

# CTA 報告54: CTA 大口径望遠鏡カメラ性能

梅原克典, 上野遥<sup>A</sup>, 大岡秀行<sup>B</sup>, 折戸玲子<sup>C</sup>, 片桐秀明, 窪秀利<sup>D</sup>,  
郡司修一<sup>E</sup>, 小山志勇<sup>A</sup>, 佐々木浩人<sup>F</sup>, 田中駿也, 手嶋政廣<sup>B, G</sup>, 寺田幸功<sup>A</sup>,  
萩原亮太<sup>E</sup>, 林田将明<sup>D</sup>, 馬場彩<sup>H</sup>, 山本常夏<sup>F</sup>, 他 CTA-Japan Consortium

茨城大理, 埼玉大理<sup>A</sup>, 東大宇宙線研<sup>B</sup>, 徳島大総科<sup>C</sup>, 京大理<sup>D</sup>, 山形大理<sup>E</sup>,  
甲南大理工<sup>F</sup>, Max-Planck-Inst. fuer Phys.<sup>G</sup>, 青学大理工<sup>H</sup>

# 大口径望遠鏡用焦点面検出器の開発

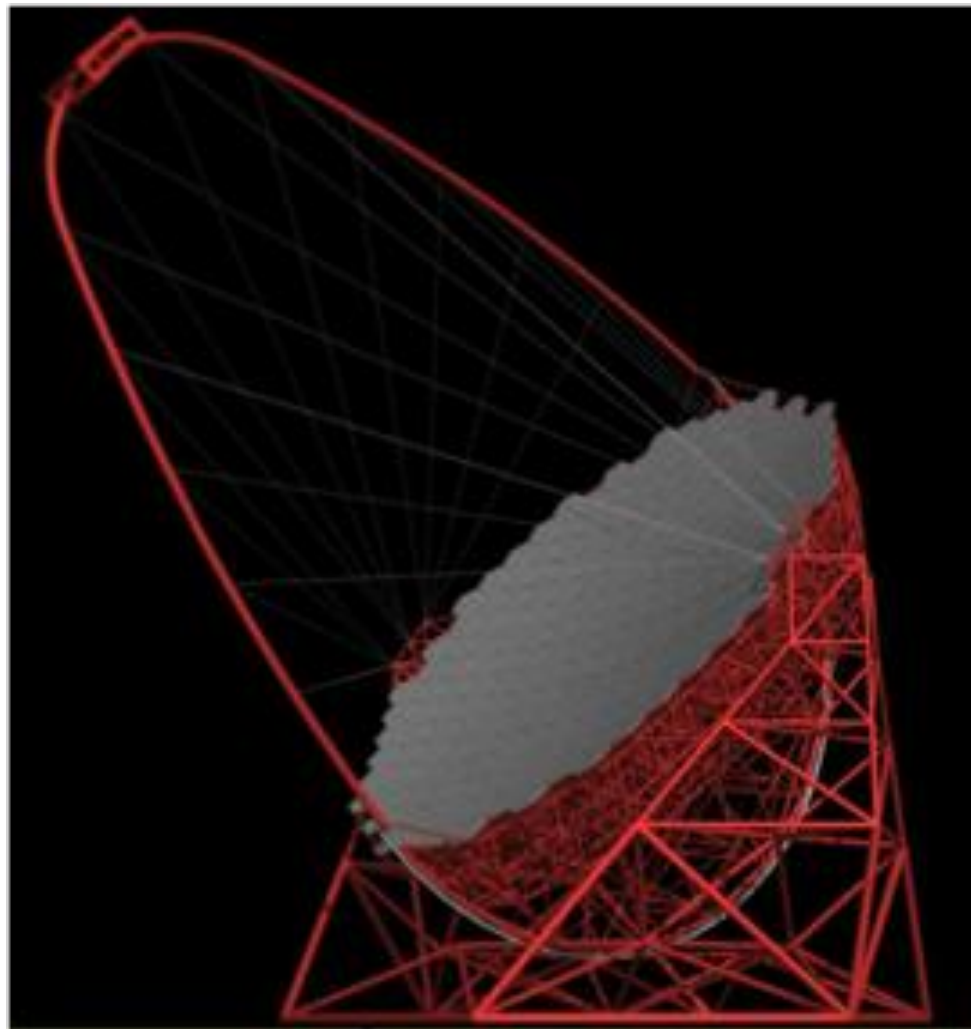
CTA報告53  
田中 → 焦点面検出器  
(ライトガイド  
+ **光検出器**  
CTA報告55  
畑中 → +読み出し回路)

## 光検出器モジュールの開発

→ 光検出器 + 読み出し回路

### 要求仕様 (一部抜粋)

- 量子効率 > 35%
- 標準動作ゲイン ( $4 \times 10^4$ )
- 高速読み出し回路  
(2GS/s, >300MHz)
- 省電力(2W/channel)



大口径望遠鏡(LST)

# 大口径望遠鏡用焦点面検出器の開発

- CTA報告53  
田中 → 焦点面検出器  
(ライトガイド  
+ **光検出器**  
+ 読み出し回路)
- CTA報告55  
畑中 →

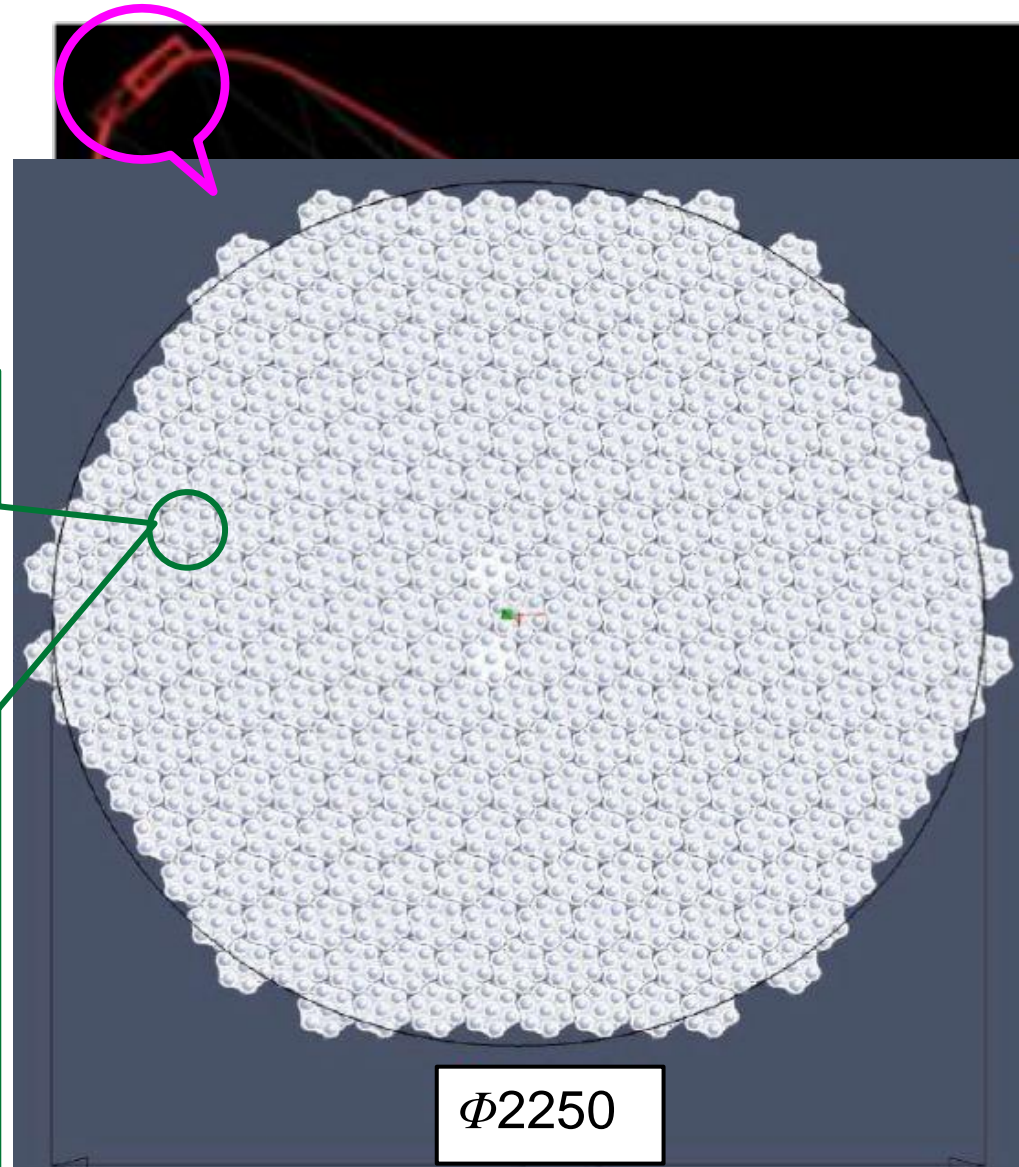
## 光検出器モジュールの開発

光検出器 + 読み出し回路

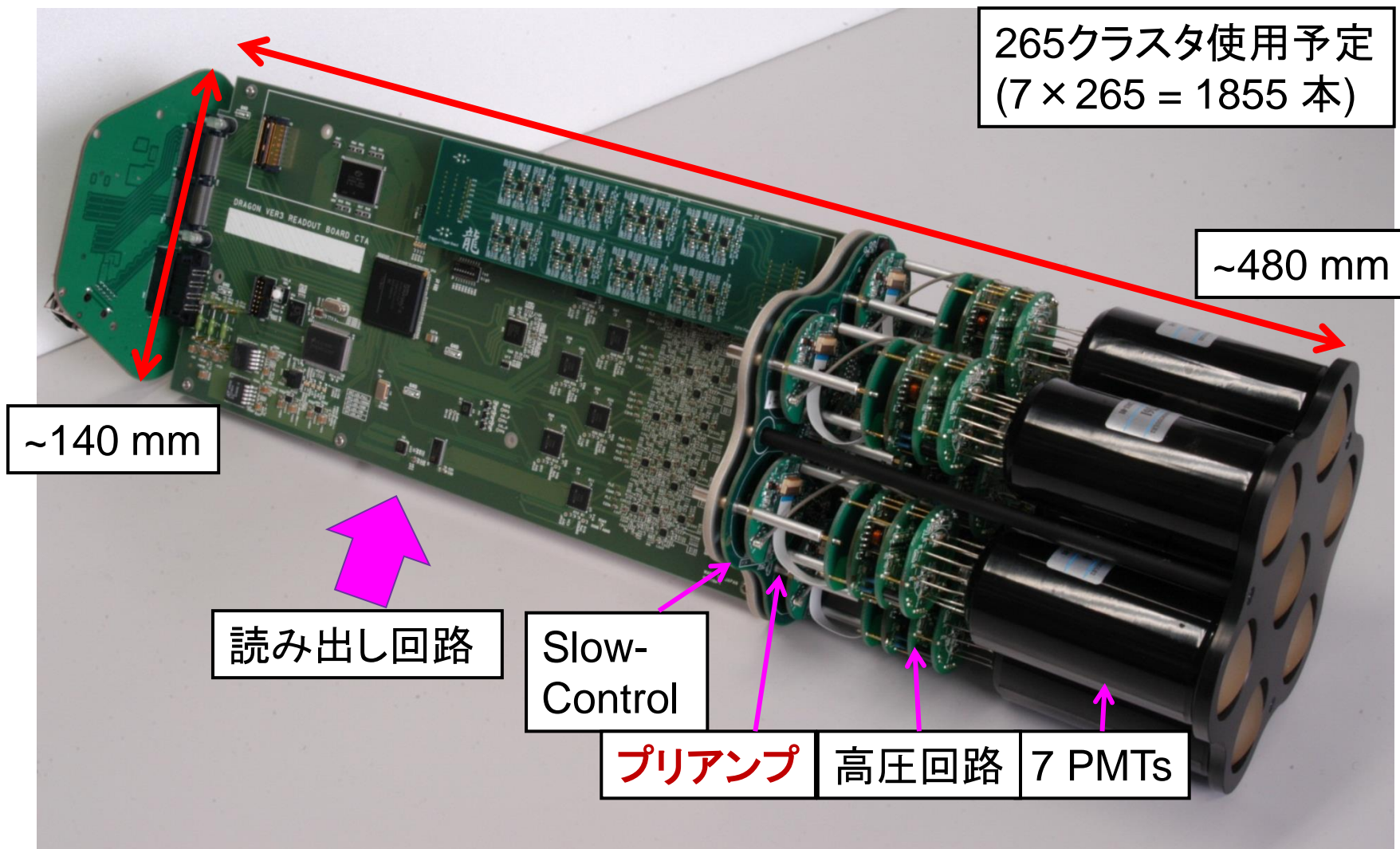
### 要求仕様 (一部抜粋)

- 量子効率 > 35%
- 標準動作ゲイン ( $4 \times 10^4$ )
- 高速読み出し回路  
(2GS/s, >300MHz)
- 省電力(2W/channel)

インストールとメンテナンス  
が容易に可能

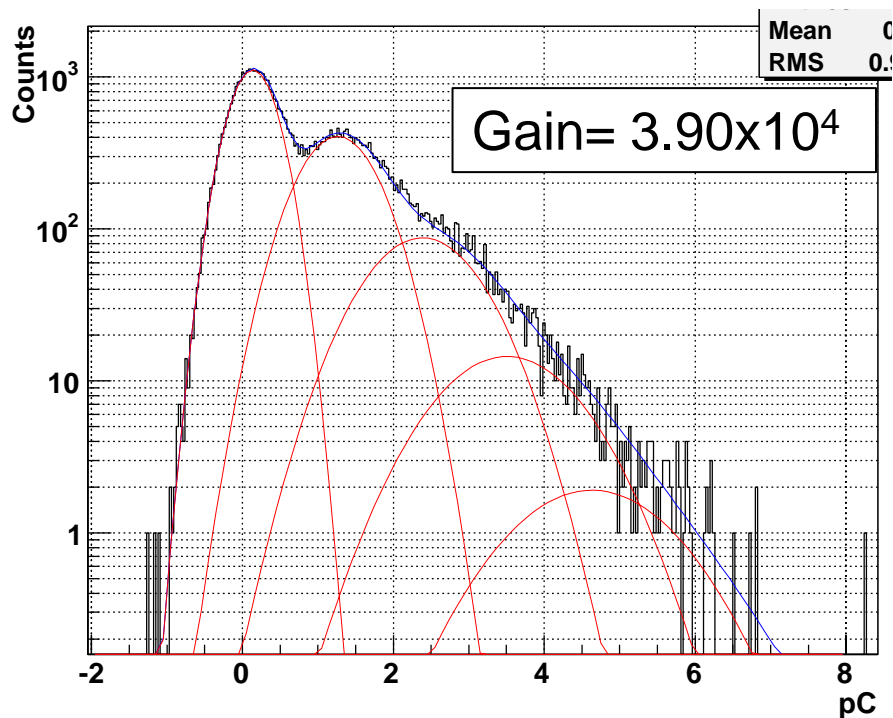


# 光検出器モジュールの開発



# PMT+高圧回路の開発状況

- ▶ 浜松ホトニクス株式会社に生産を依頼し、約1000本のPMTが納品された。
- ▶ 量産品の性能評価も数本行われており、現時点では要求を満たしたPMTが納品されている。



PMTの1p.e.測定 (ゲイン測定)



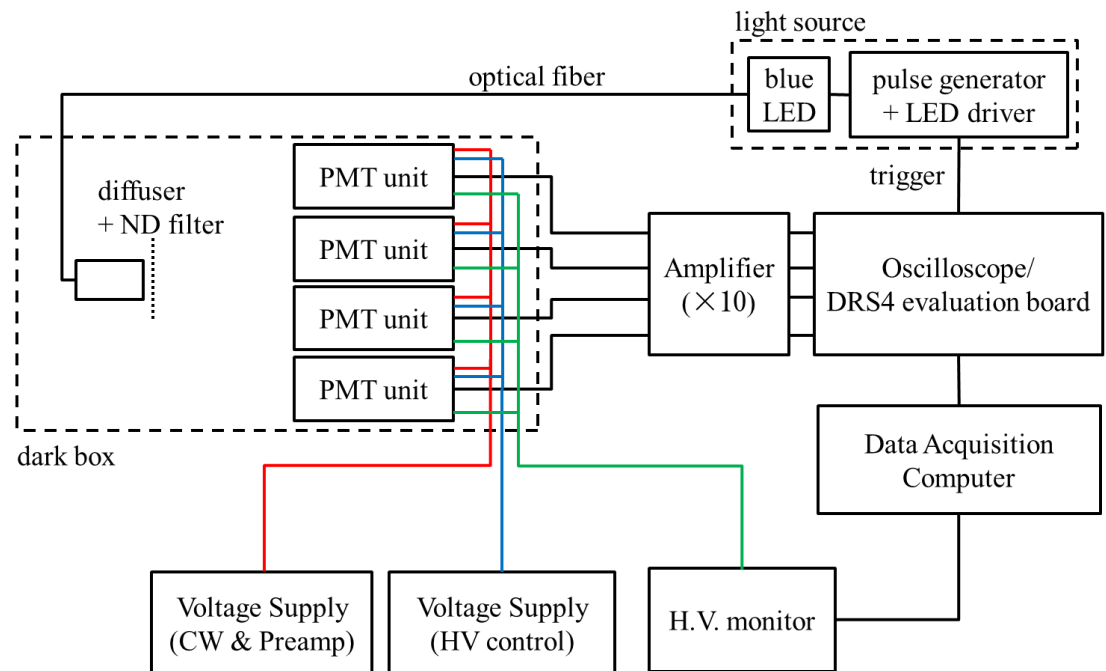
納品されたPMTの写真

# PMTのCalibration 体制

- 量産に伴い生産されたPMTのcalibration方法について現在埼玉大学を中心に右下図のようなセットアップを検討中。
- 1度のcalibrationで4本同時に測定可能。
- calibrationの自動化のためのソフトウェアの準備も進行中。
- 来年度中に全てのPMTのcalibrationを終えられるように測定項目、精度等を検討中。

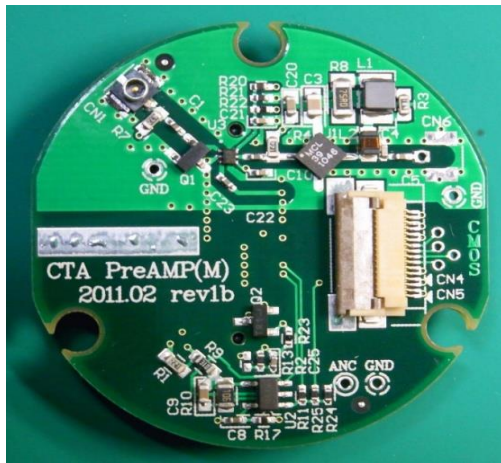
## 測定項目案

- ・1p.e. 測定によるPMTゲイン測定
- ・アフターパルス測定
- ・PMTの波形 (Width等)

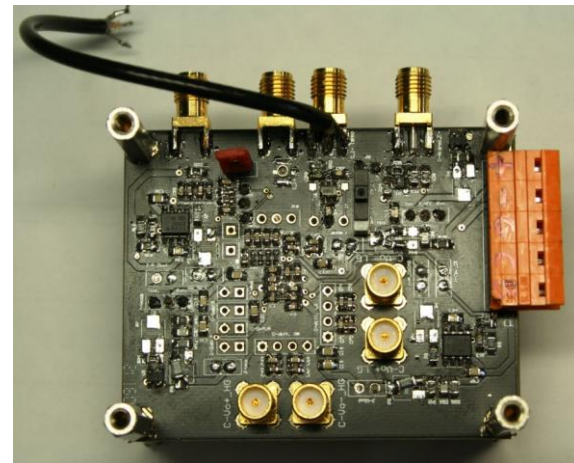


# プリアンプの開発状況 (前回報告)

- 現在のクラスタに使用されているLEEプリアンプは、CTA計画のダイナミックレンジ要求(1~1000 p.e.)を満たしきれていない。
- スペインが開発したプリアンプを試験し、CTA計画で使用できるかを両者を比較しながら評価を行った。



Mini-Circuits社 LEE-39+  
プリアンプボード



スペイン製PACTAv1.2  
プリアンプ評価ボード

試験結果としてPACTAv1.2 プリアンプは、CTA計画の要求を概ね満たしていることを確認した。

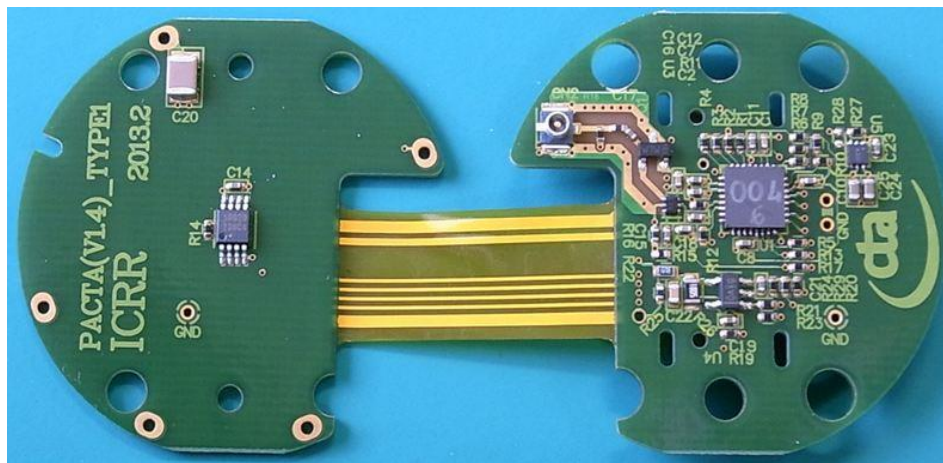
# 今回測定した新しいプリアンプ

- PACTAv1.2 プリアンプは評価ボードであったため、クラスタに組み込める構造になっていなかった。
- バージョンアップしたPACTAv1.4 をクラスタに組み込めるように製作し、性能評価を行った。

## 変更点 (v1.2=>v1.4)

- バイアス回路のチップ内蔵
- 低ノイズ化 (10~20%)

PMTの信号: シングルエンド  
PACTAプリアンプ: 差動入力  
=> 使用していない入力に  
ローパスフィルターを追加



クラスタに組み込めるようにデザインされたPACTAv1.4 プリアンプボード

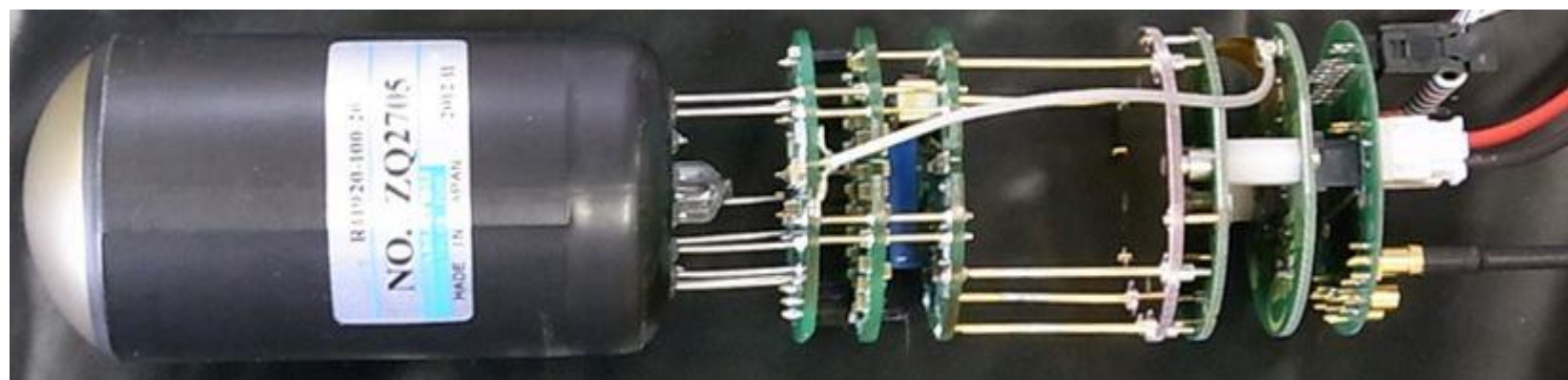


# 性能評価試験項目

- Linearity測定  
(ダイナミックレンジの上限値の評価)
- 1p.e.測定  
(ダイナミックレンジの下限値の評価)



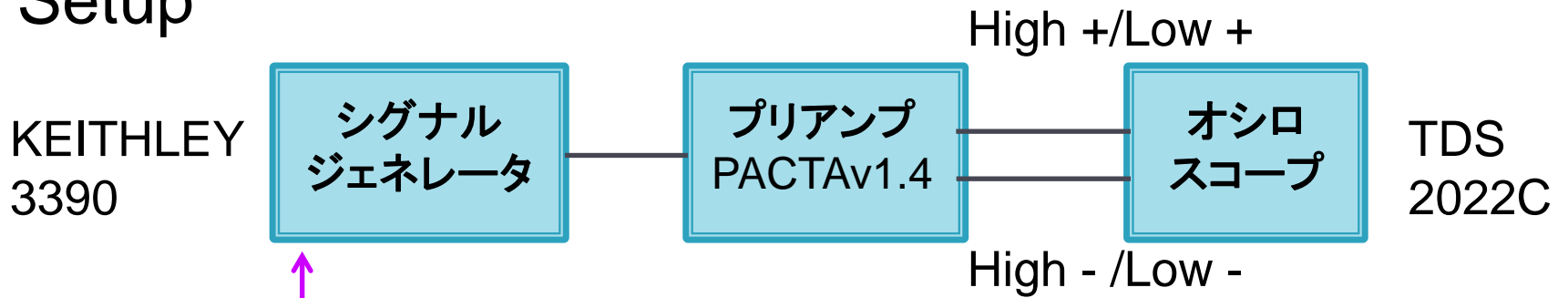
試験用に信号を取り出すためのEXT基板



PMTと接続した状態のPACTAv1.4 プリアンプボードの写真

# Linearity 測定

## Setup



## 入力信号情報

負のPulse波

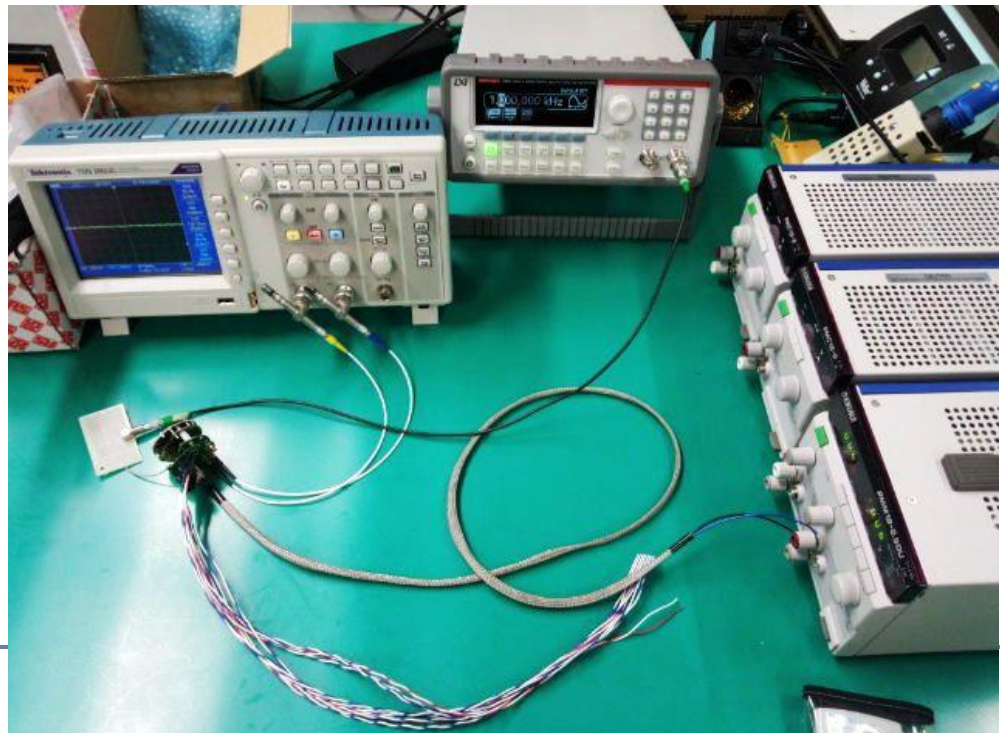
Frequency: 1kHz

Period: 1ms

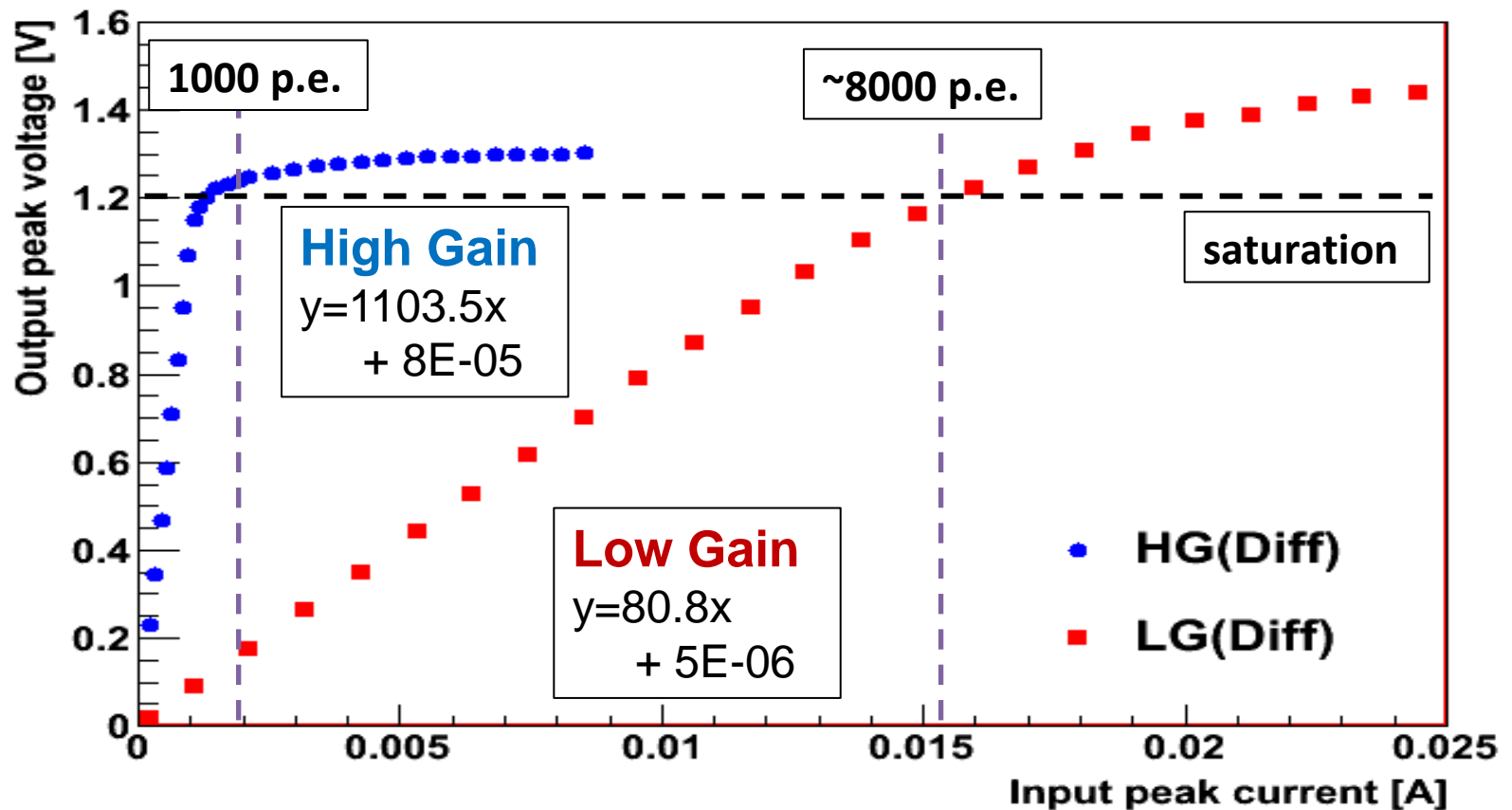
Width: 100ns

Duty: 0.01%

Edge Time: 50ns



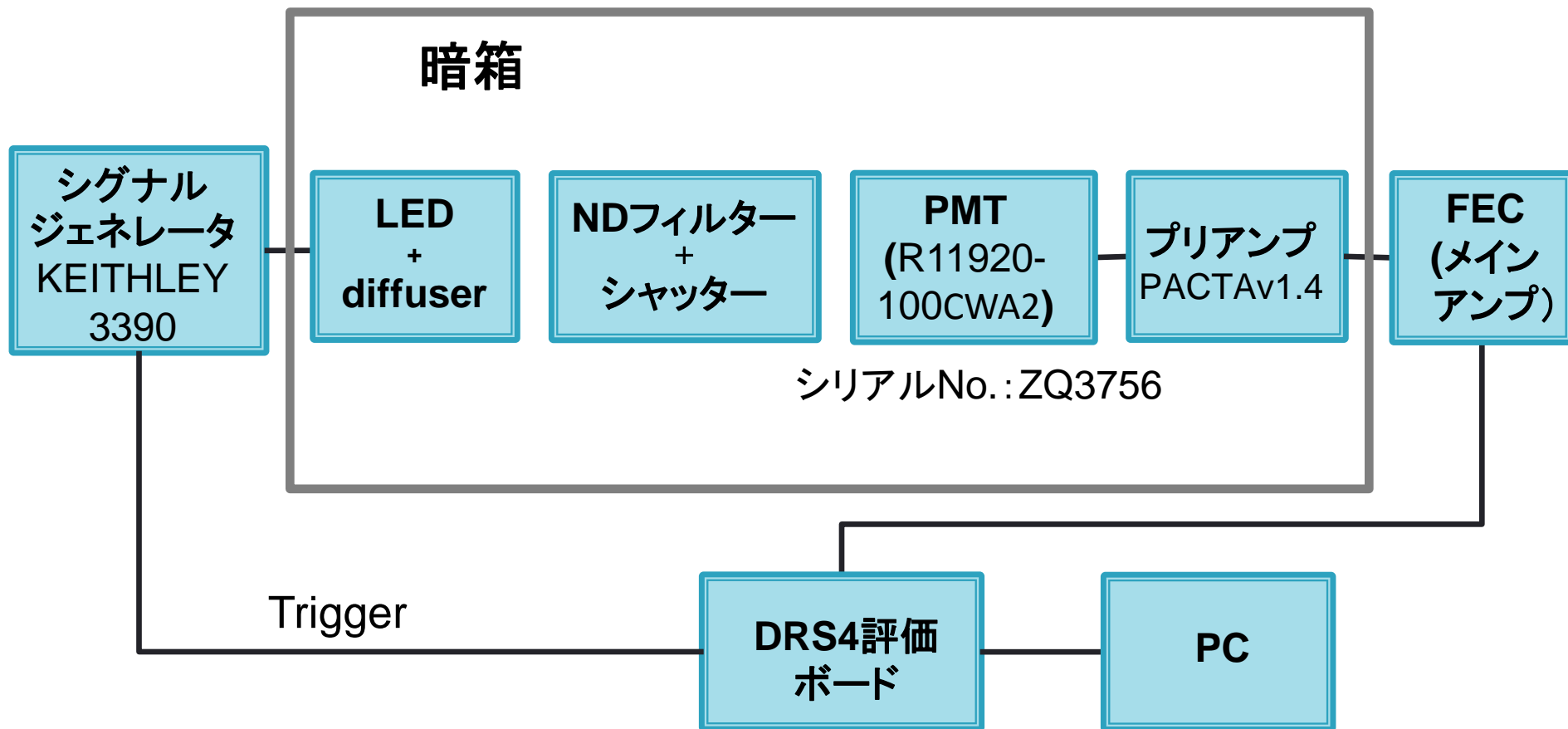
# Linearity 測定結果



PACTAv1.2 と同様にダイナミックレンジ要求の上限値 (1000 p.e.) を満たしていることを確認！

# 1p.e. 測定

## Setup



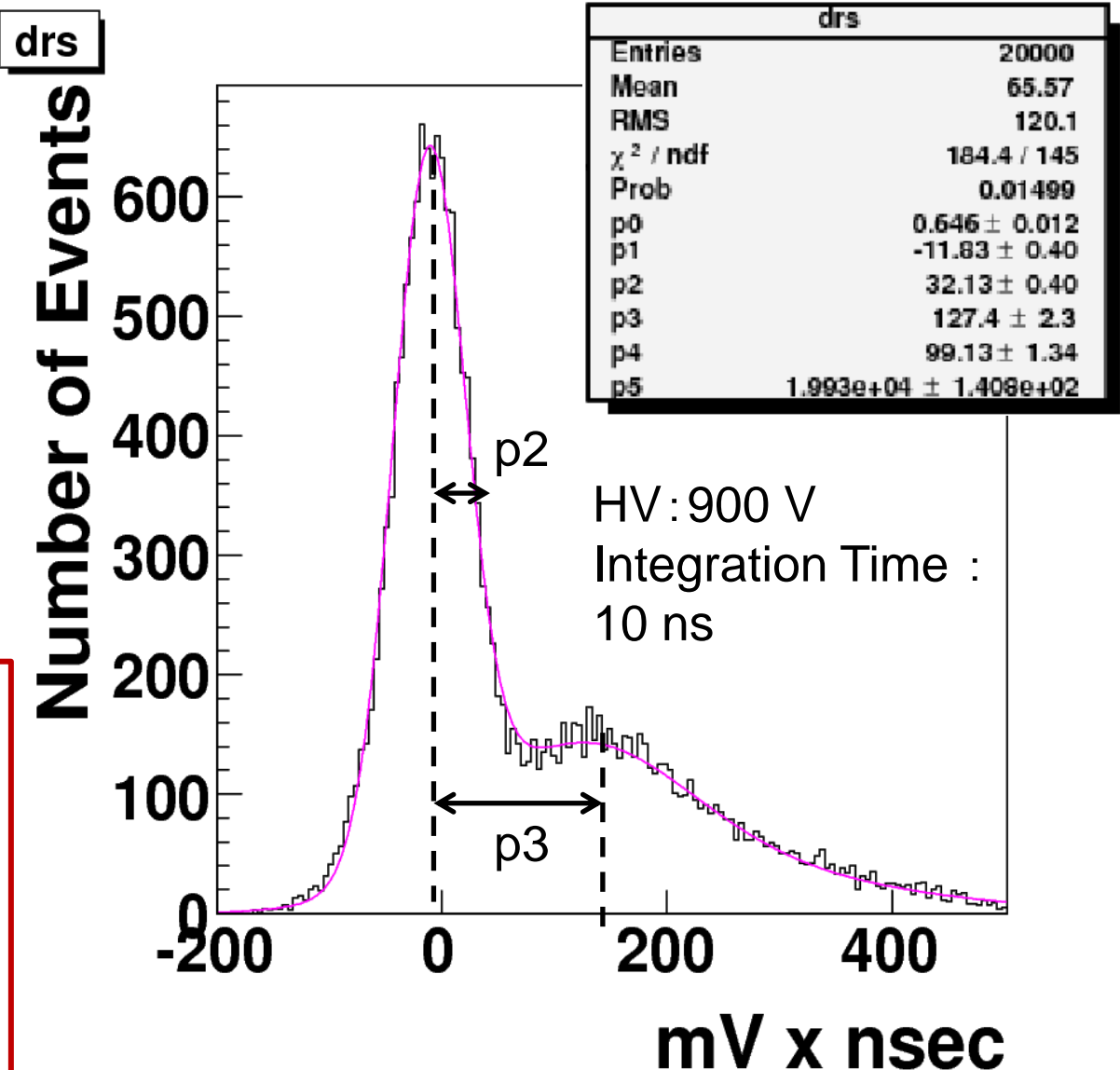
# 1 p.e. 測定結果

$$\begin{aligned} \text{S/N比}(= p3 / p2) \\ &= 127.4 / 32.13 \\ &= 4.0 \end{aligned}$$

(p3: 1 p.e. の積分量  
p2: pedestal sigma)

PMTゲイン  
→  $5.0 \times 10^4$

PACTAv1.2 の測定時  
より今回は多少セット  
アップのノイズ環境が  
悪いが、PMTゲイン5  
万で1 p.e. を識別する  
ことは可能。



# まとめ

- 日本グループで製作中のCTA-LST用光検出器モジュールを、最終仕様に向けて改良を進めている。
- PMTの量産品が約1000本納品され、calibration体制の準備を進めている。
- 実際にクラスタに組み込めるようにデザインされたPACTAv1.4プリアンプを製作した。
- 製作したプリアンプの性能評価を行い、測定結果としては概ねCTA計画の要求を満たしていることを確認できた。

諸特性	PACTAv1.2	PACTAv1.4
ダイナミックレンジ [p.e.]	0.7~5000	1.0~8000
ゲインで5万で1p.e.測定時のS/N	5.6	4.0