

# CTA 報告119: CTA大口径望遠 鏡初号機の焦点面カメラのシ ステム統合試験

中嶋大輔

猪目祐介B, 大岡秀行A, 奥村暁C, 折戸玲子D, 片桐秀明E, 岸田柊B, 木村颯一郎F, 窪秀利G, 櫛田淳子F, 郡司修一  
H, 今野裕介G, 齋藤隆之G,I, 櫻井駿介A, 高橋光成A, 武田淳希H, 谷川俊介G, Dang Viet TanE, 辻本晋平F, 手嶋政廣  
A,J, 寺田幸功K, 門叶冬樹H, 中森健之H, 永吉勤K, 西嶋恭司F, 西山楽K, 野崎誠也G, 林田将明A, 馬場彩L, 増田周  
G, 山本常夏B, 吉田龍生E, 吉田麻佑F, Daniel MazinA, Daniela HadaschA, 他CTA-Japan consortium

東大宇宙線研A, 甲南大理工B, 名大ISEEC, 徳島大理工D, 茨城大理E, 東海大理F, 京大理G, 山形大理H, 京大白眉I,  
Max-Planck-Inst. fuer Phys.J, 埼玉大理K, 東大理L

# CTA Cherenkov Telescope Array

次世代の地上ガンマ線望遠鏡群

❖大中小3種類の口径の望遠鏡

❖従来の望遠鏡よりも

- 一桁高い感度
- 一桁広い帯域(20 GeV - 300 TeV)

❖スペイン領ラパルマ島(北半球)、チリ・パラナル(南半球)に望遠鏡群を展開し全天を観測

大口径望遠鏡  
北4台,南4台  
口径 :23 m

中口径望遠鏡  
北15台,南25台  
口径 : 12 m

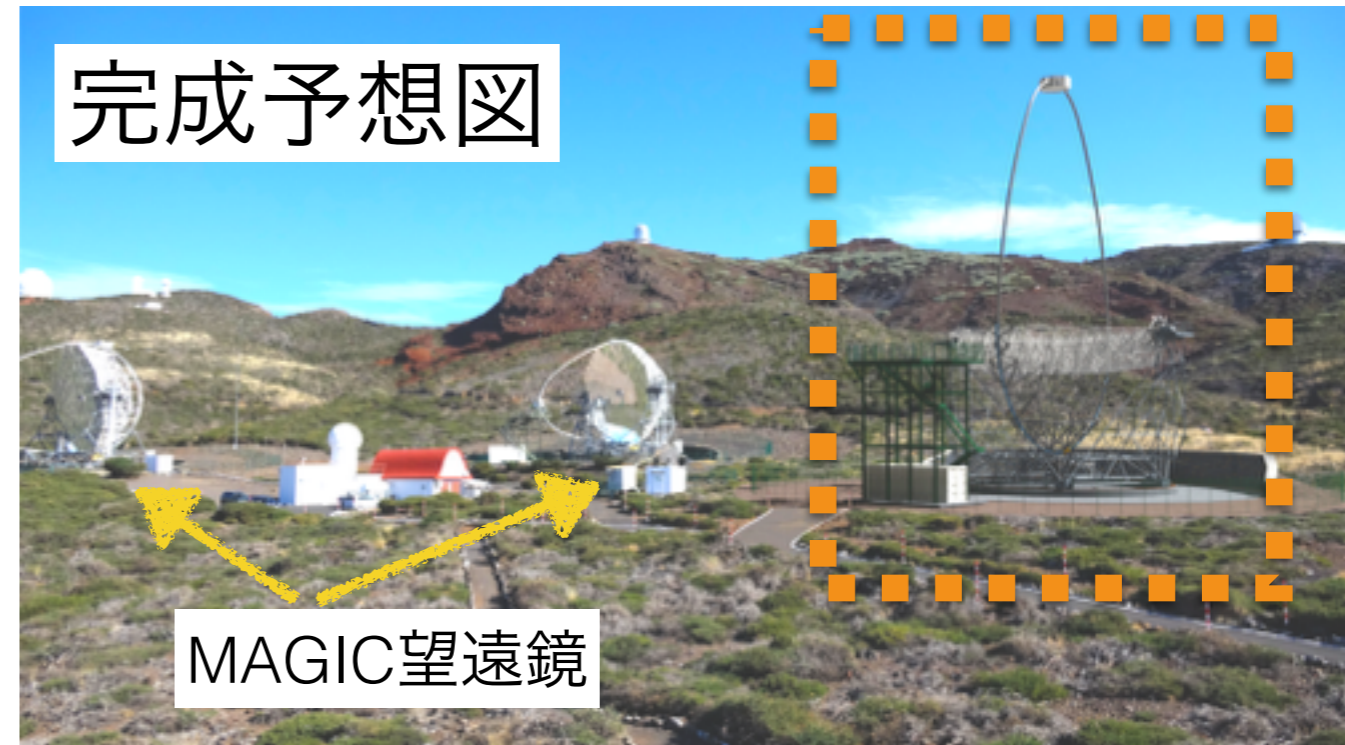
小口径望遠鏡  
北0台,南70台  
口径 : 4m





# CTA北サイト@スペイン領ラパルマ島

標高2200 m MAGIC望遠鏡に隣接して 4台のLSTを設置予定



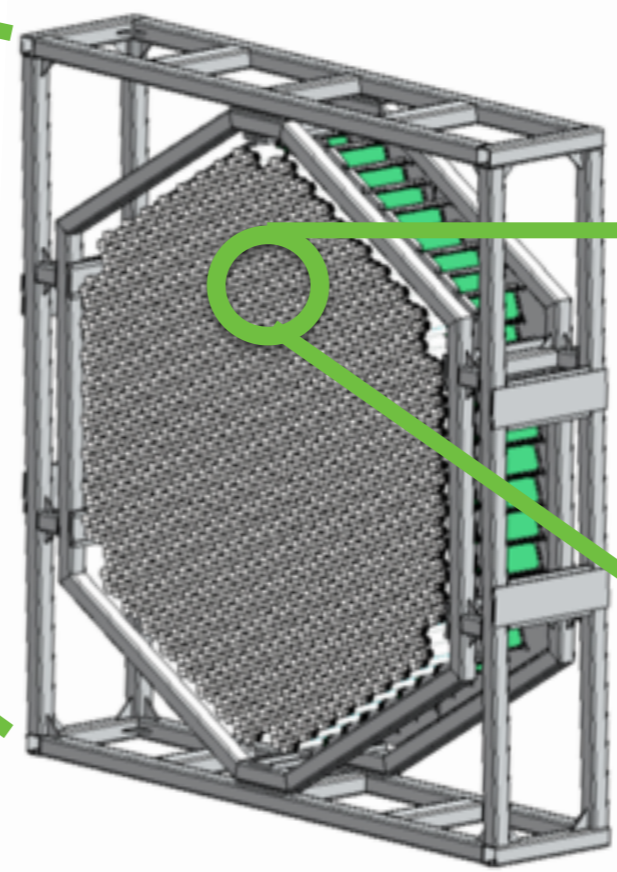
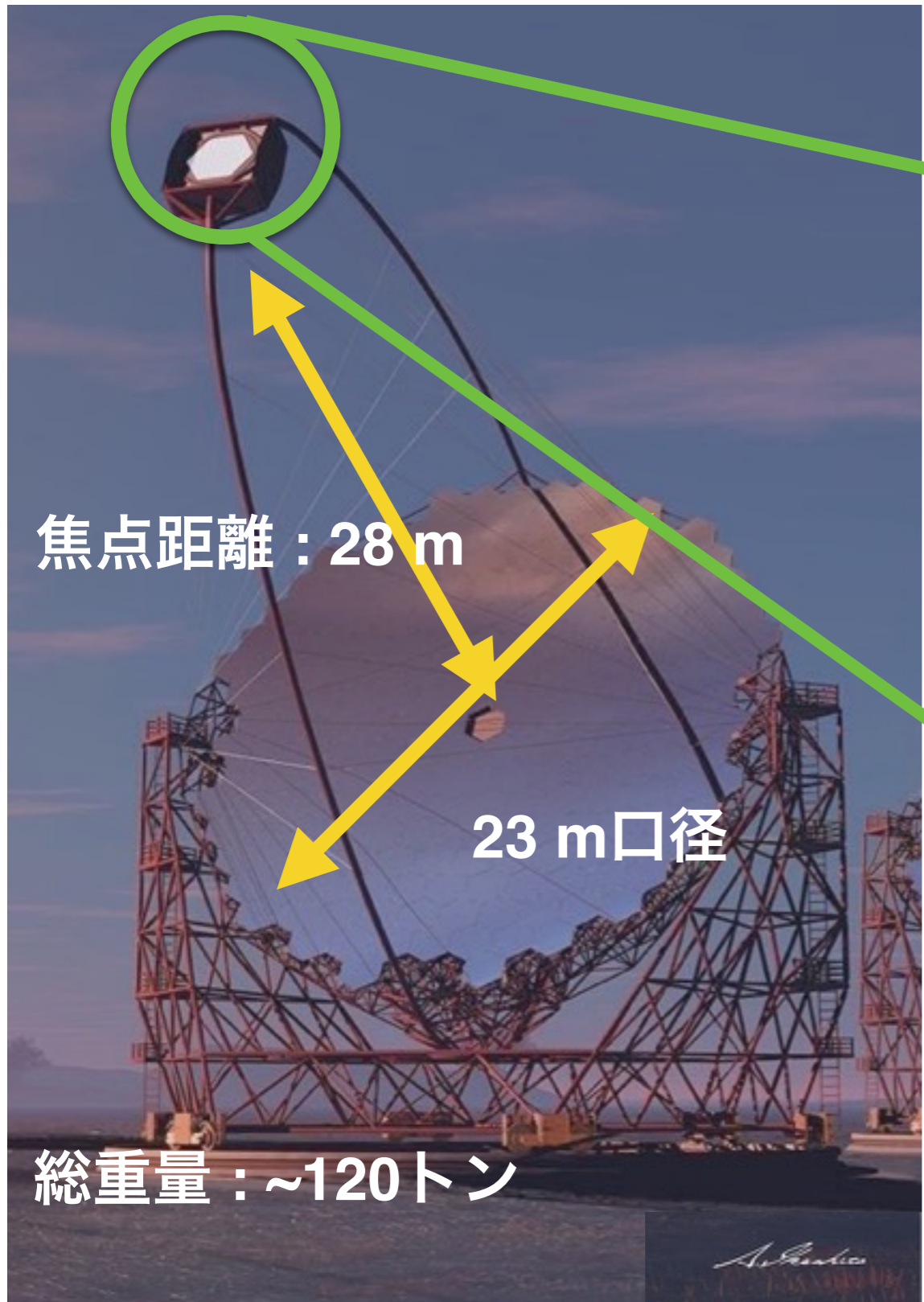
現在LST初号機を建設中  
コンクリート土台が完成  
2017年11月に**ファーストライト**の予定





# CTA大口徑望遠鏡 (LST)

日本グループはLSTの焦点面カメラ・鏡の開発を主導



## 焦点面カメラ

視野 : 4.5 度  
1855 PMT Pixel  
0.1度/Pixel  
PMTモジュール265台  
総電力 7kW

## PMTモジュール

PMT 7本  
量子効率平均40%以上  
1GHz 高速波形Sampling  
費電力 : 3 W/pixel 以下

# PMTモジュール

日本グループが開発を主導

焦点面のデッドエリアを低減  
ESRフィルム+UV反射コーティングによる高い反射率

浜松ホトニクスR11920 (1.5 インチ)  
平均ピークQE 40%以上

テストパルス生成  
PMT印加電圧の制御等

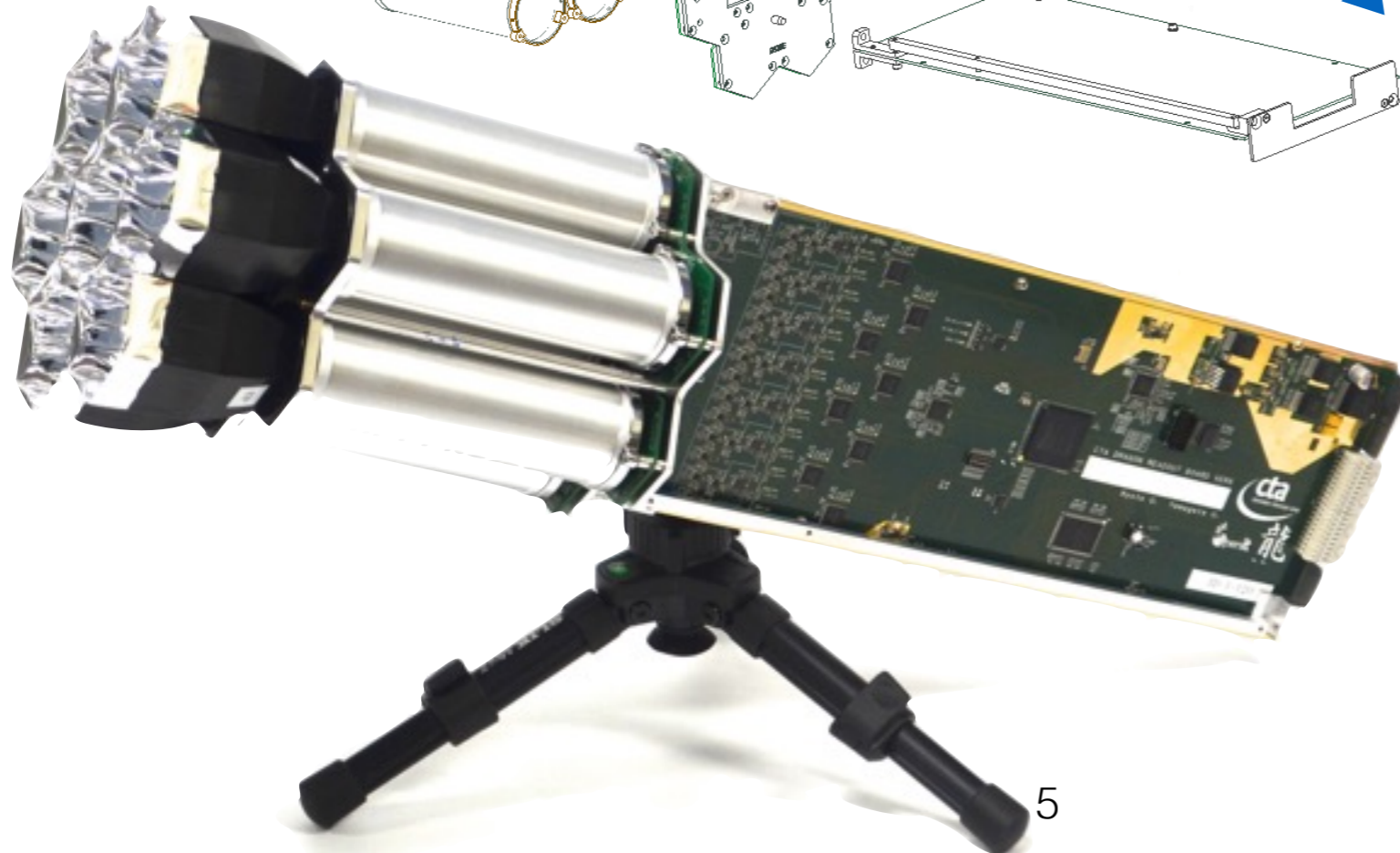
信号読み出し回路  
アナログメモリDRS4チップ  
により1GHz高速波形サンプリング

Light Guide x 7

PMT UNIT x 7

Slow Control Board

Front-end board  
Dragon V5





# MiniCameraを用いた統合試験

PMT, スローコントロールボード、Dragon読み出し回路等の単体での性能評価試験は終了

## MiniCamera

1/14スケール(19 モジュール/133ch)のカメラ  
を用いた統合試験

### 目的：

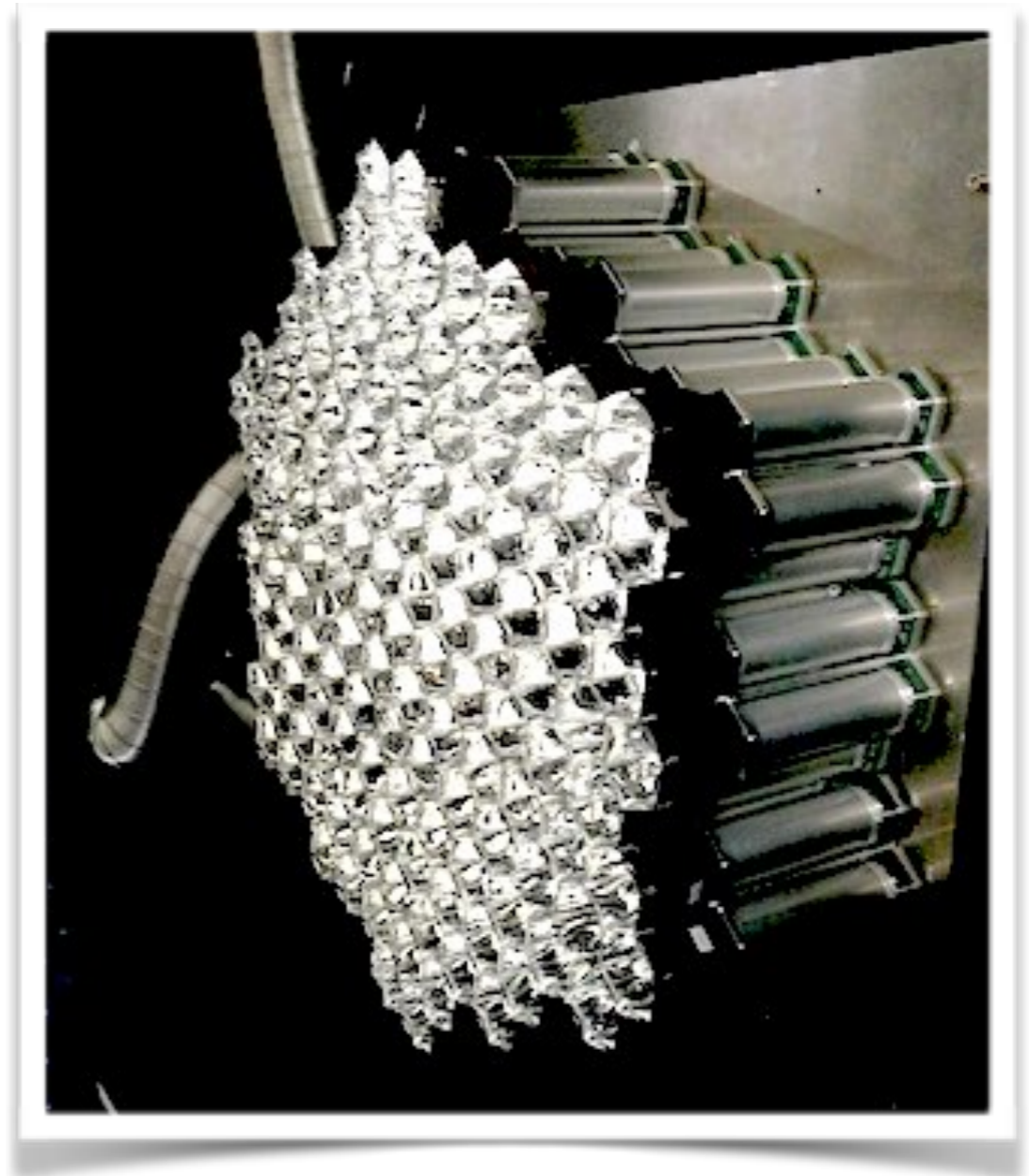
PMTモジュールとしての全数性能評価

データ収集システムの構築・評価

スローコントロール用プログラムの構築・評  
価

トリガー分配試験

機械的な構造の試験、 etc



~2016年夏：宇宙線研究所にて266 pixel(全体の約15%)の試験を行った。

現在：スペイン領テネリフェ島IAC研究所にセットアップを組み立て試験中

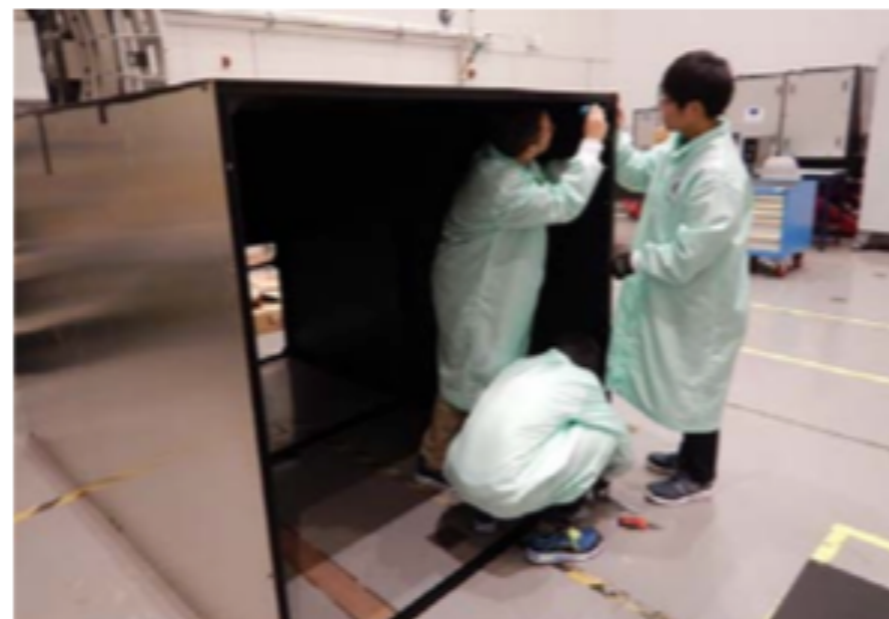
# IACでの作業の様子

東大、京大、甲南大から日本人合計6人で277人日

PMTモジュールの組み立て



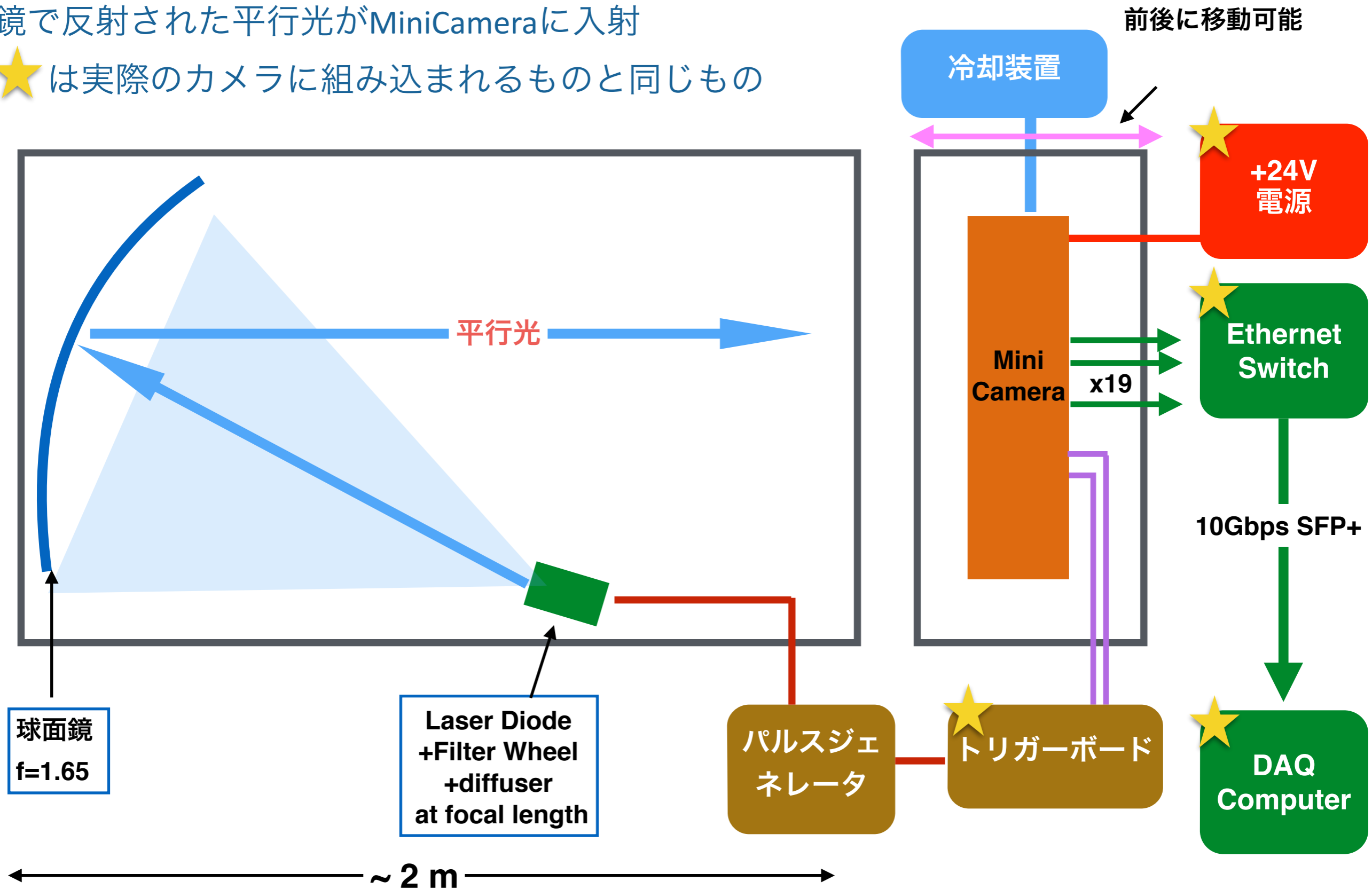
試験用暗箱の組み立て



# セットアップ

暗箱内に設置した球面鏡に、その焦点からパルスレーザー光を照射  
鏡で反射された平行光がMiniCameraに入射

★ は実際のカメラに組み込まれるものと同じもの





# 測定・試験項目

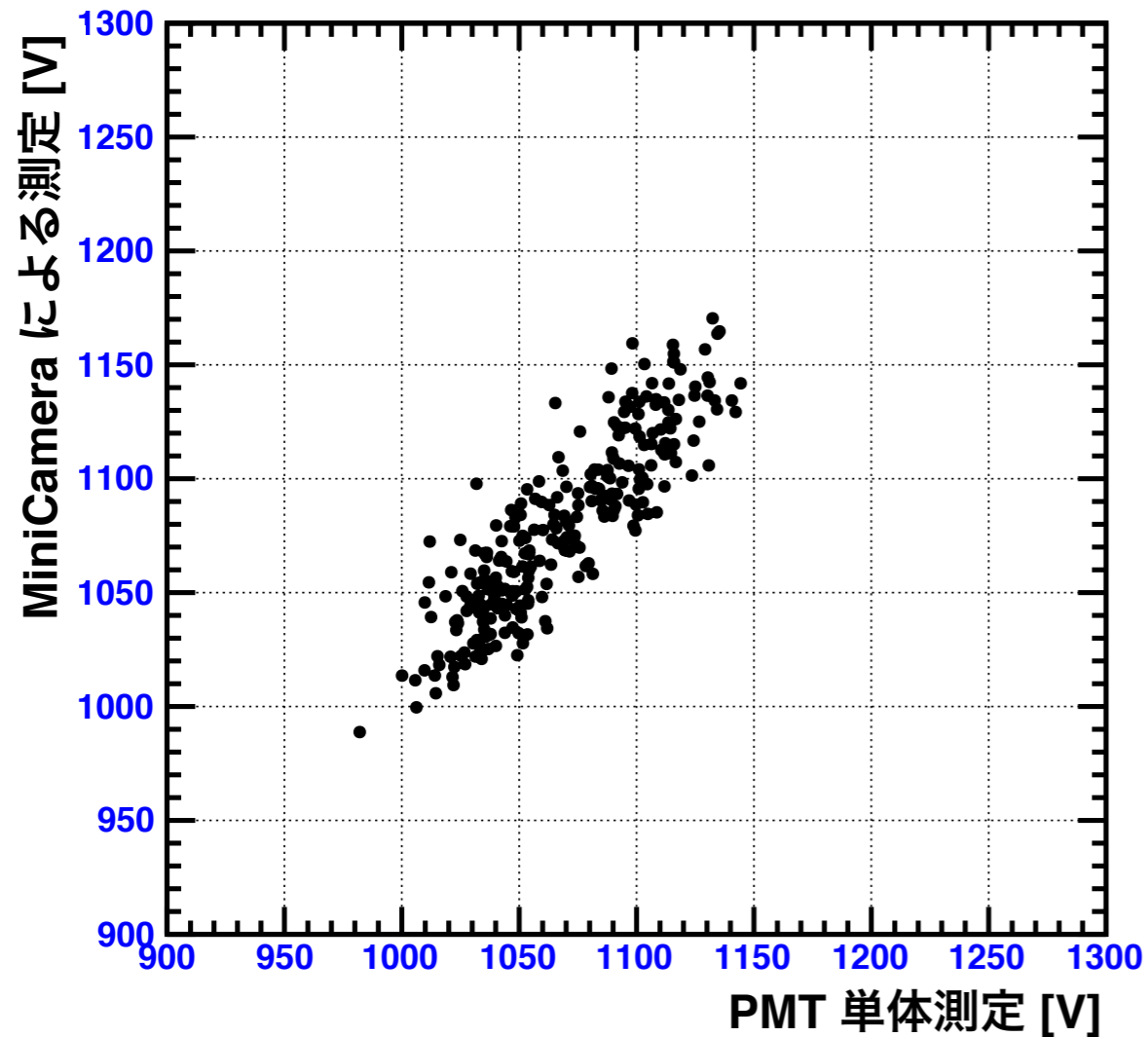
すべて自動で

- ノイズレベルの測定
- HV=1400VでのSingle Photo-electronの測定
- 印加電圧 vs 増幅率の測定
- NominalなHV値の決定(Gain=4万)
- 入射光量に対するリニアリティの測定
- Nominal VoltageでのSingle photo-electron測定
- 試験結果のデータベース化

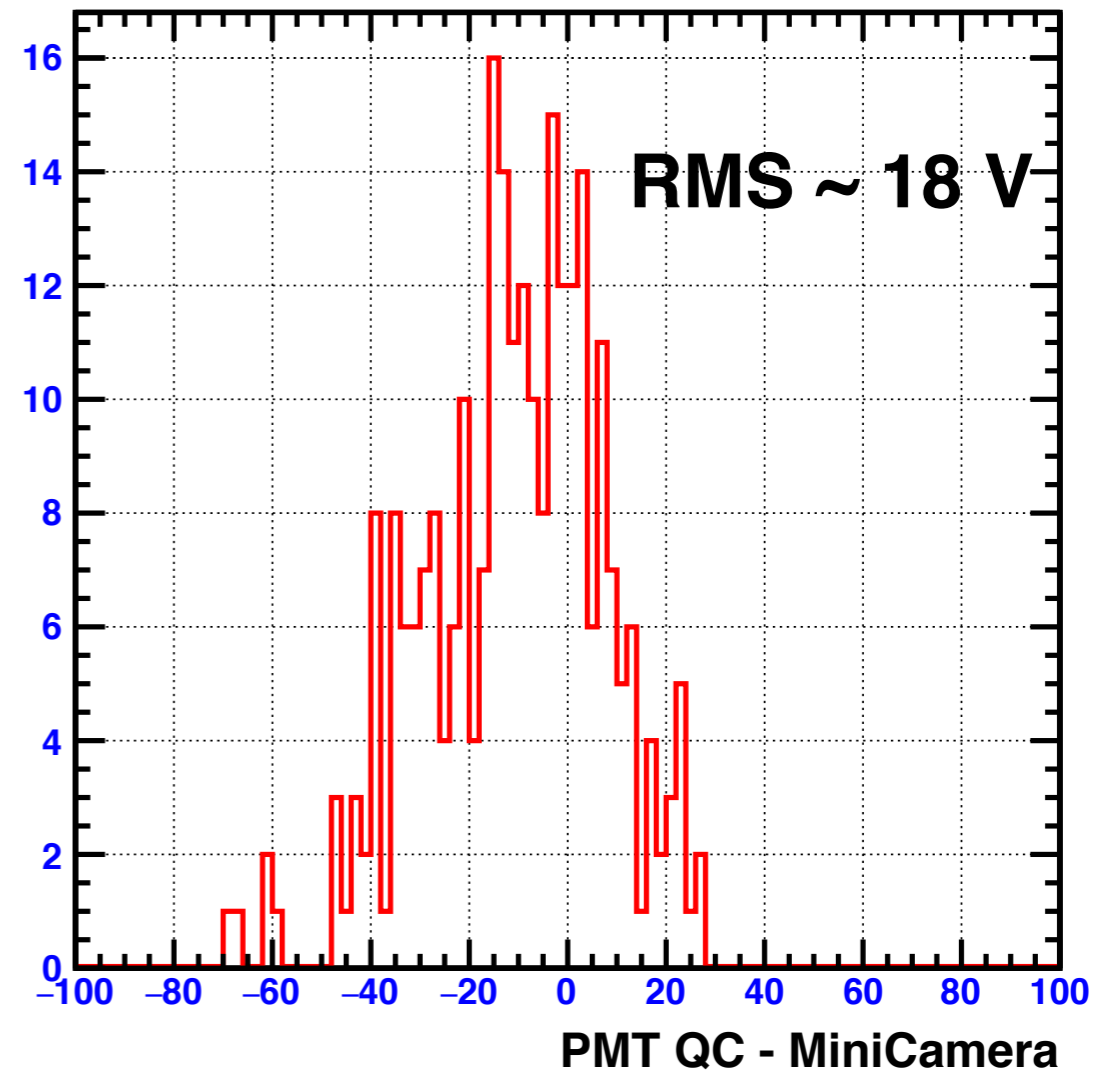
などを測定 (~ 3時間程度)

# Nominal Voltageの測定

Gain 4万を与える電圧値(Nominal Voltage)の相関



PMT単体測定とMiniCamera測定によるNominal Voltageの差



Single Photo-electron event  
HV vs Gain  
の測定データより決定したnominal voltageと  
PMT単体で測った時のnominal voltageとの相関  
 $\Delta$ NominalVoltage ~ 2%程度の決定精度



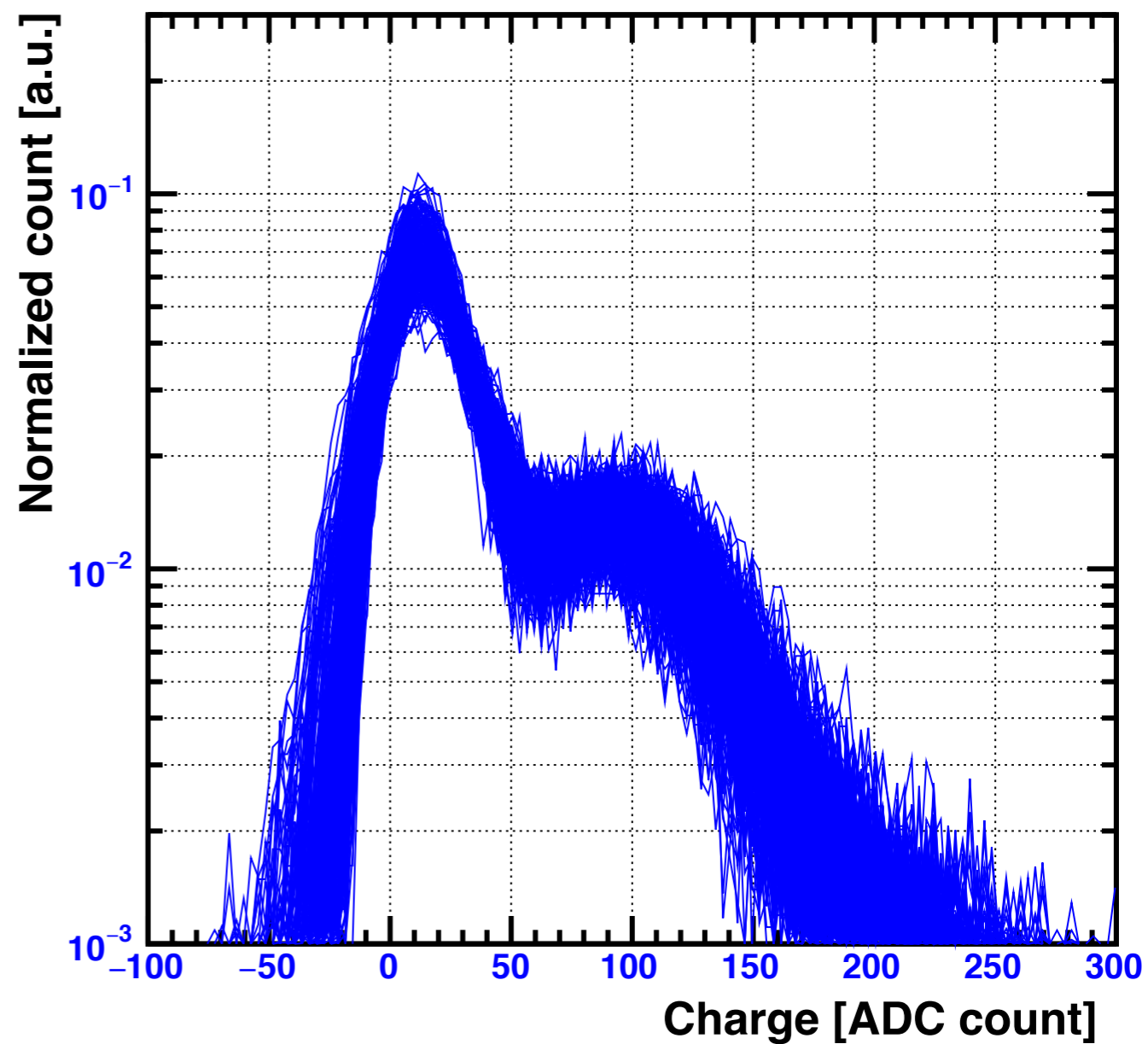
# Gain 4万のSignal

## Photoel

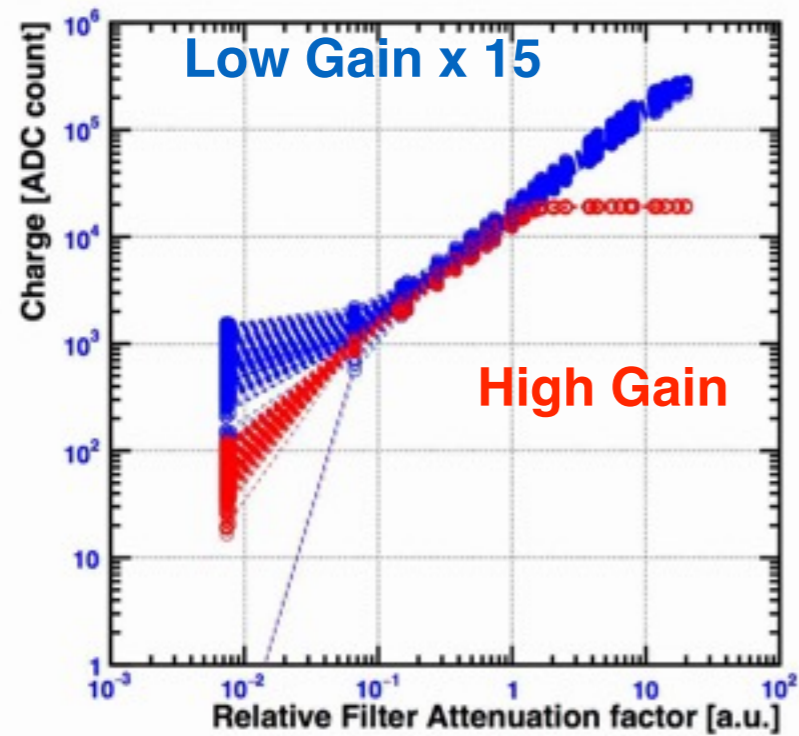
電荷量5ns積分

平均Photon数で規格化

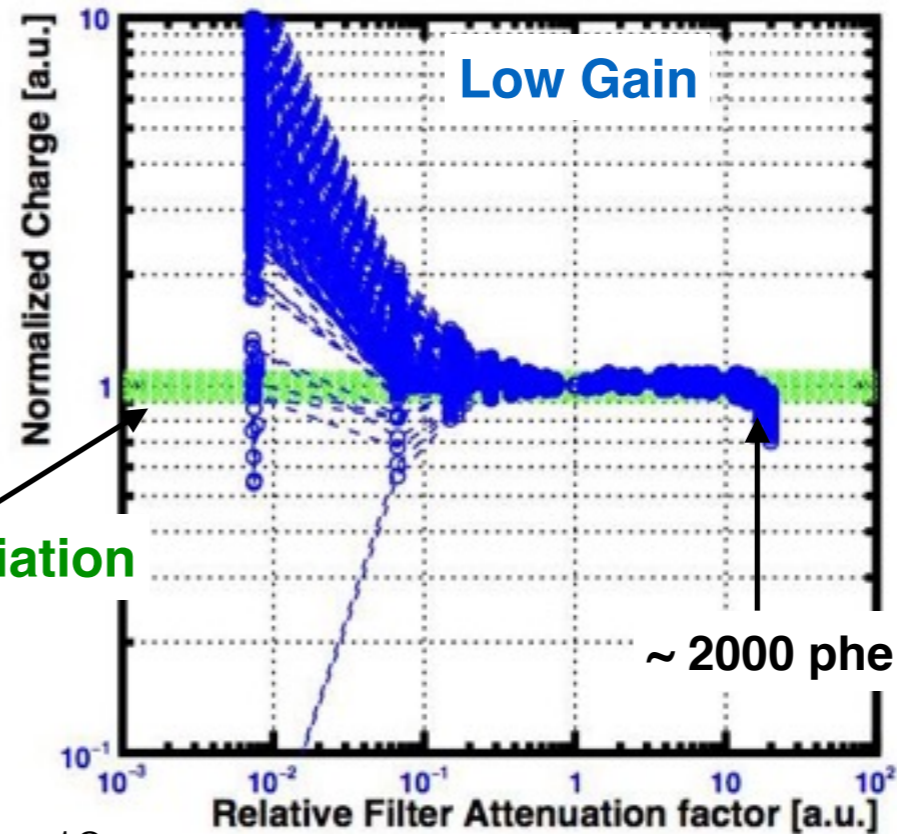
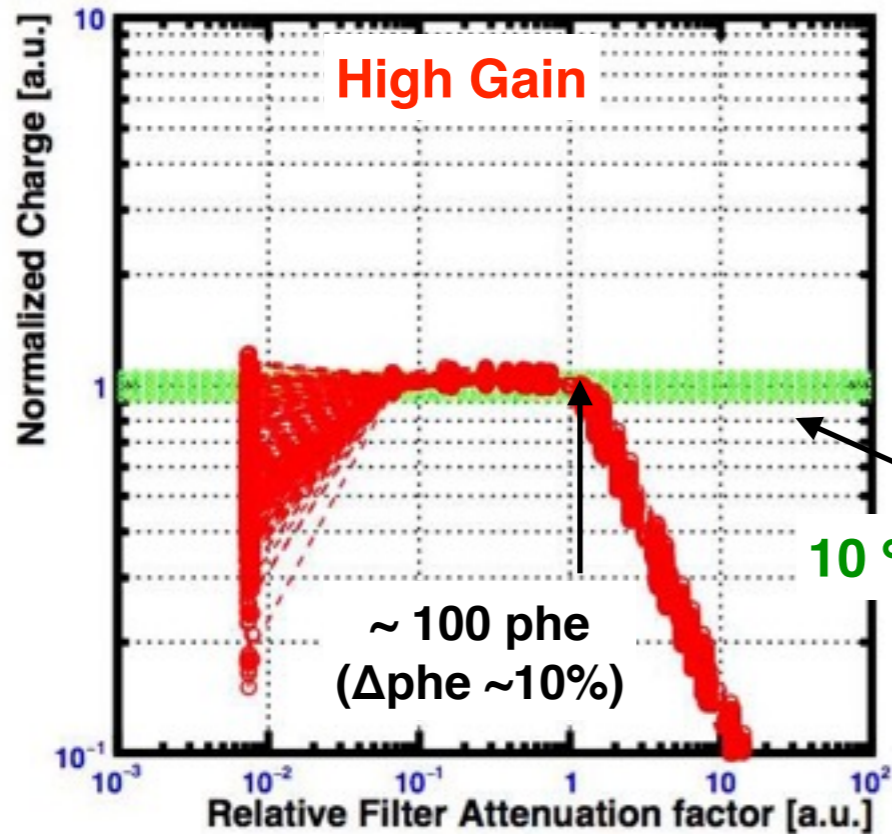
4万という低いゲインでもS/N ~ 4以上ではっきりとSingle photoelectronに対応する山が見えている。



# 光子量に対するLinearity

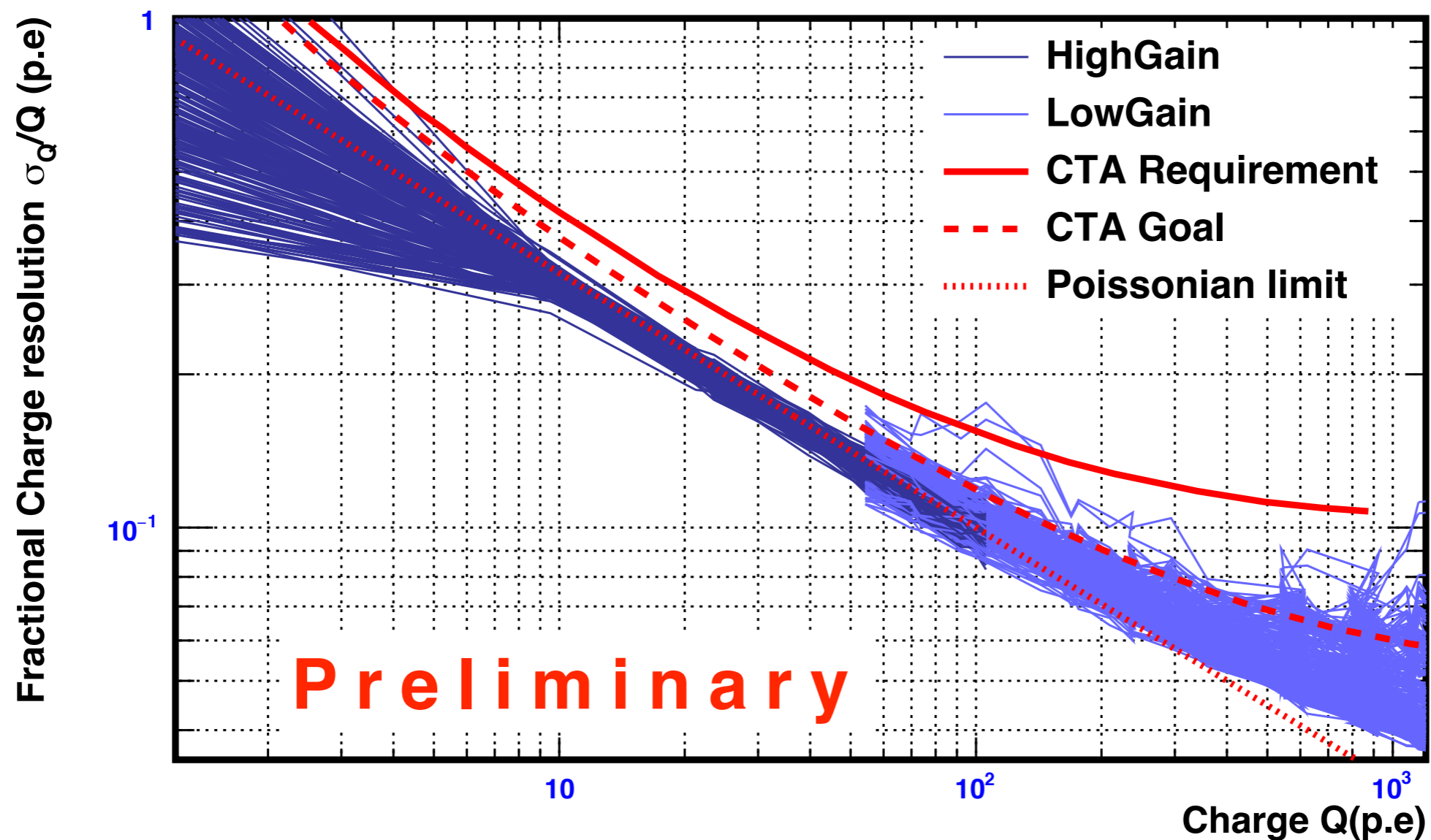


光子数数個~2000個程度の3.5桁に渡る範囲で5%程度のLinearity





# 電荷分解能



光子数のポアソン統計に由来する揺らぎとほぼ一致する結果が得られた。  
ただし、入射光子数の決定が独立な方法で行われていないためPreliminaryな結果  
CTAの要求値は、夜光等のバックグラウンドを含んだ値。

# まとめ

- 2017年11月のファーストライトに向けて、
- テネリフェ島のIAC研究所へ日本で開発した初号機用カメラ部品すべてを輸送完了
- IACにMiniCameraセットアップを立ち上げ、PMTモジュールの組み立作業と性能評価試験を遂行中 (5月中旬に終了予定)
- これまでのところ大きな問題は見つかっていない。
- バルセロナIFAE研究所で最終統合試験--> 9月頃に現地で望遠鏡へインストール
- 北サイトの残り4号機までのモジュール組み立て、性能評価試験はIACにて行う