

CTA 報告106: CTA大口径望遠鏡初号機用カメラ試験

猪目祐介^A, 石尾一馬^{B,E}, 梅津陽平^C, 大岡秀行^B, 奥村暁^{D,E}, 小野祥弥^F, 折戸玲子^G,
片桐秀明^F, 掃部寛隆^A, 櫛田淳子^C, 窪秀利^H, 郡司修一^I, 小山志勇^J, 今野裕介^H,
齋藤隆之^H, 高橋光成^B, 武田淳希^I, 田中真伸^K, 谷川俊介^H, 辻本晋平^C, 手嶋政廣^{B,E},
友野弥生^C, 中嶋大輔^B, 中森健之^I, 永吉勤^J, 西嶋恭司^C, 畑中謙一郎^H, 林田将明^B,
増田周^H, 松岡俊介^J, 山本常夏^A, 吉田龍生^F, DANG VIET TAN^F,
Daniela Hadasch^B, Daniel Mazin^B, 他CTA-Japan consortium.

甲南大理工^A, 東大宇宙線研^B, 東海大理^C, 名大ISEE^D, Max-Planck-Inst. fuer Phys.^E,
茨城大理^F, 徳島大総科^G, 京大理^H, 山形大理^I, 埼玉大理^J, KEK 素核研^K

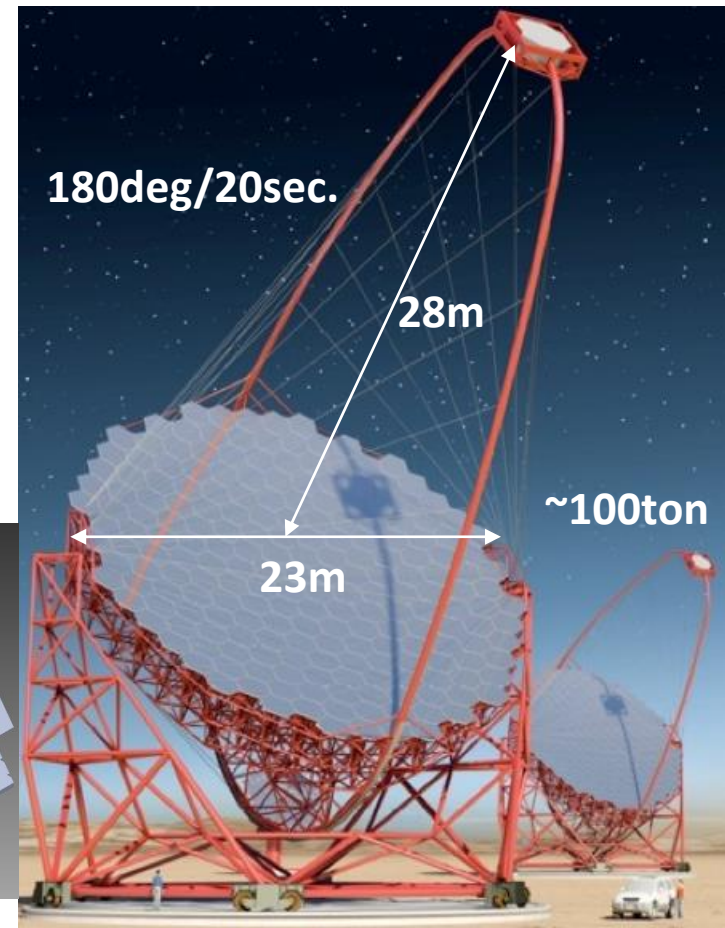
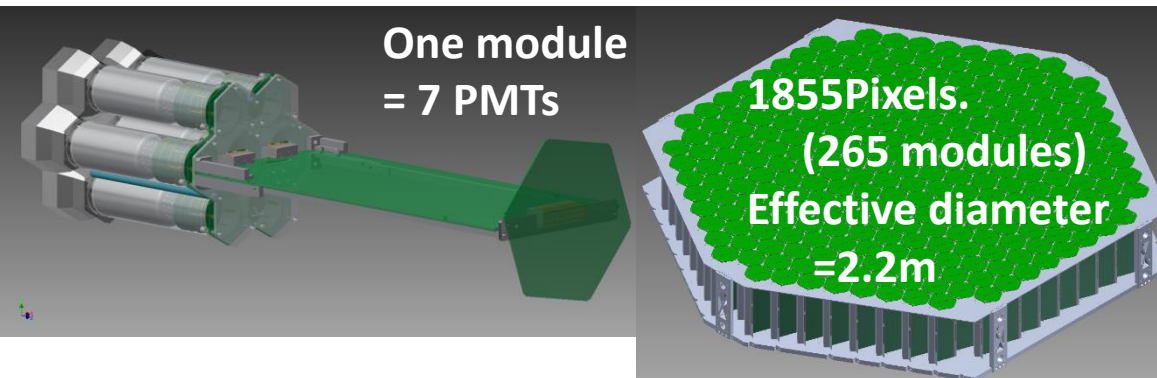


CTA大口径望遠鏡 (Large-sized Telescope, LST)

- 2016年中の建設及び稼動に向けて、研究・開発が進められている。

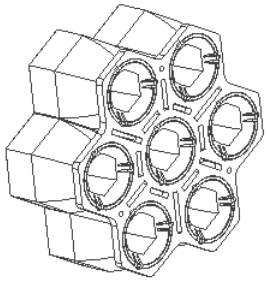
仕様

- 反射鏡口径 23m
- 望遠鏡重量 100トン
- 高速回転 180° /20秒
- 南北各サイトに4台建設
(1台目のLSTは2016年に建設予定)
- 20GeV - 1TeVのガンマ線を観測する

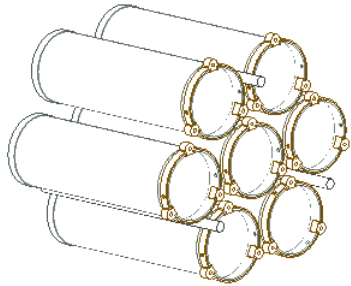


PMT Module

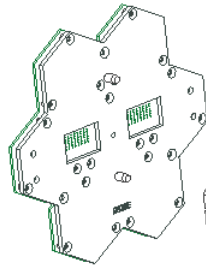
Light Guide x 7



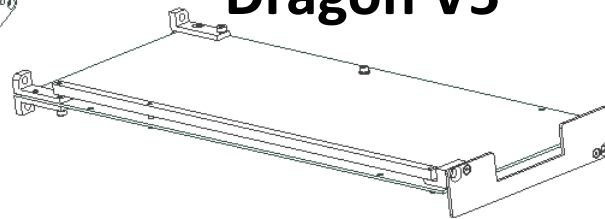
PMT UNIT x 7



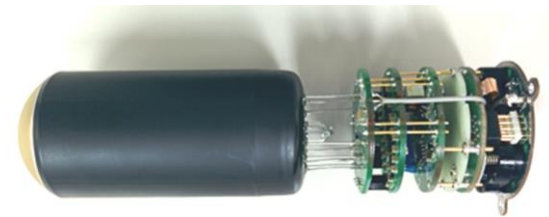
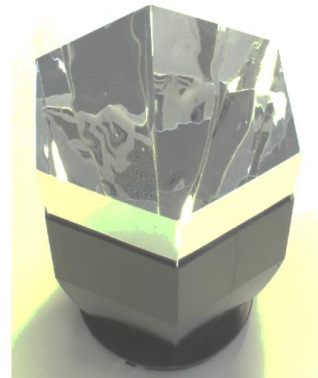
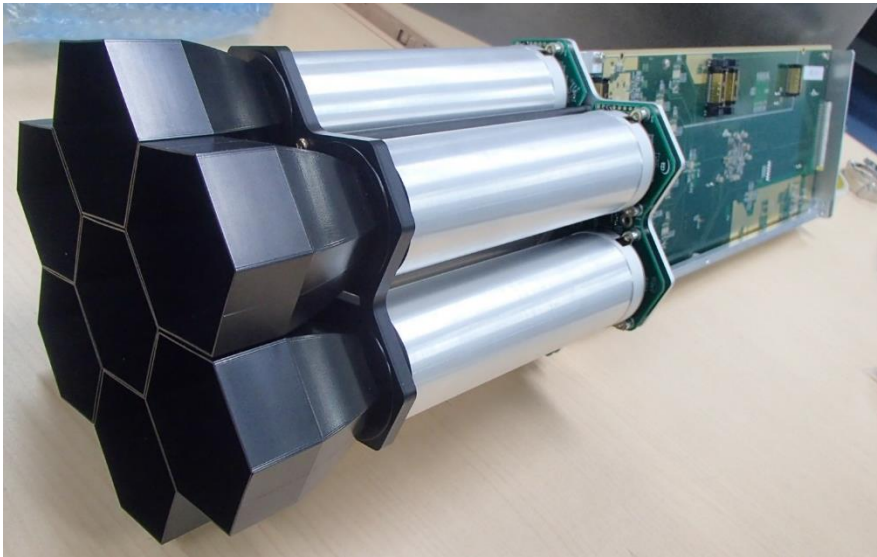
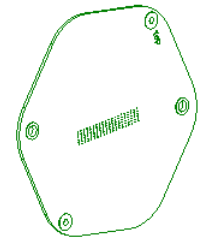
Slow Control Board



Front-end board
Dragon V5



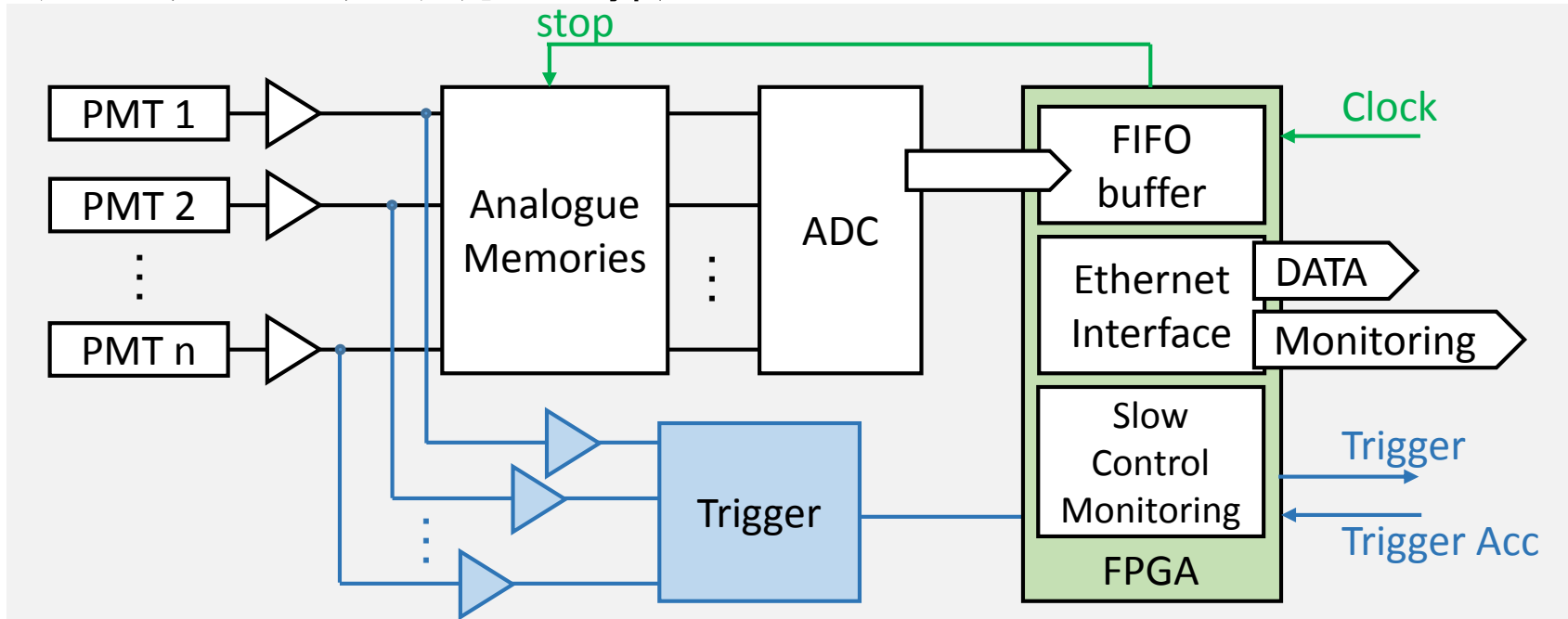
Back Plane
board



LST カメラ読み出し回路

求められる回路性能

- PMTからの微弱な信号を識別できる高ゲインかつ高S/N比
→GHzの高速サンプリングと、 $4\mu s$ バッファ能力及びアナログsumトリガー
- 高速かつ低コスト・低消費電力なサンプリング能力
→高価かつ消費電力の高いFlashADCではなく、キャパシタアレイによるアナログメモリサンプリング方式の採用



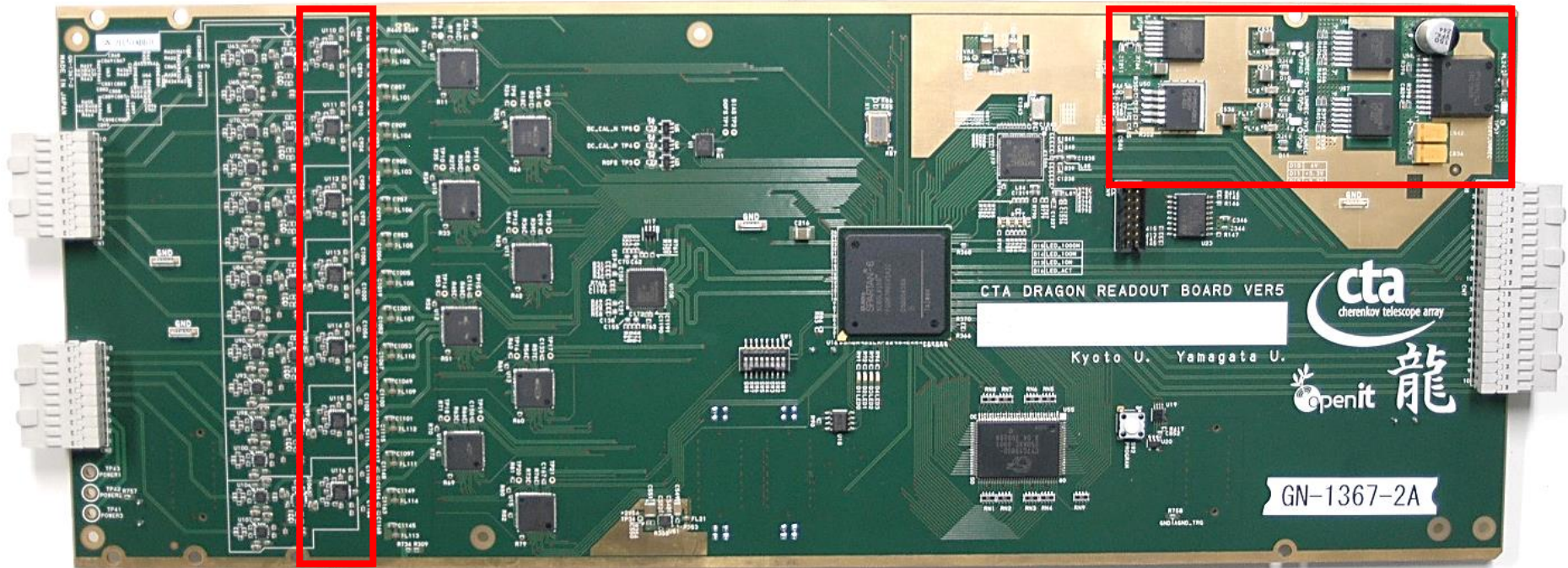
Front-end board (Dragon V5)

Main AMP

1ch*2chip → 2ch 1chip

Power Supply

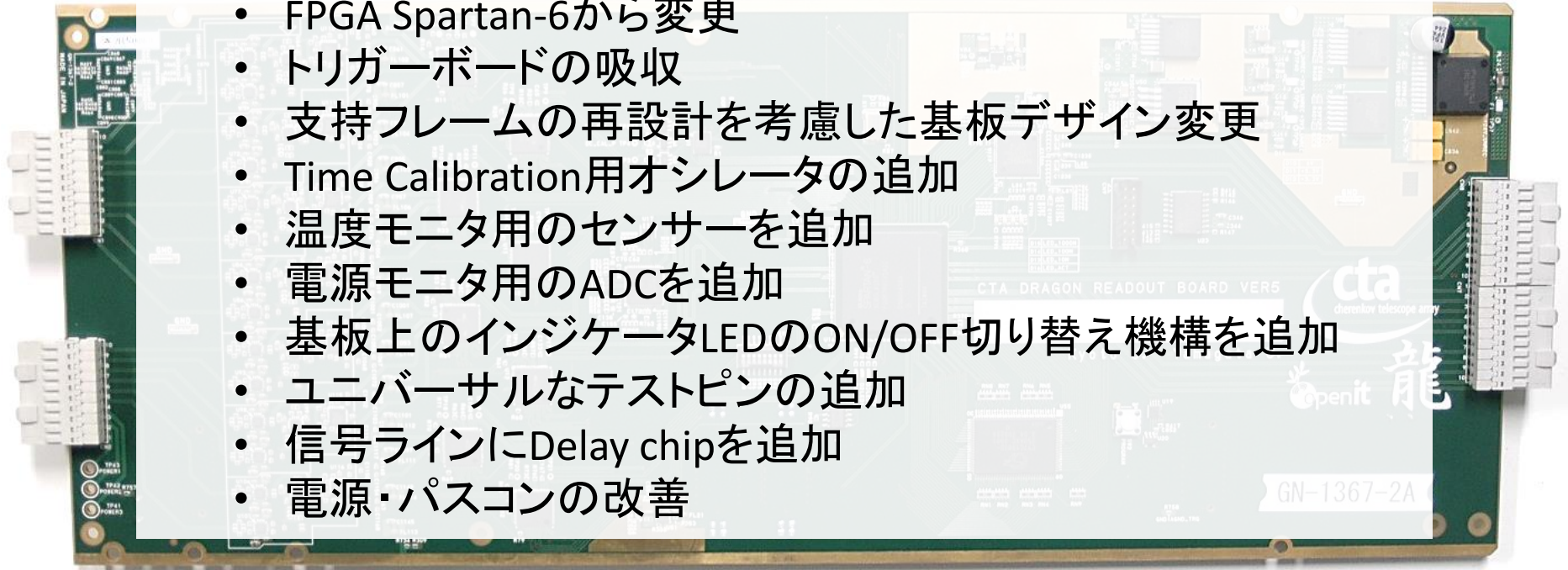
3.3V電源の電圧改善



Front-end board (Dragon V5)

CTA大口徑望遠鏡2号機以降に向けた改良検討項目

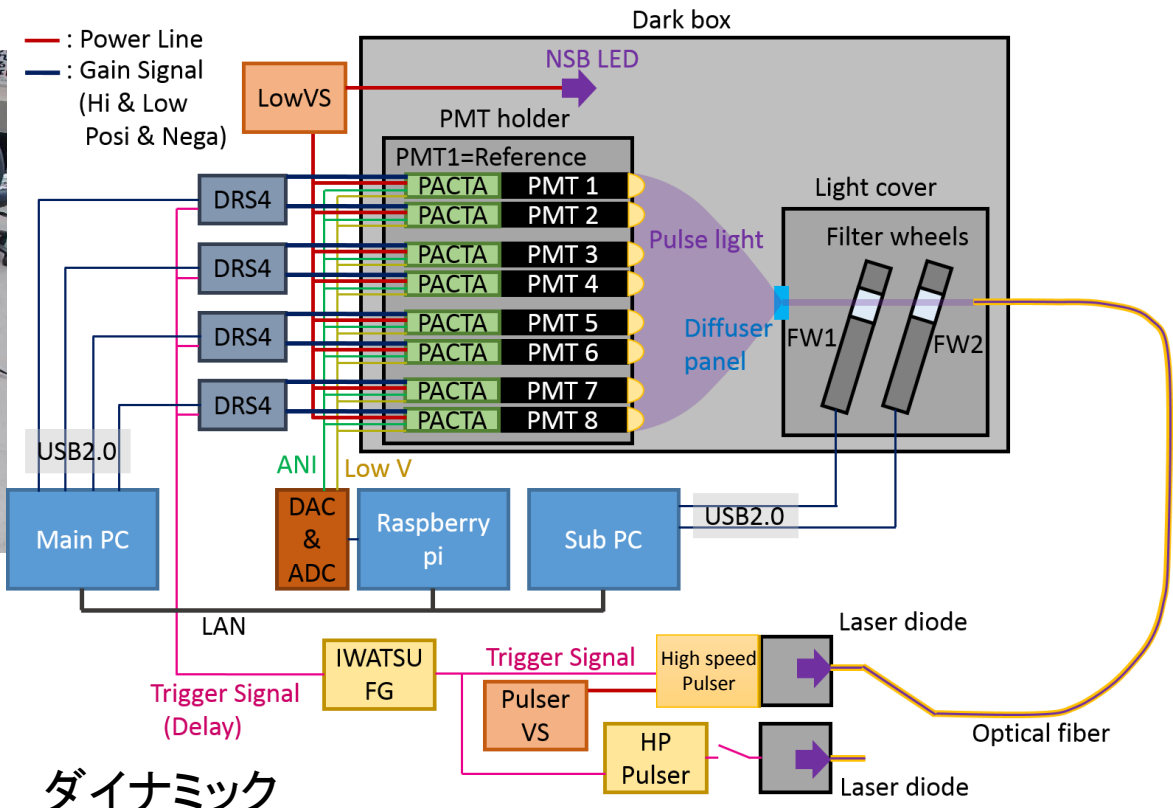
- FPGA Spartan-6から変更
- トリガーボードの吸収
- 支持フレームの再設計を考慮した基板デザイン変更
- Time Calibration用オシレータの追加
- 温度モニタ用のセンサーを追加
- 電源モニタ用のADCを追加
- 基板上のインジケータLEDのON/OFF切り替え機構を追加
- ユニバーサルなテストピンの追加
- 信号ラインにDelay chipを追加
- 電源・パスコンの改善



PMT性能評価測定 (PMT Calibration Campaign)



東京大学 宇宙線研究所

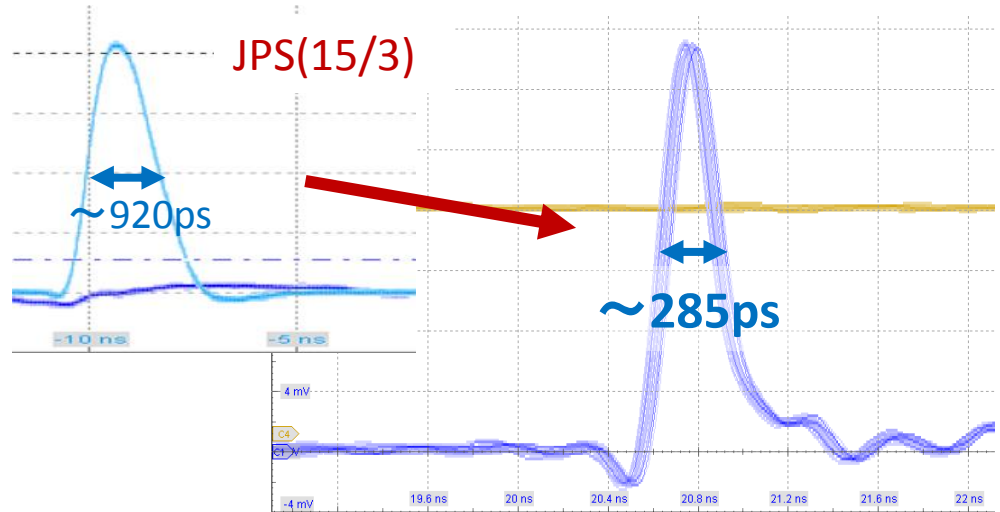


測定項目

- HV - Gain Curve ← ダイナミックレンジに影響
- After pulse Rate) ← ノイズに影響
- Pulse Width)
- F-Factor ← 望遠鏡運用後の較正に使用

性能評価装置の光源開発

UV Optical Pulser
FWHM < 1nsの高速性能を実現

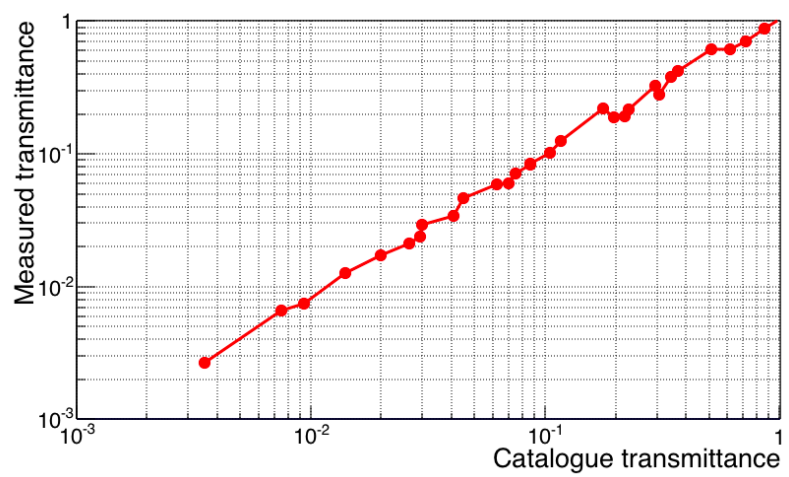


今回、出力3倍化の改修を行った。
高速なBiplanar Phototubeを用いて出
力パルス光を測定しなおした。

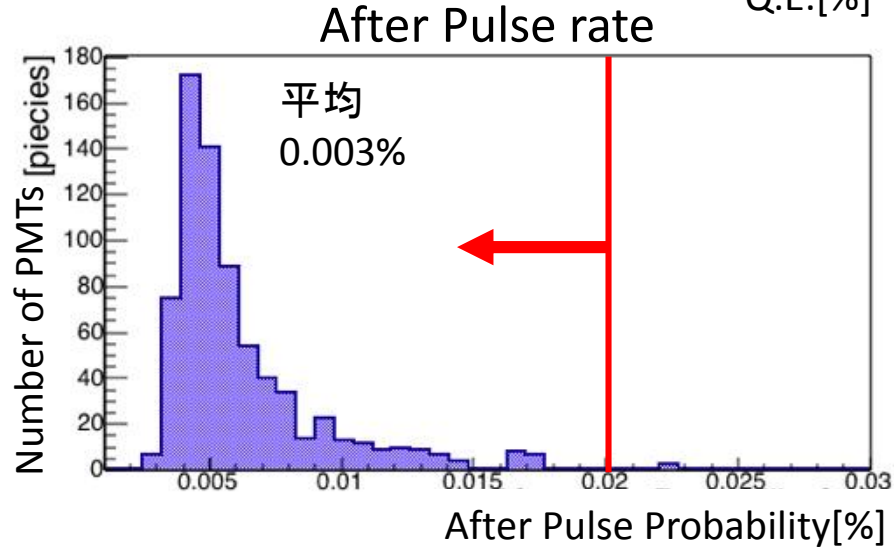
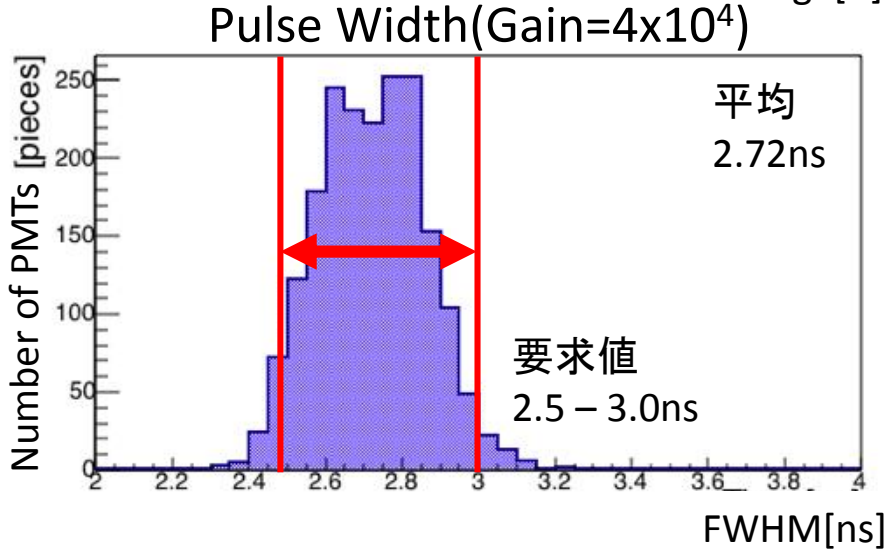
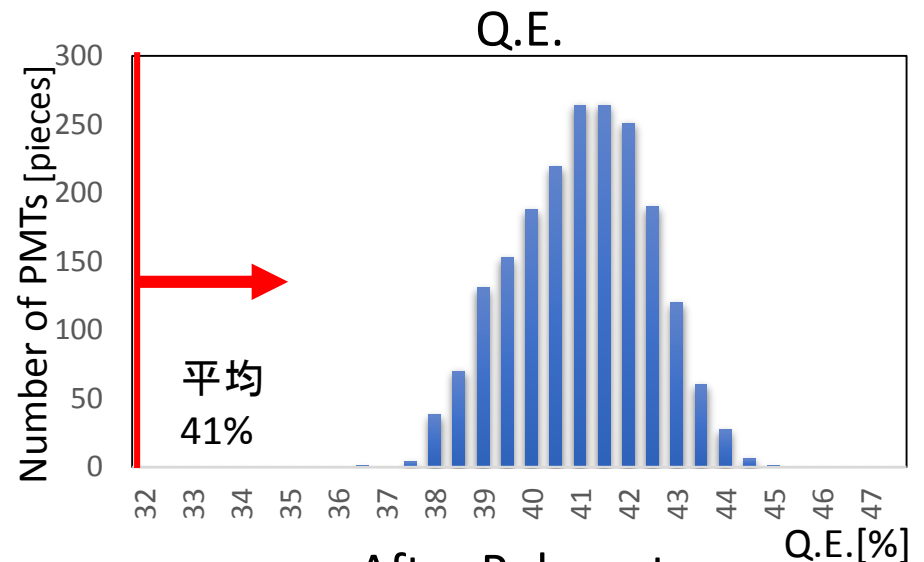
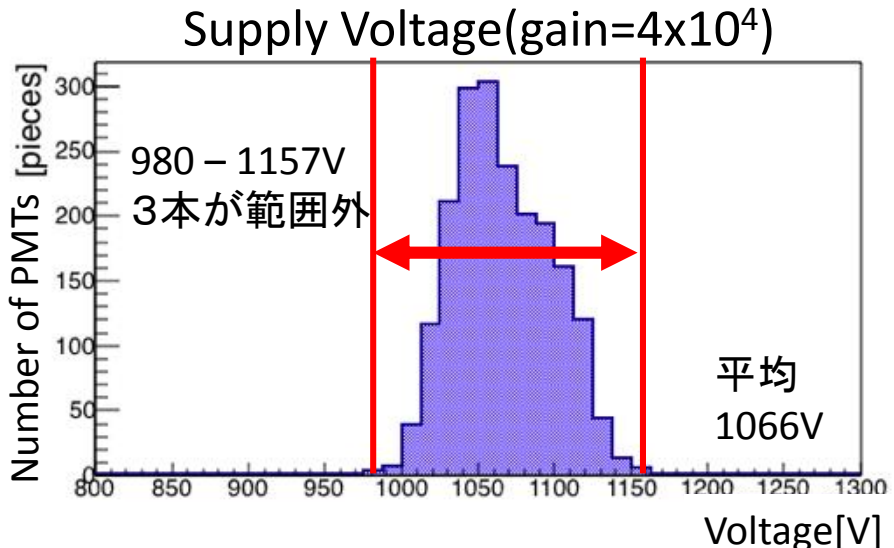
Biplanar Phototube
HAMAMATSU R1328U



Filter Wheel
3桁の減光制御を実現



PMT2000本測定結果



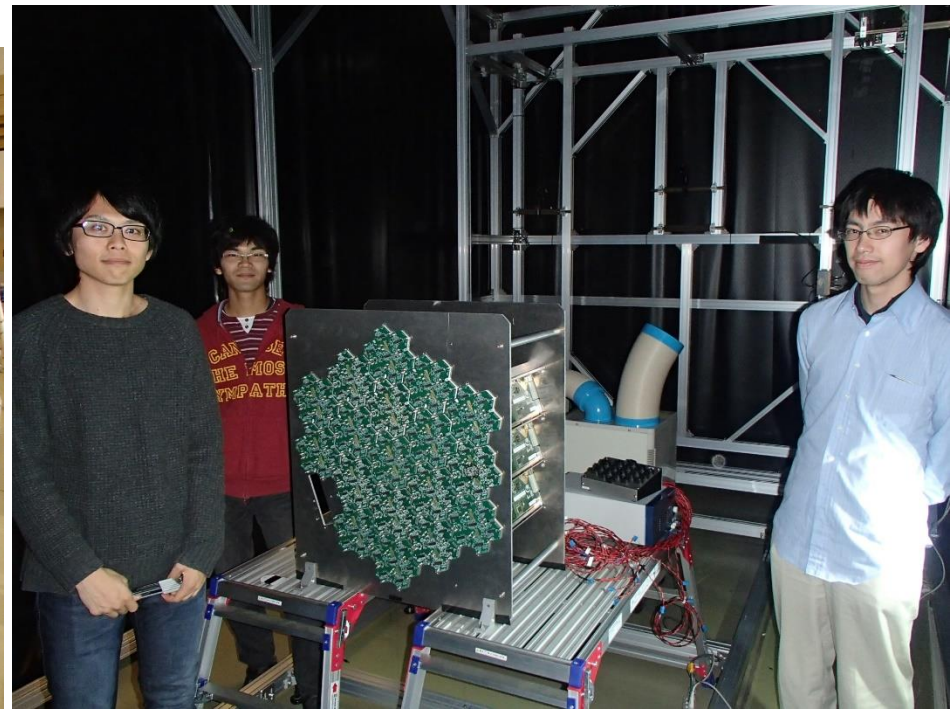
PMT性能評価測定 まとめ

- 2000本に及ぶPMTの性能評価測定を完了した。
- CTA大口径望遠鏡初号機用PMTの動作試験と性能評価を行い、測定と解析データをデータベース化した。
- これにより望遠鏡の今後の開発・較正・運用・品質管理において活用が期待される。
- 測定を行ったPMT2015本の内1988本が正常に動作し、要求を満たしていることを確認した。
(破損や動作不良、ゲインの再調整が必要なPMTは改善を行う)

	要求	平均値	全分布
V4e4		1066V	980 – 1157V
F-Factor(F ²)		1.22	1.16 – 1.38
Pulse width	平均2.5 – 3.0ns	2.72ns	2.2 – 3.5ns
AfterPulse発生率	<0.02%	0.003%	

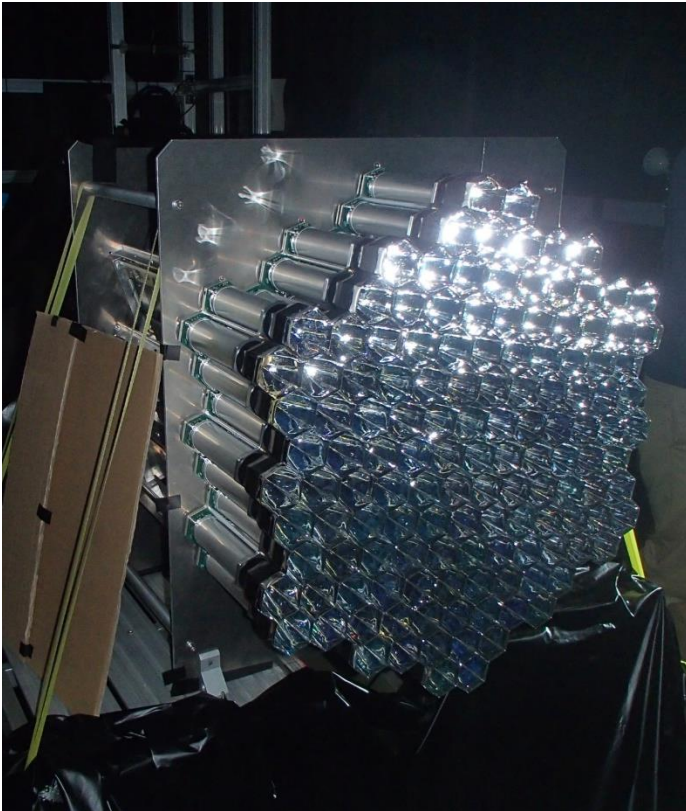
MiniCamera性能評価

- PMT単体での性能評価を行った結果によって振り分けた7本のPMTを束ねて、後段のエレクトロニクスと接続したModuleを組み立てる。
- 実際の望遠鏡と同様にMiniCameraホルダーに搭載し、カメラとしての性能評価を行う。

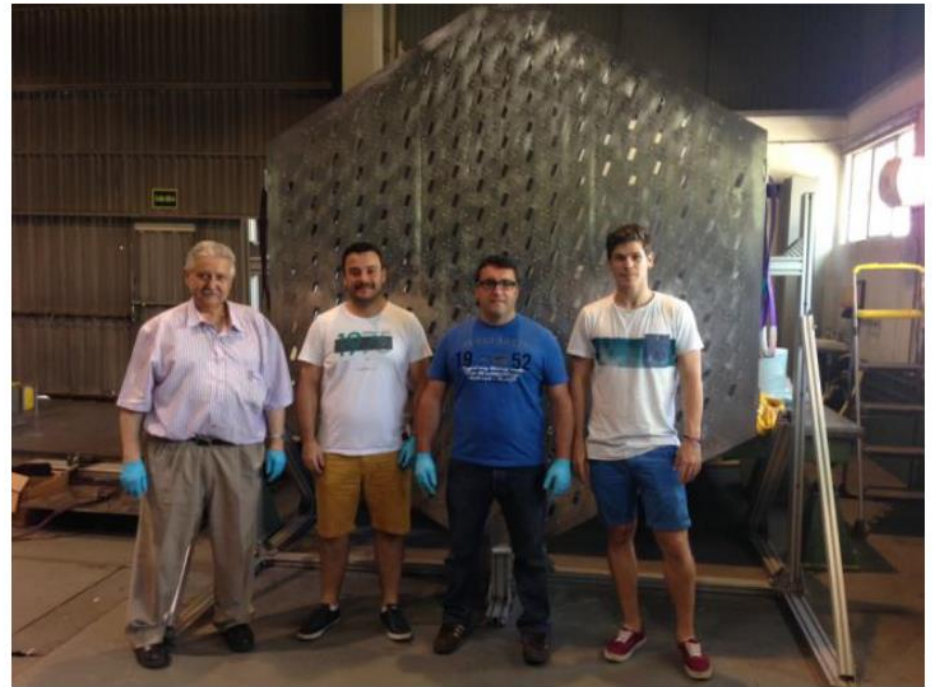


MiniCameraホルダー

- 実際のカメラには265台のPMT Moduleが取り付けられるが、MiniCameraホルダーは19台の同時測定が可能である。



←MiniCameraホルダー ↓実際のLST Cameraホルダー



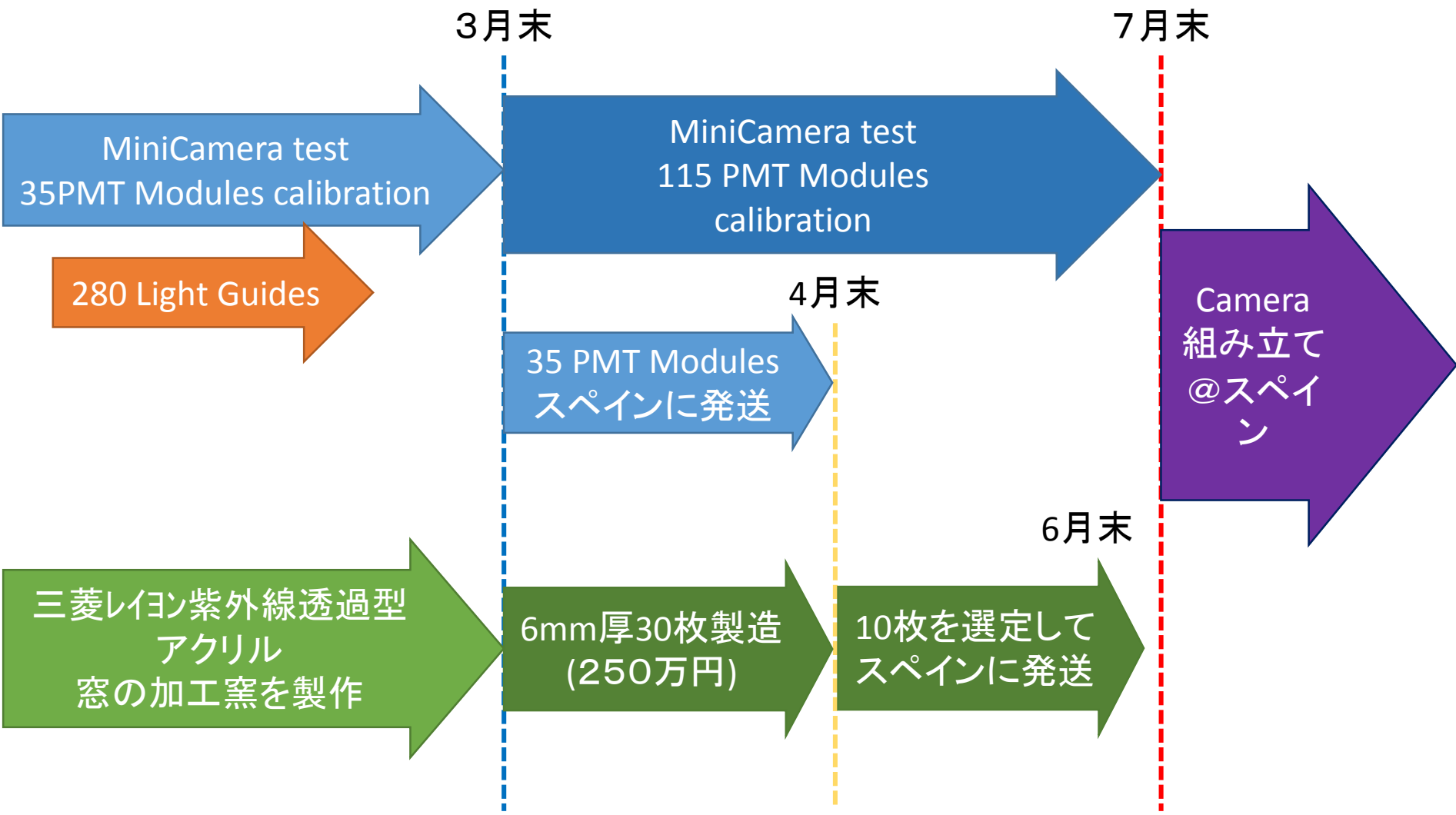
CIEMAT assembly team

MiniCamera性能評価項目

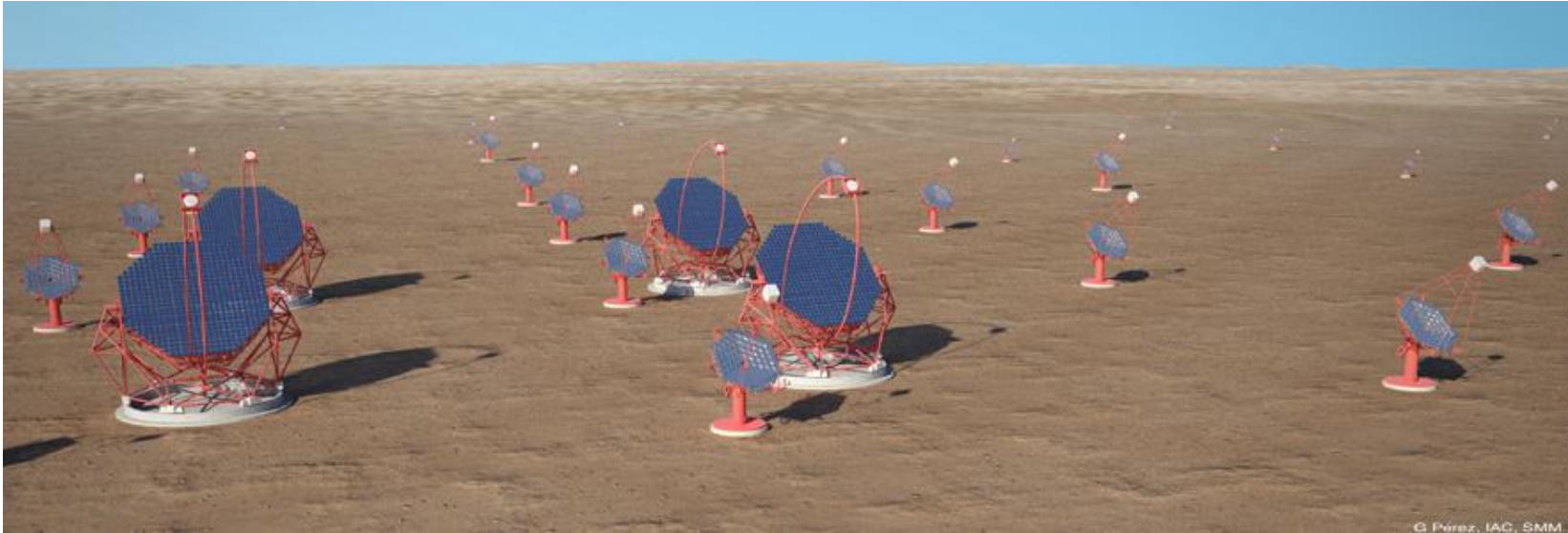
- 取り付け時の干渉や組み立てを検証するメカニカルテスト
- PMT Moduleの動作確認と、DragonのDRS4によるPMT性能評価の再現性、SCBによる情報取得、サンプリングテスト
- 複数のPMT Moduleの同時運用とトリガーテスト、ノイズチェック。
- 電源とLANスイッチングハブを交換してクラスターコントロール(通信テスト)
- その他、ハードウェアやエレクトロニクスについて不具合の有無をチェック。



Camera Schedule



カメラ試験まとめ



- 約2000本のPMTの性能評価測定と、結果のデータベース化が完了している。
- PMTと読み出し回路を組み合わせたPMT Moduleを組み立てて、電氣的試験や複数のPMT Moduleを組み合わせた実運用を想定した試験を行う予定。
- Frond-end board(Dragon)の改良項目の検討と策定を行う。
- スペインでのCamera組み立てに向けて、日本からは性能評価測定の完了したPMT Moduleとアクリル窓の用意を行う。