

SMILE36:

MeVガンマ線望遠鏡ETCCにおける 新トリガー方式での高効率率試験

京都大学 理学研究科 宇宙線研究室

吉川慶 → 高田淳史

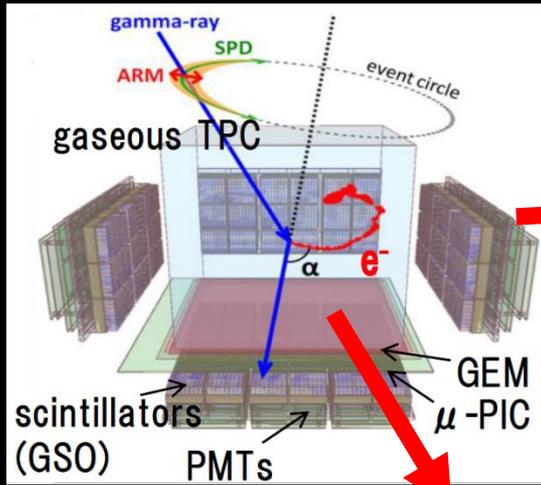


水本哲矢, 岸本哲朗, 古村翔太郎, 窪秀利, 水村好貴, 中増勇真,
中村優太, 園田真也, 竹村泰斗, 谷口幹幸, 谷森達(京大理),
黒澤俊介(東北大NICHe), 身内賢太郎(神戸大理),
澤野達哉(金沢大数物), 高橋成人, 友野大(阪大RCNP)

電子飛跡検出型コンプトンカメラ:ETCC

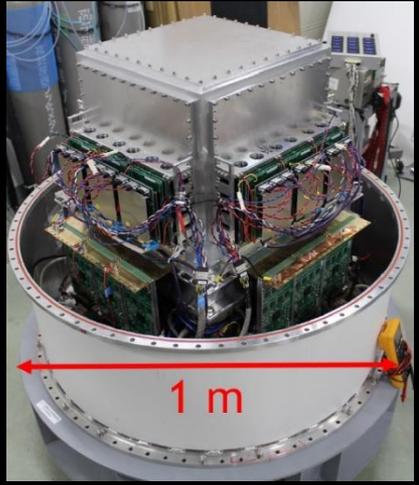
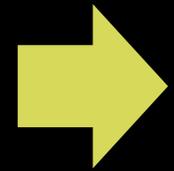
- コンプトン散乱における全物理量を測定
- 到来方向を一光子ごとに決定
- dE/dx、コンプトン運動学テストによる雑音除去

VME



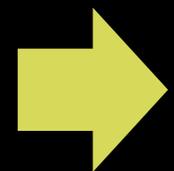
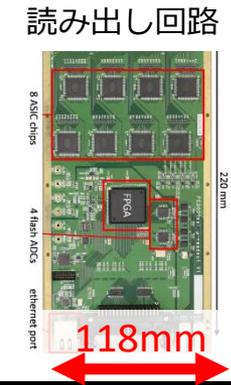
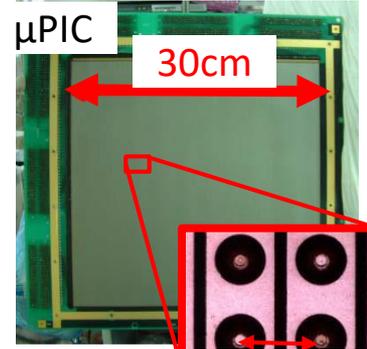
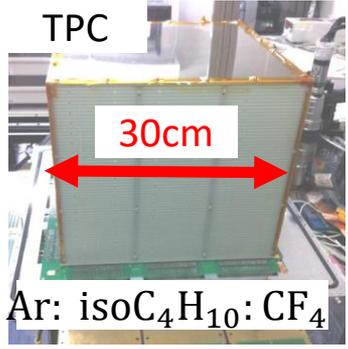
シンチレータ

- 散乱ガンマ線のエネルギー
- 吸収点



ガス飛跡検出器

- 反跳電子のエネルギー
- 3次元飛跡



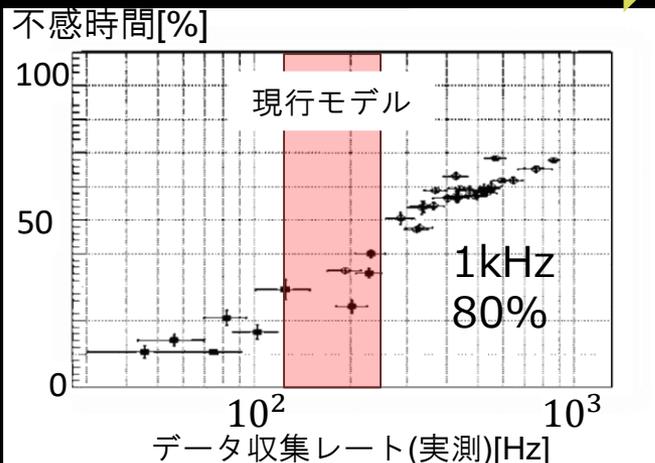
データ収集速度に対する要求と現状

現行モデルは気球での明るい天体の観測目的。最終目標は衛星搭載。
極域長期気球実験では、1kHzでのデータ収集で不感時間20%を目標。

現状

問題点

対策



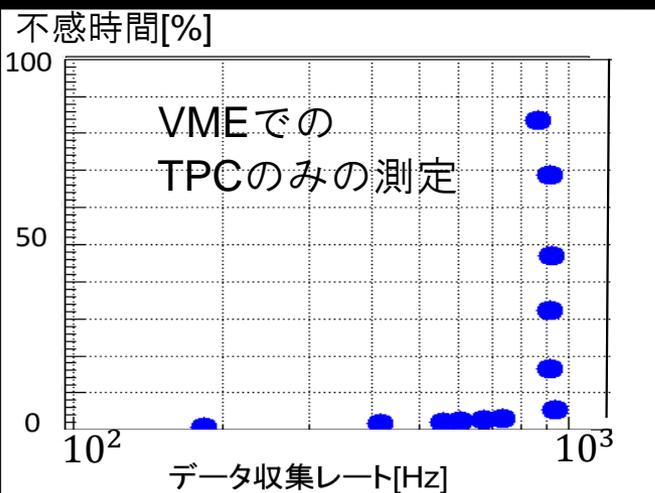
TPC ~100Hz
全シンチ ~10⁴Hz

シンチによるトリガー
コモンスタート

シンチ veto 不感時間
10⁴Hz × 20μs = 20%

TPCによるトリガー
コモンストップ

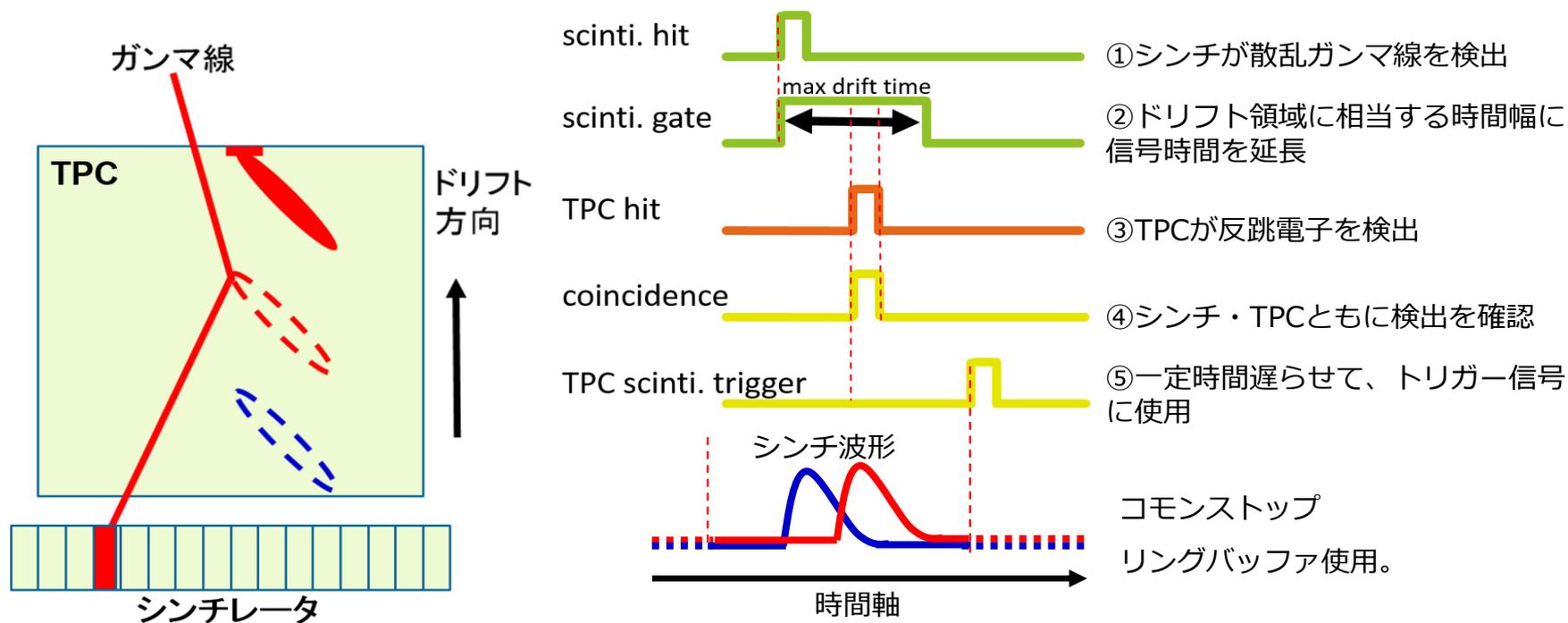
TPC veto 不感時間
10²Hz × ~10μs = 0.1%



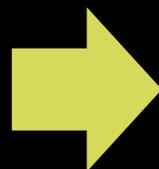
VMEの通信速度で律速
900Hzで飽和状態に

イーサネットを用いて
データを収集

コモンストップのための要求



TPCのタイミングでトリガー
電子飛跡の時間情報が失われる

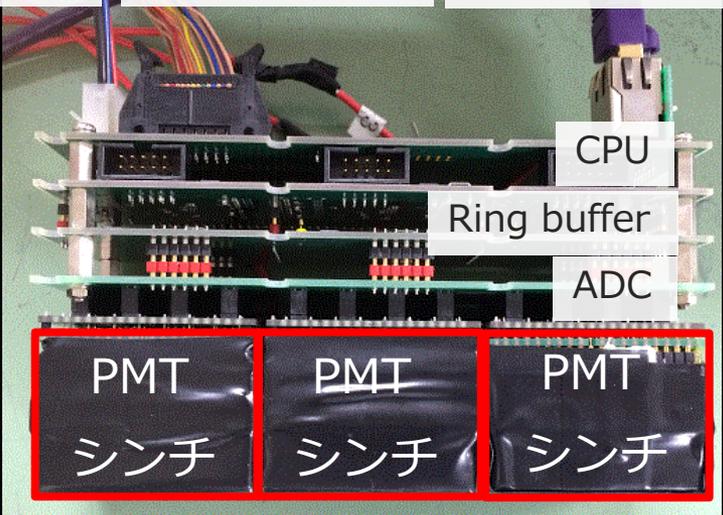


- ・シンチの波形をサンプリングADCで取得
- ・現状と同等の性能が要求される。
10ns程度の時間分解能
11%@662keVのエネルギー分解能

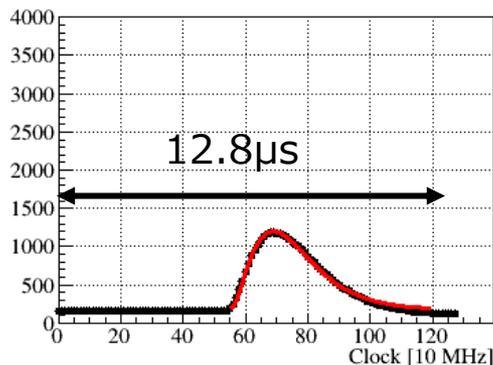
要求が実現可能か検証のために、小型ETCCを開発し、試験した。

シンチレータ回路の開発

HV トリガー信号 イーサネット



10MHz sampling



ADC 1ch raw data

線源 ^{137}Cs

$CR(RC)^2$ 波形整形回路

$$y = C \times \left(\frac{t - t_0}{\tau}\right)^2 e^{-\frac{t - t_0}{\tau}}$$

- 波形の**大きさ**
- 立ち上がり**時刻**

8×8 ピクセル GSOシンチレータ

8×8 ch マルチアノードPMT

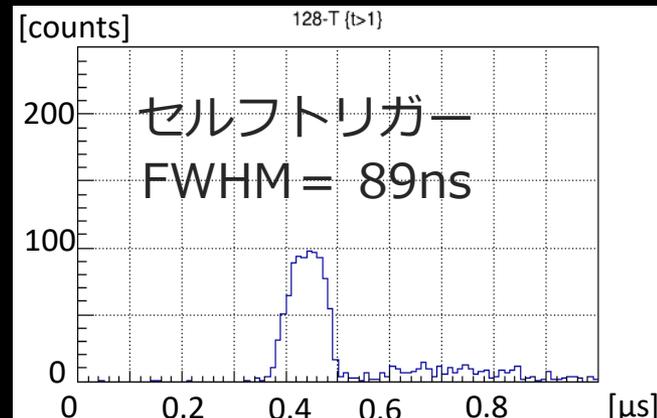
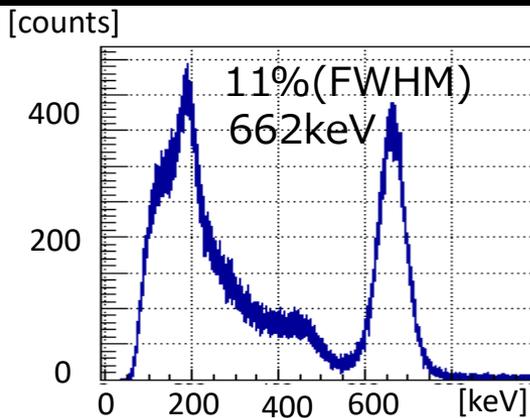
イーサネット

コモンストップ

10MHzサンプリングADC

2kByte/event/board

ダイノード信号で検出感知

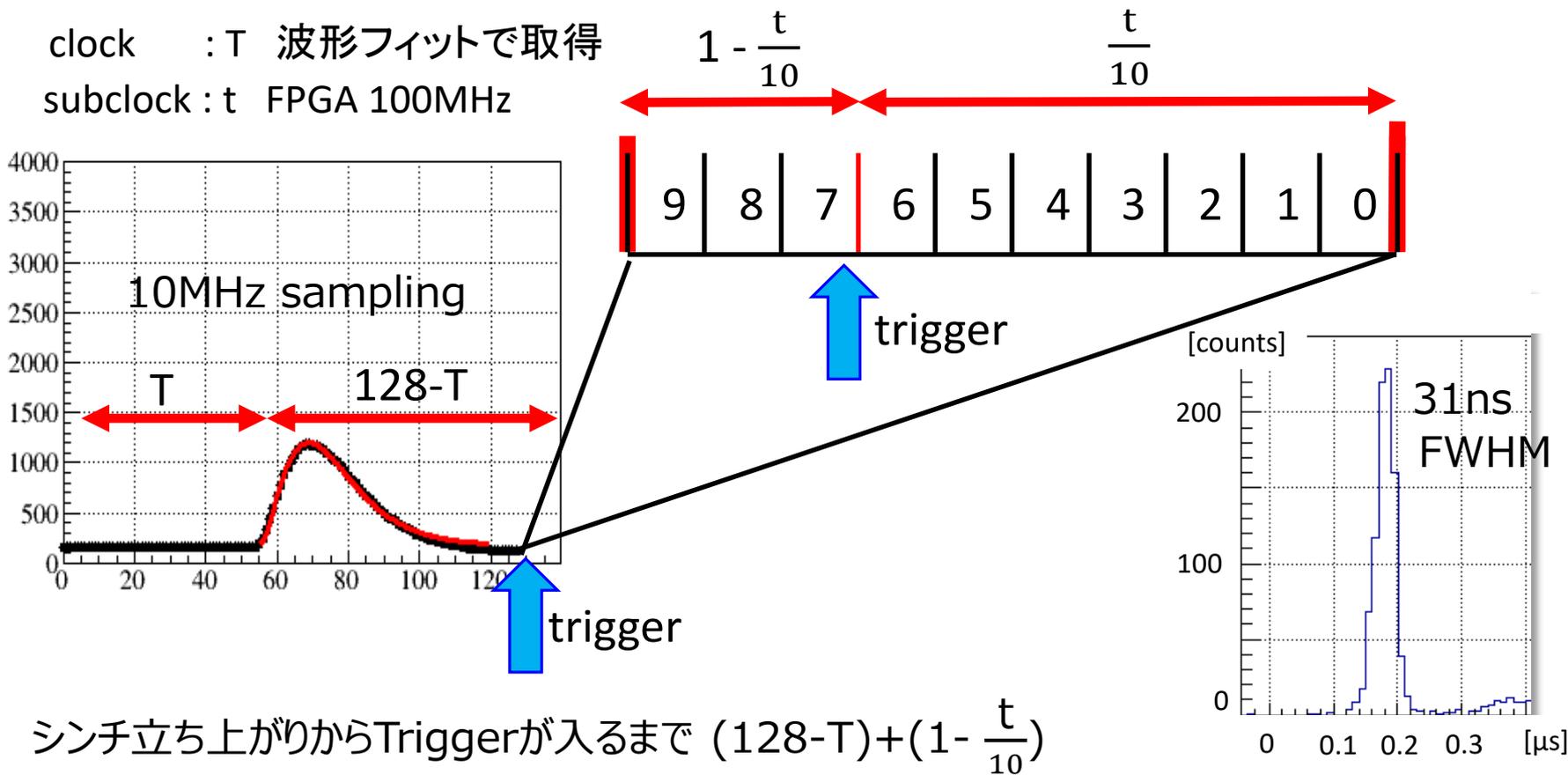


時間分解能の向上が課題(要求値10ns)。

シンチ回路の時間取得の改善

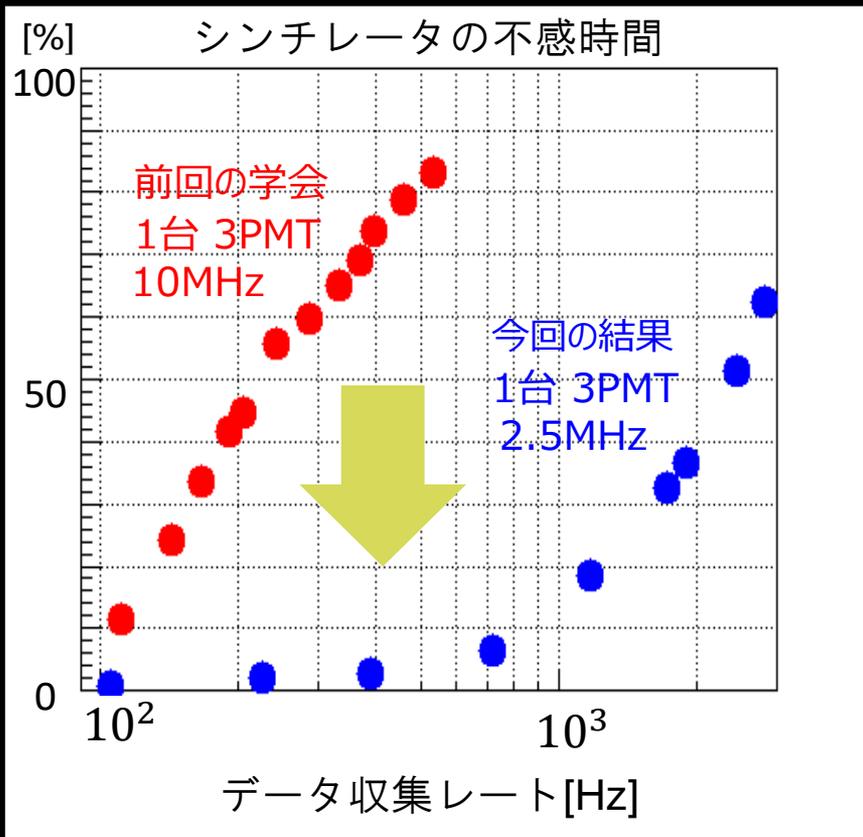
改良点

FPGAで時間情報を新たに取得。



89nsから31nsに改善。要求値10nsまでの改善は課題。

シンチレータ回路の通信速度



改良① データ量削減

波形サンプリング 10MHz→2.5MHz $\frac{1}{4}$
閾値を超えた波形のみ送信。 \times
 $\frac{1}{3}$
||
 $\frac{1}{12}$

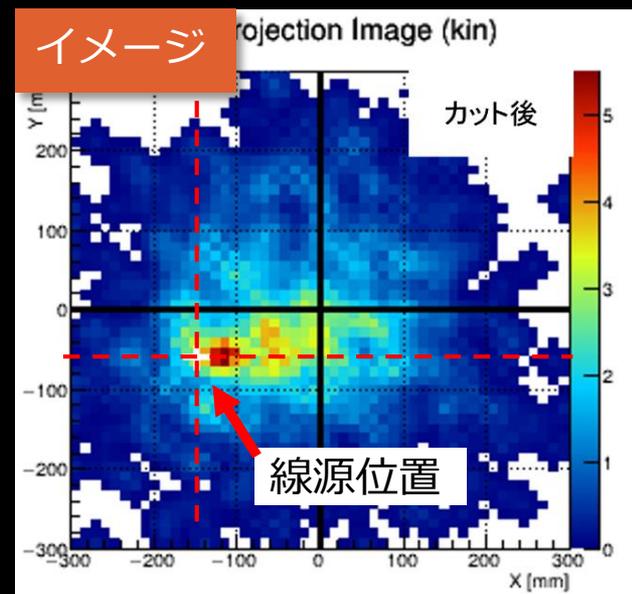
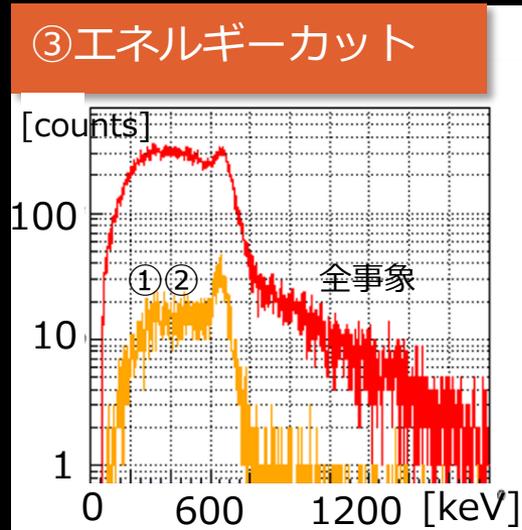
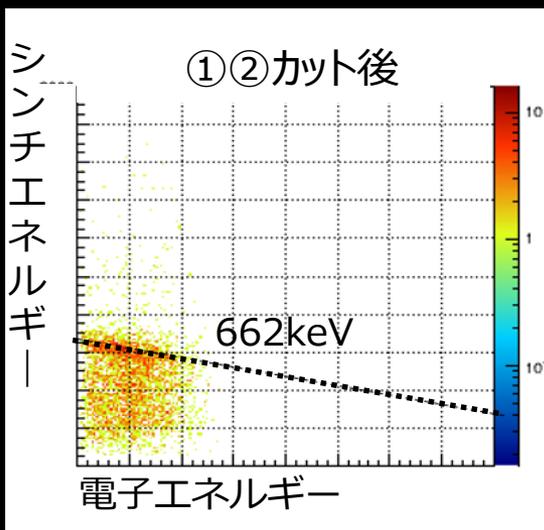
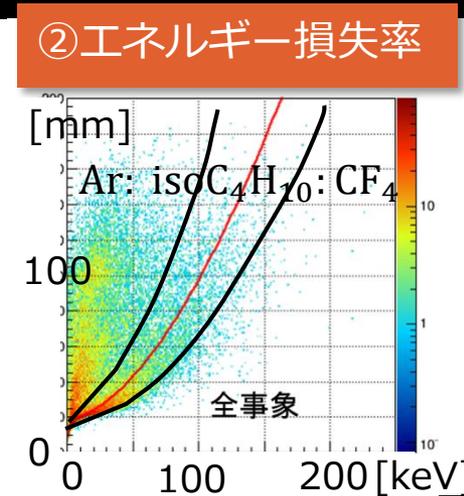
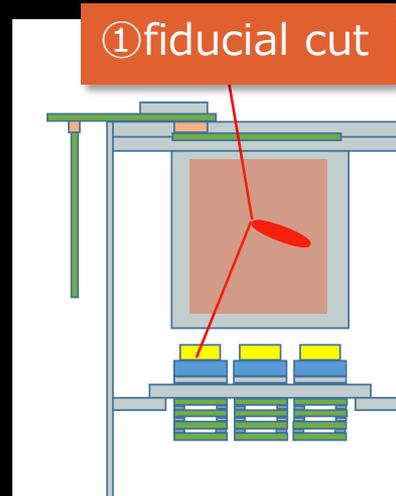
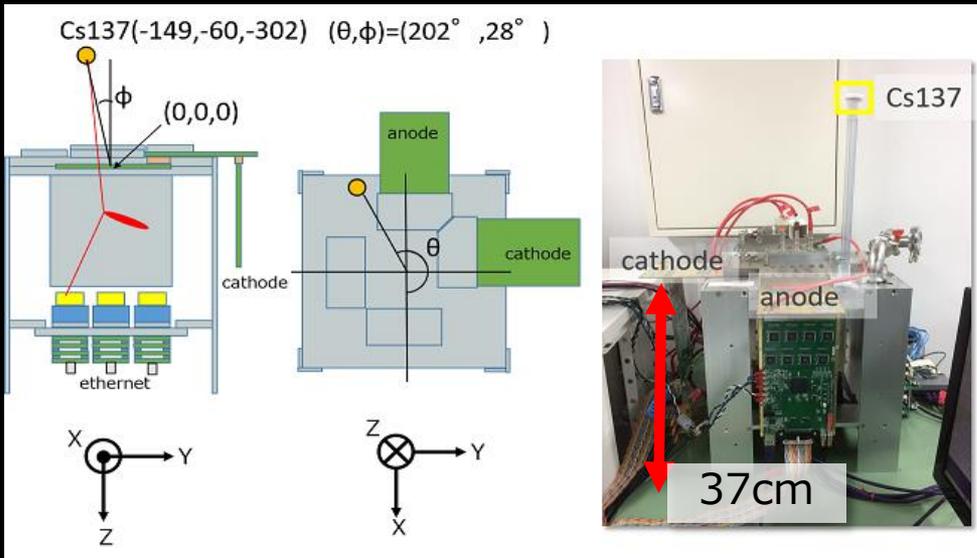
改良② 通信回数の削減

TCP通信の最大パケットサイズは1460Byte
1事象単位でのデータ送信
→パケットサイズに合わせて送信。

不感時間20%@150Hz から 15%@1kHz に改善。

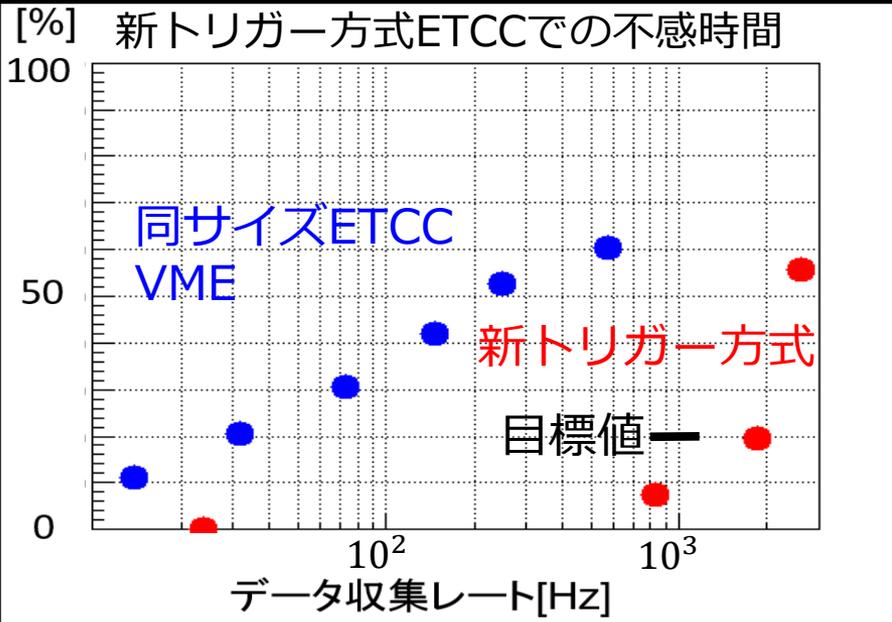
サンプリングレート削減によるエネルギー分解能・時間分解能の影響が課題。

新トリガー方式の動作試験



動作確認に成功。ETCCとしての定量評価が課題。

新トリガー方式での通信速度とSMILE-II+



結果

データ収集レート1kHzに対して、
不感時間10%。

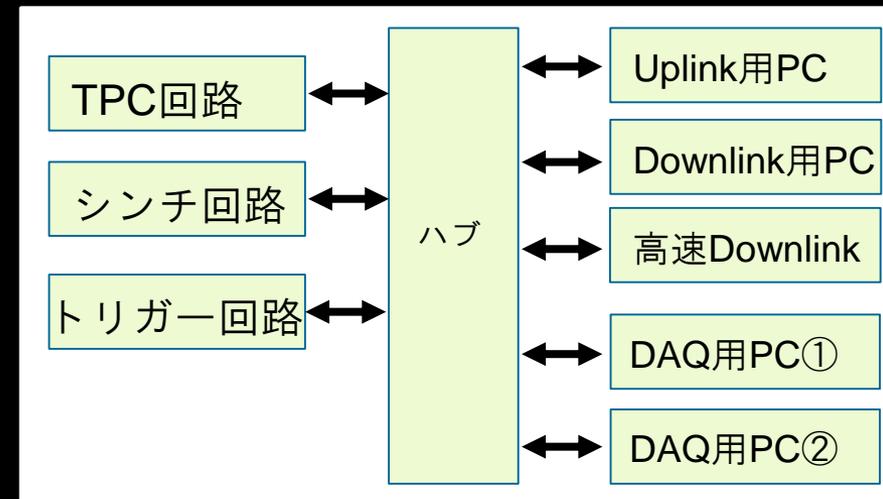
目標値の20%@1kHzに到達。
この時の通信量 ~80Mbps

SMILE-II+のネットワーク構築

VMEを廃止し、イーサネットに変更。
シンチ回路はコモンスタート
上空38.5kmで20%@200Hzと予想

DAQ用CPUの予想通信量
~20Mbps/CPU

SMILE-II+のネットワーク上の主なもの



まとめ

現状と要求

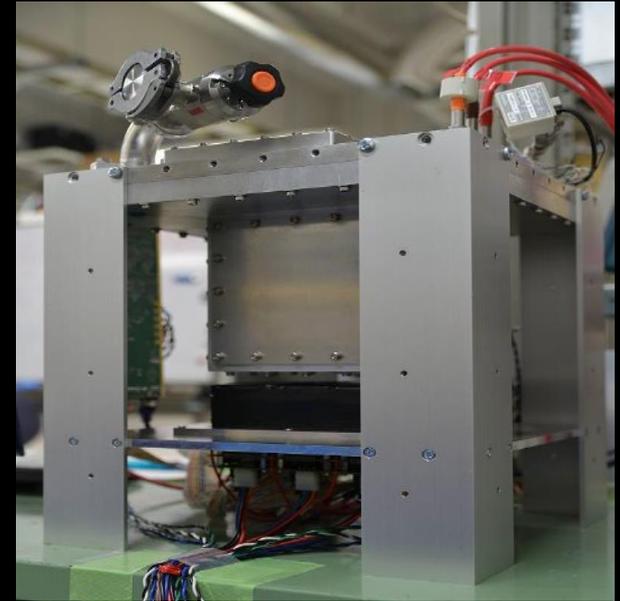
- ・ 現行ETCCは、不感時間20%@100Hz
- ・ 極域長期気球実験での目標は、不感時間20%@1kHz

改良点

- ・ シンチレータをコモンストップに。
- ・ シンチレータを波形サンプリング。
- ・ 時間取得にFPGAを利用。
- ・ VMEからイーサネットによるデータ収集に変更。

結果

- ・ シンチ用新回路の不感時間は2.5MHzで20%@1kHz。
- ・ サンプリングレートに対する時間分解能、エネルギー分解能の調査が必要。
- ・ 新トリガー方式ETCCで動作確認。不感時間10%@1kHz
- ・ トリガー方式の変化による方向決定精度の定量的調査が課題。



新トリガー方式 小型ETCC