

MITSuME望遠鏡の新CMOSカメラ導入に向けた進捗状況

萩尾陽菜、久保元由樹、野口雄弘、高橋一郎、笹田真人、庭野聖史、谷津陽一、東京科学大学 MITSuMEチーム

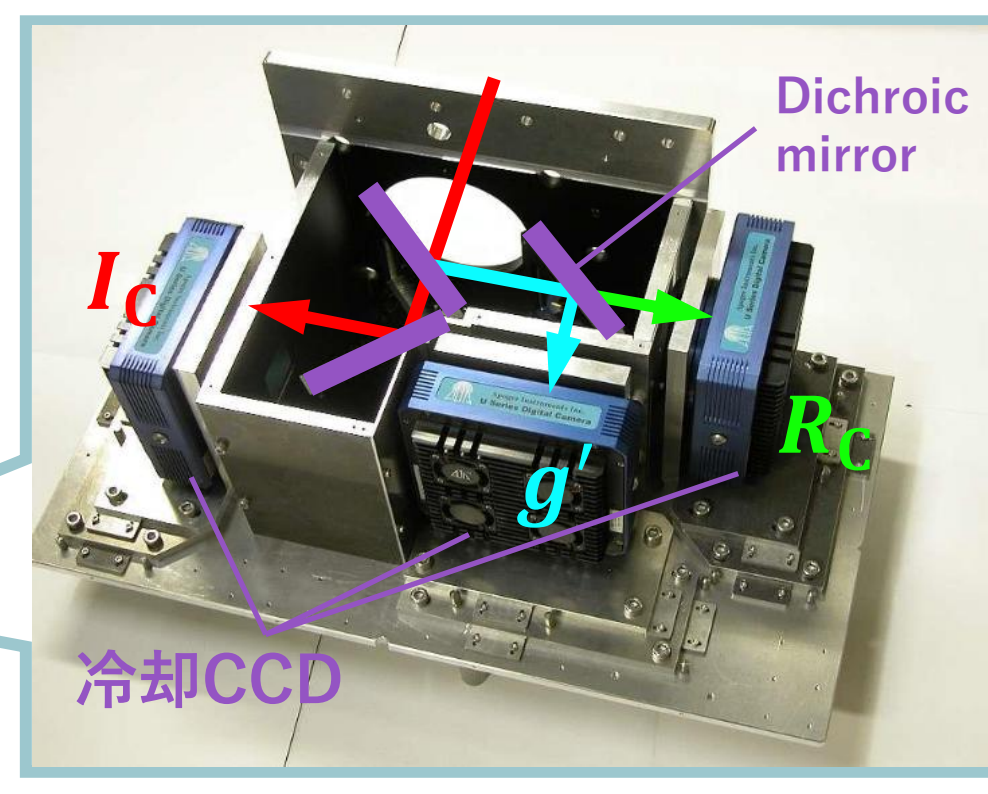
概要

我々が運用しているMITSuME明野50cm望遠鏡では、約20年前に設置した3台のCCDカメラを用いた多波長での同時観測を行っている。しかし近年、経年劣化などにより現在のCCDカメラの撮像性能が下がっていることを受けて、新しいCMOSカメラへの置き換えを検討している。本ポスターでは、置き換え候補のCMOSカメラの性能評価、置き換えに伴う取付部の設計変更、複数台のCMOSカメラの同時制御についての進捗状況を報告する。すべての項目についてCMOSカメラに置き換えて現状通り運用が可能であると思われる。

背景

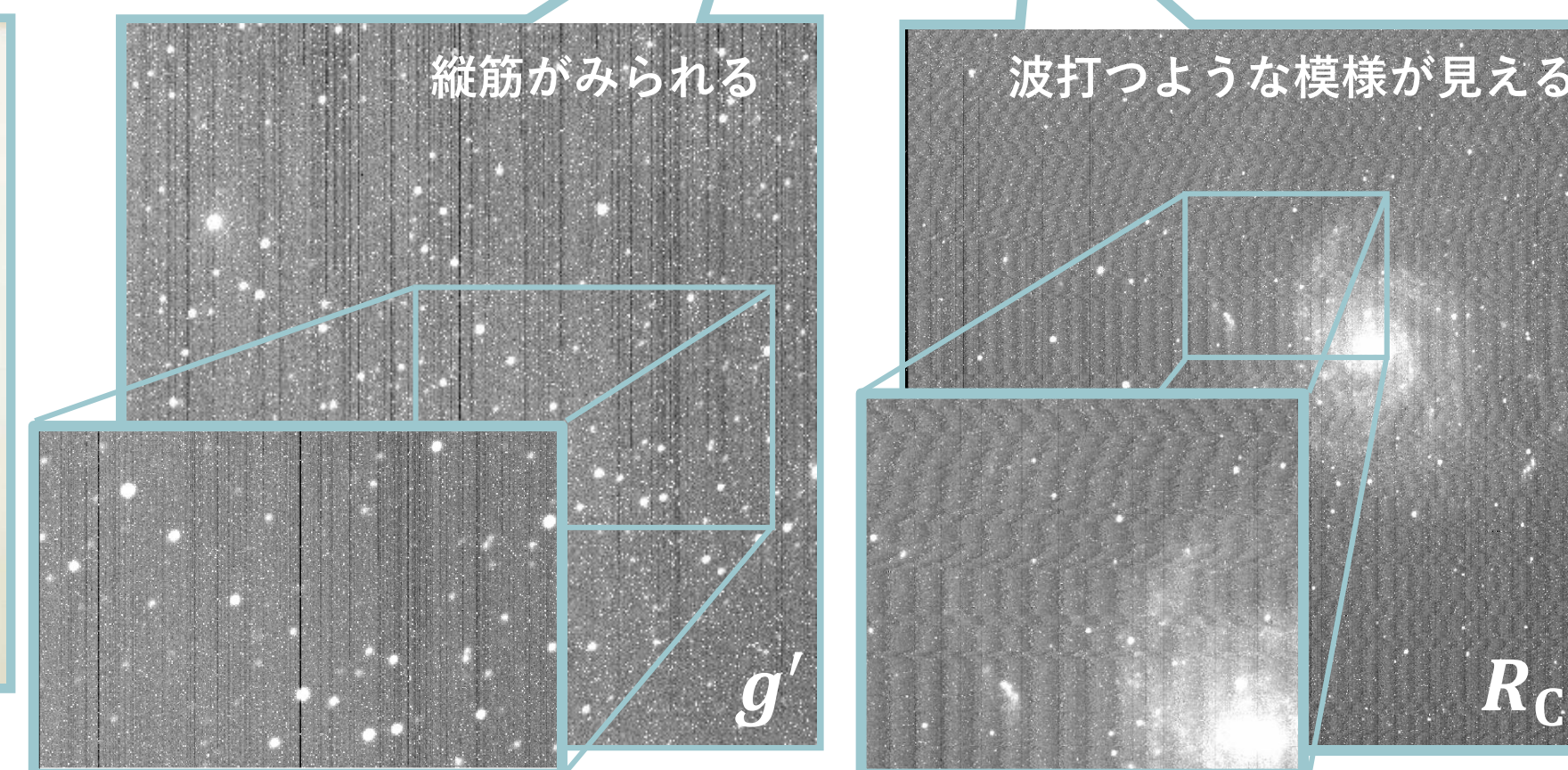
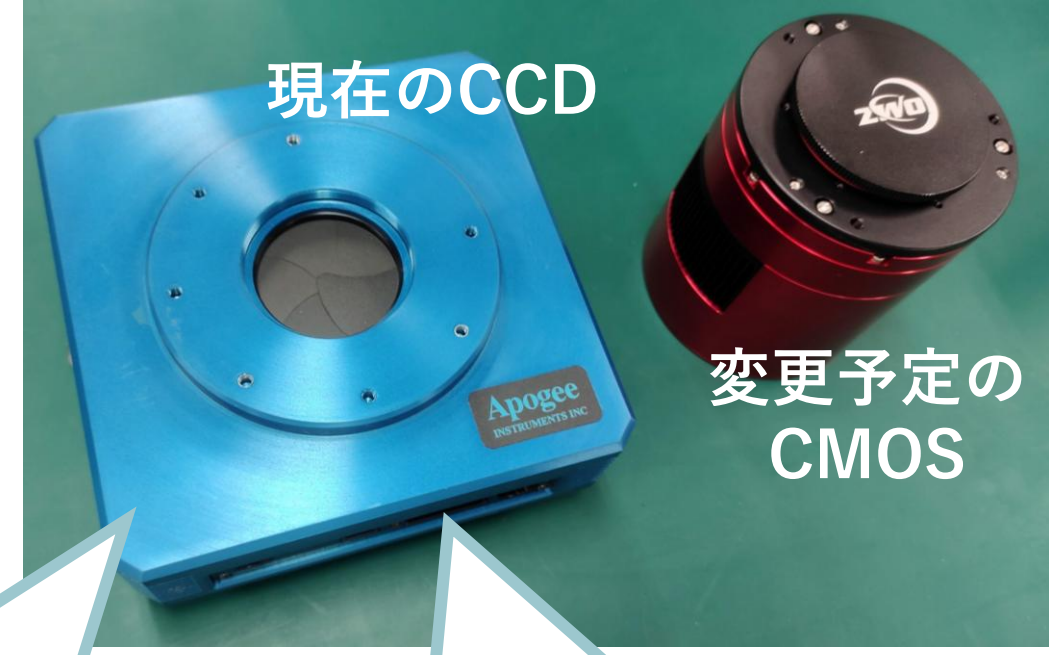
MITSuME望遠鏡

可視光3バンドで同時観測
(g' :486nm, R_C :693nm, I_C :879nm)



CCDからCMOSへ

CCDカメラのセンサ劣化のため置き換えを検討



評価項目	CCD	CMOS
カメラ名	ALTA U6(廃版)	ASI6200MMPPro
センサ型番	KAF-1001E	IMX455
解像度	1024×1024	9576×6388
ピクセルサイズ	24×24 μm^2	3.76×3.76 μm^2
センササイズ	24.6×24.6 mm^2	36×24 mm^2
QE peak	72%	91%
読み出し	1秒	0.3秒以下
カメラの重さ	1.6kg	0.72kg

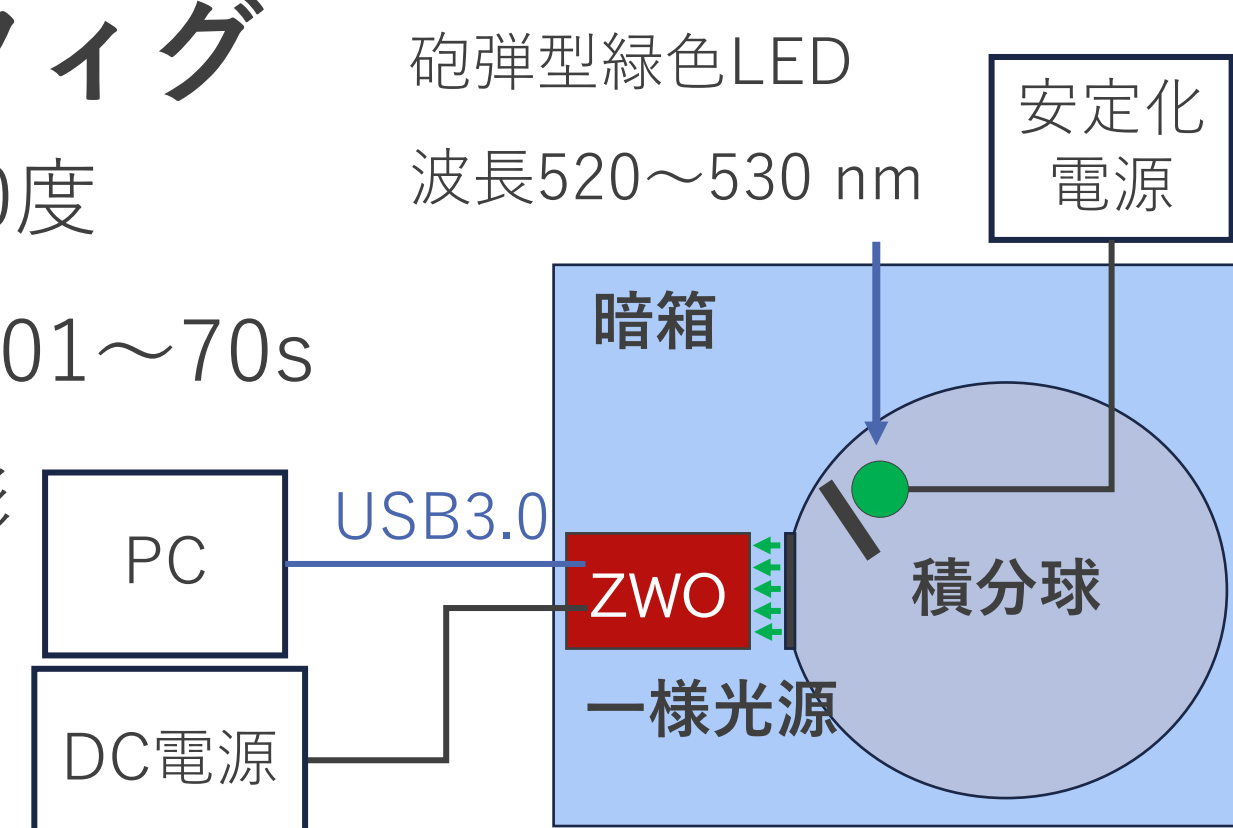
CMOSカメラ性能評価

評価項目

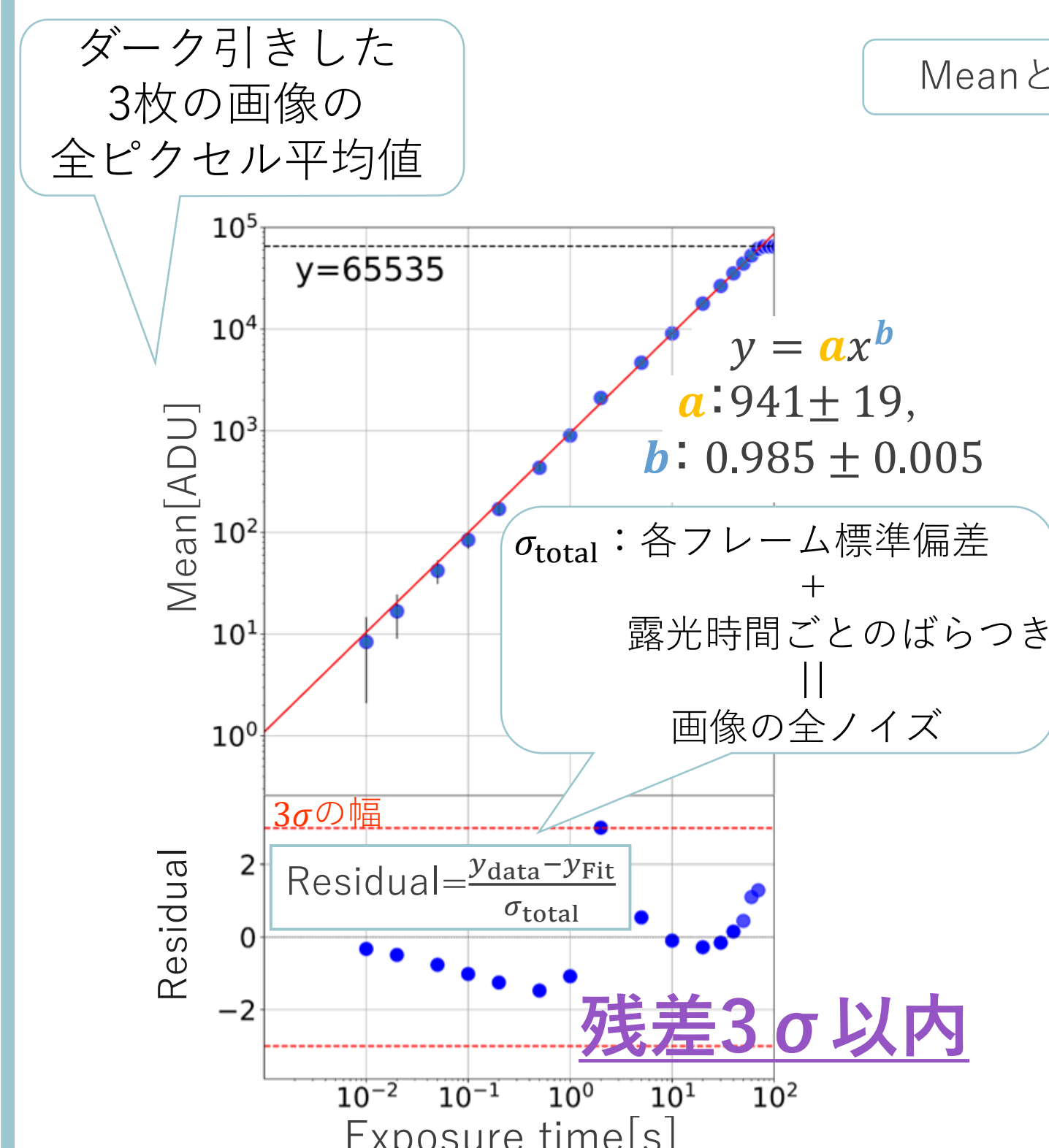
- 直線性
- 暗電流
- ゲイン
- 読み出しノイズ
- 感度非一様性

実験コンフィグ

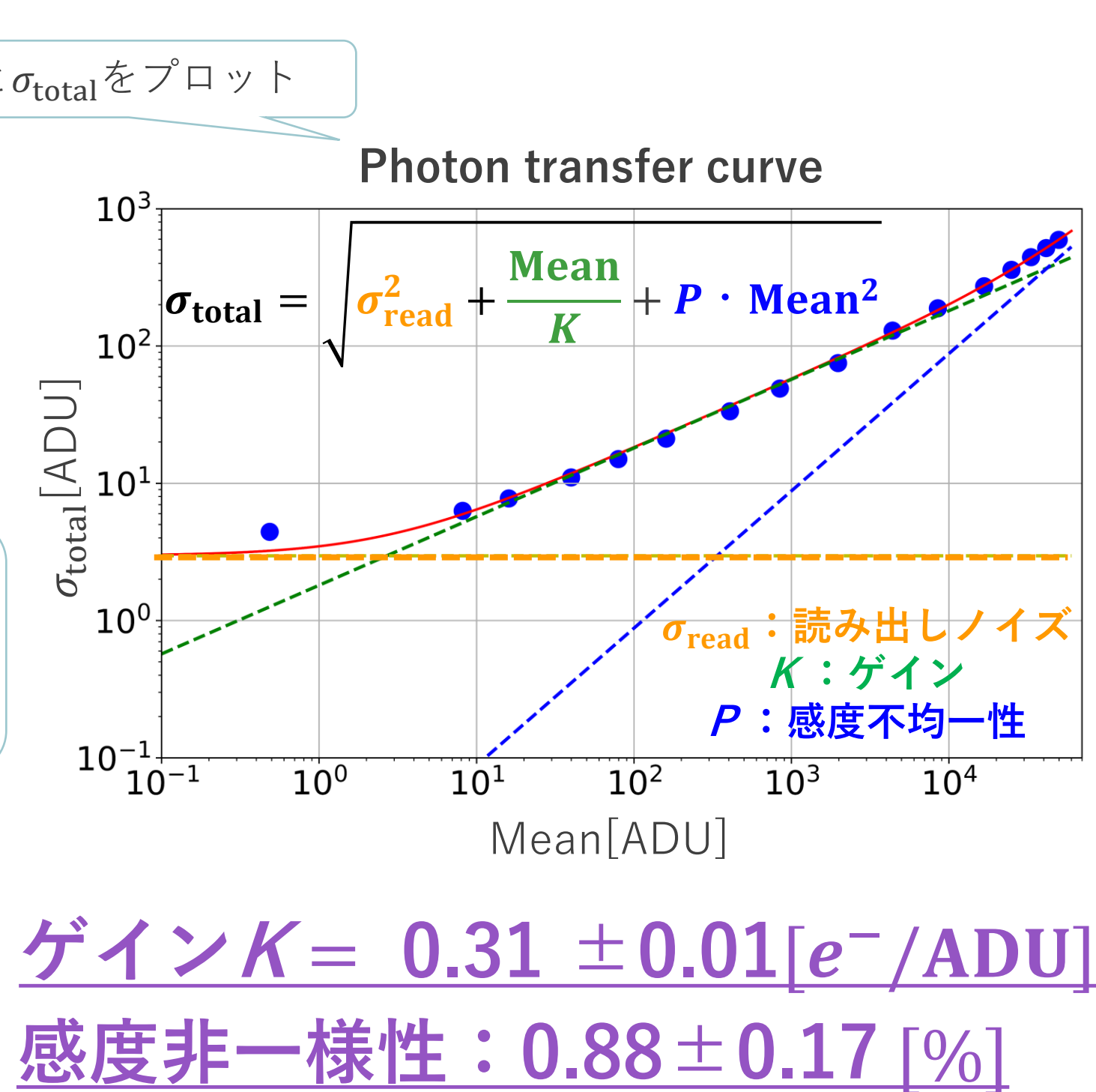
- センサ温度0度
- 露光時間0.001~70s
- 3枚ずつ撮影



直線性実験結果



ゲイン・感度非一様性



暗電流

露光時間毎のダークフレームの平均値 [ADU] を使用

CCDピクセルサイズへ規格化後暗電流@0°C

CMOS	CCD
0.112 ± 0.004 [$e^-/\text{pixel}/\text{sec}$]	4.95 ± 0.03 [$e^-/\text{pixel}/\text{sec}$]

読み出しノイズ

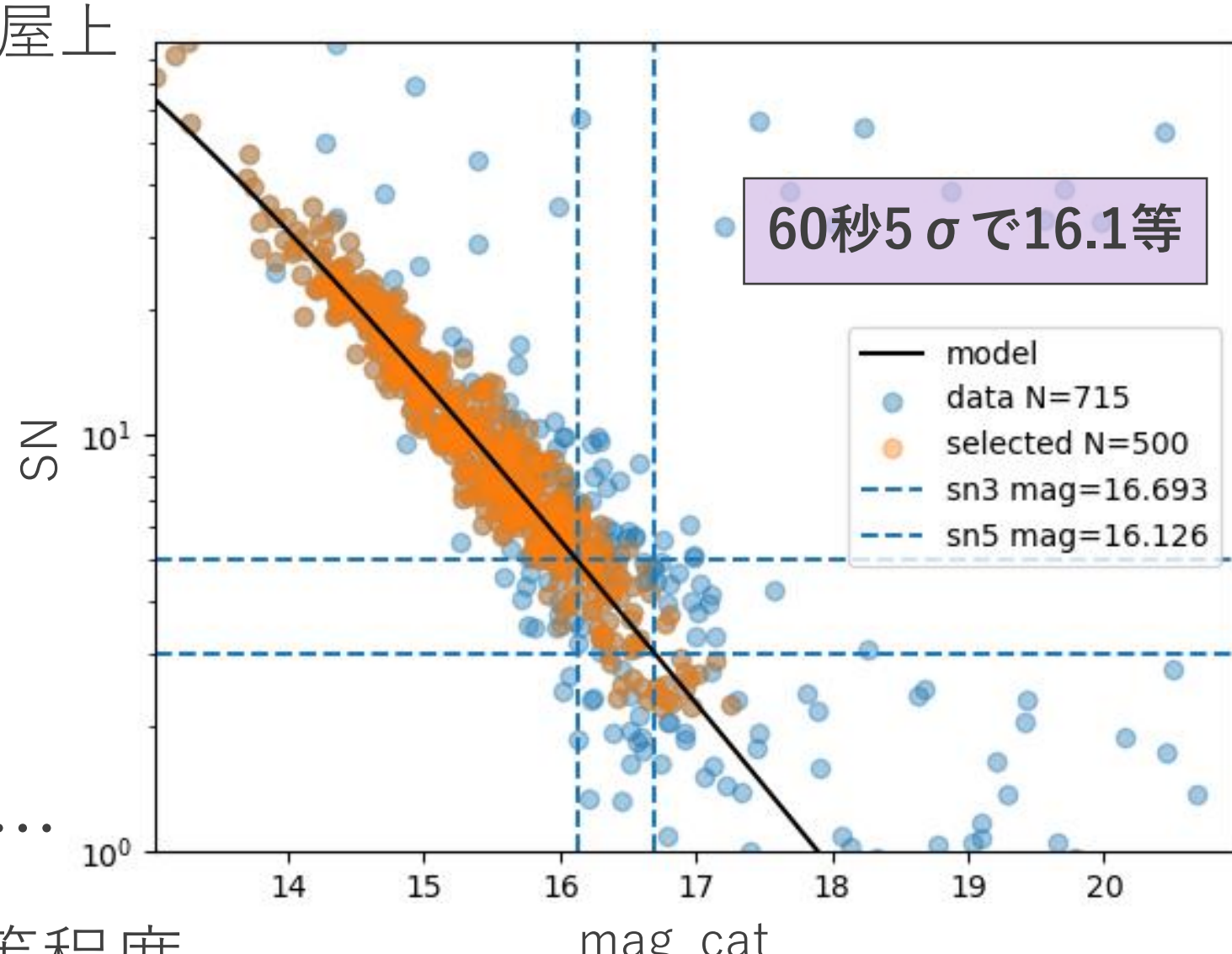
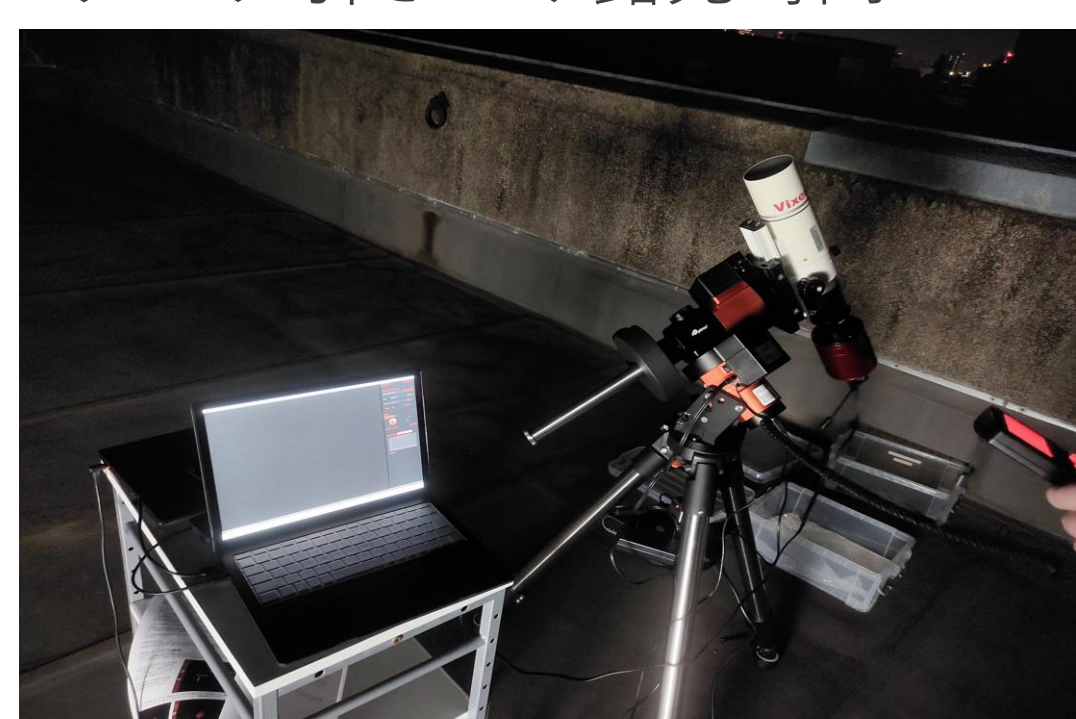
2枚のダークフレームの差分を使用
ダークフレームの差分フレーム

$$\sigma_{read} = \sqrt{\frac{\sum_j [(D_{diff})_j - (\bar{D}_{diff})]^2}{2(n-1)}} \times \text{gain}$$

読み出しノイズ: $1.64 [e^-]$

限界等級の見積

- CMOSカメラを使いテスト観測@大学屋上
- ダーク引きのみ露光時間60s



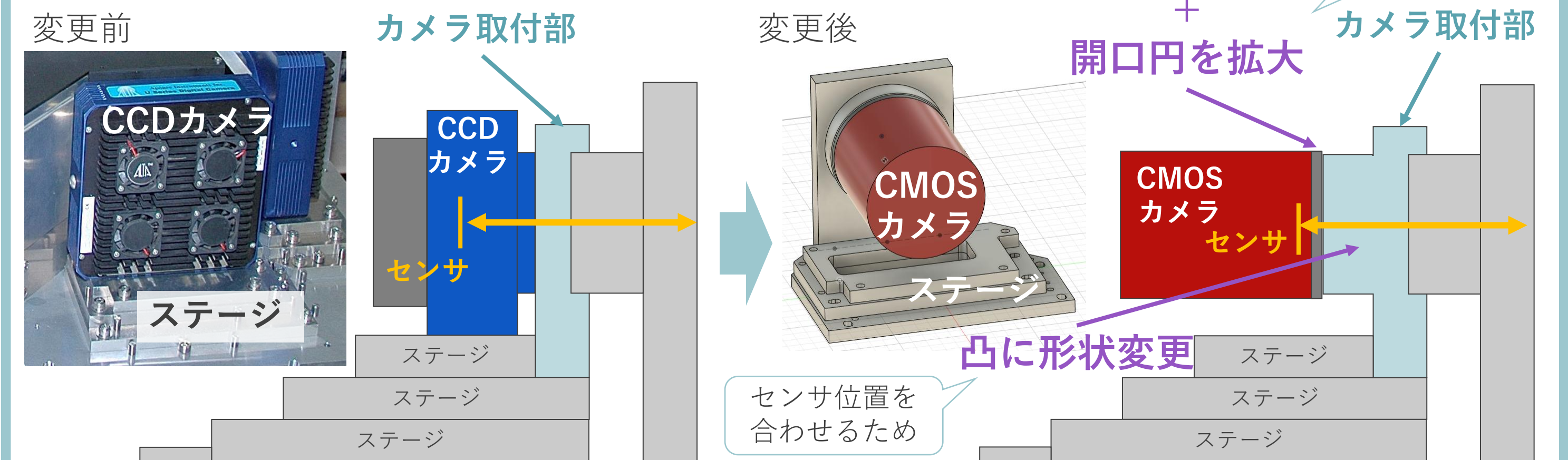
- MITSuME望遠鏡に取り付けると...
- 光量が約20倍→限界等級は19等程度
- 現在のCCDの限界等級は18等程度

限界等級は現在のCCDカメラと同等orそれより深い

カメラ取付部の設計

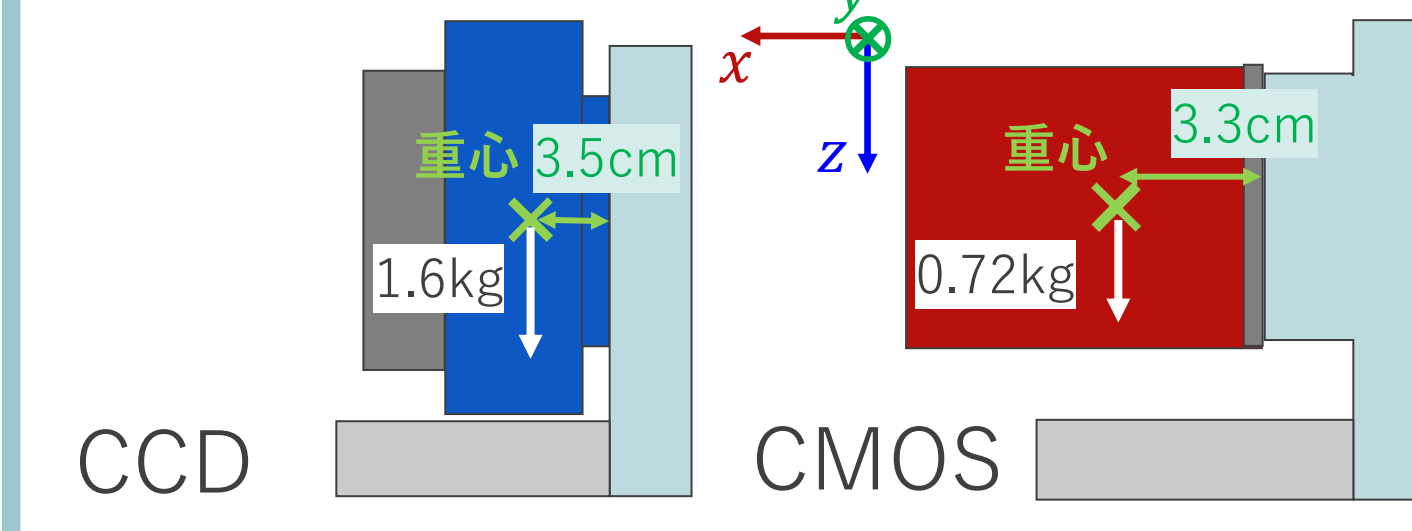
カメラの変更に伴い、カメラ取付部の設計を変更

設計変更点



常に片持ちになるためカメラ取付部にかかる負荷を調査

質量 + 重心実測



取付部の変位解析

- 重心位置に重力がかかると仮定
- 最大荷重で取付部の変位を解析

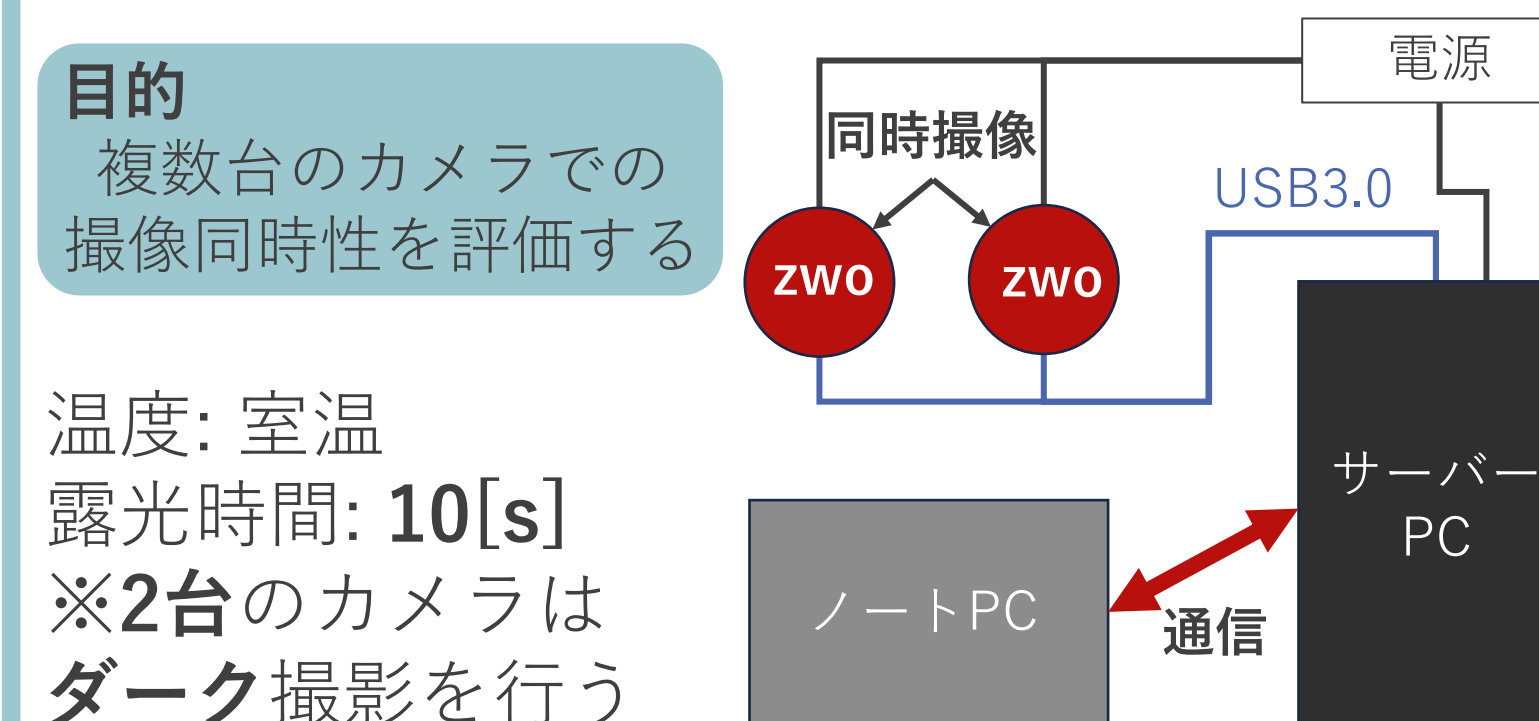
X変位: 減少
Z変位: サブ μm オーダーでのみ増加
→他要素に比べて十分無視できる

結論・今後の予定

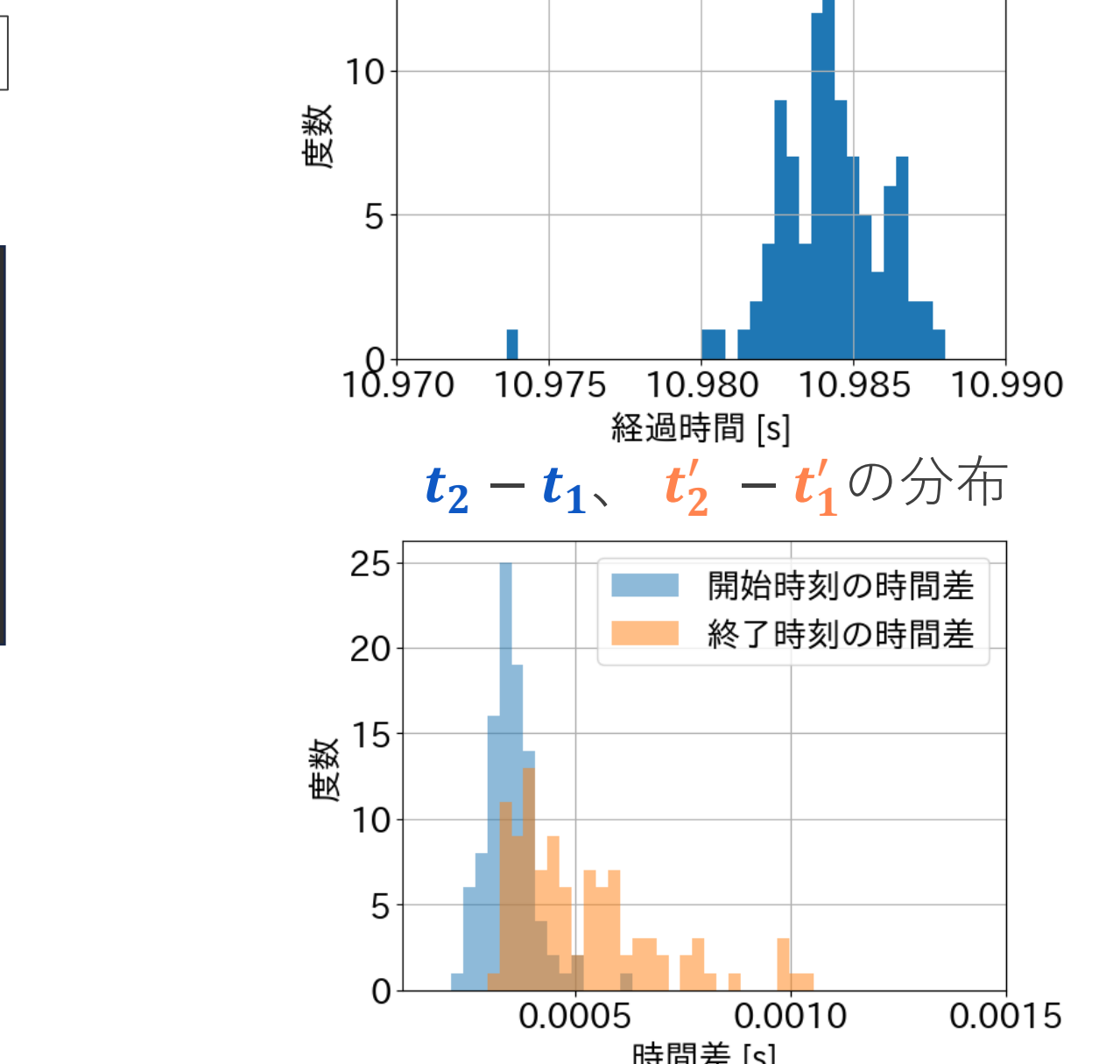
- 取付部の設計改修を施すことでCMOSカメラに付け替えが可能(結論)
- 設計仕様上、 g' -bandはセンサ位置を光軸方向に6.12mm延長する必要があるため、スペーサを製作もしくはカメラ取付部を別途製作(展望)
- 実際に製作し取り付けて検証(展望)

同時制御

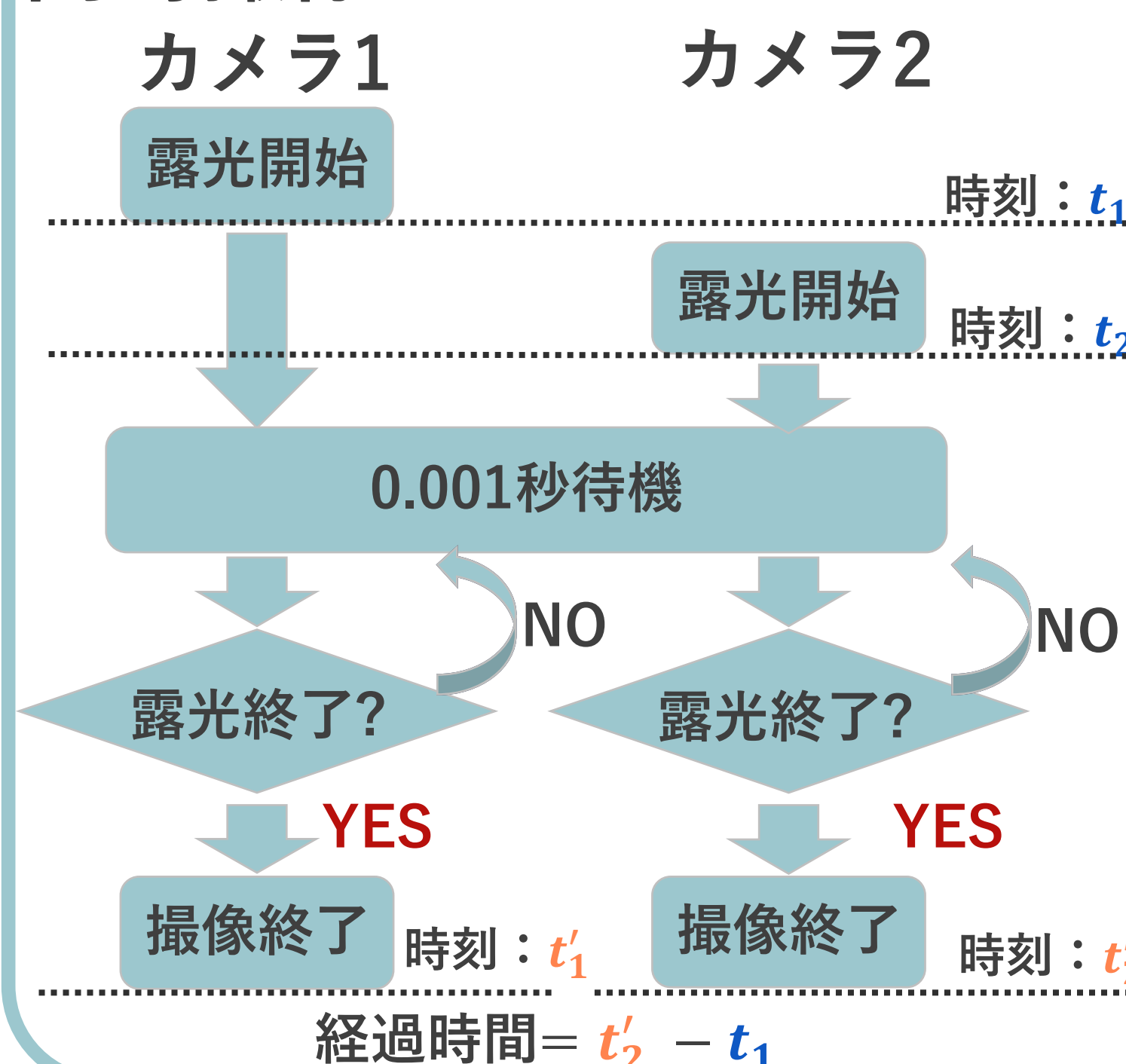
実験セットアップ



結果



同時撮像のフロー



考察と結論

- 露光時間に対して1秒弱ほどのオーバーヘッドが乗っていた→ライブラリの仕様上、経過時間の中にデータ転送まで含まれることが原因と考えられる
- 開始時刻の時間差と終了時刻の時間差は共に0.001秒ほどの範囲で露光時間10[s]に対して土分小さい