

CTA大口径望遠鏡計画に向けた アナログメモリによる

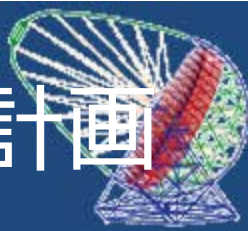
PMT波形のGHzサンプリング回路の開発IV

京都大学 今野裕介

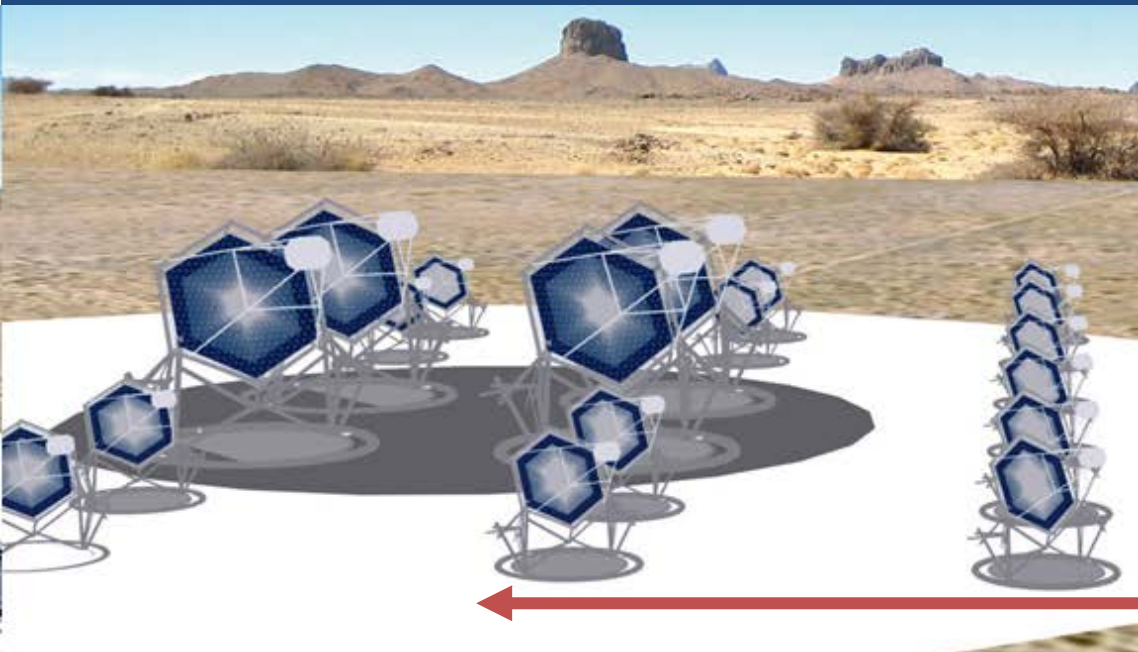
栗根悠介^A, 池野正弘^{B, C}, 上野遥^D, 内田智久^{B, C},
梅原克典^E, 大岡秀行^F, 折戸玲子^G, 片桐秀明^E,
株木重人^H, 岸本哲朗^A, 窪秀利^{A, C}, 郡司修一^I,
小山志勇^D, 田中真伸^{B, C}, 手嶋政廣^{F, J}, 中森健之^K,
萩原亮太^I, 畑中謙一郎^A, 山本常夏^L,
他 CTA-Japan Consortium

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

CTA (Cherenkov Telescope Array) 計画

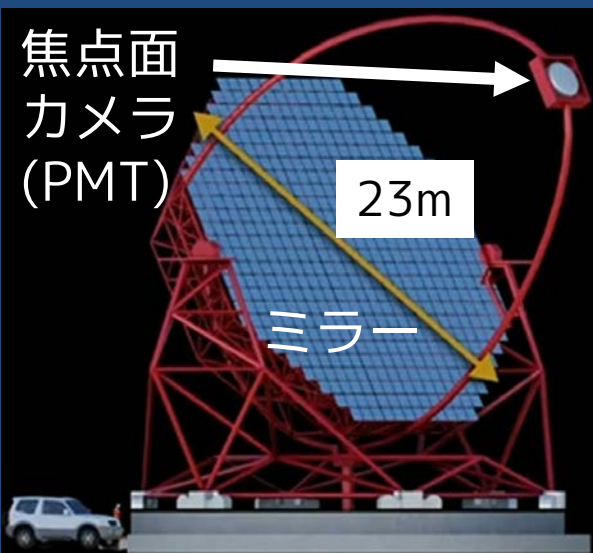
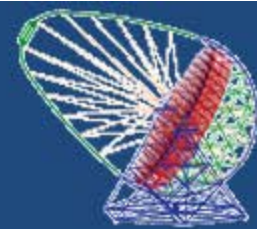


- 天体ガンマ線 (20GeV-100TeV以上) を観測するチェレンコフ望遠鏡群
- 南半球60台、北半球30台程度
- 広い検出面積
- TeV領域での感度を1桁向上
- 日米欧27か国による国際協力

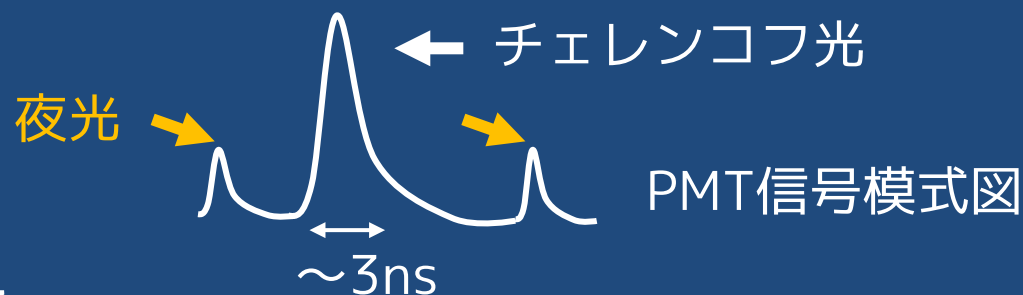


~1km

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

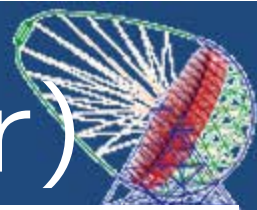


→ 数nsec幅のPMT信号を
GHzでサンプリングする
超高速のエレクトロニクス
+ 低消費電力、低コスト化
1855PMTs/telescope : ~5kW

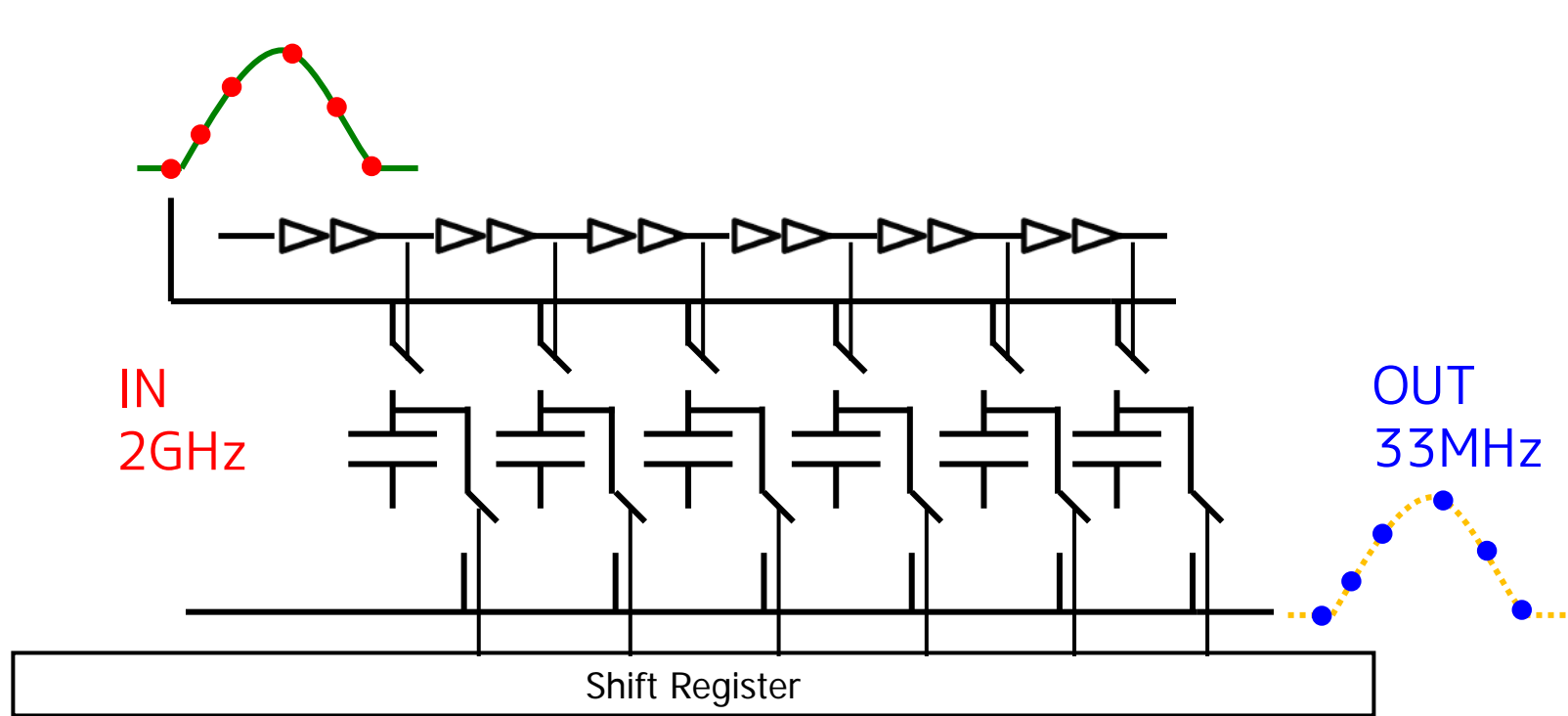


アナログメモリのASIC
DRS4チップを用いた
読み出し回路を開発

前回講演：改良版ver.3回路について発表



DRS4 (Domino Ring Sampler)



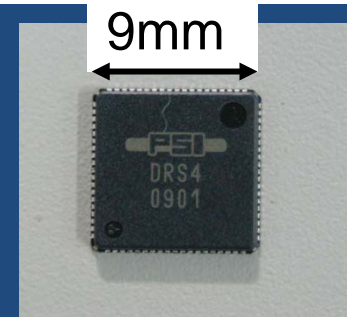
- スイスPSI開発の**アナログメモリ**ASIC

- 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

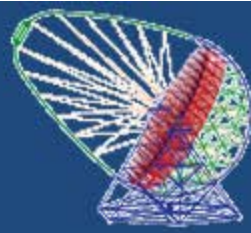
→ 高速なADCを必要としない：**低消費電力、低コスト**を実現

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

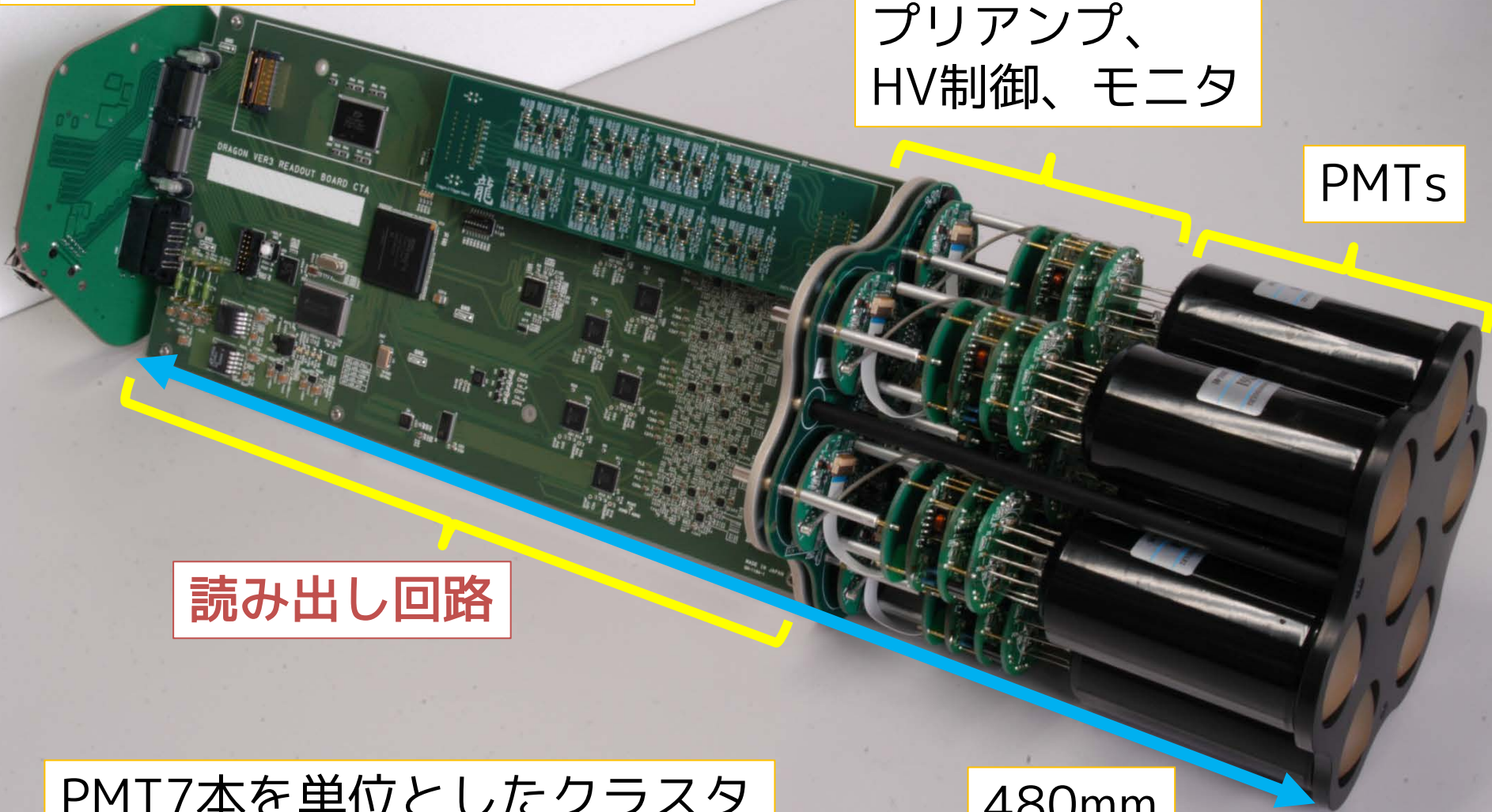
プリアンプ、
HV制御、モニタ

PMTs

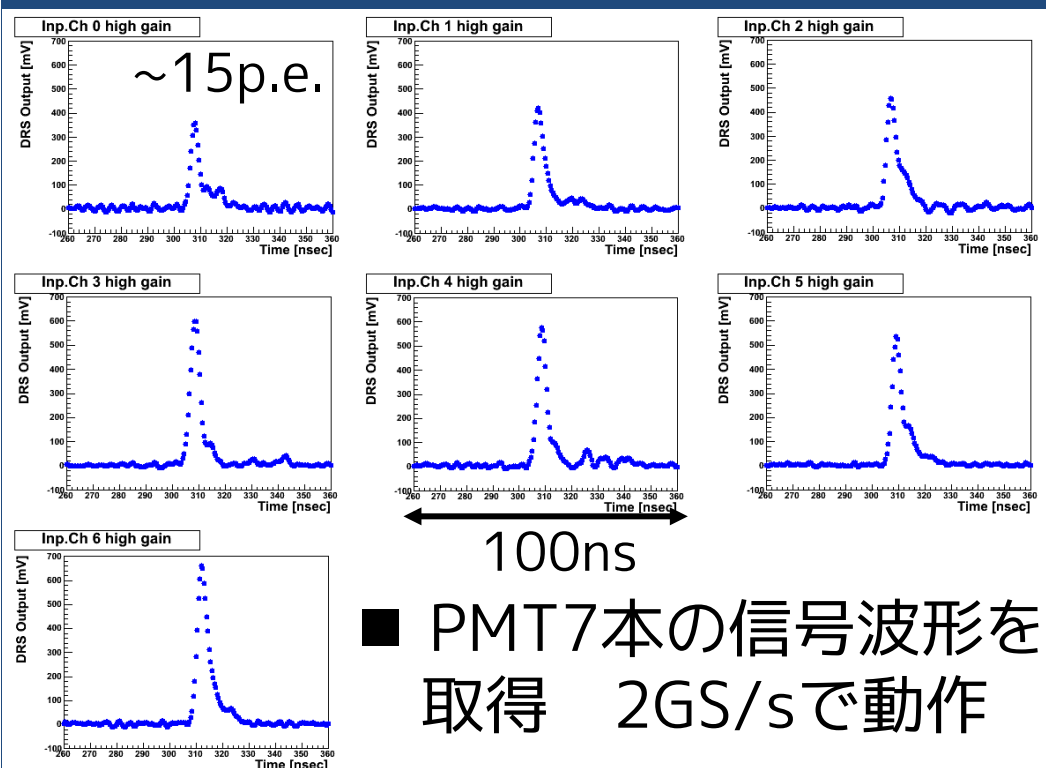
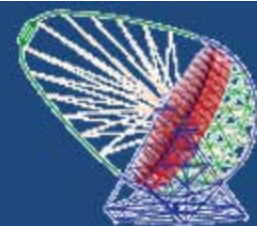
読み出し回路

PMT7本を単位としたクラスタ

480mm



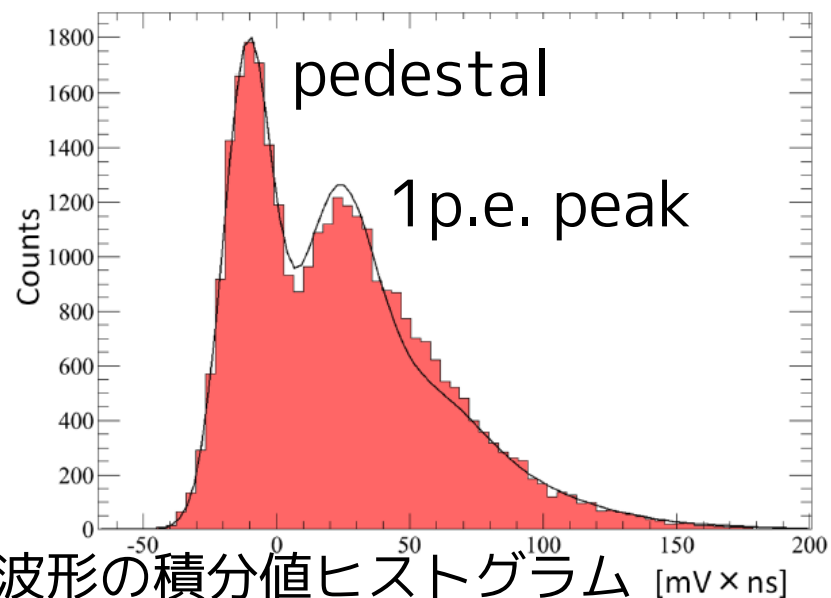
これまでの性能評価



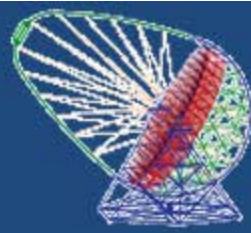
- PMT7本の信号波形を取得 2GS/sで動作

- 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 = 5×10^4
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%

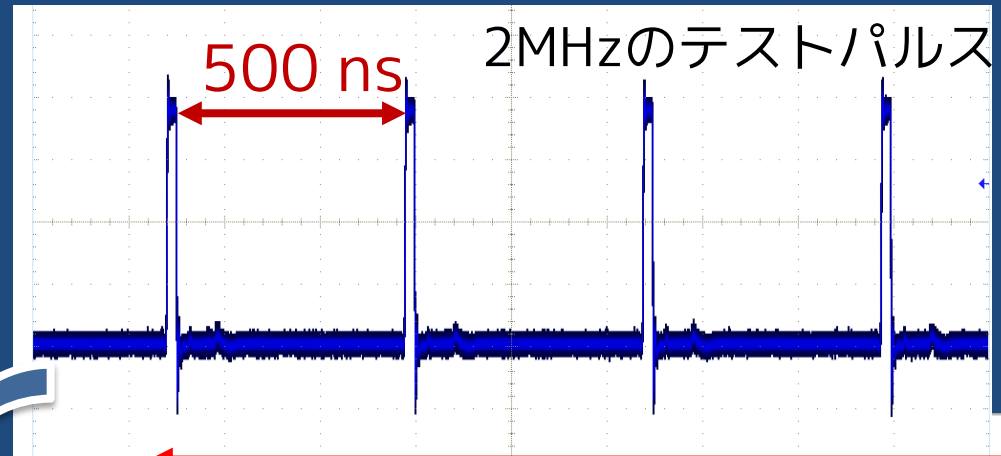


波形保持メモリ深さ



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

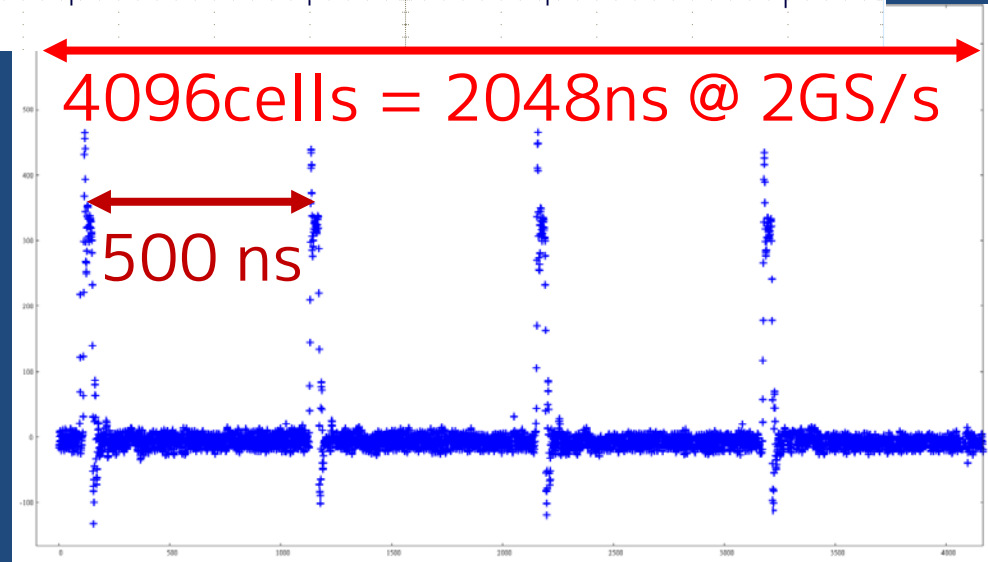
入力信号



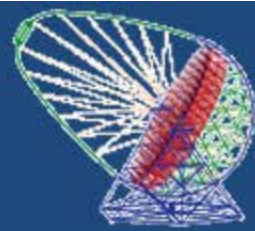
望遠鏡間でトリガ同期
をとるのにかかる時間
- 望遠鏡間距離

100mで2 μ sec程度

その間サンプリング
を止める必要がない



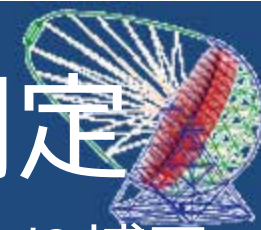
保持した
波形データを出力



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

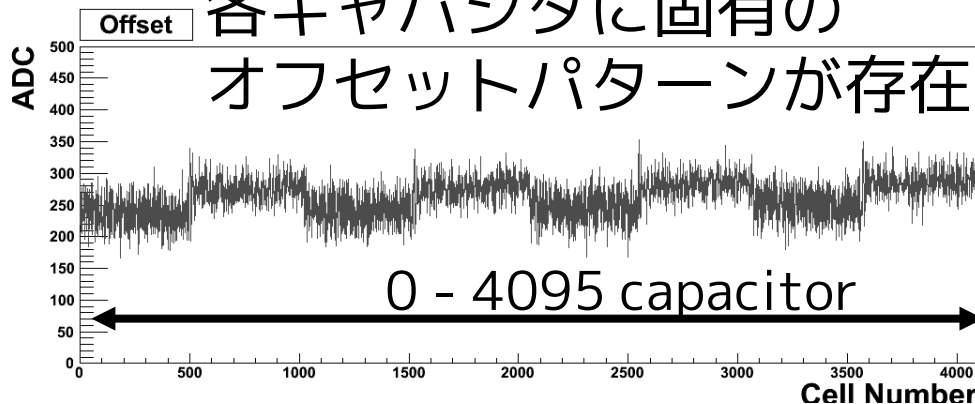
- DRSチップ8個 × 8192キャパシタのペDESTAL測定
カスケード時のオフセット補正
- チャージリーク測定
2usecの間にキャパシタの電荷が失われないか
- クロストーク測定



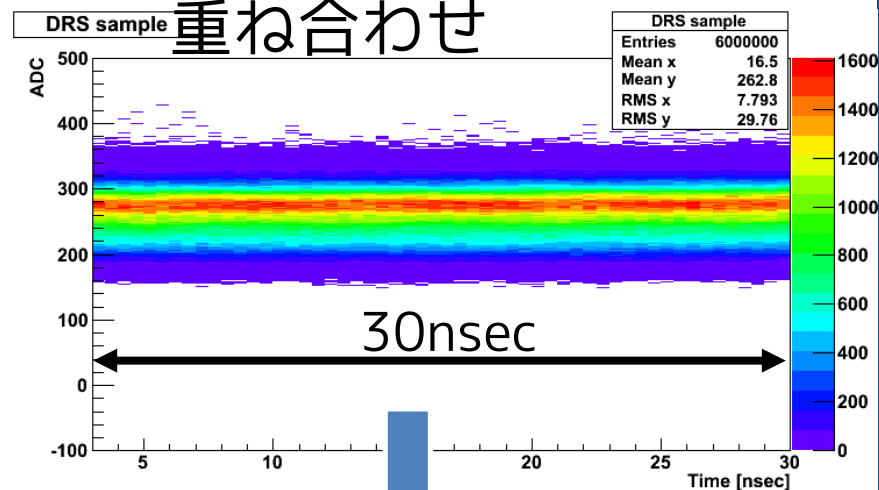
カスケード時のペDESTAL測定

カスケードした4096キャパシタのペDESTALデータをとり補正

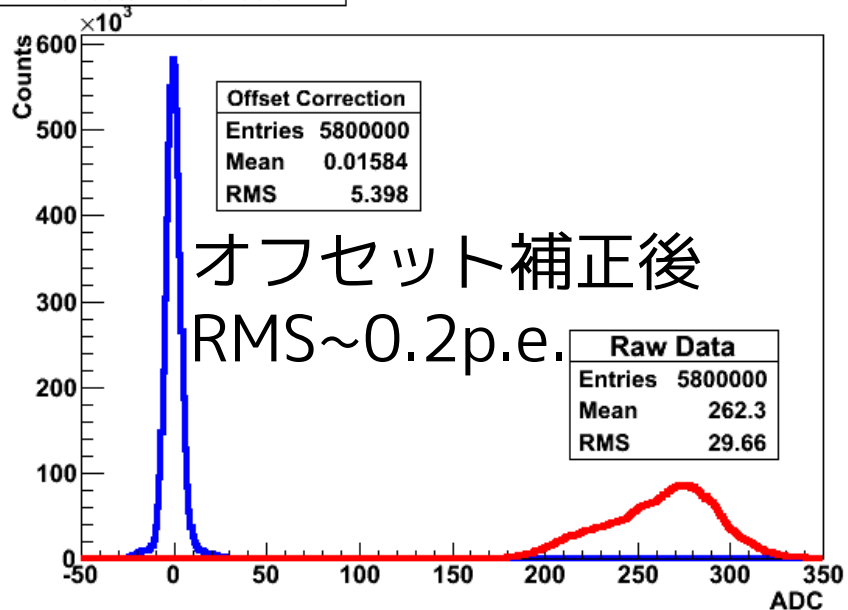
各キャパシタに固有の
オフセットパターンが存在



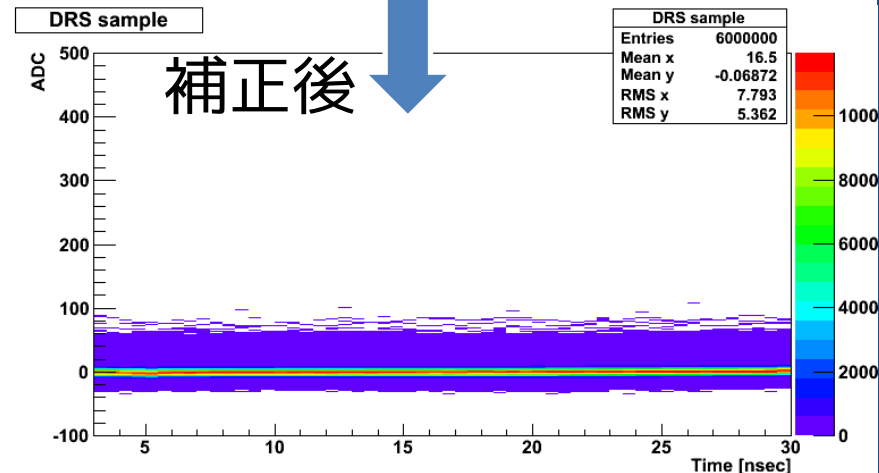
30nsec×100000event
重ね合わせ



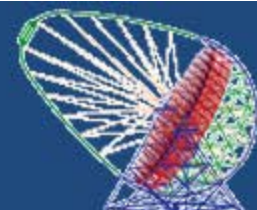
Pedestal Distribution



補正後

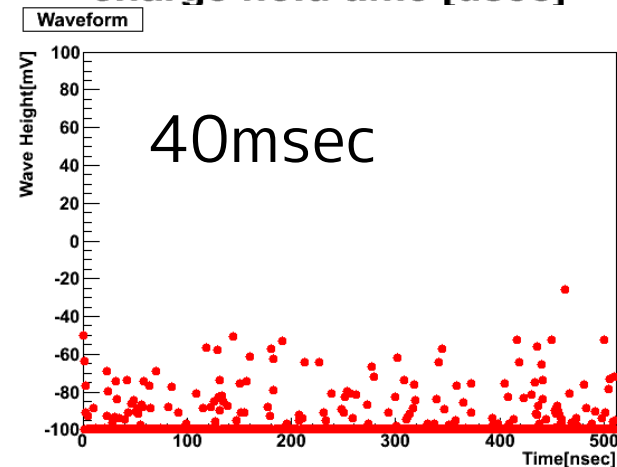
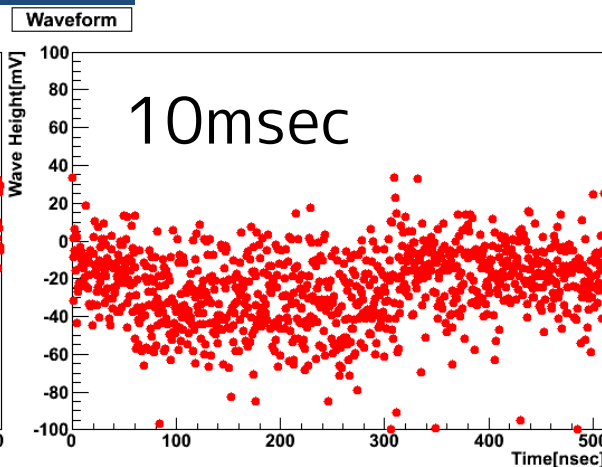
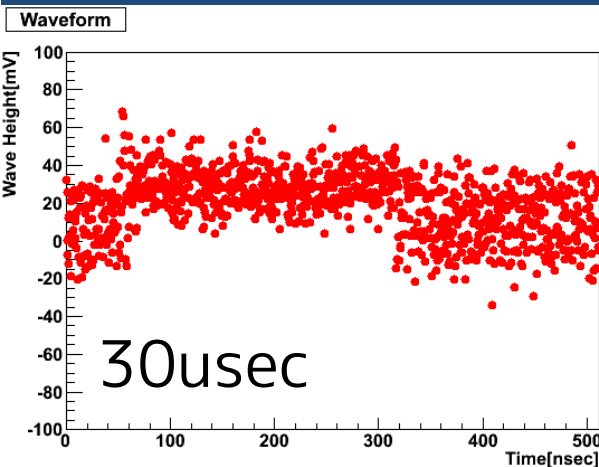
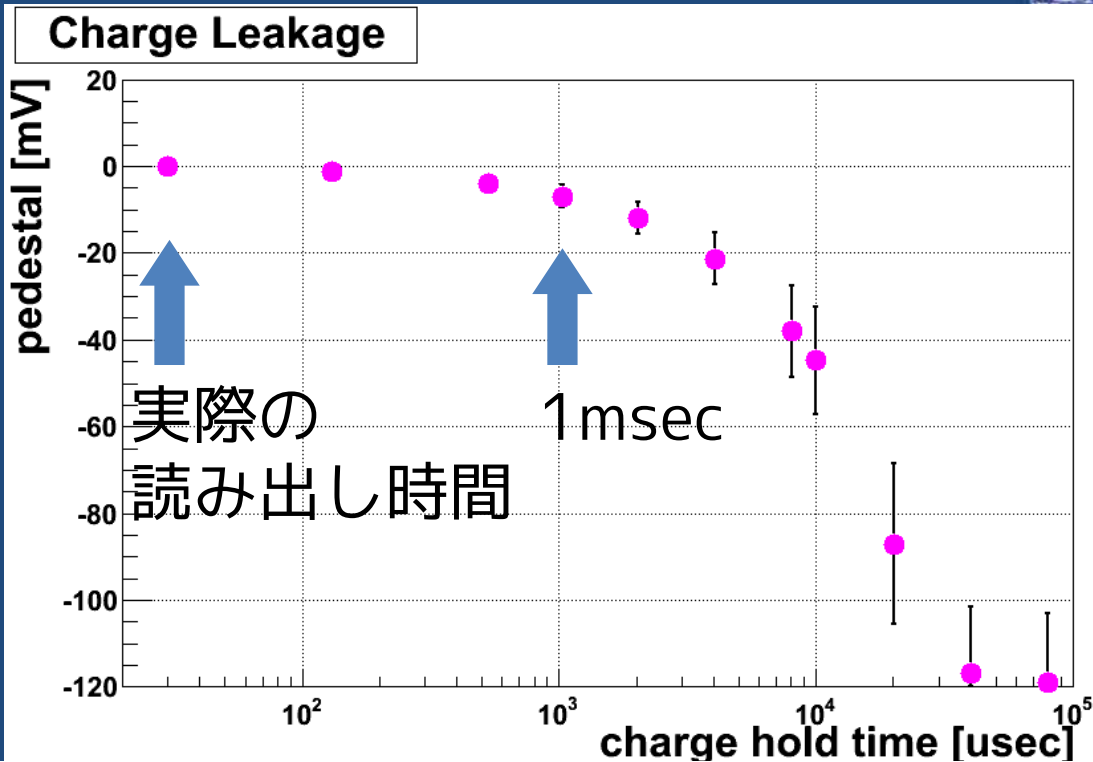


チャージリーク

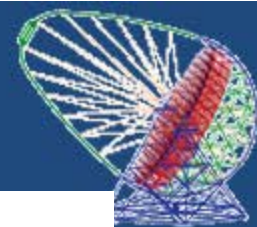


サンプリング後から
読み出すまでの時間
を変えて
ペDESTAL測定

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



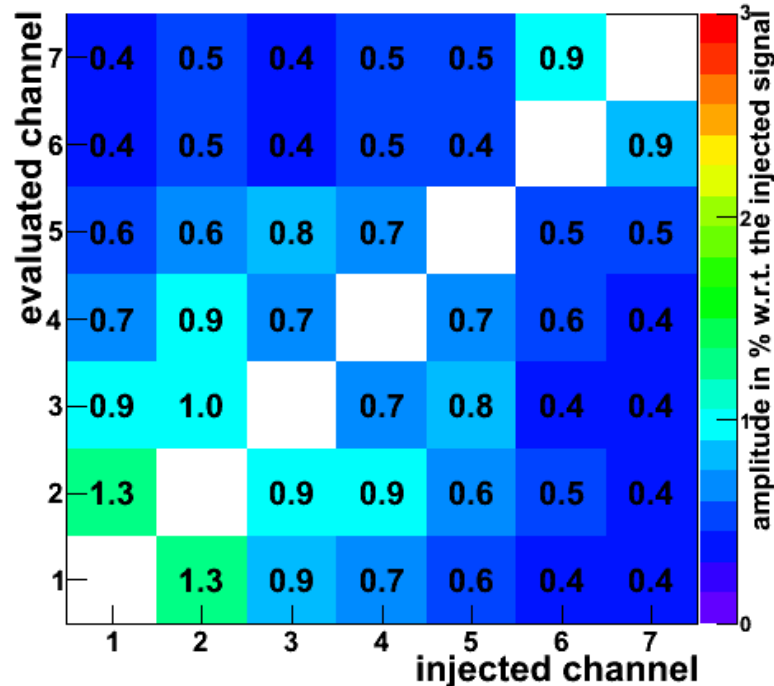
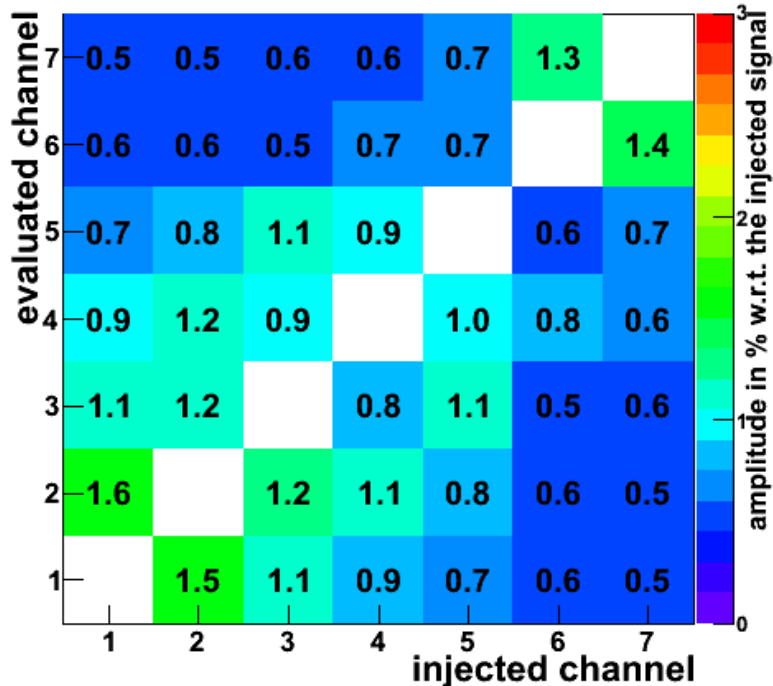
クロストーク



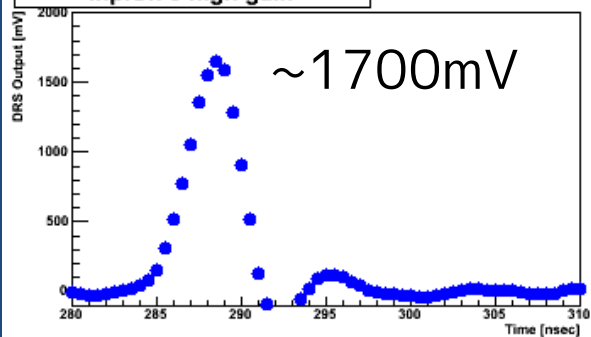
Cross talk matrix - High Gain

単位 : %

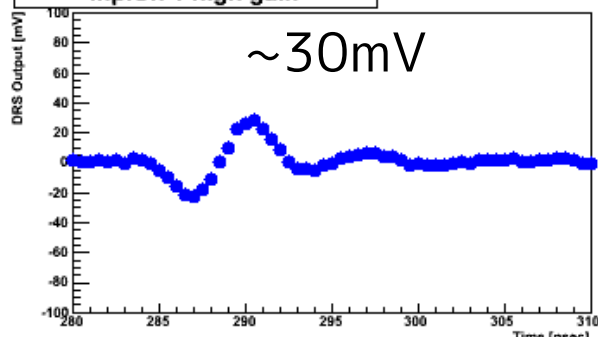
Cross talk matrix - Low Gain



Inp.Ch 0 high gain



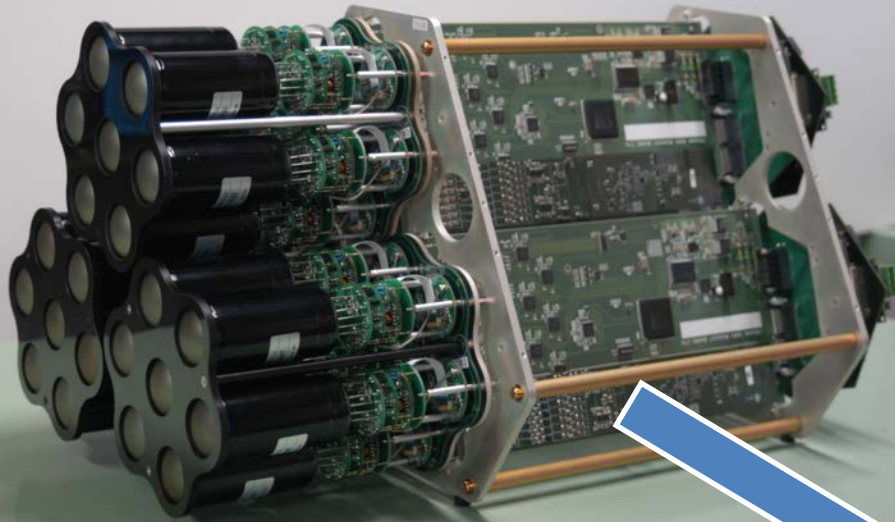
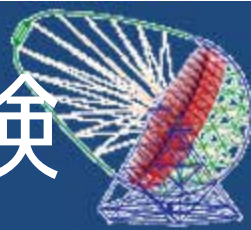
Inp.Ch 1 high gain



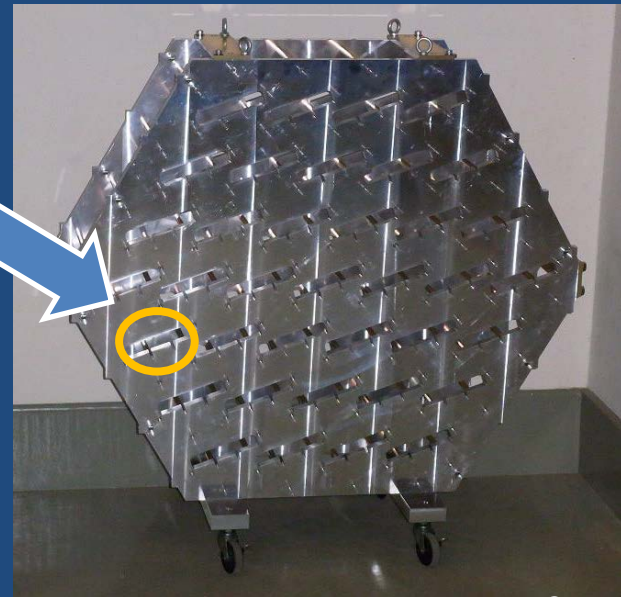
1%前後のクロストーク
やや大きめ
PCBレイアウトの検討

隣接chに見られるクロストーク

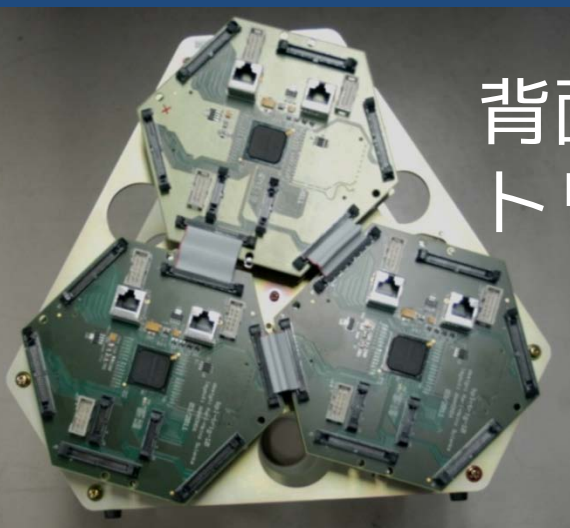
カメラシステムとしての試験



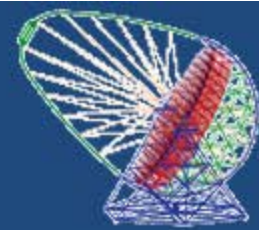
- 3クラスタ
によるミニカメラ
→ 基本的な動作を確認済み
- プロトタイプ望遠鏡
～2014年建設



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