

CTA大口径望遠鏡 読み出し回路の開発(2)

京都大学 今野裕介

青野正裕、栗根悠介、窪秀利（京都大学）、
梅原克典、片桐秀明、佐々木美佳（茨城大学）、
榎本良治、大岡秀行、手嶋政廣（東大宇宙線研）、
奥村暁、渋谷明伸、田島宏康、日高直哉（名古屋大学）、
折戸玲子（徳島大学）、
株木重人（東海大学）、
郡司修一、萩原亮太（山形大学）、
田中真伸（KEK）、
中森健之（早稲田大学）、
米谷光生（広島大学）、他 CTA-Japan consortium、
池野正弘、内田智久（KEK）、他Open-It consortium

CTA大口徑望遠鏡における エレクトロニクス

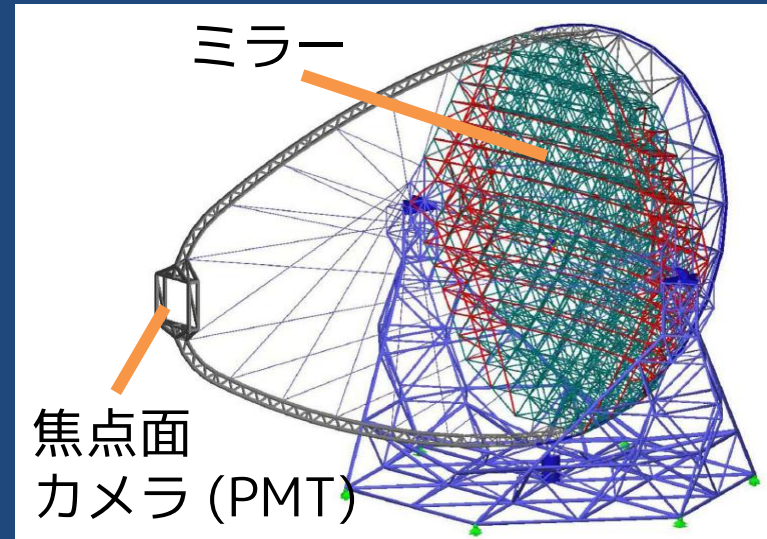
狙うエネルギー 数10GeV-1TeV

夜光レートSingle p.e.で300MHz
(観測条件依存)

信号積分時間を短くすることで除去

→ 数nsec幅のPMT信号を
GHzでサンプリングする
超高速のエレクトロニクス

+ 低消費電力、低コスト化
1855PMTs/telescope



MPI デザイン 23m望遠鏡

アナログメモリのASIC
DRS4を用いた高速波形
サンプリング回路を開発
(2011秋 中森講演)



ver.2を改良 → ver.3 (本講演)

開発した読み出し回路 -ver.3-

電源供給

プリアンプ、
HV制御、モニタ

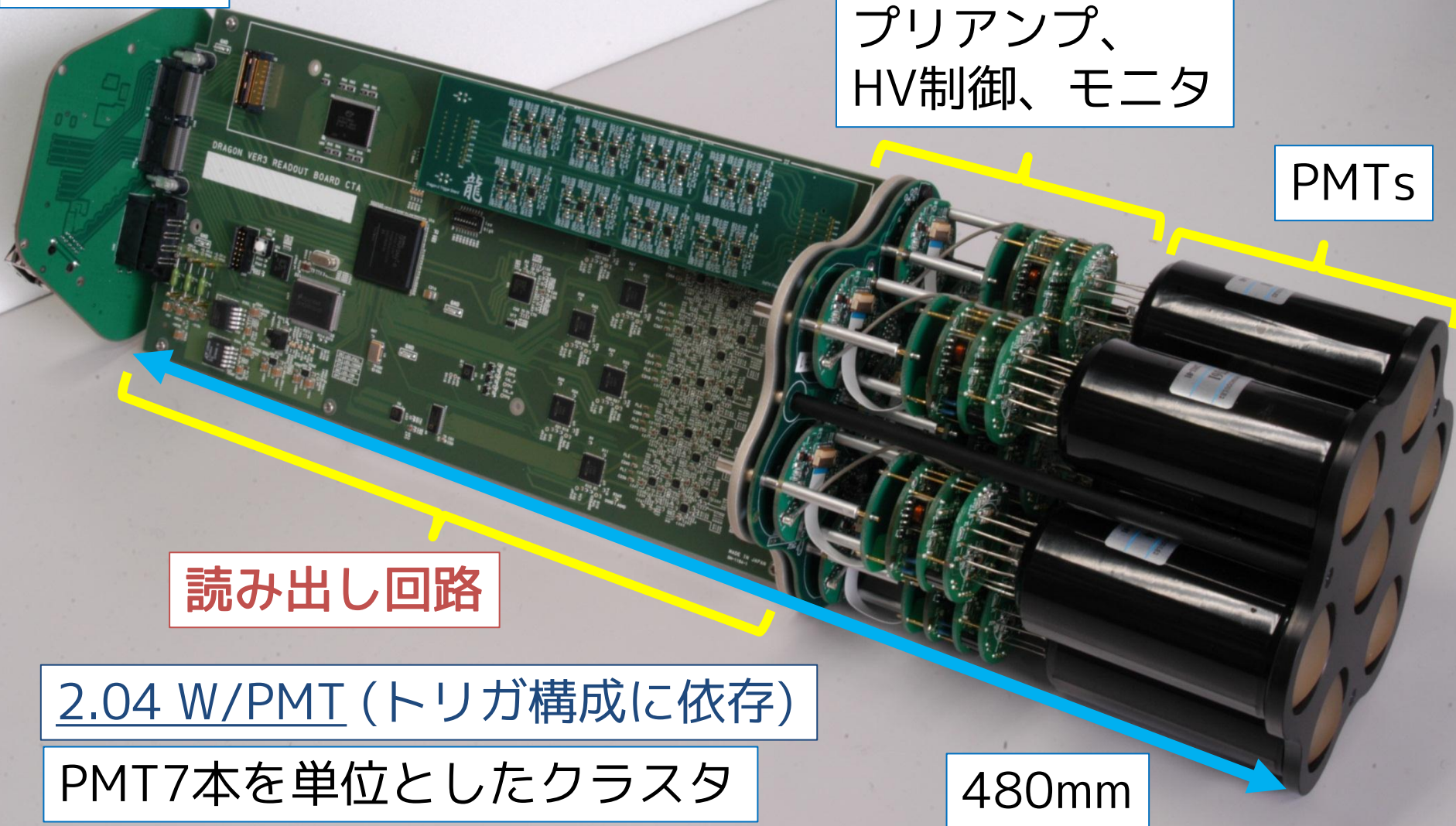
PMTs

読み出し回路

2.04 W/PMT (トリガ構成に依存)

PMT7本を単位としたクラスタ

480mm



ver.2(2011秋中森講演) → ver.3

FPGA:
Vertex-4
→ Spartan-6
コストダウン
(-450€)

メインアンプ
カードを吸収
→ 冷却
システム実装
に向けて

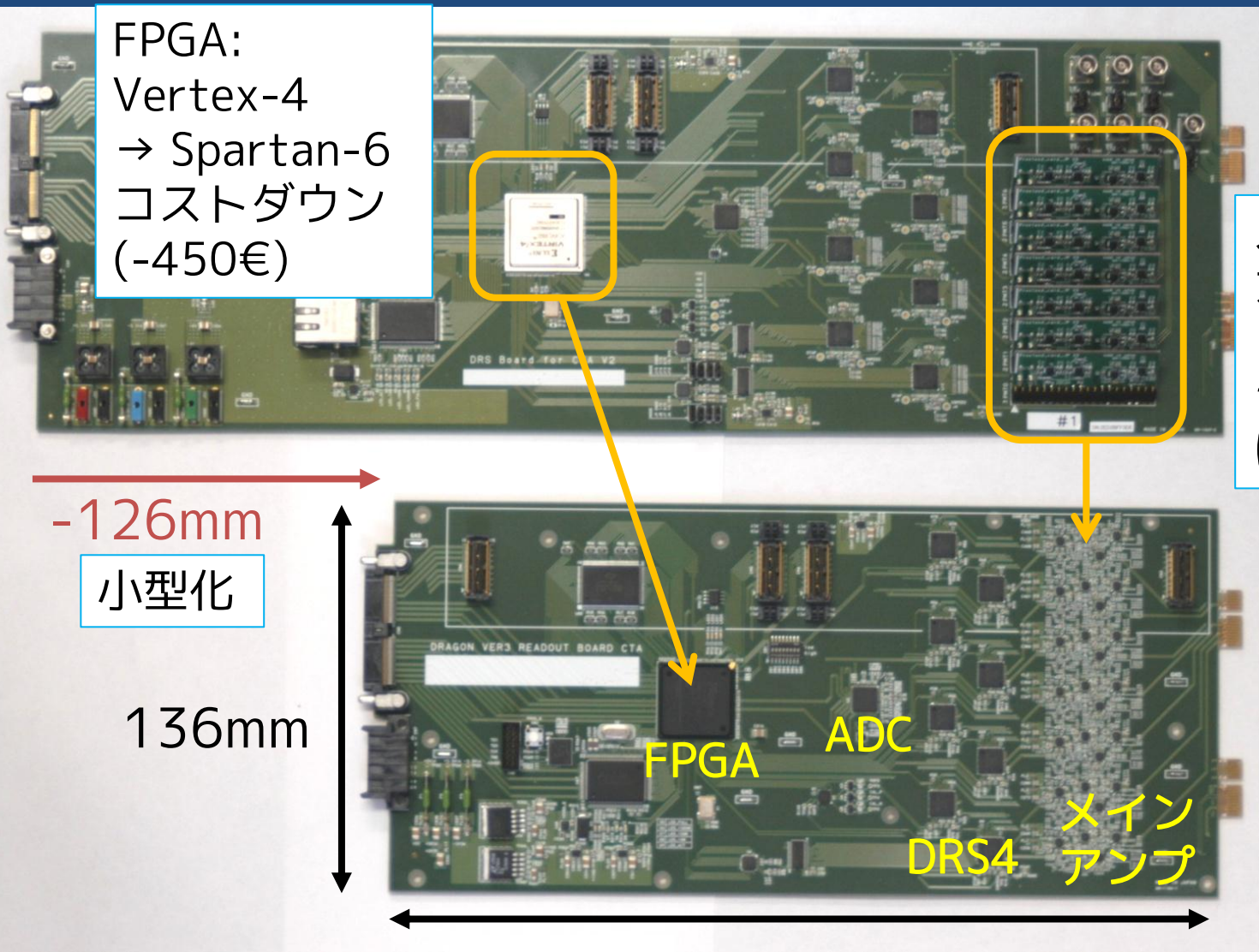
-126mm

小型化

136mm

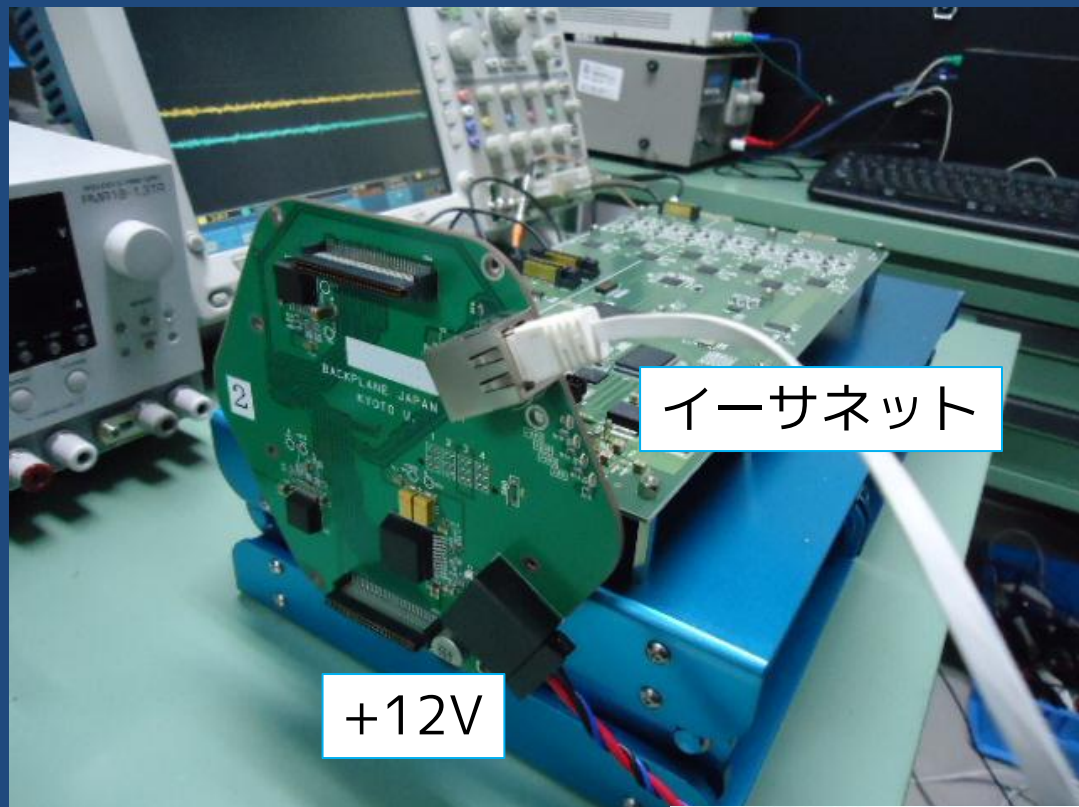
289mm

実際の望遠鏡への搭載に近い形に



バックプレーンの開発

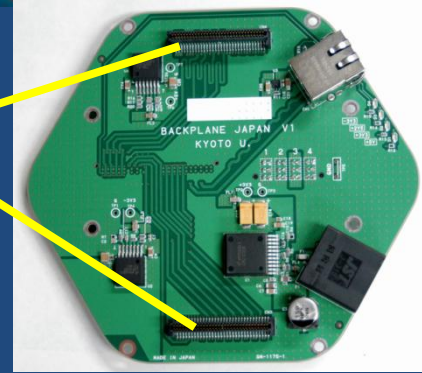
- 読み出し基板背面に接続
- DC+12Vから電源供給
+5V, $\pm 3.3V$
- ギガビットイーサネット
接続
波形データ転送、
コントロール
KEK開発のSiTCPを実装



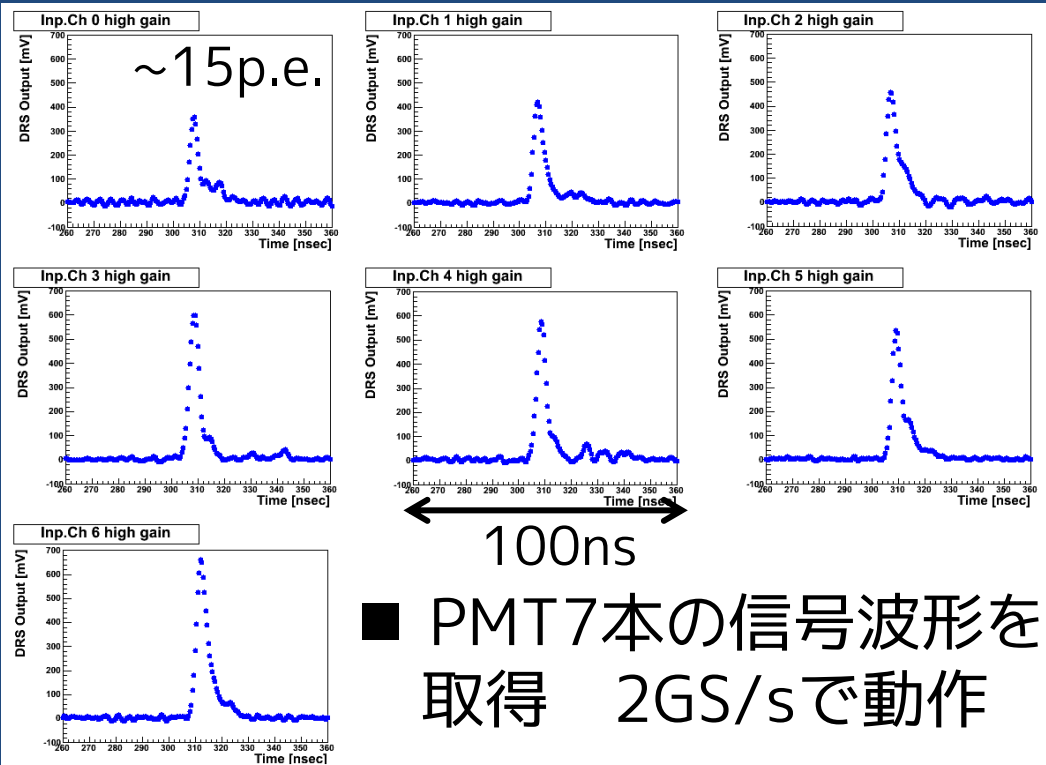
イーサネット

+12V

トリガ通信用の
基板が接続される
→ クラスタ間で通信



動作試験



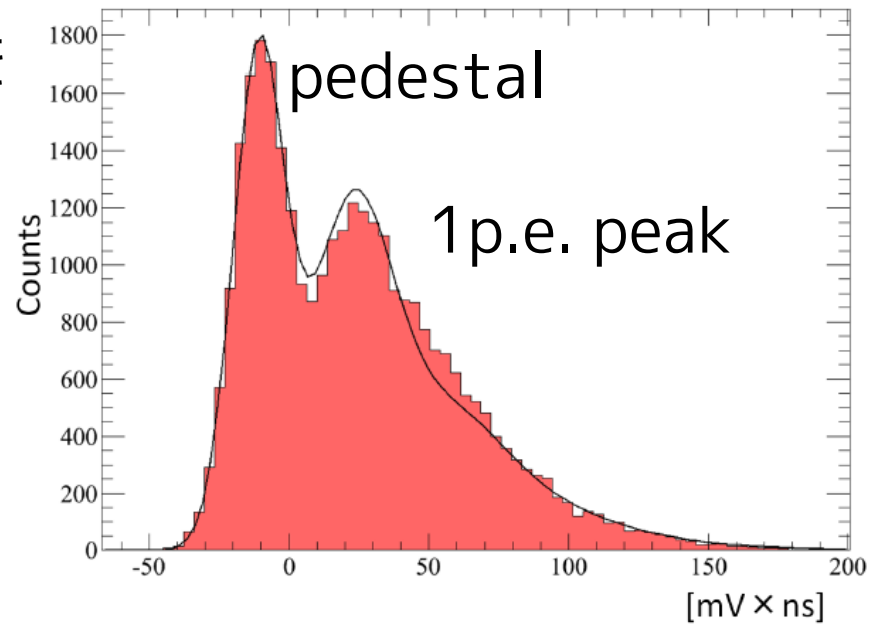
■ PMT7本の信号波形を取得 2GS/sで動作

■ 1p.e.スペクトル
1光電子の信号が取得
できることを実証
PMT gain = 5×10^4
S/N = 3.6 (1p.e.に対し)

■ デッドタイム測定
信号レート
(ランダム入力)

信号レート (ランダム入力)	デッドタイム
1kHz	0.9%
5kHz	3.8%
10kHz	7.7%

※単体基板のみによるDAQの場合
PMT波形の積分値ヒストグラム

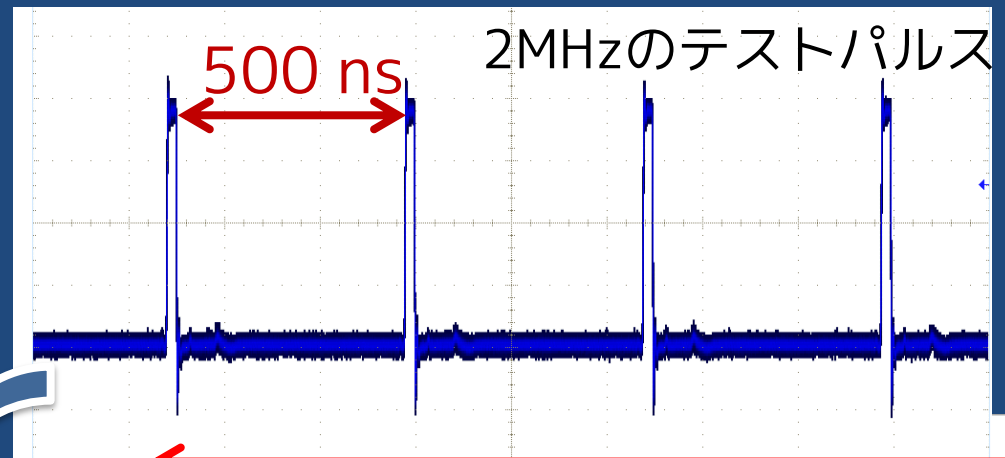


波形保持メモリ深さ

信号をDRS4の入力4chにカスケード接続

4 × 1024cells で **2 μ sec** @ 2GS/sの波形記録時間を実現

入力信号



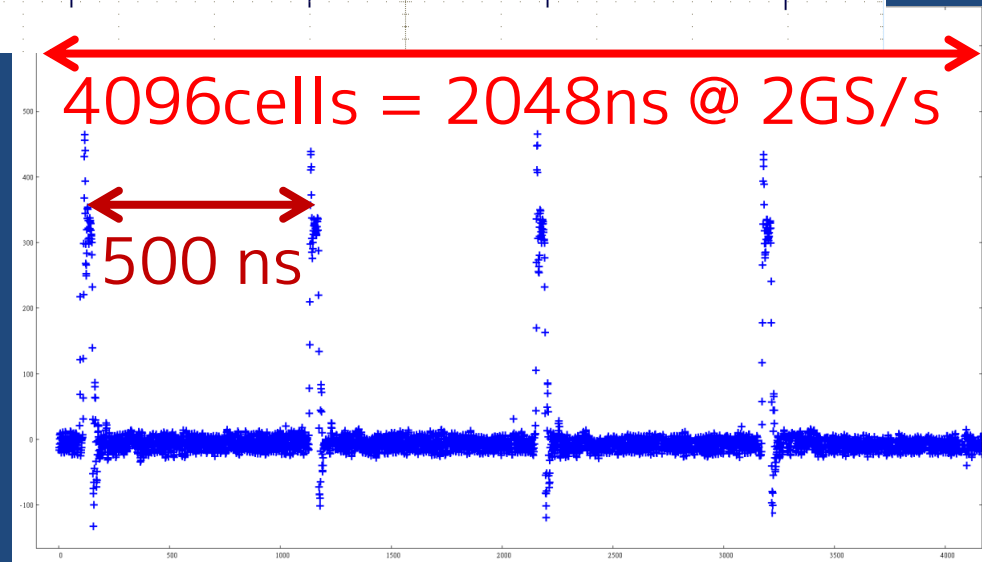
望遠鏡間でトリガ同期をとるのにかかる時間
- 望遠鏡間距離

100mで2 μ sec程度

その間サンプリングを止める必要がない

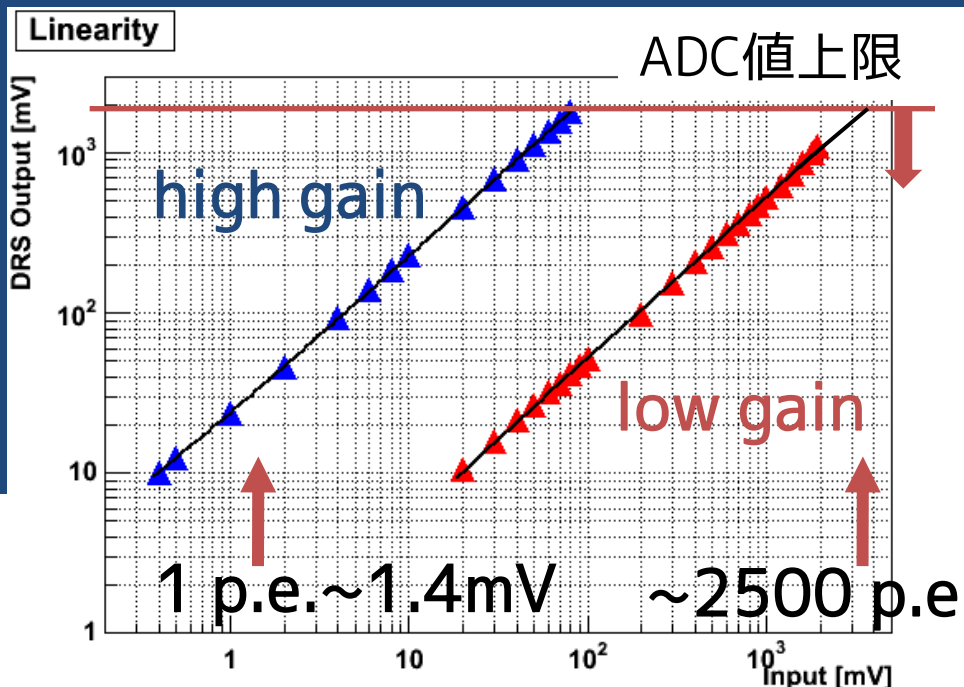


保持した
波形データを出力

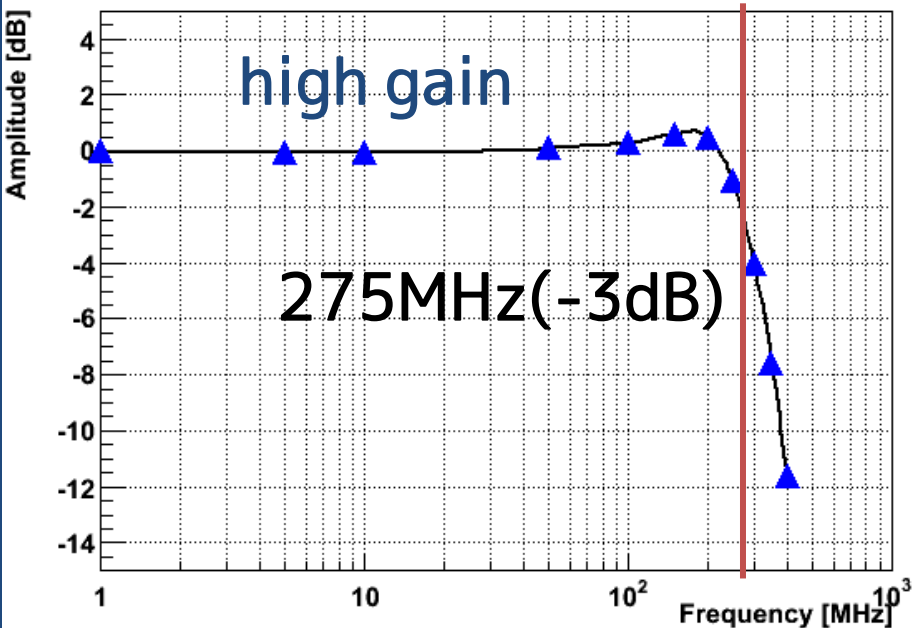


ダイナミックレンジ・帯域

- High / Low 2系統の gain をもつメインアンプ
- ダイナミックレンジ 1 – 2500p.e.



Signal Frequency Response - high gain 50mV input



- 帯域測定 275MHz (-3dB)

アンプ単体での評価 (前回)
→ ver.3基板全体で測定

要求仕様

	要求性能	試験結果
帯域幅	300MHz	275MHz
ダイナミックレンジ	1-1000光電子	1-2500光電子
波形保持時間	2 - 3 μ s	2 μ s
ノイズレベル	0.2光電子相当	0.1光電子相当(回路のみ) 0.3光電子相当(PMT含む)
デッドタイム	5%	7.7%
消費電力	2.0W/ch	2.04W/ch

CTAの要求を概ね満たすものができあがっている

トリガ回路試験

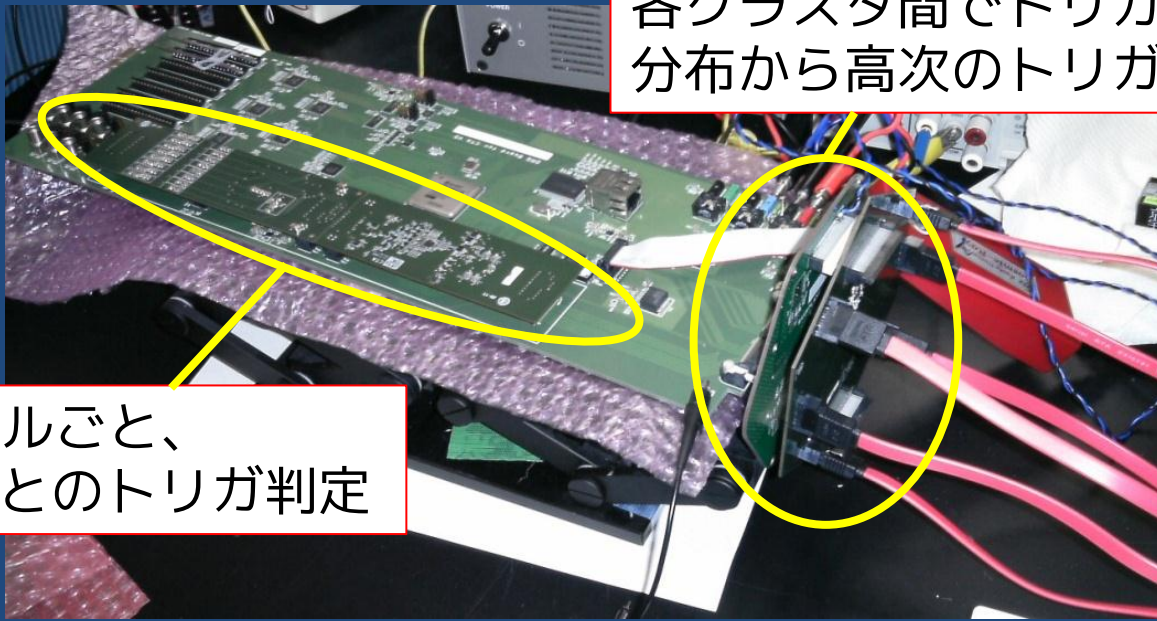
大きく2通りのトリガ回路（開発は欧州グループ）

- 「デジタルトリガ」：各ピクセルで閾値判定したデジタル信号を処理
設計が簡単、閾値未満の信号情報は失われる
- 「アナログトリガ」：アナログ的に足し合わせた信号から閾値判定
遅延処理が難しい

日本の読み出し回路はいずれの方式ともコネクタ互換があり対応可能
各トリガボードを接続しての統合試験、性能評価を現在進めている
-CTAの回路開発をリードする立場

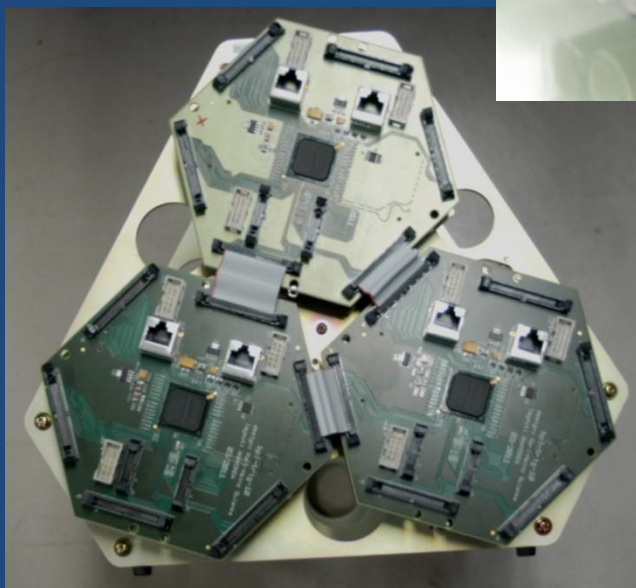
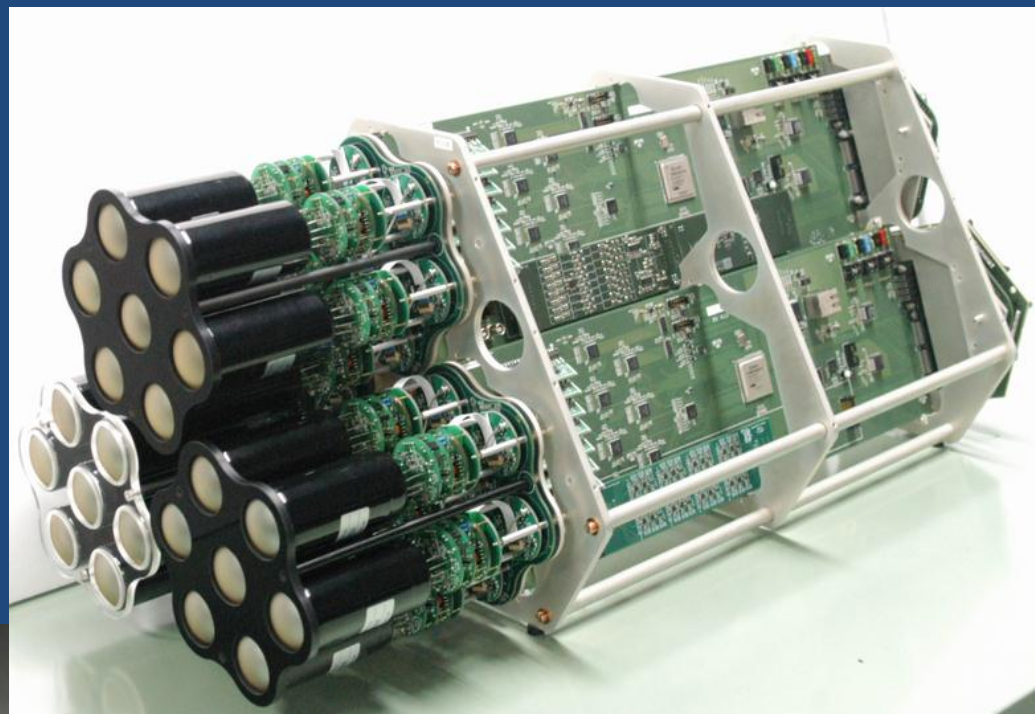
各クラスタ間でトリガを通信、
分布から高次のトリガ判定

PMTピクセルごと、
クラスタごとのトリガ判定

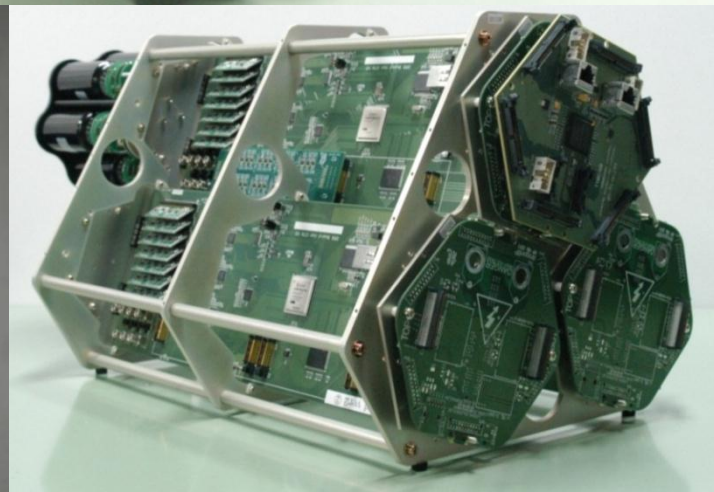


ミニカメラプロジェクト

- 3クラスタ
による**ミニカメラ**
- 基板間での
トリガ通信
- 冷却システム
の性能評価



クラスタ間
の接続



まとめ

- 日本グループはCTA大口径望遠鏡用に
光電子増倍管の波形読み出し回路を開発
- アナログメモリによる**高速波形サンプリング**：2GS/s
- **低消費電力、低コスト**
- 十分なメモリ深さ 2 μ sec

- **ver.3回路**：コストダウン、
望遠鏡に搭載するための形へ（小型化）
- トリガ回路を含めた統合試験を進めている
- 3クラスタのミニカメラ試験を予定

**単体基板での動作実証から
実機望遠鏡に向けての開発・試験へと進行中**