

# SMILE11:次期気球実験に向けた 電子飛跡検出型コンプトンカメラの改良

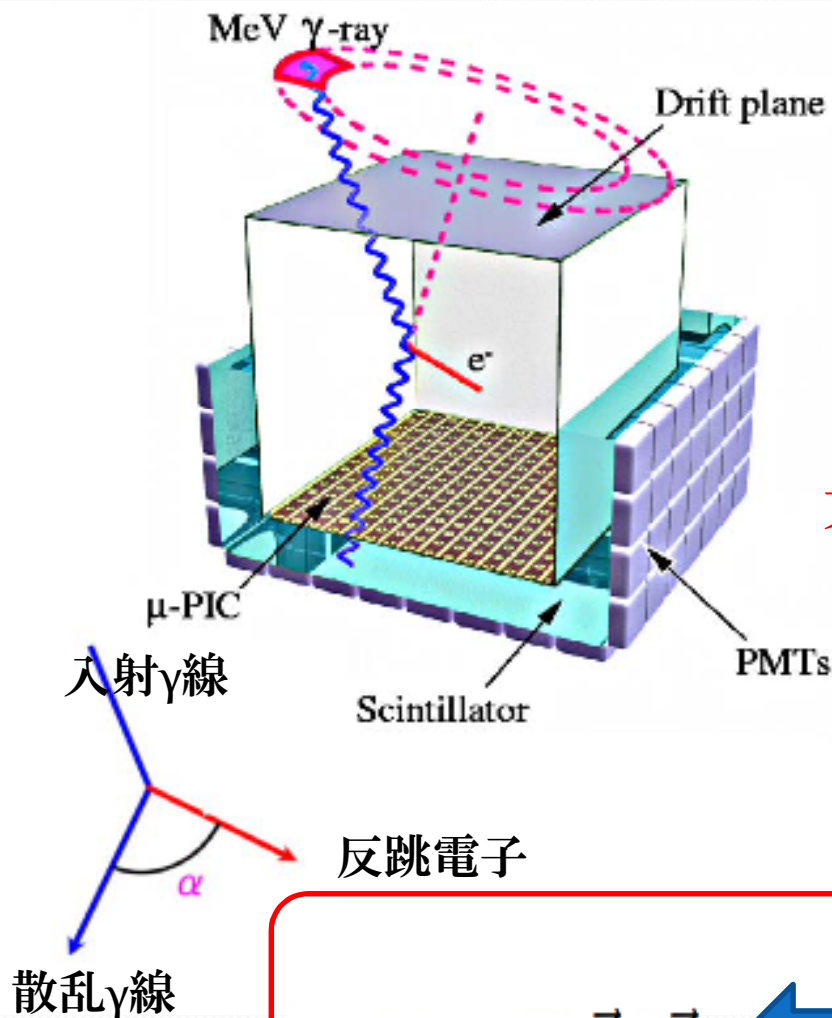
**京大理 佐藤快**

谷森達、窪秀利、身内賢太郎、水本哲矢、Parker Joseph、  
岩城智、澤野達哉、中村輝石、松岡佳大、古村翔太郎(京大理)  
高田淳史(京大生存研)、岸本祐二(KEK)、上野一樹(理研)、  
株木重人(東海大医)、黒澤俊介(東北大金属研)

# 目次

1. ETCCデータ取得システムの改良
2. シンチレータ読み出し回路の改良
3. まとめ

# 電子飛跡検出型コンプトンカメラ (ETCC)



●飛跡検出器：ガスTPC  
反跳電子の飛跡＋エネルギー

●吸収体：シンチレータ＋PMT  
散乱ガンマ線の吸収点＋エネルギー



**光子毎にCompton散乱を再現！**

- 1光子⇒到来方向＋エネルギー
- 大きな視野( $\sim 3\text{str}$ )
- 強力なバックグラウンド除去能力

$$\cos \alpha_{\text{geo}} = \vec{g} \cdot \vec{e} \iff \cos \alpha_{\text{kin}} = \left(1 - \frac{m_e c^2}{E_\gamma}\right) \sqrt{\frac{K_e}{K_e + 2m_e c^2}}$$

# データ取得システム改良の動機

SMILE-IのDead Time  
15~20% (水平フライト中)

↓ データ取得システムそのまま  
ETCC大型化

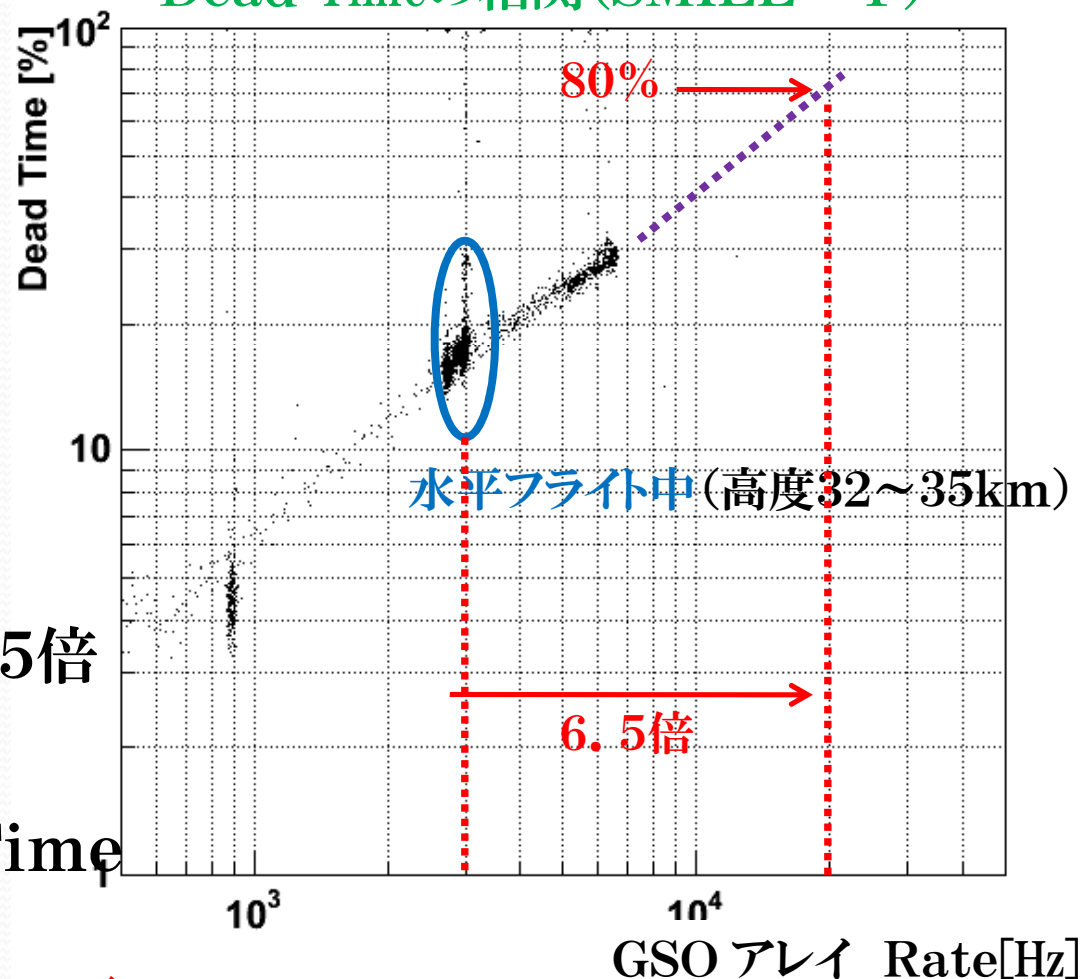
GSOアレイの数  
32個 (SMILE-I)

↓  
216個 (SMILE-II)  
GSOアレイRate (予想) 6.75倍

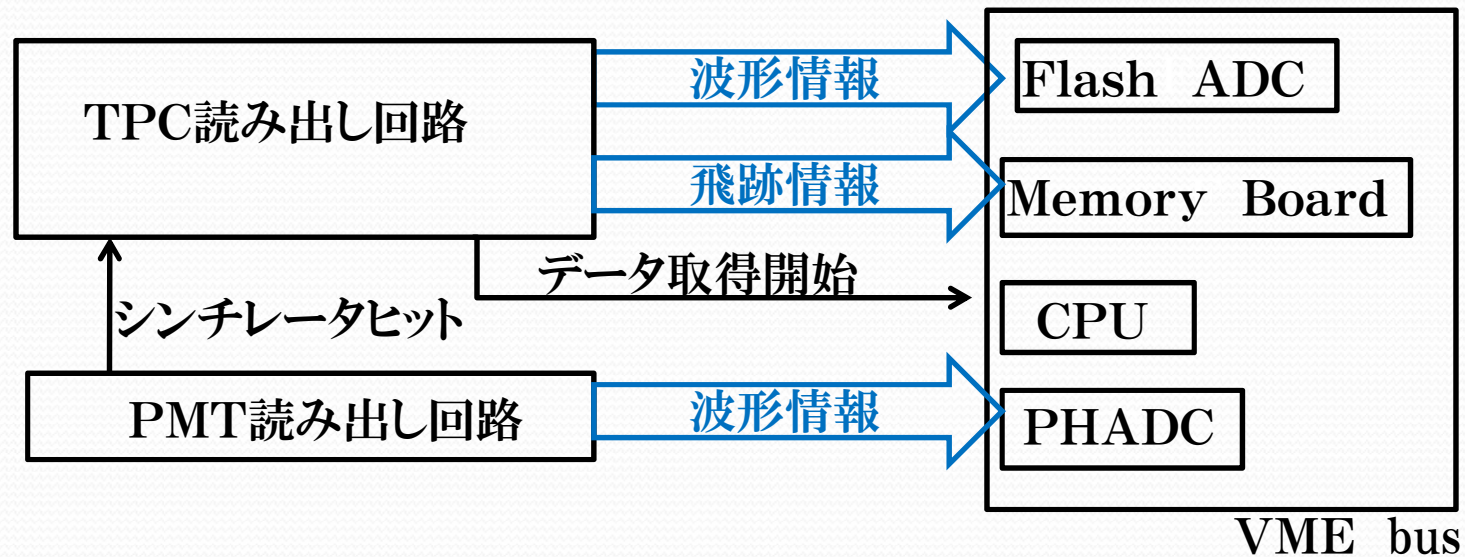
↓  
外挿から予想されるDead Time  
~80% (水平フライト中)

データ取得システムの改善が必要

GSOアレイRateと  
Dead Timeの相関 (SMILE-I)



# SMILE-I データ取得システム



① シンチレータにヒット (DAQ Trigger)  $\sim 1.2\text{kHz}$   
飛跡データがあるか  $10\mu\text{sec}$  (TPCドリフト時間) 待つ  
Dead Time  $\sim 1.2\%$   $\longrightarrow$   $\sim 7\%$

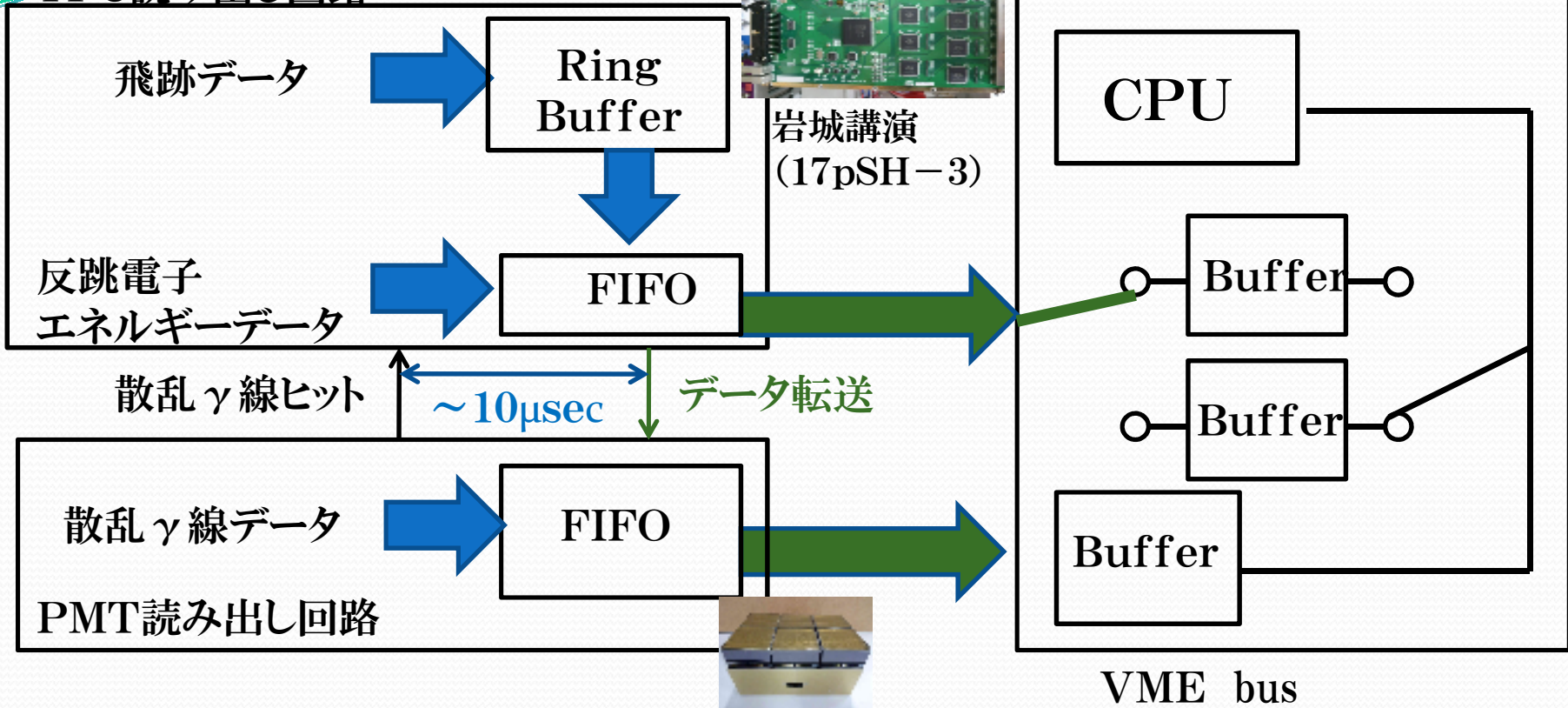
② シンチレータが2ヶ所ヒット or upper. discrim  $\sim 120\text{Hz}$   
荷電粒子: グラウンドレベルが戻るまで  $100\mu\text{sec}$  待つ  
Dead Time  $\sim 1.2\%$   $\longrightarrow$   $\sim 7\%$

③ シンチレータにヒットかつTPCの飛跡情報有  $\sim 25\text{Hz}$   
データ転送時間  $\sim 7.5\text{msec}$ /イベント  
Dead Time  $\sim 17\%$   $\longrightarrow$   $\sim 60\%$ 以上

Dead Time  
 $\sim 20\%$

# データ取得システムの改良

TPC読み出し回路



CPUへのデータ転送中でもデータ取得 → **読み出しにBufferを使う**

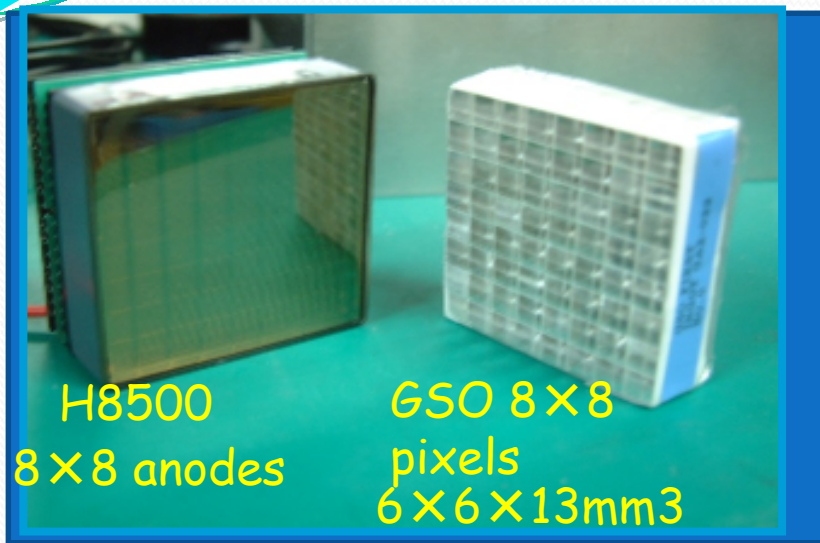
Dead Time ...

- シンチレータにヒット ... ~7%
- シンチレータ2か所にヒット ... ~7%
- データ転送の時間

**大幅に削減可**

**SMILE-Iと同程度までDead Timeを抑えることが可能**

# シンチレーションカメラ (SMILE-I)



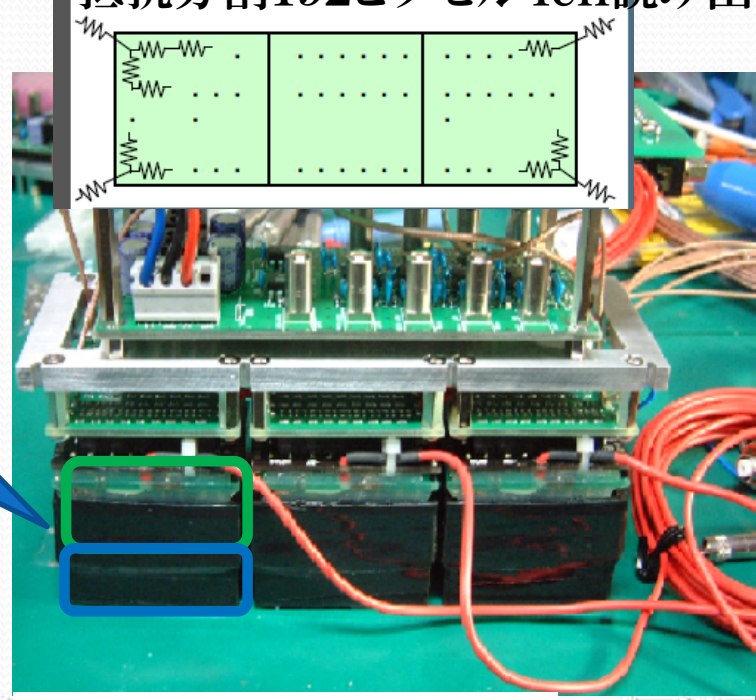
- エネルギー分解能: 11% @ 662keV (FWHM)
- ダイナミックレンジ: 80~800keV
- 消費電力: 1.71W/ch



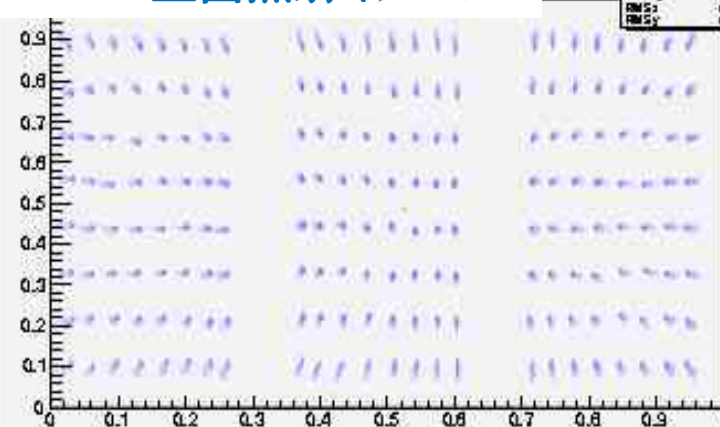
## SMILE-II への要請

- 省電力化
- 広ダイナミックレンジ
- 192ピクセル/4ch ⇒ 64ピクセル/4ch
- SMILE-1と同等あるいはそれより良いエネルギー分解能

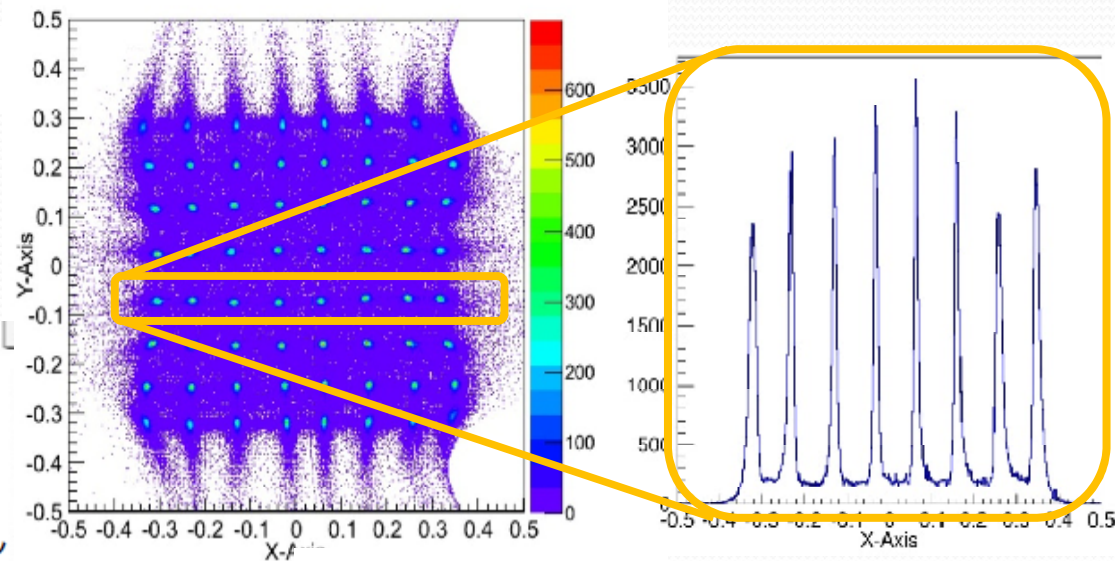
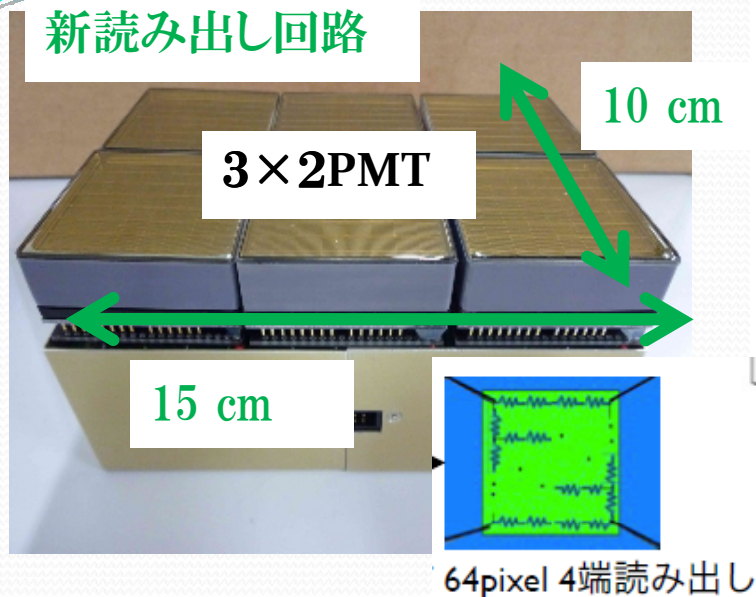
抵抗分割192ピクセル4ch読み出し



Cs137全面照射イメージ

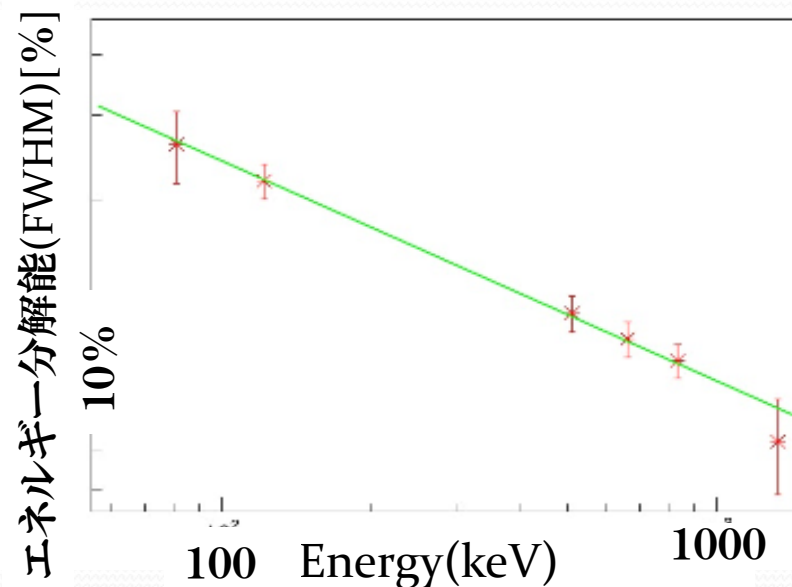


# シンチレータ読み出し回路の改良



## 新読み出し回路を開発

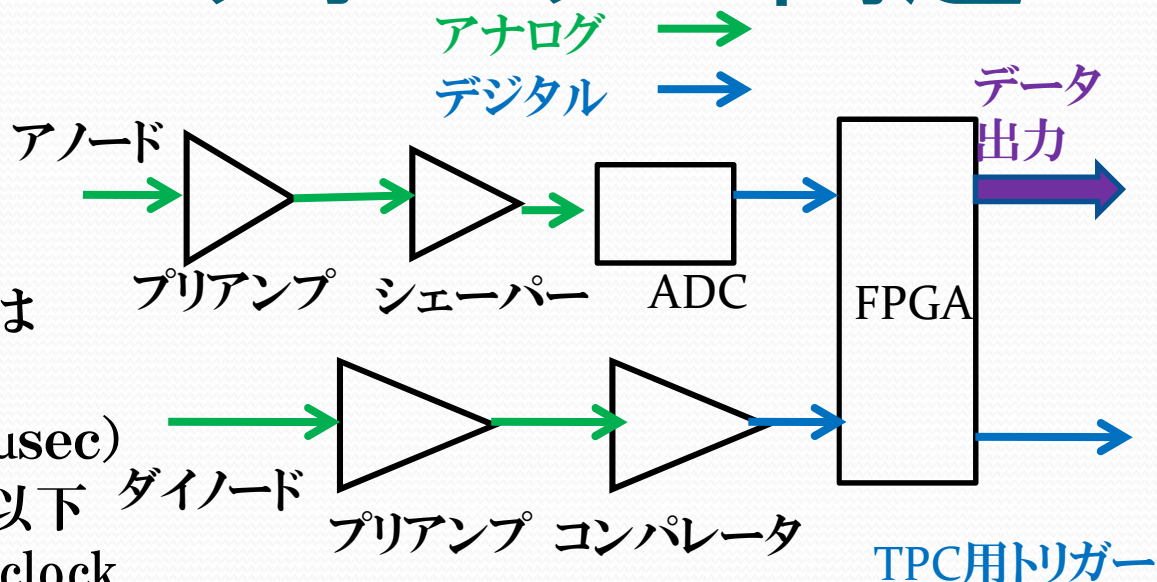
- 消費電力
  - 1. 71W/ch  $\Rightarrow$  0.41W/ch
- ダイナミックレンジ
  - 80–800keV  $\Rightarrow$  60–1400keV
- エネルギー分解能
  - 10.3  $\pm$  0.9% @ 662keV (SMILE-I と同等)
- peak to valley 4 : 1  $\Rightarrow$  10 : 1
- トリガタイムウォークの問題





# トリガタイムウォークの問題

- 散乱  $\gamma$  線のヒット信号  
 ⇒ TPC時刻原点
- ETCCからの要求  
 応答時間 0.1  $\mu\text{sec}$ 以下  
 =TPC時刻原点より4mm分は  
 検出領域ではない  
 (TPCドリフト速度 = 4cm/ $\mu\text{sec}$ )  
 応答時間のゆらぎ 10nsec以下  
 =TPC1clock



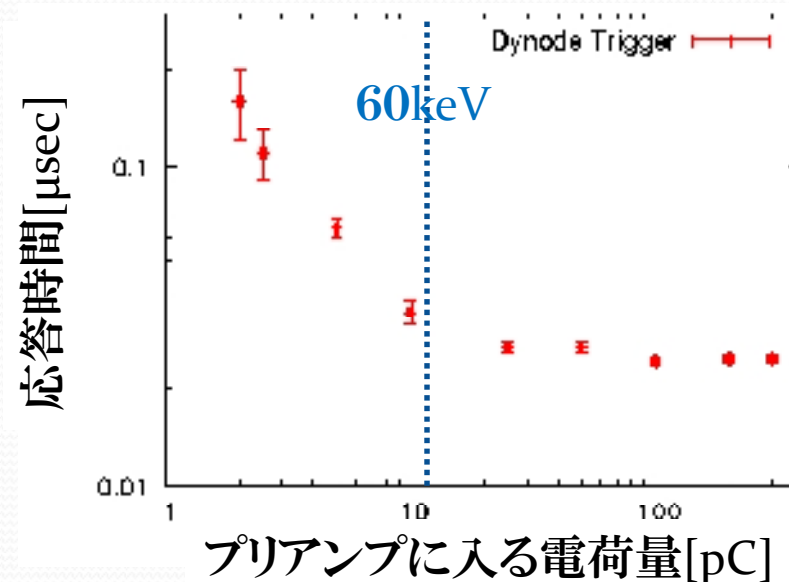
## ○アノードトリガ

- 応答時間 0.3  $\mu\text{sec}$ 以上
- 応答時間のゆらぎ 0.2  $\mu\text{sec}$ 以上

## ○ダイノードトリガを使用

- 応答時間30nsec
- 応答時間のゆらぎ 10nsec以下  
 (TPC1clock)

**TPCトリガとして使用可能**



# まとめ

- ETCCのデータ取得システムの改良  
Buffer化することでデータ収集と転送を独立  
Dead Time 80% ⇒ 15% (予想)
- シンチレータ読み出し回路を改良  
消費電力: 1.71W/ch ⇒ 0.41W/ch  
ダイナミックレンジ: 80keV-800keV ⇒ 60 keV - 1400keV  
エネルギー分解能: 10.3 ± 0.9% @662keV  
トリガ応答の問題はダイノードトリガを使うことで解決した  
⇒ フライトモデル構築に向けて量産開始
- 気球実験用ETCCを組み上げ  
北海道大樹町での気球実験に向けて着々と準備中