

CTA大口徑望遠鏡読み出し回路の 開発及び シミュレーションによる性能評価

京都大 増田周

窪秀利, 今野裕介, 齋藤隆之, 土屋優悟, 畑中謙一郎 (京都大),
井川大地, 櫛田淳子, 西嶋恭司, 平井亘 (東海大), 手嶋政廣
(東大宇宙線研、Max-Planck-Inst. fuer Phys.), 大石理子,
大岡秀行, 花畑義隆, 林田将明, 中嶋大輔, 吉越貴紀 (東大宇宙
線研), 片桐秀明 (茨城大), 折戸玲子 (徳島大), 郡司修一,
中森健之 (山形大), 山本常夏 (甲南大), 榊直人 (KIT),
田中真伸 (KEK 素核研), 他CTA-Japan Consortium,
池野正弘, 内田智久 (Open-It)



CTA 大口径望遠鏡 (LST)

- ▶ 23 m 口径 (4 台/site 建設予定)
- ▶ 低エネルギー閾値
20 GeV – 1 TeV のガンマ線を狙う

要求仕様 (読み出し回路)

▶ 強力な夜光BG除去能力

約 200 MHz/pixel 夜光BG光子と
Cherenkov光子とを分離

▶ 低消費電力

1855 PMTs/telescope からの
発熱を抑える

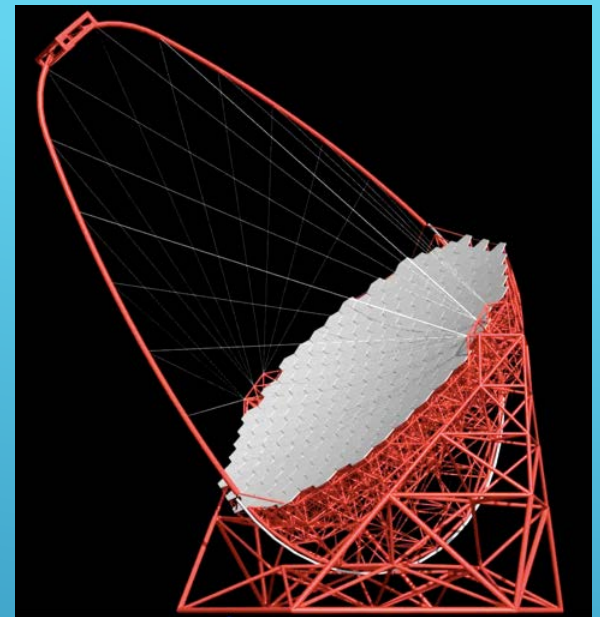
▶ MSTのレンジとオーバーラップする

広いダイナミックレンジ

⇒ ゲインの異なる2系統のアンプ

⇒ アナログメモリ
"DRS4"チップ採用

✓GHz 高速サンプリング

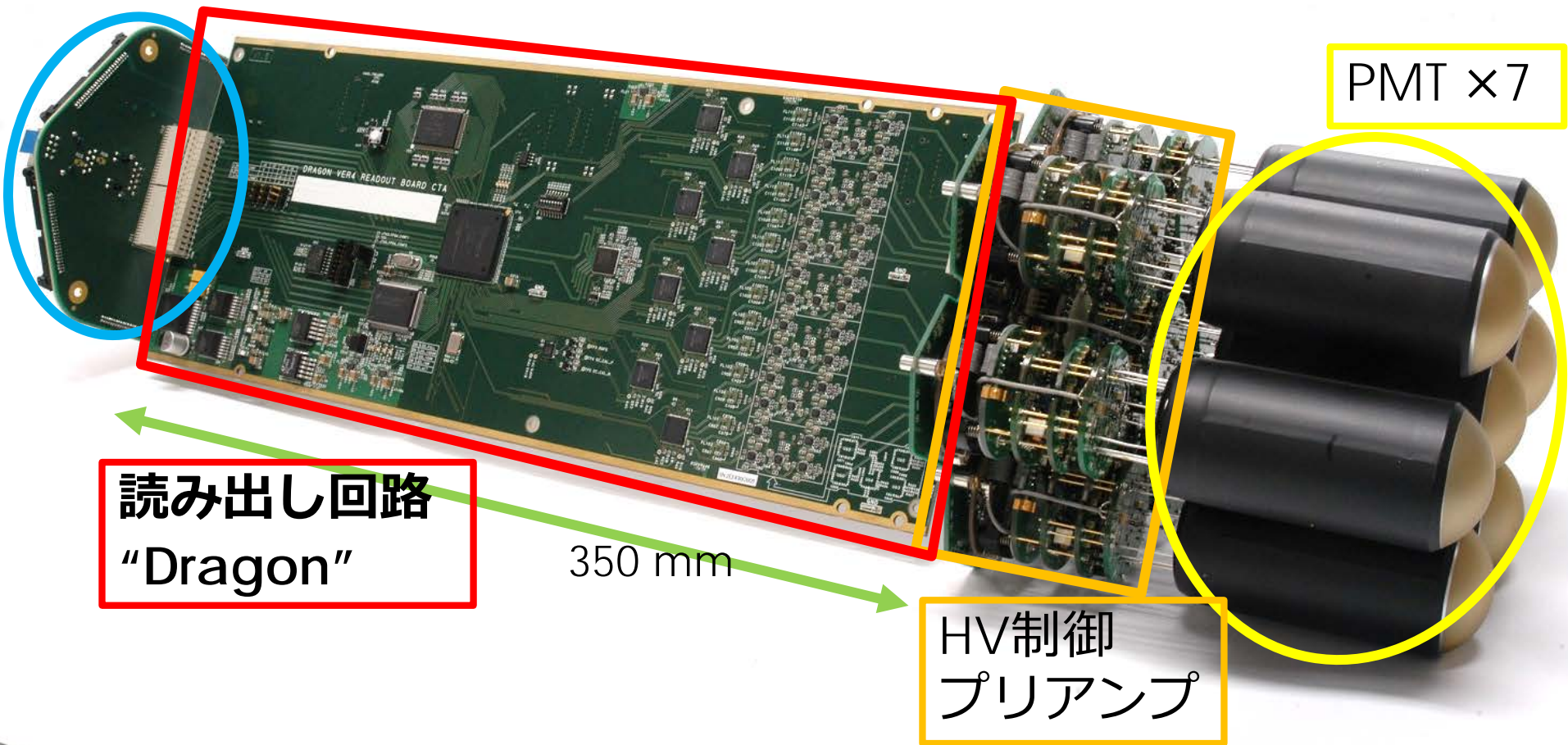


本講演 : 読み出し回路のアンプゲイン最適化、
周波数帯域等の性能評価について報告

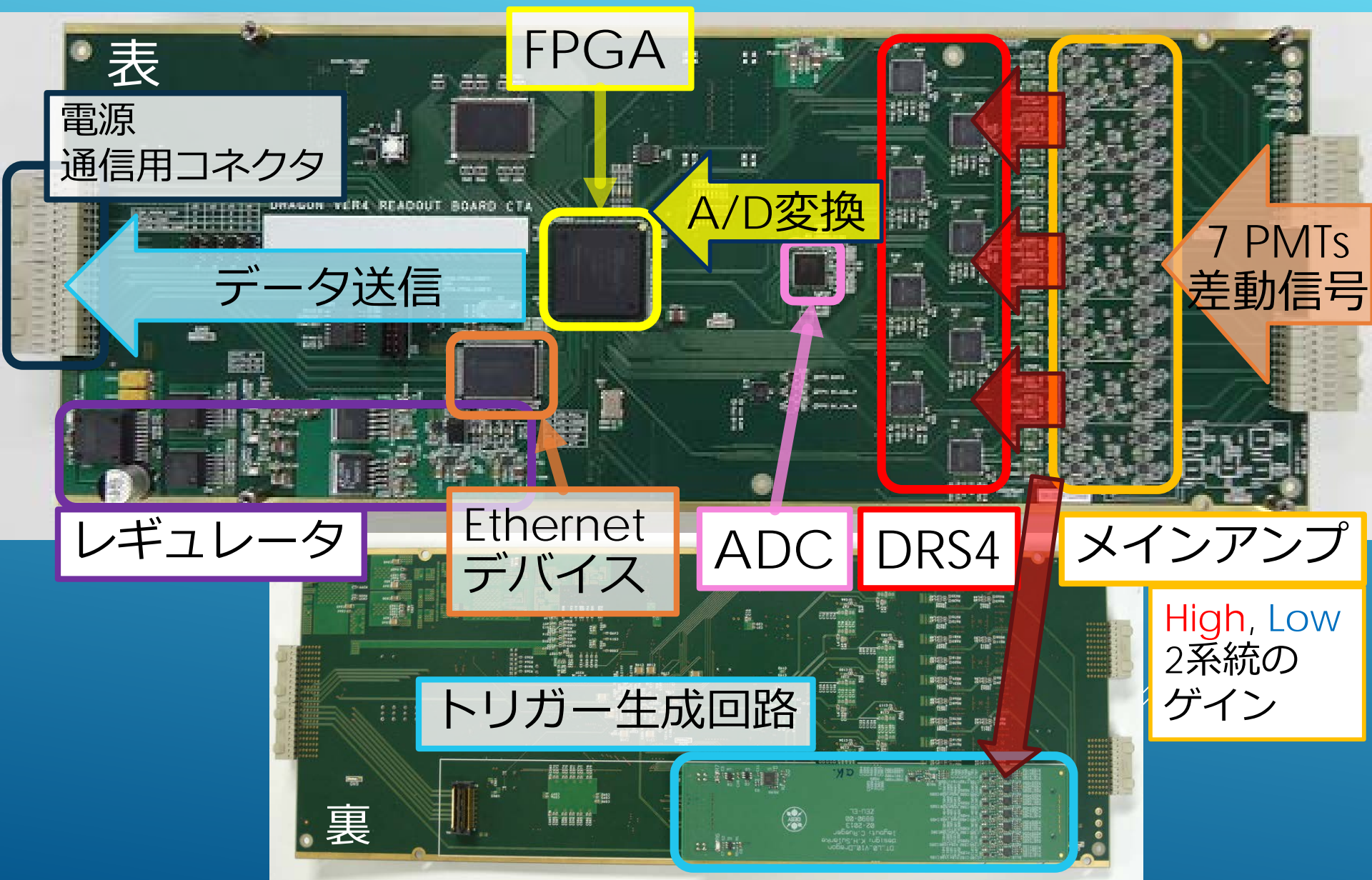
Dragon Ver.4

トリガー信号生成・分配

7 PMTs / cluster
1855 PMTs / telescope
→ 265 clusters / telescope

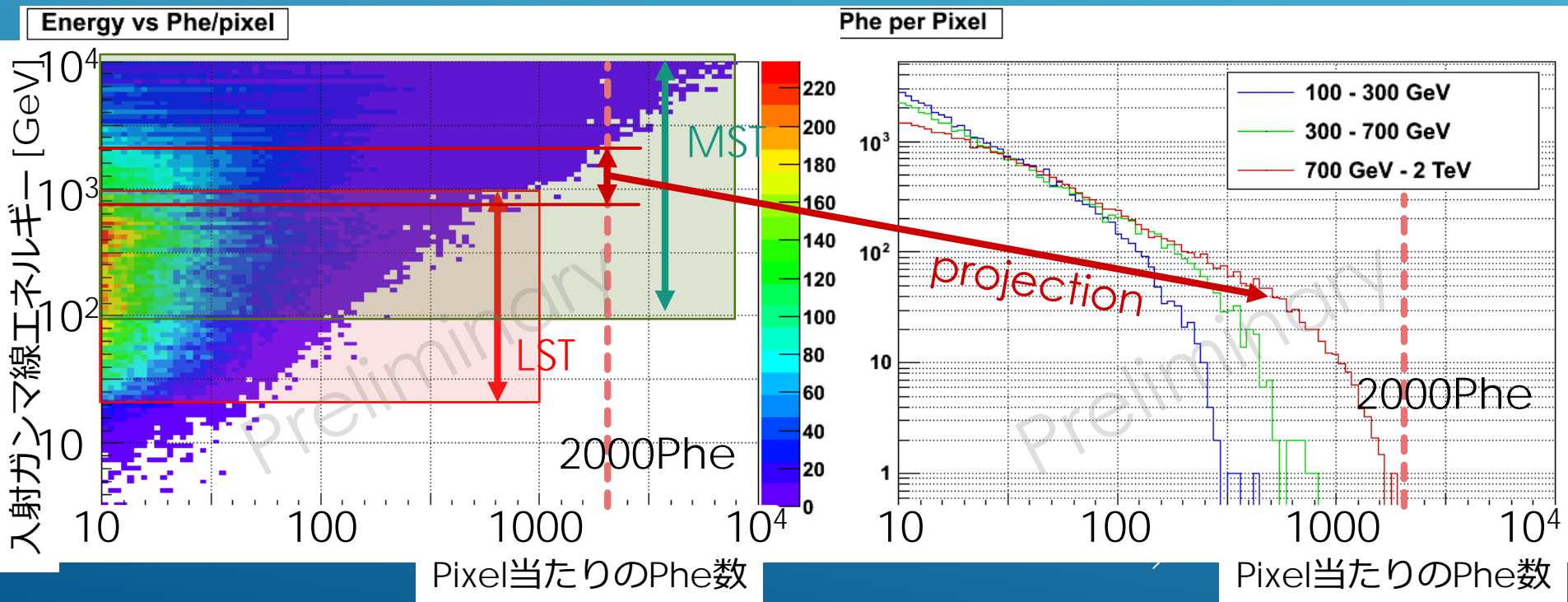


Dragon 回路構成、読み出しの流れ



ダイナミックレンジに関するシミュレーション

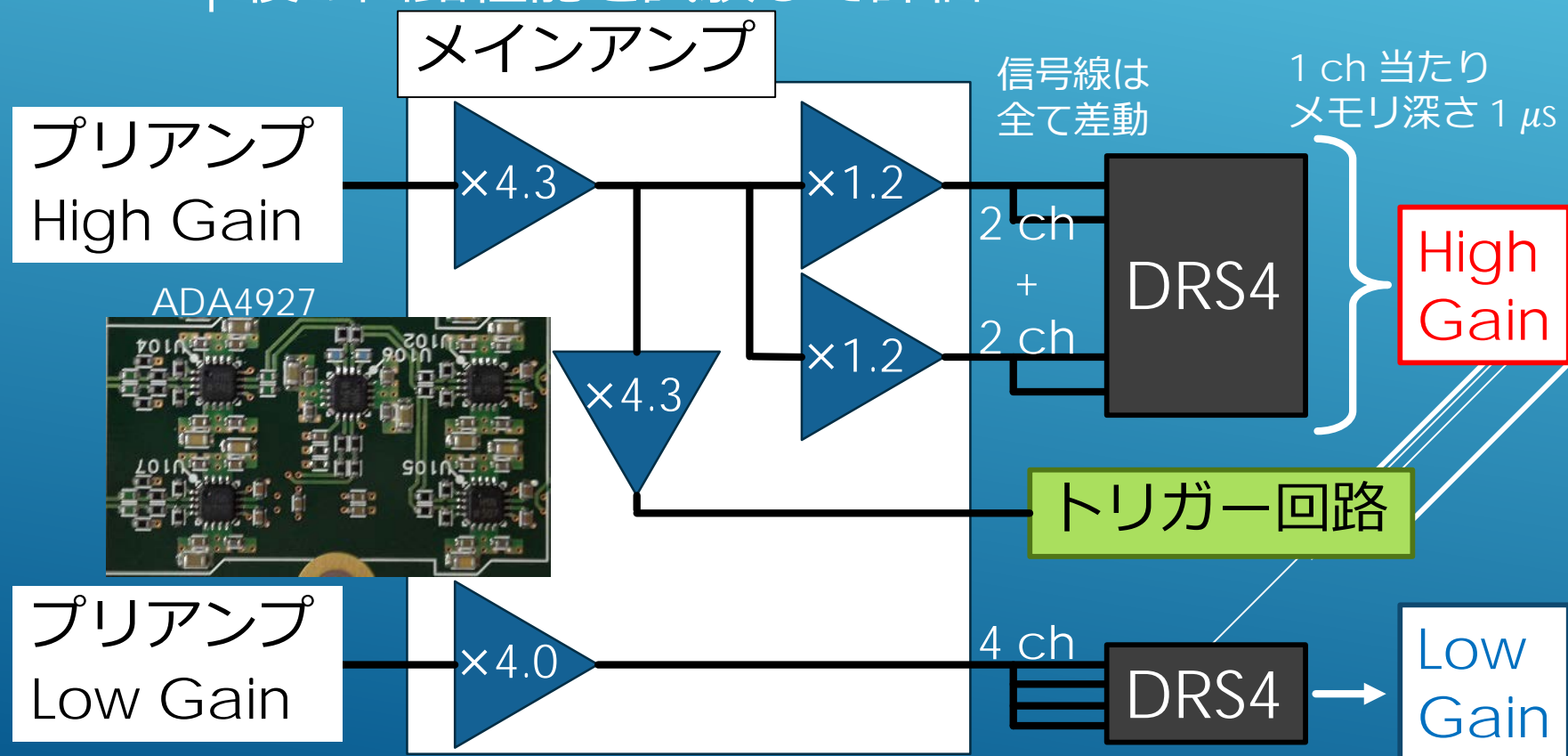
- ▶ 3 GeV – 10 TeV, べき -2 で γ のシャワーを振った
 - ▶ 観測帯域 LST : 20 GeV – 1 TeV, MST : > 100 GeV
 - ▶ ダイナミックレンジのMaxはどれくらい必要か検証
- ✓ Max 2,000 Phe に設計すれば十分であることがわかった



メインアンプ構成

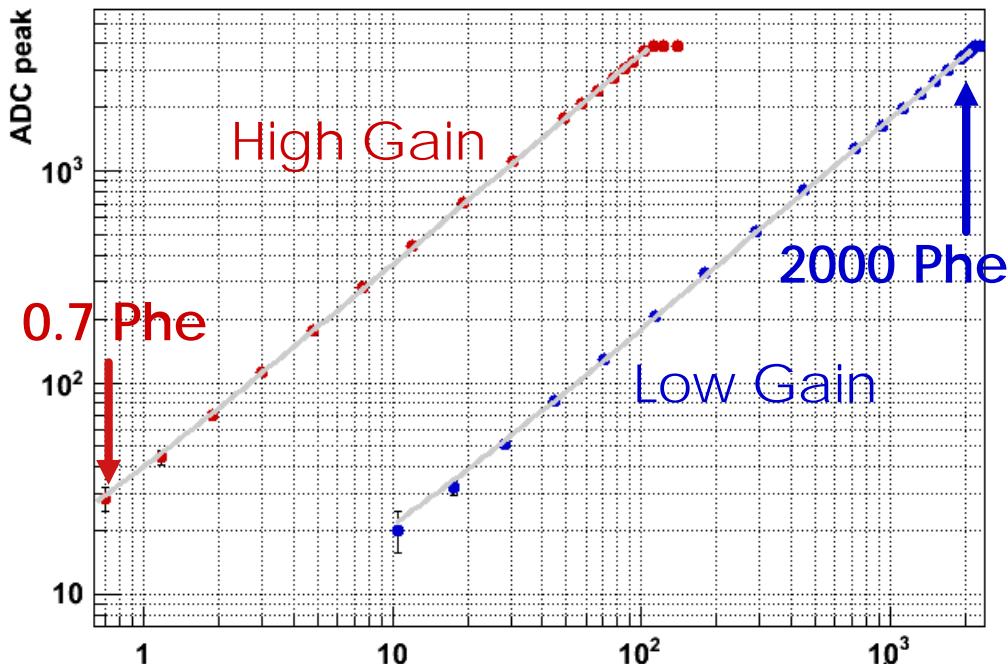
- ▶ 高速のADA4927を採用
- ▶ High Gain 後段に2アンプ。 DRS4駆動Ch数を半分の2chに
- ▶ ゲイン値を、 レンジが 1 – 2,000 Phe になるように調整
Tune-up後の回路性能を試験して評価

周波数帯域改善のため



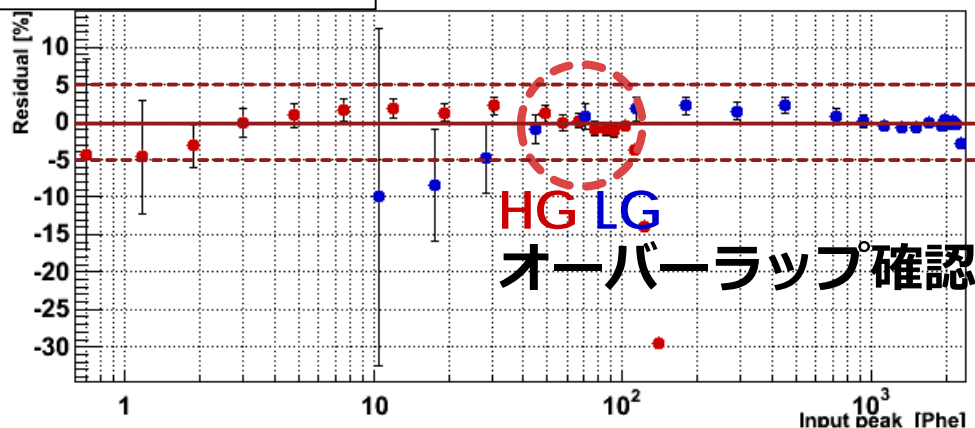
ダイナミックレンジ

Dynamic Range "Output ADC vs Input Phe"



Fit 直線との残差

入力波高値 (Phe 換算)



▶ パルスジェネレータから FWHM~3 ns パルスを入力
サンプリング波形のピーク
のADC値をプロット

▶ 2.65 mV/Phe とした場合
0.7 – 2,000 Phe

✓ Fit 直線との残差 5 % 以内
⇒ **リニアリティ確認**

↕ 残差 ± 5 %

HG LG
オーバーラップ確認

周波数帯域

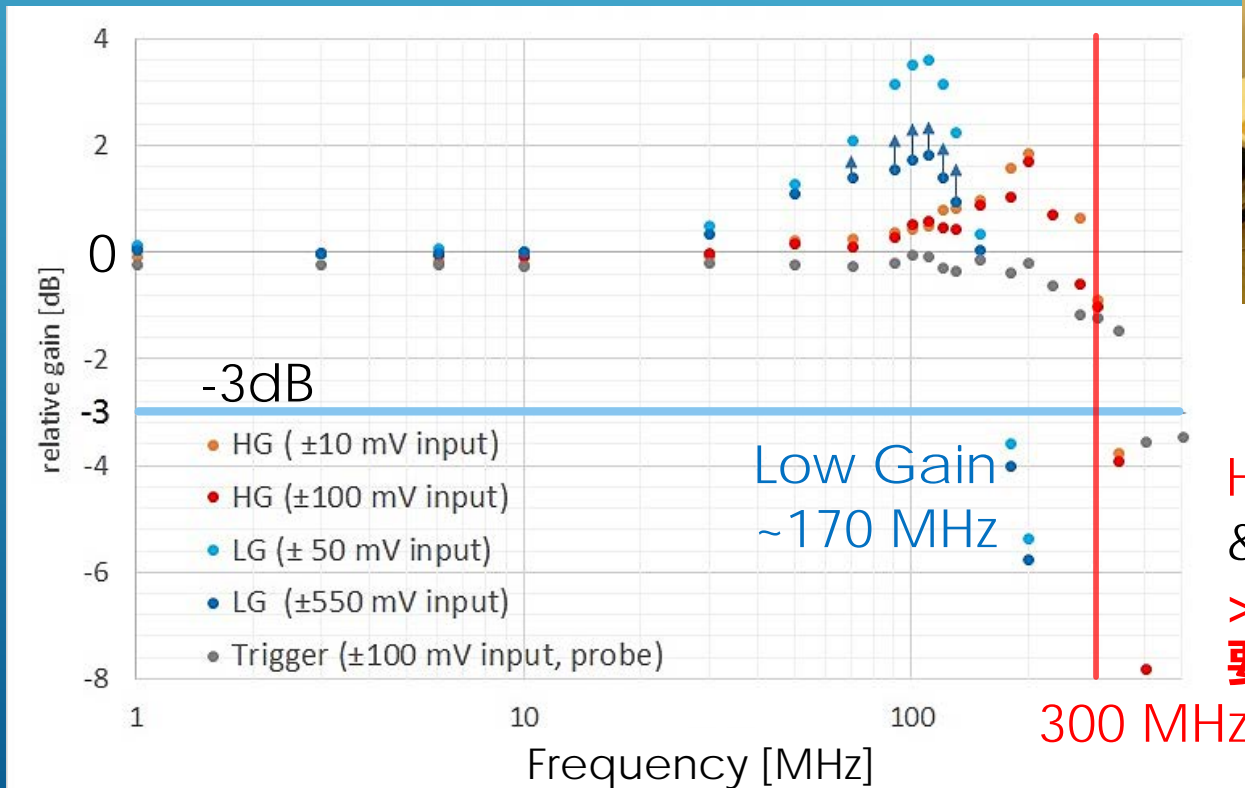
FWHM 2.5 ns ガウシアン仮定で
周波数成分全体の約 95 %

- ✓ High Gain, Trigger 要求は > 300 MHz ← 達成
- ▶ Low GainはHigh Gainより帯域が落ちるが十分
 - ▶ DRS4駆動ch数が多い、配線長が長いいため寄生容量が大きくなること、が原因と考えられる



パルスジェネレータ
から正弦波入力

High Gain
& Trigger
> 300 MHz
要求を満たした

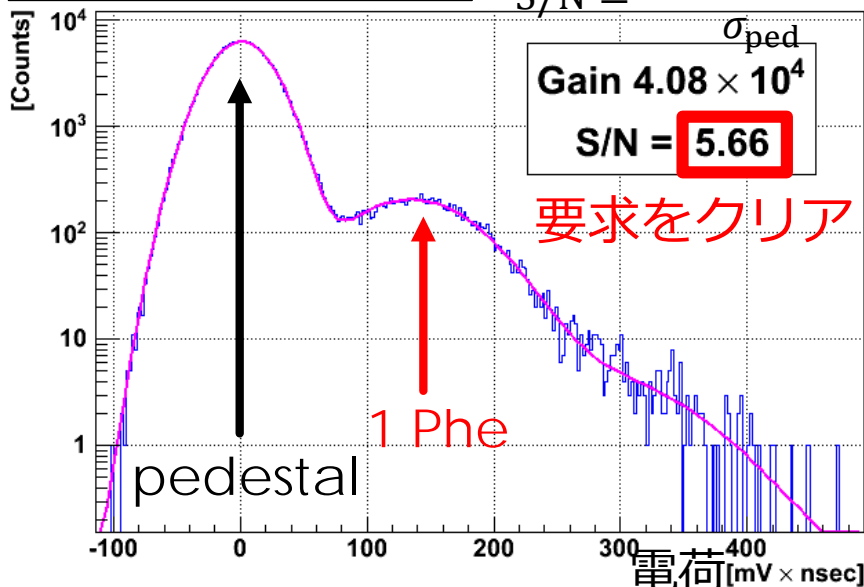


PMT 1 Phe スペクトル、波形プロファイル

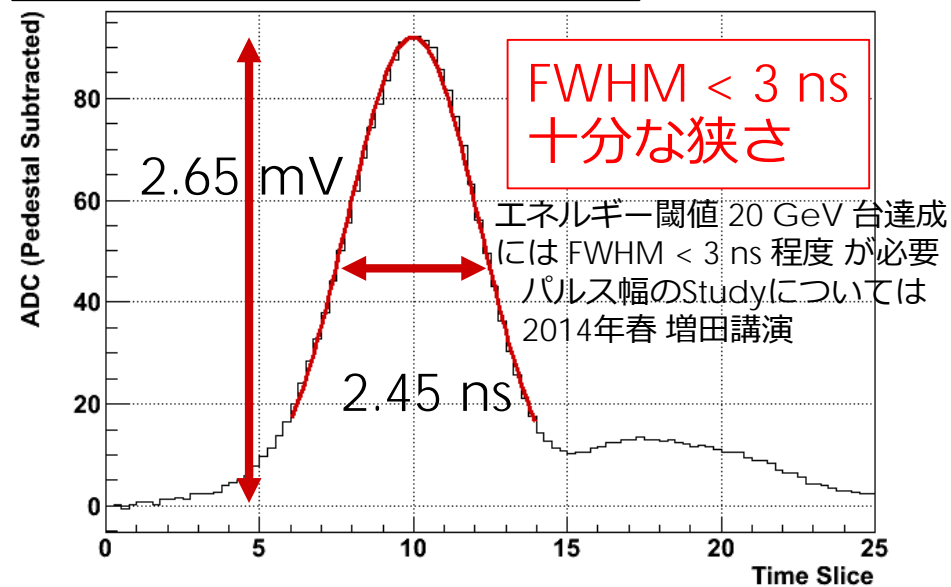
- ▶ LSTではPMTのゲインを 40,000 でオペレート
- ▶ PMTに弱いLED光を当て、2 GHzサンプリングで波形を取得
 - ✓ 波形を積分 (積分幅 : 12.5 ns) 1 Phe スペクトルを作成
SN比を計算
 - ✓ 1 Phe 波形プロファイル作成 **パルス幅等確認**

PMT HV : 1070 V

1 Phe スペクトル



1 Phe 波形プロファイル



今後のDragon開発・試験スケジュール

- ▶ Ver.4からいくつかのデバイスを変更したVer.5を製作中
 - ▶ 望遠鏡初号機搭載モデル
 - ▶ メインアンプHG後段を1チップ2アンプ型に変更 ⇒ 帯域改善
 - ▶ ADC より低消費電力のものに変更
- ✓ 回路図 完成済。現在、レイアウト図製作中
 - 10月 基板納品 動作・性能試験開始
 - 12月 量産開始
 - ▶ 日本 150枚、イタリア 140枚 製作
 - 15年後半 カメラ組み上げ
 - 16年 現地建設
- ▶ 2号機以降搭載モデル Ver.6 製作予定
 - ▶ トリガー回路をASIC化 現在トリガーグループが試験中
 - ▶ メザニン基板廃止 トリガーASICをDragonに吸収

まとめ

- ▶ CTA大口径望遠鏡 初号機搭載用高速波形読み出し回路
試作基板の開発、動作・性能試験を行い、以下のことが
達成された
 - ✓ ダイナミックレンジ 1 – 2,000 Phe にゲインを調整
HG と LG のオーバーラップ、リニアリティを確認した
 - ✓ 周波数帯域 要求 > 300 MHz を満たした
 - ✓ SN比 要求 > 5 を満たした
1 Phe パルス幅が十分狭いことを確認した
- ▶ デバイスを一部変更した改良版を製作中
 - ▶ 試験後、初号機搭載に向け12月に量産開始