

# CTA大口徑望遠鏡計画に向けた アナログメモリによる

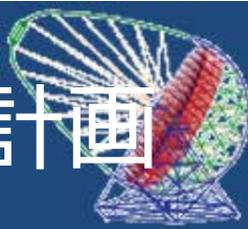
## PMT波形のGHzサンプリング回路の開発IV

京都大学 今野裕介

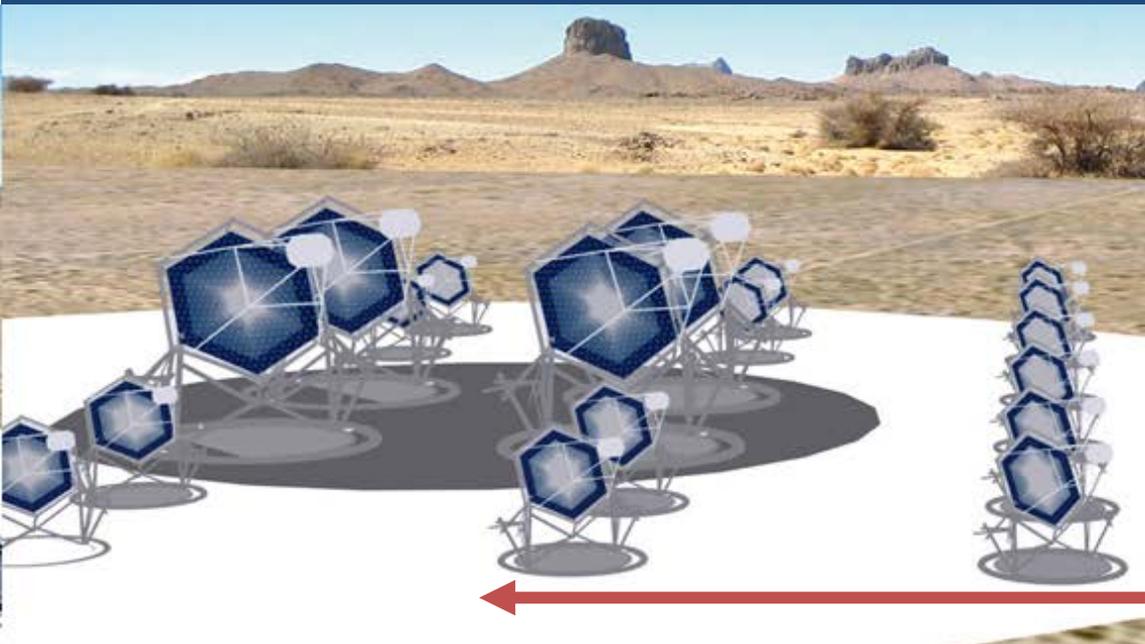
栗根悠介<sup>A</sup>, 池野正弘<sup>B, C</sup>, 上野遥<sup>D</sup>, 内田智久<sup>B, C</sup>,  
梅原克典<sup>E</sup>, 大岡秀行<sup>F</sup>, 折戸玲子<sup>G</sup>, 片桐秀明<sup>E</sup>,  
株木重人<sup>H</sup>, 岸本哲朗<sup>A</sup>, 窪秀利<sup>A, C</sup>, 郡司修一<sup>I</sup>,  
小山志勇<sup>D</sup>, 田中真伸<sup>B, C</sup>, 手嶋政廣<sup>F, J</sup>, 中森健之<sup>K</sup>,  
萩原亮太<sup>I</sup>, 畑中謙一郎<sup>A</sup>, 山本常夏<sup>L</sup>,  
他 CTA-Japan Consortium

京大理<sup>A</sup>, KEK素核研<sup>B</sup>, Open-It<sup>C</sup>, 埼玉大理工<sup>D</sup>,  
茨城大理<sup>E</sup>, 東大宇宙線研<sup>F</sup>, 徳島大総科<sup>G</sup>, 東海大医<sup>H</sup>,  
山形大理<sup>I</sup>, Max-Planck-Institute for Physics<sup>J</sup>,  
早大理工<sup>K</sup>, 甲南大理工<sup>L</sup>

# CTA (Cherenkov Telescope Array) 計画

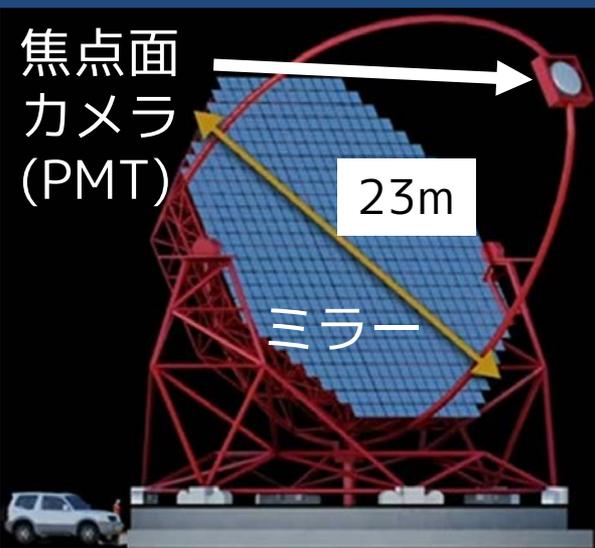
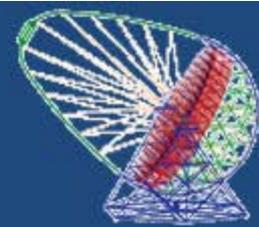


- 天体ガンマ線 (20GeV-100TeV以上) を観測するチェレンコフ望遠鏡群
- 南半球60台、北半球30台程度
- 広い検出面積
- TeV領域での感度を1桁向上
- 日米欧27か国による国際協力



~1km

# CTA大口径望遠鏡における エレクトロニクス



- 狙うエネルギー 20GeV-1TeV  
低エネルギー-threshold
- 数百MHzの夜光レート（観測条件依存）  
信号積分時間を短くすることで除去  
→ analysis thresholdを下げる

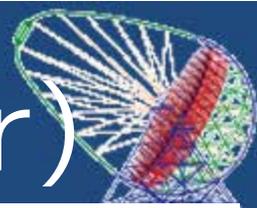


→ 数nsec幅のPMT信号を  
GHzでサンプリングする  
超高速のエレクトロニクス  
+ 低消費電力、低コスト化  
1855PMTs/telescope : ~5kW

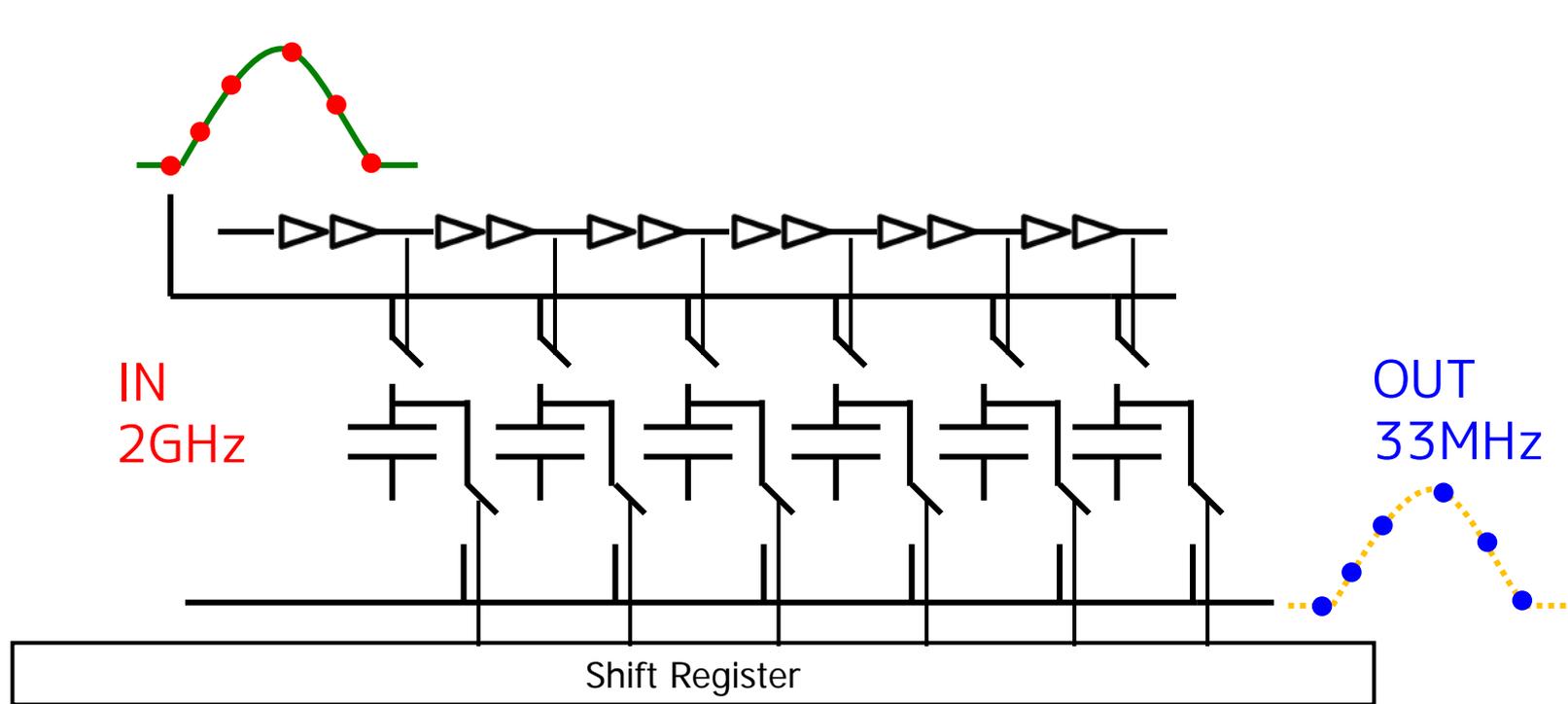


アナログメモリのASIC  
DRS4チップを用いた  
読み出し回路を開発

前回講演：改良版ver.3回路について発表



# DRS4 (Domino Ring Sampler)



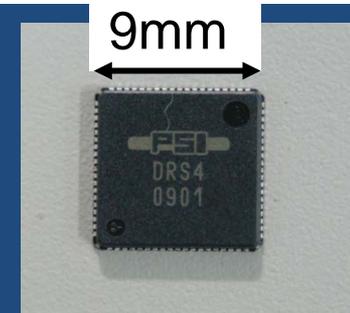
- スイスPSI開発の**アナログメモリ**ASIC

- 1024cells × 8chのキャパシタにアナログ波形をGHzサンプリング

- 読み出しはMHz

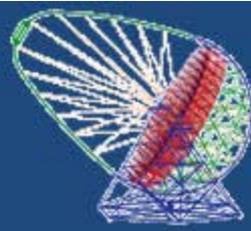
→ 高速なADCを必要としない：**低消費電力、低コスト**を実現

140mW/chip @ 2GS/s



S. Ritt  
(PSI)

# 読み出し回路



電源供給、イーサネット通信

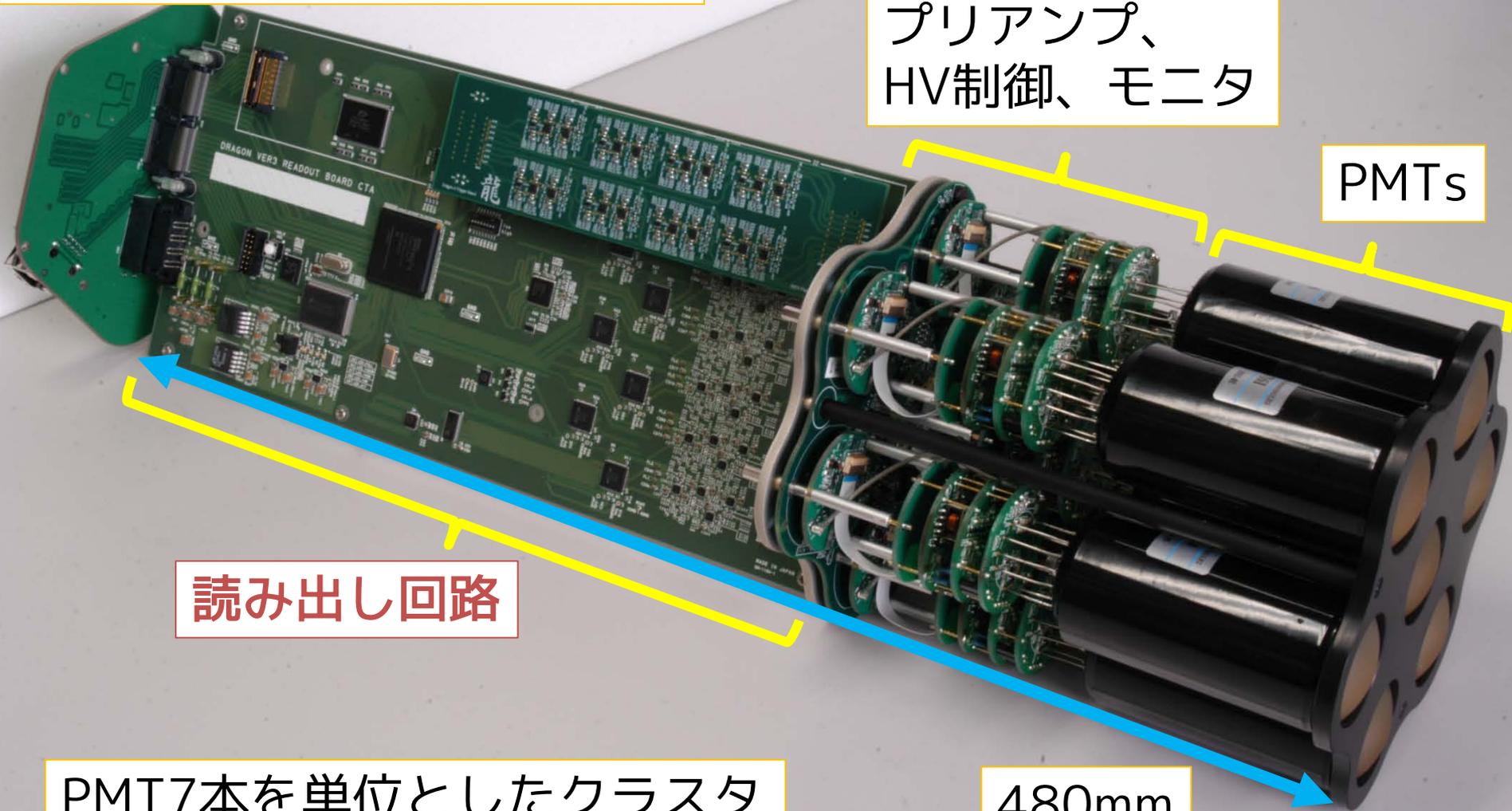
プリアンプ、  
HV制御、モニタ

PMTs

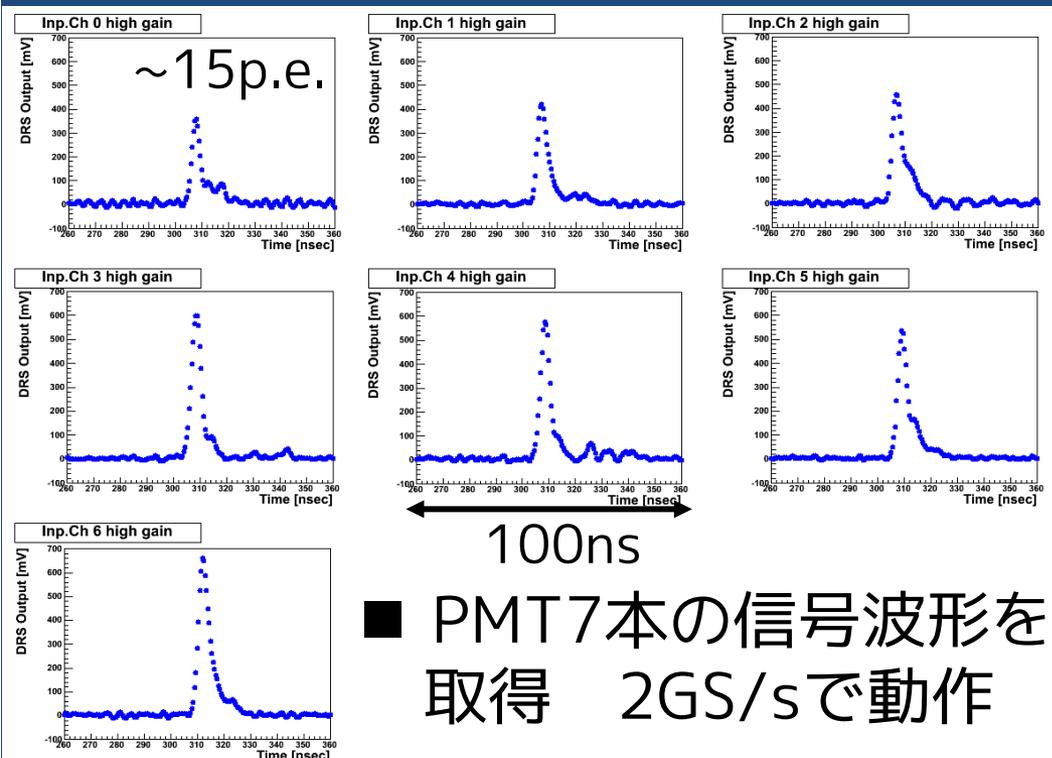
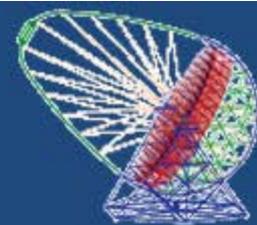
読み出し回路

PMT7本を単位としたクラスタ

480mm



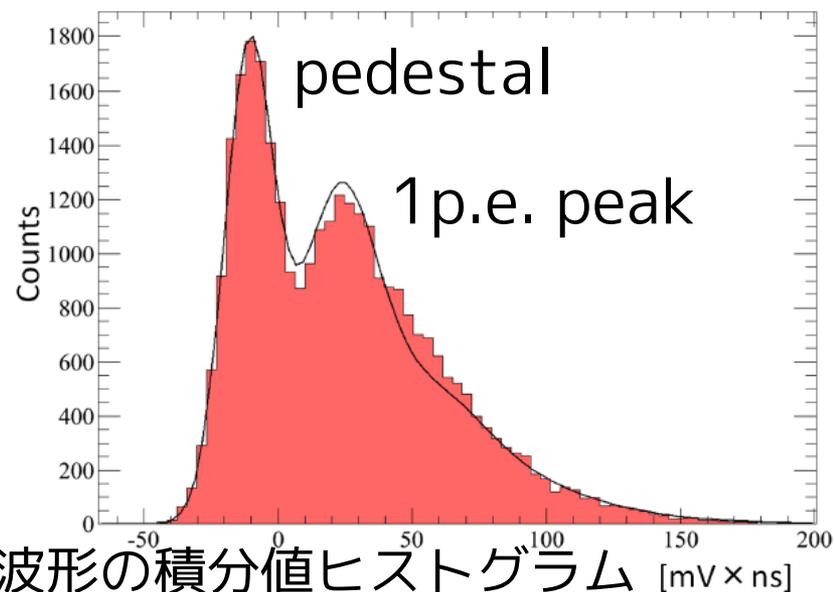
# これまでの性能評価



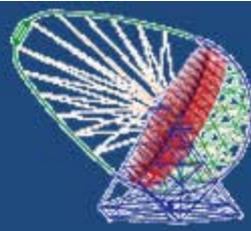
- PMT7本の信号波形を取得 2GS/sで動作

- 消費電力 2.04W/PMT
- 1p.e.スペクトル  
1光電子の信号を取得  
PMT gain =  $5 \times 10^4$   
S/N = 3.6 (1p.e.に対し)

- ダイナミックレンジ  
1-2500p.e.  
High/Low 2系統のゲインの  
メインアンプによる
- デッドタイム  
ランダムパルスによる  
信号レート10kHzで7.7%

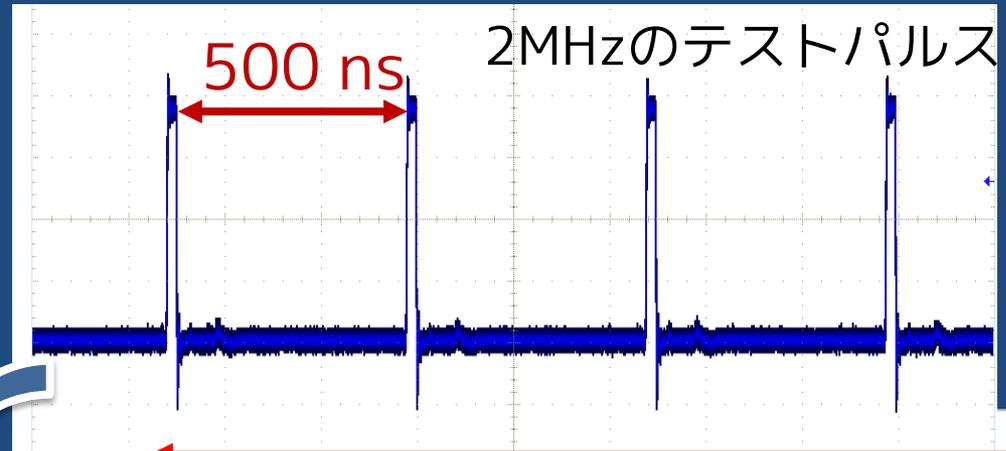


# 波形保持メモリ深さ



信号をDRS4の入力4chにカスケード接続  
4 × 1024cells で **2 $\mu$ sec** @ 2GS/sの波形記録時間を実現

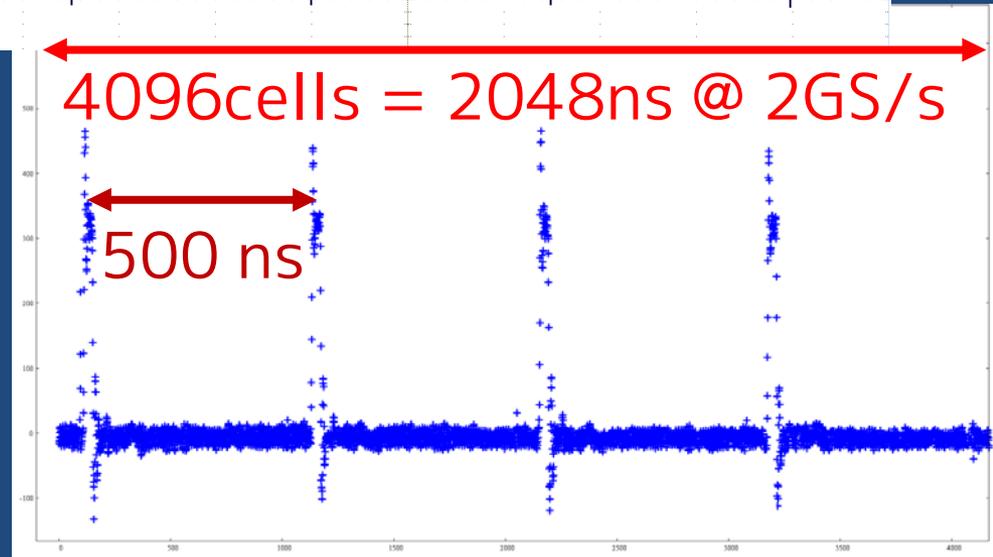
入力信号



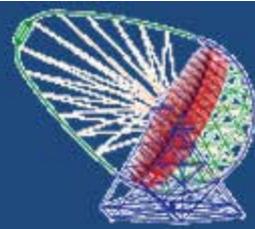
望遠鏡間でトリガ同期  
をとるのにかかる時間  
- 望遠鏡間距離

100mで2 $\mu$ sec程度

その間サンプリング  
を止める必要がない



保持した  
波形データを出力

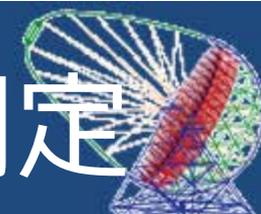


# 今回の報告

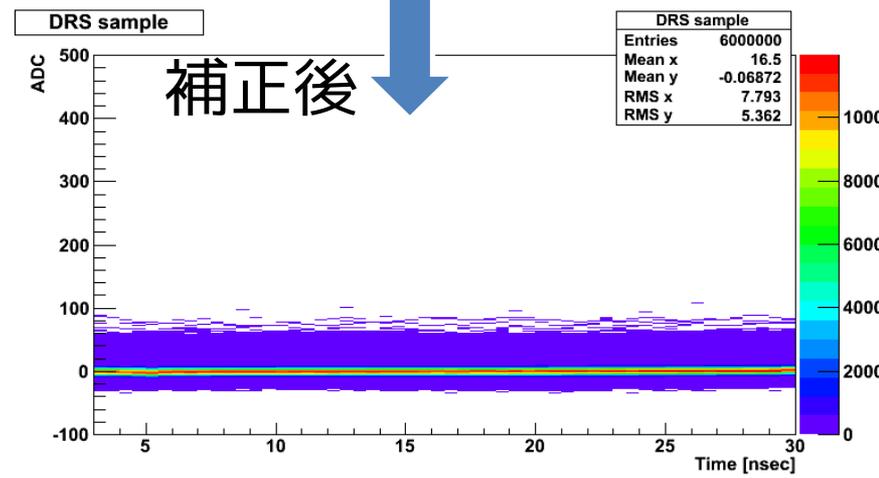
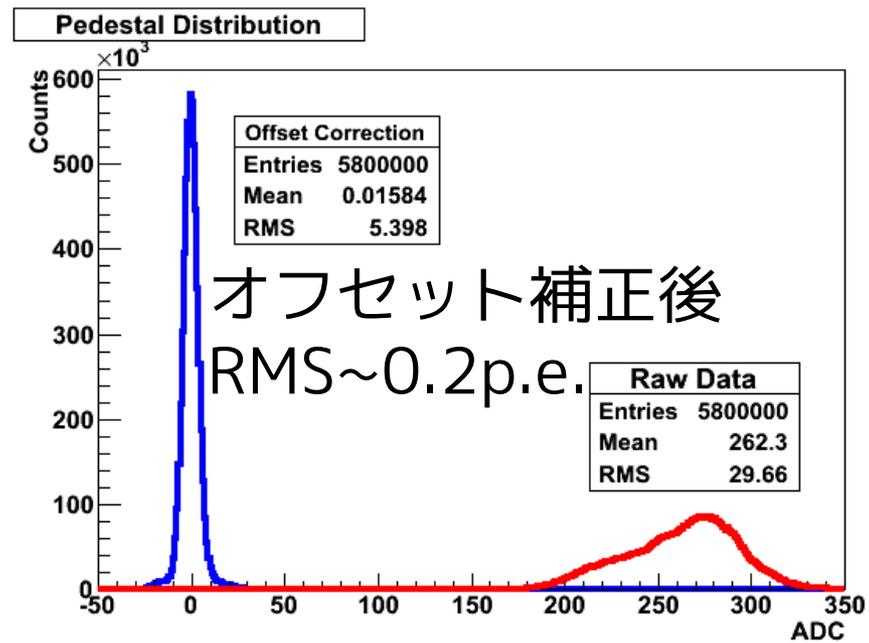
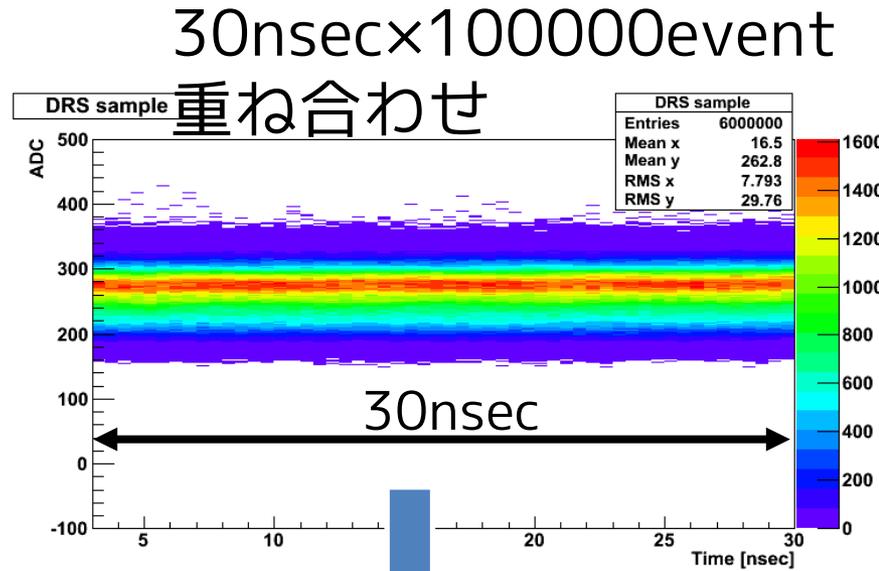
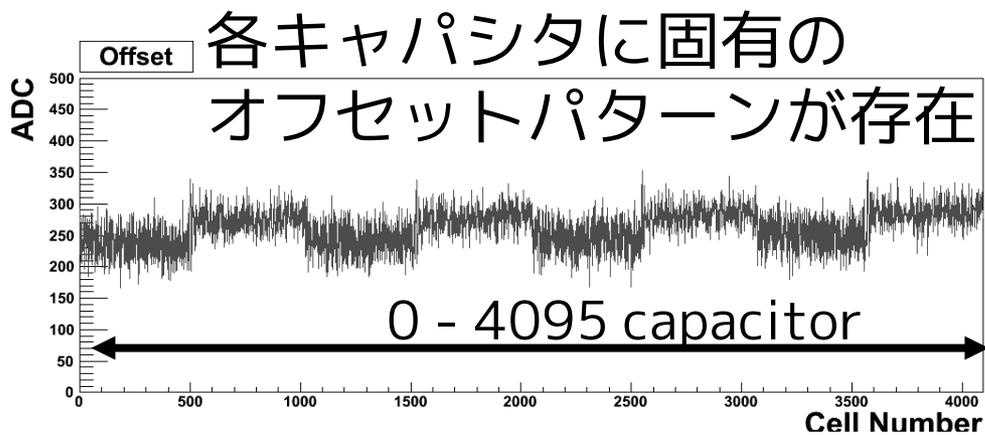
望遠鏡搭載時に必須のチャンネルカスケード  
(2usec分のメモリ)使用時の動作のstudy

- DRSチップ8個 × 8192キャパシタのペDESTAL測定  
カスケード時のオフセット補正
- チャージリーク測定  
2usecの間にキャパシタの電荷が失われないか
- クロストーク測定

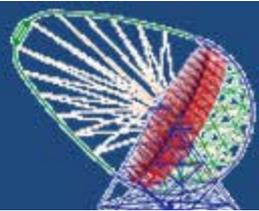
# カスケード時のペDESTAL測定



カスケードした4096キャパシタのペDESTALデータを取り補正

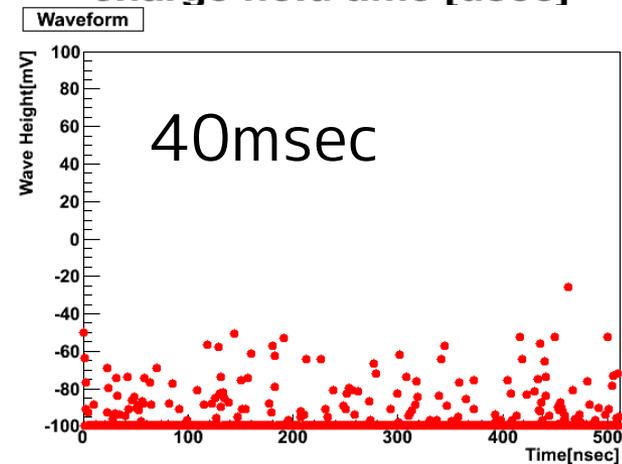
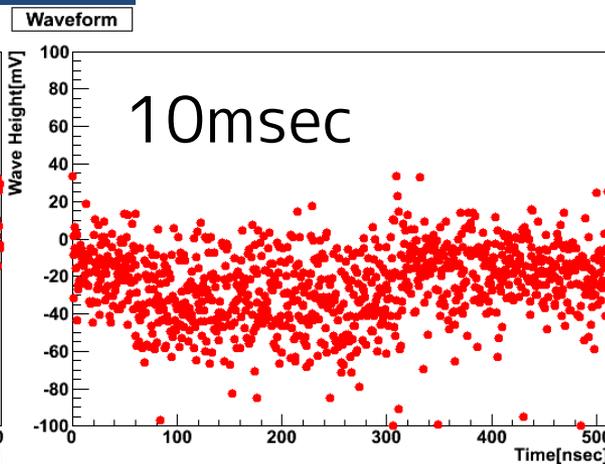
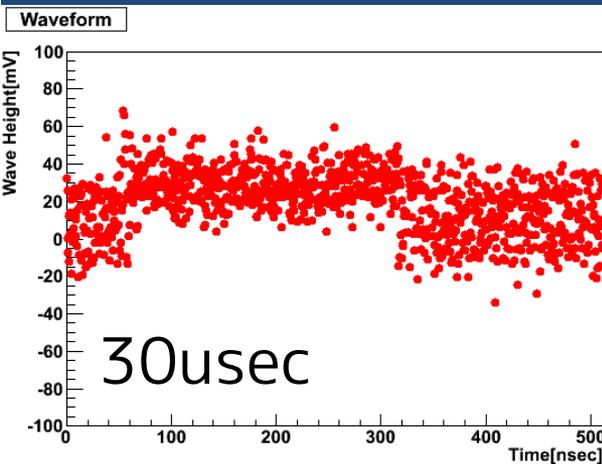
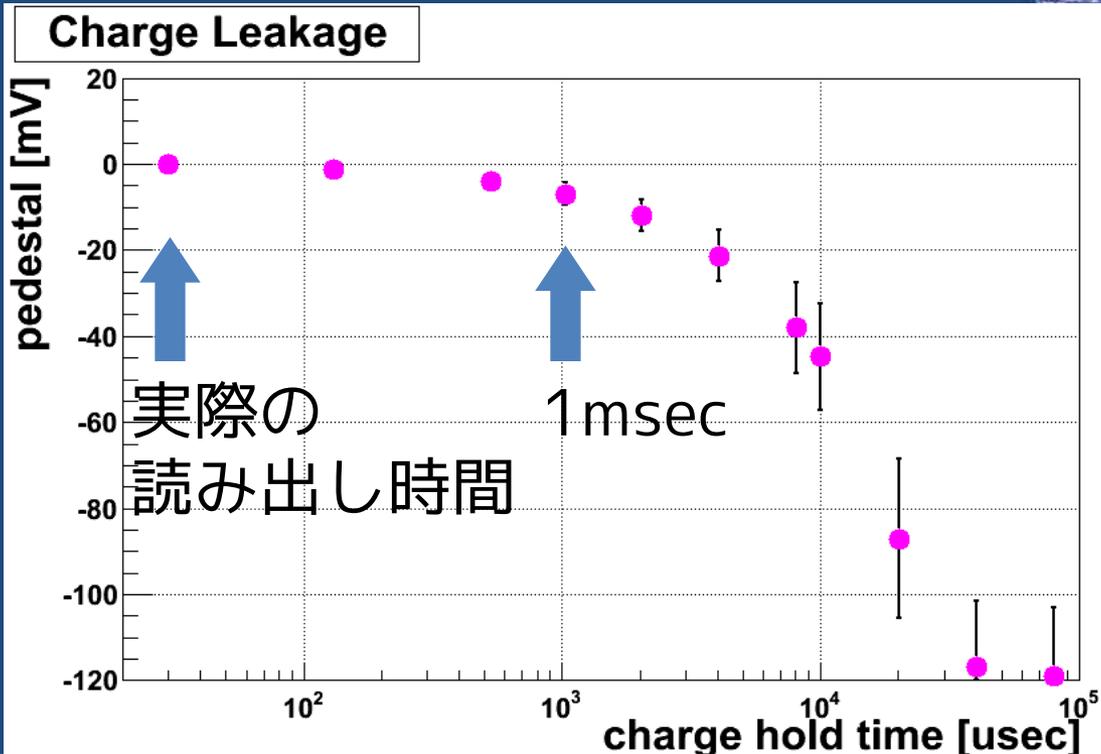


# チャージリーク

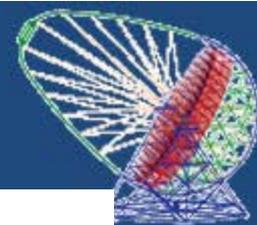


サンプリング後から  
読み出すまでの時間  
を変えて  
ペDESTAL測定

1msec程度からリーク  
が目立つ  
2usecのバッファ+  
読み出し時間<10usec  
影響無し



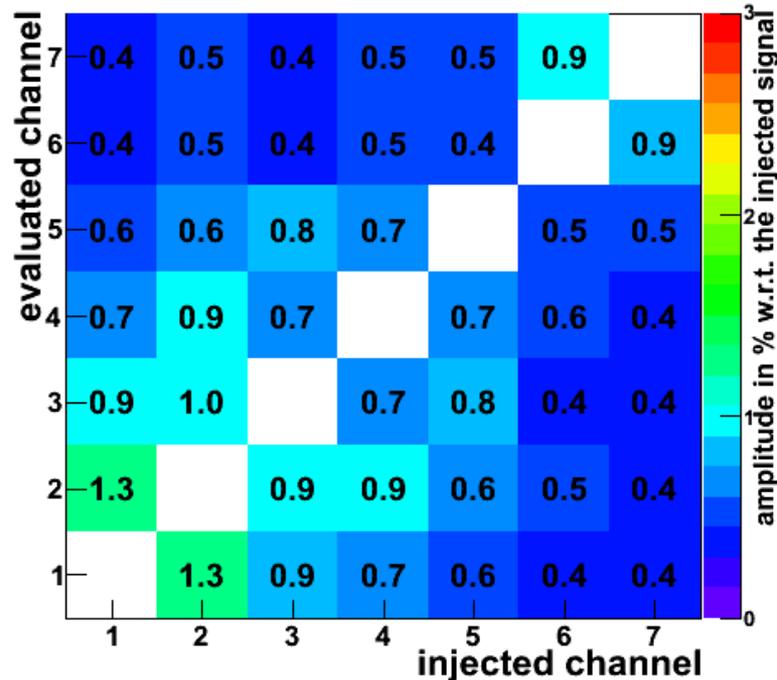
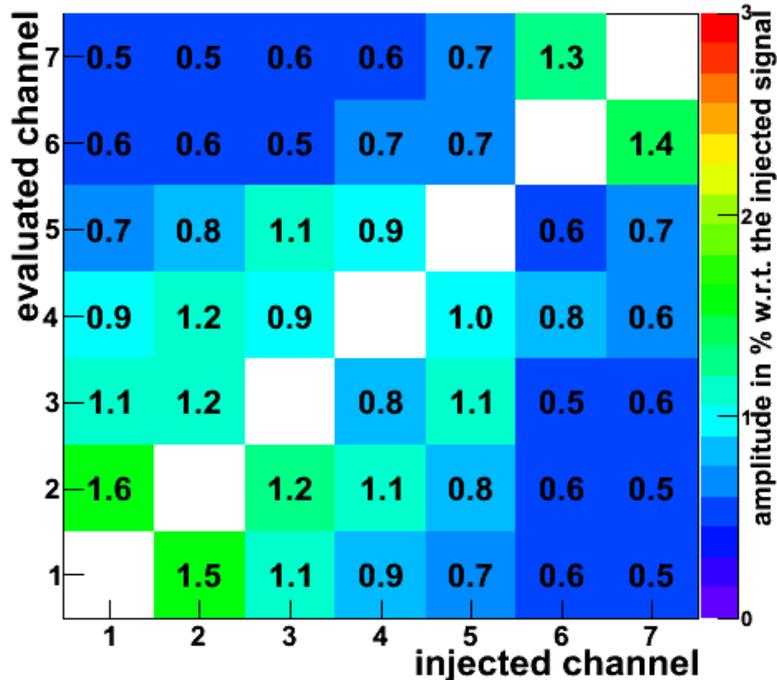
# クロストーク



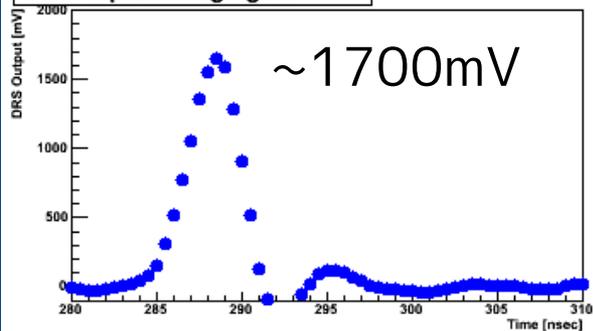
Cross talk matrix - High Gain

単位：%

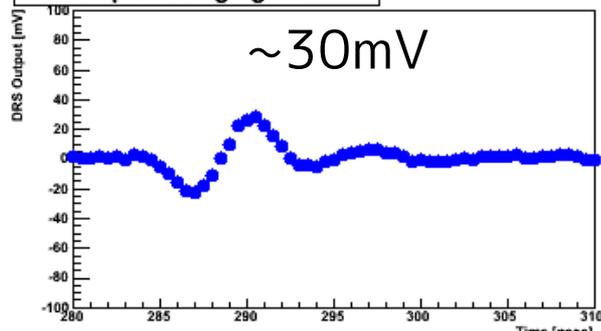
Cross talk matrix - Low Gain



Inp.Ch 0 high gain



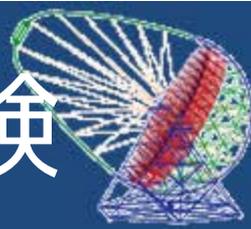
Inp.Ch 1 high gain



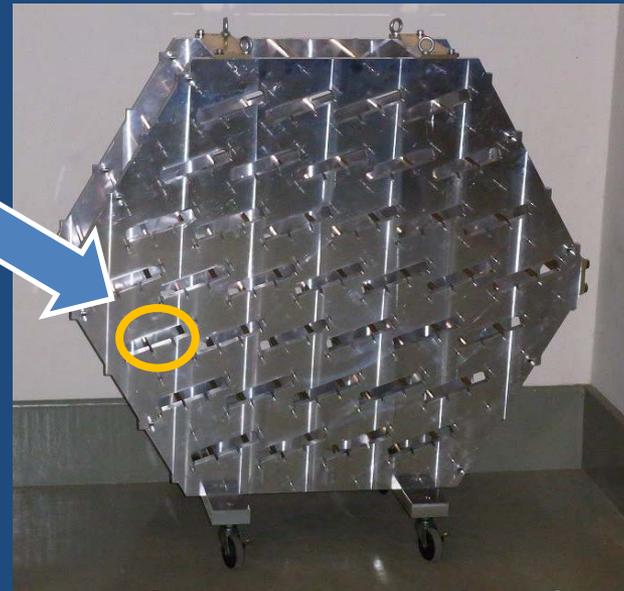
1%前後のクロストーク  
やや大きめ  
PCBレイアウトの検討

隣接chに見られるクロストーク

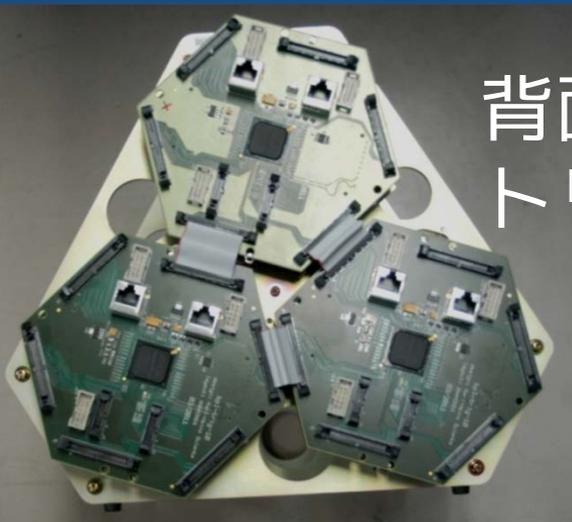
# カメラシステムとしての試験



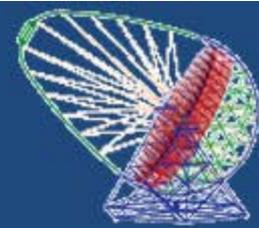
- 3クラスタ  
によるミニカメラ  
→ 基本的な動作を確認済み
- プロトタイプ望遠鏡  
～2014年建設



背面：  
トリガ生成回路



PMT  $37 \times 7 = 259$ 本用 水冷プレート  
(望遠鏡全体のPMT本数の14%)



# まとめ

- 日本グループはCTA大口径望遠鏡用に  
光電子増倍管信号波形の読み出し回路を開発
- アナログメモリDRS4による**高速波形サンプリング：2GS/s**
- **低消費電力、低コスト**
  
- DRS4 チップのチャンネルカスケード(2usecメモリ)時の動作
- カスケードした全キャパシタのペDESTAL測定と  
ペDESTAL補正の適用：RMS $\sim$ 0.2p.e.
- チャージリーク測定：波形保持時間に対しほぼ影響なし
- クロストークの評価：1%前後

プロトタイプ望遠鏡(～2014年建設)に向けて  
デザイン・動作を詰めている段階