

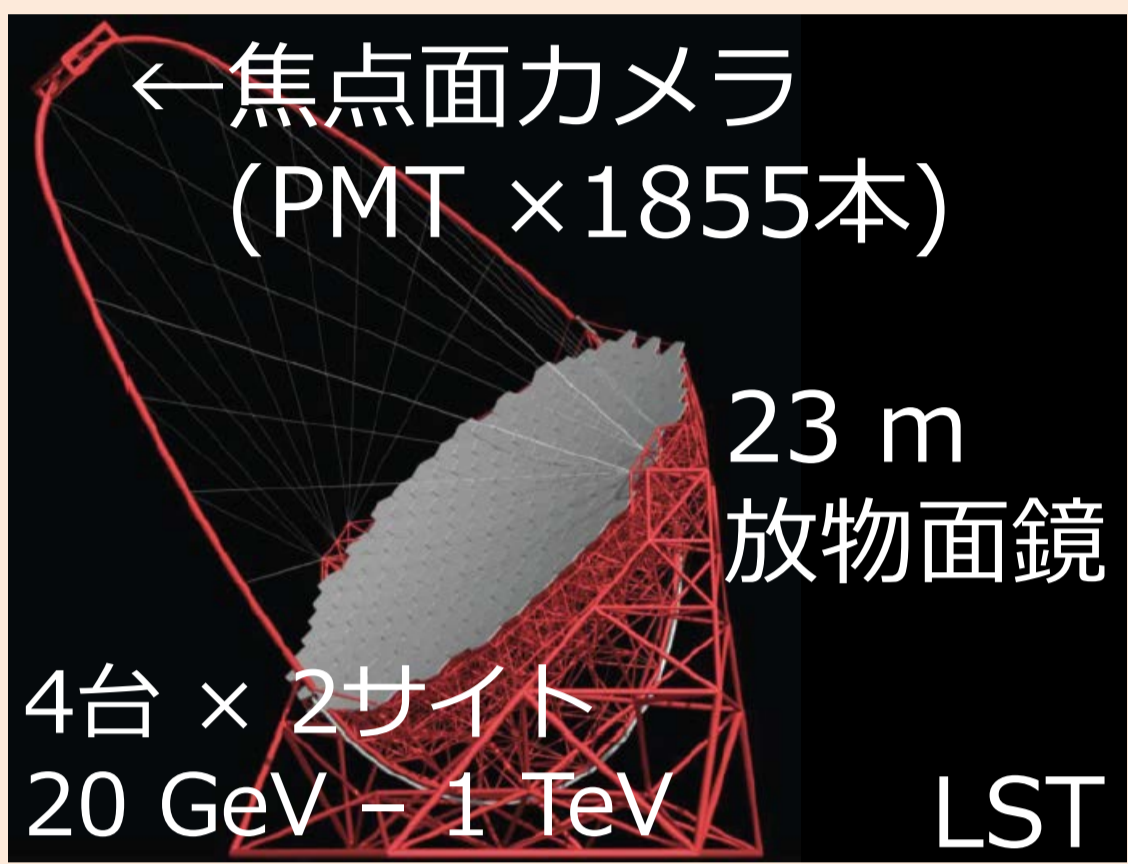
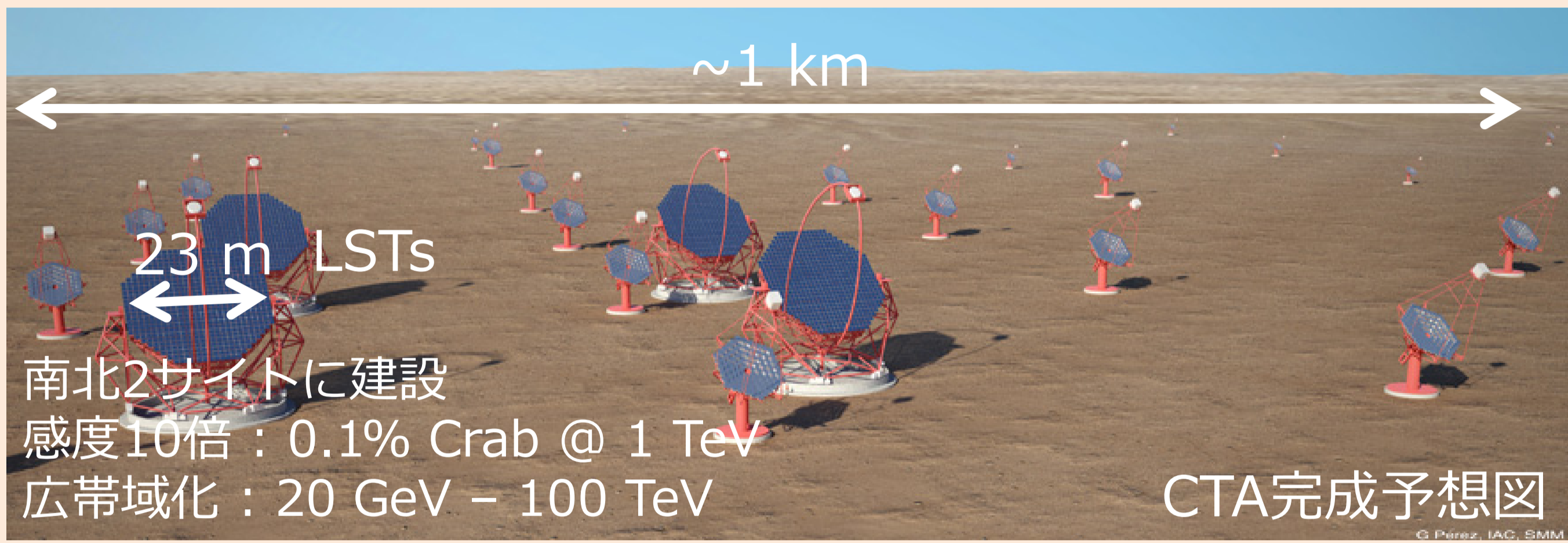
CTA大口徑望遠鏡初号機に向けた読み出し回路の開発

今野裕介 (京都大学)

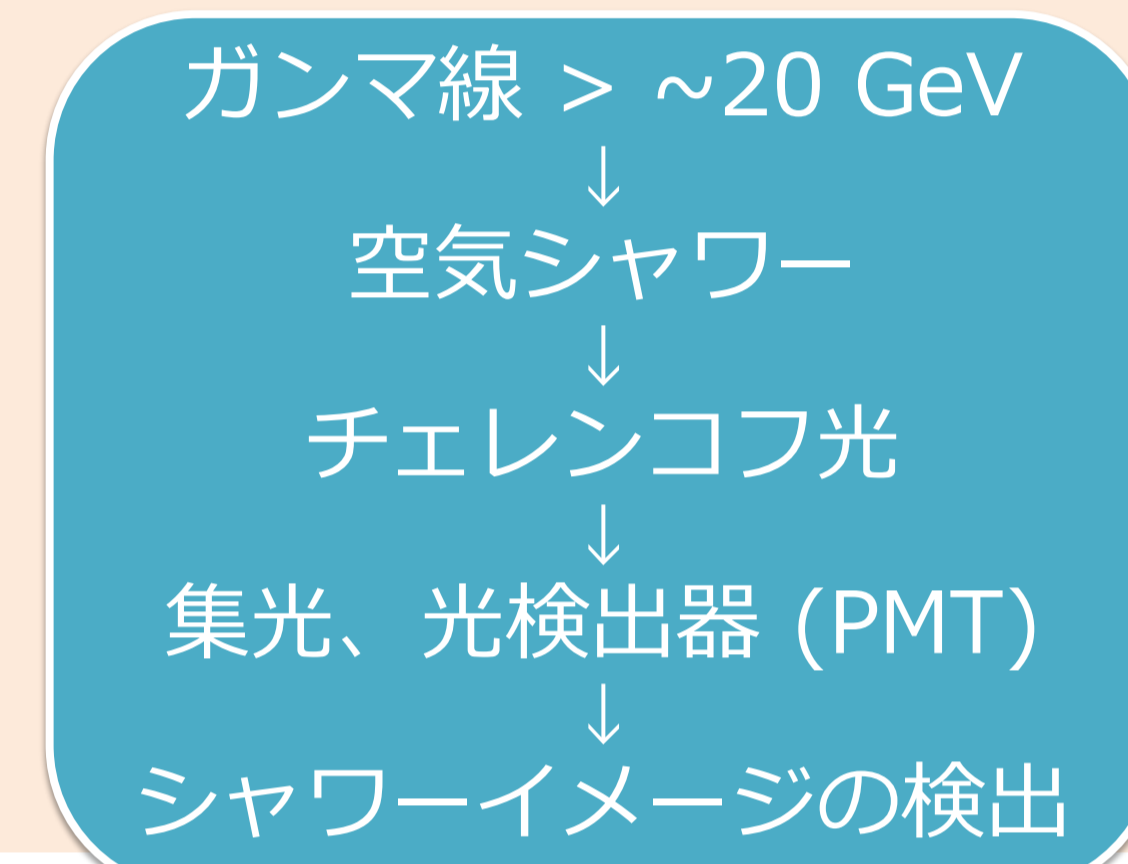
畑中謙一郎、土屋優悟、窪秀利 (京都大学)、郡司修一、中森健之、鈴木ちひろ (山形大学)、他CTA-Japan Consortium、Open-It



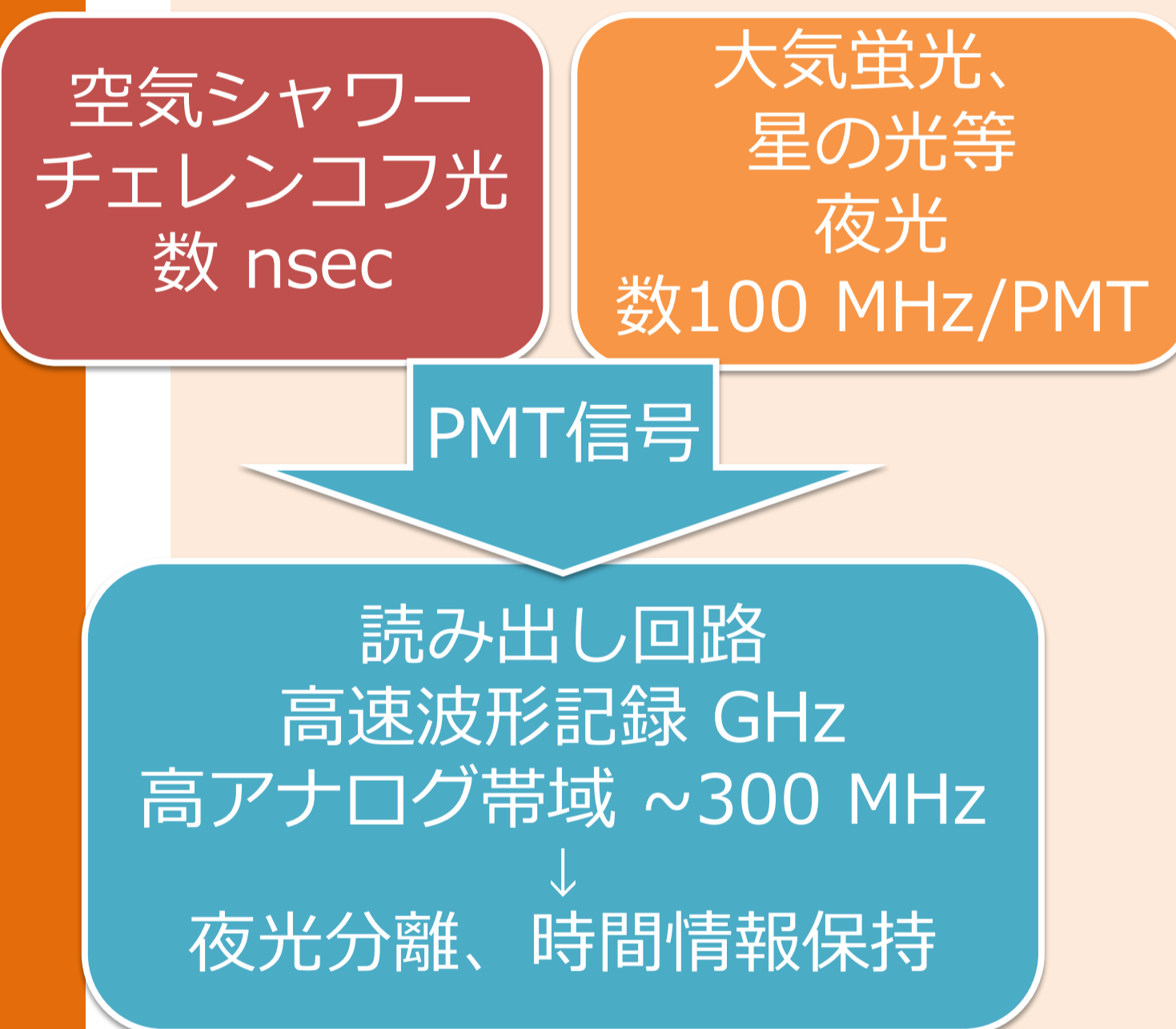
1. CTA - LST



CTA (Cherenkov Telescope Array) は次世代の超高エネルギーガンマ線天文台建設計画である。異なるエネルギー領域に感度を持つ口径の異なる望遠鏡を多数並べることで有効面積を大きくし、現行の観測装置の10倍の感度 (0.1% Crab @ 1 TeV) を広いエネルギー帯域 (20 GeV - 100 TeV) で達成する。このうち大口徑望遠鏡 (Large Size Telescope, LST) は20 GeV - 1 TeVの低エネルギー領域をカバーする。我々は2016年に1台目を建設予定のLSTで用いるPMT信号の読み出し回路の開発を行ってきた。

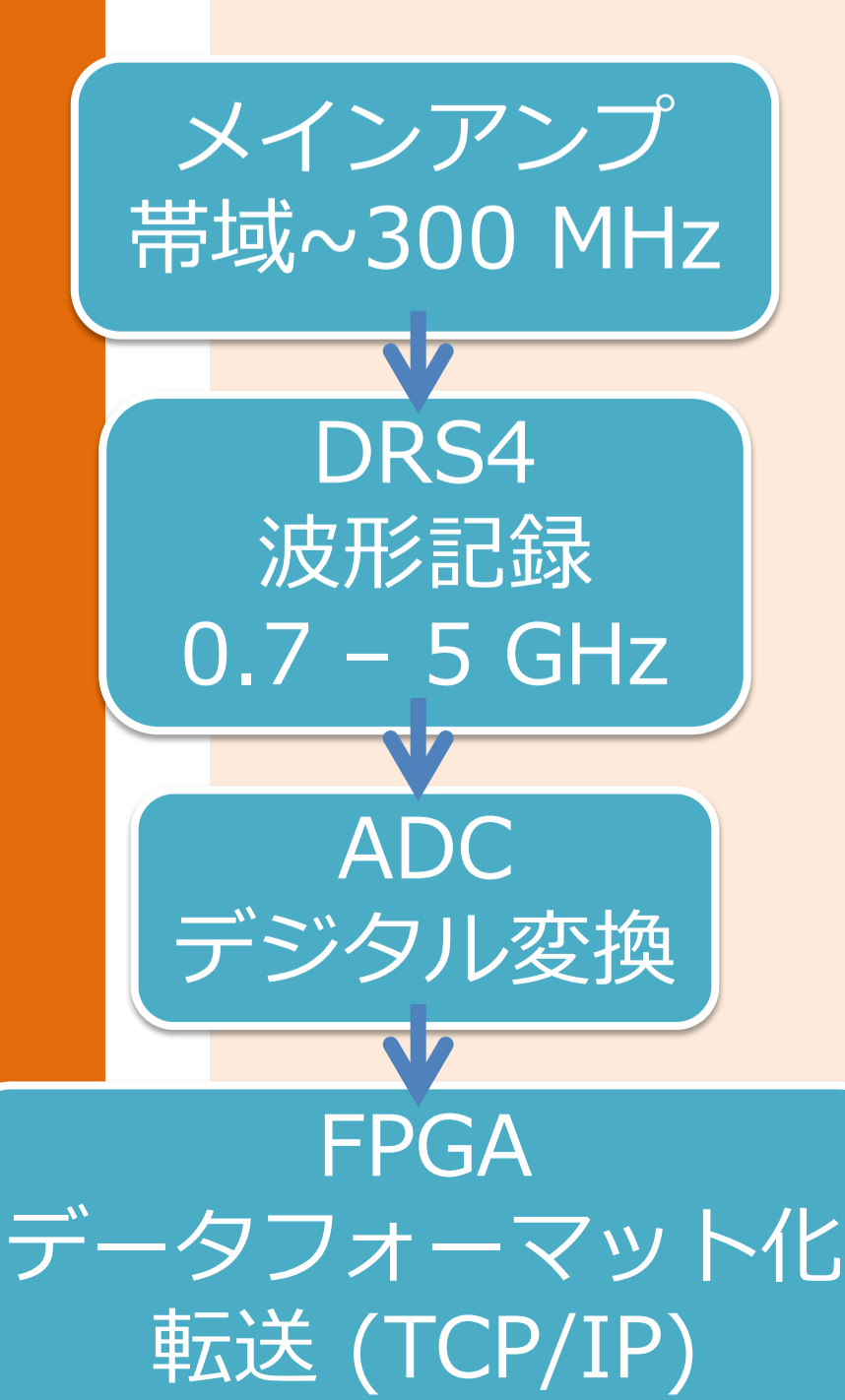
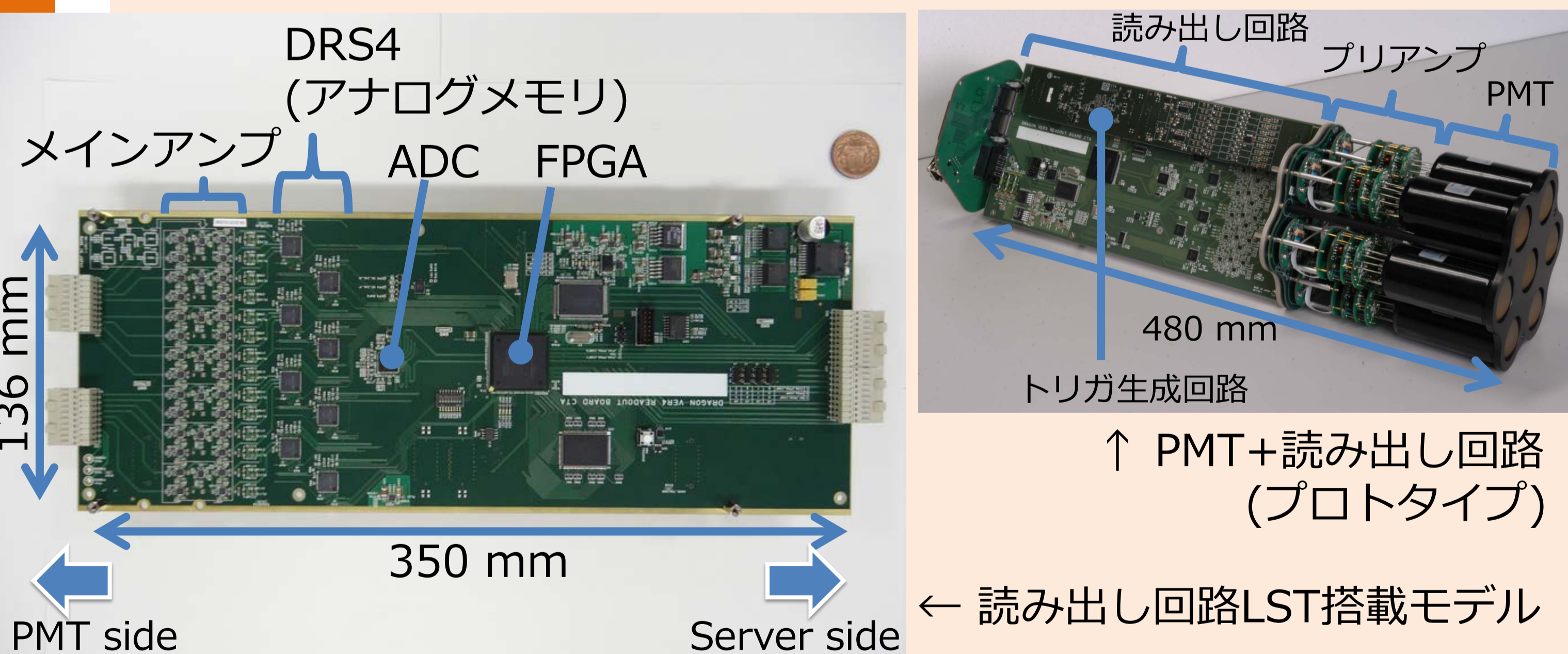


2. LST読み出し回路への要求



LSTでは夜光による信号がピクセルあたり数100 MHzあり、複数個の連続したピクセルで夜光が検出されると低エネルギーのガンマ線信号と区別しづらいバックグラウンドとなって、エネルギー閾値を低くできなくなる。空気シャワーからのチェレンコフ光による信号は数 nsecという短い時間に集中するため、PMT信号波形をGHzで高速波形記録することで夜光を極力分離することが求められる。

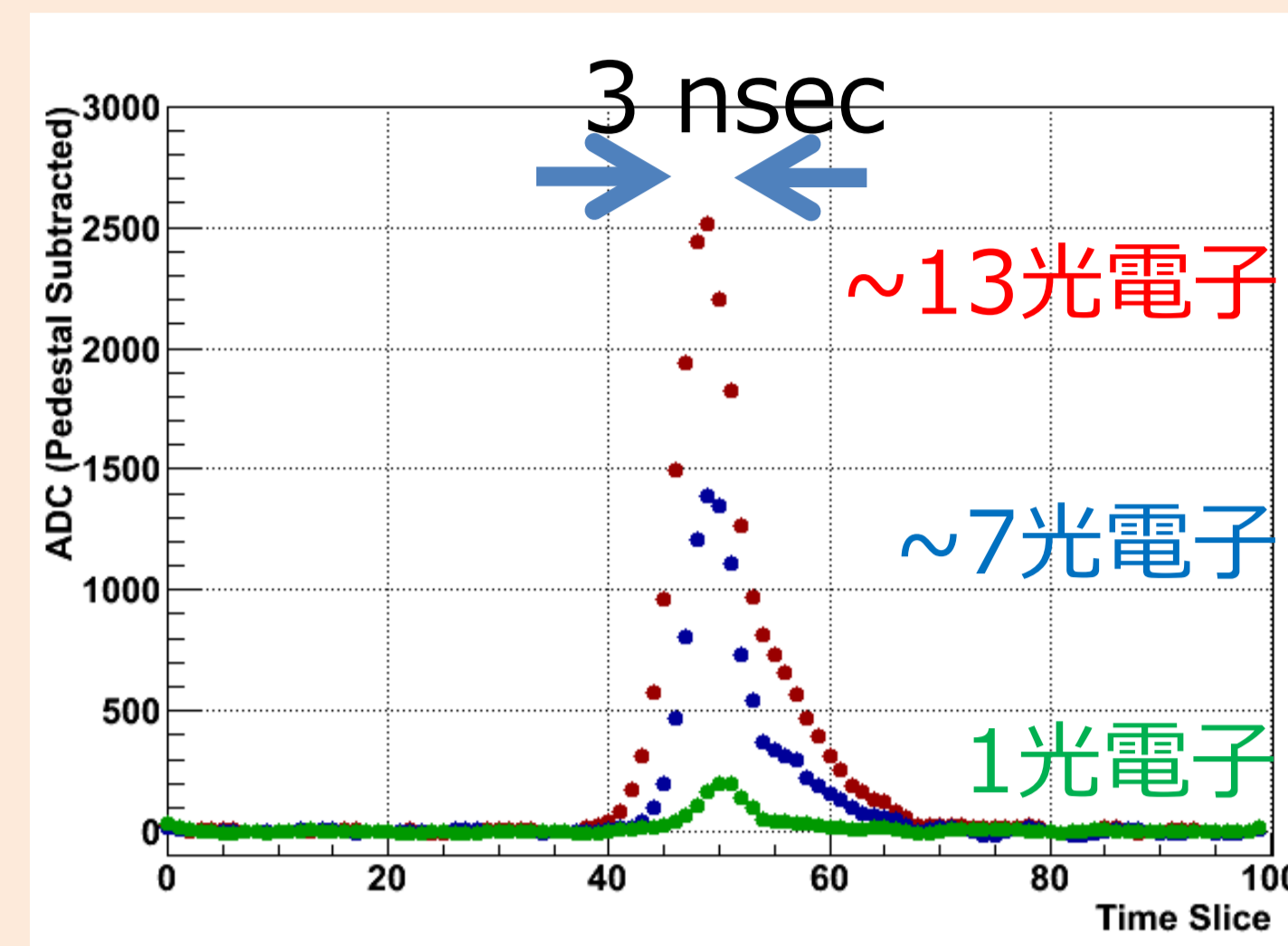
3. LST初号機用読み出し回路



LST読み出し回路ではアナログメモリの集積回路であるDRS4を用いてGHzの高速波形記録を実現している。アナログメモリは高速なフラッシュADCに比べ低消費電力であるという利点がある。また、高速のアナログ信号を取得するために高帯域アンプを使用している。

今年度はこれまでに基本的な性能実証がされていたプロトタイプ読み出し回路をもとに、実際のLST初号機で用いるインターフェース (中口径望遠鏡とコンパチビリティのあるもの) を備え、またアンプ回路に帯域の改良を施したLST初号機搭載モデルを製作した。

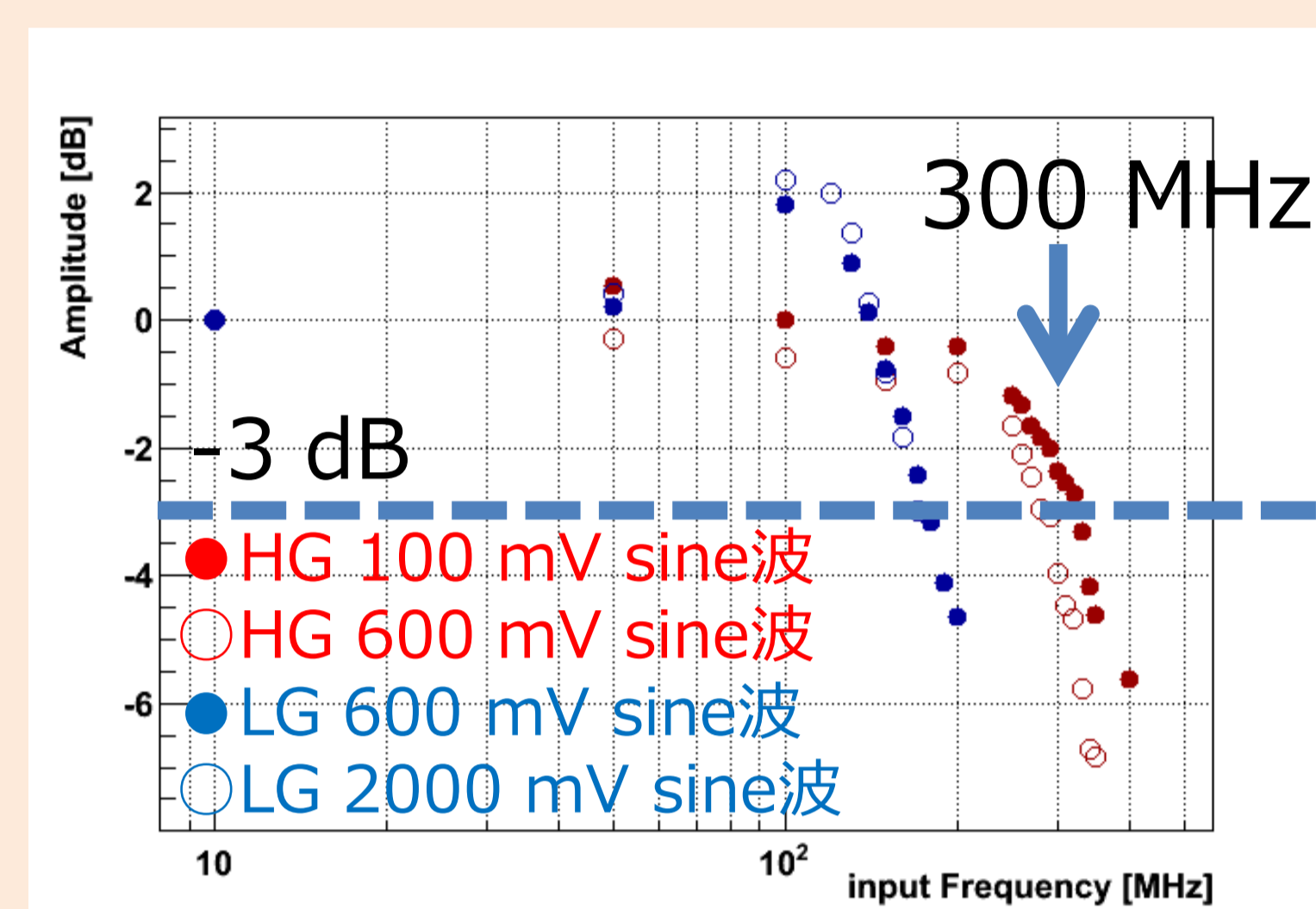
4. 動作実証・性能試験



■ PMT信号波形取得

2 GHz 波形記録
HV 1300 V
PMT gain 4.5×10^5
LED光源

FWHM 3 nsecの波形を取得可能



■ 帯域測定

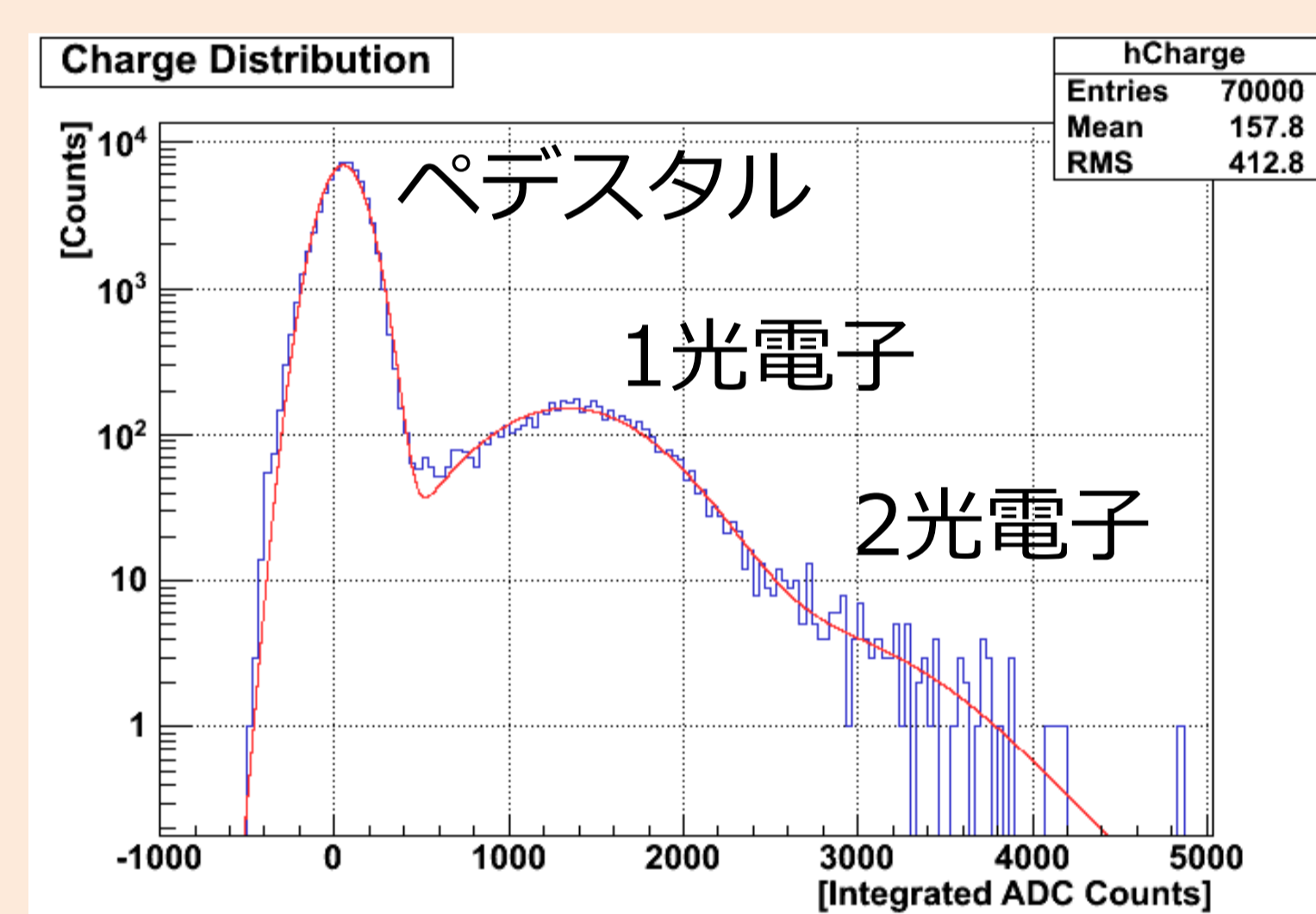
sine波を入力し、周波数を変えながら読み出し回路で取得される振幅を測定

プリアンプはダイナミックレンジを広くとるためにゲインの異なる2つの出力 (High Gain 出力: HG, Low Gain 出力: LG) をもち、それぞれがDRS4で波形記録される

読み出し回路のみでの測定 (プリアンプなし)

振幅-3 dBとなる帯域
HG: 300 MHz, LG: 180 MHz
帯域300 MHzを達成 (HG)

HGとLGでの帯域の違いは基板内配線の違いの影響と思われる (帯域が重要となるのは夜光の影響が相対的に大きくなるHG)



■ single photoelectron spectrum 測定

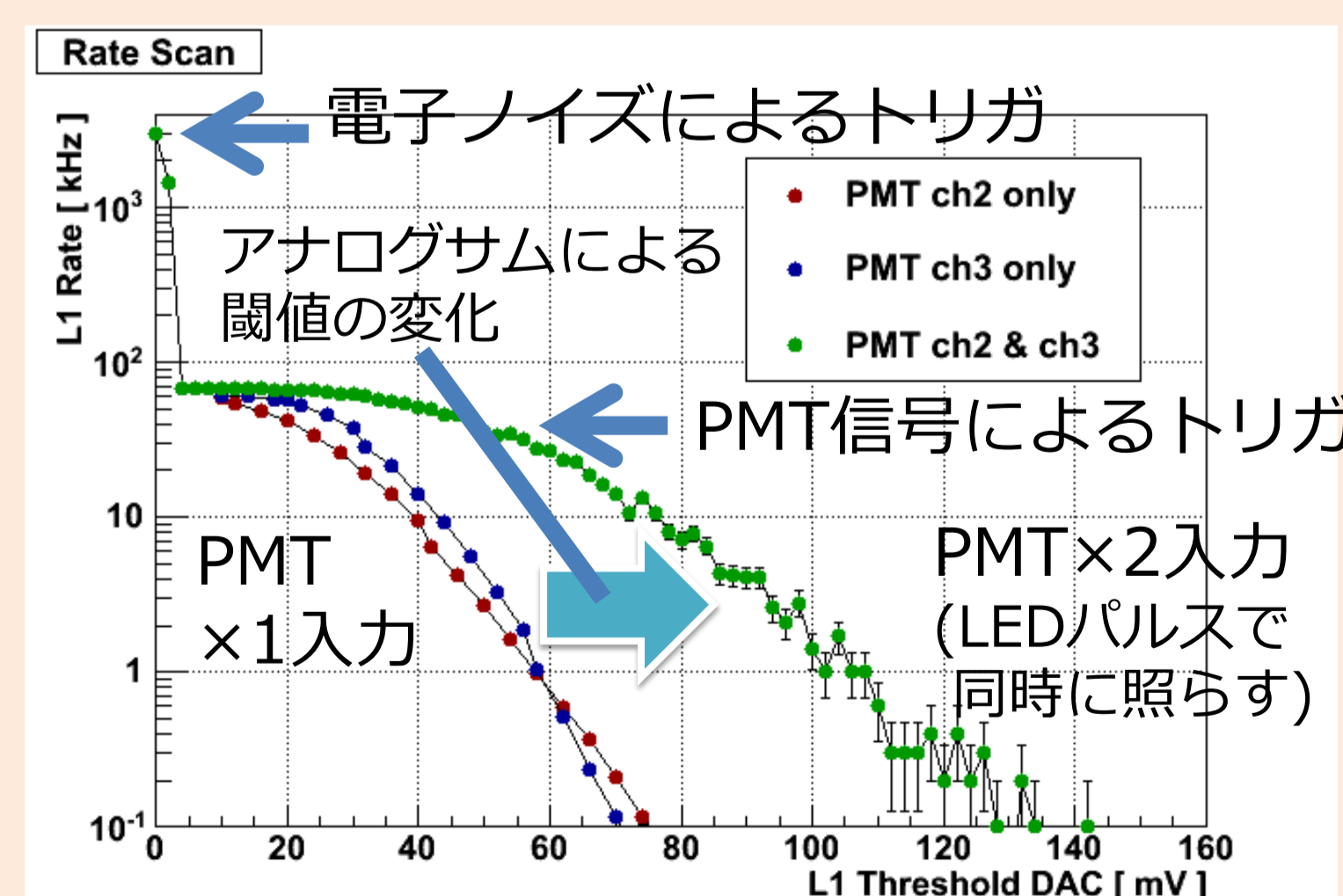
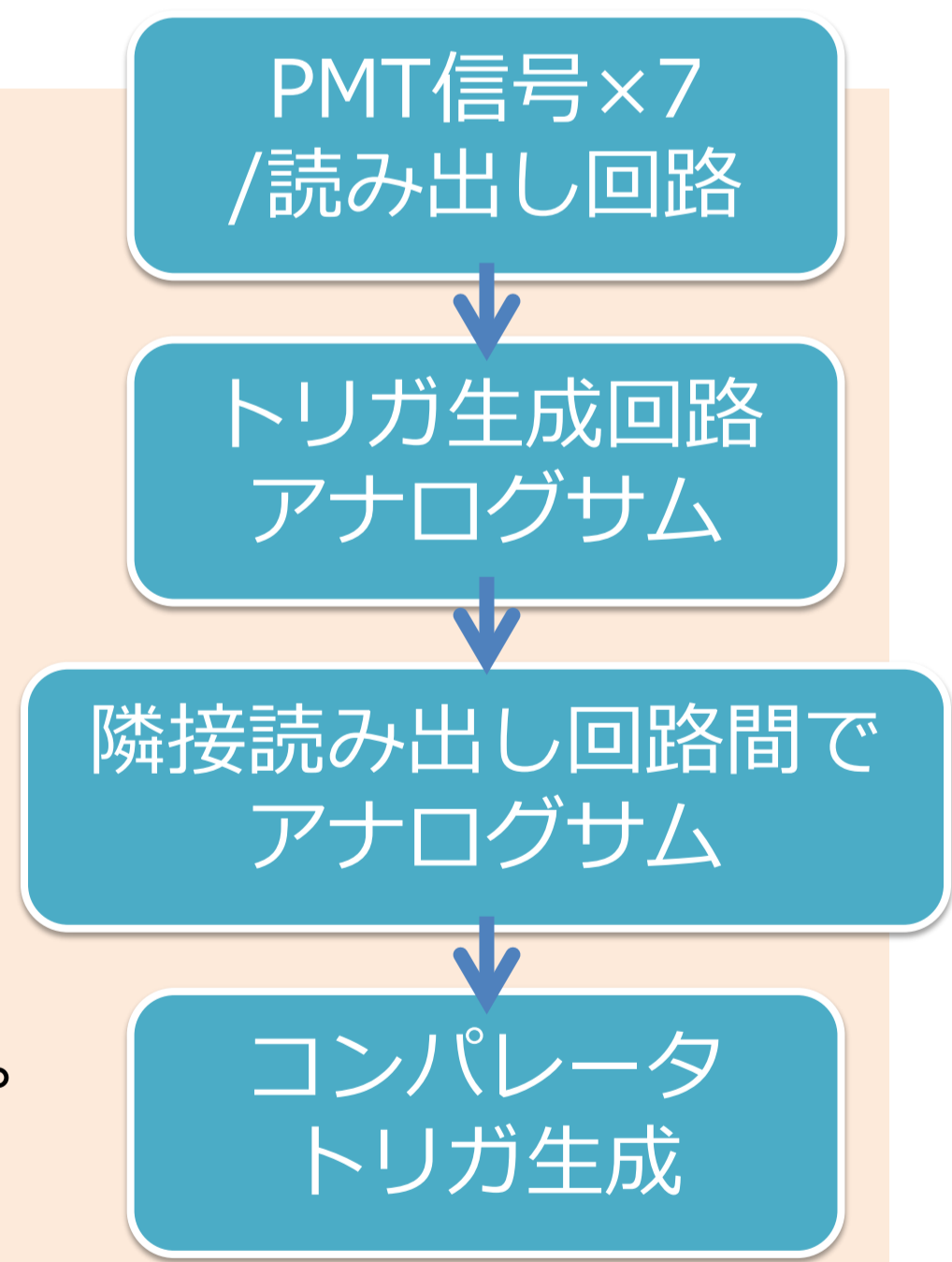
LED光源を用い、PMT出力の電荷分布から光電子数の分布を測定

HV 1300 V、PMT gain 4.5×10^5
S/N = 10.5

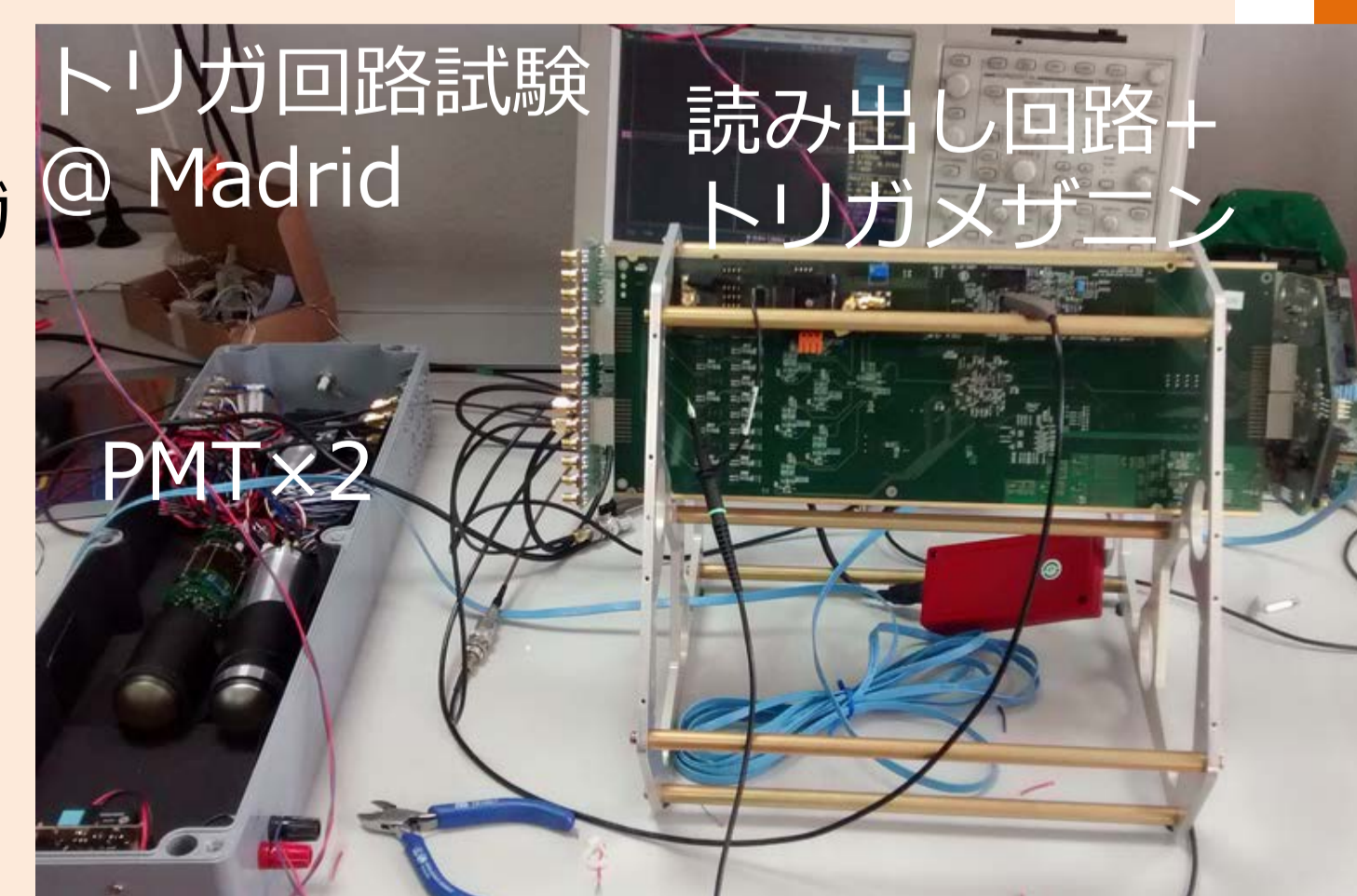
(1光電子チャージ平均 / ペDESTAL σ で定義)

5. トリガ回路

PMT信号はメインアンプから波形記録の他、分岐してトリガ生成回路へも送られる。トリガ回路は読み出し回路に接続されるメザニカードとなっている。スペイングループが開発しているアナログトリガと呼ばれる方式では、PMT信号をアナログ的に足し合わせコンパレータにかけることで、ピクセルごとにコンパレータを設けるよりもトリガ閾値を下げる事ができる。



アナログトリガを用いコンパレータ閾値を変えながらトリガレートスキャン PMT2本の信号を入力した際にアナログサムされている様子わかる



6. 今後の予定

PMT21ピクセルの小規模カメラをつくり試験、2014年から2016年にかけてカメラ1台分の回路を量産、2016年にLST1台目を建設。

7. 参考文献

[1] The CTA Consortium, Experimental Astronomy, 2011
[2] H. Kubo, R. Paoletti et al., Proc. 33rd ICRC, 2013
[3] S.Ritt, R. Dinapoli, U. Hartmann, NIMA, 2010
[4] L.A. Tejedor et al., IEEE TNS, 2013