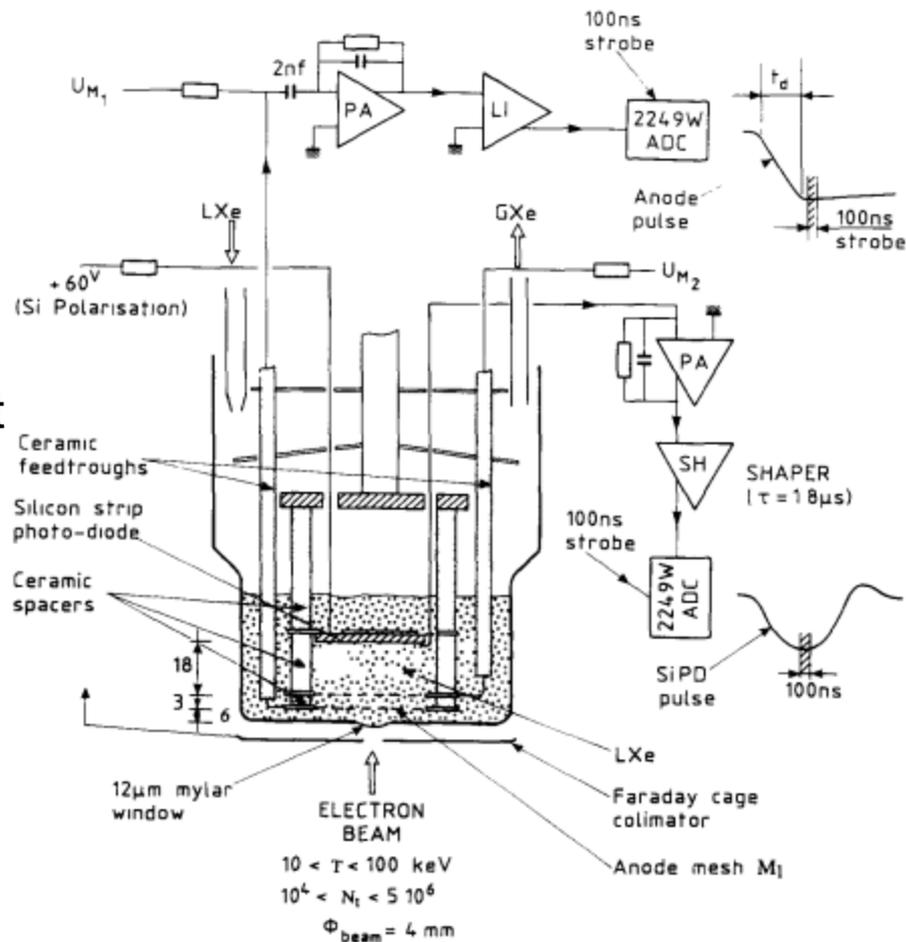


Fig. 4. The liquid Xenon cell, the charge collection mesh  $M_1$  and silicon photodiode detector. The ionization and scintillation electronic readout chains are also shown.

# 他実験情報7

- NIM A412(1998)  
425-436 Electronics  
read out and data  
acquisition system for  
a liquid xenon time  
projection chamber as  
a balloon-borne  
Compton telescope

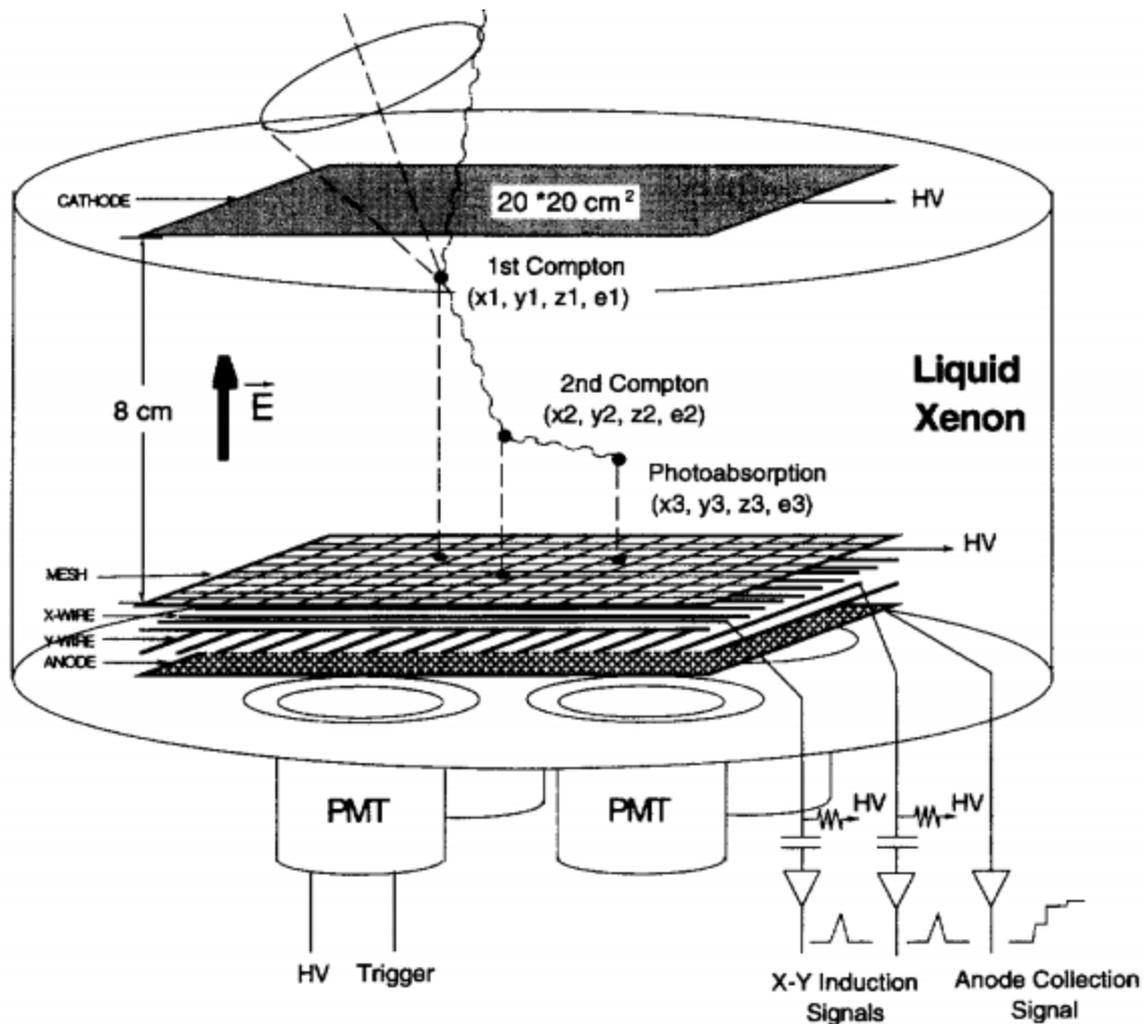
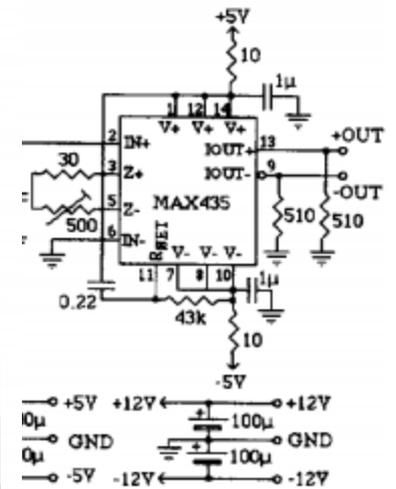
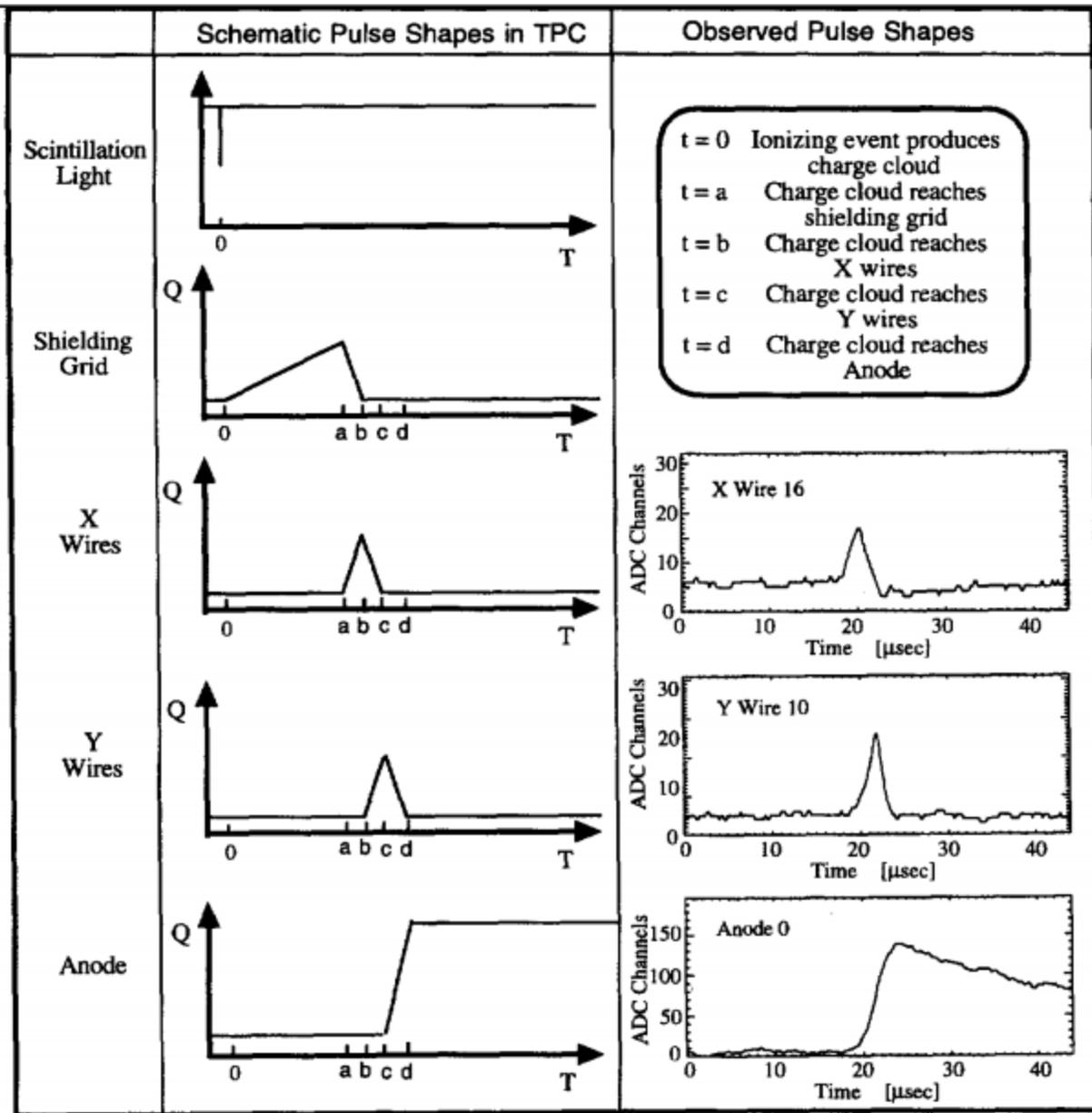


Fig. 1. Schematic view of the LXeTPC. Its operation as  $\gamma$ -ray Compton telescope is illustrated.



ie preamplifier circuit.

22  
470

Input from Sense Wire

Tes Puls Inpu

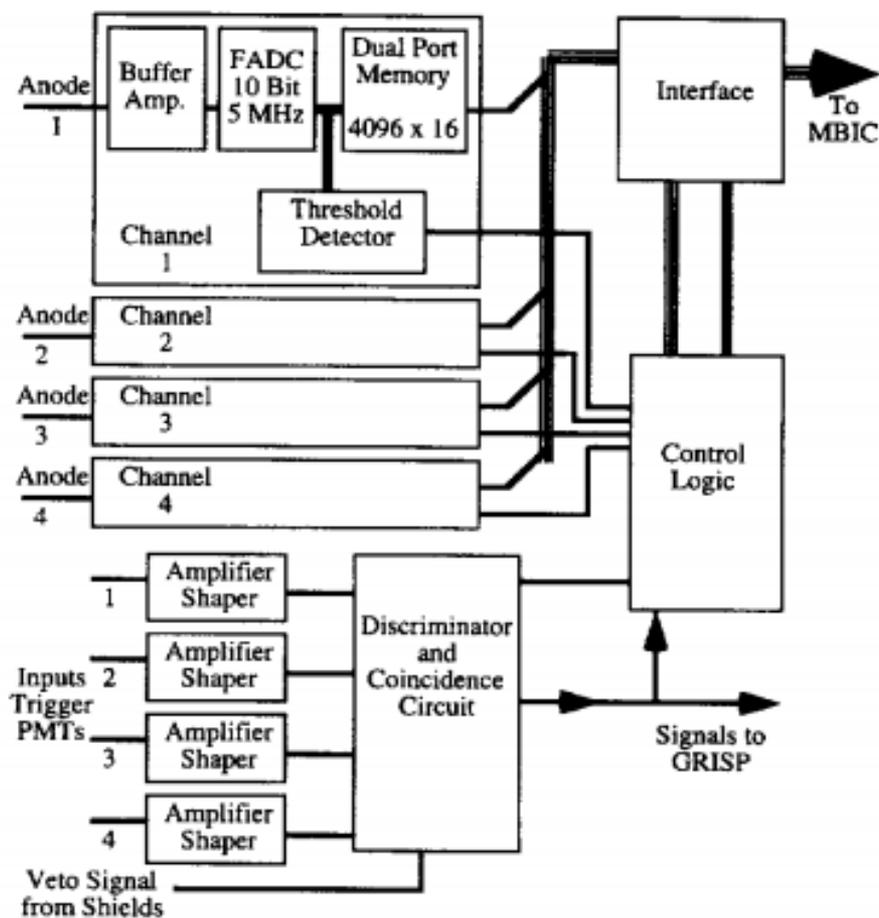


Fig. 5. Block diagram of the trigger electronic and the anode signal processing board (LTTVP-GRASP).

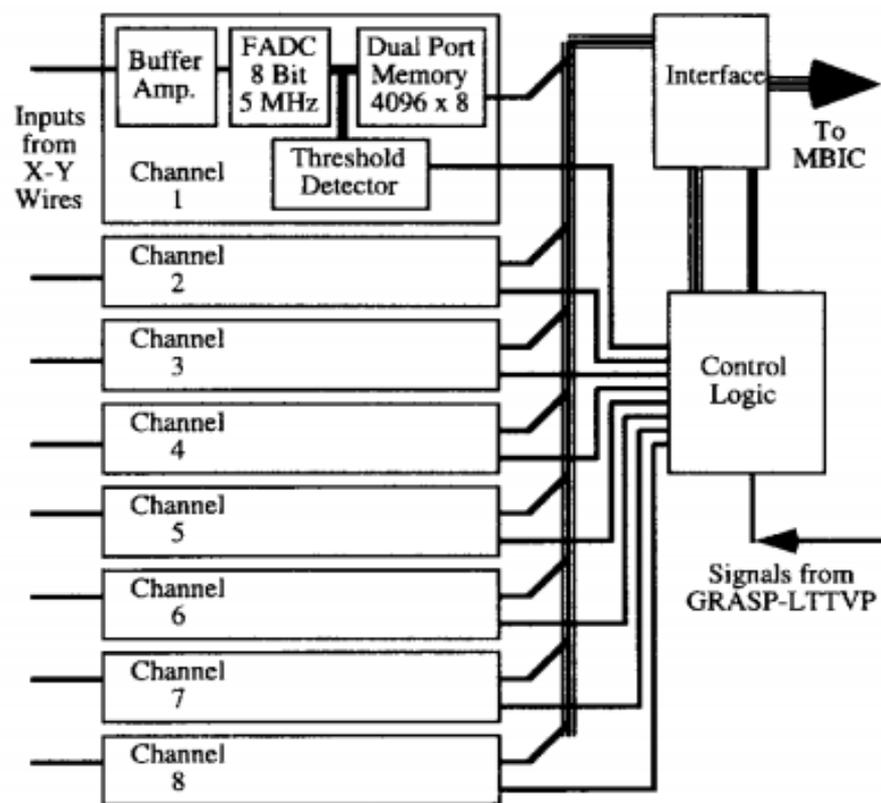


Fig. 6. Block diagram of the signal processing board for 8 X-Y channels (GRISP).

## LXeGRIT Flight System

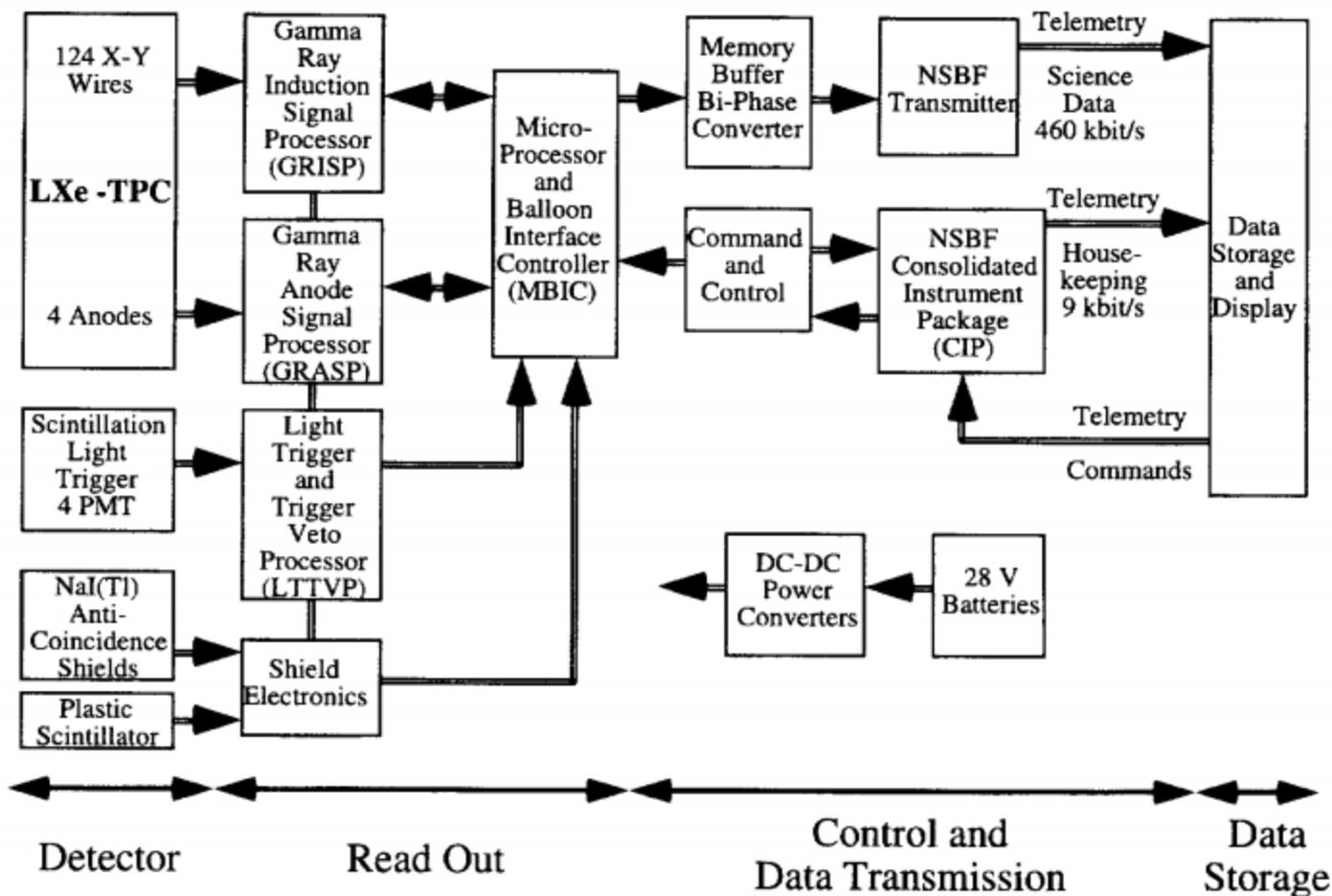


Fig. 7. Block diagram of the read out and control system for the balloon borne LXeTPC. Also shown are the transmitters and the electronic package (CIP), provided by the National Scientific Balloon Facility (NSBF).

# 他実験情報7

- NIM A477(2002) 184-190 Two-dimensional readout in a liquid xenon ionization chamber

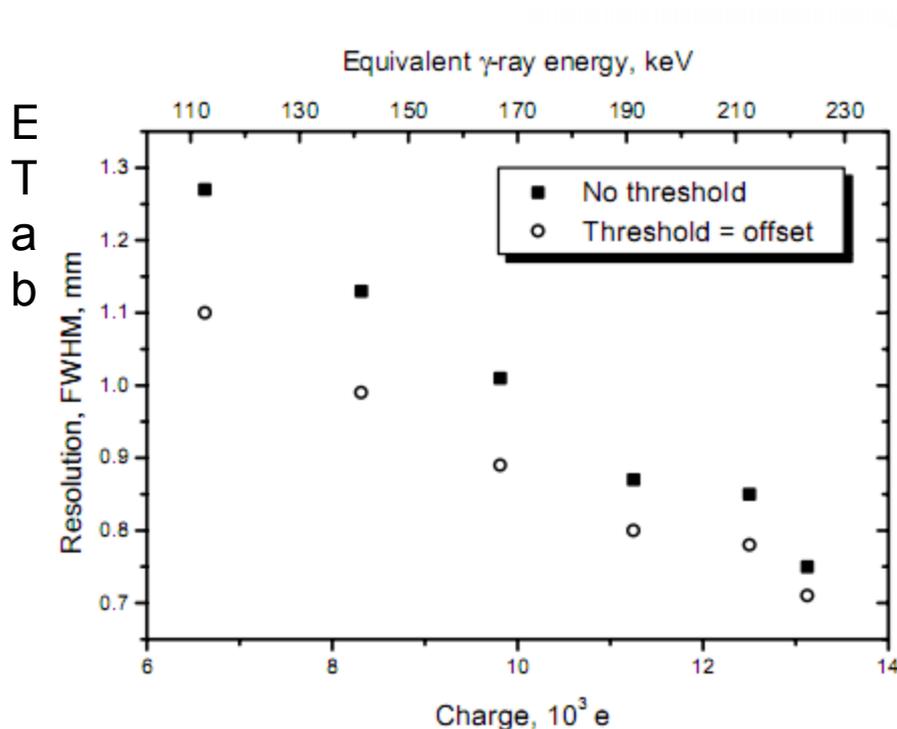


Fig. 8. Position resolution along y-direction as a function of collected charge (equivalent gamma-ray energy).

Fig. 1. Schematic drawing of the liquid xenon PET chamber.

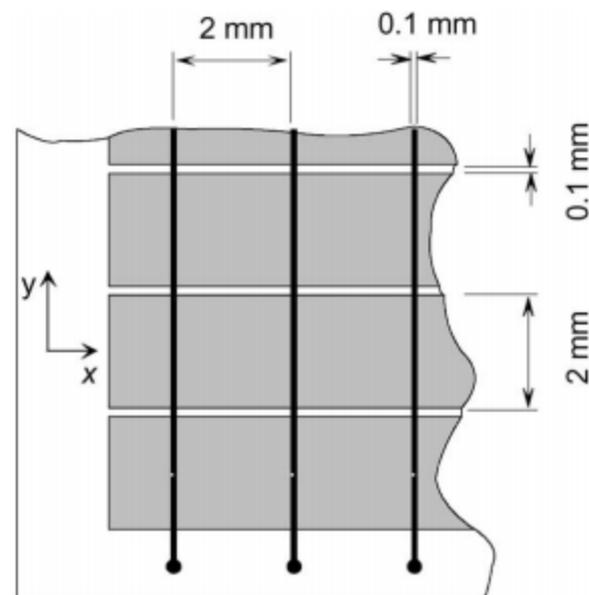
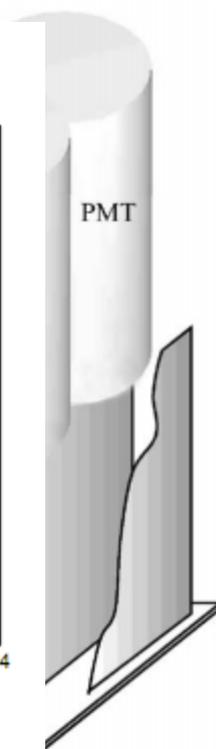


Fig. 2. Layout of the glass mini-strip plate.

volume and high segmentation of the PET detector, the ratio of the open surface of the insulator (i.e., the outgassing surface) to the volume of working material is by a factor of  $\sim 100$  larger in our chamber than in the liquid argon TPC. For these reasons, we used glass for