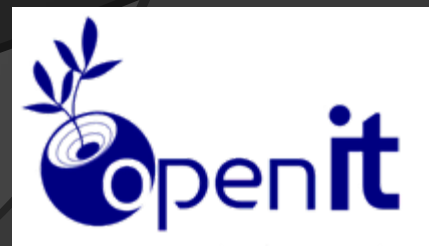


CTA報告55:読み出し回路の開発

畑中謙一郎, 粟根悠介, 大岡秀行^A, 折戸玲子^B, 岸本哲朗,
窪秀利, 郡司修一^C, 今野裕介, 手嶋政廣^{A,D}, 中森健之^E,
萩原亮太^C, 山本常夏^F, 他CTA-Japan Consortium,
池野正弘^G, 内田智久^G, 田中真伸^G,
他 オープンソースコンソーシアム (Open-it)

京大理, 東大宇宙線研^A, 徳島大総科^B, 山形大理^C,
Max-Planck-Inst. fuer Phys^D, 早大理工^E, 甲南大理工^F,
KEK素核研^G



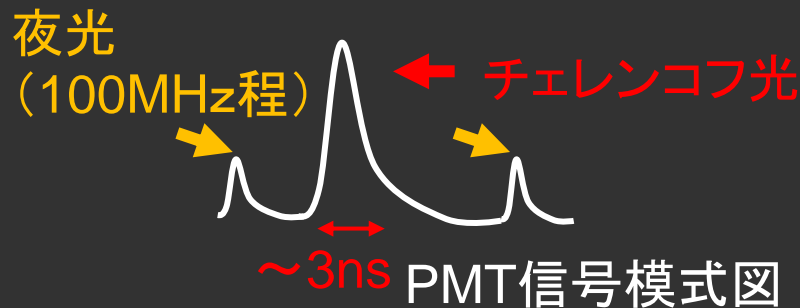
CTA大口径望遠鏡における エレクトロニクス

CTA大口径望遠鏡

エネルギー領域 20GeV-1TeVを狙う

低エネルギー-threshold

→信号積分時間を短くすることで
夜光を除去、thresholdを下げる

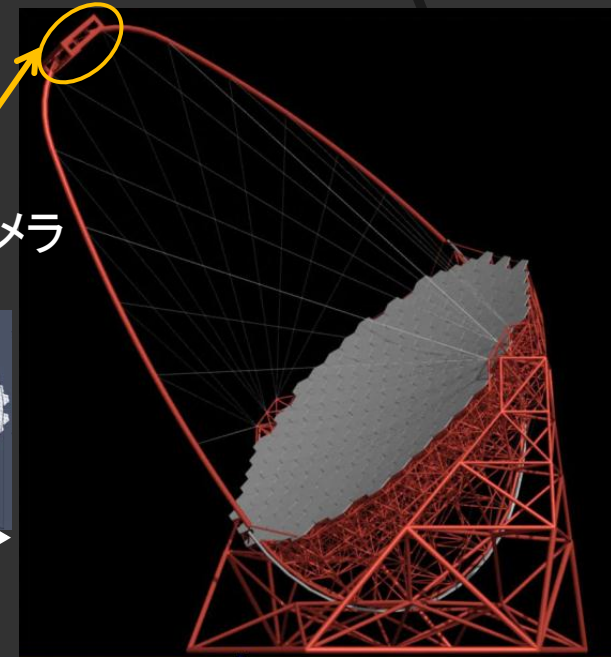
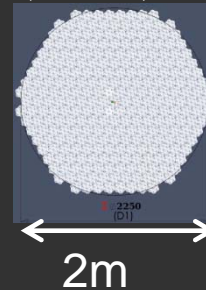


焦点面カメラ

PMT 1855本

読み出し回路 265枚

焦点面カメラ
(PMT)



CTA大口径望遠鏡(直径23m)

高速サンプリング(2GHz)

かつ

低消費電力(2.0W/PMT以下)
の読み出し回路を開発

大口径望遠鏡焦点面検出器

電源供給、イーサネット通信

アナログサンプリングメモリ
(DRS4)

FPGA

ADC

アンプ

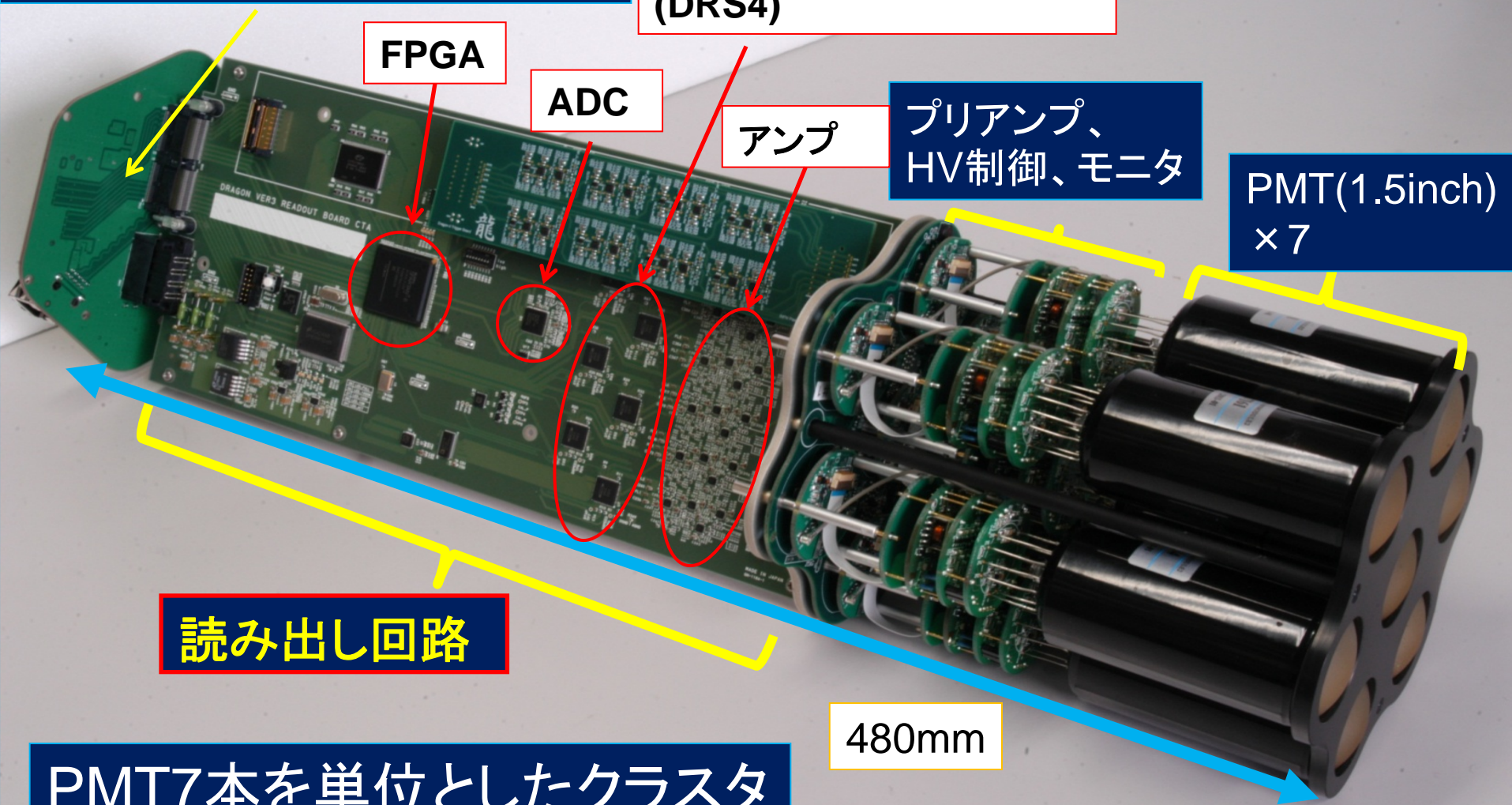
プリアンプ、
HV制御、モニタ

PMT(1.5inch)
× 7

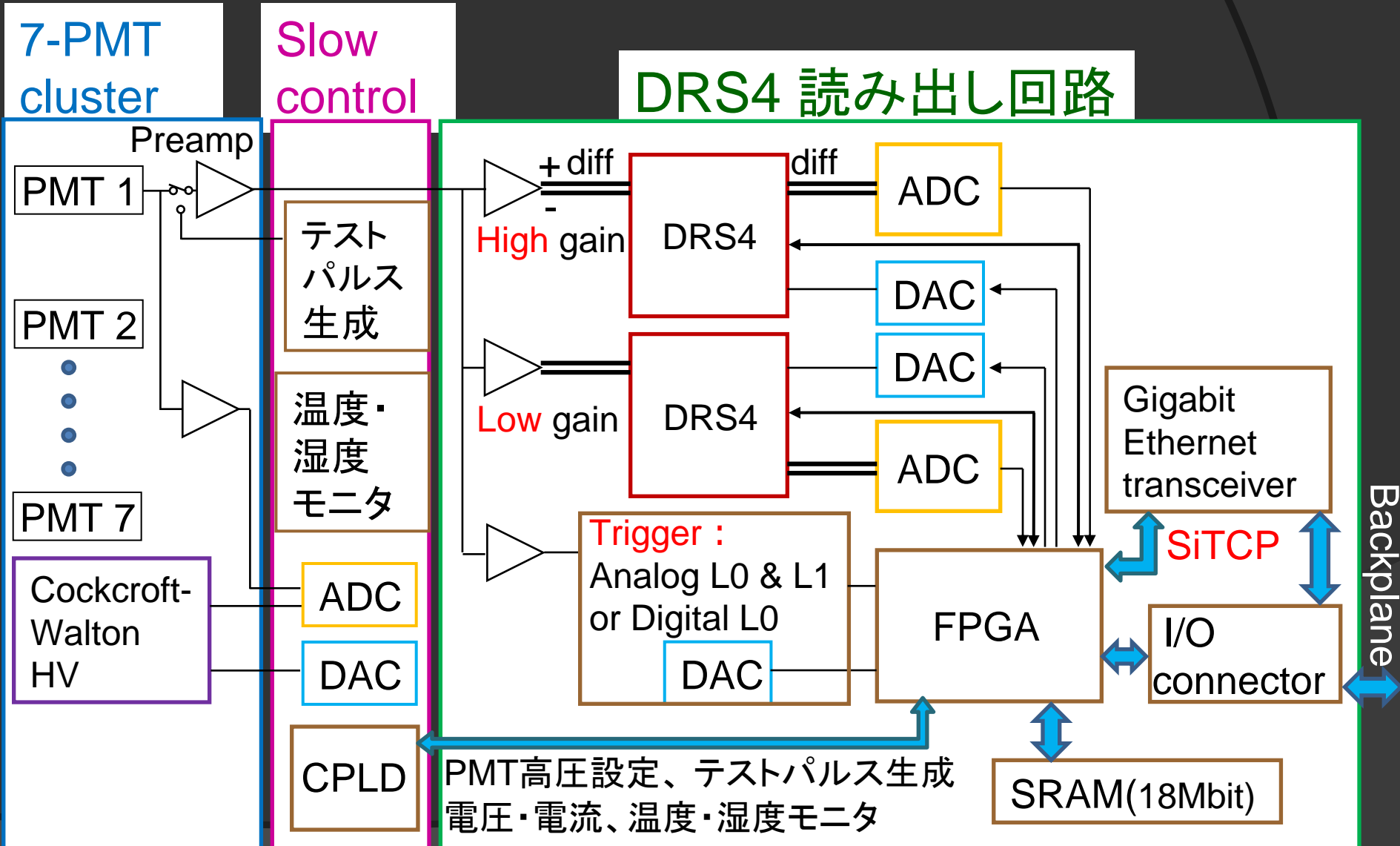
読み出し回路

480mm

PMT7本を単位としたクラスタ



読み出し回路ブロック図



読み出し回路の要求仕様と性能

	要求仕様	回路の性能
サンプリング速度	1GHz以上	1-2GHz（可変）
消費電力	2.0W/PMT	2.04W/PMT
ダイナミックレンジ	0.2p.e.-1000p.e.	0.1p.e.-2600p.e.
		High Gain 0.1p.e.~100p.e.
		Low Gain 60p.e.~2600p.e.
波形保持時間	3.5 μ s以上	4 μ s(1GHzサンプリング)
カメラ温度制御	中心温度（ $\sim 20^{\circ}\text{C}$ ） $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内	
PMT HVモニタ精度 (1000V付近でオペレーション)	$\pm 10\text{V}$ 以内	

すでに基本的な性能試験は終了→実用へ向けての試験開発

今回の発表内容

- ◎ 読み出し回路の基本的な性能試験が終了



- ◎ 次の段階

読み出し回路の環境依存性の試験、
環境モニタ試験

- 読み出しボード温度依存性試験
- PMT HV, アノードDCモニタ試験

について報告

読み出し回路の温度依存性 (PMT、Preamplifierなし)



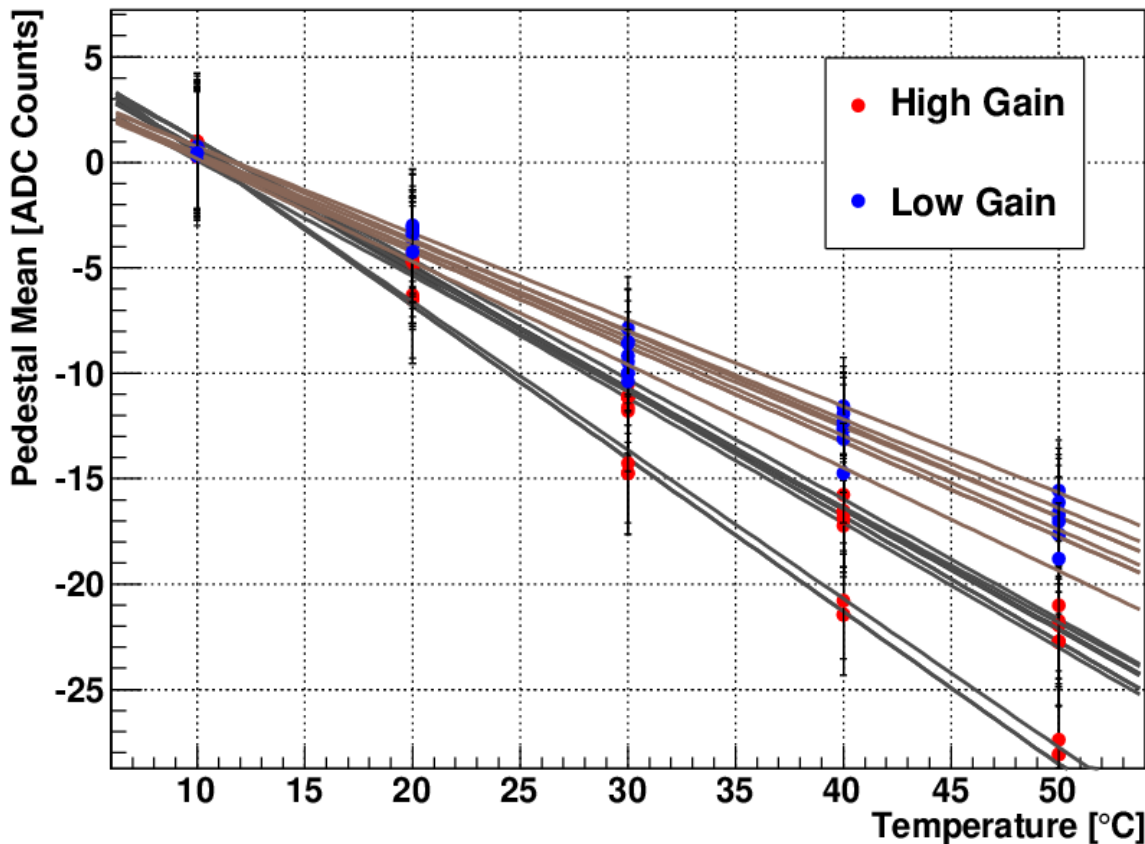
恒温槽



10°C～50°Cの範囲での温度特性を
ペDESTALとゲイン測定で調査

温度依存性(ペDESTAL)

Temperature Dependence: Pedestal



読み出し回路1枚
High gain、Low gain
7chそれぞれについて
測定

どのchもおよそ
-0.5Counts/°C
換算すると

-0.01 p.e./°C (High)
-0.5 p.e./°C (Low)

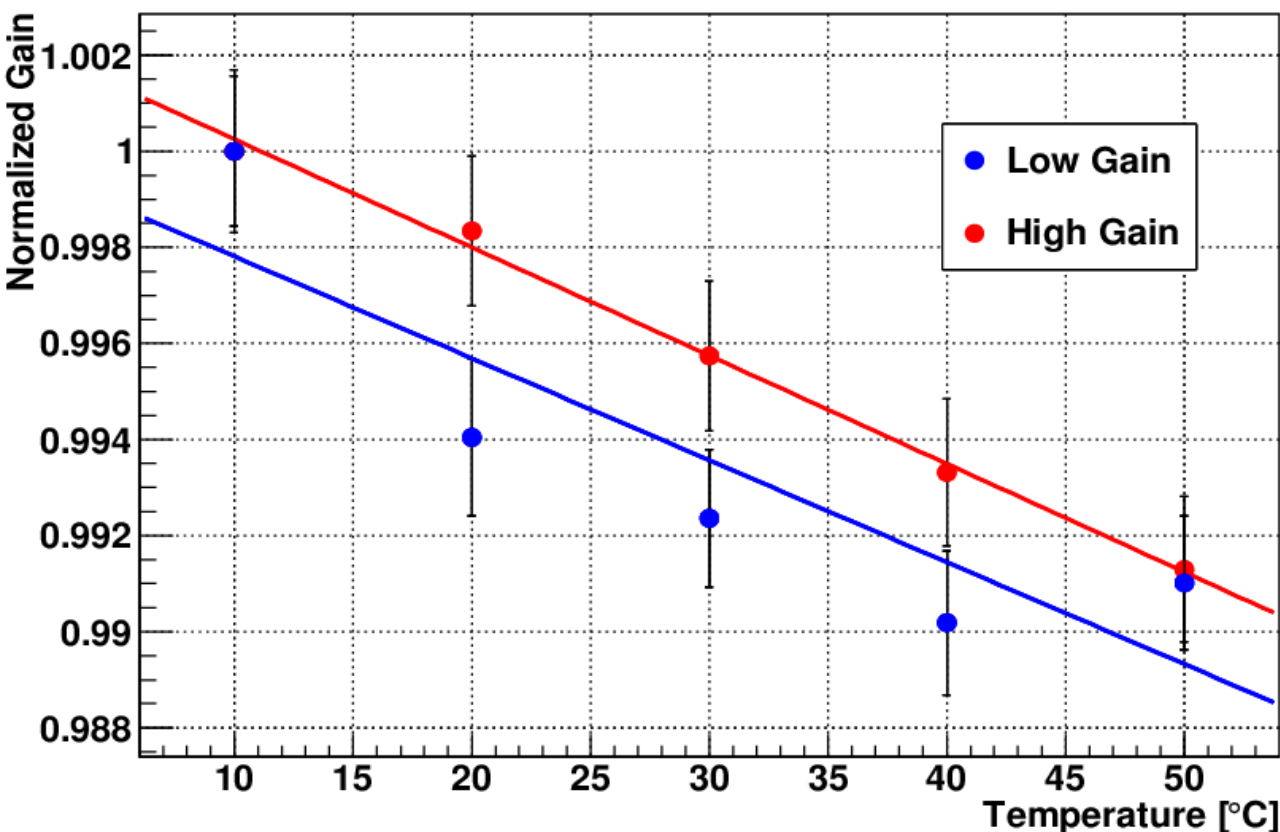
冷却系 中心温度±3°C以内



High gain ±0.03p.e.
Low gain ±1.5p.e. 以内

温度依存性(ゲイン)

Temperature Dependence: Gain

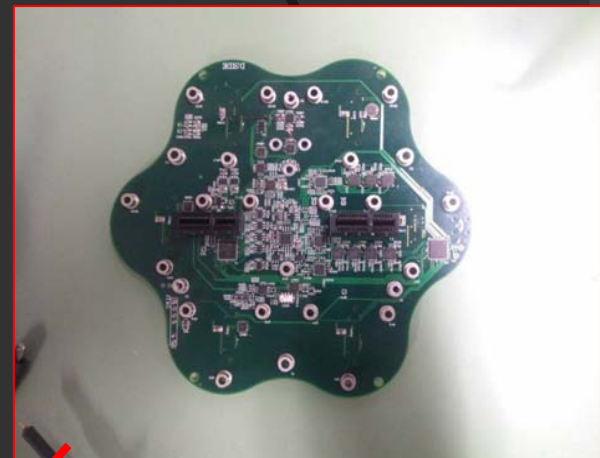


読み出し回路1枚
High gain、Low gain
1chのみ測定

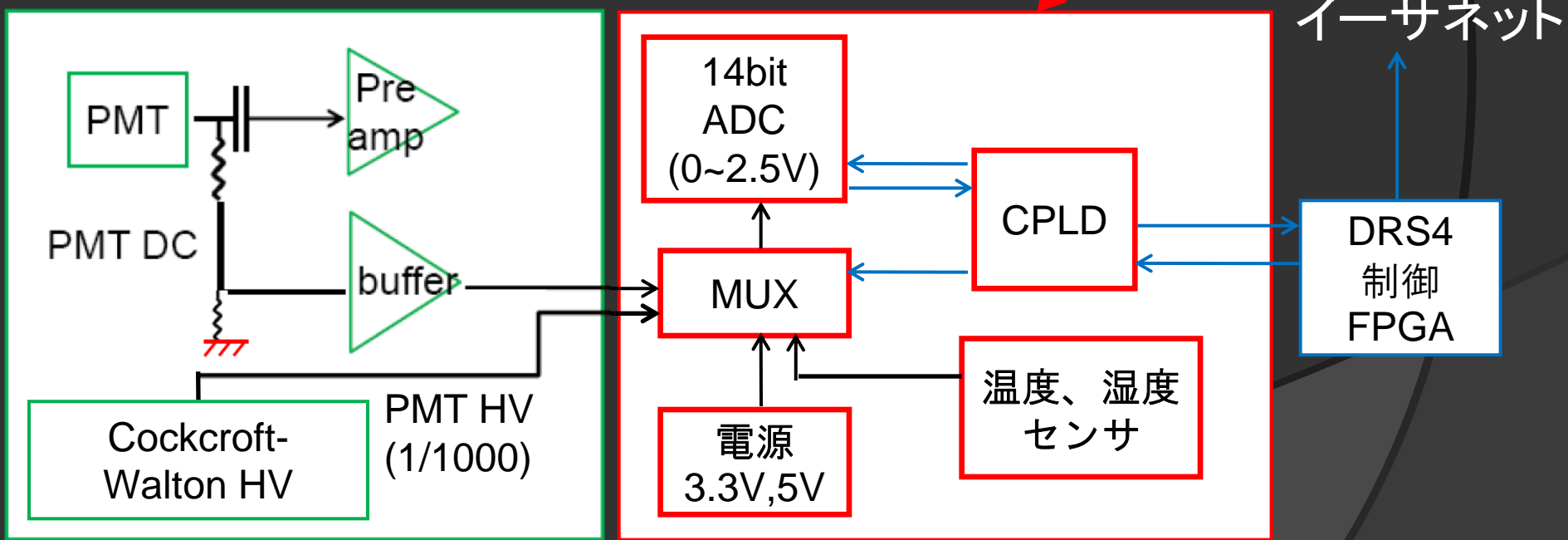
ゲインの温度依存性 $-0.02\%/^{\circ}\text{C}$ (High,Lowとも)
PMTの温度依存性 $-0.4\%/^{\circ}\text{C}$ に比べると十分小さい

PMTモニタ

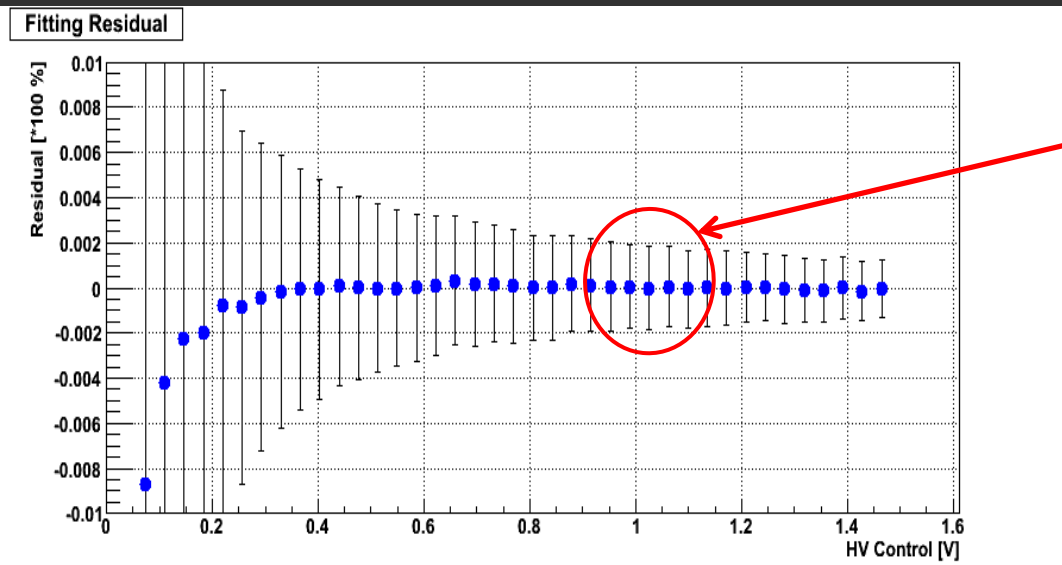
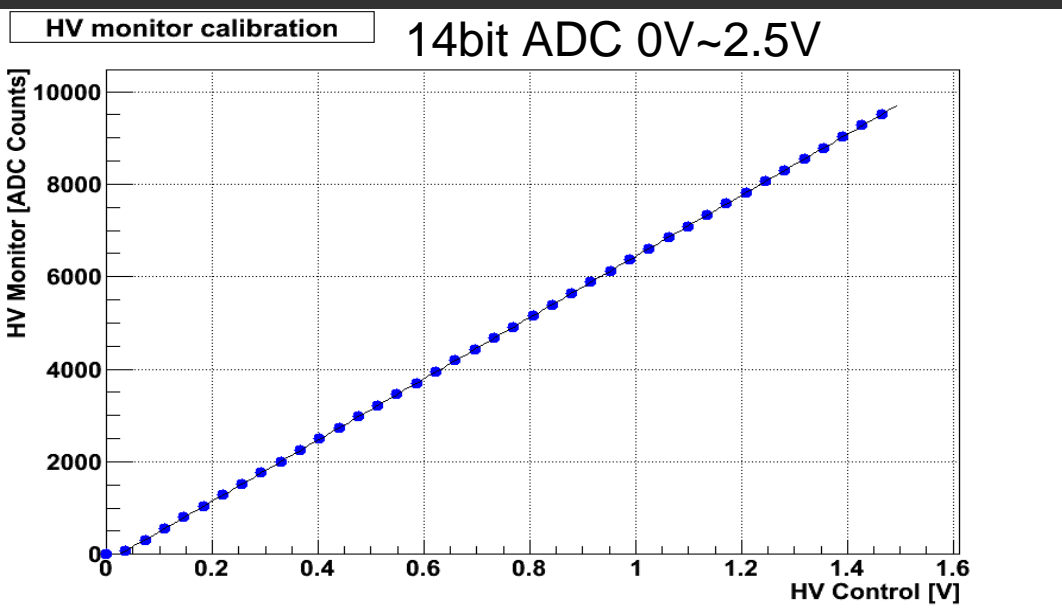
- PMT HV ←gainのぶれの影響を抑える
- PMTアノードDC ←PMTの破損を防ぐ
- 電源からの供給電圧 (3.3V、5V)
- 温度、湿度センサ



モニタブロック図



PMT HVモニタ試験



各点100回読み出して
エラーつけてプロット

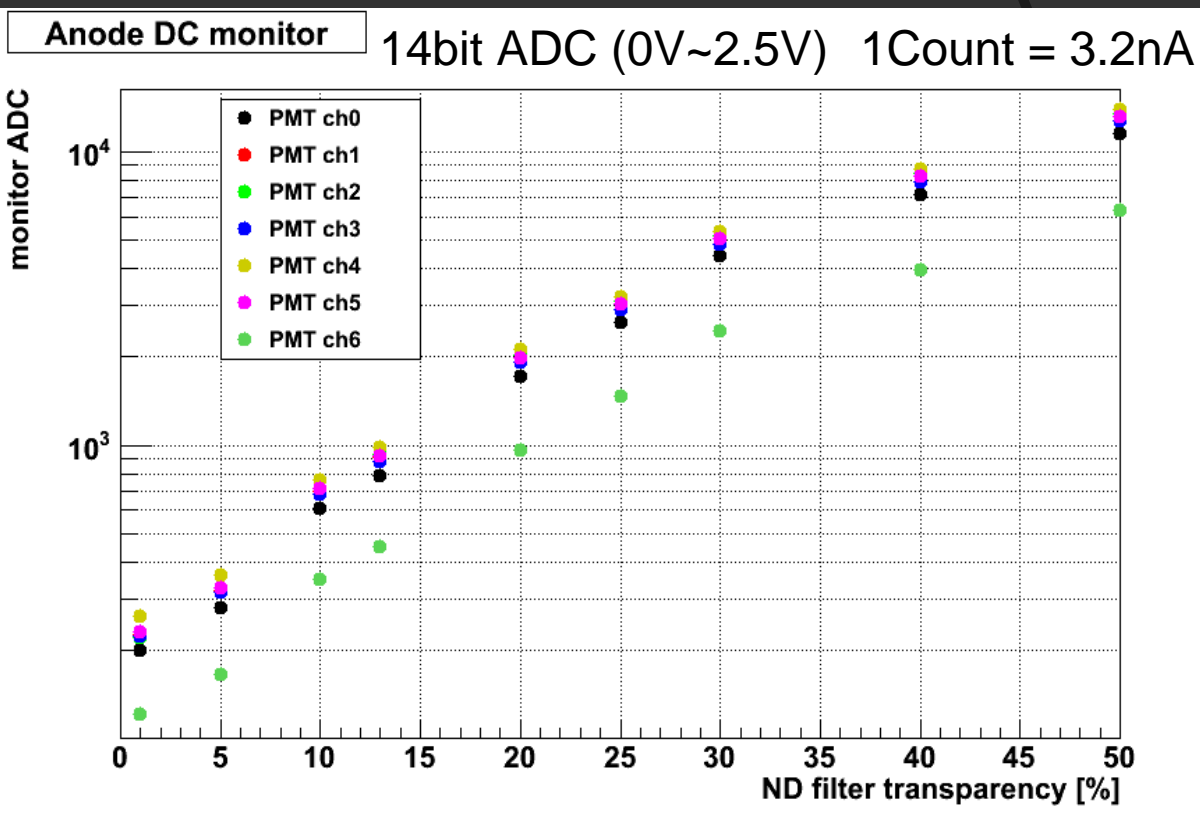
横軸はDAC設定値,
測定値ではない
(PMTにかかる電圧は×1000)

ADC Counts/PMT HV
=6.4Counts/V

実際は1V付近で使用
0.4%のゆらぎ
→PMTgain2%の不定性

要求される精度
10V以内は十分満たす

PMTアノードDCモニタ試験



NDフィルタの倍率を変えて測定

LED Current : DC300uA 各点20回読み出し

光量に応じたアノードDCの出力の変化がモニタできている

まとめ

- ◎ CTA大口徑望遠鏡用PMT波形読み出し回路の開発では、現在、環境依存性試験、環境モニタ開発がすすめられている
- ◎ 読み出し回路の温度依存性試験の結果、
 1. ゲイン $-0.02\%/^{\circ}\text{C}$ PMTの $-0.4\%/^{\circ}\text{C}$ に比べ、十分小さい
 2. ペDESTAL High $-0.01\text{p.e.}/^{\circ}\text{C}$ Low $-0.5\text{p.e.}/^{\circ}\text{C}$
カメラの温度が $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 以内で制御されるとすると、
High $\pm 0.03\text{p.e.}$ Low $\pm 1.5\text{p.e.}$ 不定になる
- ◎ PMT HVモニタの精度は $\pm 0.2\%$ 、1000Vで2V 10V以内の精度という要求は十分満たしている
- ◎ PMTアノードDCモニタは光量に応じたアノードDCの出力の変化がモニタできている
- ◎ 今後は他の温度、湿度モニタ機能を試験し、更には長時間動作試験などの試験を行う予定である