

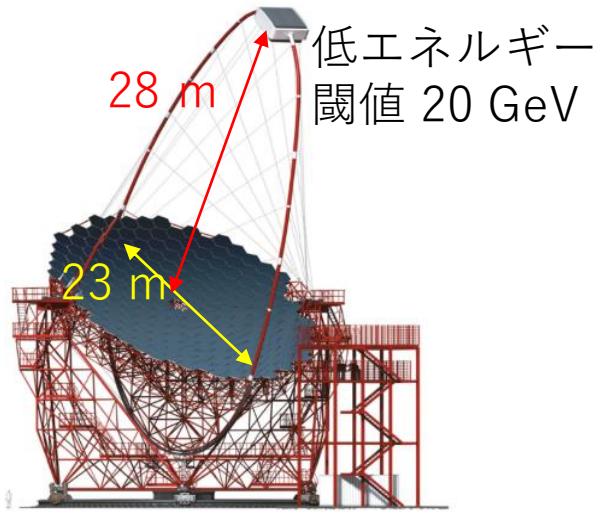
CTA 報告142: CTA 大口径望遠鏡初号機の 焦点面カメラ統合試験(II)

砂田裕志, 稲田知大^A, 猪目祐介^A, 岩村由樹^A, 大岡秀行^A, 岡崎奈緒^A,
奥村暁^B, 折戸玲子^C, 片岡淳^D, 片桐秀明^E, 櫛田淳子^F, 木村颯一郎^F,
窪秀利^G, 郡司修一^H, 小山志勇^I, 齋藤隆之^A, 櫻井駿介^A, 澤田真理^A,
鈴木萌^E, 高橋光成^A, 高原大^J, 田中真伸^K, 辻本晋平^L, 手嶋政廣^{A,M},
寺田幸功, 門叶冬樹^H, 中嶋大輔^A, 中森健之^H, 永吉勤, 西嶋恭司^F,
西山楽, 野崎誠也^G, 林田将明^J, 馬場彩^N, 平子丈^G, 深見哲志^A,
増田周^G, 山本常夏^J, 吉田龍生^E, Daniela Hadasch^A, Daniel Mazin^A,
他 CTA-Japan consortium

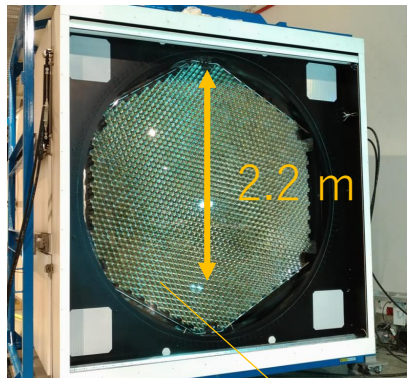
埼玉大理工, 東大宇宙線研^A, 名大ISEE^B, 徳島大理工^C, 早稲田理工^D,
茨城大理^E, 東海大理^F, 京大理^G, 山形大理^H, ISAS/JAXA^I, 甲南大理工^J,
KEK素核研^K, 東海大総合理工^L, マックスプランク物理^M, 東大理^N

CTA LST 及び焦点面カメラ

Large Sized Telescope, LST

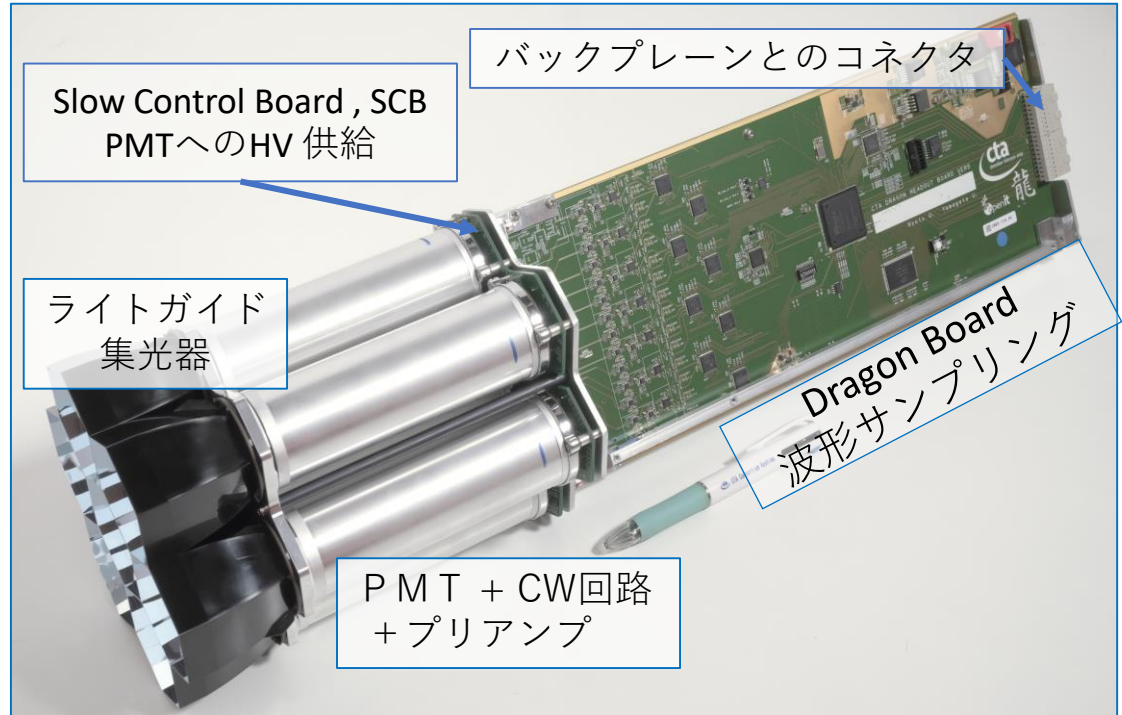


焦点面検出器



PMT 1855 本で構成

PMT モジュール



低エネルギー閾値 20 GeV を達成するために
高性能の光検出器モジュールを開発した

- 平均量子効率 40% を超える PMT
- 300 - 500 nm での反射率 90% 超のライトガイド
- 最大 5 GHz サンプリングの Dragon ボード

LST 焦点面カメラ開発スケジュール

2017年 11 月

ミニカメラ統合試験

Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

スペイン領テネリフェ島のIACで19個のPMTモジュール単位での試験を行った

2018年春季大会 野崎講演

2018年 5-6 月

カメラ統合試験@ Institut de Fisica d'Altes Energies (IFAE)

カメラ筐体の水冷や電源分配などの動作確認

個別に開発されたカメラ筐体をPMTモジュールを挿入しての試験

2018年 8-9 月

カメラ統合試験@ ラ・パルマ島 Mirca

PMTモジュール・カメラの組み立て

全モジュールからのデータ取得試験

2018年9月末

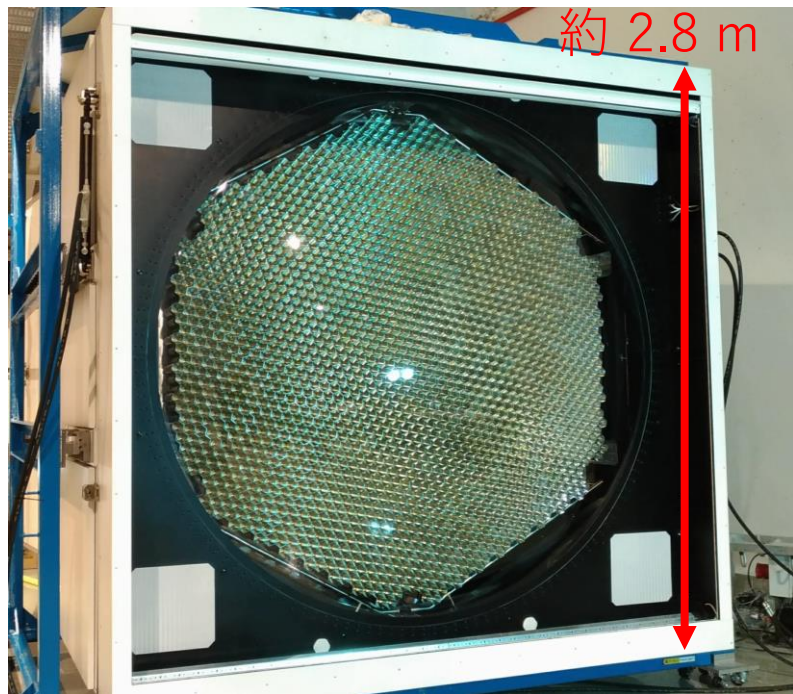
望遠鏡へのカメラインストール

今回の
発表内容

カメラ構造

カメラ正面

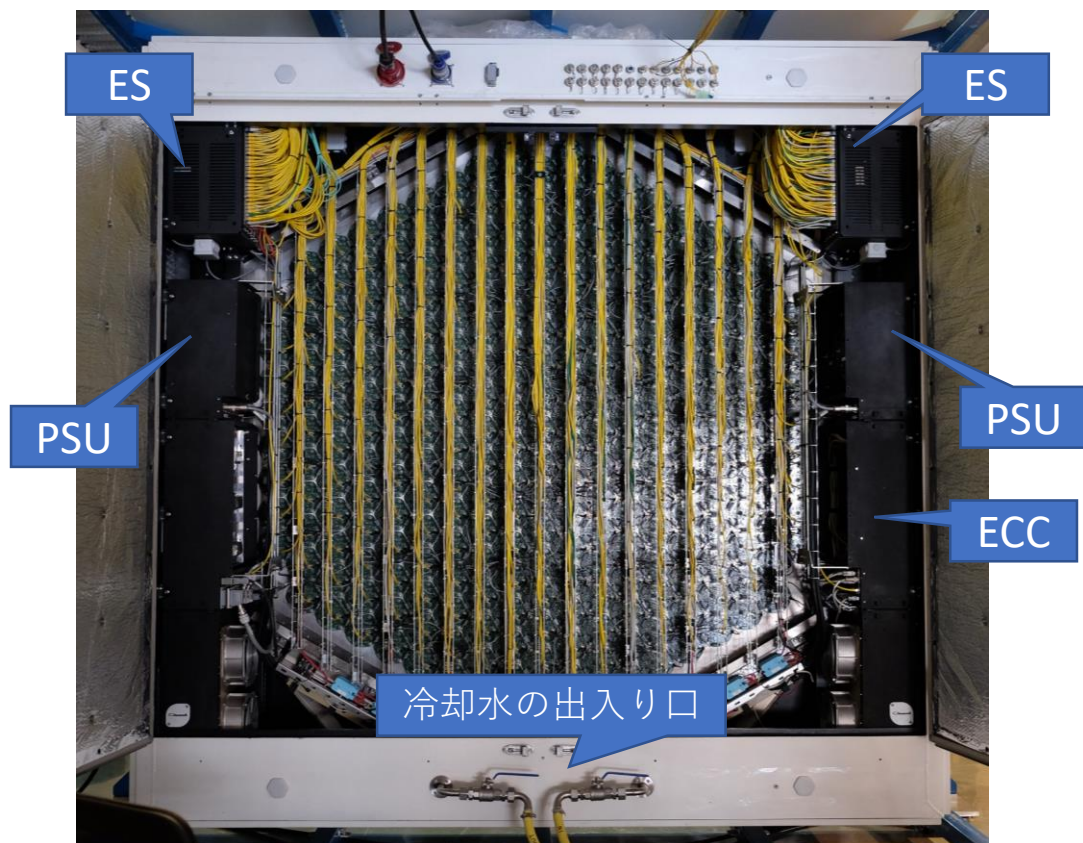
1855本のPMTが取り付けられ
カメラ本体の手前に透明な窓と
シャッターがついている
水冷パイプがPMT部分周囲に設置



日本、スペイン、
フランスグループが開発

カメラ背面

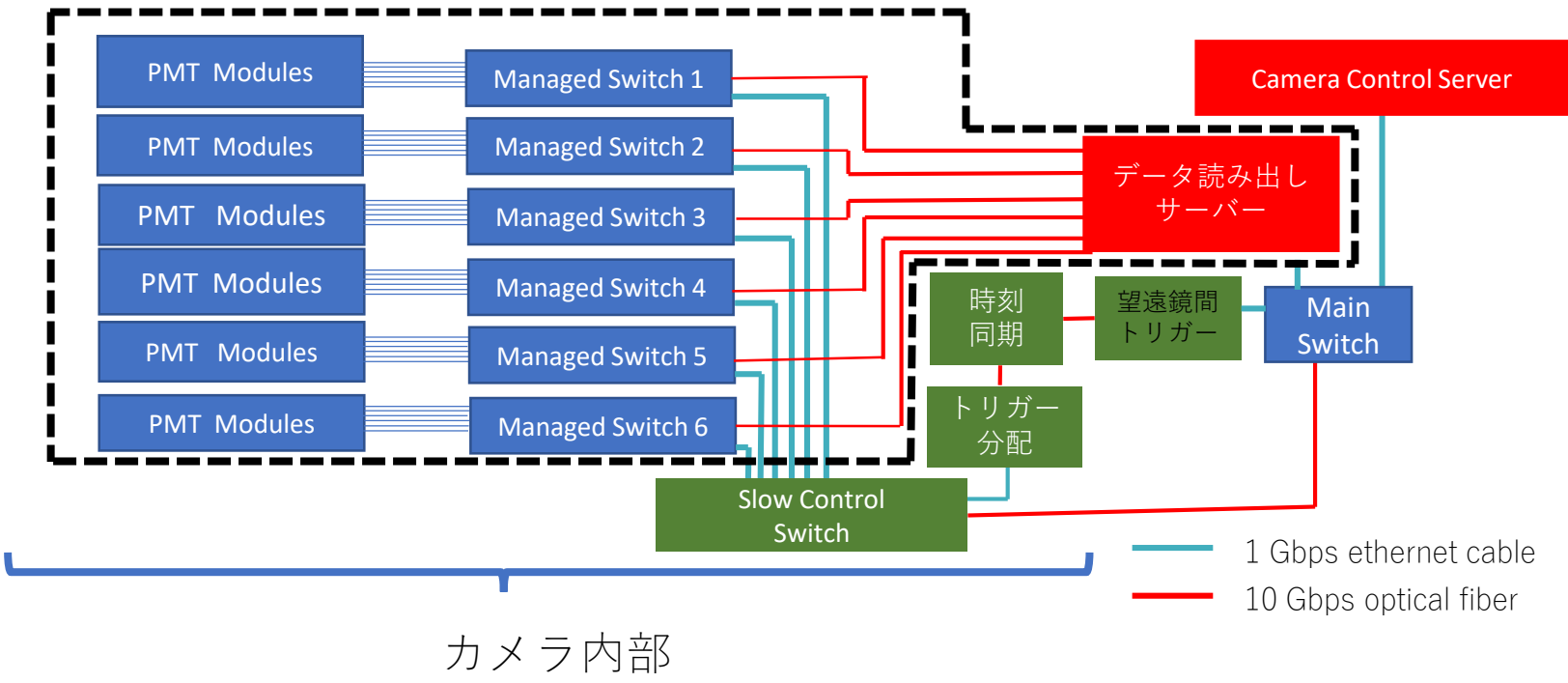
電力供給基板 (PSU)
イーサネットスイッチ (ES)
スローコントロール系 (ECC)
バックプレーン (BP)



LST 1 ネットワーク構成

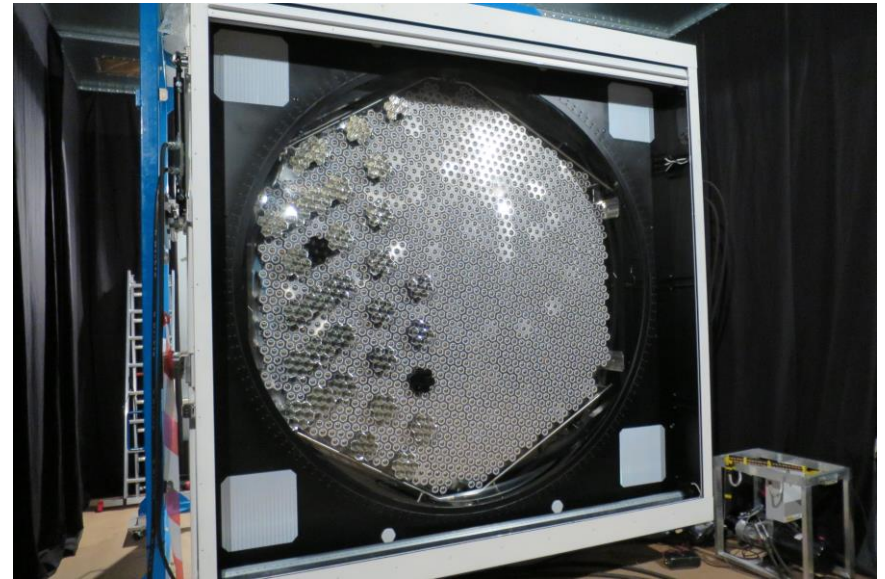
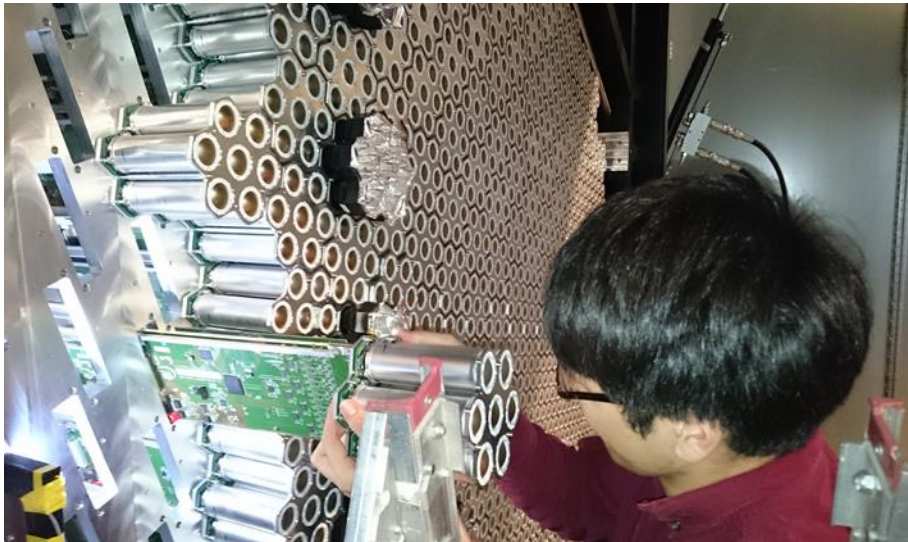
カメラからのデータ取得

- 20 GeV のガンマ線を観測しようとするするとトリガーレートは 15 kHz ほどになる
- 1 モジュール 150 Mbps , カメラ全体では 40 Gbps 程度でのデータ取得が必要
- PMTモジュールを 6 つのスイッチで管理し各モジュールと 1Gbps ケーブルで接続
- 各スイッチは 10 Gbps の光ファイバーケーブルでサーバーマシンと接続



カメラ試験@ I F A E (バルセロナ)

- ✓ PMTモジュールやカメラ筐体IFAEに輸送
- ✓ カメラ筐体の水冷試験やPMTモジュールへの電力供給等を確認
- ✓ PMTモジュールは動作確認をしたのちカメラに挿入
- ✓ カメラ正面から光を当て外部トリガーを用いてのデータ取得に成功

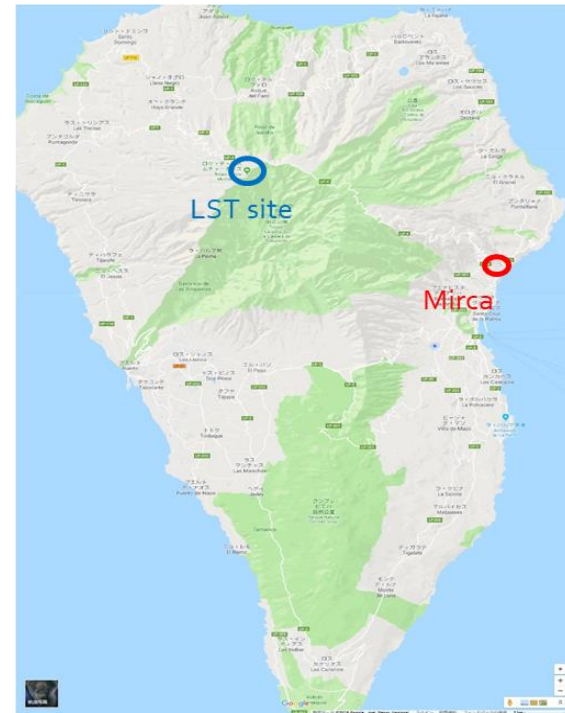


カメラ組み立て及び統合試験@ラ・パルマ

カメラ筐体とモジュールを分離し、それぞれ IFAE からラパルマ島 Mirca の倉庫へ輸送しカメラの組み立て・試験を行った

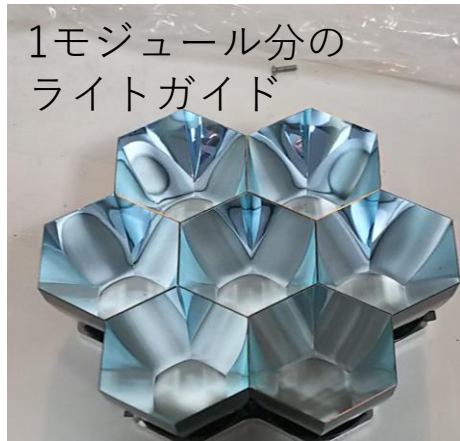
ラ・パルマでやったこと

- ✓ PMTモジュールへのライトガイドの取り付け
- ✓ カメラ筐体へのPMTモジュールモジュールの挿入
- ✓ 全モジュールからのデータ取得試験



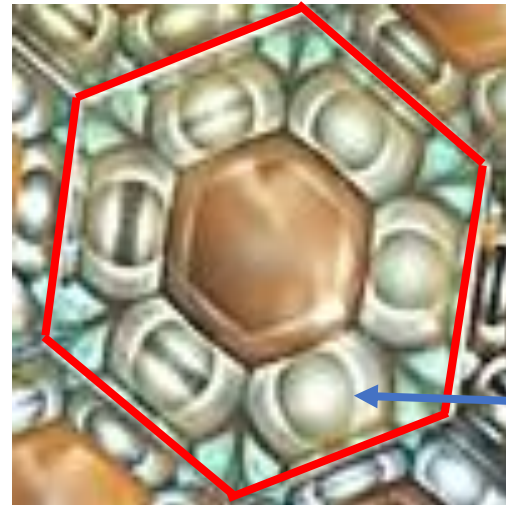
ライトガイドの組み立て@ラ・パルマ

265 個のPMTモジュールにライトガイドを取り付けた



1モジュール分ずつピラーを挟んでねじ止めで取り付ける

ライトガイドを取り付けたモジュール

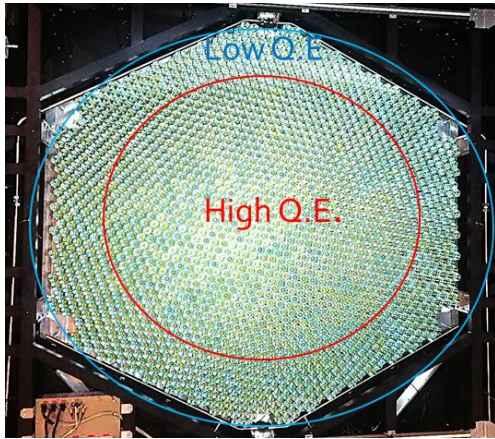


1 PMTを正面から
みた写真

見かけの管面が
大きくなっている

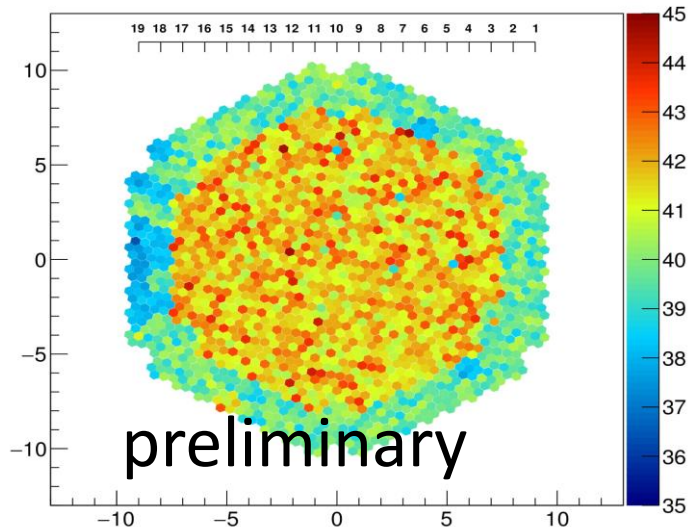
PMTモジュールの挿入 @ラ・パルマ

チェレンコフ光を効率的にとらえるため中心付近の量子効率が高くなるようにPMTモジュールをカメラ筐体に取り付けた



Q.E. map

- ✓ PMTモジュールを特に量子効率の高いものと平均的なものに分ける
- ✓ カメラ上の位置を中心付近と端の2領域に分ける
- ✓ 中心領域に特に高い量子効率のPMTモジュールが配置されるように挿入した



←実際に組み上げたカメラの
Q.E.分布
二つの領域内での Q.E.配置はランダムになるようにしている

モジュール挿入作業の様子→

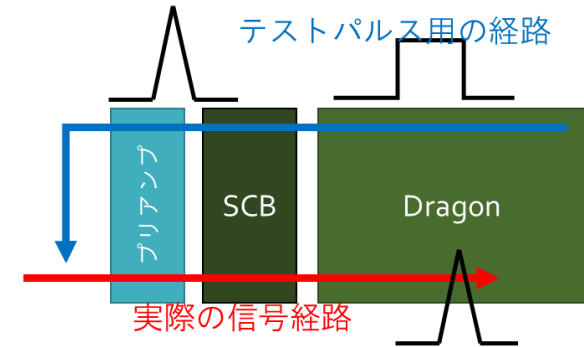


カメラ全体試験@ラ・パルマ

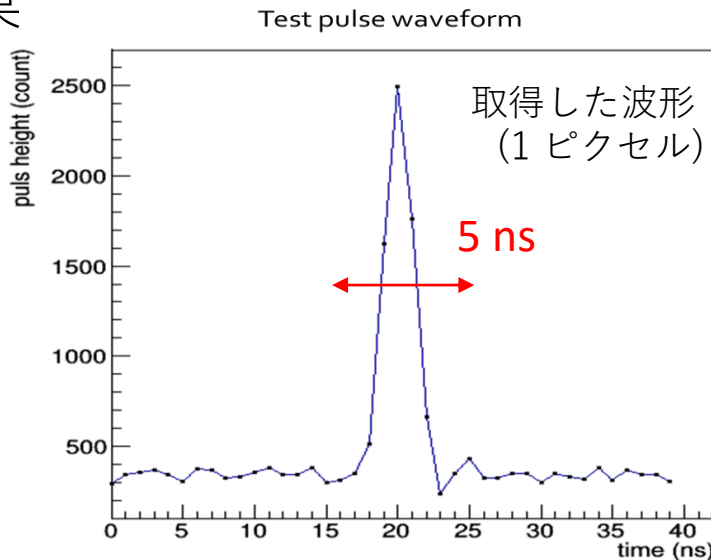
カメラ筐体に取り付けた265モジュールで同時にテストパルスを用いた波形データの取得を行った

テストパルスの生成と経路

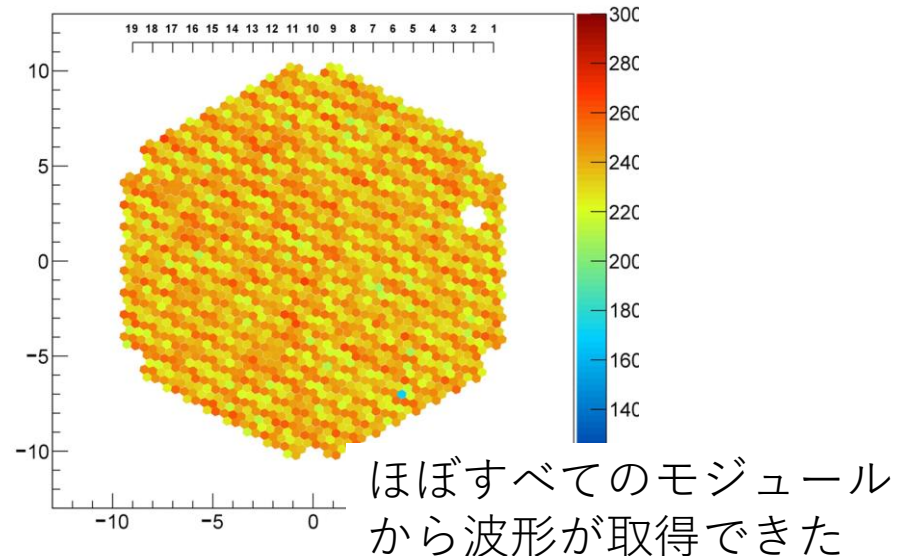
1. Dragon 上で矩形波を生成しSCBに送る
2. SCBで整形しプリアンプに送る
3. PMTからの波形信号と同じ経路に送る



結果

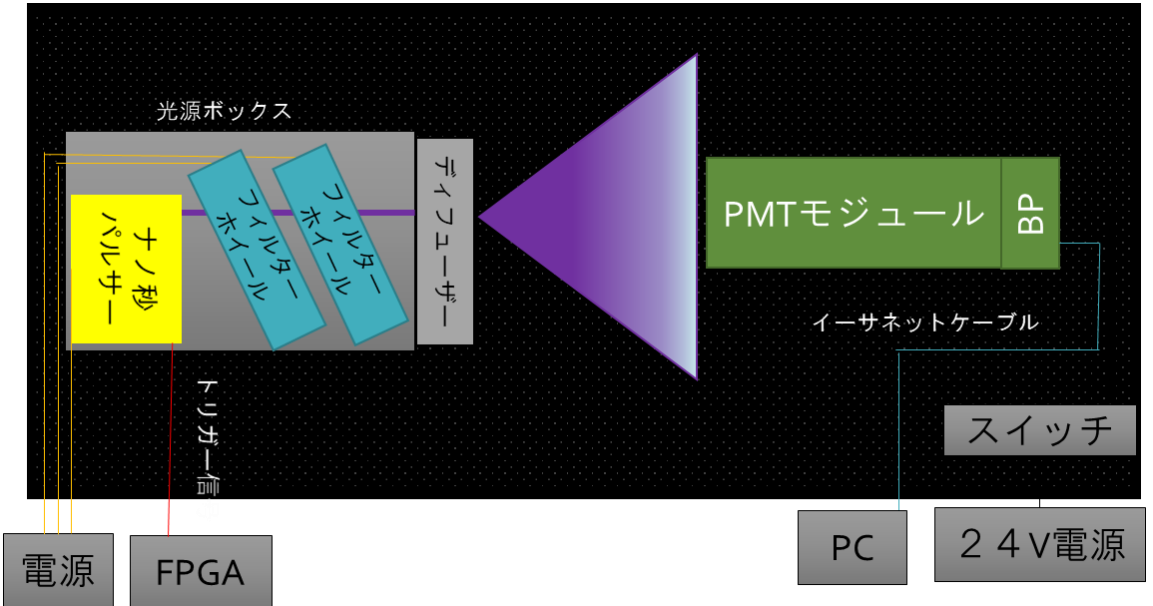
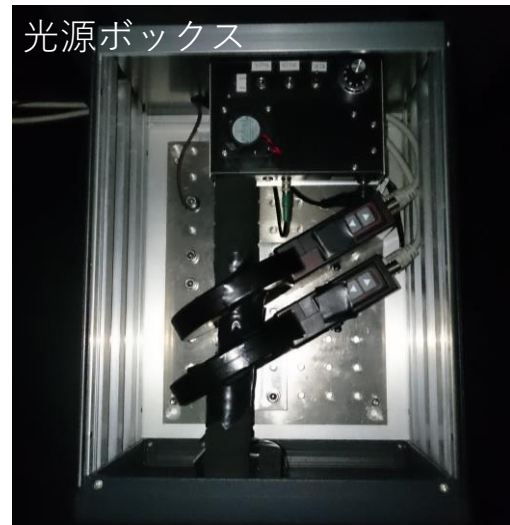


各ピクセルでの波高値分布



PMT モジュール測定系@ラ・パルマ

カメラ筐体にPMTモジュールを取り付けての試験を行い不具合がみられるPMTモジュールの確認や予備PMTモジュールの性能測定用に測定系を組み立てた



カメラへ挿入後に不具合がみられたモジュールや新しく組み上げたモジュールに対して試験を行い
ペDESTAL、ノイズ分布、クロストーク
リニアリティなどを確認した

まとめ

- IFAEではPMTモジュールとカメラ筐体を合わせて初めての試験を行い、水冷、電力分配、トリガー機能が正常に動作したことを確認した
- ライトガイドをPMTモジュールに取り付け、PMTモジュールを完成させた
- カメラ中心での量子効率が高くなるようにPMTモジュールを挿入した
- カメラに取り付けたほぼすべてのPMTモジュールから同時に波形取得を成功させた
- PMTモジュール試験用の暗箱を作成し予備PMTモジュールの正常な動作を確認した