

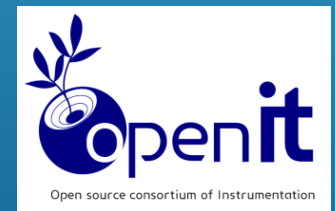
CTA計画大口径望遠鏡初号機搭載版 PMT波形GHZサンプリング回路の 開発

畑中謙一郎 (京都大理)

今野裕介、土屋優悟、窪秀利、鈴木ちひろ^A、中森健之^A、郡司修一^A、
猪目祐介^B、大岡秀行^C、折戸玲子^D、齊藤隆之、手嶋政廣^{C, E}、増田周、
山本常夏^B 他CTA-Japan Consortium、

池野正弘^F、内田智久^F、田中真伸^F、他オープンソースコンソーシアム
(Open-It)

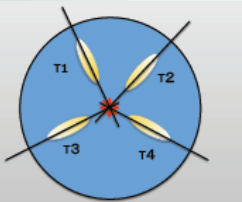
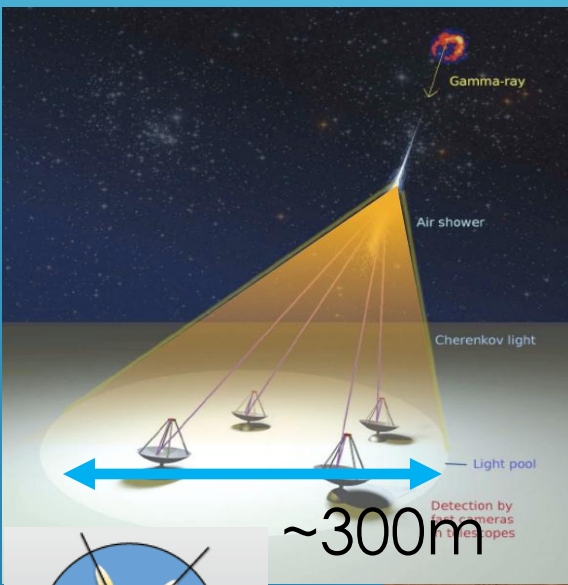
(京都大理、山形大理^A、甲南大理工^B、東大宇宙線研^C、徳島大総科^D、
Max-Planck-Inst. fuer Phys^E、KEK素核研^F)



CHERENKOV TELESCOPE ARRAY (CTA) 計画

29国が参加する大規模チェレンコフ望遠鏡群建設計画

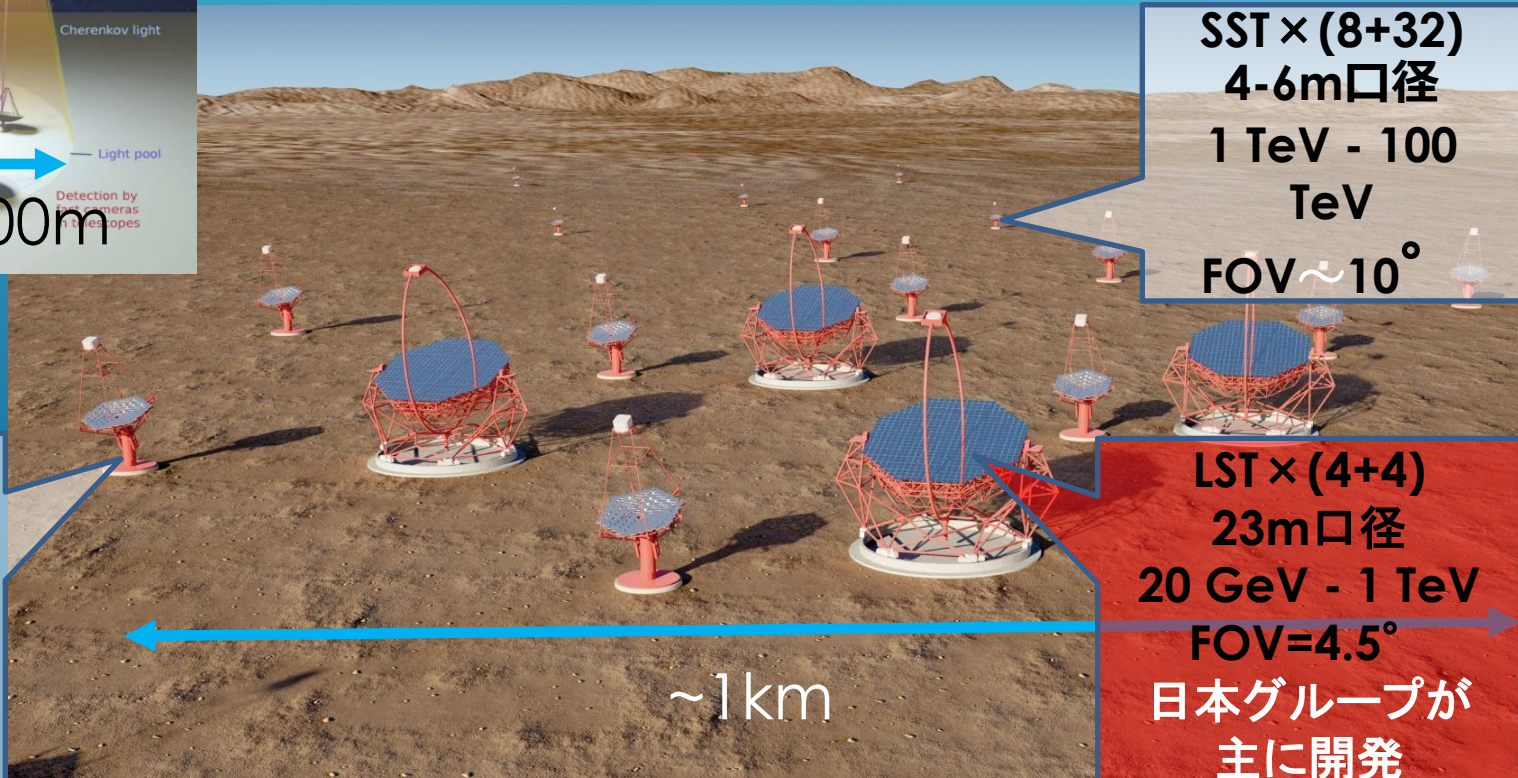
- ◆ エネルギー領域 20GeV-100TeV以上
 - ◆ 現行の望遠鏡に比べ
 - ◆ 角度分解能3倍(2分@1TeV)
 - ◆ 一桁高い感度
- >1000個のソース検出期待



MST × (17+23)
10-12m口径
100 GeV - 10 TeV
FOV=6 - 8°

SST × (8+32)
4-6m口径
1 TeV - 100 TeV
FOV ~ 10°

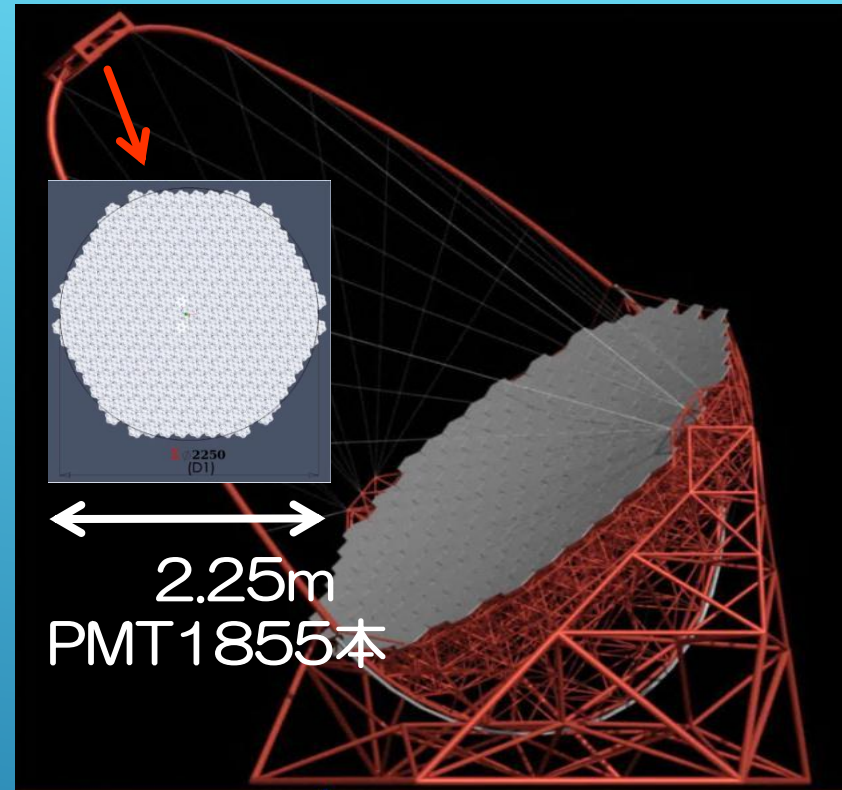
LST × (4+4)
23m口径
20 GeV - 1 TeV
FOV=4.5°
日本グループが主に開発



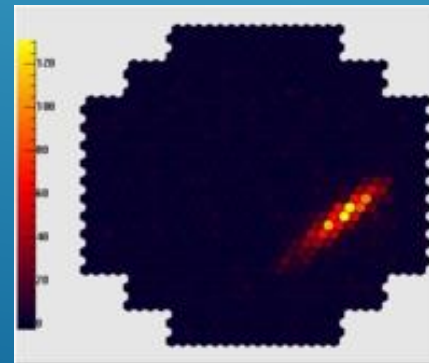
~1 km

CTA大口径望遠鏡

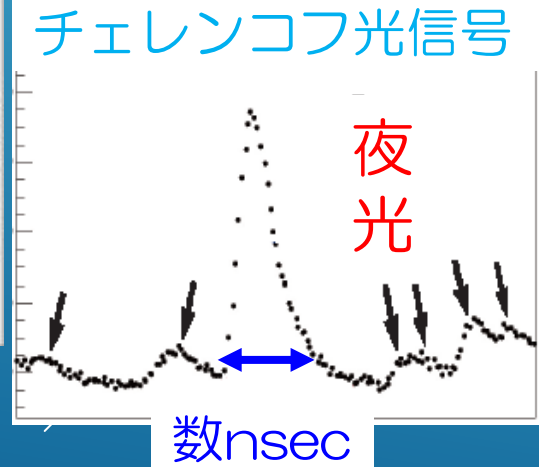
- 23m口径
- 視野4.5°
- 低エネルギー領域の観測
20 GeV - 1TeV
(検出器へのフォトン数が少ない)
- 光学系の性能
- 光検出器の量子効率
- 低ノイズ
- バックグラウンド(主に夜光)除去が重要



- バックグラウンドの除去
- GHz高速波形サンプリング
- トリガー回路
(ピクセルのヒットパターン等を判定)



H.E.S.S.望遠鏡でのシャワーイメージ



大口徑望遠鏡読み出し回路+周辺回路

読み出し回路への要求

➤ 1-2000 pheの
ダイナミックレンジ

➤ 高周波数帯域

➤ 低消費電力

➤ GHzサンプリング

➤ 数 μ sec波形保持

アナログサンプリング

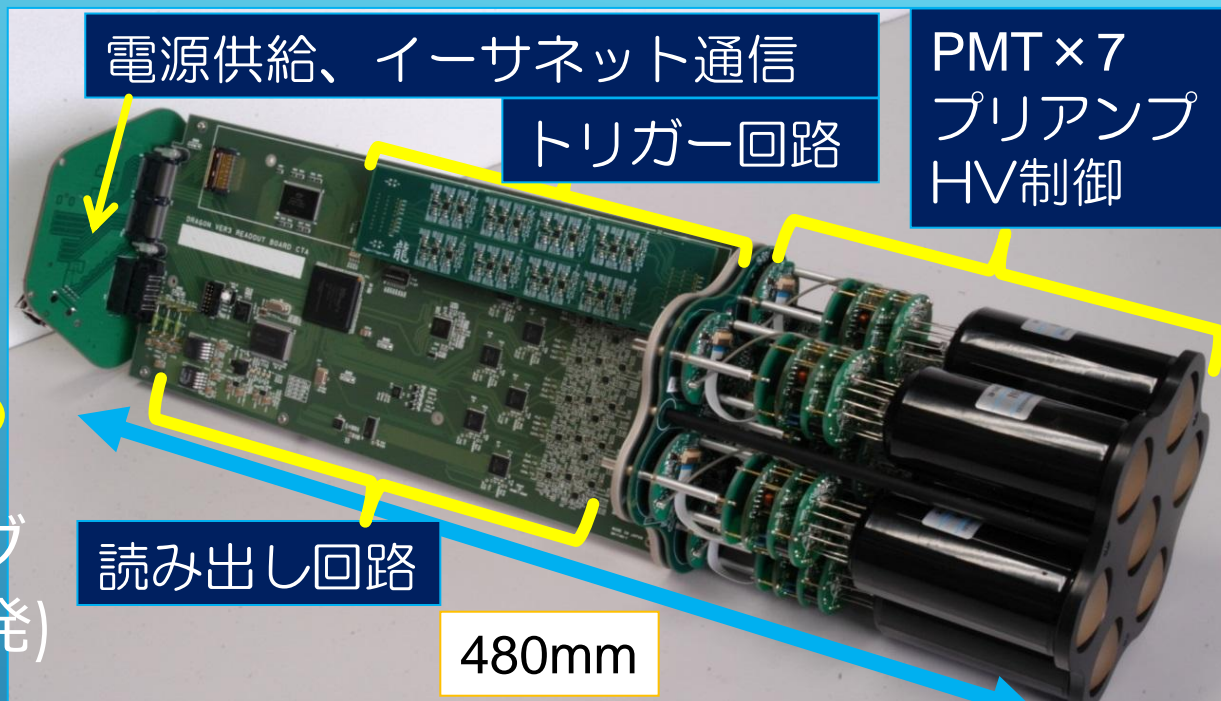
メモリDRS4(PSIで開発)
を使用

➤ 波形を低消費電力で
最大2GHzサンプリング

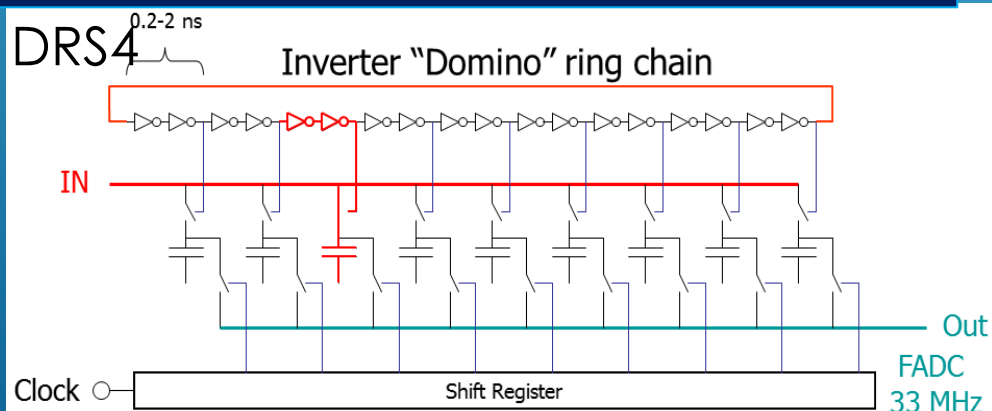
(140mW/chip @2GHz)

➤ メモリ深さ

1024cell/ch,8ch/chip
(保持時間0.5 μ s/ch@2GHz)



PMT7本を単位としたクラスター



読み出し回路の構成1

FPGA(spartan6)
読み出し回路のコントロール

信号外部入出力
SiTCP GbE
電源供給

ADC

イーサネット通信用
デバイス

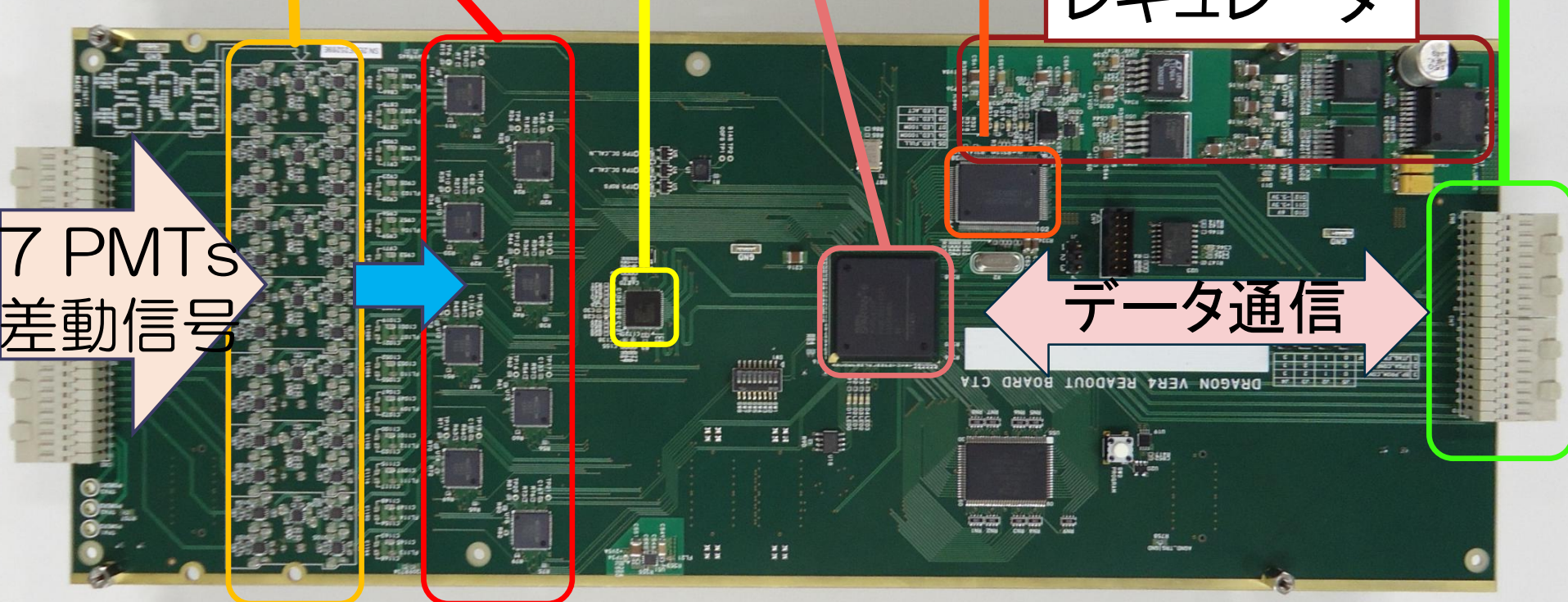
メインアンプ

DRS4

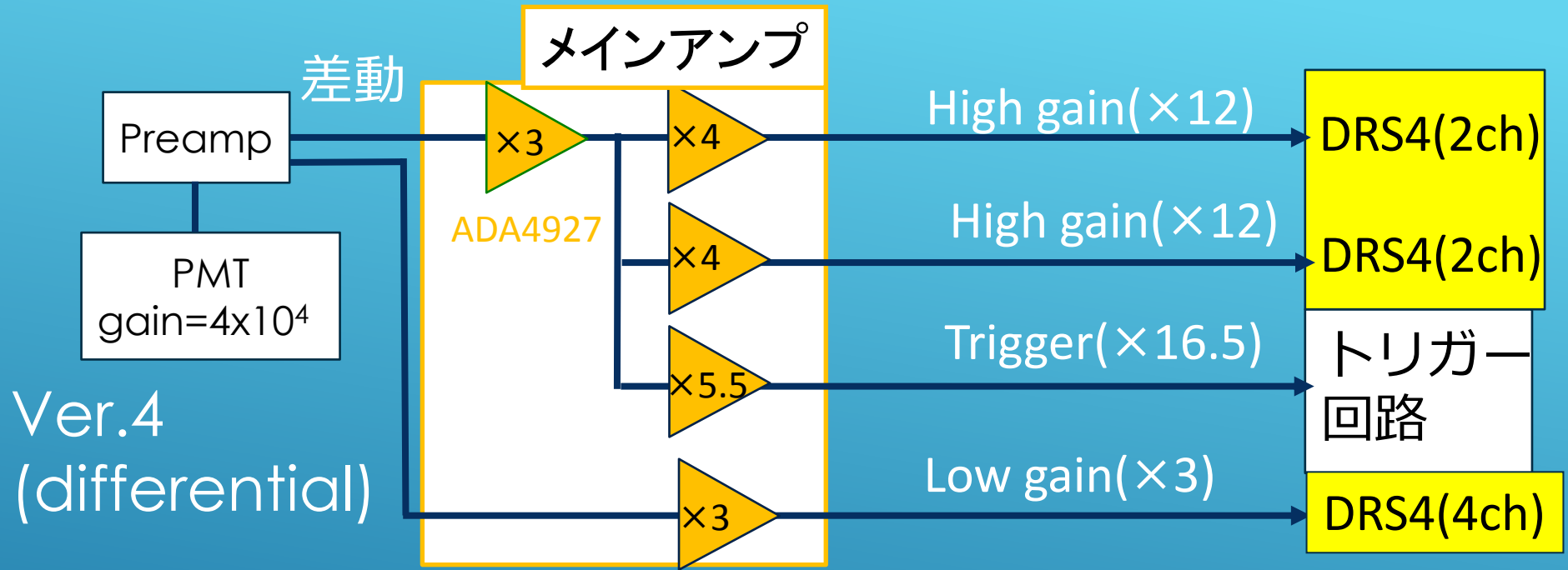
レギュレータ

7 PMTs
差動信号

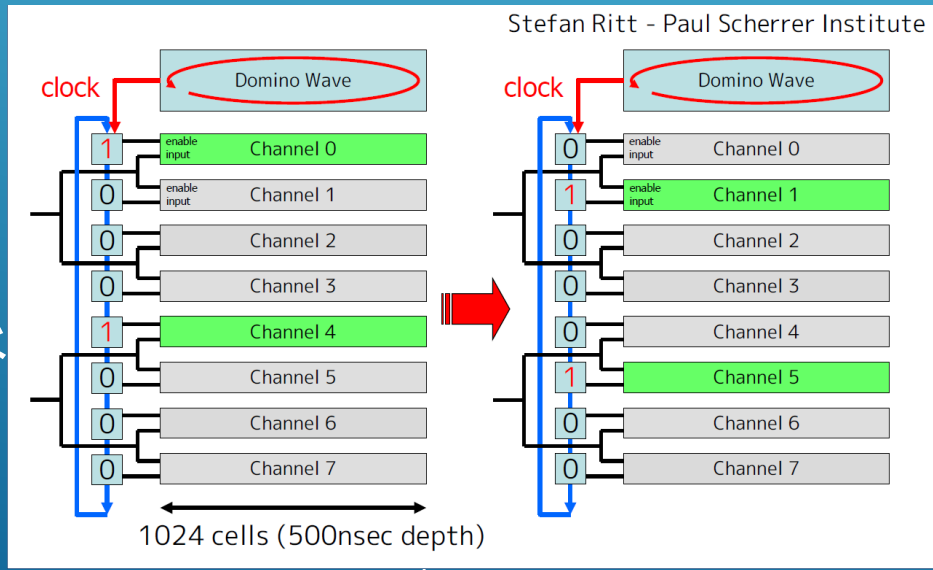
データ通信



読み出し回路の構成2 信号入力～A/D変換

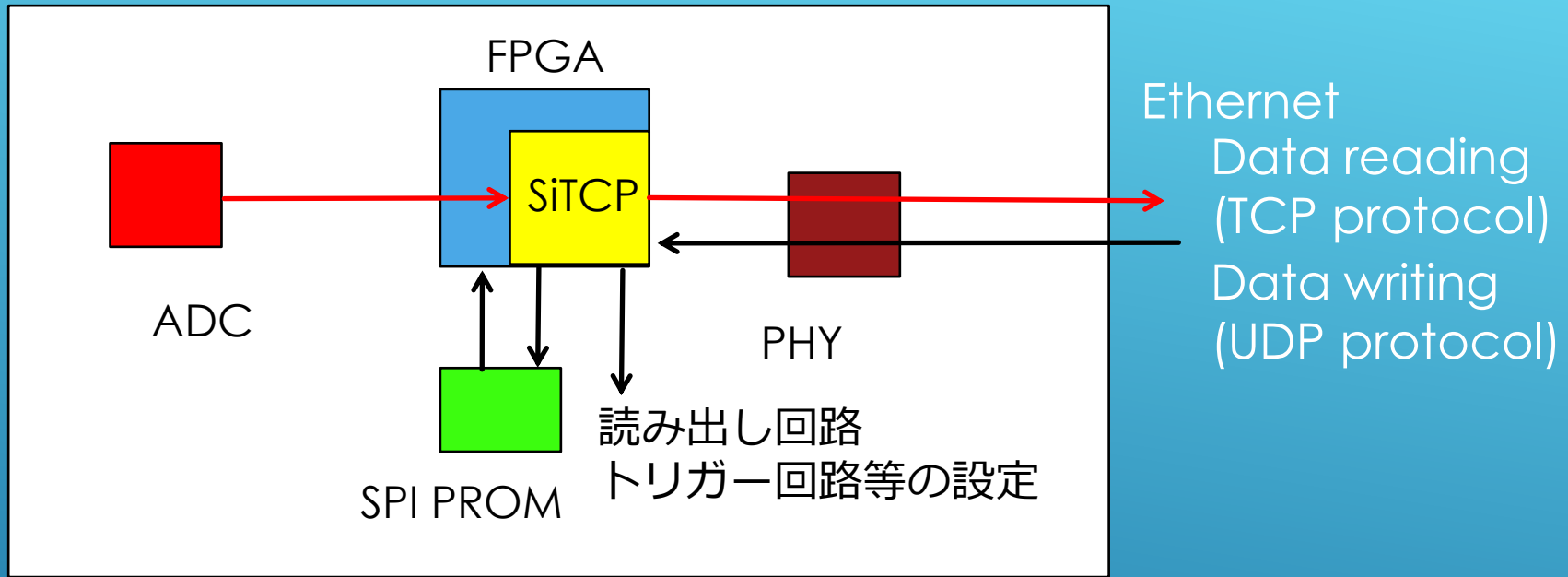


2GHzサンプリング 33MHz読み出し
 PMTあたりDRS4を4chカスケード
 $4 \times 1024 \text{ cell} \times 0.5 \text{ ns} \rightarrow 2 \mu \text{ s}$
 の保持時間



読み出し回路の構成3

取得データの転送、回路の設定



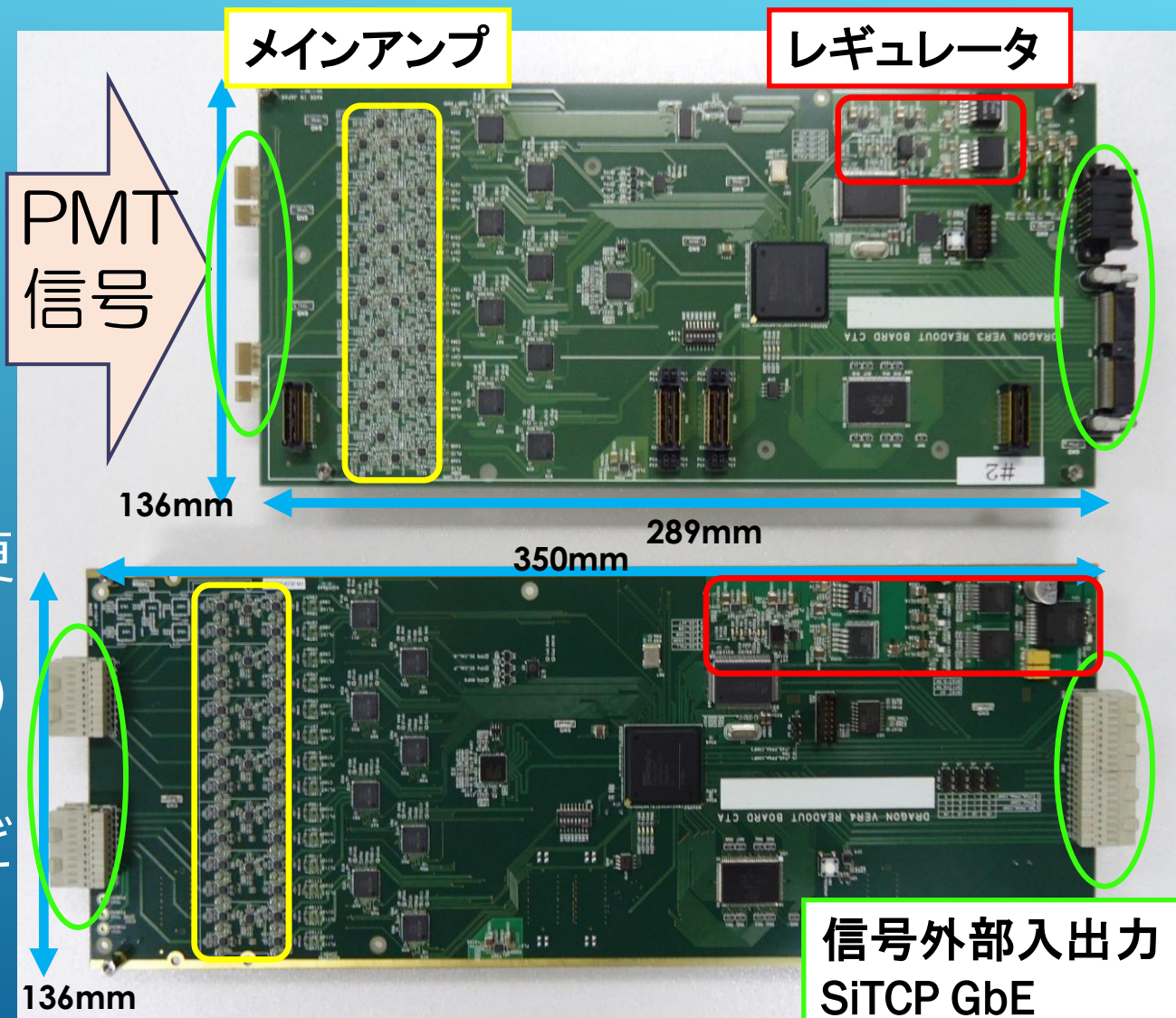
SiTCPを用いた

- ✓ A/D変換した波形データの読み出し (TCP)
- ✓ 読み出し回路の設定 (UDP)
- ✓ FPGAのコンフィギュレーション (UDP)

(SPI PROMへの書き込みとFPGAのリブート
COMET実験で開発)

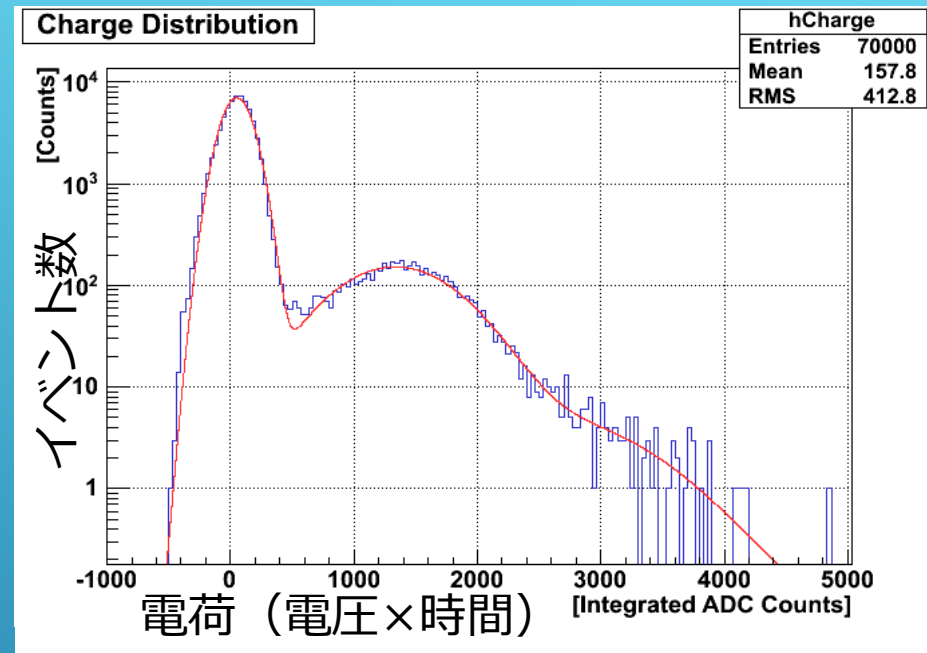
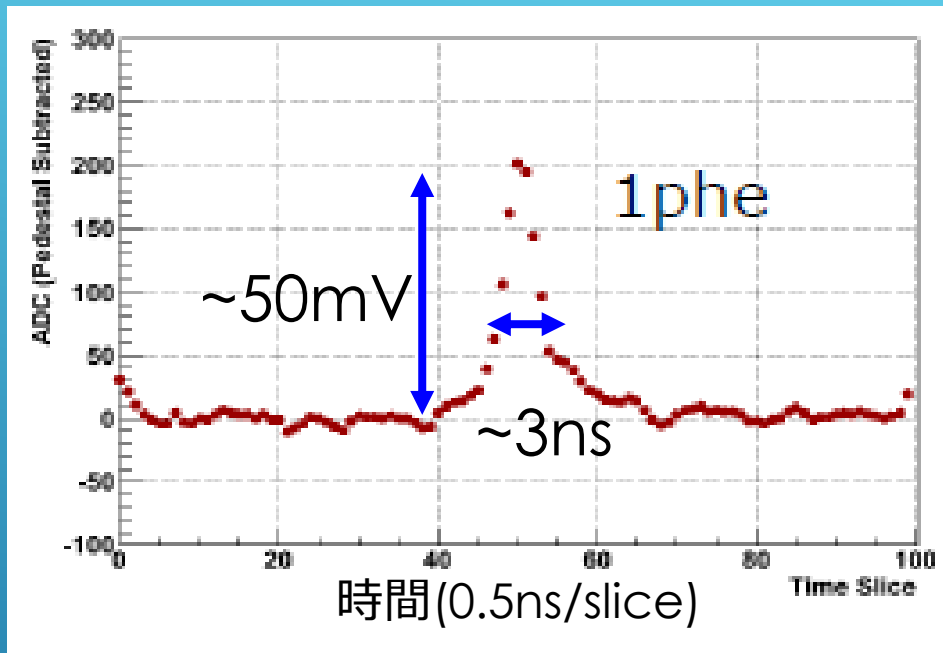
読み出し回路のバージョンアップ

- 周辺回路とのインターフェース
- メインアンプ
差動入力への対応
(今大会 中森講演)
- 電源系
読み出し回路基板
への供給電圧の変更
に対応
(2013秋 土屋講演)
- ノイズ対策
コネクタ、配線など

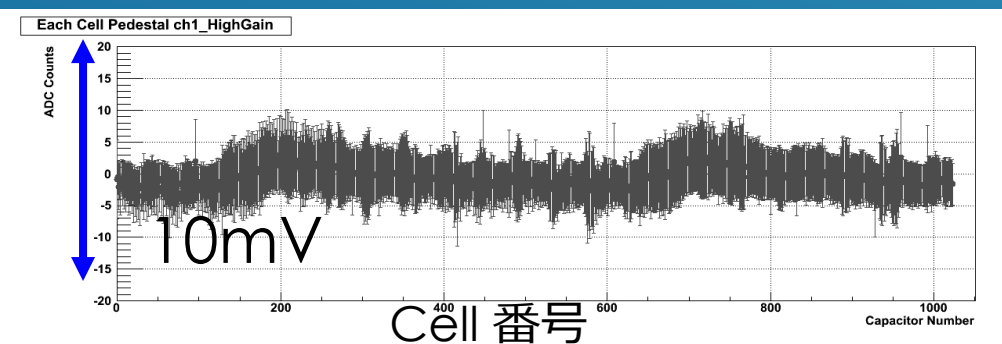


大口径望遠鏡初号機搭載バージョン

PMT波形サンプリング試験

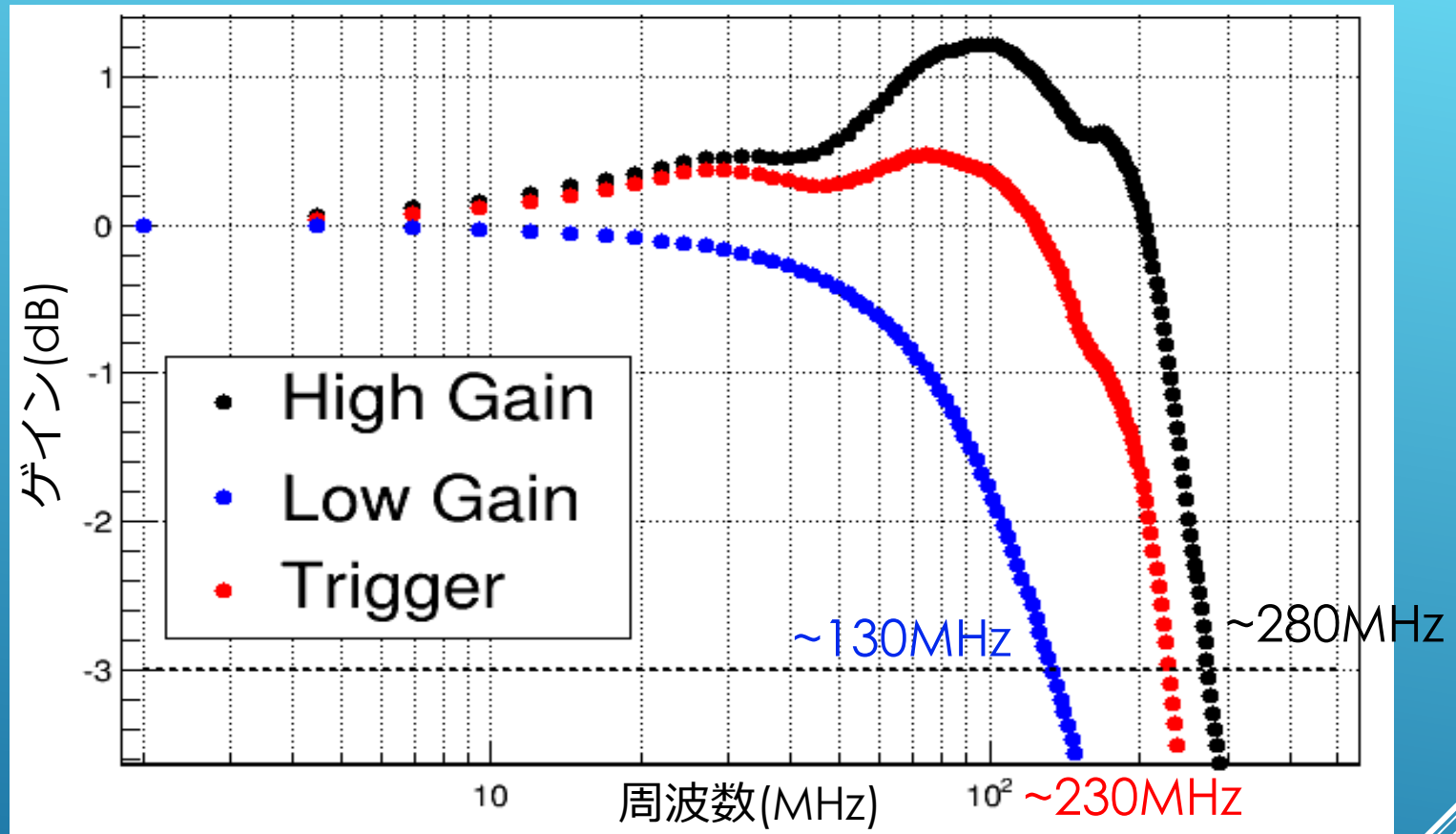


LED + PMT (gain 4.5×10^5)
 2GHzで波形のサンプリングに成功
 波形を積分しスペクトルが得られた



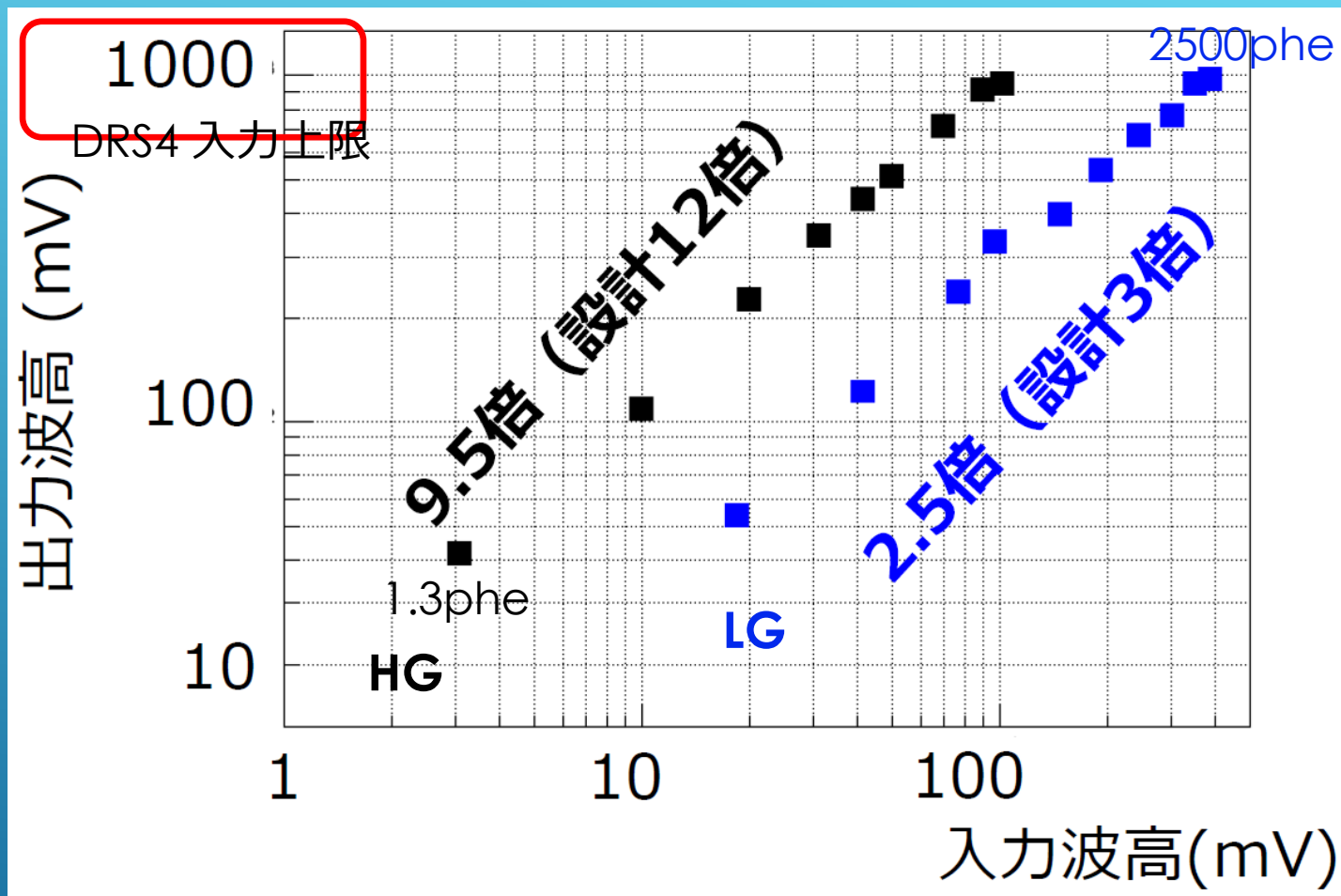
ペデスタルノイズ
 (PMT gain 4.0×10^4)
 RMS ~1mV (チャンネル平均)
 ⇒ HG 0.4phe (2.3mV/phe)
 LG 6.7phe (0.15mV/phe)

周波数帯域



ネットアナライザー+差動プローブでの基板上での測定
PMT信号幅 $\sim 3.3\text{ns}$ (FWHM)に対して十分であることを確認
(夜光の影響が大きいHGで重要)

ダイナミックレンジ



疑似PMTパルス信号をサンプリングし評価

- 要求仕様1-2000 pheは満たした
- しかしphe換算するとオーバーラップが足りない
→HGを下げる調整が必要

まとめと今後

- CTA大口径望遠鏡搭載へ向け、読み出し回路のバージョンアップを行った
- 波形信号取得に成功、周波数帯域などの性能確認

●今後

2016年の大口径望遠鏡初号機建設、
今年度秋からの量産へ向け

読み出し回路単体でメインアンプの調整、
環境耐性試験などを行い、

さらには

トリガー回路等の周辺回路との統合試験、
カメラとしての動作検証を行ってゆく