

CTA報告112： CTA大口径望遠鏡初号機用カメラ試験

(1) 1/14モデル ミニカメラ試験

(2) LST2-8号機以降搭載用 読み出し回路開発

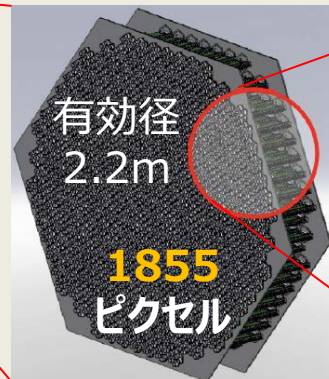
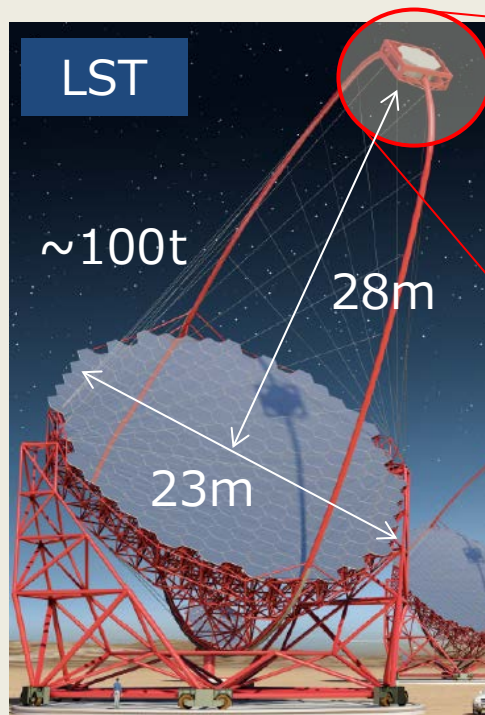
野崎誠也, 石尾一馬^{A,B}, 猪目祐介^C, 大岡秀行^A, 奥村暁^D, 折戸玲子^E, 片桐秀明^F, 岸田柁^C, 窪秀利, 櫛田淳子^G, 郡司修一^H, 小山志勇^I, 今野裕介, 齋藤隆之, 高橋光成^A, 武田淳希^H, 田中真伸^J, 谷川俊介, 辻本晋平^G, 手嶋政廣^{A,B}, 寺田幸功^K, 友野弥生^G, 中嶋大輔^A, 中森健之^H, 永吉勤^K, 西嶋恭司^G, 林田将明^A, 馬場彩^L, 増田周, 山本常夏^C, 吉田龍生^F, Dang Viet Tan^F, Daniela Hadasch^A, Daniel Mazin^{A,B}, 他CTA-Japan consortium, 池野正弘^{J,M}, 内田智久^{J,M}

京大理, 東大宇宙線研^A, Max-Planck-Inst. fuer Phys.^B, 甲南大理工^C, 名古屋大ISEE^D, 徳島大理工^E, 茨城大理^F, 東海大理^G, 山形大理^H, JAXA宇宙科学研^I, KEK素核研^J, 埼玉大理工^K, 東大理^L, Open-It^M

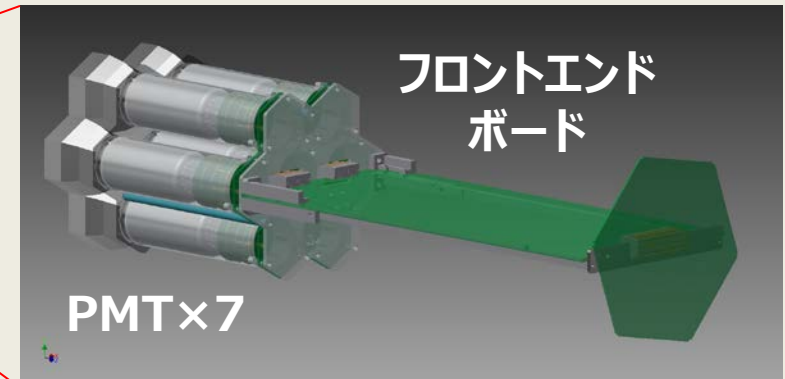


CTA大口徑望遠鏡 (LST)

- 20GeV-1TeVに焦点を当てた口径23mの望遠鏡
- 南北サイトに4台ずつ建設
- CTA-LST初号機は2017年ファーストライト予定



焦点面カメラ



PMTモジュール

焦点面カメラは1855ピクセル
LST1台あたりPMTモジュール×265個
1PMTモジュールあたりPMT×7個

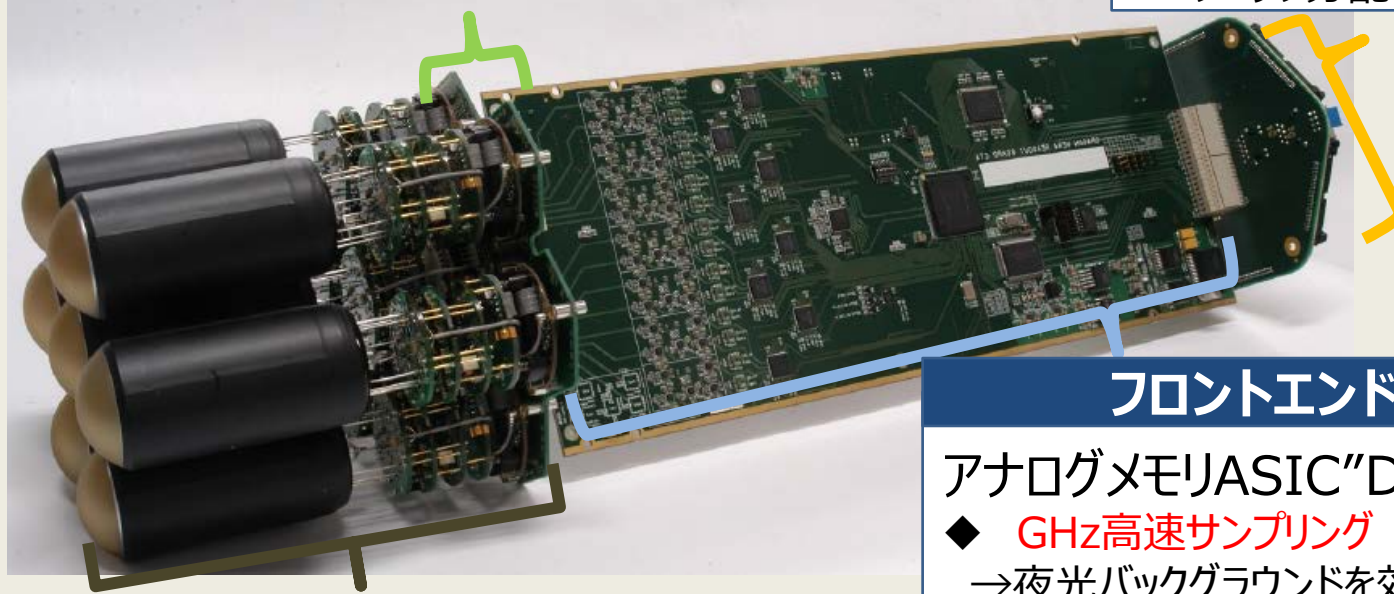
PMTモジュールの構成

スローコントロール ボード

- PMT HV制御
- テストパルス生成 etc...

バックプレーン ボード

- 24V電源供給
- トリガー分配
- クロック分配



PMTユニット×7

- PMT(1.5インチ径)
- CW-HV
- プリアンプ

フロントエンドボード

アナログメモリASIC"DRS4"を採用

- ◆ GHz高速サンプリング
→夜光バックグラウンドを効果的に排除
- ◆ 低速ADC読出し → 低消費電力

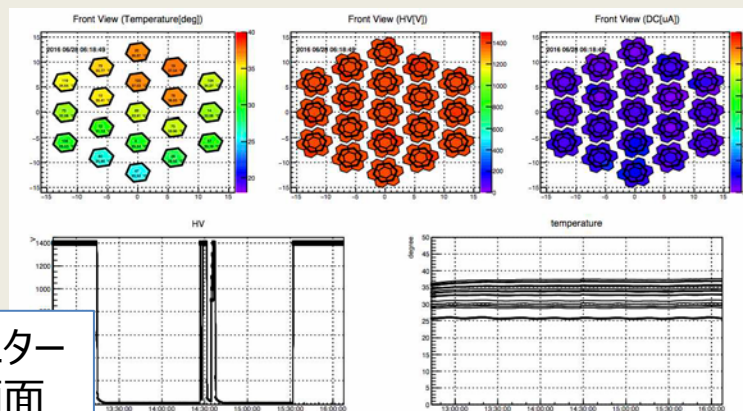
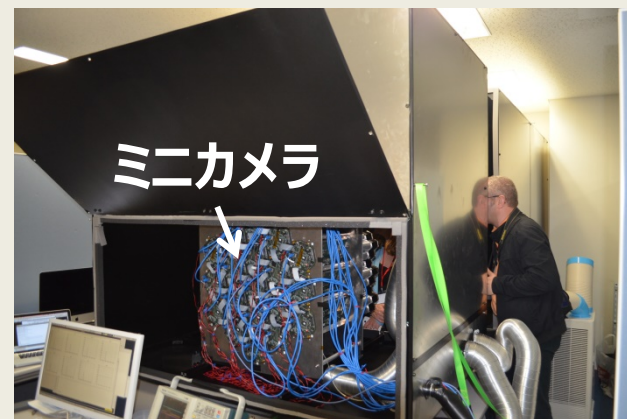
(1) 1/14モデル ミニカメラ試験

(2) LST2-8号機以降搭載用 読み出し回路開発

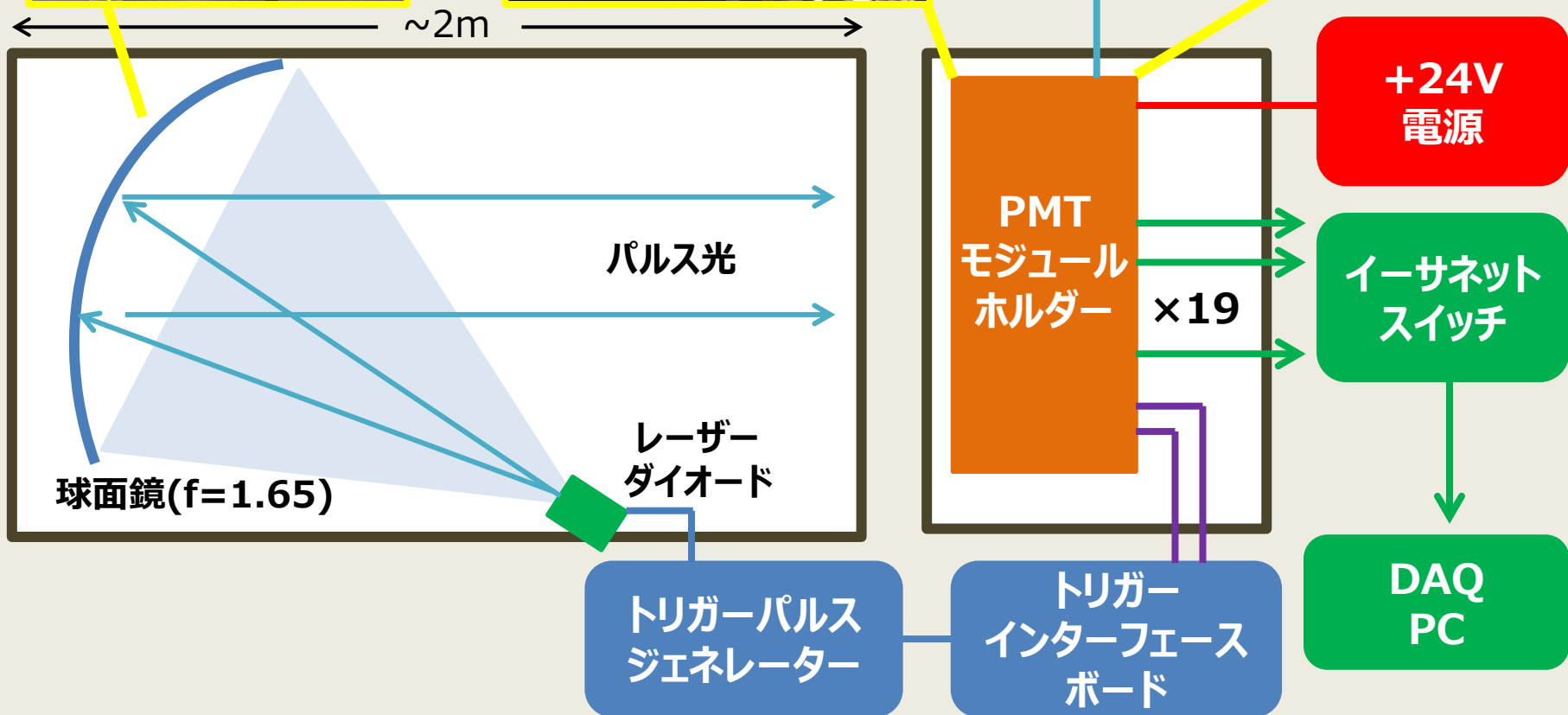
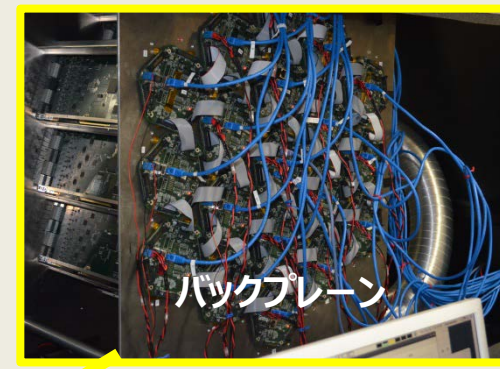
について報告する

$1/14$ モデル ミニカメラ試験

- 19PMTモジュール(133ピクセル)で構成される $1/14$ モデルのミニカメラを用いて、性能評価を行った
 - 3.3V電源問題解決
 - 読出し回路全数性能評価と同項目の試験 (ノイズ分布測定 etc…)
 - PMT全数性能評価試験との比較
 - 別日測定による再現性実験 etc…



ミニカメラ試験セットアップ

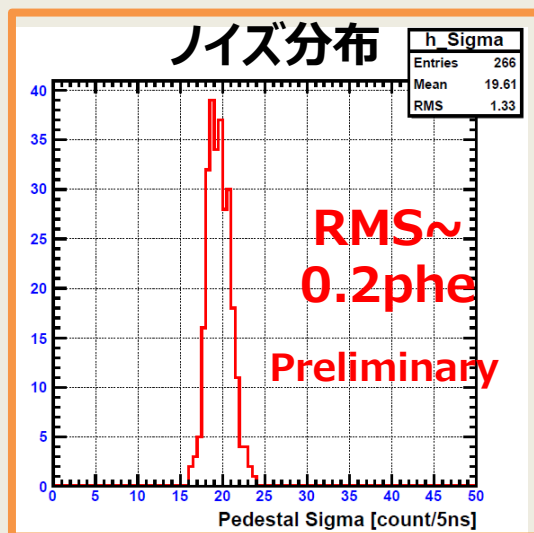


ミニカメラ試験 試験結果

- 3.3V電源問題解決

負荷をかけた際（DAQ開始時など）に読み出し回路上の電源電圧が少し低くなり、通信エラーを起こすモジュールがあった
→レギュレータからの出力電圧（3.3V）を微増することで解決

- 読み出し回路 全数性能評価試験と同項目の試験をミニカメラ試験においても行った

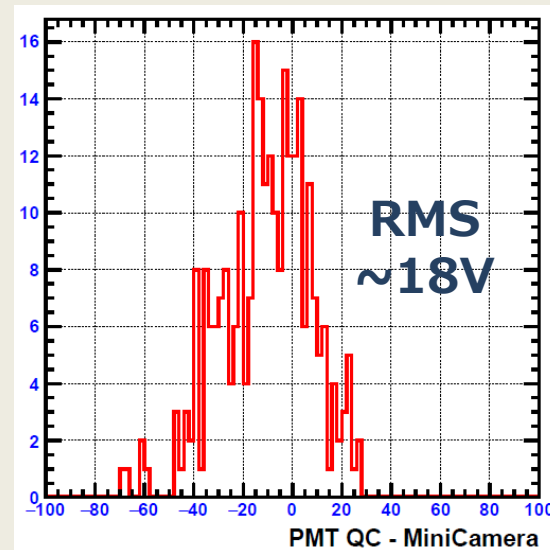
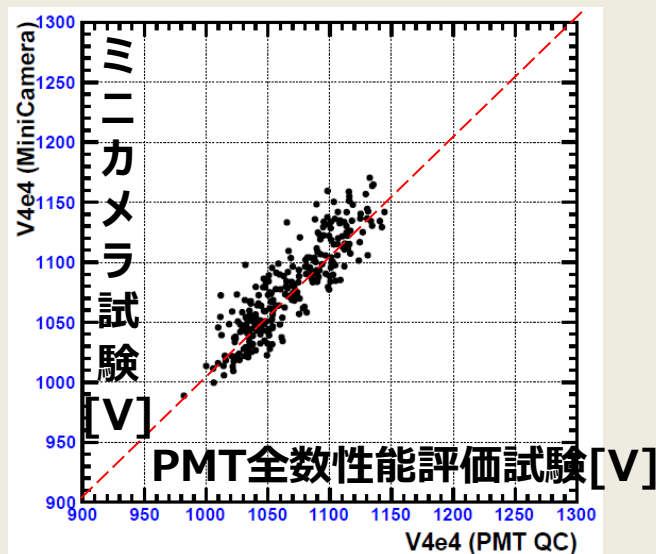


ミニカメラにおいても、
読み出し回路 全数性能評価試験で
確認された性能を示すことがわかった

ミニカメラ試験 試験結果

- PMT全数性能評価試験のデータと、ミニカメラ試験でのデータを比較した
 - PMT Nominal Voltage (1光電子測定でGain=40000のときのHV)

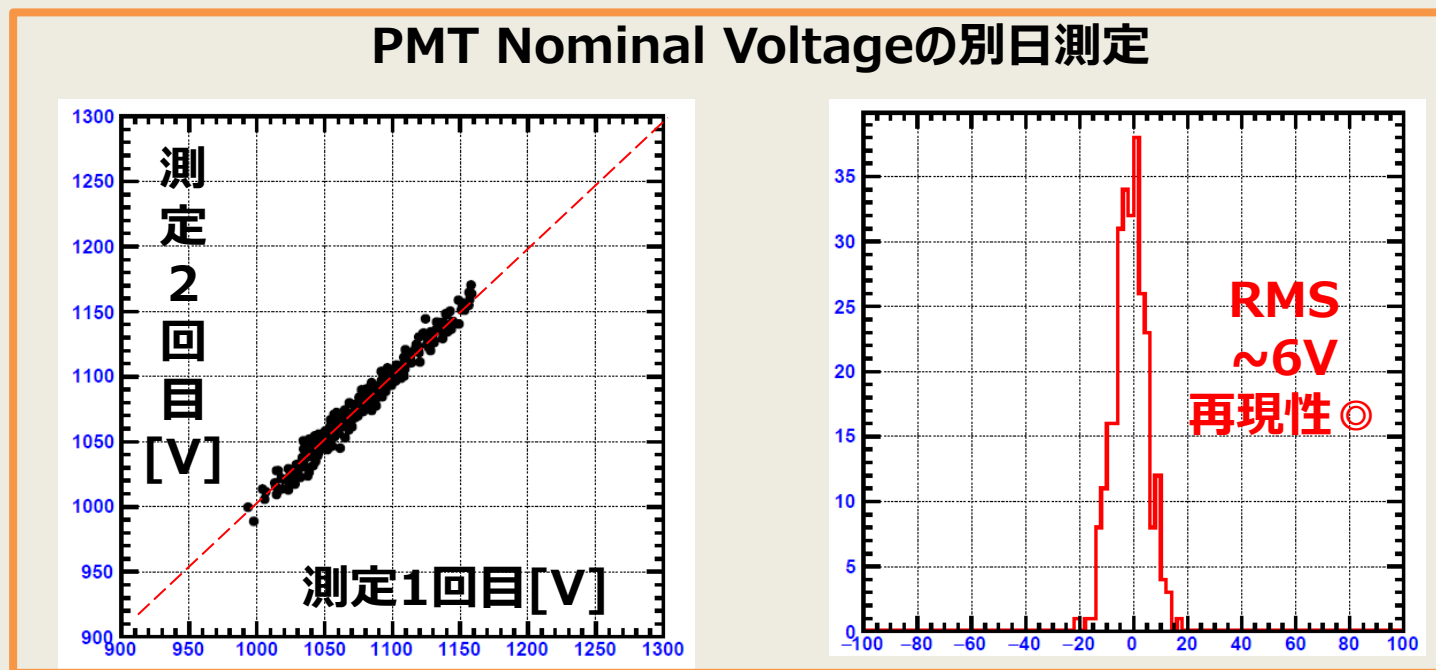
PMT Nominal VoltageのPMT全数性能評価試験との比較



全数性能評価試験とミニカメラ試験とでデータに差があることがわかった
原因については調査中

ミニカメラ試験 試験結果

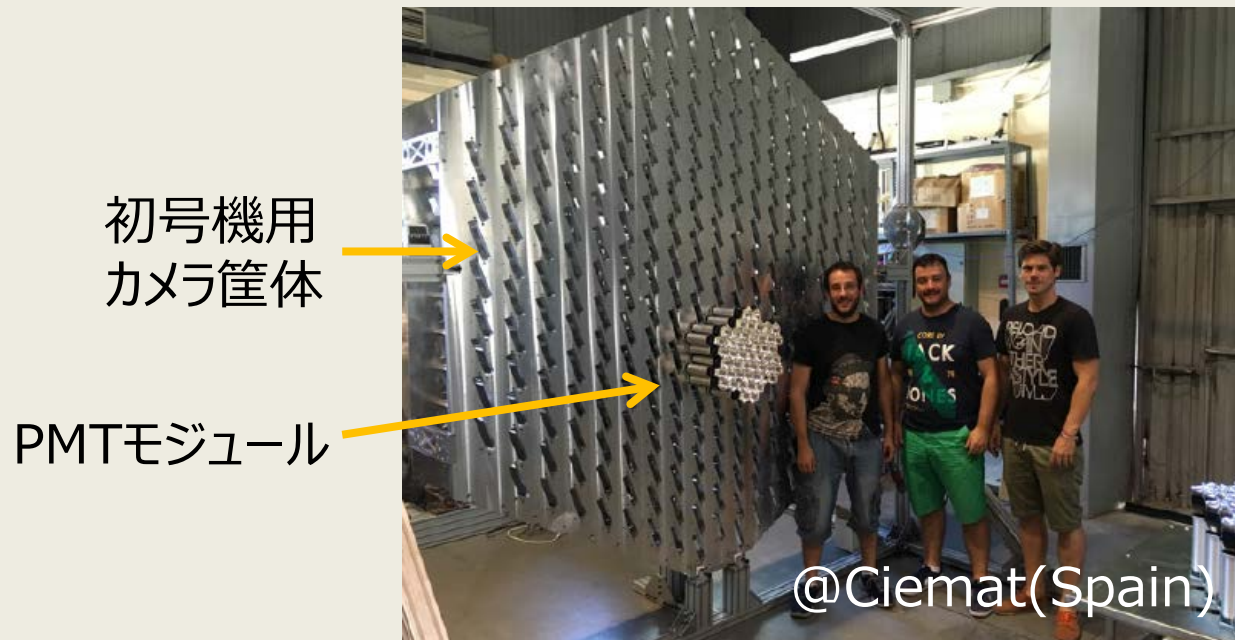
- 再現性が保証されているかを別日測定で確認した
 - PMT Nominal Voltageを1日後に再度測定した



この誤差はゲインカーブのfitをしたときの誤差に起因し、
この誤差から計算した値とconsistent

LST初号機スケジュール

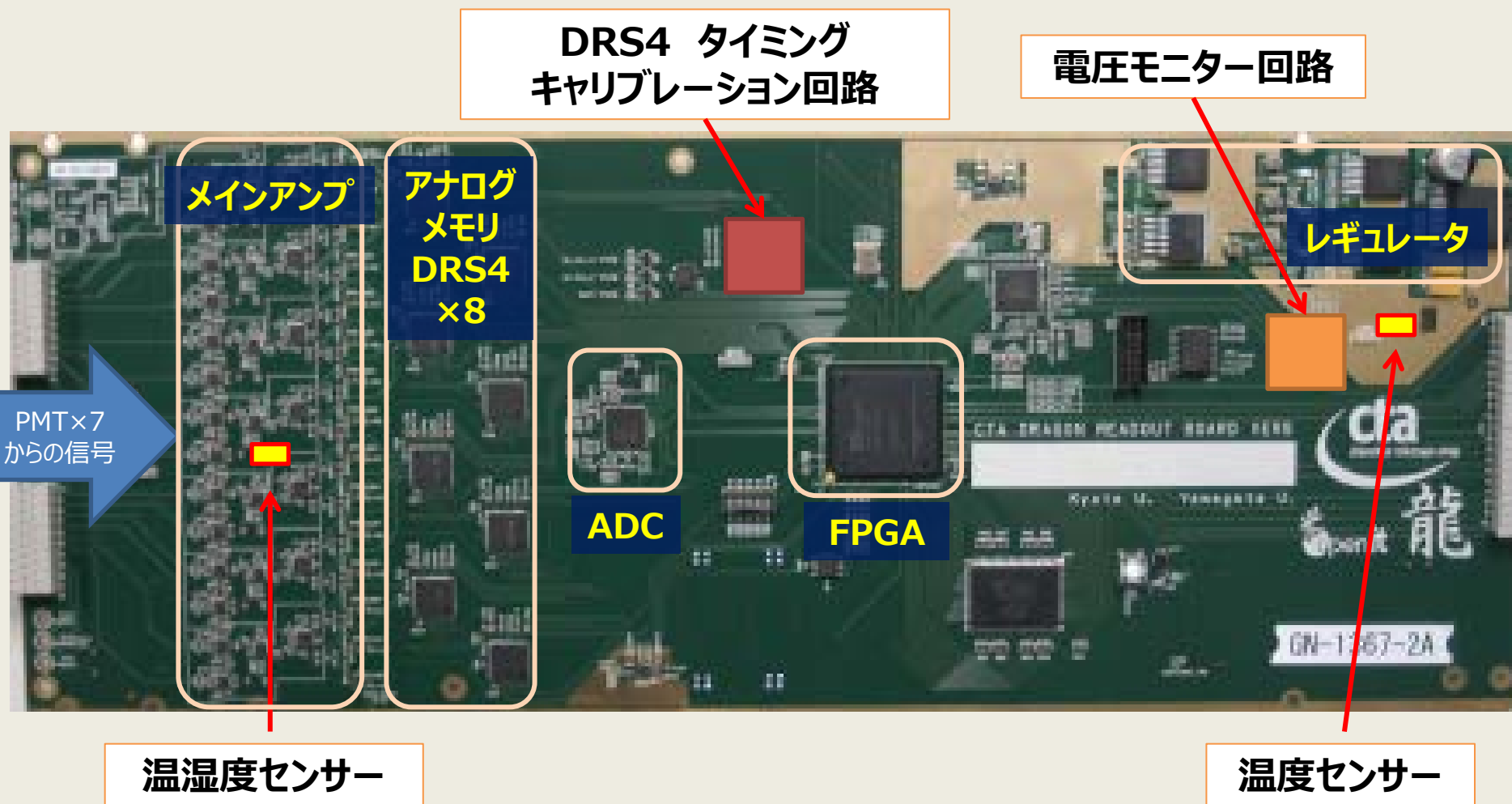
- 35PMTモジュール(245ピクセル)をスペインに発送済み
- 1号機筐体を用いた試験中@スペイン
- 日本でのミニカメラ試験が終わり次第、順次残りのPMTモジュールも現地に発送していく





LST2-8号機搭載用 読出し回路基板開発

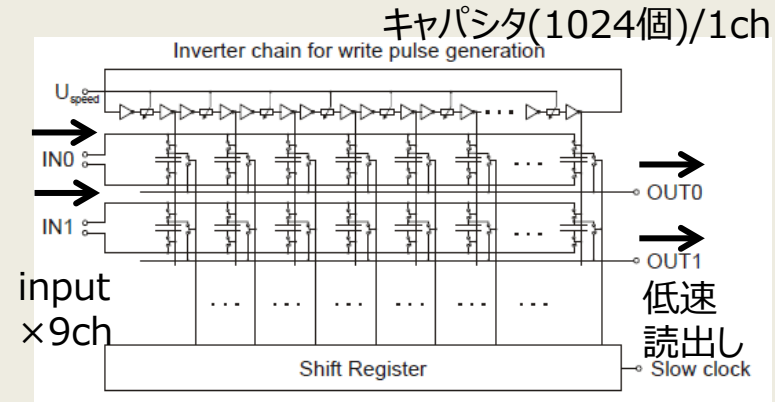
- これまでの試験等を踏まえ、読出し回路に新機能を追加



DRS4タイミングキャリブレーション

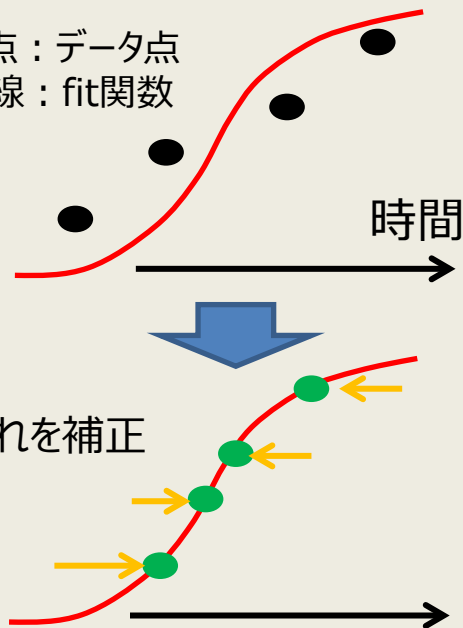
アナログメモリ"DRS4"

- キャパシタ1024個×9chのスイッチトキャパシタアレイ
- **1nsec**ごとにスイッチON/OFF切替え
(1GHzサンプリング時)
- スイッチ切替え時間にばらつきが存在する

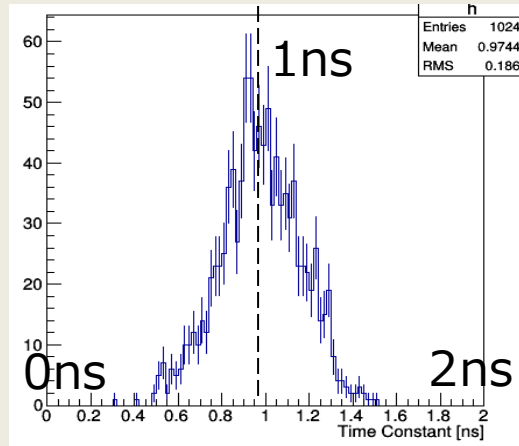


sin波を用いたキャリブレーション

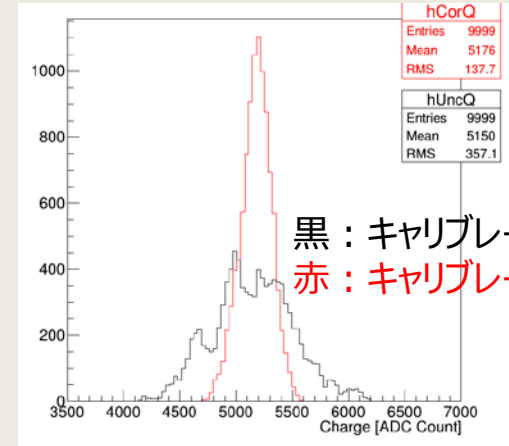
黒点：データ点
赤線：fit関数



スイッチ切替え時間間隔



電荷分布



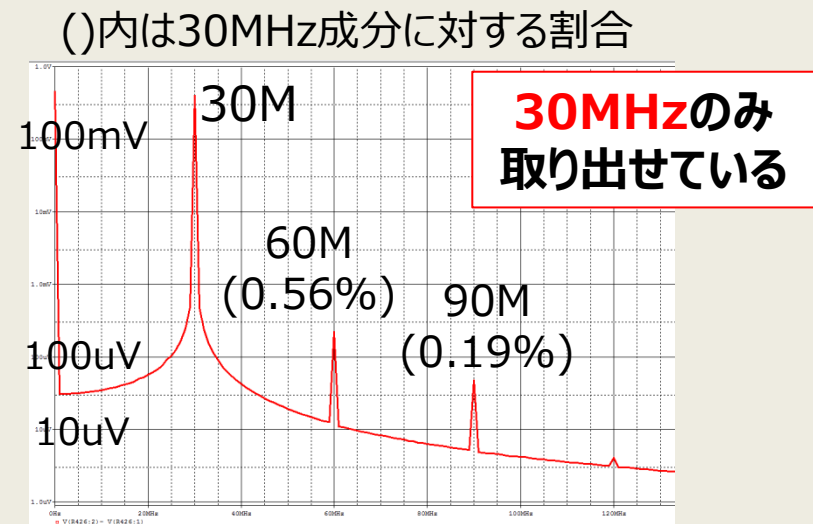
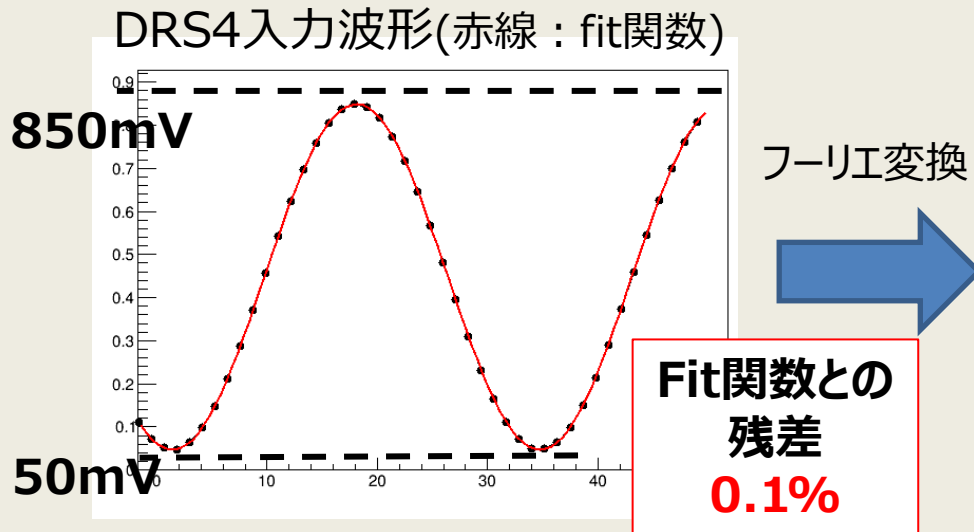
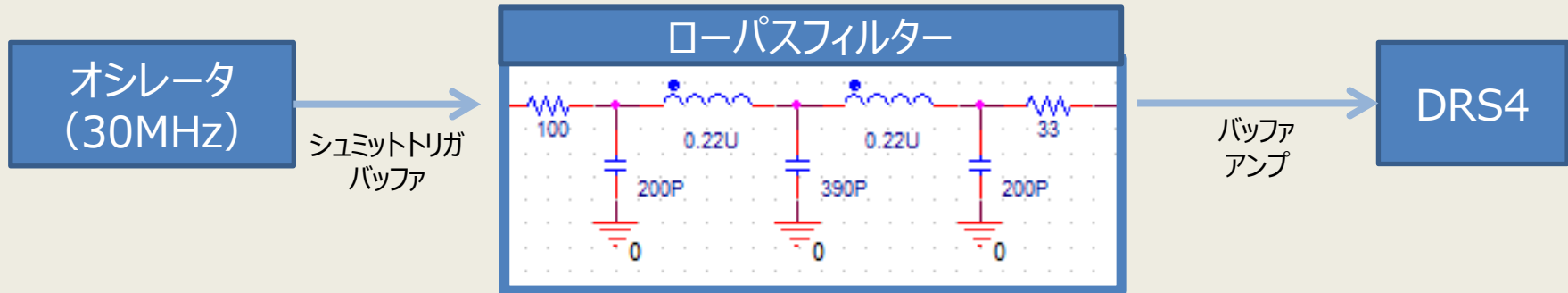
黒：キャリブレーション前
赤：キャリブレーション後

数**100psec**ずれているセルが存在する

電荷分解能を**6%→2%**にすることが可能

DRS4タイミングキャリブレーション

- タイミングキャリブレーション回路に対してシミュレーションを行った



キャリブレーションに十分な精度のsin波を生成できることをシミュレーションで確認

読出し回路基板変更点&スケジュール

- 温湿度センサーの追加
- レギュレータ用ADC（電圧モニター用）追加
- 基板上LEDのON/OFF機構（デバッグ用）追加
- FPGAユニバーサルピン（デバッグ用）追加
- 24V電源パスコンのサイズ縮小 etc...

- 現在、回路図はfixし、基板図作成中
- 年内に試作機が完成&試験
- 来年度前半までに、LST2,3,4号機
（北サイト）用に計1000枚を量産予定

まとめ

- PMTモジュール19クラスタで構成される $1/_{14}$ モデルのミニカメラでの性能評価を行い、大きな問題はなかった
- ミニカメラ試験を終えたPMTモジュールに対し、初号機用カメラ筐体での試験がスペインで行われ、2017年ファーストライトに向けた準備が進められている
- LST2-8号機搭載用読み出し回路の開発を行っており、現在は基板図作成中で、来年度前半までの量産を予定している