

木曾超広視野高速CMOSカメラ Tomo-e Gozen Q0の試験観測による 性能評価

東京大学 天文学研究教育センター

小島 悠人

第7回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ

2017/11/16 14:00-14:15

アウトライン

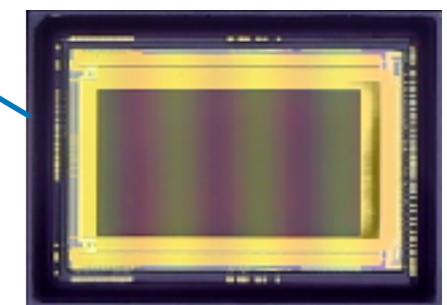
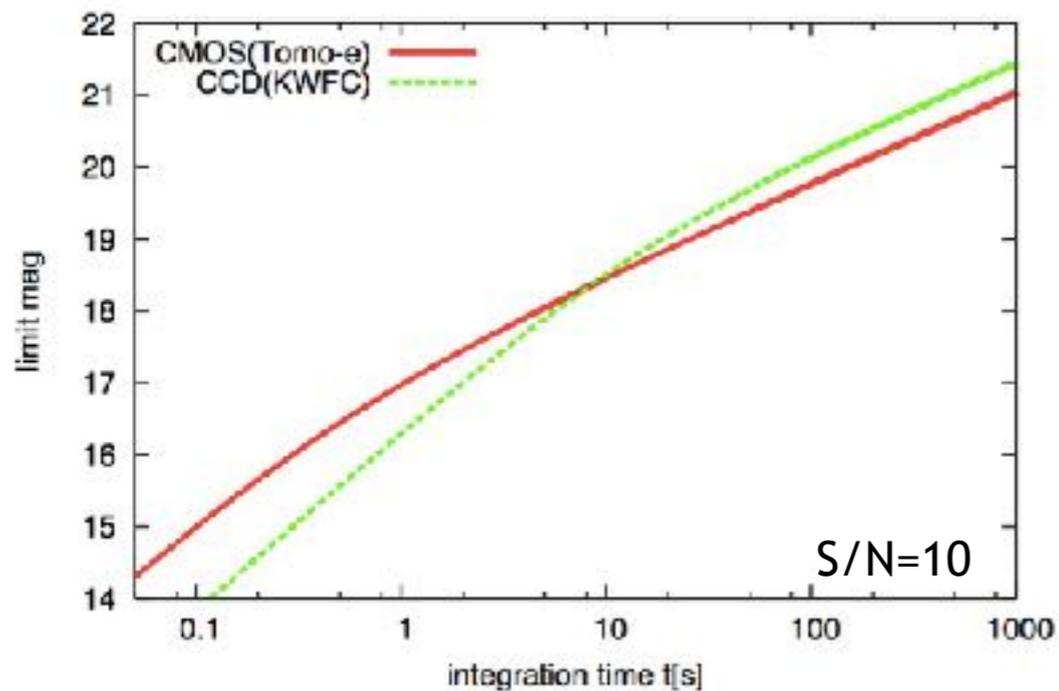
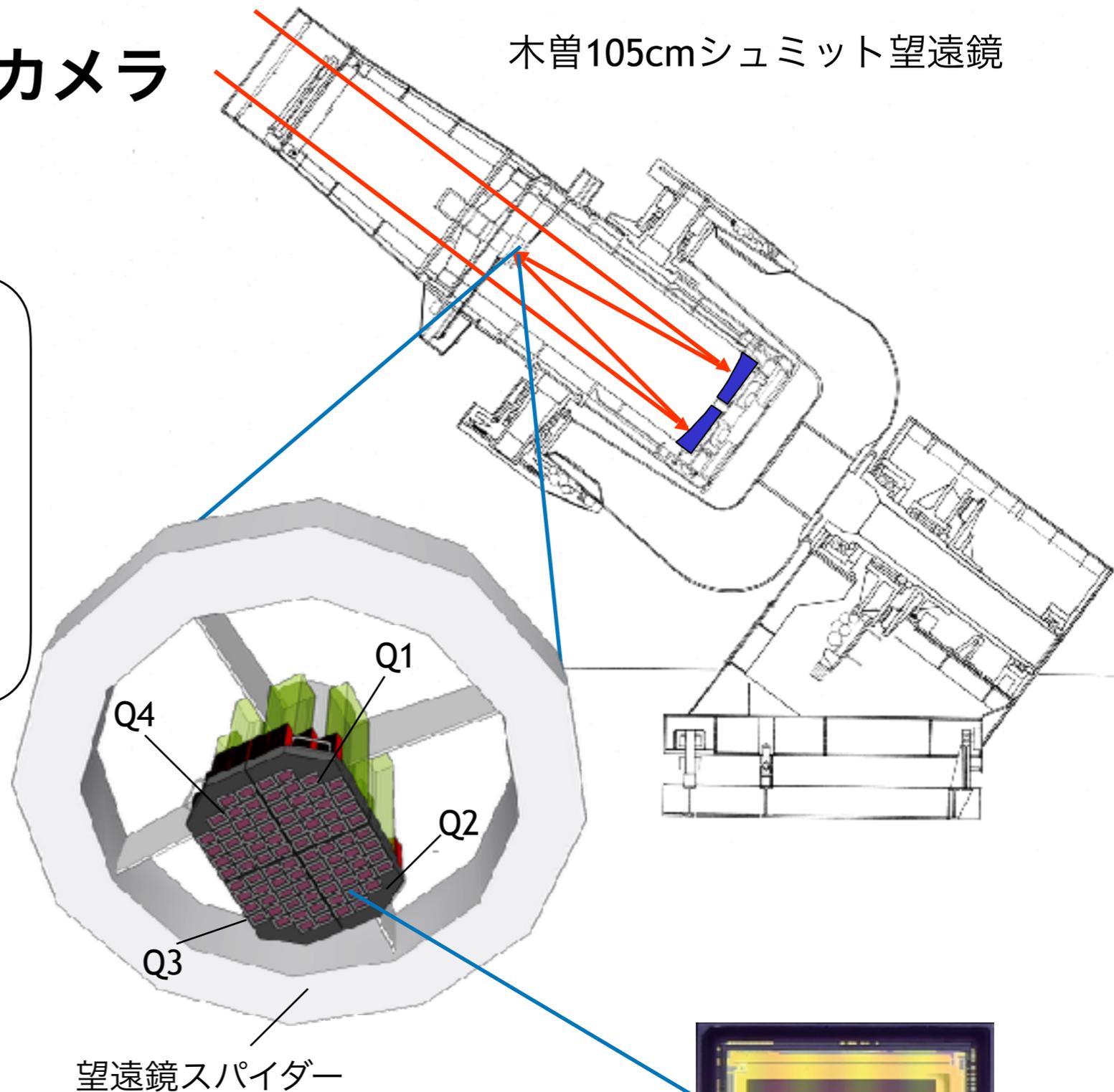
1. 木曾超広視野高速CMOSカメラ Tomo-e Gozen
 - 装置概要
 - データ取得システム
 - 科学目的
2. Q0 試験観測による性能評価
 - 試験観測概要
 - センサ性能評価
 - 温度評価
 - 時刻取得システムの評価
3. まとめ

木曾超広視野高速CMOSカメラ Tomo-e Gozen

木曾超広視野高速CMOSカメラ Tomo-e Gozen

- ▶ 望遠鏡 木曾105-cmシュミット
- ▶ センサ 84チップCMOS
- ▶ 視野 20 deg²
- ▶ 時間分解能 2 fps (full frame)
- ▶ 重量 50 kg
- ▶ データレート max 30 TB/day

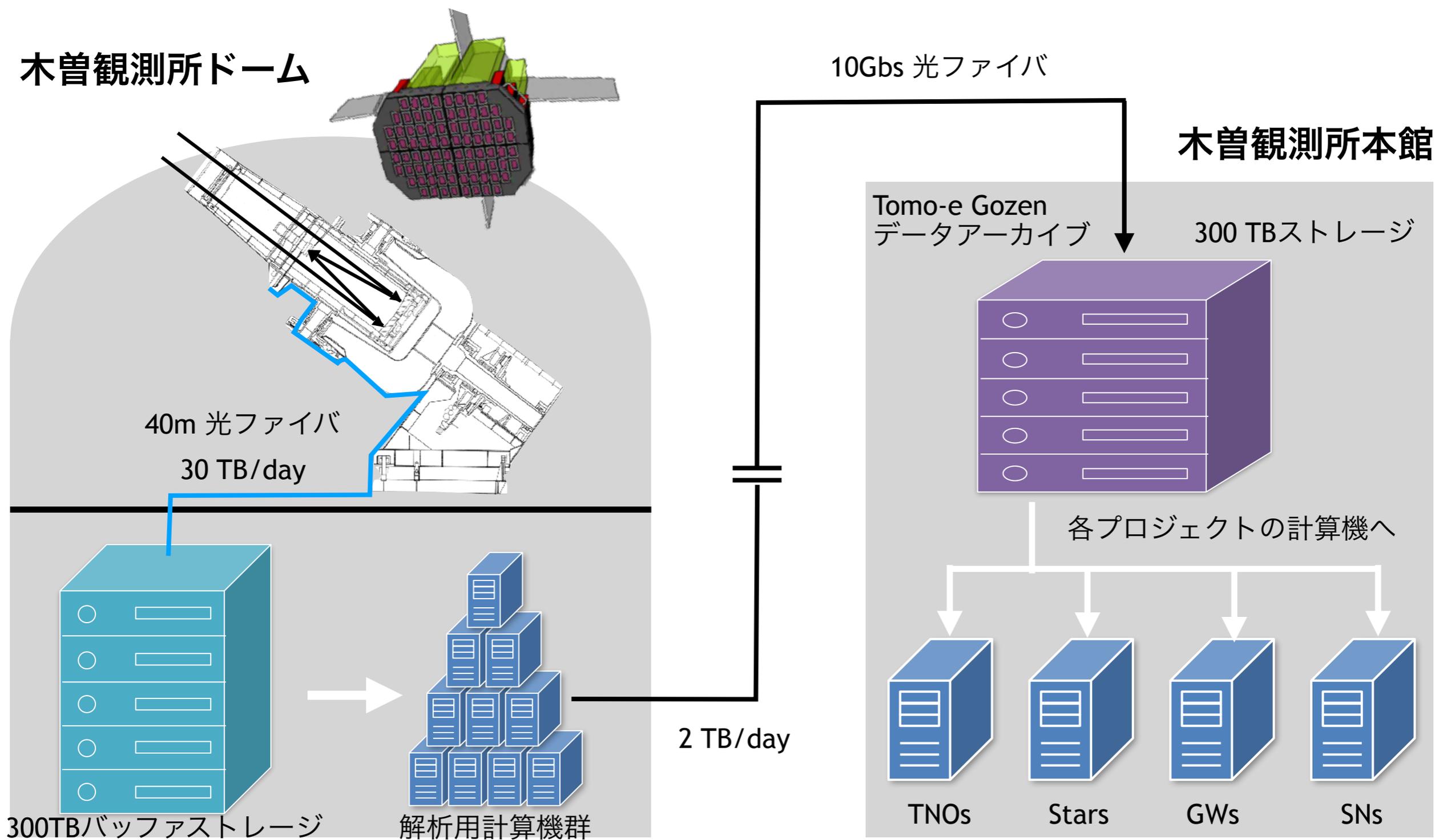
木曾105cmシュミット望遠鏡



Canon

35mm, 1k x 2k, CMOS

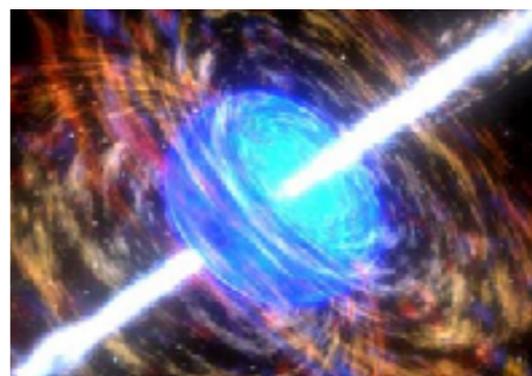
Tomo-e Gozenのデータ取得システム



Tomo-e Gozenが目指すサイエンス

- ▶ 極めて稀な時間変動イベントの検出
- ▶ 数秒以下で変化するイベントの探査

- 超新星ショックブレイクアウト
- 重力波可視光フォローアップ
- FRBの可視光対応天体
- GRB
- Pulsar
- YSO
- NEOsの検出
- 微光流星



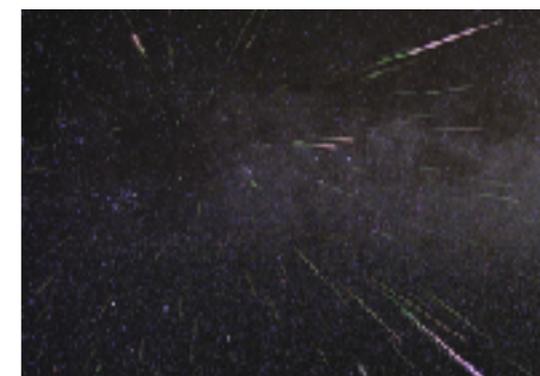
Gamma Ray Burst



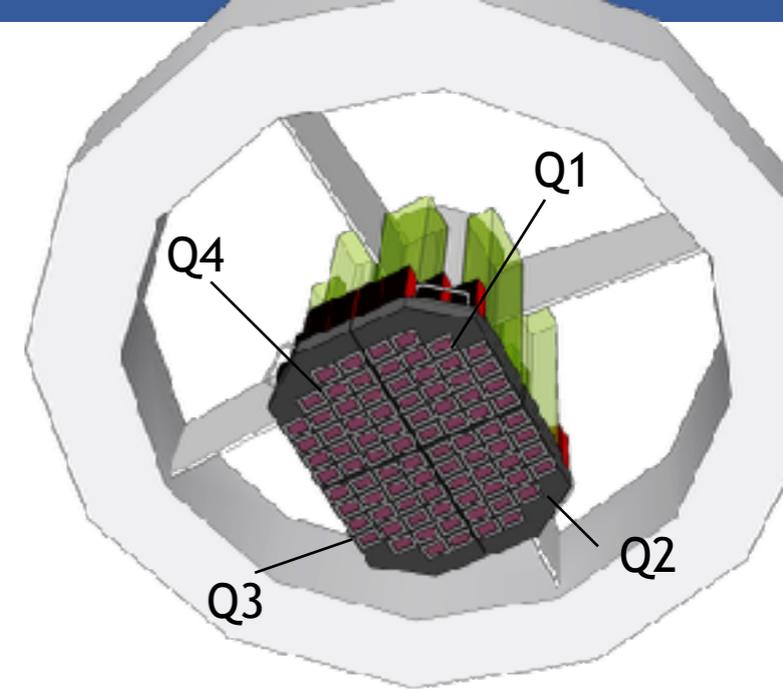
Shock Breakout



NEOs



Faint meteors

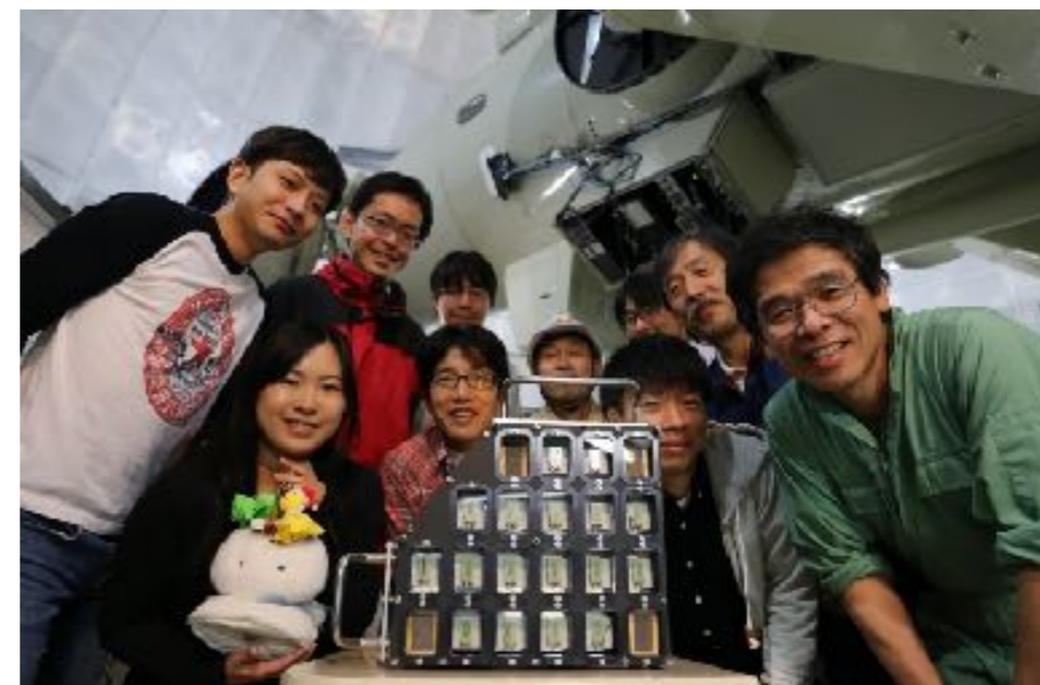


Tomo-e Gozen Q0 試験観測

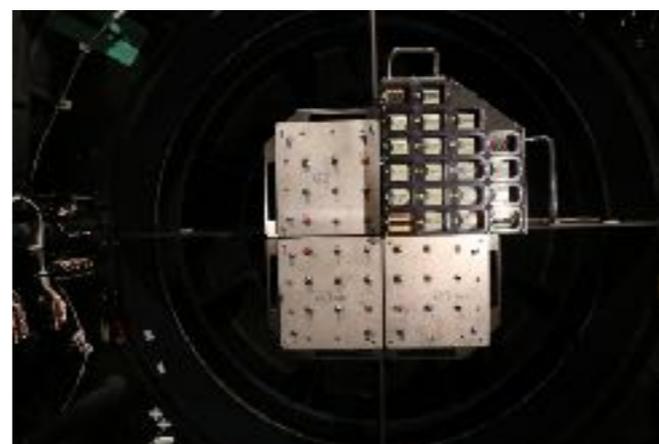


Q0 試験観測

- 2017年10月2日 カメラ搭載
- 2017年10月3日 ファーストライト
- 2017年10月3-24日 性能試験観測
- 2017年10月3-24日 科学試験観測
- 2017年10月25日 カメラ取り外し



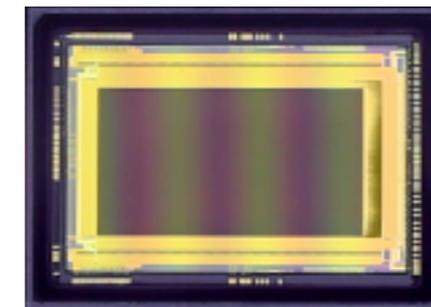
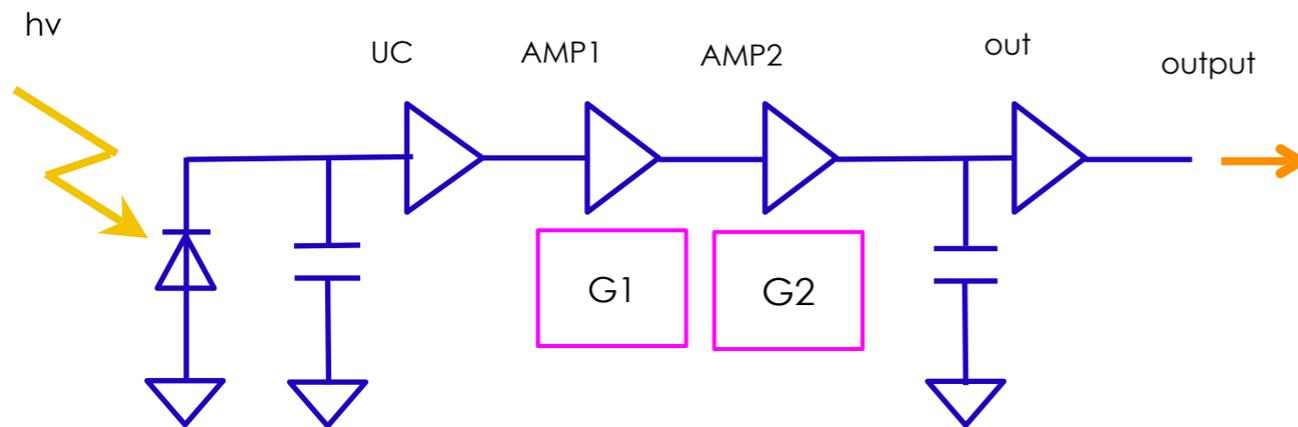
はくちょう座 散開星団 M39
露光時間 5秒, 視野 39.7' x 22.4'



センサ性能評価 -センサ概要-

感度	400 - 650 nm
有効画素	2,000 x 1,128
シャッター方式	ローリングシャッタ
ピクセルスケール	1.19 pix/arcsec
ピクセルサイズ	19 microns

センサの内部回路



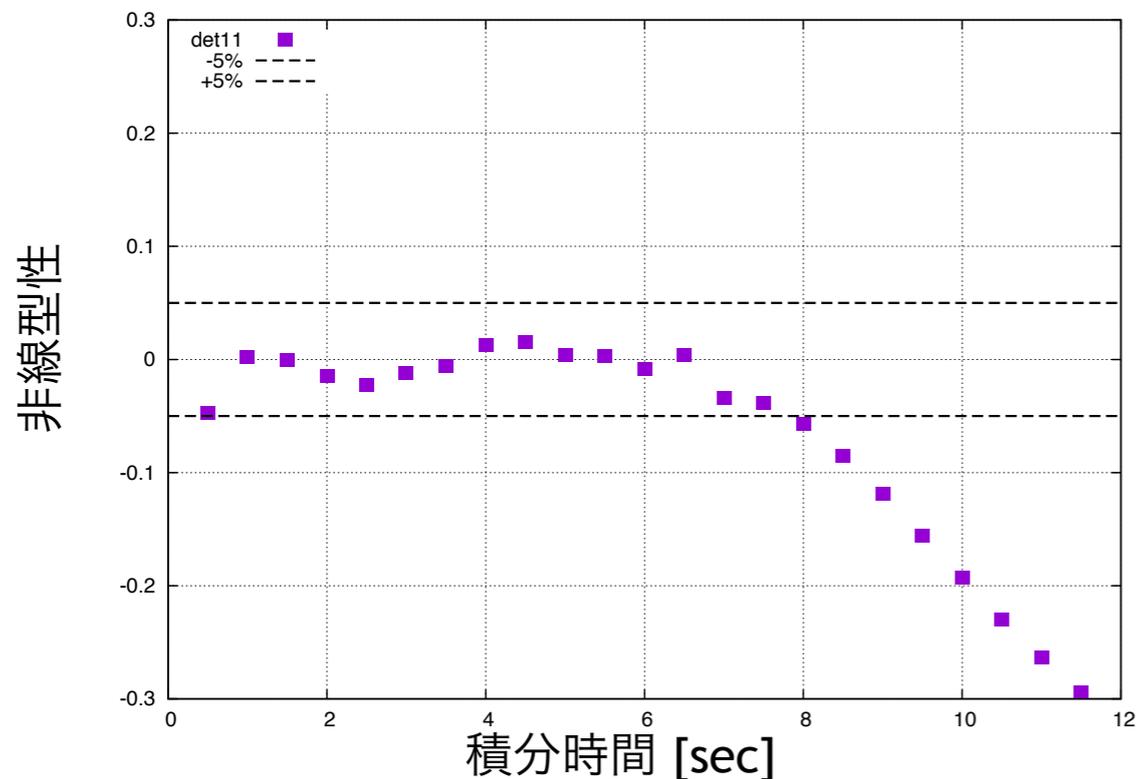
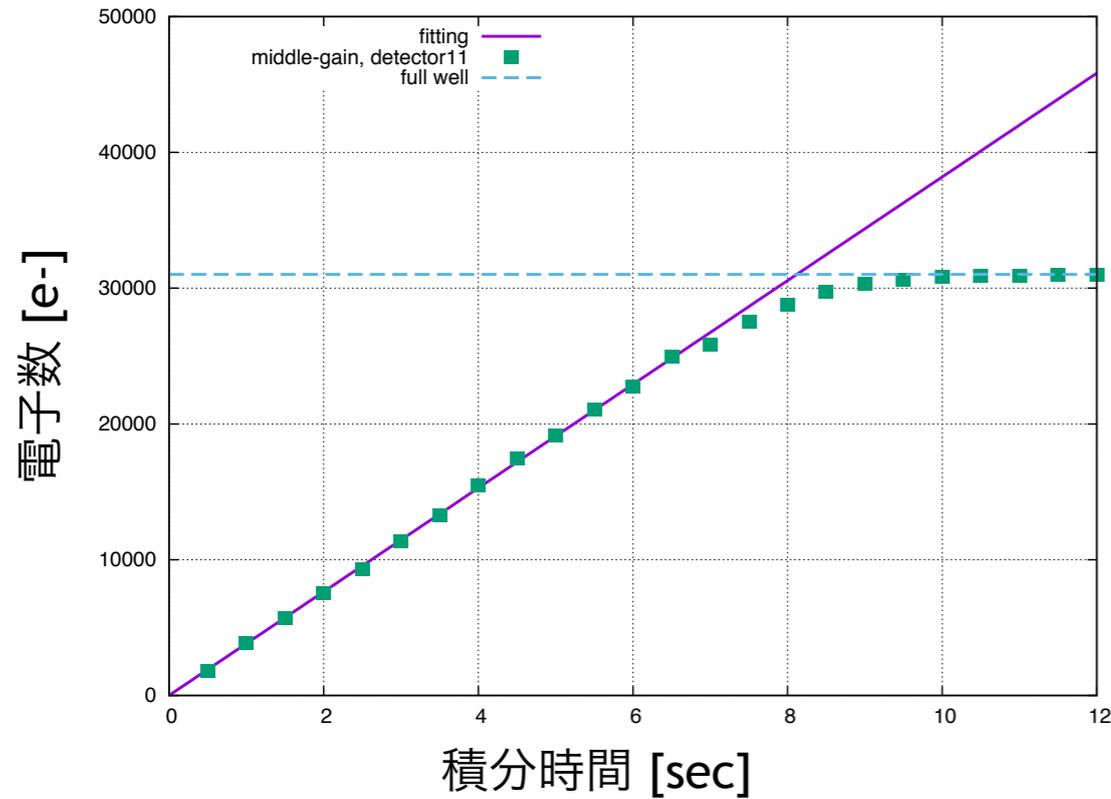
Canon

35mm, 1k x 2k, CMOS

2つの内部アンプによりゲインを調節可能

- ▶ high-gainモード (16 x 1) : 読み出しノイズが低減、ダイナミックレンジが小さい
- ▶ middle-gainモード (4 x 1) : ノイズ低減とダイナミックレンジをバランスよく活かす
- ▶ low-gainモード (1.3 x 1.3) : 読み出しノイズが増大、ダイナミックレンジが大きい

センサ性能評価 -線形性-



- ドームフラットランプを使用してセンサの線型性を評価

■ middleゲインでの測定結果

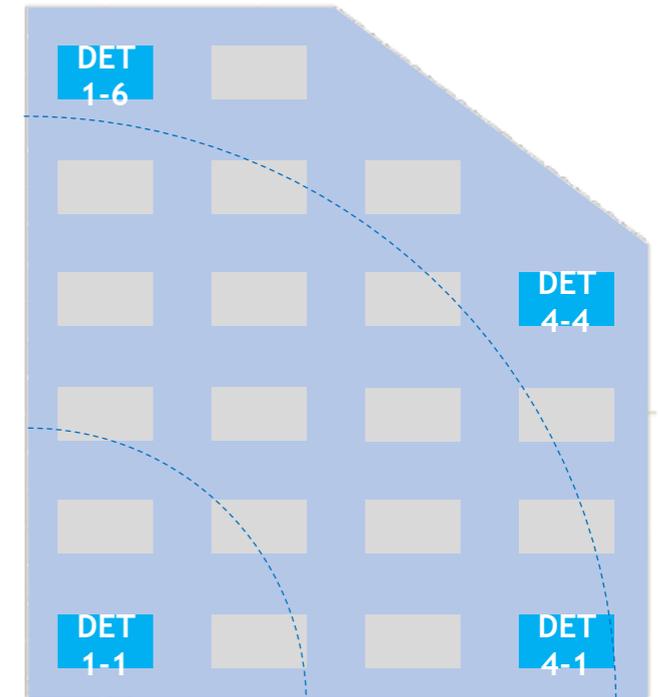
- ▶ コンバージョンファクタは1.10 [e-/ADU]
- ▶ full wellは~31,000 [e-]
- ▶ full wellの70%までのデータ点でフィッティング

■ 非線型性

- ▶ 非線型性が5%以内に保たれるのはfull wellの89%まで

センサ性能評価

内部ゲイン	high(16x1)	middle(4x1)	low(1.3x1.3)
コンバージョンファクタ [e-/ADU]	0.26	1.10	2.86
読み出しノイズ[e-]	2.0	4.1	8.6
線形性(<5%)[%]	91	89	93
Full well [e-]	~7,200	~31,000	~68,000
暗電流[e-/sec/pix] @17°C	0.7		
スカイバックグラウンド [e-/sec/pix]	~50		



Q0 四隅に4チップ

✓ highゲインモードで読み出しノイズ2.0 [e-]を達成

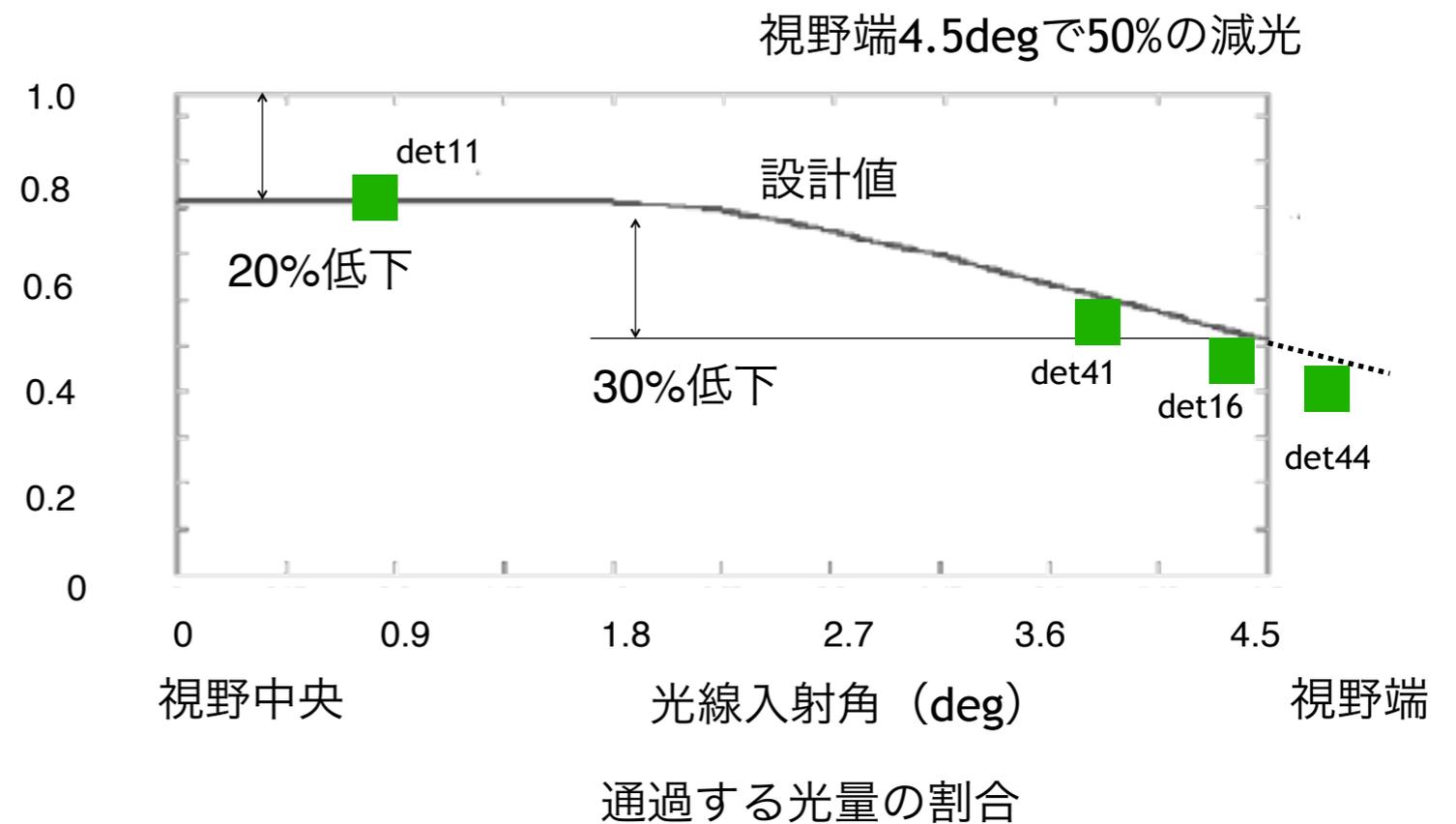
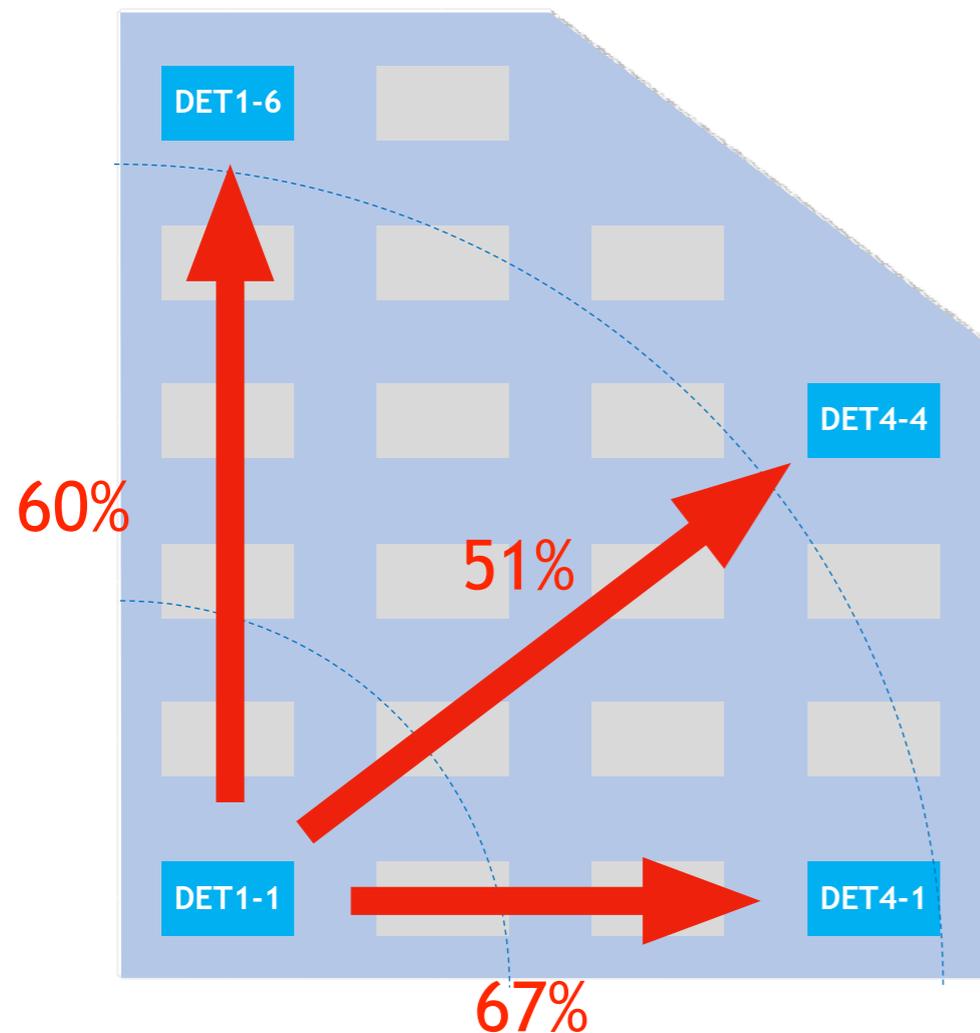
➡ 10 fpsでもバックグラウンドリミット

✓ 暗電流が木曾のスカイバックグラウンド~50 [e-/sec/pix]よりも十分低い

➡ 常温駆動

光学系評価 -けられ-

- ドームフラットランプの各チップのカウント比からけられを測定



- ▶ 視野端で設計値よりも5%ほど低い
 ─▶原因調べ中
- ▶ PSFの影響は『P-11 木曾超広視野高速CMOSカメラTomo-e Gozen Q0の構造特性の評価 (高橋)』を参照

温度評価

要請

温度コントロールなしで
筐体温度が30度以内に保たれるか？

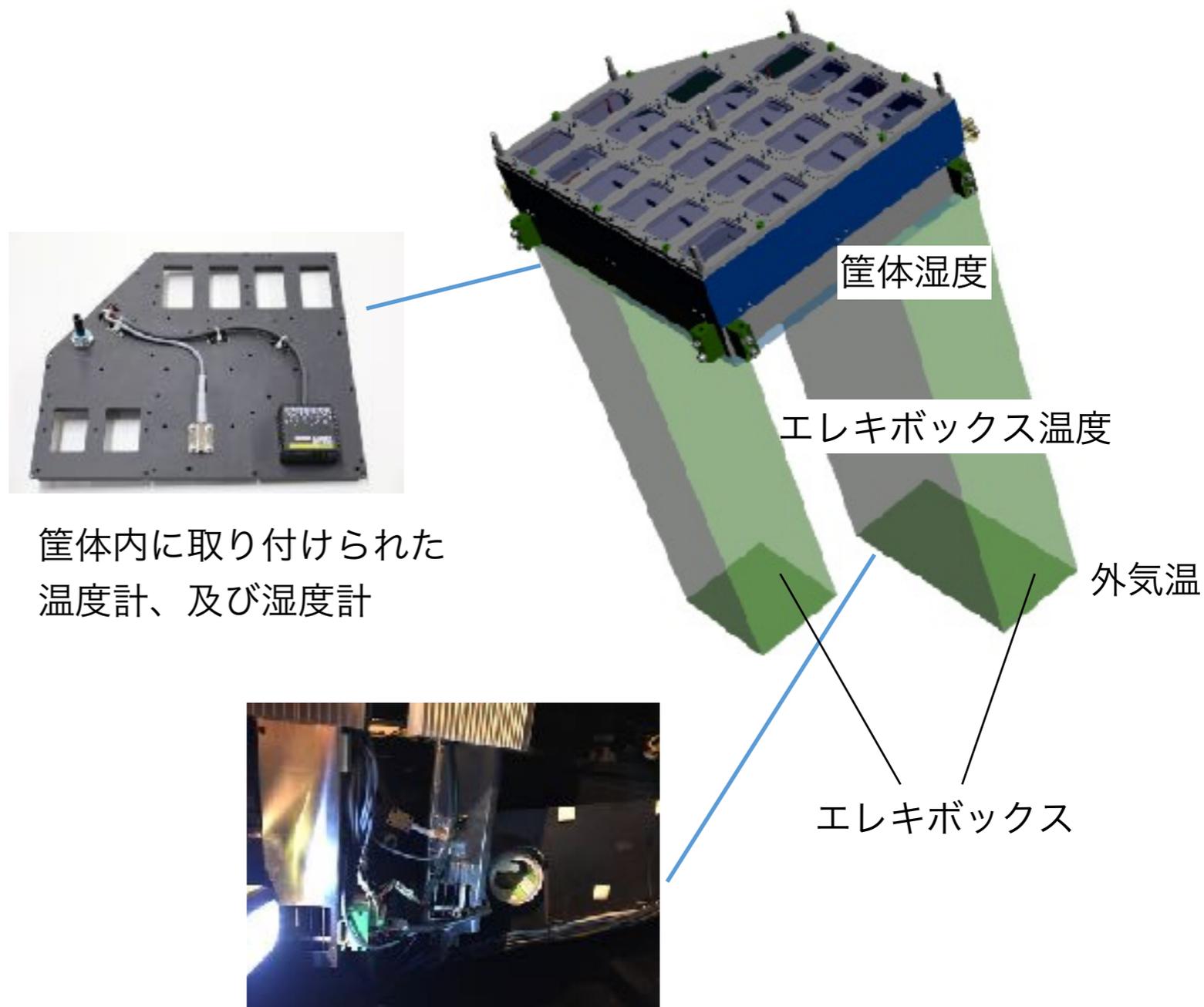
発熱量

- ▶ センサ4チップ： $0.2W \times 4 = 0.8W$
- ▶ ヒータ17枚： $0.2W \times 17 = 3.4W$
- ▶ 読み出し回路：25W



カメラ側面のヒートシンク

筐体温度・エレキボックス温度・外気温を測定

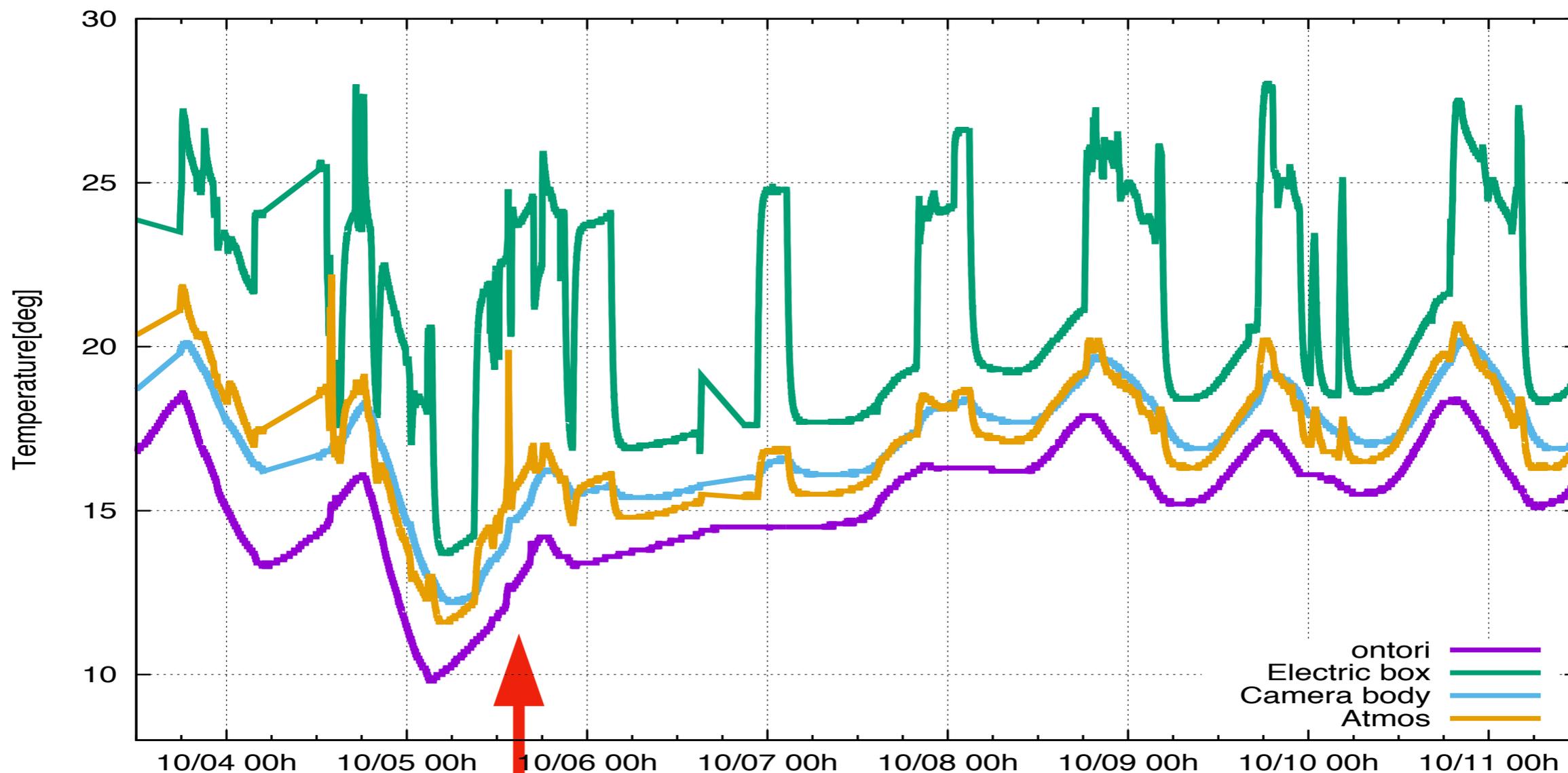


筐体内に取り付けられた
温度計、及び湿度計

エレキボックスに取り付けられた温度計、
及び外気温用の湿度計

温度評価

- 紫；望遠鏡内の気温1
- 緑；エレキボックス温度
- 水色；筐体温度
- オレンジ；望遠鏡内の気温2

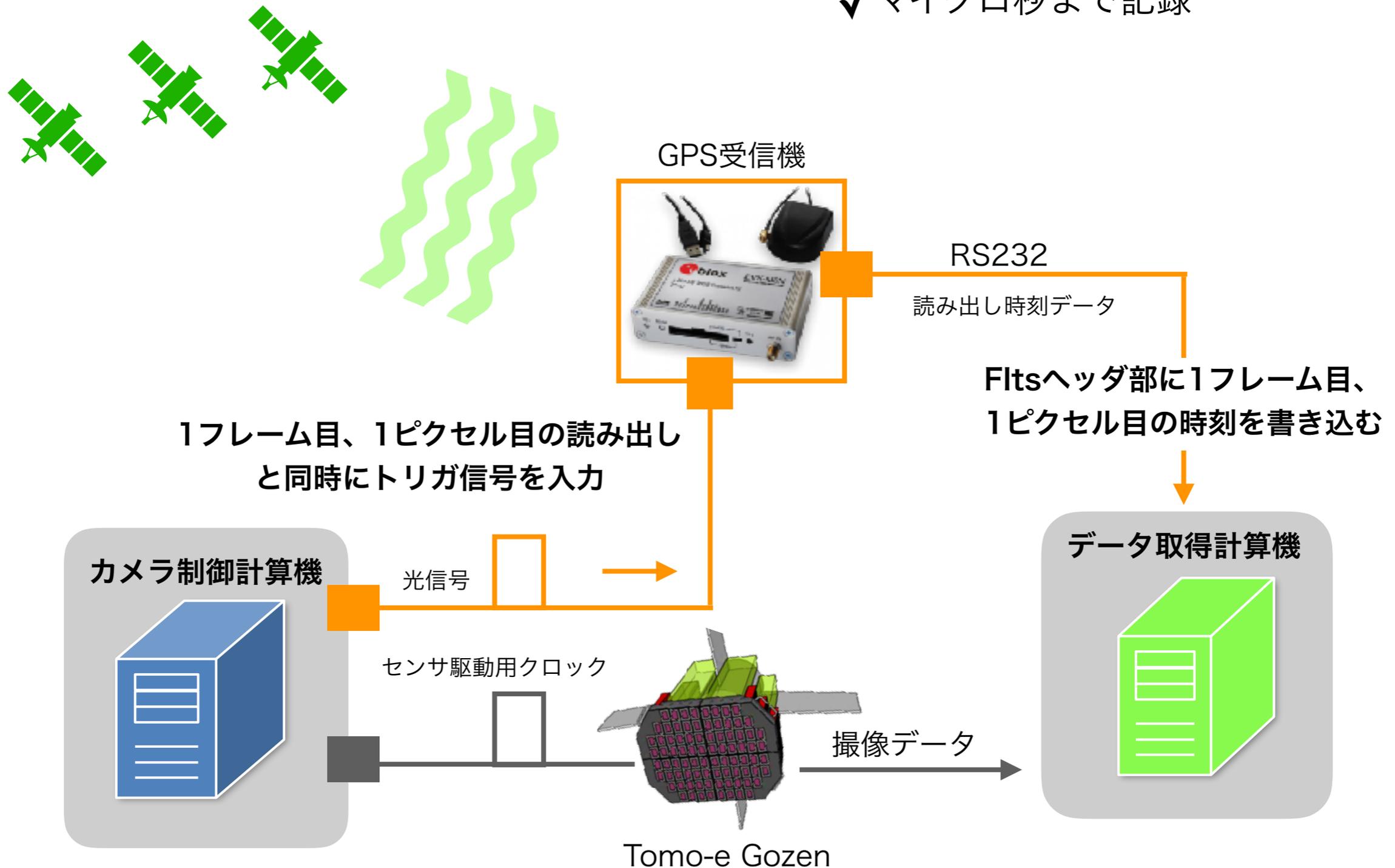


ヒートシンク取り外し 10/03-10/11の温度ログ

- ✓ 観測時のセンサ温度(筐体温度)が30度未満
- ✓ ヒートシンクを外したことによる急激な温度の上昇は見られなかった。

時刻取得システムの評価

- ▶ ミリ秒の時刻精度を要求
 - ✓ GPS受信機を使用
 - ✓ マイクロ秒まで記録



まとめ

- ✓ Tomo-e Q0(センサ4チップ)の試験観測が無事終了
- ✓ Tomo-e Q1(センサ21チップ)の試験観測は2018年1月に予定
- ✓ 2 fpsで読み出しノイズ 2.0 e-を確認
- ✓ 暗電流は0.7 e-/sec/pix であり、木曽のスカイバックグラウンド ~50 e-/sec/pixよりも十分低い
- ✓ センサ温度が30度未満であることを確認
- ✓ GPS受信機を利用してマイクロ秒の時刻の取得を確認

