

# CTA 報告80:

## CTA大口径望遠鏡PMTキャリブレーション

高橋光成 <sup>A</sup>, 猪目祐介 <sup>B</sup>, 梅津陽平 <sup>C</sup>, 大岡秀行 <sup>A</sup>, 荻野桃子 <sup>A</sup>, 折戸玲子 <sup>D</sup>, 片桐秀明 <sup>E</sup>, 櫛田淳子 <sup>C</sup>, 窪秀利 <sup>F</sup>, 郡司修一 <sup>G</sup>, 小山志勇 <sup>H</sup>, 澤田真理 <sup>I</sup>, 辻本晋平 <sup>C</sup>, 坪根善雄 <sup>I</sup>, 手嶋政廣 <sup>A, J</sup>, 寺田幸功 <sup>H</sup>, 友野弥生 <sup>C</sup>, 中嶋大輔 <sup>A</sup>, 永吉勤 <sup>H</sup>, 西嶋恭司 <sup>C</sup>, 花畑義隆 <sup>A</sup>, 林田将明 <sup>A</sup>, 馬場彩 <sup>I</sup>, 松岡俊介 <sup>H</sup>, 山本常夏 <sup>B</sup>, 他 CTA-Japan Consortium

東大宇宙線研 <sup>A</sup>, 甲南大理工 <sup>B</sup>, 東海大理 <sup>C</sup>, 徳島大総科 <sup>D</sup>, 茨城大理 <sup>E</sup>, 京大理 <sup>F</sup>, 山形大理 <sup>G</sup>, 埼玉大理 <sup>H</sup>, 青山大理工 <sup>I</sup>, Max-Planck-Inst.fuerPhys. <sup>J</sup>

# PMT キャリブレーション

## ❖ 目的

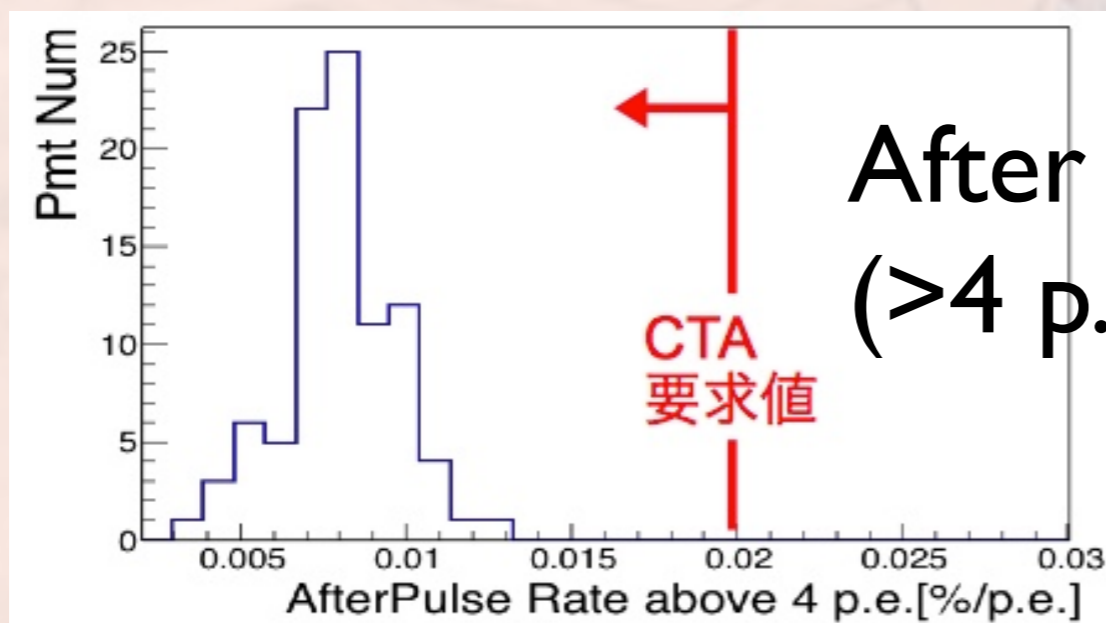
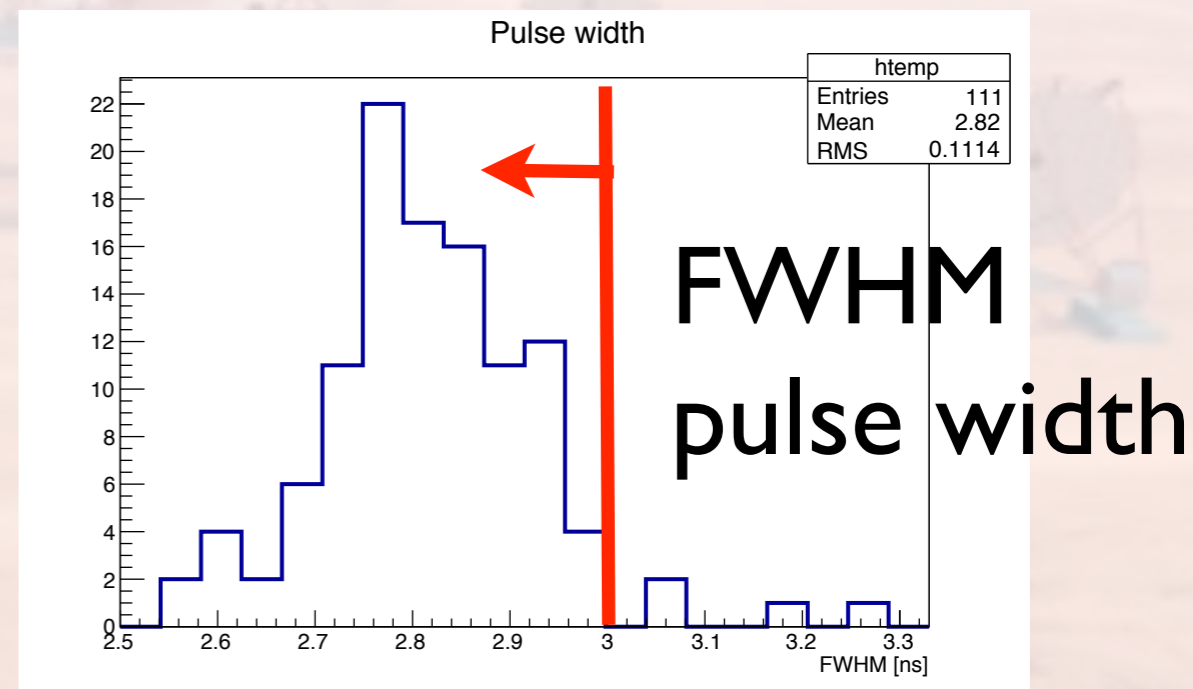
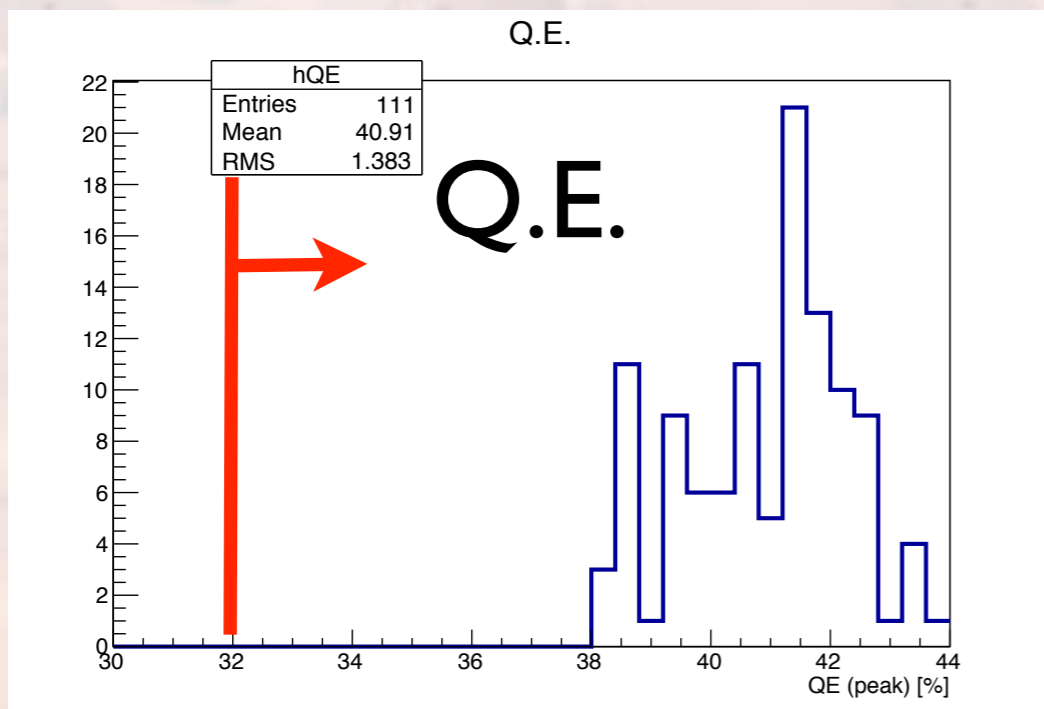
- ▶ LST初号機用のPMT約2,000本の動作チェック、特性の測定・データベース化を行い望遠鏡の開発・運用・保守に役立てる
- ▶ 特に、各PMTのカメラ内での配置を決定するためのデータを集める

## ❖ 測定項目

- ▶ Gain vs. HV カーブ
- ▶ F-factor
- ▶ Pulse幅
- ▶ Dynamic range
- ▶ After pulse rate

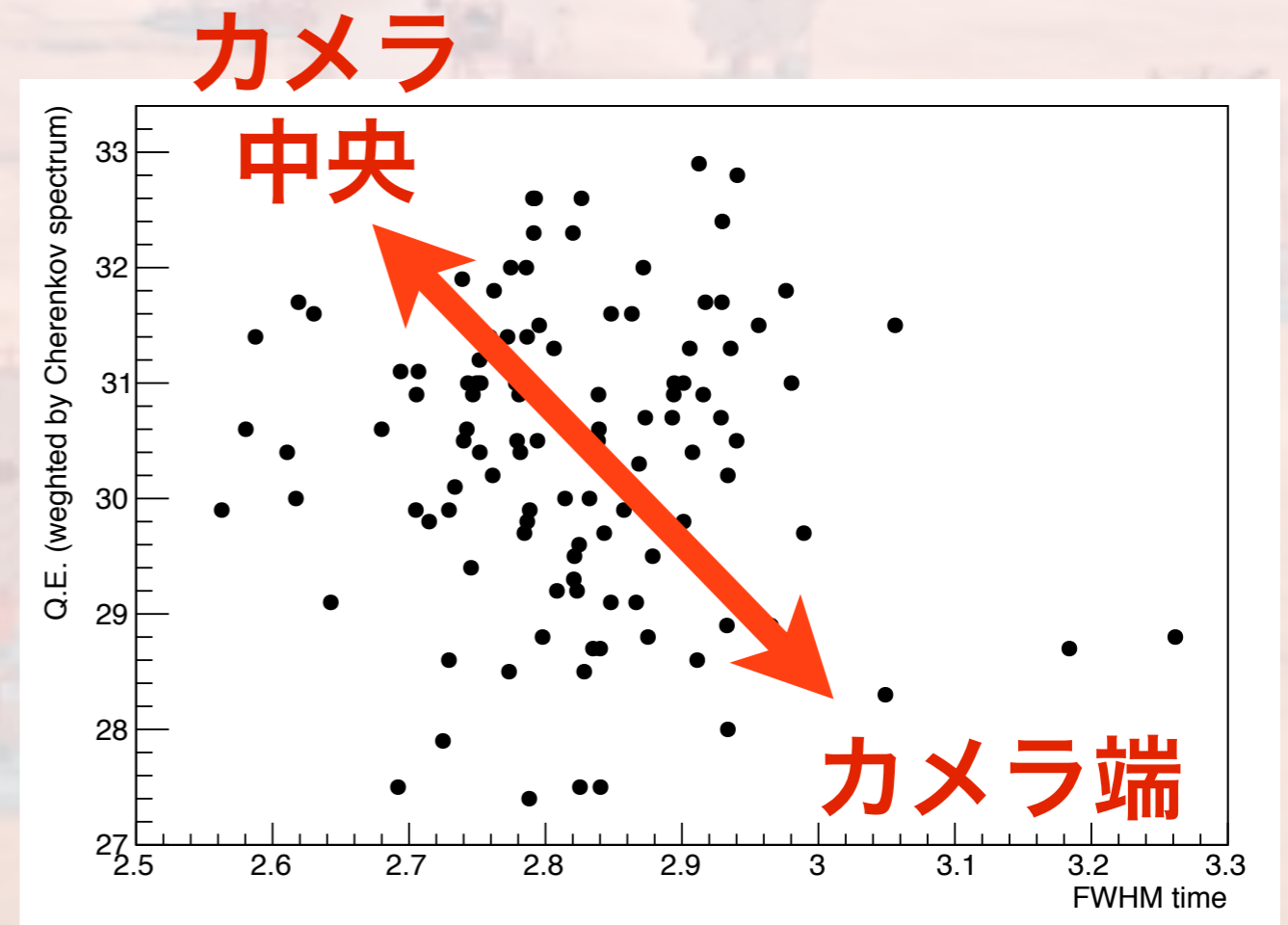
各PMTのカメラ内での配置を決定するために  
Gain vs. HVカーブ、Pulse幅と After pulse が重要

# Some characteristics



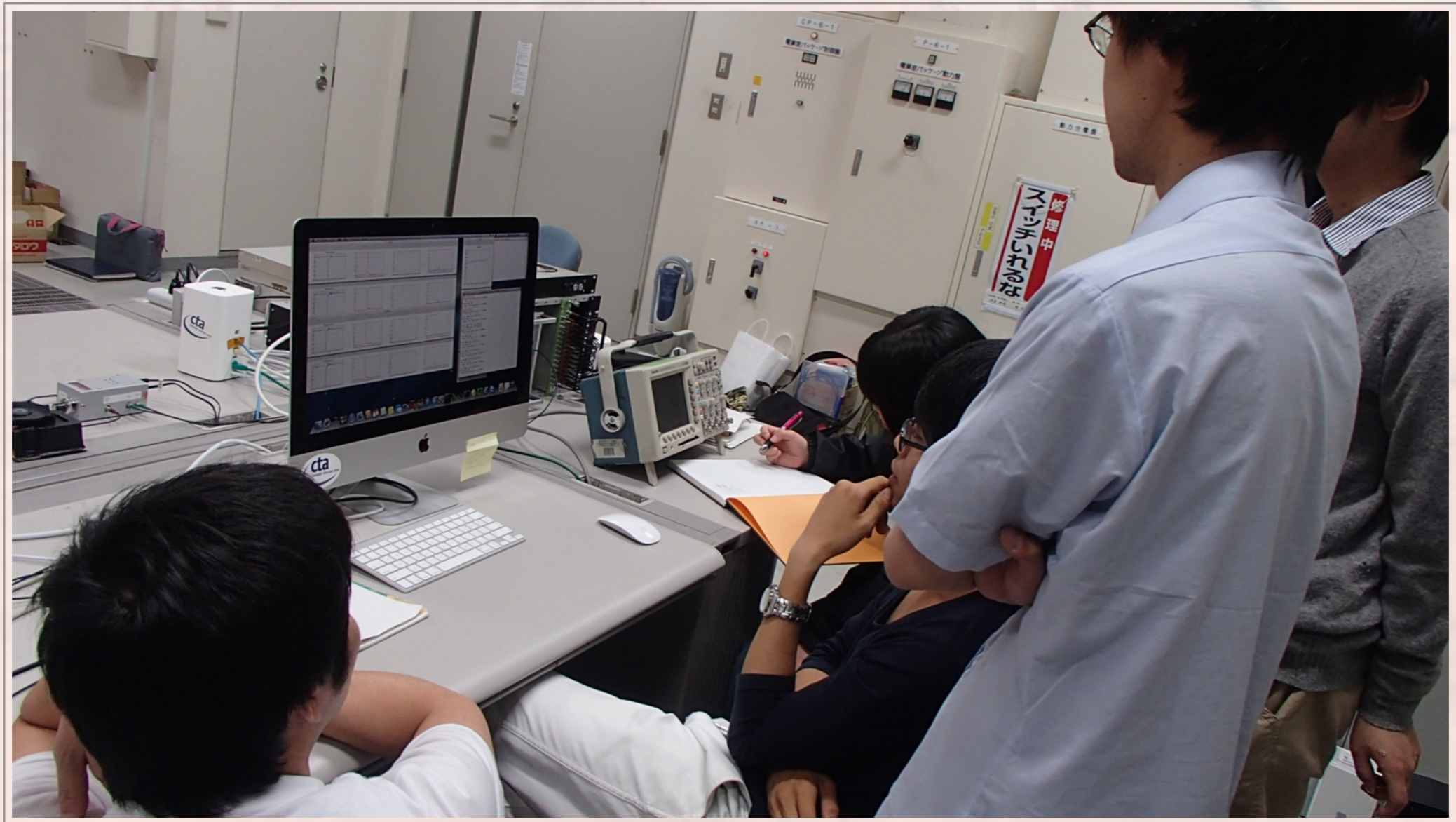
# カメラ内の配置決定

- ❖ 中心部分(トリガー領域)に配置するPMT
  - ▶ 高いQ.E.(量子効率)
    - 検出効率の向上
  - ▶ 短いPulse幅
    - エネルギー閾値の最適化



# 作業風景

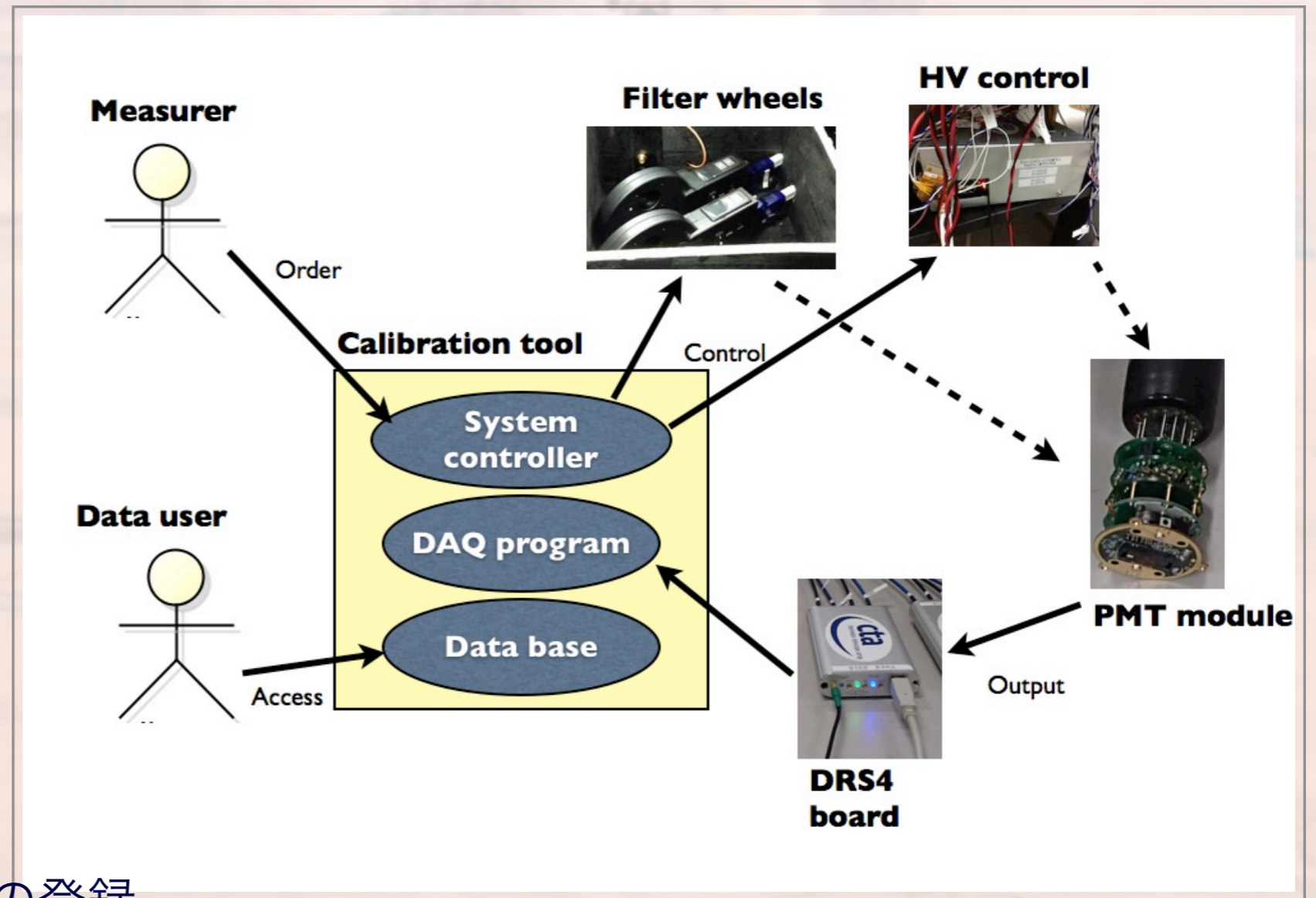
東京大、埼玉大、甲南大、東海大の修士課程の学生が主体となって準備



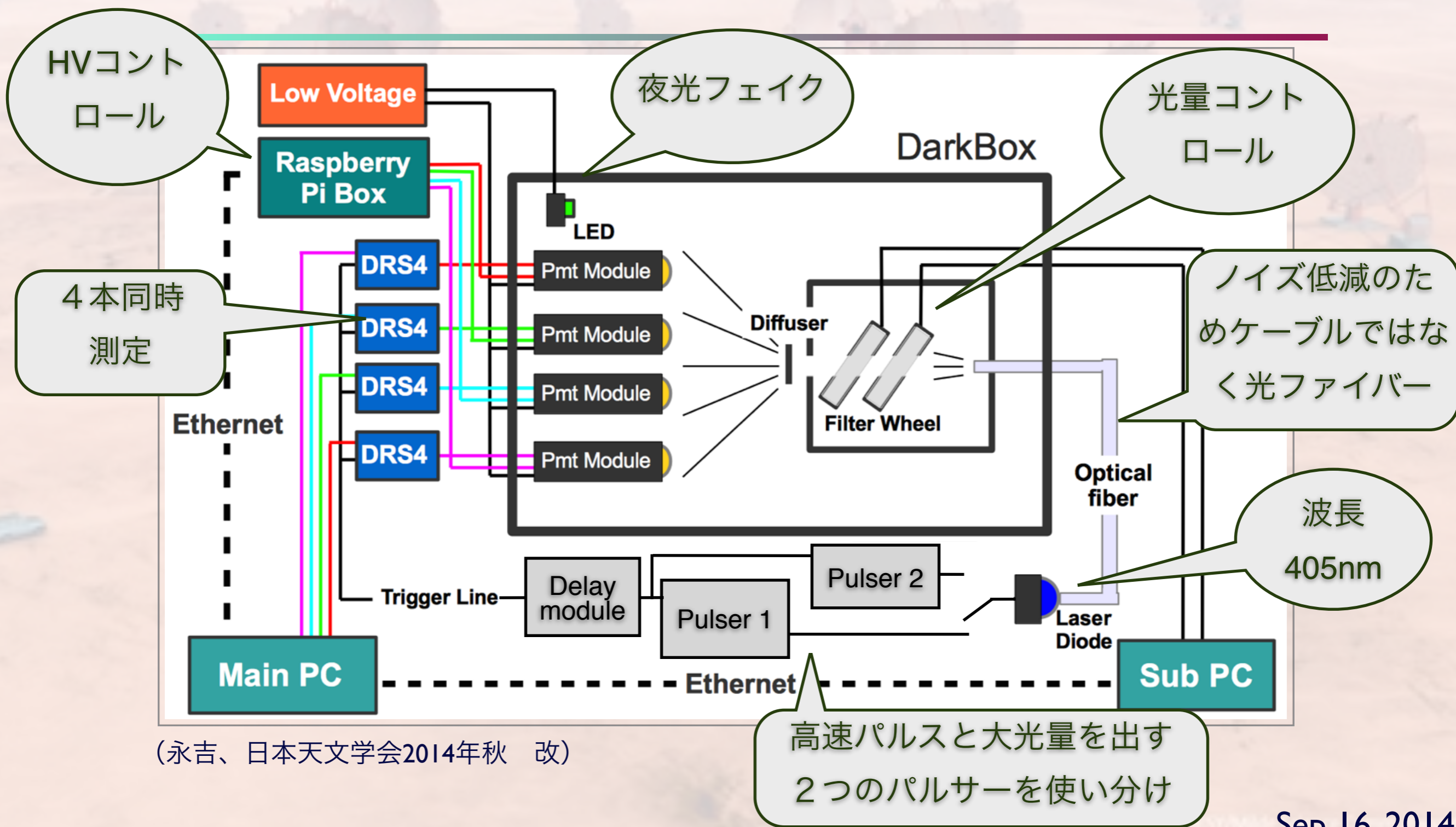
# キャリブレーションシステム

## ❖ 自動化

- ▶ 光量コントロール
- ▶ HVコントロール
- ▶ DAQ
- ▶ 解析
- ▶ mySQLデータベースへの登録

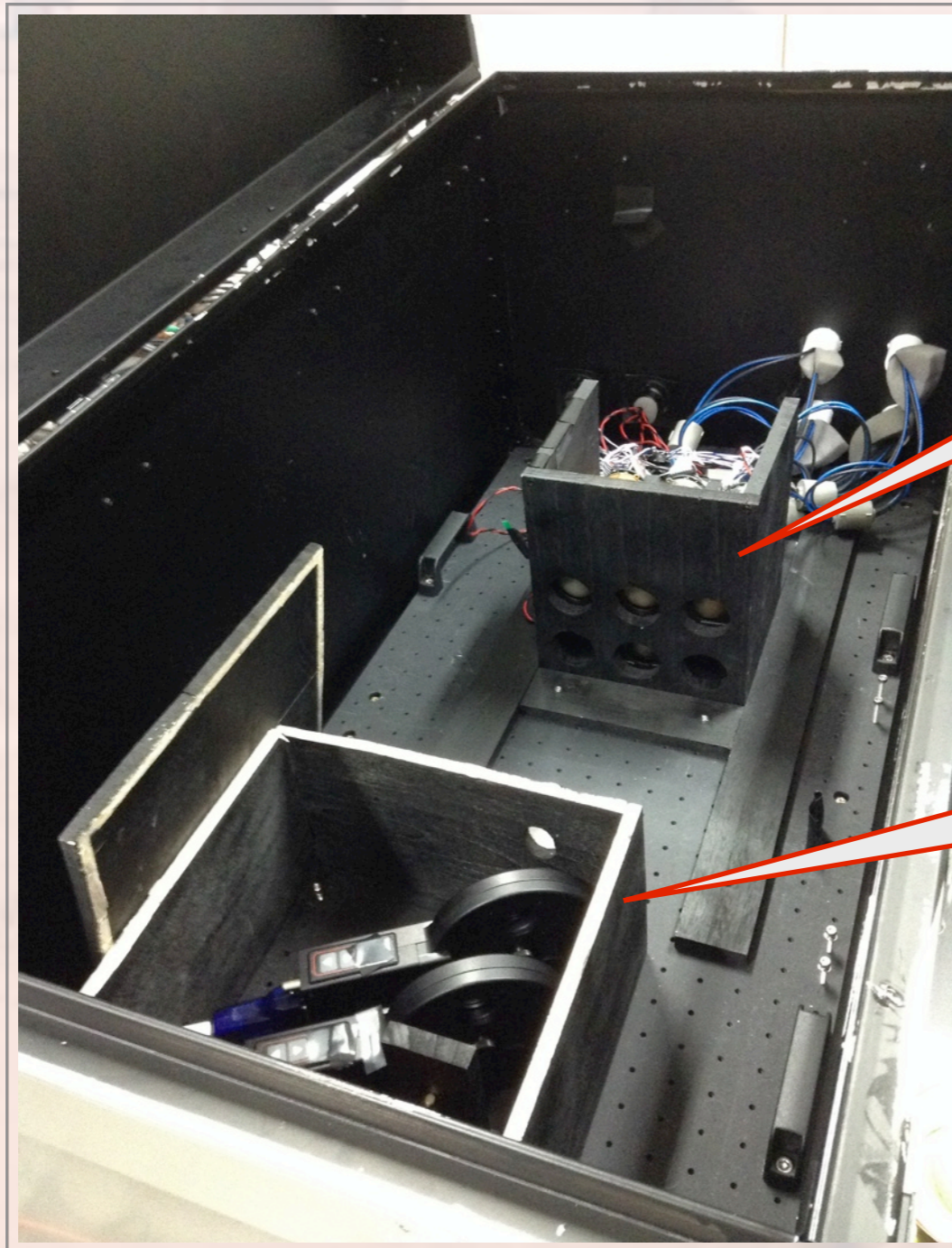


# ハードウェア



(永吉、日本天文学会2014年秋 改)

# ハードウェア



PMT 架台

光源・フィルターホイールボックス



# 測定

The screenshot displays a software interface for PMT calibration. It features a grid of plots for four different boards: ZQ5598 board2316, ZQ7458 board2316, ZQ5820 board2317, and ZQ5504 board2318. Each board's data is presented in four sub-plots labeled 1, 2, and 3. Plot 1 shows a sharp peak, plot 2 shows a flat baseline, and plot 3 shows a small peak. A terminal window on the right side of the interface displays a log of successful reads and timestamps for various boards, such as '7200 read successfully' and 'time board 2316 = 41.693654'. The bottom of the screen shows a Mac OS X dock with various application icons.

- ❖ 8/28 測定スタート
- ❖ 現在約100本終了

測定中の画面

# Gain

# Gain vs. HV

要求 Gain=40000

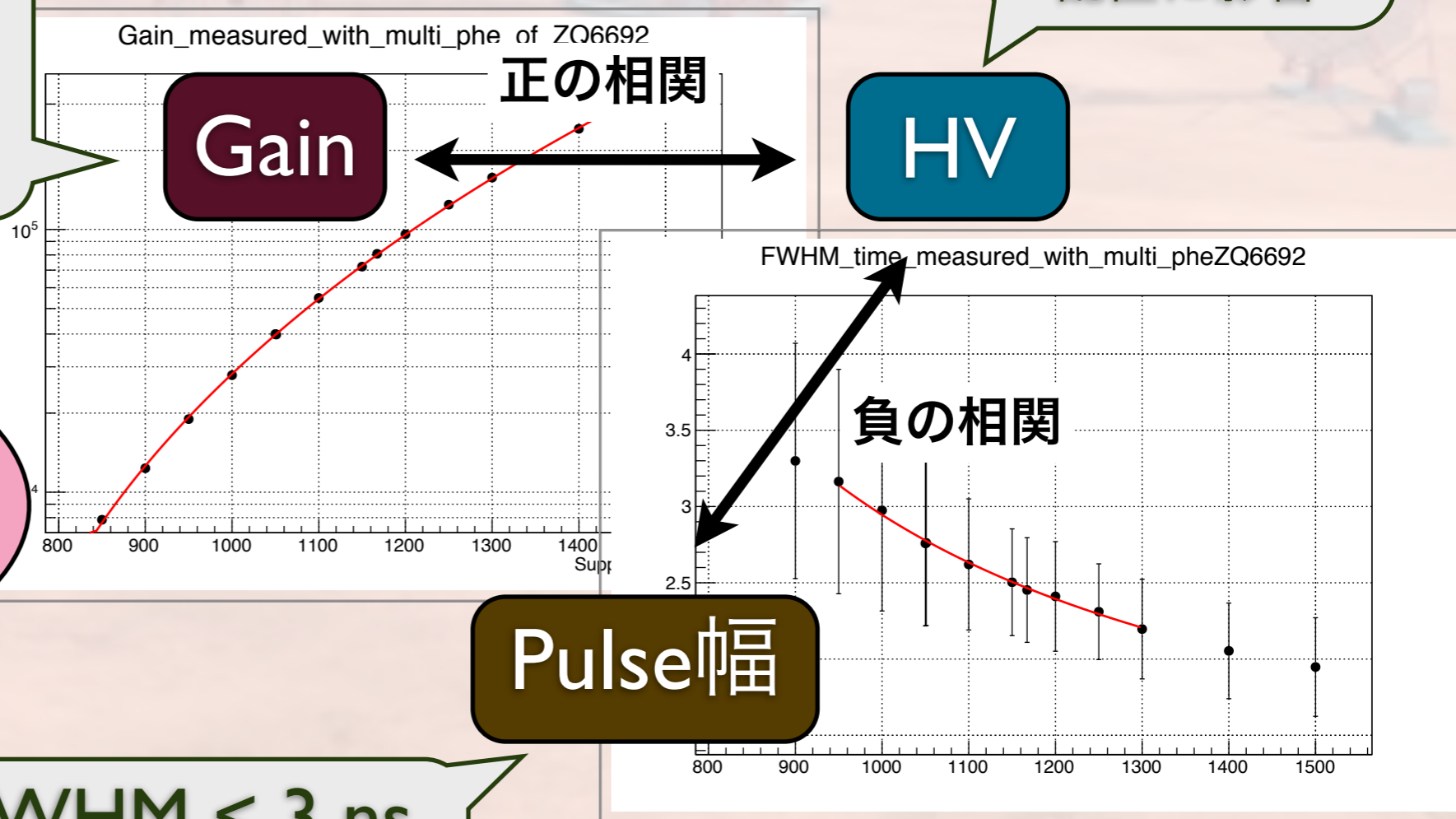
アンプのダイナミックレンジに影響

両立可能な Gain vs. HVカーブか？

要求 FWHM < 3 ns

エネルギー閾値の最適化

カメラ内の配置に影響

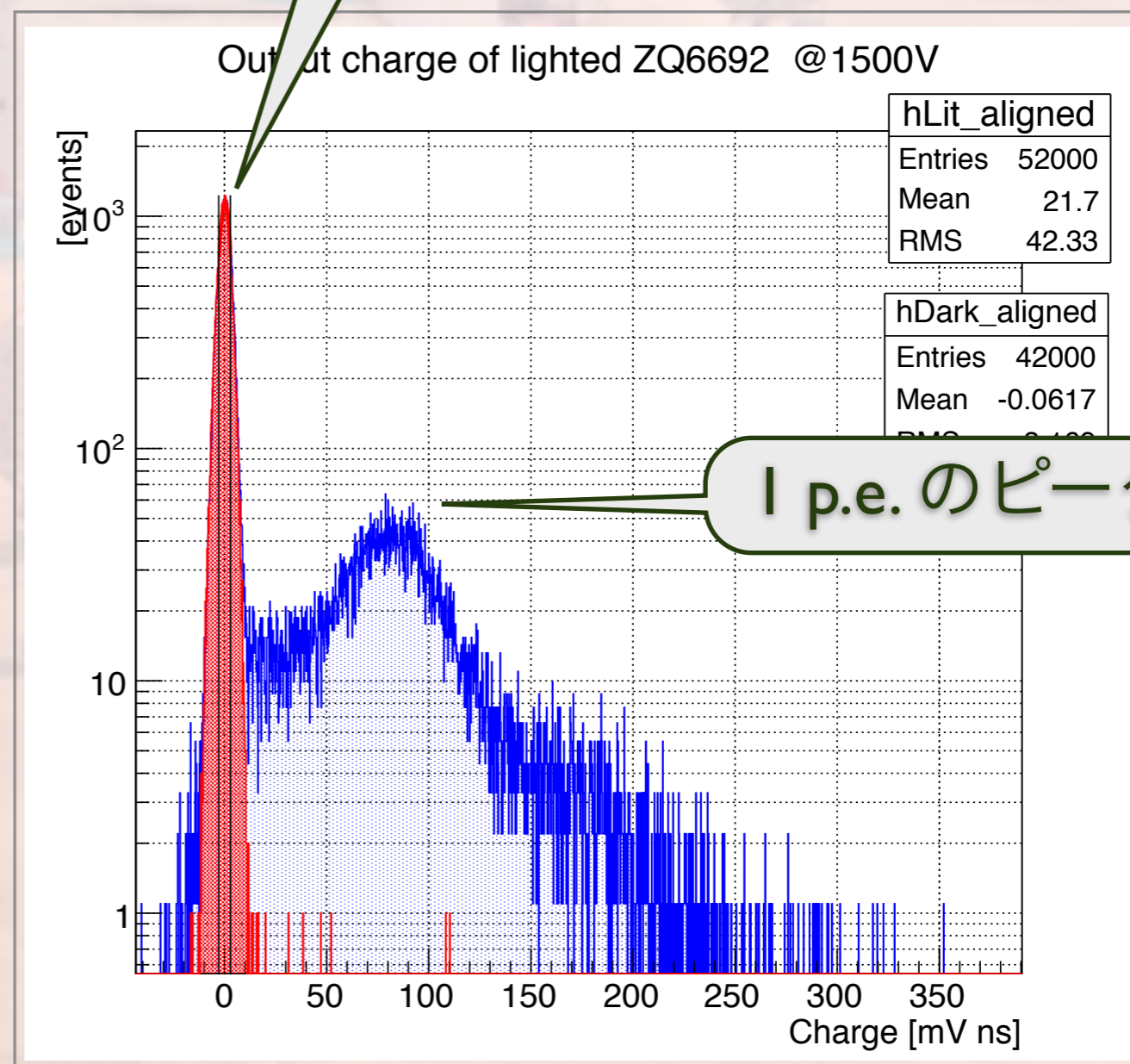


# Single p.e. 測定

❖ 平均p.e.数  $\ll 1$ の光量  
で測定

- ▶ 1 p.e. のイベントのみと考  
える
- ▶  $Gain = \text{平均} / \text{電荷素量}$
- ▶ HVはノイズの影響を抑え  
るため1500V

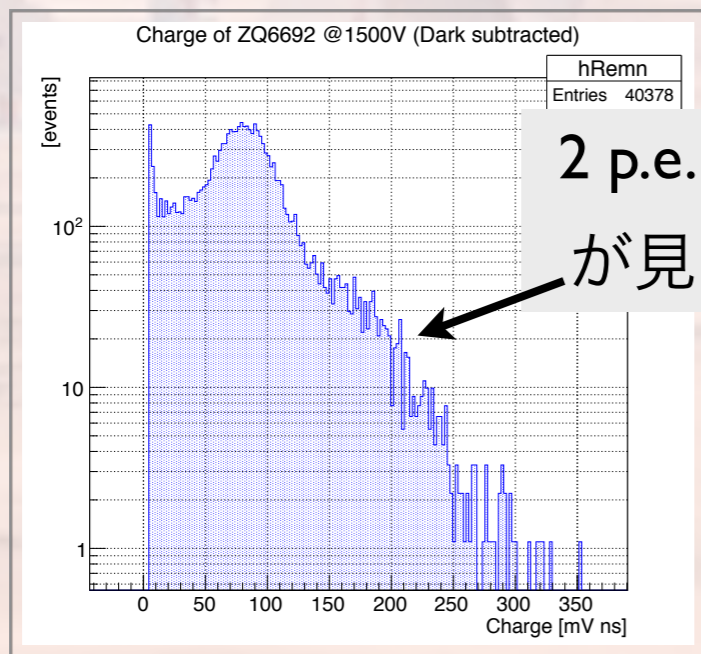
ほとんどを占める pedestalのイベン  
トは遮光した状態で測定したヒスト  
グラムを差し引くことで落とす



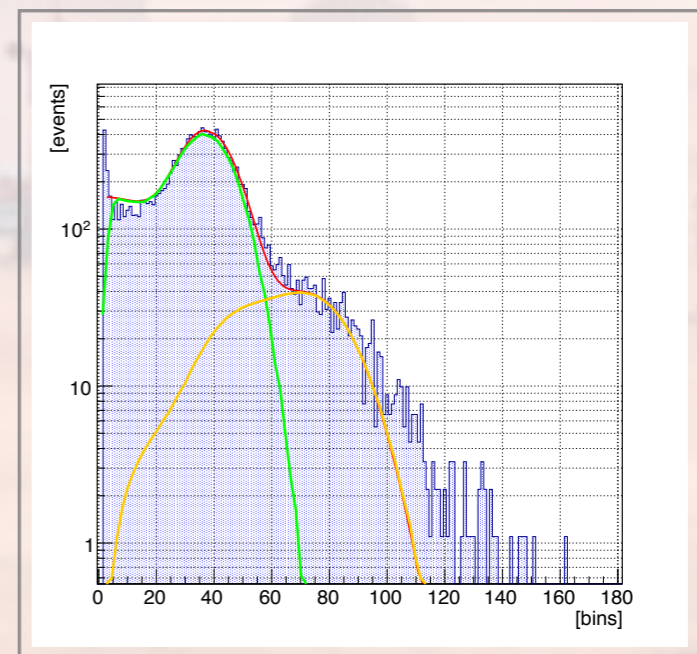
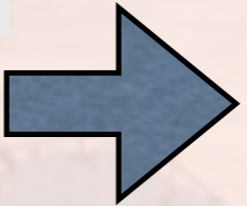
1 p.e. のピーク

新しい  
解析手順

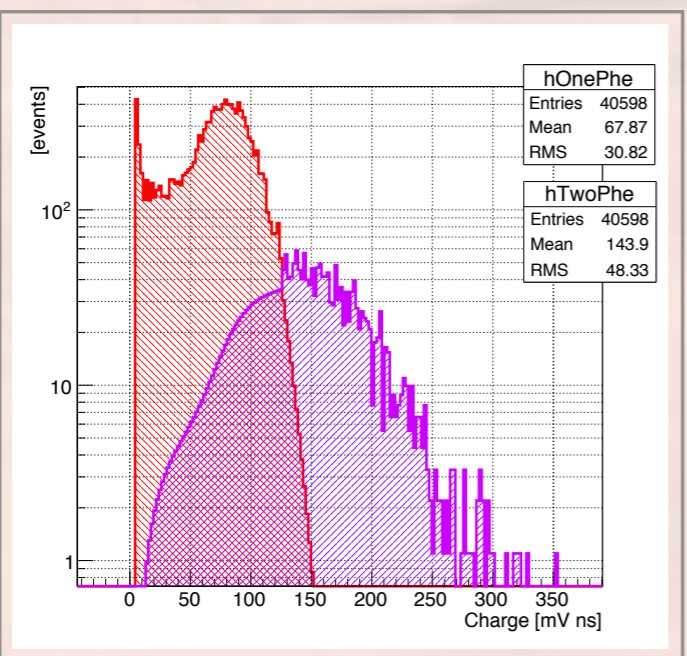
# Double one photoelectron fitting



2 p.e. のピーク  
が見えている



ポアソン分布を仮定し、1 p.e. の  
fitting を元に 2 p.e. の分布を推定



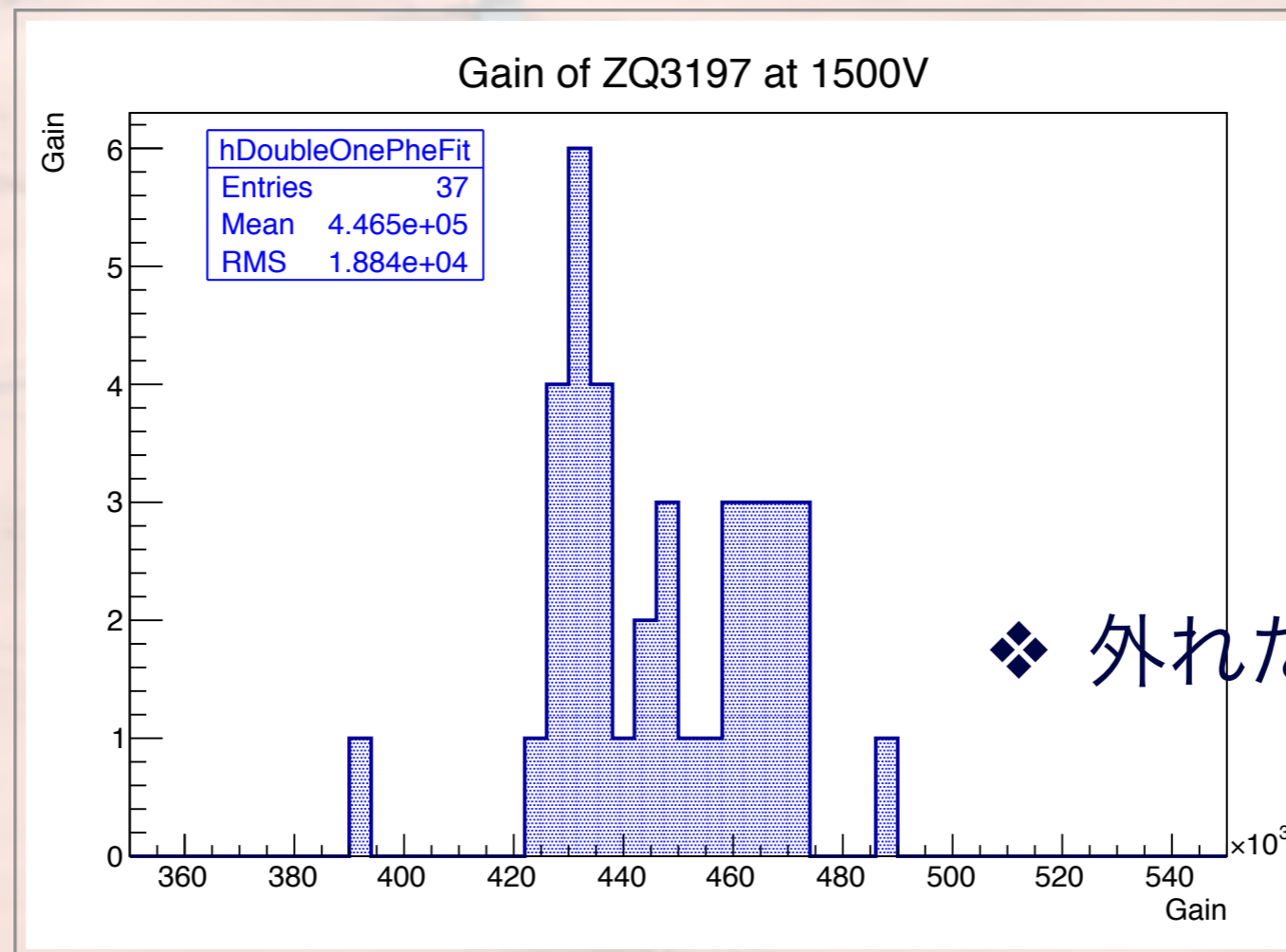
2 p.e. のイベントを分離した上で  
1 p.e. 電荷量の平均から Gain を計算



# Reference PMT 測定結果

## Gain at 1500V

- ❖ 標準となるPMTを1つ決めてreferenceとして同時測定
- ❖ 各測定で Gain に $\pm 4.5\%$ 程度のばらつき



❖ 外れた値もある

# まとめと今後

---

- ❖ 半自動的にPMTのキャリブレーションを実行出来るシステムを構築し、現在進行中である
- ❖ ペースを上げて2ヶ月以内に終了させる
- ❖ Gain は 1 p.e. レベル以下の光を用いて測定
- ❖ 2 p.e. イベントの影響を排除する新しい解析法を用いた
- ❖ 測定結果のばらつきについて精査する

# まとめと今後

2015

PMT キャリブレーション

ミニカメラ キャリブレーション

2016

カメラ全体テスト

望遠鏡に装着



# まとめと今後

---

- ❖ 半自動的にPMTのキャリブレーションを実行出来るシステムを構築し、現在進行中である
- ❖ ペースを上げて2ヶ月以内に終了させる
- ❖ Gain は 1 p.e. レベル以下の光を用いて測定
- ❖ 2 p.e. イベントの影響を排除する新しい解析法を用いた
- ❖ Gain 測定結果のばらつきについて精査する