

# CTA 報告106: CTA大口径望遠鏡初号機用カメラ試験

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

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

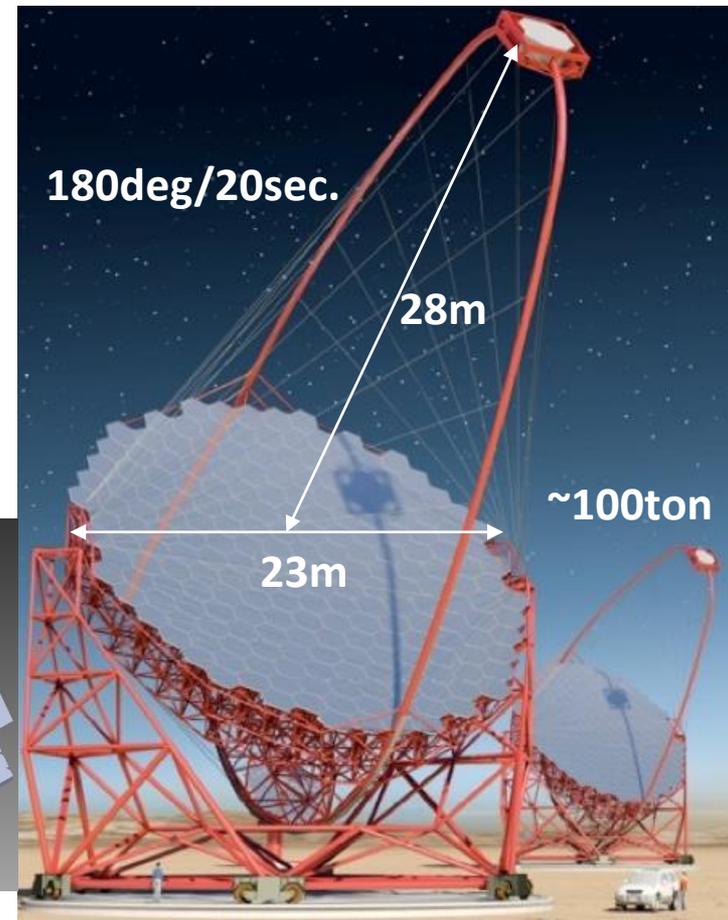
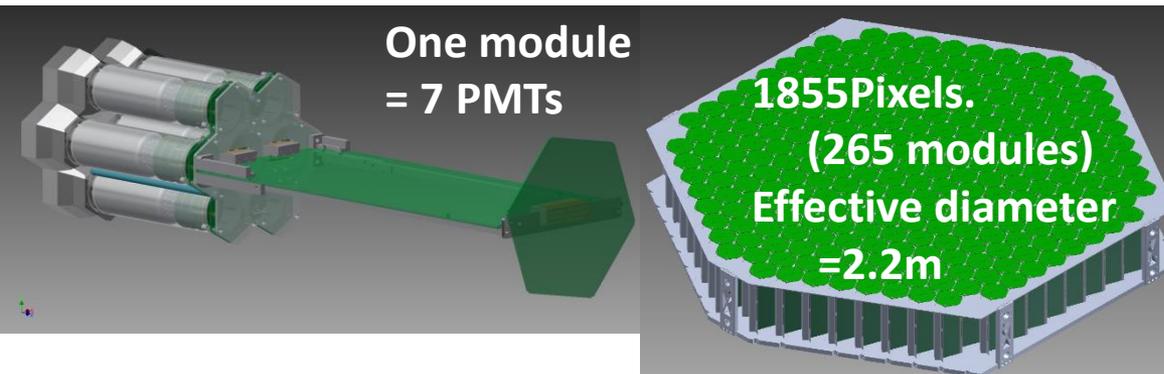


# CTA大口径望遠鏡 (Large-sized Telescope, LST)

- 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。

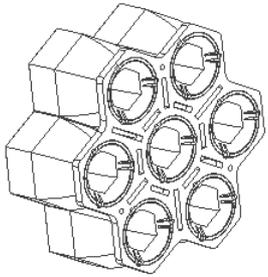
## 仕様

- 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

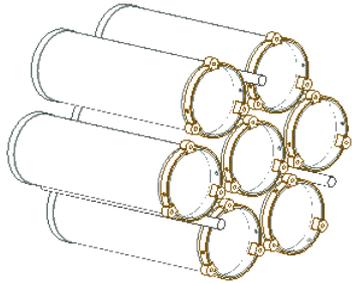


# PMT Module

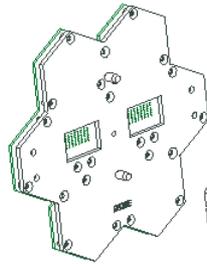
Light Guide x 7



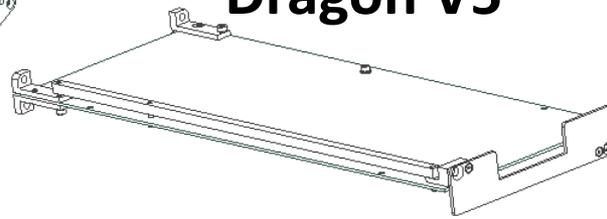
PMT UNIT x 7



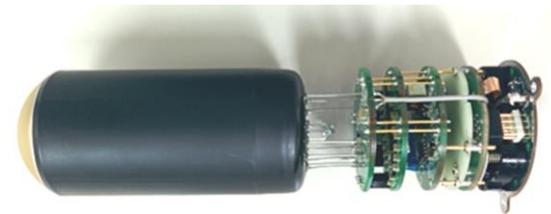
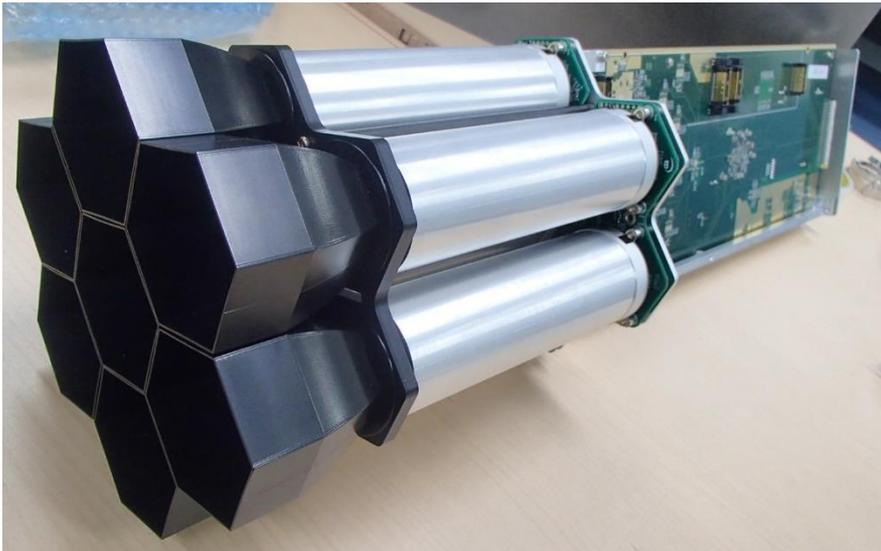
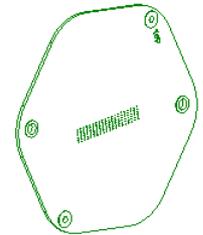
Slow Control Board



Front-end board  
Dragon V5



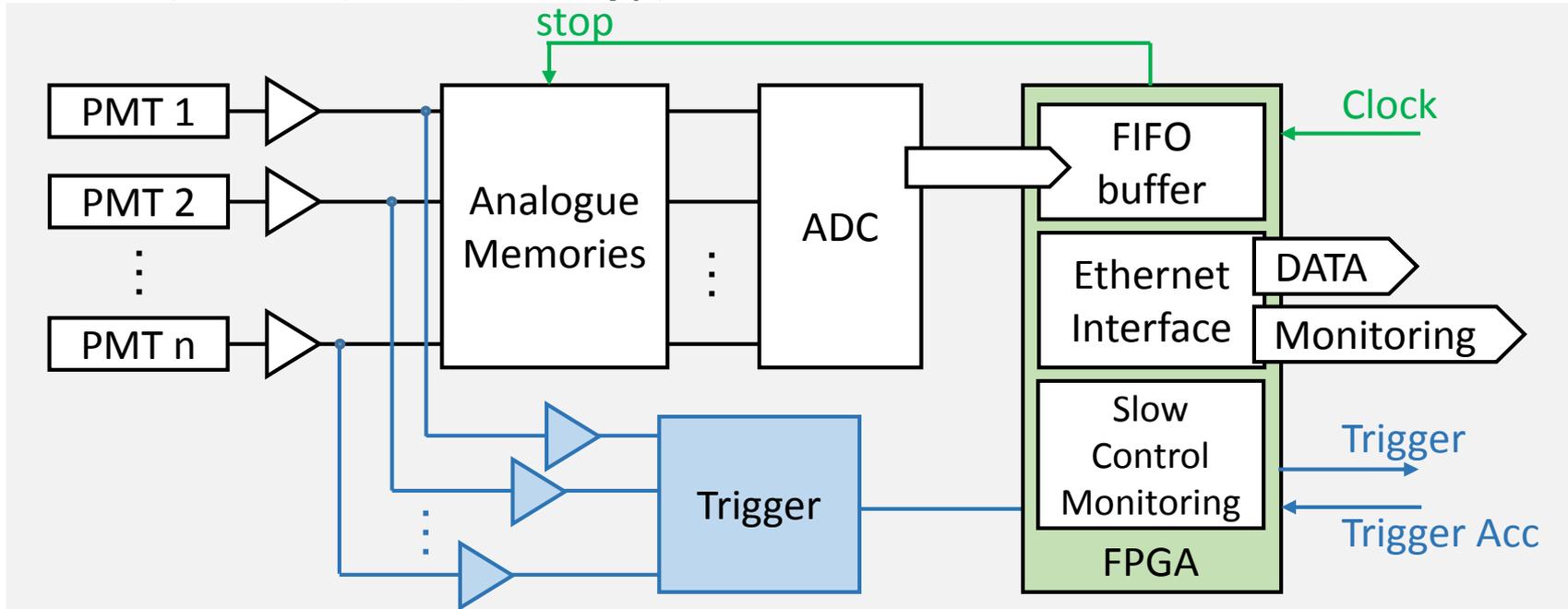
Back Plane  
board



# 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



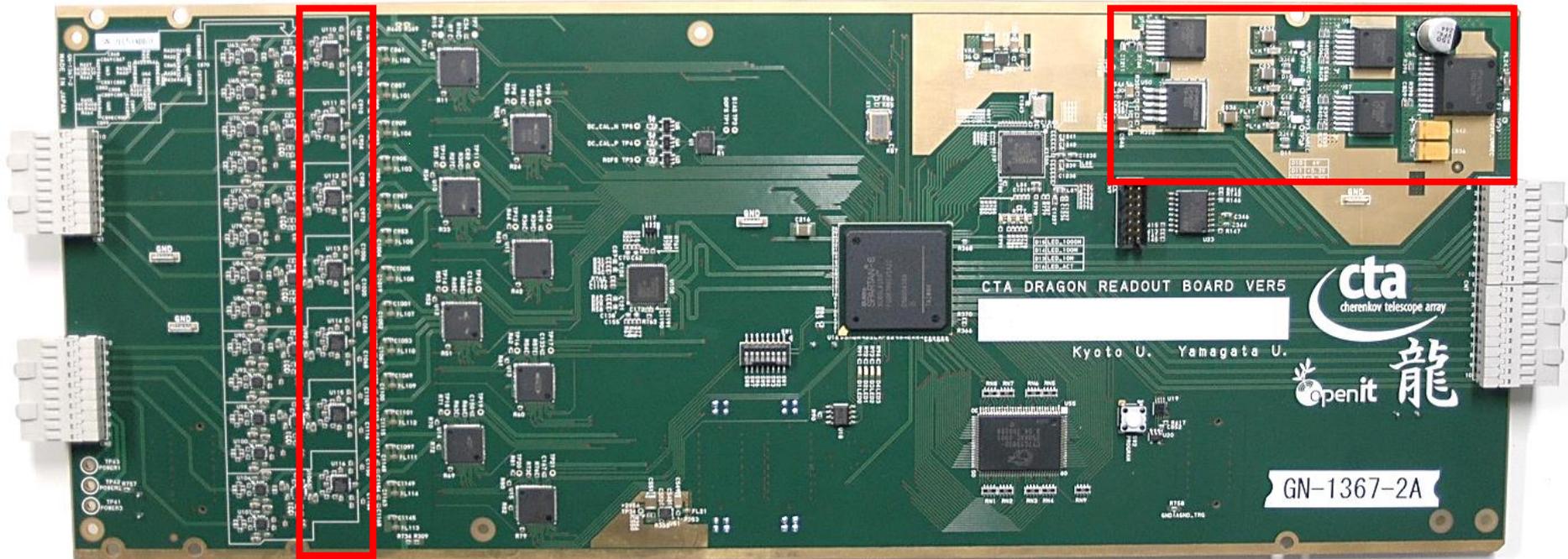
# Front-end board (Dragon V5)

Main AMP

1ch\*2chip → 2ch 1chip

Power Supply

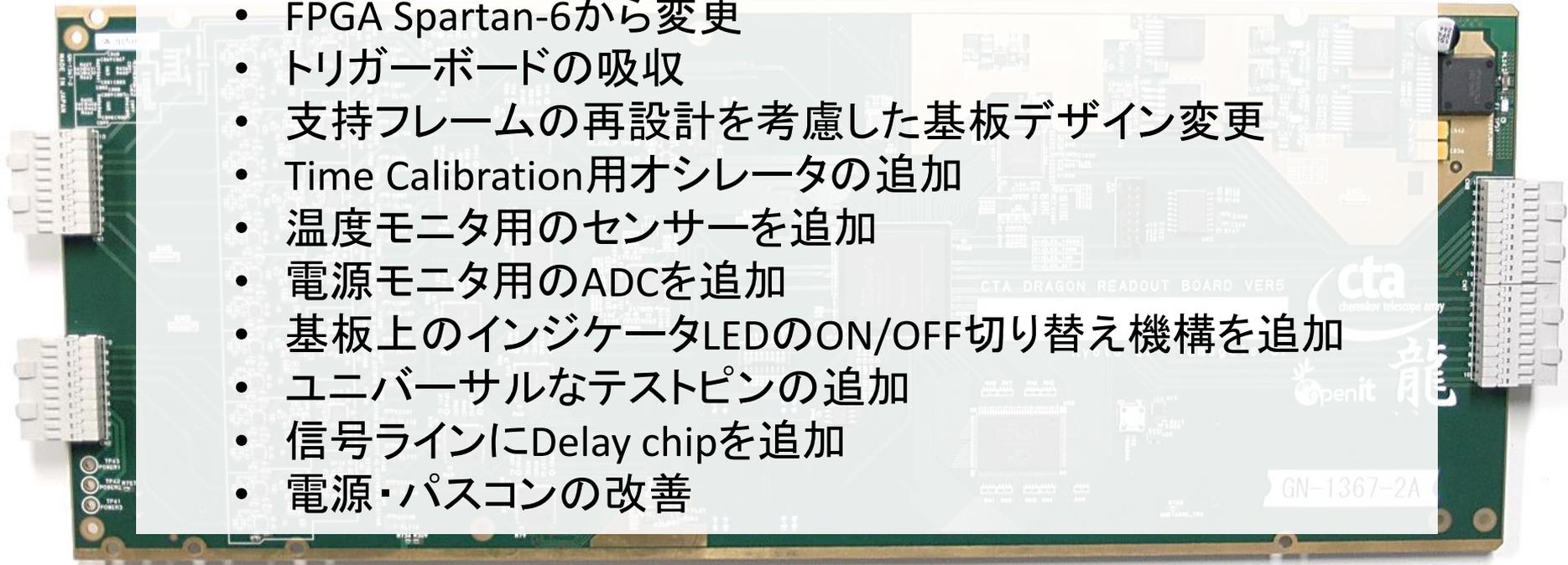
3.3V電源の電圧改善



# 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

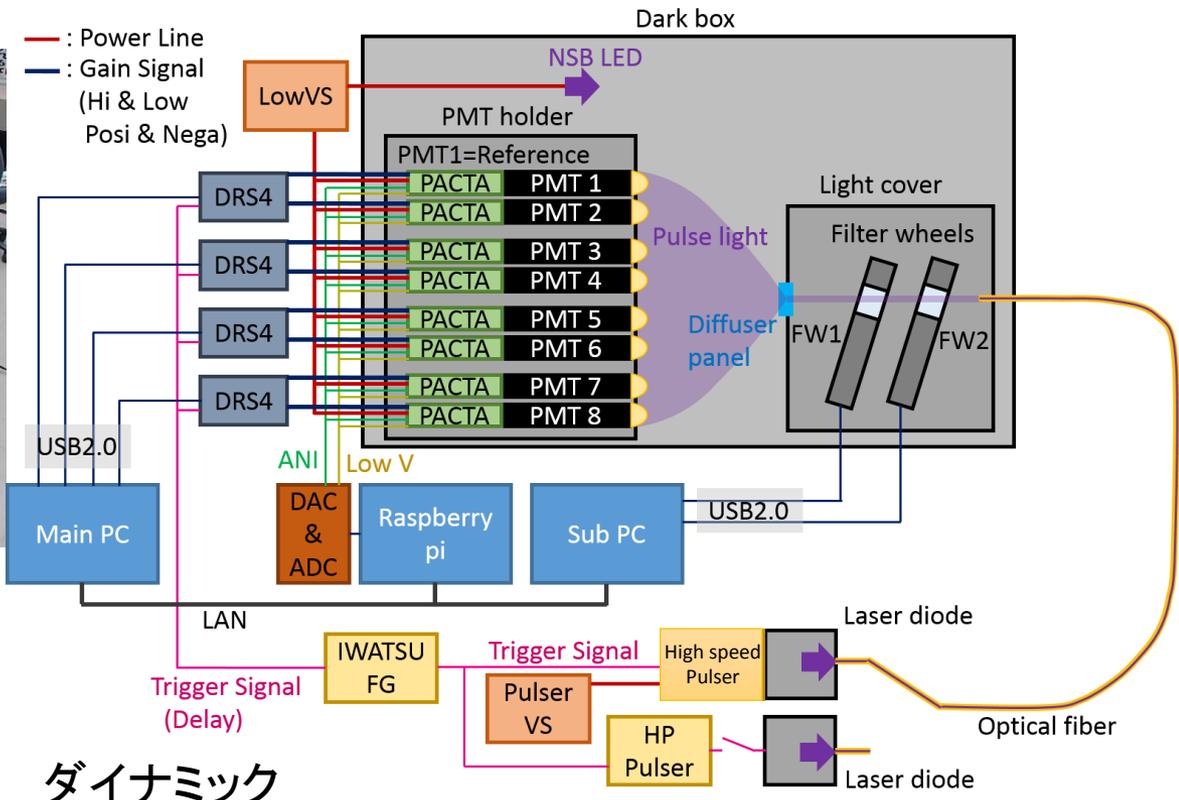
- FPGA Spartan-6から変更
- トリガーボードの吸収
- 支持フレームの再設計を考慮した基板デザイン変更
- Time Calibration用オシレータの追加
- 温度モニタ用のセンサーを追加
- 電源モニタ用のADCを追加
- 基板上のインジケータLEDのON/OFF切り替え機構を追加
- ユニバーサルなテストピンの追加
- 信号ラインにDelay chipを追加
- 電源・パスコンの改善



# PMT性能評価測定 (PMT Calibration Campaign)



東京大学 宇宙線研究所

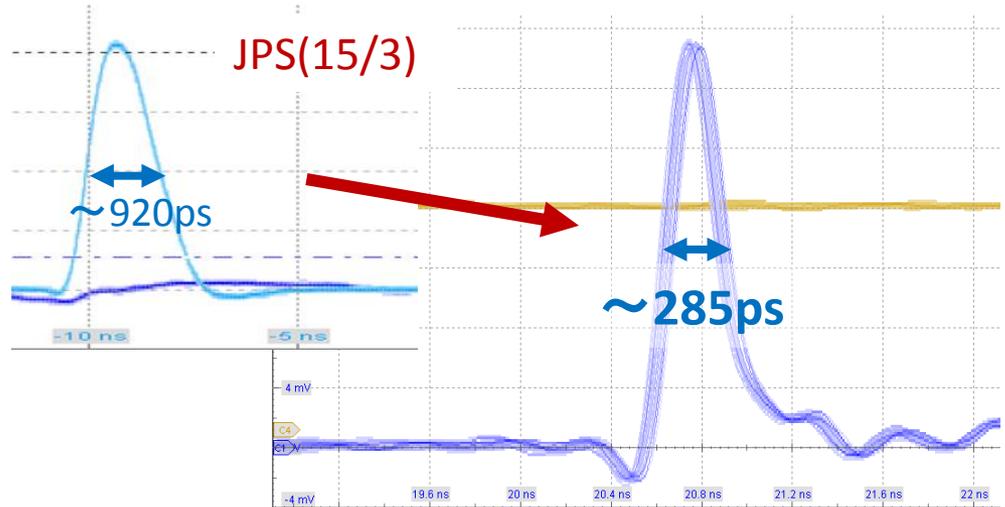


## 測定項目

- 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 ← 望遠鏡運用後の校正に使用

# 性能評価装置の光源開発

UV Optical Pulser  
FWHM < 1nsの高速性能を実現

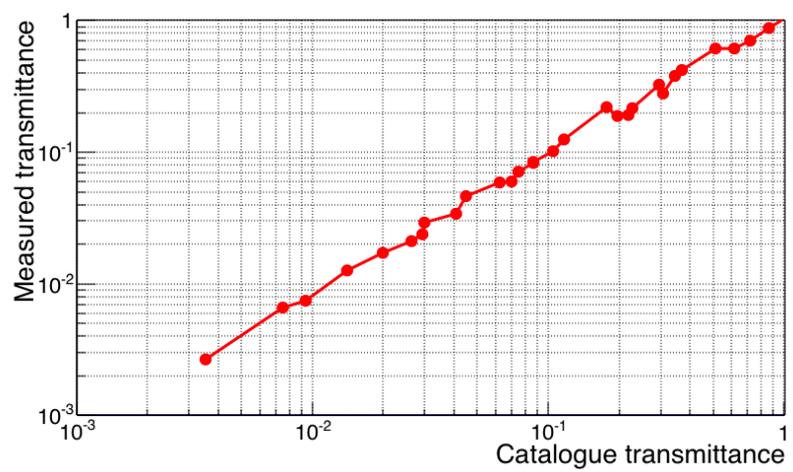


今回、出力3倍化の改修を行った。  
高速なBiplanar Phototubeを用いて出  
力パルス光を測定しなおした。

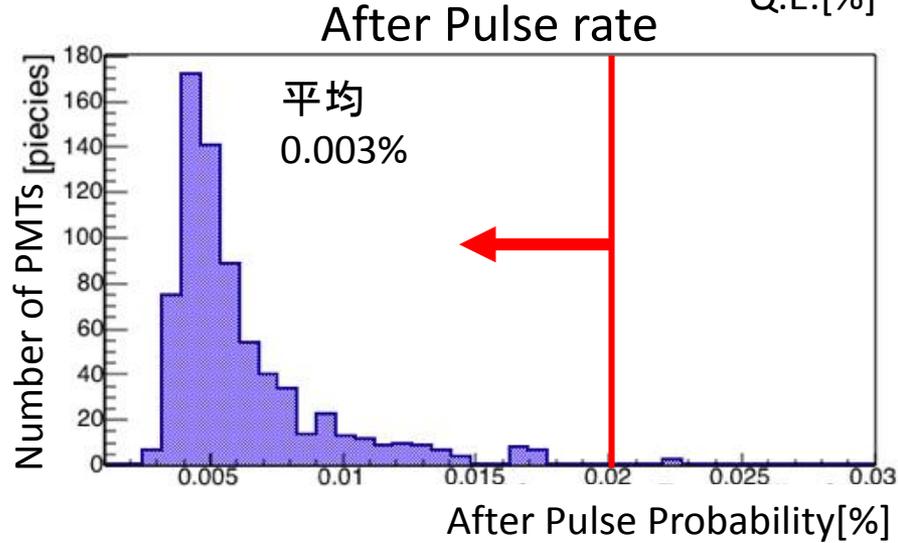
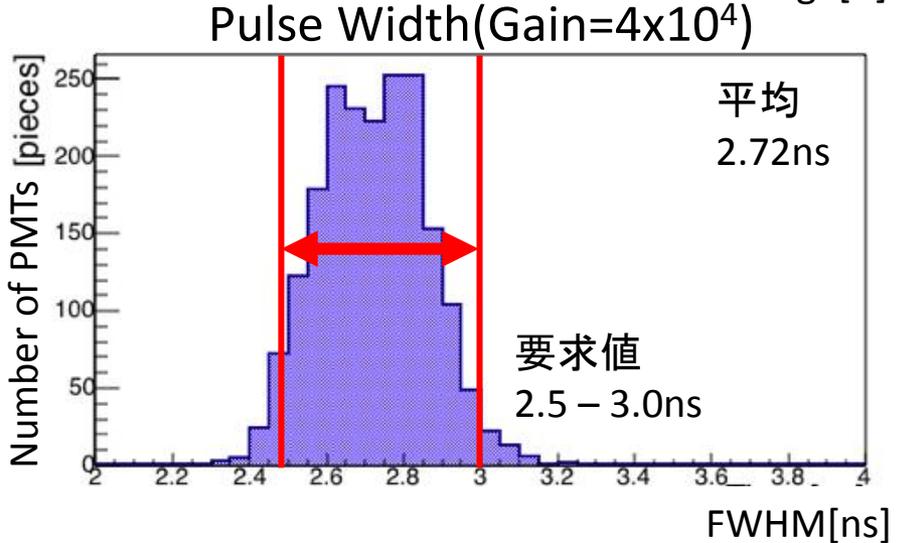
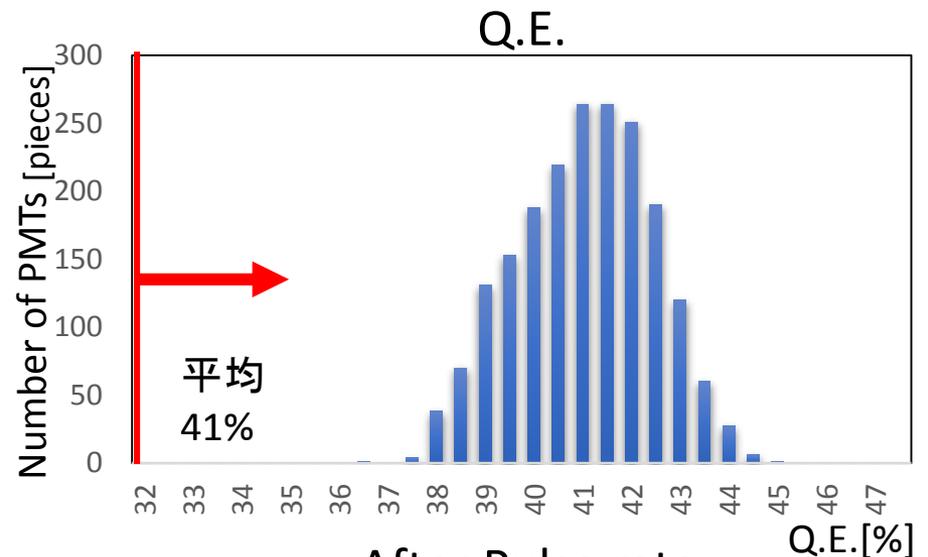
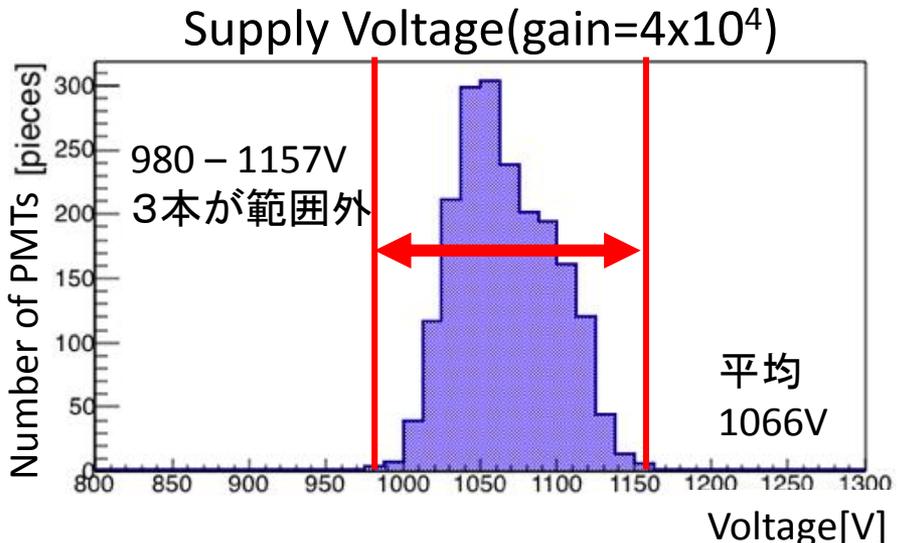
Biplanar Phototube  
HAMAMATSU R1328U



Filter Wheel  
3桁の減光制御を実現



# PMT2000本測定結果



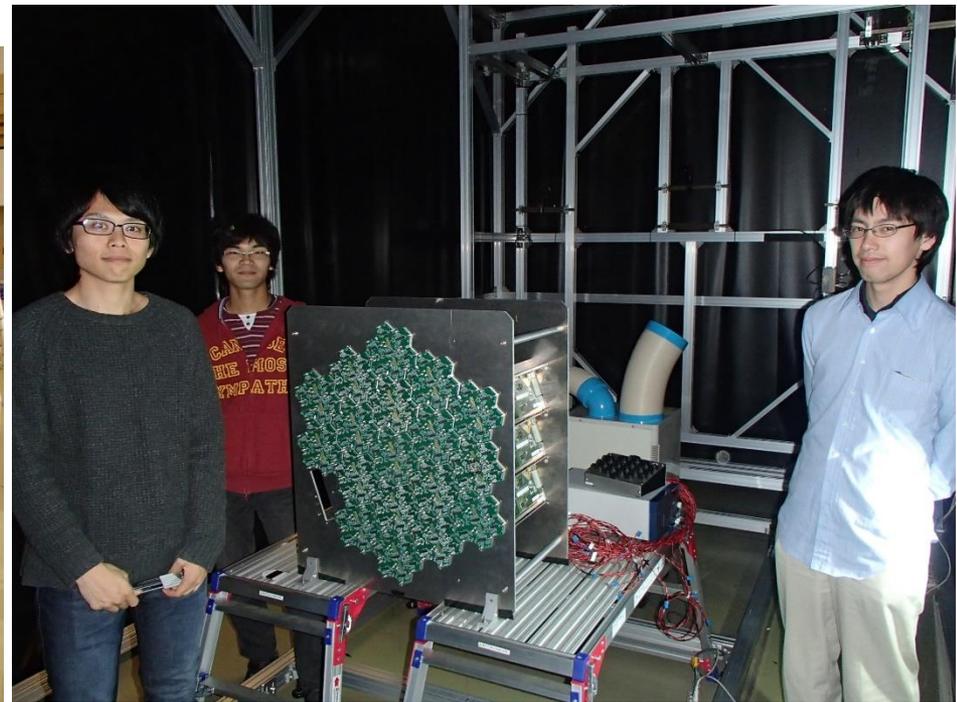
# PMT性能評価測定 まとめ

- 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 <sup>2</sup> )		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%	

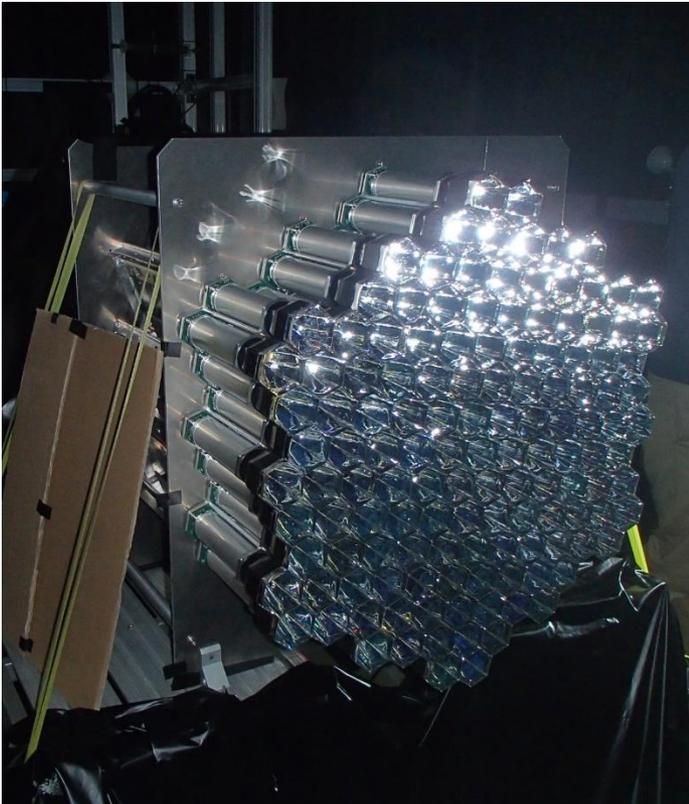
# MiniCamera性能評価

- 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



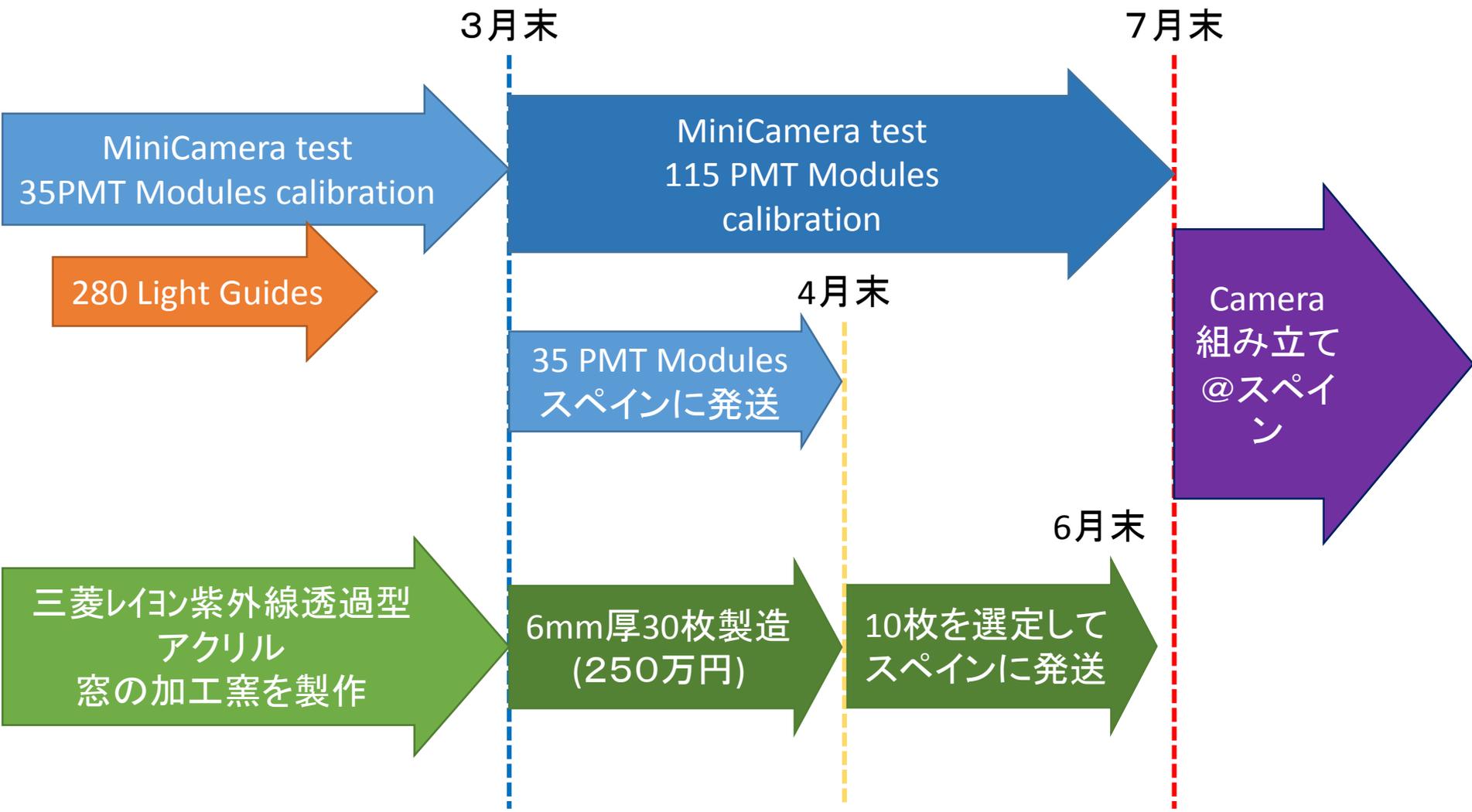
CIEMAT assembly team

# MiniCamera性能評価項目

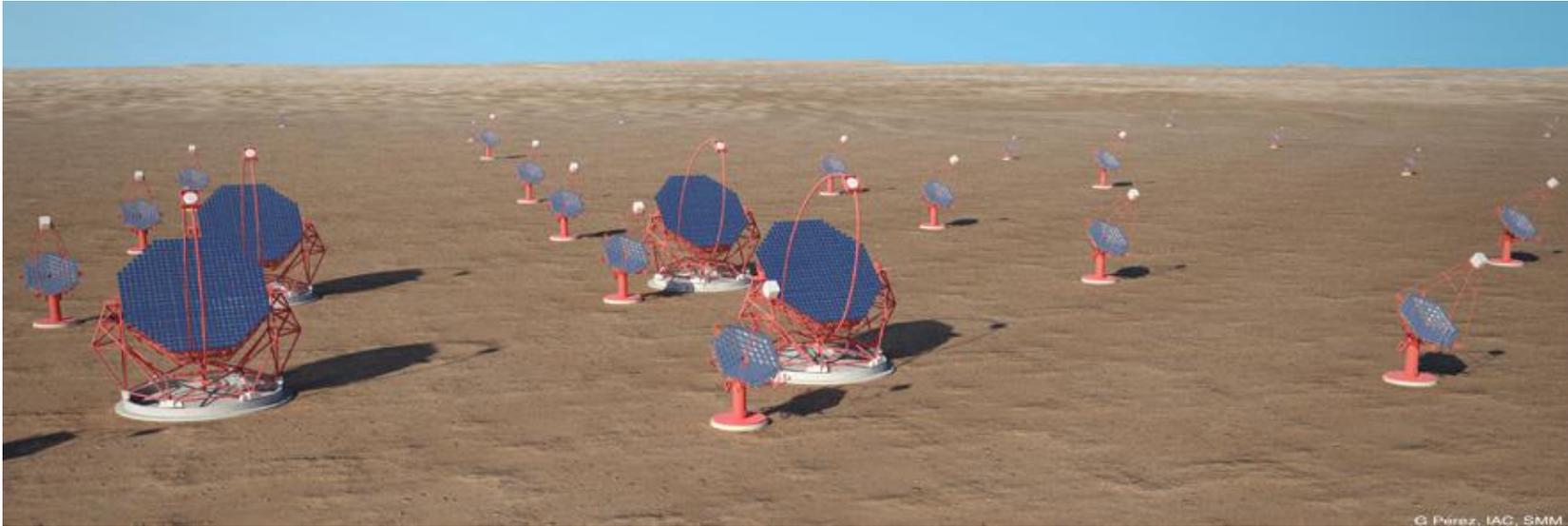
- 取り付け時の干渉や組み立てを検証するメカニカルテスト
- PMT Moduleの動作確認と、DragonのDRS4によるPMT性能評価の再現性、SCBによる情報取得、サンプリングテスト
- 複数のPMT Moduleの同時運用とトリガーテスト、ノイズチェック。
- 電源とLANスイッチングハブを交換してクラスターコントロール(通信テスト)
- その他、ハードウェアやエレクトロニクスについて不具合の有無をチェック。



# 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。