

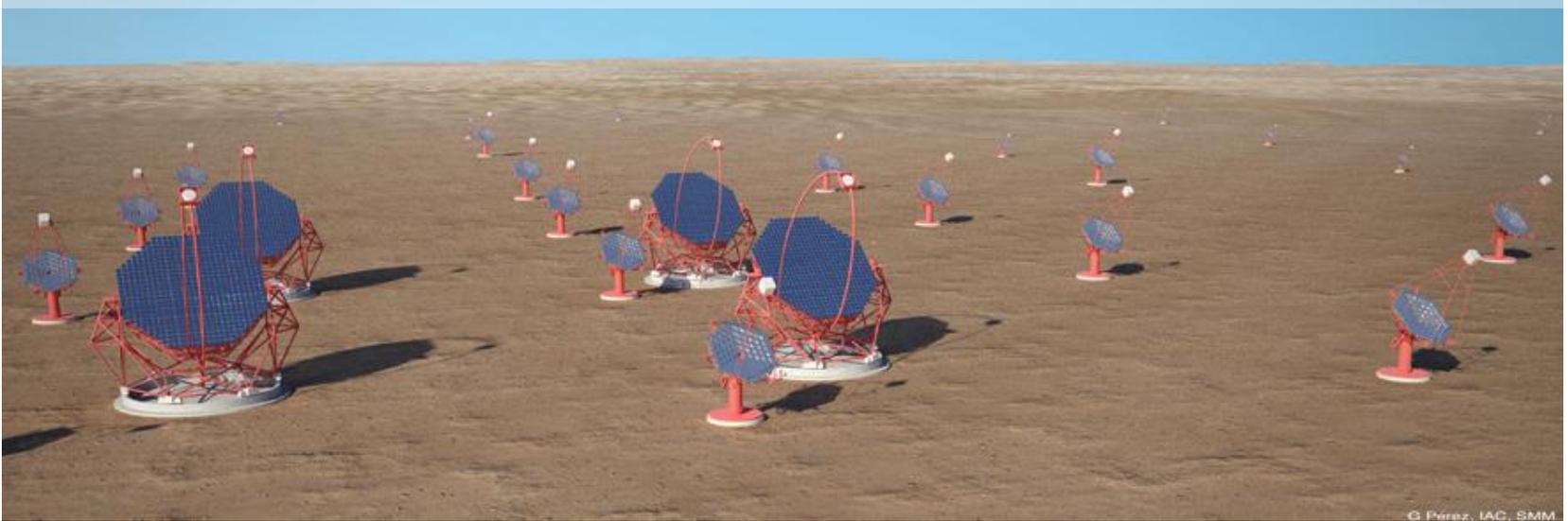
光電子増倍管較正試験のための 高速パルスレーザーの製作

猪目祐介^A, 石尾一馬^B, 梅津陽平^C, 大岡秀行^B, 荻野桃子^B, 掃部寛隆^A,
窪秀利^D, 郡司修一^E, 小山志勇^F, 今野裕介^D, 齋藤隆之^D, 高橋光成^B,
辻本晋平^C, 土屋優悟^D, 手嶋政廣^{B,G}, 友野弥生^C, 中嶋大輔^B, 中森健之^E,
永吉勤^F, 畑中謙一郎^D, 花畑義隆^B, 林田将明^B, 増田周^D, 松岡俊介^F,
山本常夏^A, 他CTA-Japan consortium

甲南大理工^A, 東大宇宙線研^B, 東海大理^C, 京大理^D, 山形大理^E,
埼玉大理^F, Max-Planck-Inst. fuer Phys.^G



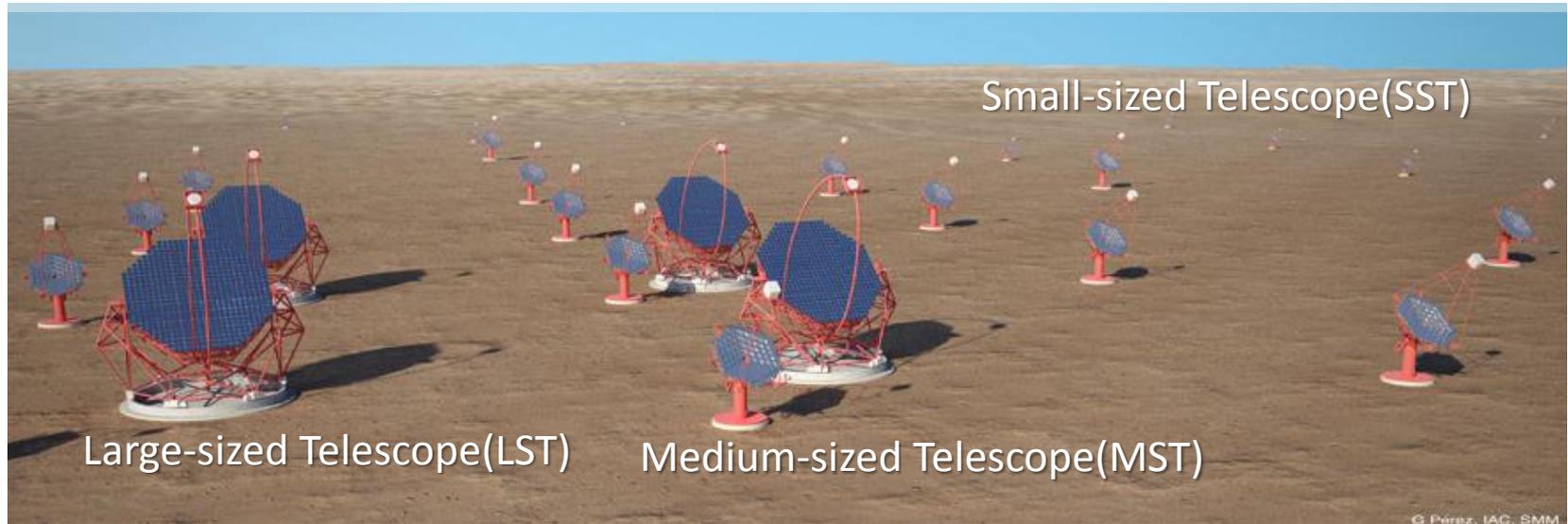
研究背景 - CTA計画



Cherenkov Telescope Array(CTA)計画

- 日米欧など世界29ヶ国からなる国際共同実験であり、大規模な解像型大気チェレンコフ望遠鏡群を南半球と北半球に建設してガンマ線源への全天観測を行う。
- 従来の10倍深い感度を達成し、20GeVから100TeV以上の超高エネルギー領域に感度を持つ望遠鏡を開発する。

研究背景 - CTA計画



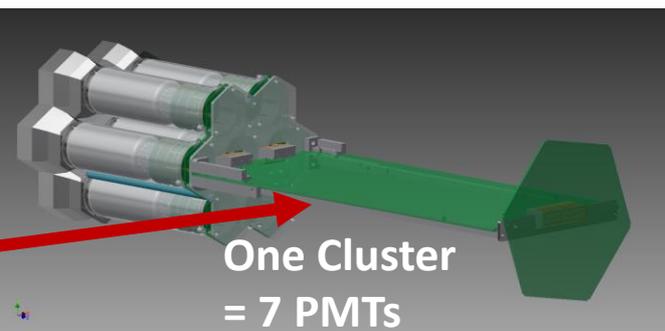
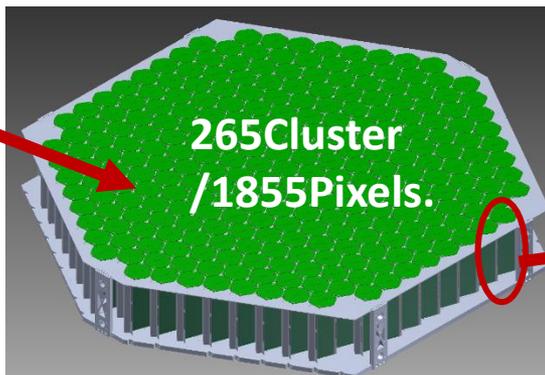
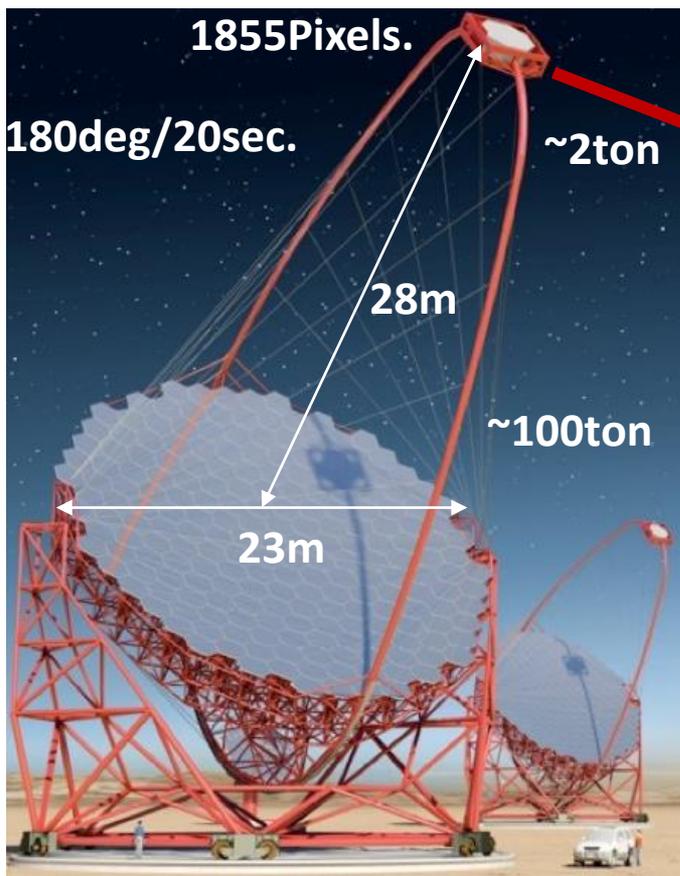
Cherenkov Telescope Array(CTA)計画

- 日米欧など世界29ヶ国からなる国際共同実験であり、大規模な解像型大気チェレンコフ望遠鏡群を南半球と北半球に建設してガンマ線源への全天観測を行う。
- 従来の10倍深い感度を達成し、20GeVから100TeV以上の超高エネルギー領域に感度を持つ望遠鏡を開発する。

→全体報告 : CTA 報告86 窪秀利

大口径望遠鏡 (Large-sized Telescope, LST)

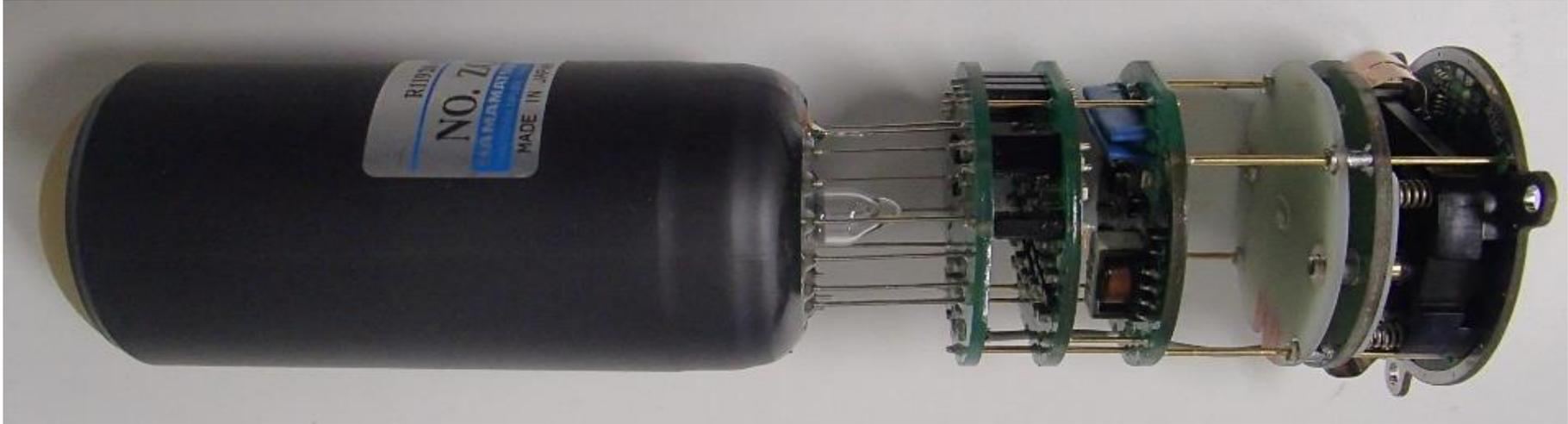
CTA計画で建設される3種類の望遠鏡の中で最も大きい。
日本が開発に大きく関わっている。



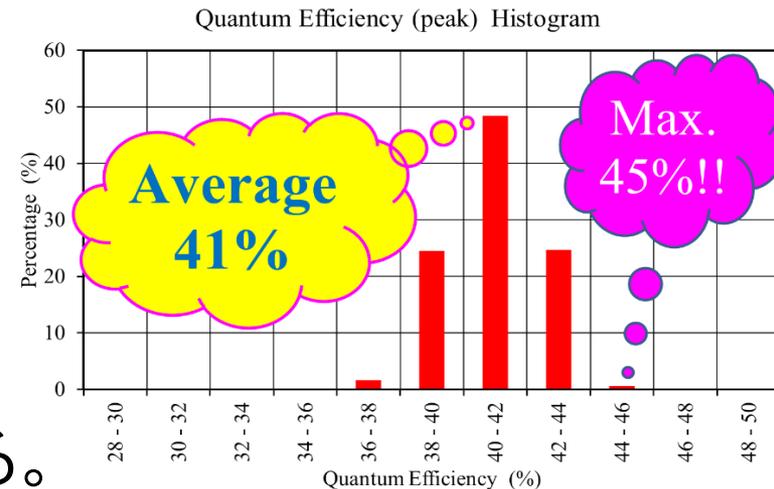
- 2016年中の建設及び稼動開始に向けて、研究・開発が進められている。
- 複数の望遠鏡と連携するステレオトリガーを採用しており、そのため各望遠鏡の読み出し回路は1GS/sで4 μ s分のバッファを持つ。

→ CTA読み出し回路の開発 : CTA報告91 増田周

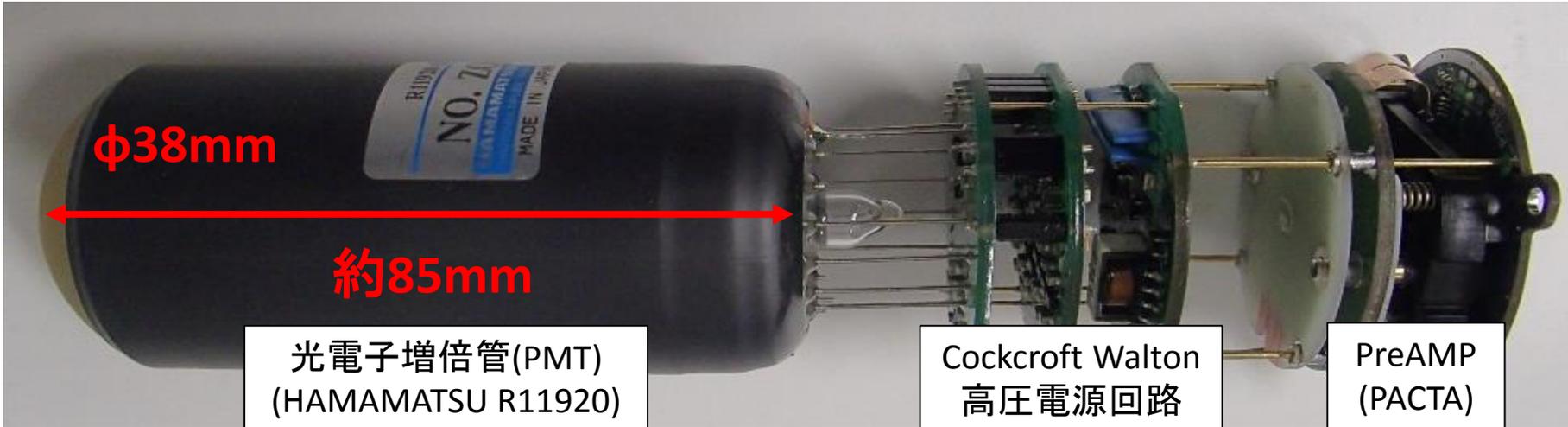
焦点面検出器 - 光電子増倍管 (PMT)



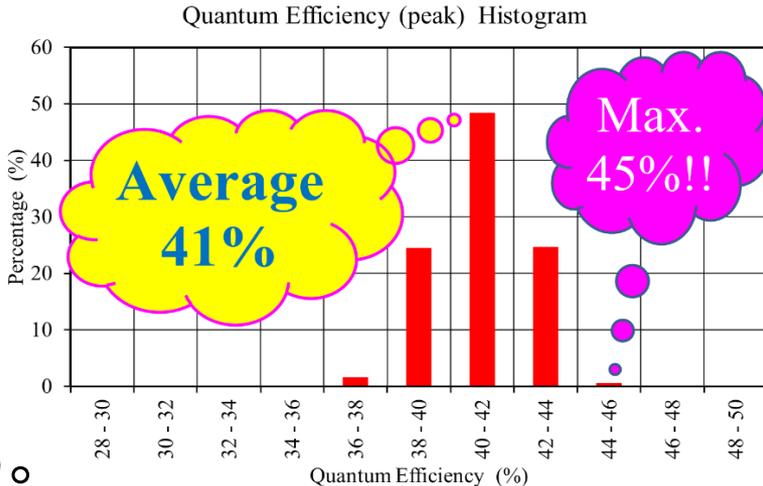
- 大気チェレンコフ光(数ns/イベント)を高精度で観測するため、応答速度が速く量子効率(Q.E.)の高い光電子増倍管が必要となった。
- 開発されたPMTはLSTの要求値を満たしており、2000本以上が生産されている。



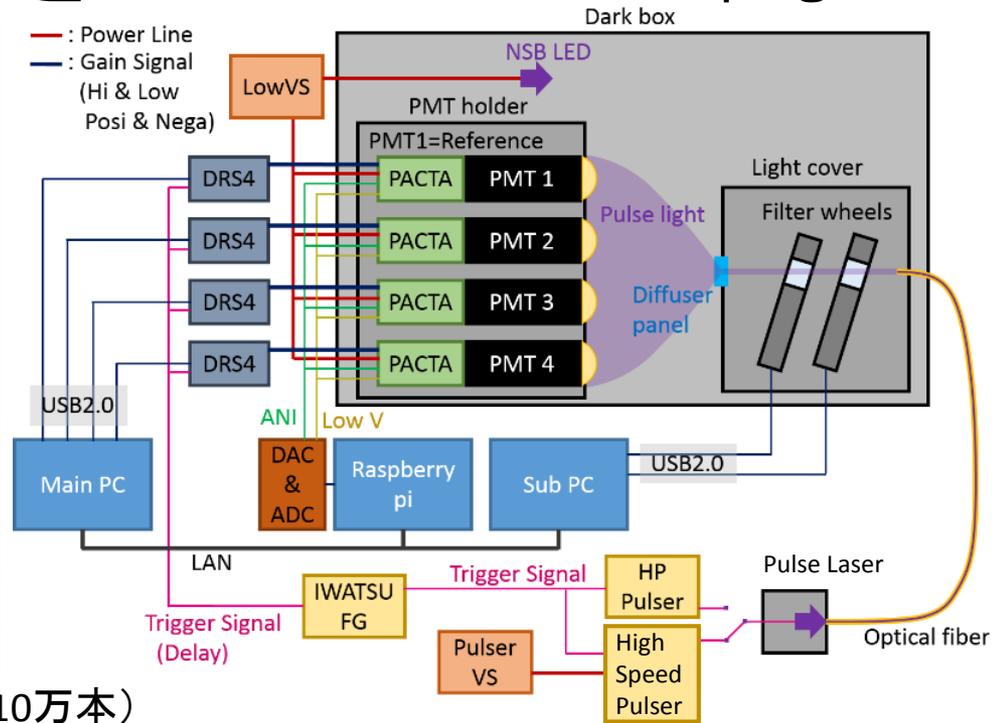
焦点面検出器 - 光電子増倍管 (PMT)



- 大気チェレンコフ光(数ns/イベント)を高精度で観測するため、応答速度が速く量子効率(Q.E.)の高い光電子増倍管が必要となった。
- 開発されたPMTはLSTの要求値を満たしており、2000本以上が生産されている。



PMT性能評価測定 (PMT Calibration Campaign)

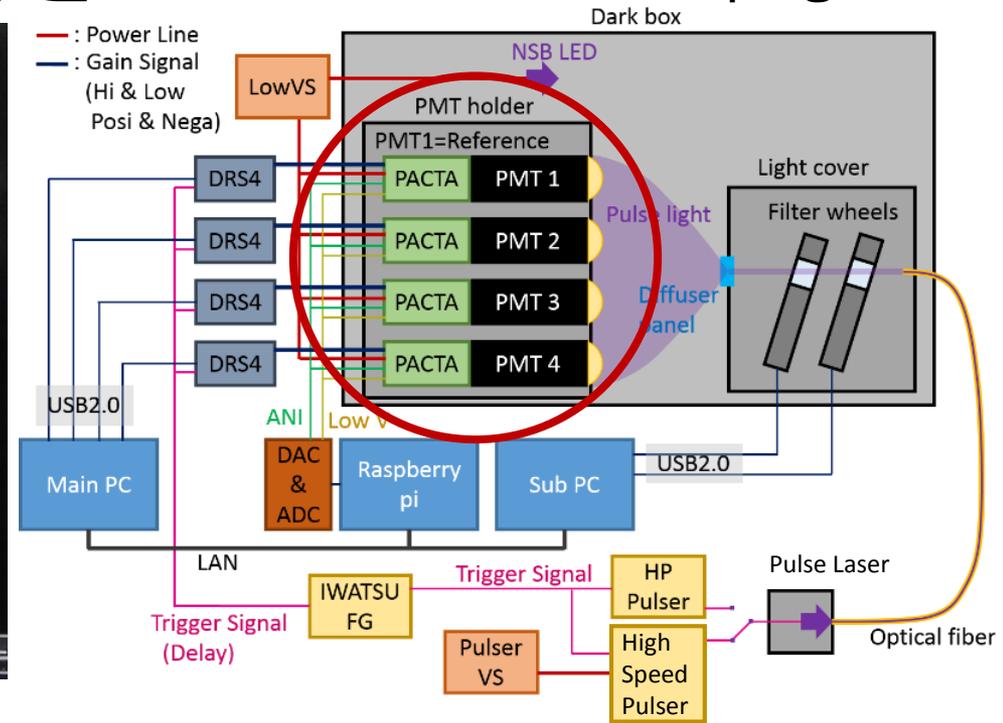
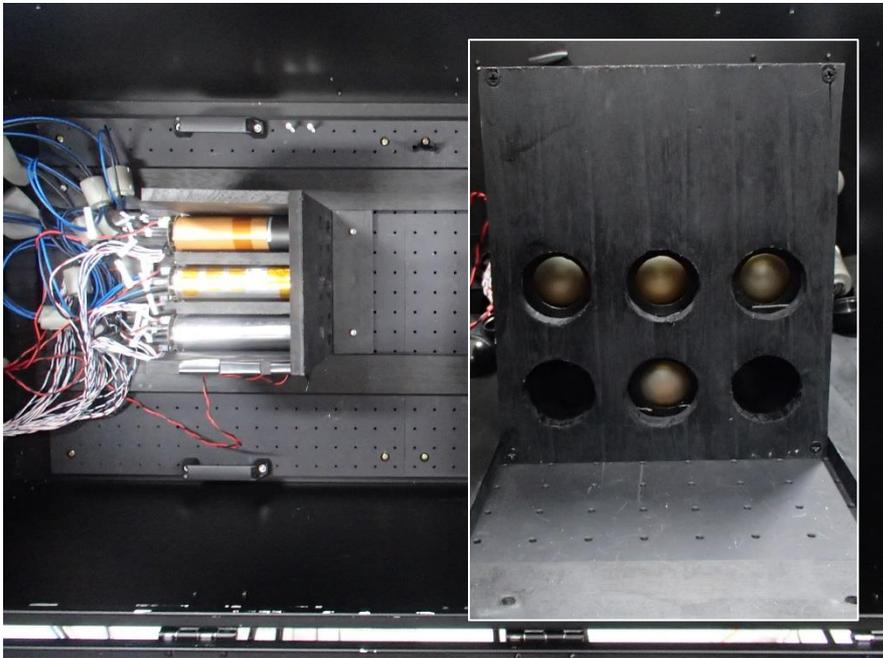


・測定PMT数：2027本中1000本程度(最終的に約10万本)

- ・ 生産されたPMTに対して、電源電圧と増倍率の依存性や、アフターパルス発生率等の固体差測定を行う。
- ・ この結果を基に、PMT配置のシミュレーションなどが行われる。

→ CTA光電子増倍管の校正試験：CTA報告89 永吉勤

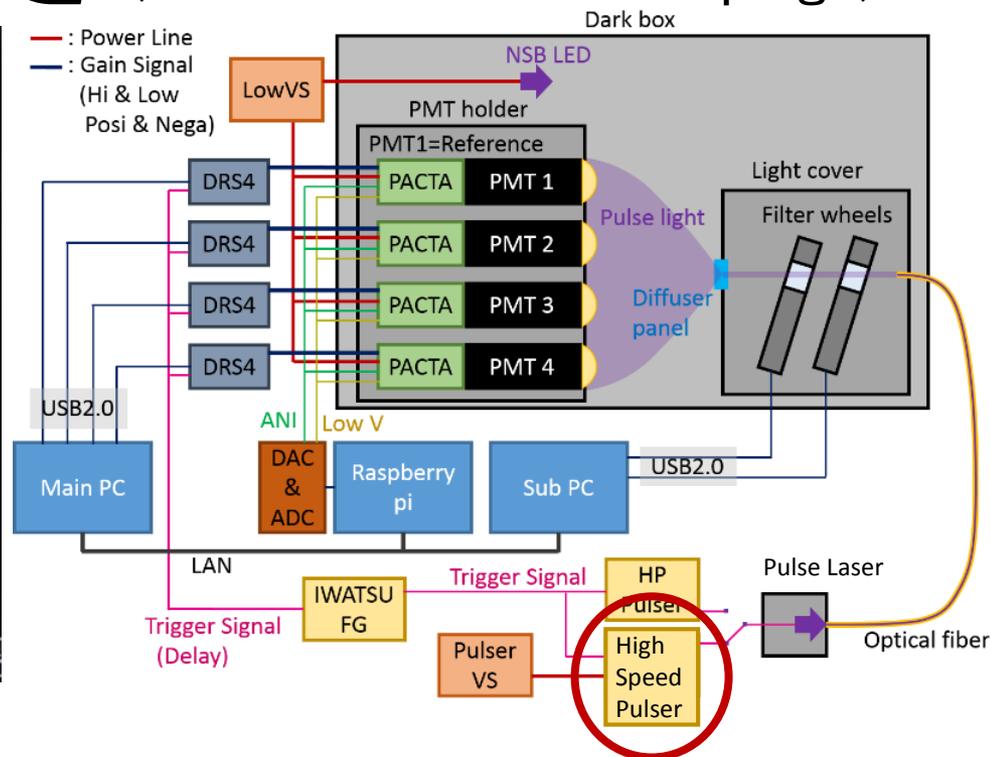
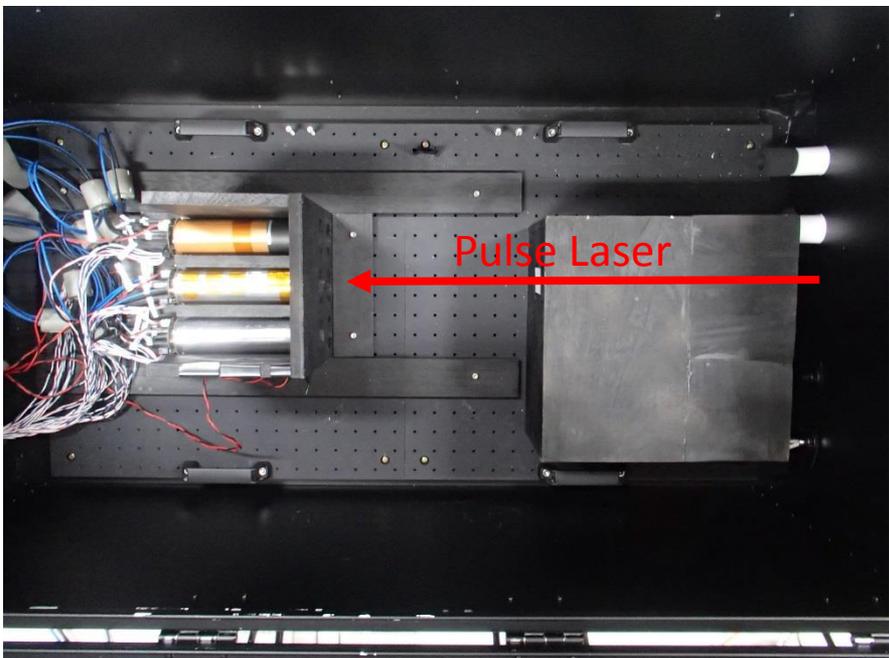
PMT性能評価測定 (PMT Calibration Campaign)



PMT Holder

- PMT Holder内には最大8本のPMTを設置でき、同時測定が可能。
(当初6本体制 → 2本分のHolderを追加)
- このうち1本を常に入れ替えないReferenceとする事で、環境が変化しても補正を行えるようにしている。

PMT性能評価測定 (PMT Calibration Campaign)



校正用高速レーザー

- PMTが出力する信号幅より速い発光時間幅を持つ光源が必要であったため、PMT性能評価に用いる高速レーザーを製作した。

PMT性能評価用光源 – 要求性能

- 光電子増倍管(PMT)の較正用光源として、以下の要求性能を設定し、製作を行った。

- PMTの観測対象となる波長の光(350~420nm程度)を出力可能である事。
- 発光時間幅が半値幅で1ns以下となる事。
- PMTに照射する光量を任意に調整可能である事。
- 60分間の連続稼動を行った際にも安定している事。
- 既製品より安価で製造が可能である事。

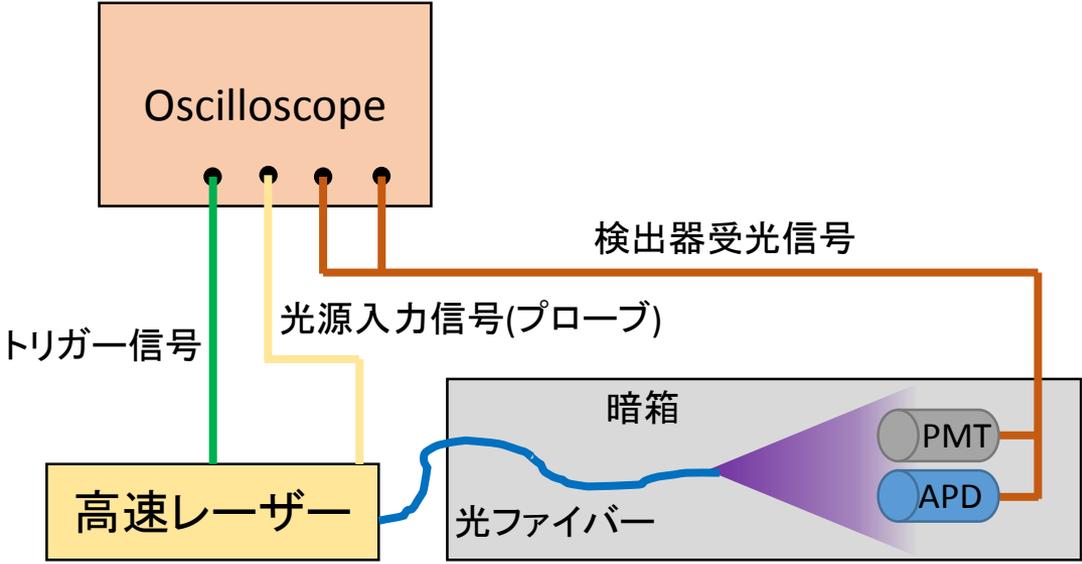
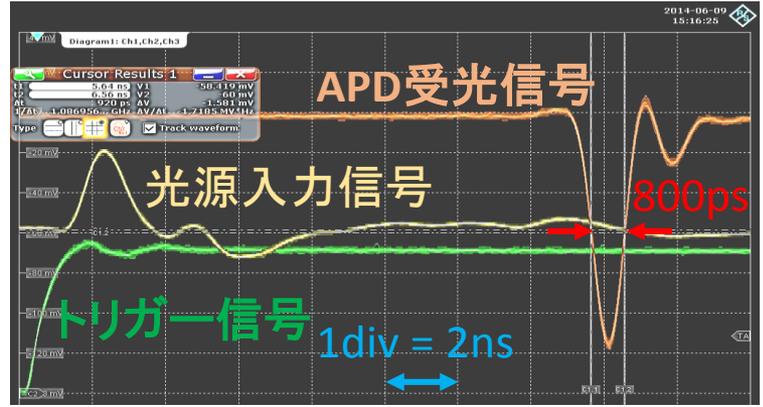
製作した較正用高速レーザー制御装置



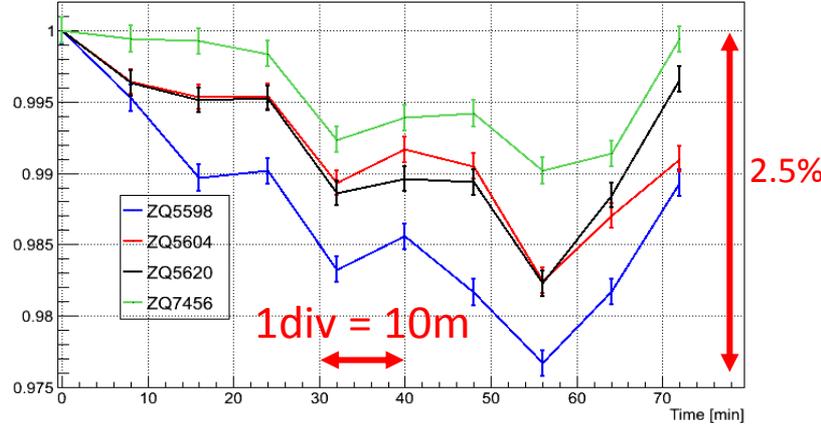
較正用高速レーザー - 性能評価

- 製作した高速レーザーの性能評価として、以下の測定を行った。
 - 回路の生成波形
 - 光源からの発光波形
 - 出力光量の時間変化

高速レーザー回路からの各信号波形



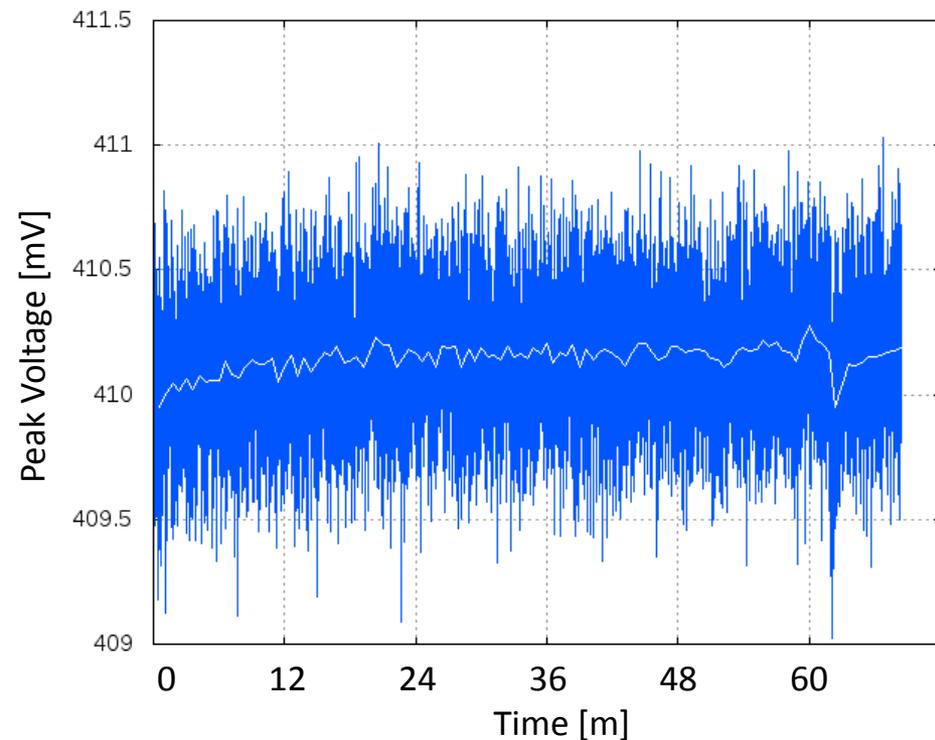
70分間の光量変化



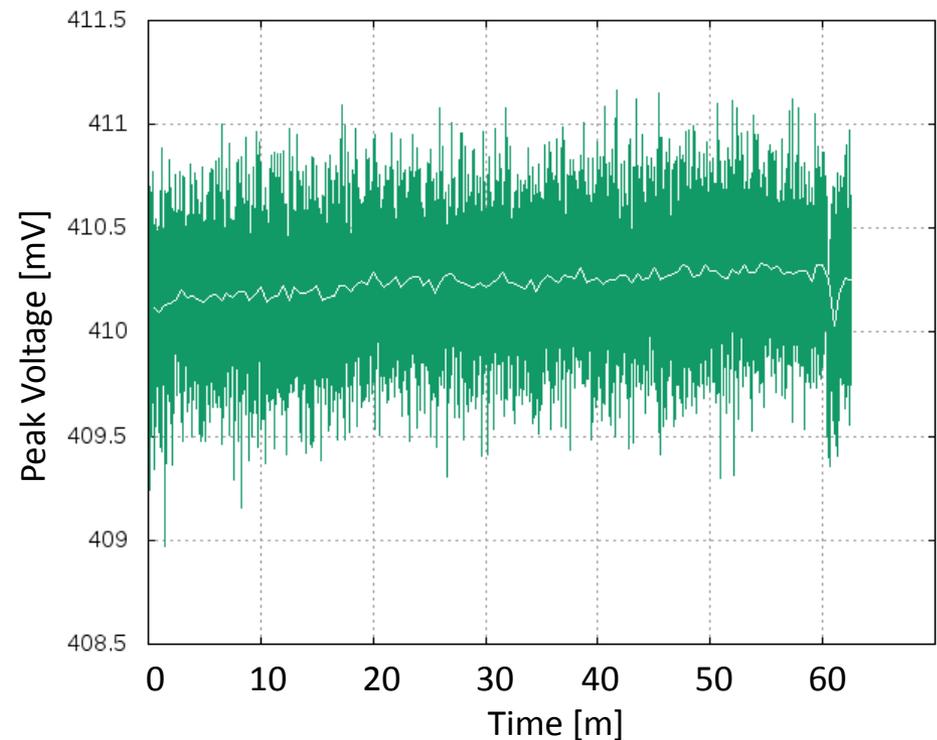
較正用高速レーザー – 性能評価

- 連続稼働時の安定性の指標として、回路のウォーミングアップ無しの状態から、トリガーレート1kHzと10kHzで制御回路信号のピーク電圧変動を測定した。

Trigger = 1kHz : Peak Voltage – Time



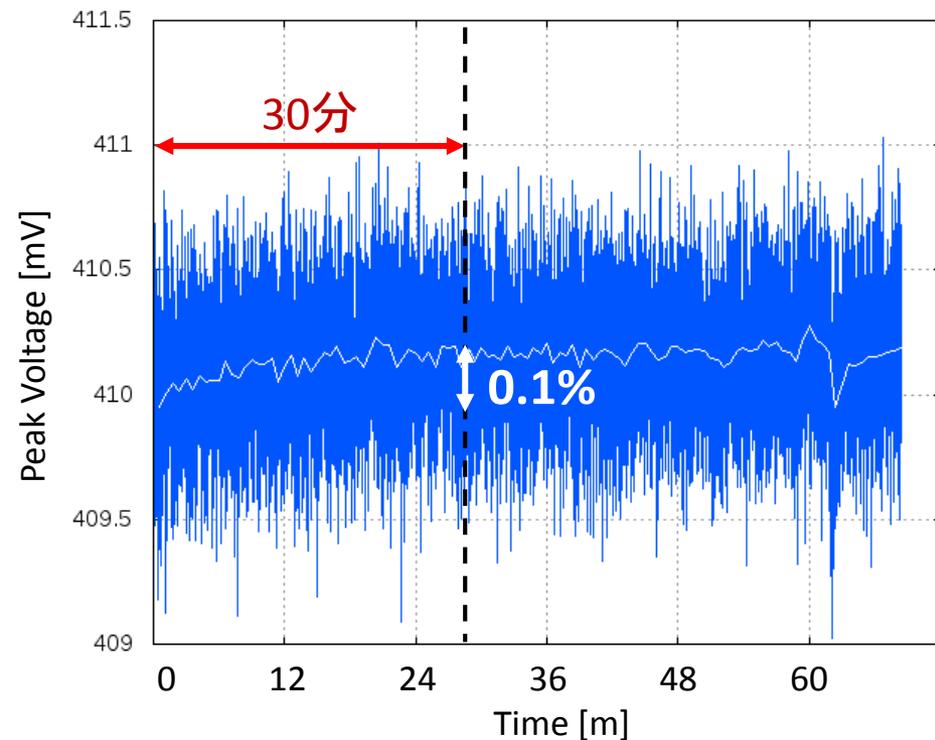
Trigger = 10kHz : Peak Voltage – Time



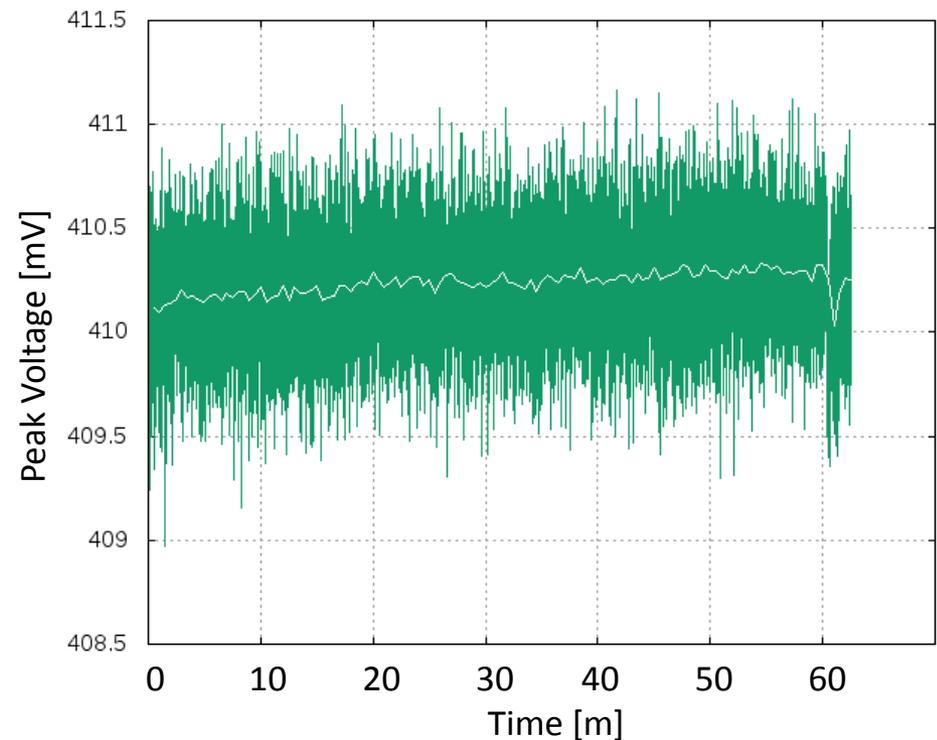
較正用高速レーザー – 性能評価

- 連続稼働時の安定性の指標として、回路のウォーミングアップ無しの状態から、トリガーレート1kHzと10kHzで制御回路信号のピーク電圧変動を測定した。

Trigger = 1kHz : Peak Voltage – Time



Trigger = 10kHz : Peak Voltage – Time



較正用高速レーザー – 性能評価結果

- 高速レーザーの性能評価結果より、次の仕様表を作成した。

項目	値
動作電源 対応トリガー信号 出力Sync信号	9 – 12V / 500mA TTL準拠(5V) / 60MHz TTL準拠(5V)
発光時間幅(60分平均) 発光光量 トリガー信号からの遅延	8.0×10^2ps (FWHM) 1 – 3000phe以上 < 10ns
発光時間幅変動(60分最大) 発光光量変動(60分最大) 遅延時間変動、ジッター(60分最大)	< 2.0% < 2.5% < 1.3% (±50ps)

測定結果より、

- FWHM = 800ps – 920ps
- 60分で光量揺らぎ = 2.5%以内

まとめ

- 要求性能を満たす較正用高速レーザーの製作に成功した。
現在、東大宇宙線研で行われているPMTの較正試験において、光源として使用されている。
- 大変高精度が要求される測定に使用可能な性能を持っていることが分った。
- 今後は、より汎用性を高めて様々な用途で運用できるように、機能の改善を行っていく。