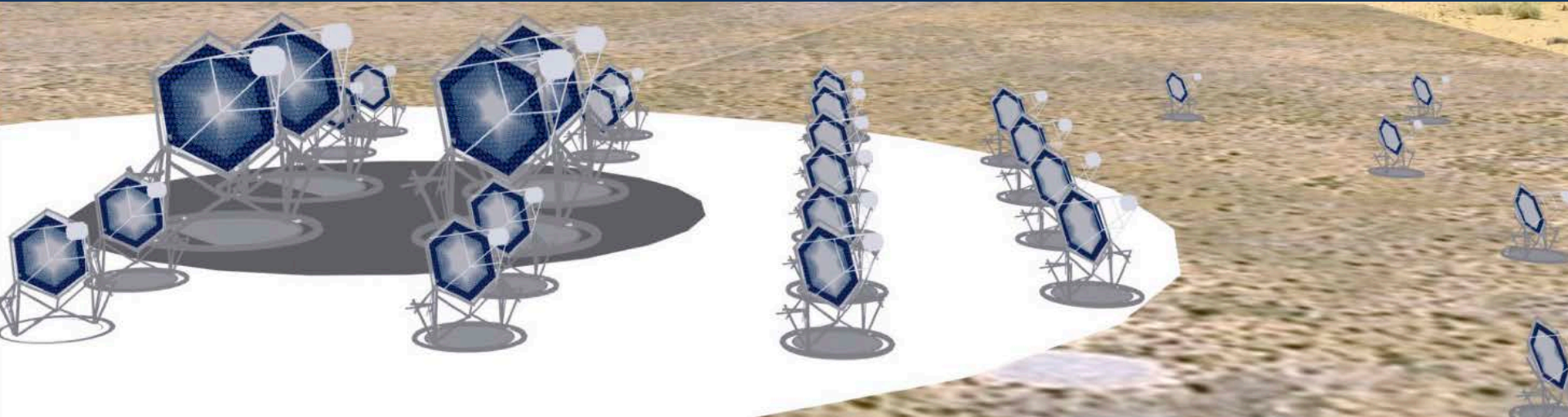


# CTA大口徑望遠鏡 読み出し回路の開発(1)

早大理工 中森健之  
他 CTA-JAPAN consortium,  
Open-It consortium,  
R. Paoletti, M. Bitossi



# 開発メンバー

## CTA-Japan ELEC-WP

茨城大学 梅原克典、片桐秀明、佐々木美佳  
京都大学 青野正裕、栗根雄介、窪秀利、今野裕介  
東大宇宙線研 榎本良治、大岡秀行、手嶋政廣  
ISAS/JAXA 奥村暁  
徳島大学 折戸玲子  
東海大学 株木重人  
名古屋大学 渋谷明神、田島宏康、日高直哉  
KEK 田中真伸  
広島大学 米谷光生  
山形大学 郡司修一 萩原亮太  
早稲田大学 中森健之

## Open-It

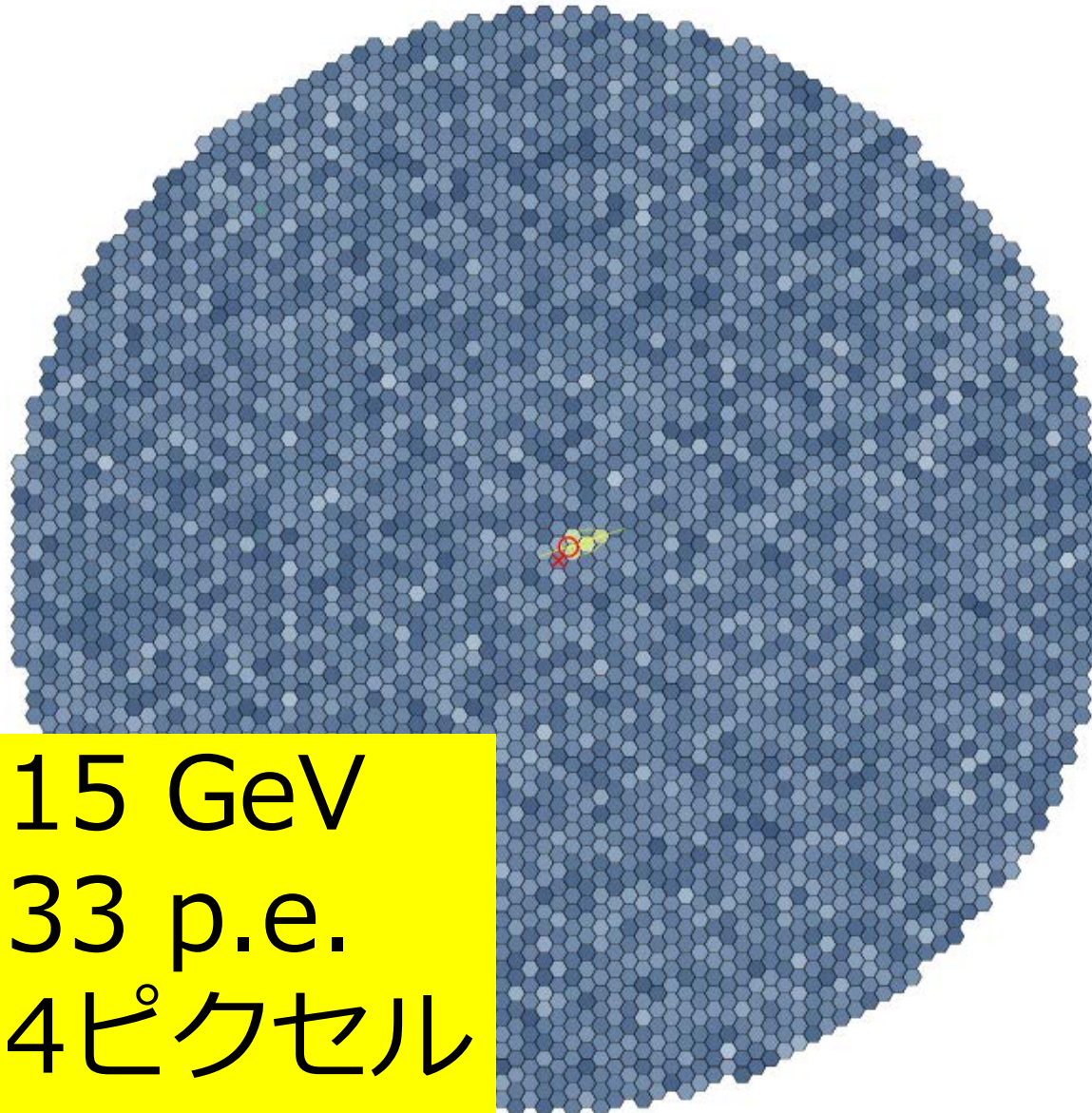
池野正弘、内田智久

## INFN/Pisa

R. Paoletti, M. Bitossi

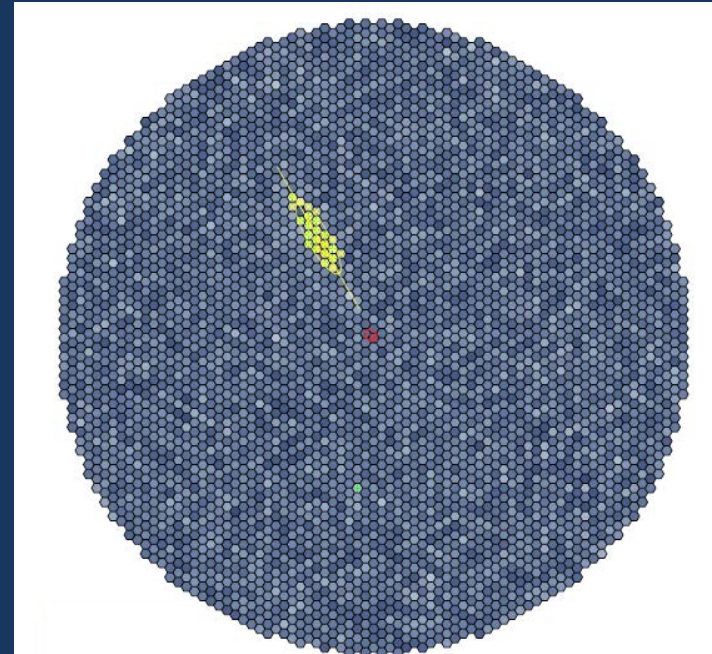


# ねらうイベント



15 GeV  
33 p.e.  
4ピクセル

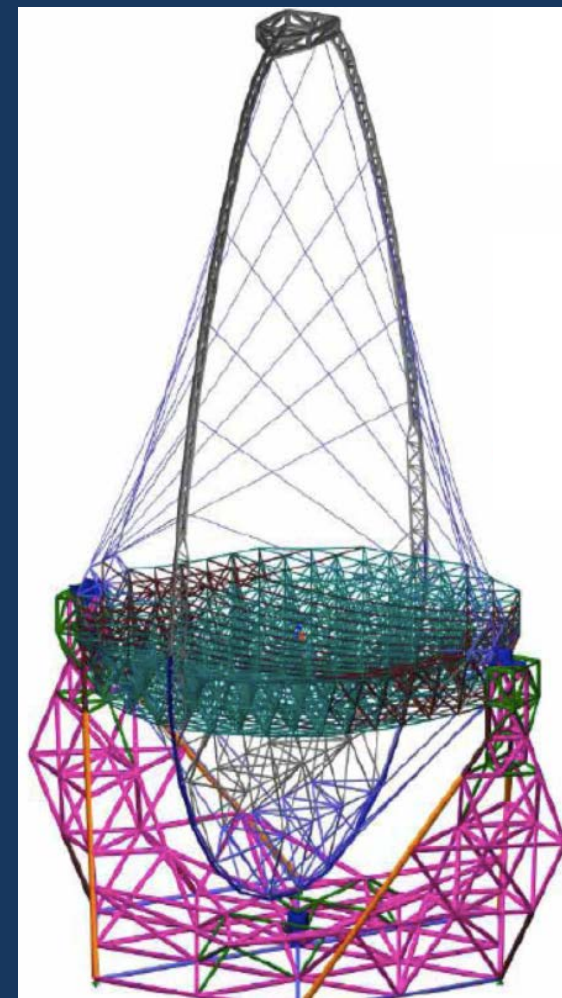
シミュレーション  
Preliminaryなconfiguration



c.f.  
155 GeV  
340p.e.  
17ピクセル

# 要求される性能

- 23m 大口径望遠鏡→ $\sim 10\text{GeV}$
- $\sim\text{GHz}$ 以上高速波形サンプリング
  - 微弱なチェレンコフ光→1p.e.の取得
  - 夜光  $\sim 100\text{MHz/pixel}$  の除去
  - 撮像パターンによるp/g弁別
- 高速・効率のよいトリガロジック
  - $\sim 10\text{ kHz}$  / 望遠鏡
- メンテナンス性
  - 「クラスタ」モジュール化
- $\sim 2500$  PMTs/望遠鏡
  - 消費電力、発熱、重量

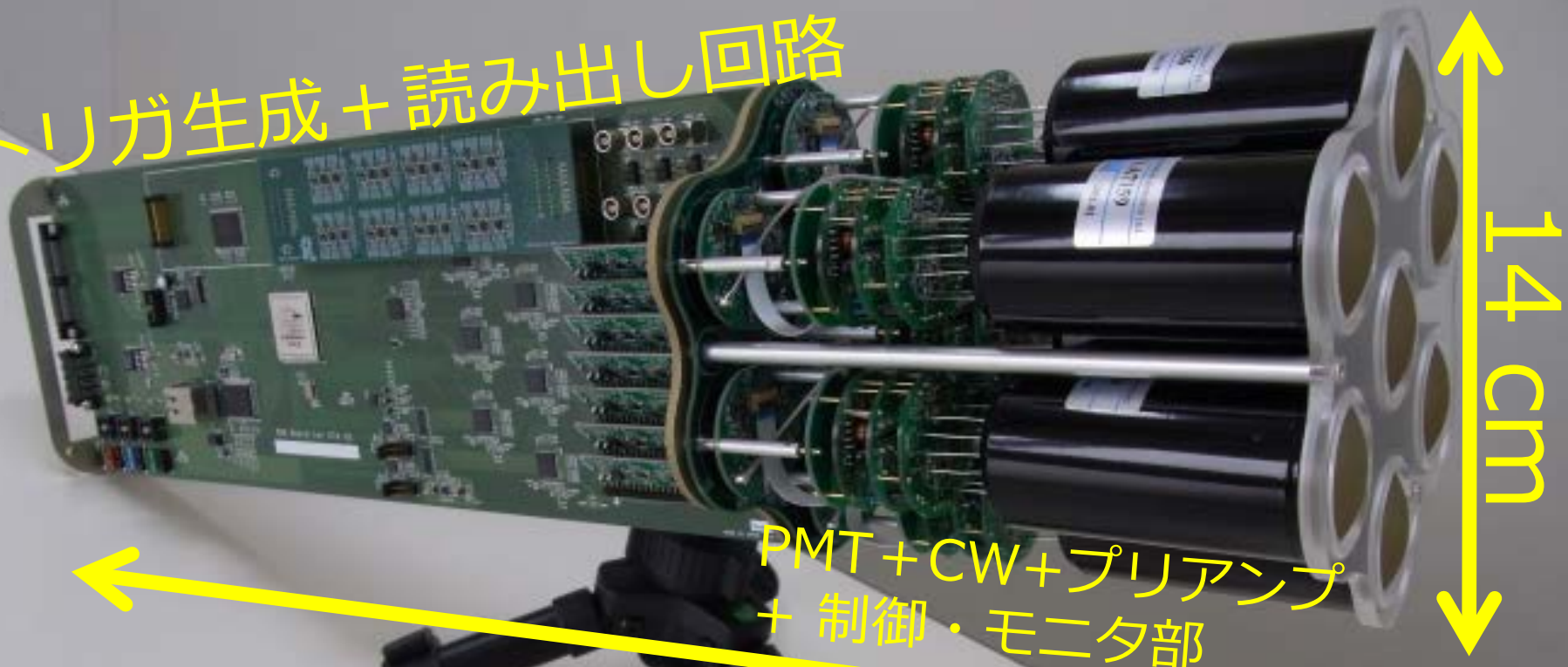


大・中口径望遠鏡は現行チェレンコフ望遠鏡の改良・大規模化



# 試作クラスト “ver. 2”

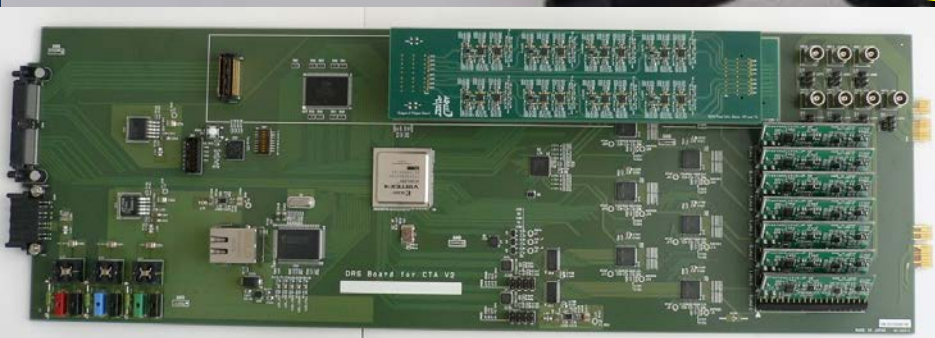
トリガ生成 + 読み出し回路



14 cm

PMT + CW + プリアンプ  
+ 制御・モニタ部

60 cm



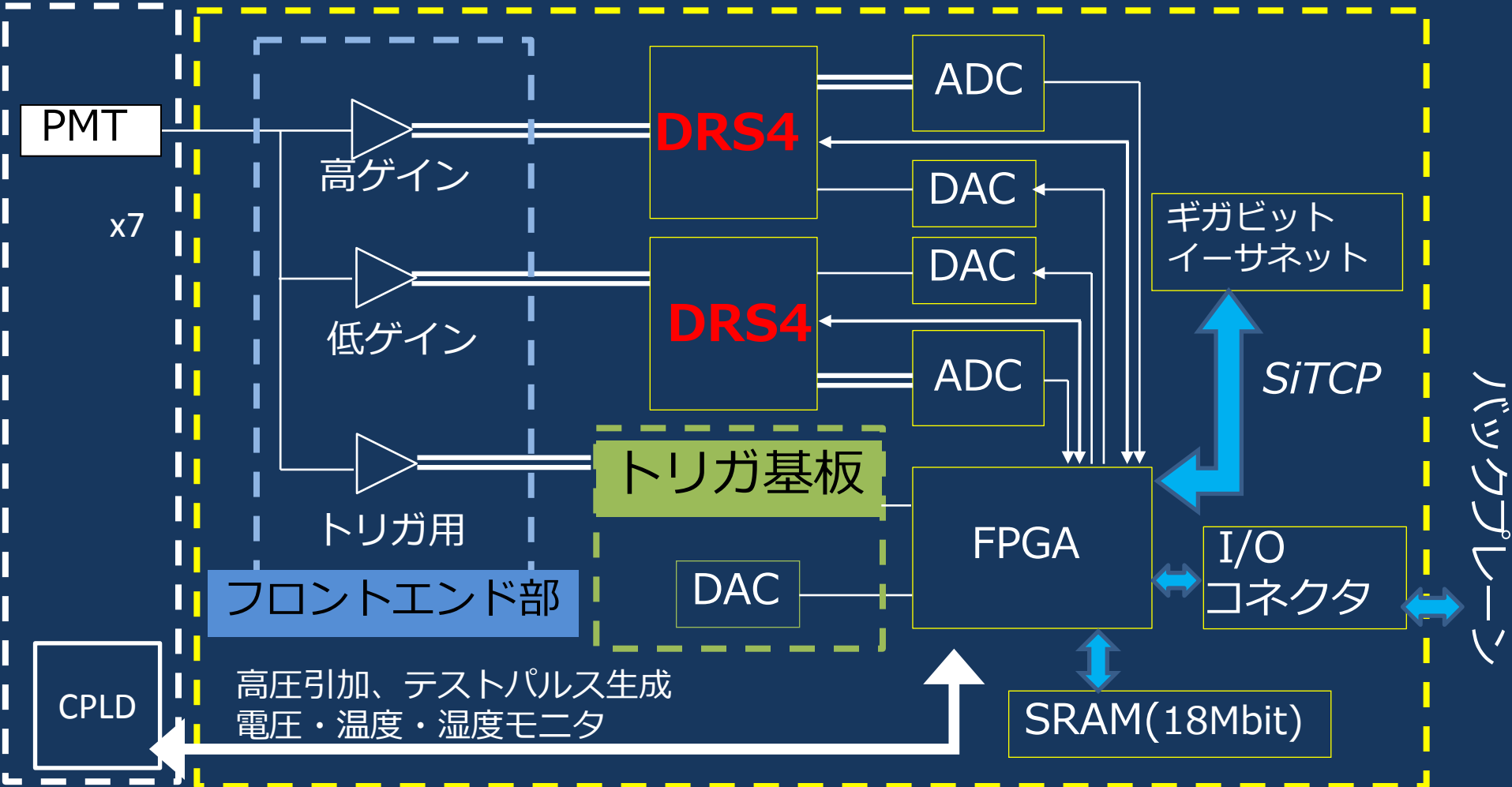
重量 (PMT7本込) 1332 g

電力 (トリガ構成依存) 13.1 -- 15.3 W

# システム構成

カメラ部

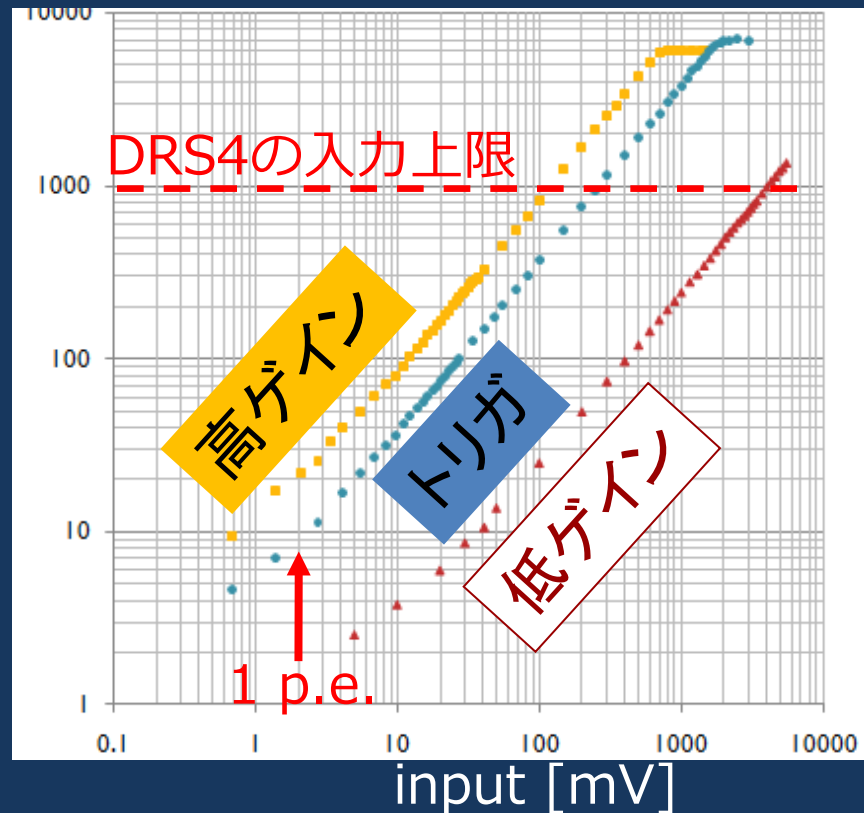
## DRS4読み出し基板



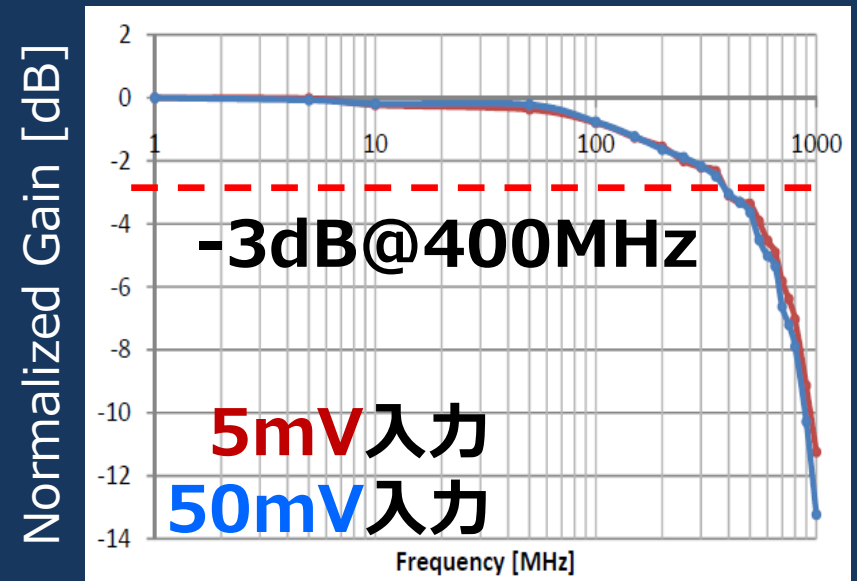
バックプレーン

# フロントエンド部

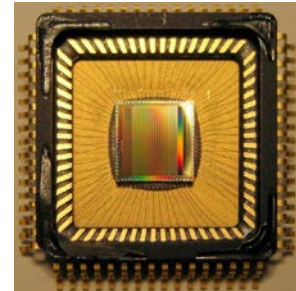
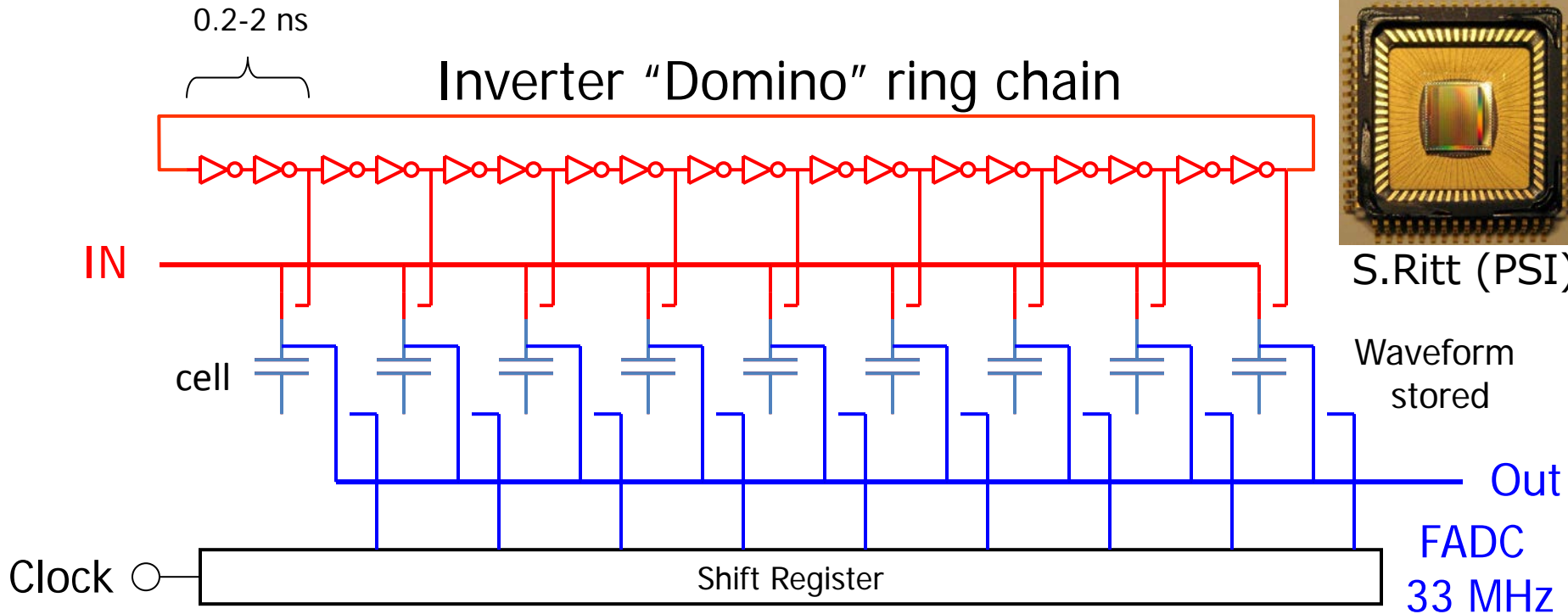
- ダイナミックレンジ3000 (1-3000 p.e.)
- Band width > 300 MHz
- 高ゲイン+低ゲイン+トリガ用に分岐
- 基板上へ取り込み予定



## 帯域測定例：高ゲイン



# アナログメモリ DRS4



S. Ritt (PSI)

"Time stretcher" GHz → MHz

高速サンプルホールドASIC ( $\leq 5\text{GHz}$ 、ユーザ可変)  
1V/12bit, 8+1 ch/chip, 1024 cell/ch, カスケード可  
低消費電力 (140mW/8ch)  
素核宇実験で導入実績 (MEG, MAGIC2他)



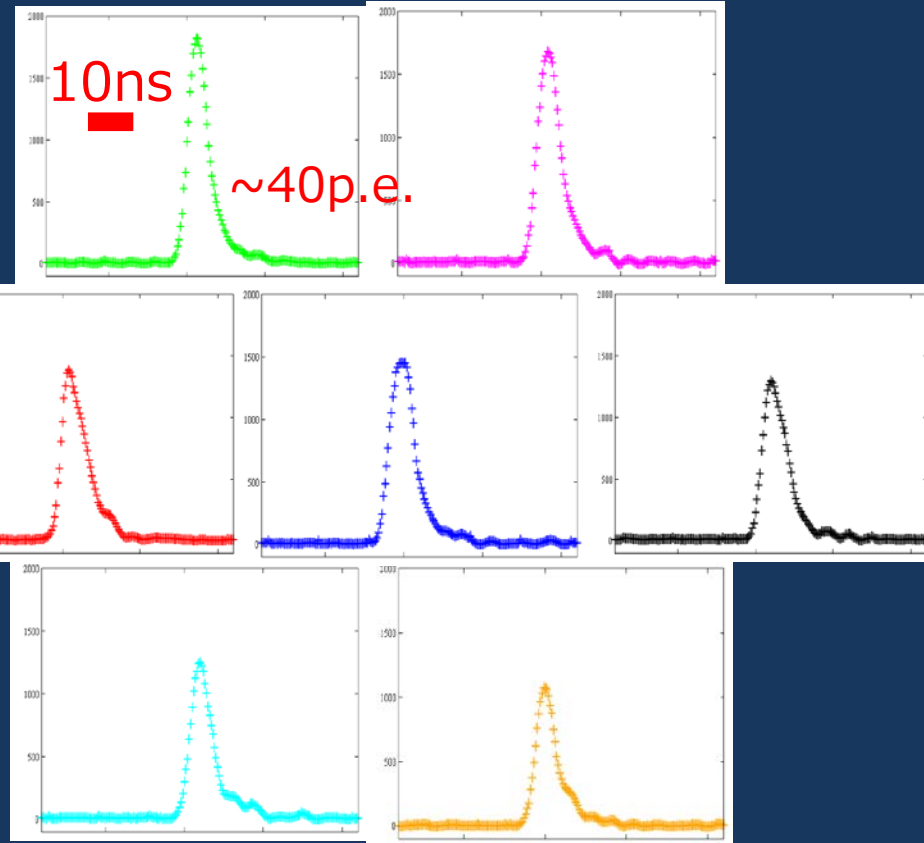
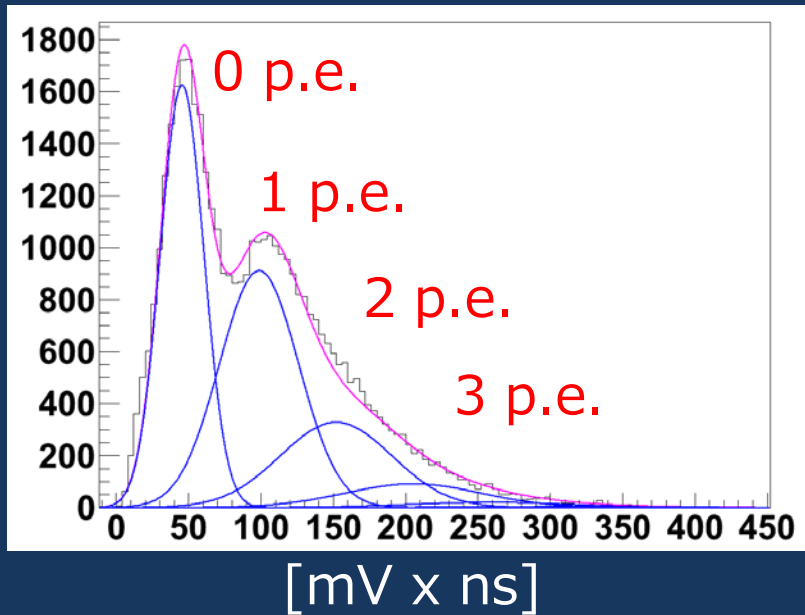
# 波形取得

- 1p.e.の取得に成功
- PMT7本の同時読み出しに成功
  - 2GHzサンプリング
  - 記録長 : > 2  $\mu$ sec



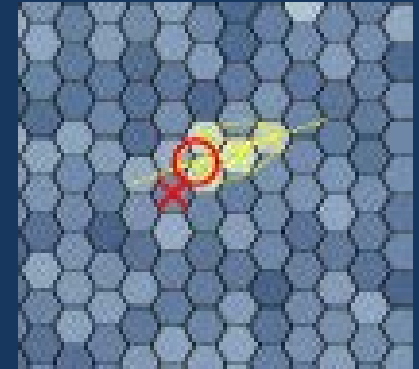
ゲイン :  $5e+4$   
LED光(不均一)

イベント数



# トリガの構成

チェレンコフ光の“集合体”を  
拾う階層的トリガロジック



1段目：ピクセル or クラスタのヒット判定

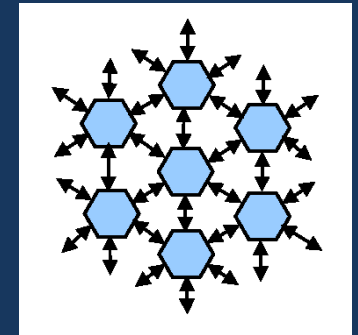
クラスタ内で閉じる回路

2段目：望遠鏡1台のトリガ判定

クラスタ間で通信が必要

3段目：複数望遠鏡のステレオトリガ判定

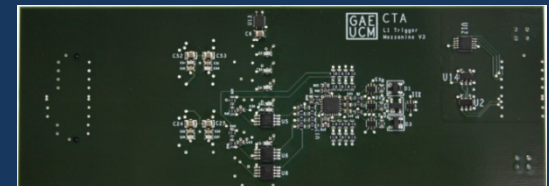
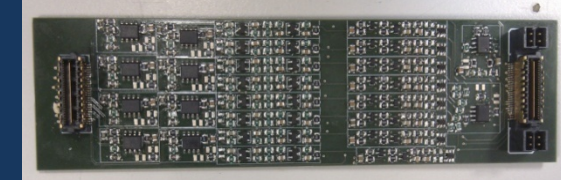
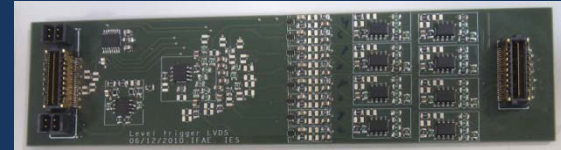
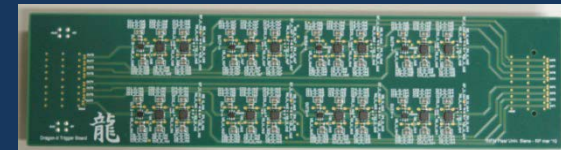
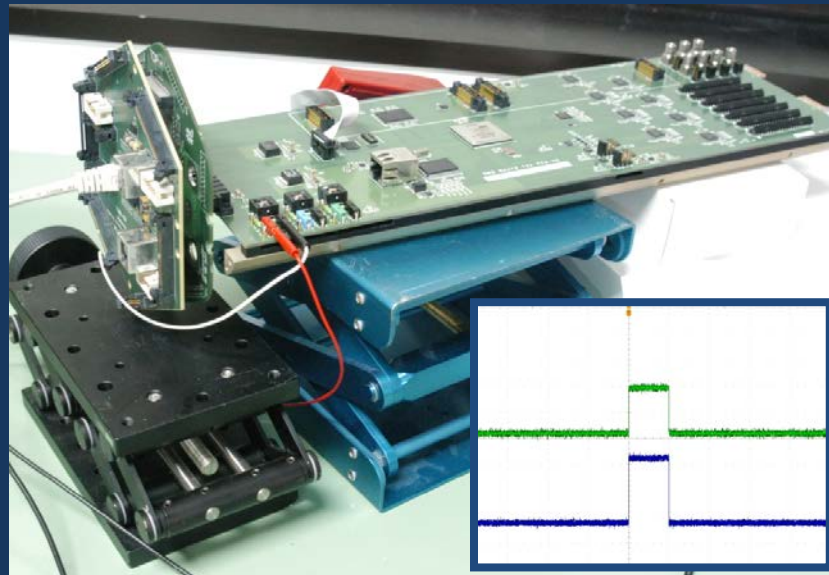
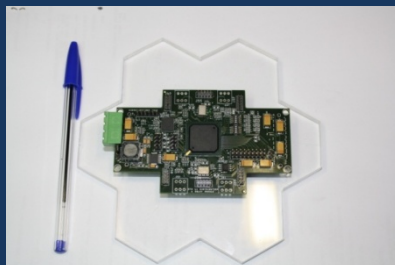
望遠鏡間で通信が必要 (仕様は議論中)



- トリガのデザインと基板は欧州各国で先行開発
- 大きく2通り。
  - 「デジタルトリガ」：設計が簡単、判定時間がかかる
  - 「アナログトリガ」：遅延処理が困難、判定速度は速い
- 互換性のあるコネクタ、対応した読み出し基板を設計

# トリガボード

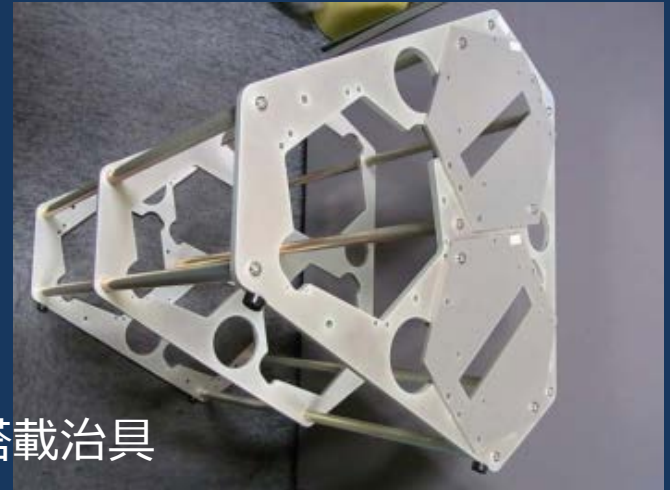
- 基板に載せるカード + 背面に載せる分配カード
- バックプレーンを通してクラスタ間トリガ通信を行う
  - Pisa版バックプレーンを搭載
  - 日本でも独自に製作 (機能の絞り込み、サイズを変更)
- 統合動作試験を進めている
  - Pisa版デジタルトリガ (日本でも独自改造)
  - DESY版デジタルトリガ分配ボード
  - IFAE/GAE/Ciemat版アナログトリガボード



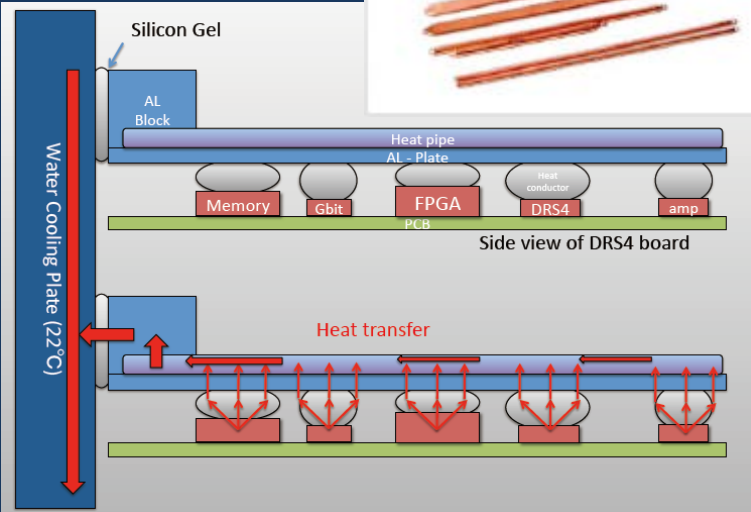
# ミニカメラプロジェクト

- 3つのカメラクラスタをくみ上げ
- 冷却システムの性能評価 ←設計の実現性実証に重要
  - 発熱：14W/クラスタ
  - 簡易実験では基板温度30-50°Cに維持
- 複数クラスタでトリガの動作試験

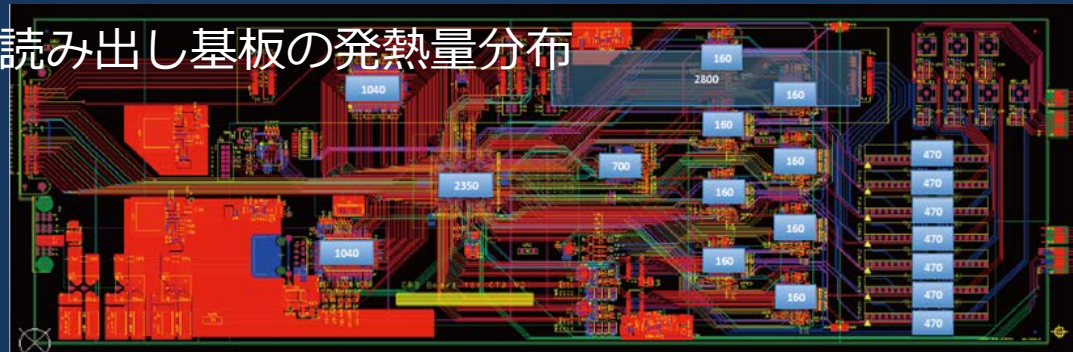
ヒートパイプと  
水冷プレート



3クラスタ搭載治具



読み出し基板の発熱量分布





# まとめ

- 日本ではCTA計画の**大口径望遠鏡用読み出し回路**を開発
  - GHzで高速サンプリング
  - 低コスト、低消費電力、軽量
  - アナログメモリDRS4を採用
- **7本のPMT信号の同時取得に成功**した。
  - 2GHzサンプリング
  - $> 2\mu\text{s}$  の記録長さ
- 海外産トリガボードとの統合試験を始めている
  - **「読み出し回路部」の開発競争をリードする立ち位置**
- より現実的なプロトタイプを製作・試験を行う予定
  - **「ミニカメラ」**