

# 3.8 m望遠鏡用 面分光装置開発

- CCD入れ替え -

- 観測UI開発 (CUI、GUI、キュー) -

松林 和也 (国立天文台)

太田 耕司 (京都大学)、泉浦 秀行、神戸 栄治、  
筒井 寛典 (国立天文台)

CCD関連: 中屋 秀彦、鎌田 有紀子 (国立天文台)

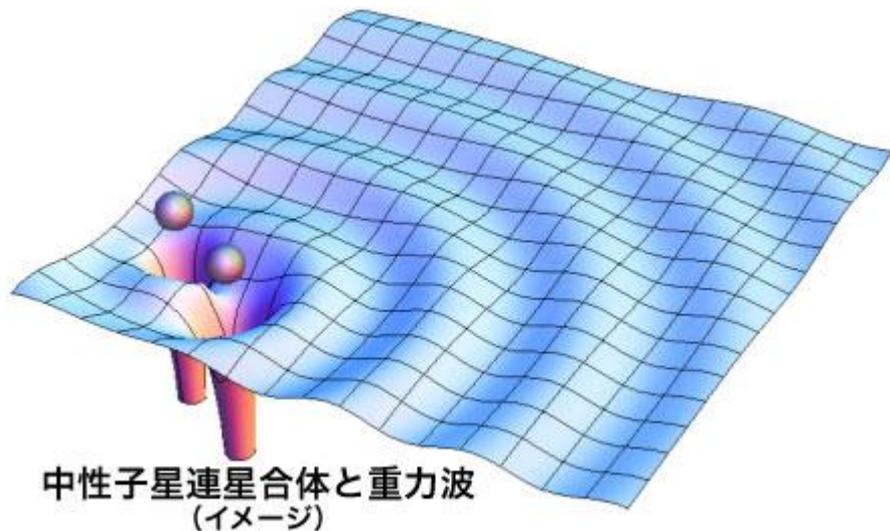
キュー観測システム: 前原 裕之 (国立天文台)

# 目的と研究計画

重力波源候補天体等の即時分光データを取得し、  
天体までの距離や運動状態などを明らかにする

## 研究計画

- 光ファイバーを用いた面分光ユニットを開発
- 既存の分光器KOOLSに面分光ユニットを組み込む
- 188 cm望遠鏡、3.8 m望遠鏡で観測



(大阪市立大学ホームページより)

# サイエンス研究会

## 木曾広視野サーベイと京都3.8m即時分光による タイムドメイン天文学の推進

HOME PROGRAM INSTRUMENTS REGISTRATION IMPORTANT DATES VENUE BANQUET CIRCULARS

LOC LINKS

HOME

PROGRAM

INSTRUMENTS

IMPORTANT DATES

VENUE

BANQUET

CIRCULARS

LOC

LINKS

### 研究会

「木曾広視野サーベイ  
と京都3.8m即時分光に  
よるタイムドメイン天  
文学の推進」

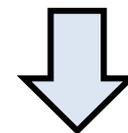
日時: 2017/02/20 -- 2017/02/22

場所: 京都大学

2018年、東京大学1.05m木曾シュミット望遠鏡では、視野20平方度を誇る超広視野カメラTomo-e Gozenによる大規模な可視光サーベイが始まる予定です。時期を同じくして、京都大学3.8m望遠鏡では科学観測が始まり、可視面分光装置 KOOLS-IFUが活躍するものと期待されています。Tomo-e Gozenの高頻度・短時



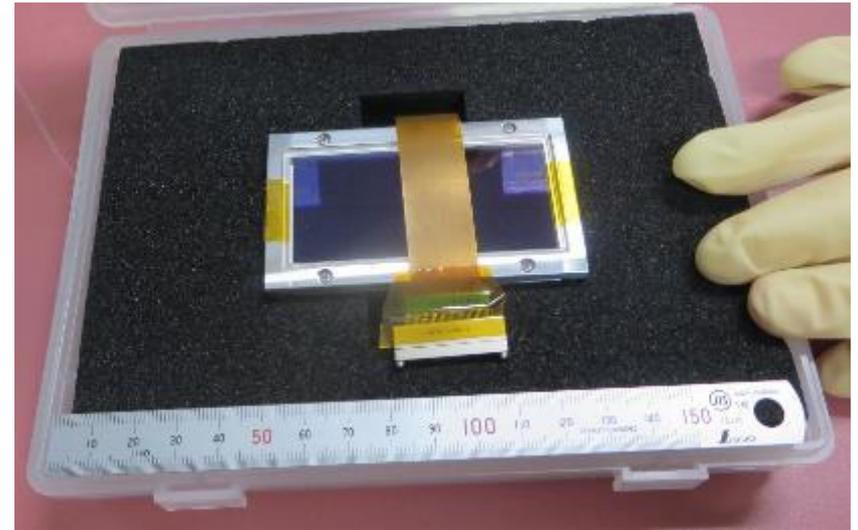
木曾で1時間  
スケールの  
変動現象を  
発見



KOOLS-IFUで  
分光

# CCD交換計画

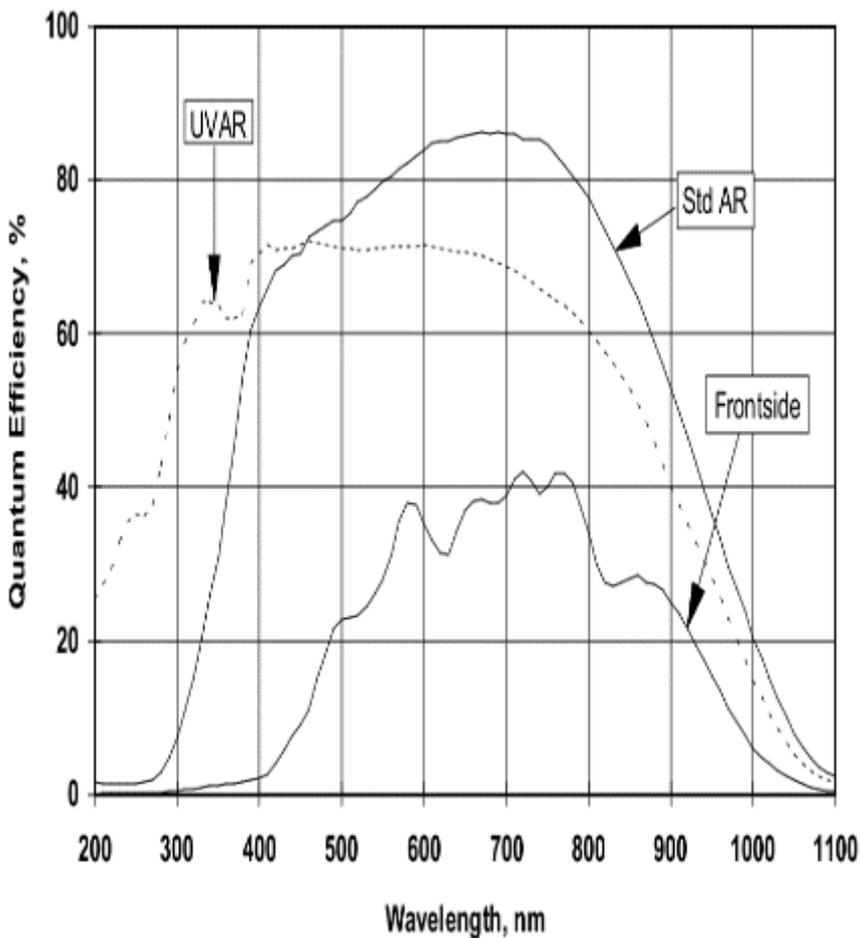
- 現CCD (SITE) から浜ホト CCDにアップグレード
- 読み出し回路もアップグレード
- 読み出しノイズ低減  
( $\sim 25 e^- \rightarrow \sim 5 e^-$ )
- 読み出し時間短縮
- 長波長側の量子効率向上



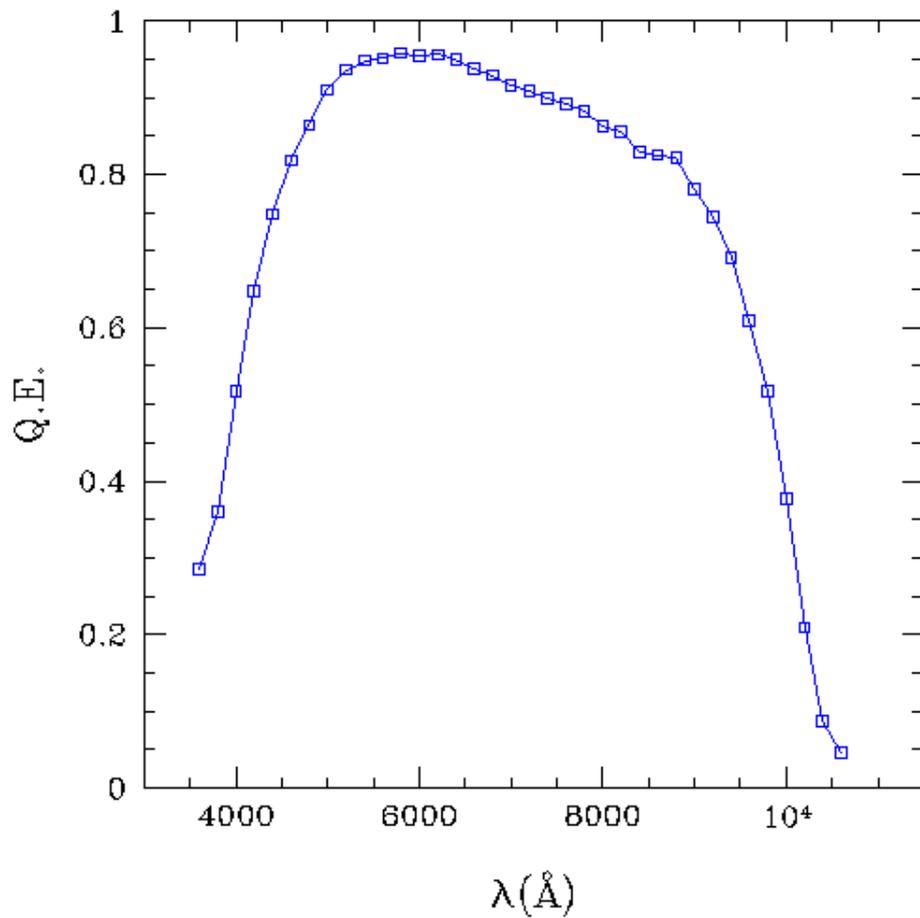
# 新旧CCD比較

項目	旧CCD	新CCD
CCD	SITe ST-002A	浜松ホトニクス 完全空乏型
pixel数	~2000 x 4000	
pixelサイズ	15 $\mu\text{m}$	
読み出しシステム	MESSIA5 + MFront	MESSIA6 + MFront2
読み出し時間 (部分読み出し、1 bin)	~70 s	~7 s
読み出しノイズ	~25 $e^-$	~5 $e^-$

# 新旧CCD量子效率

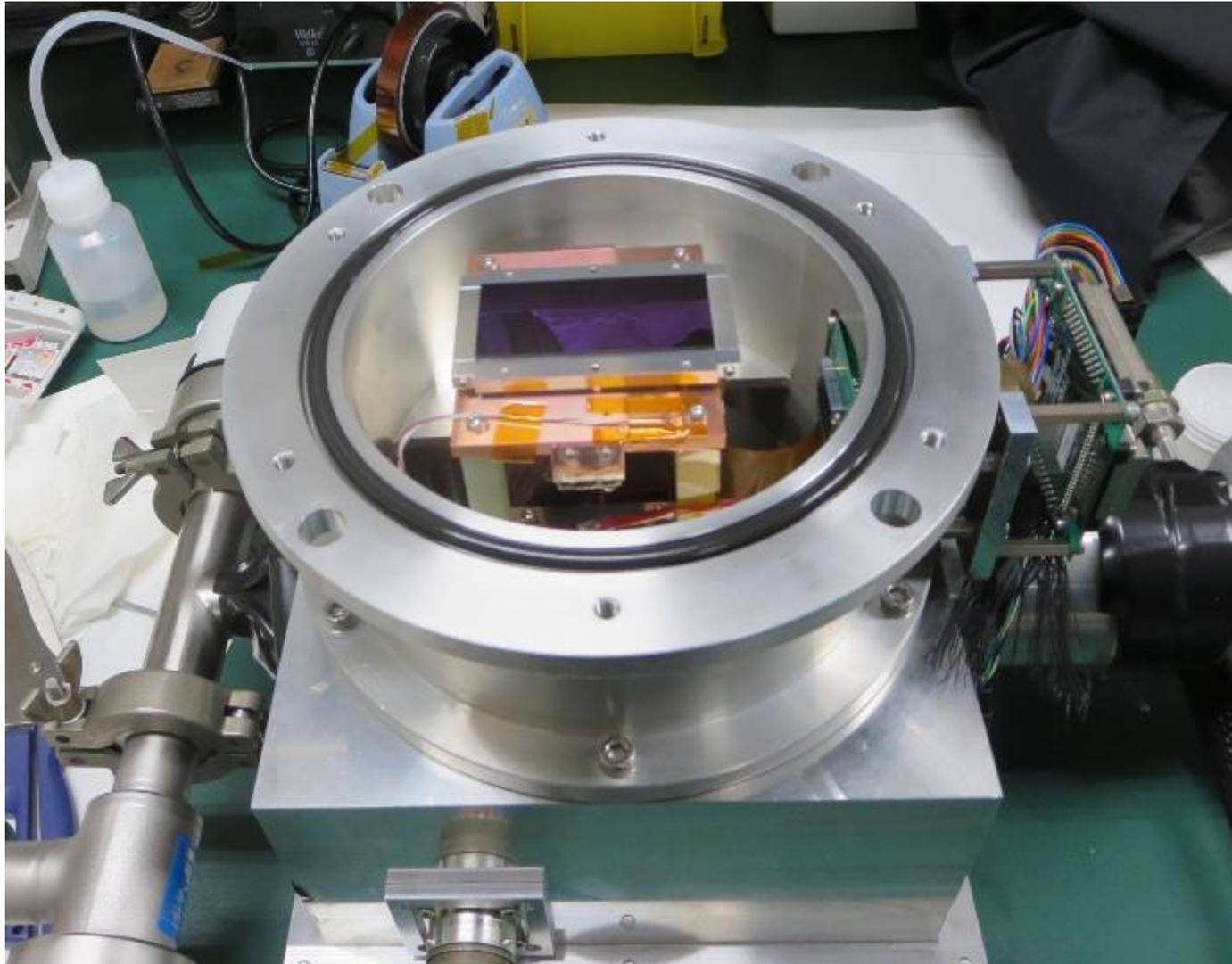


旧CCD



新CCD

# 新CCDインストール @先端技術センター



# 冷却系・デュワー

## 冷却系

- 熱パスを更新。約2.5時間で-100°C達成

## デュワー

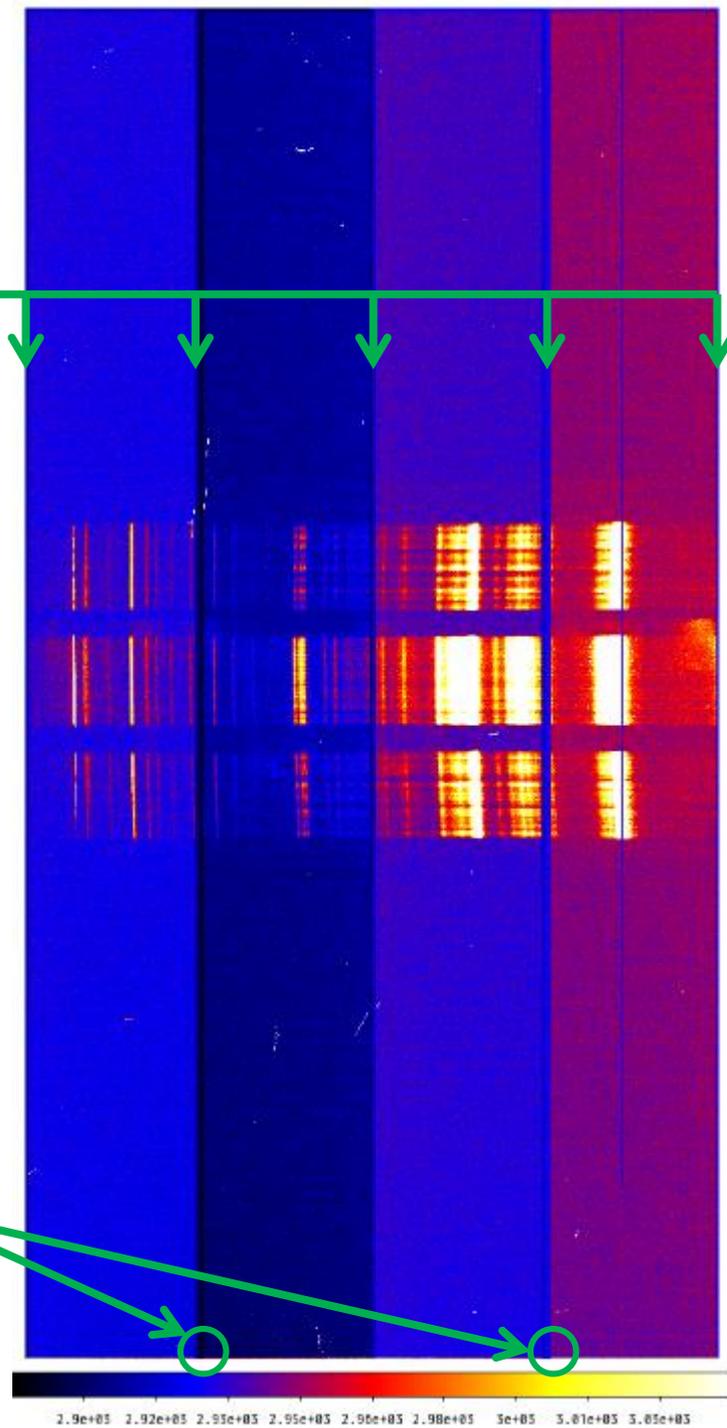
- 活性炭などが無いと、高い真空度が保てない
  - 1日あたり約0.2 Torr上昇
  - 不良箇所は特定済み。改善策をいくつか試したが、うまく行かず
- 古いモレキュラーシーブを外し、活性炭を追加  
→ 冷凍機を動かしていれば、1ヶ月間-100°Cを保持。圧力は $7.7 \times 10^{-7}$  Torrから $5.2 \times 10^{-4}$  Torrに

# 新CCDで撮った画像

over scan region

蛍光灯のスペクトル

読み出し口

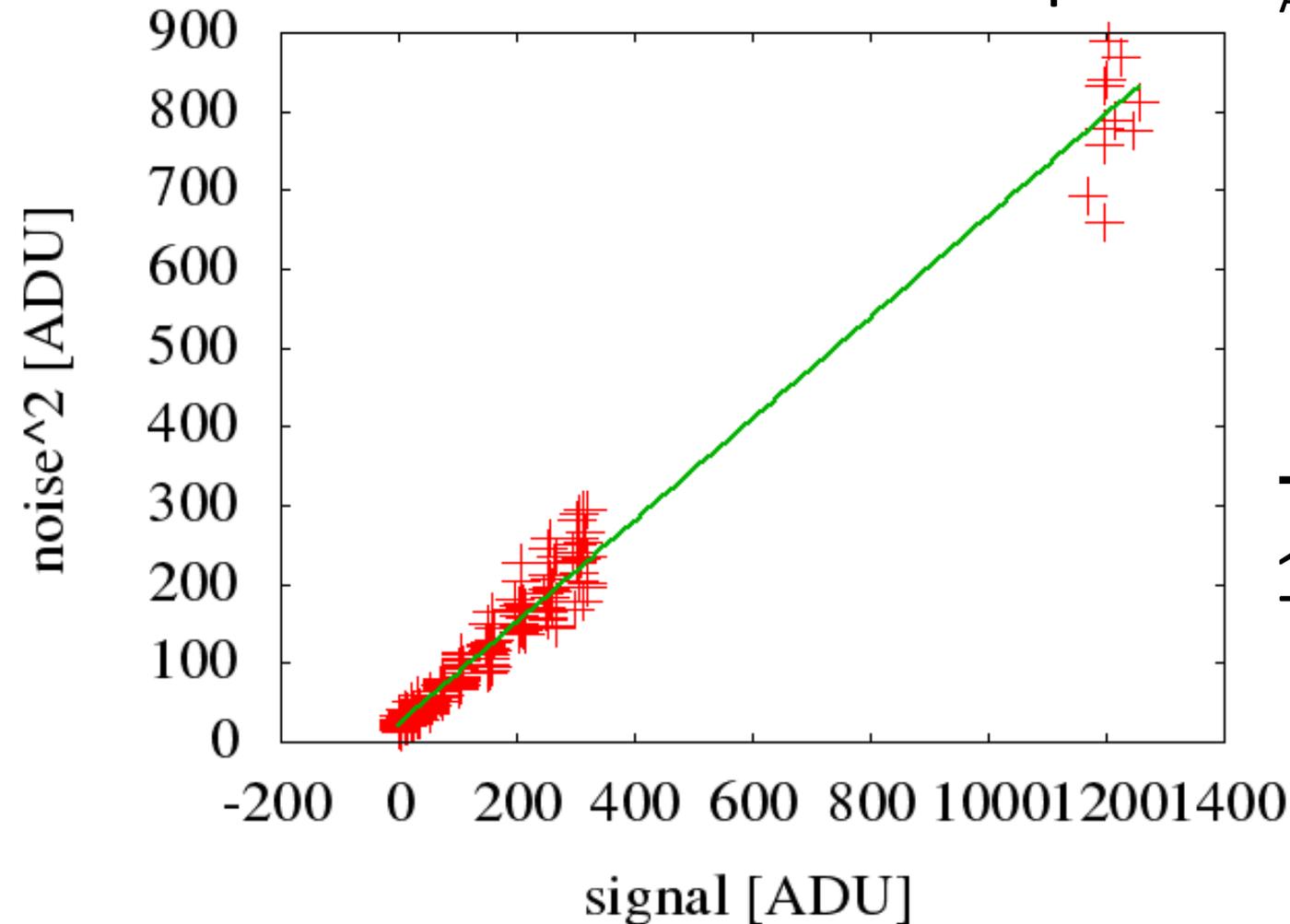


$$\text{noise}_e^2 \sim \text{photon}_e$$

$$\begin{aligned} \text{Gain} &= \text{photon}_e / \text{photon}_{\text{ADU}} \\ &= \text{noise}_e / \text{noise}_{\text{ADU}} \end{aligned}$$

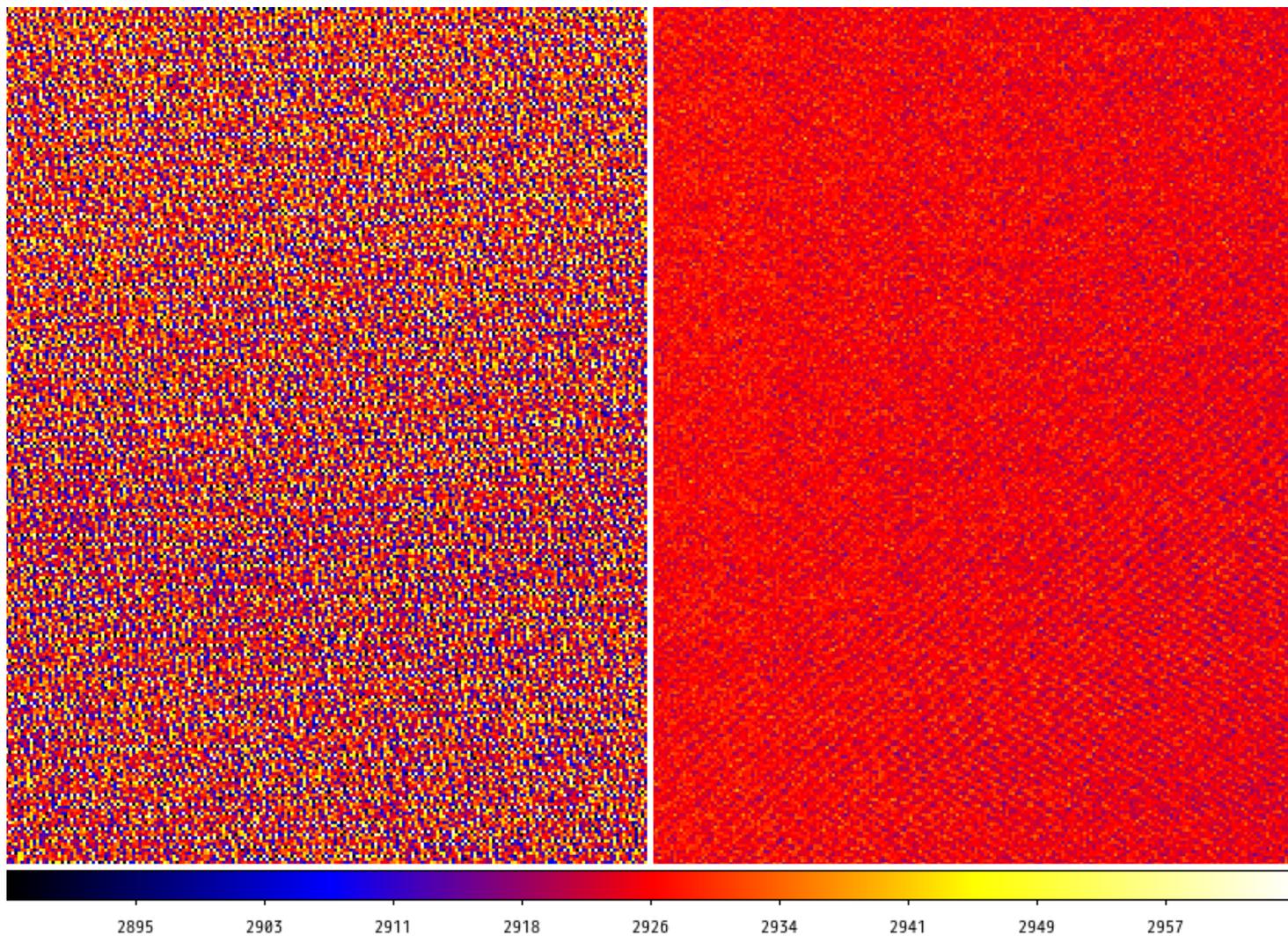
$$\rightarrow \text{Gain} = \text{photon}_{\text{ADU}} / \text{noise}_{\text{ADU}}^2$$

# Gain



$$\rightarrow \text{Gain} = 1.55 \text{ e}^- / \text{ADU}$$

# 読み出しノイズ

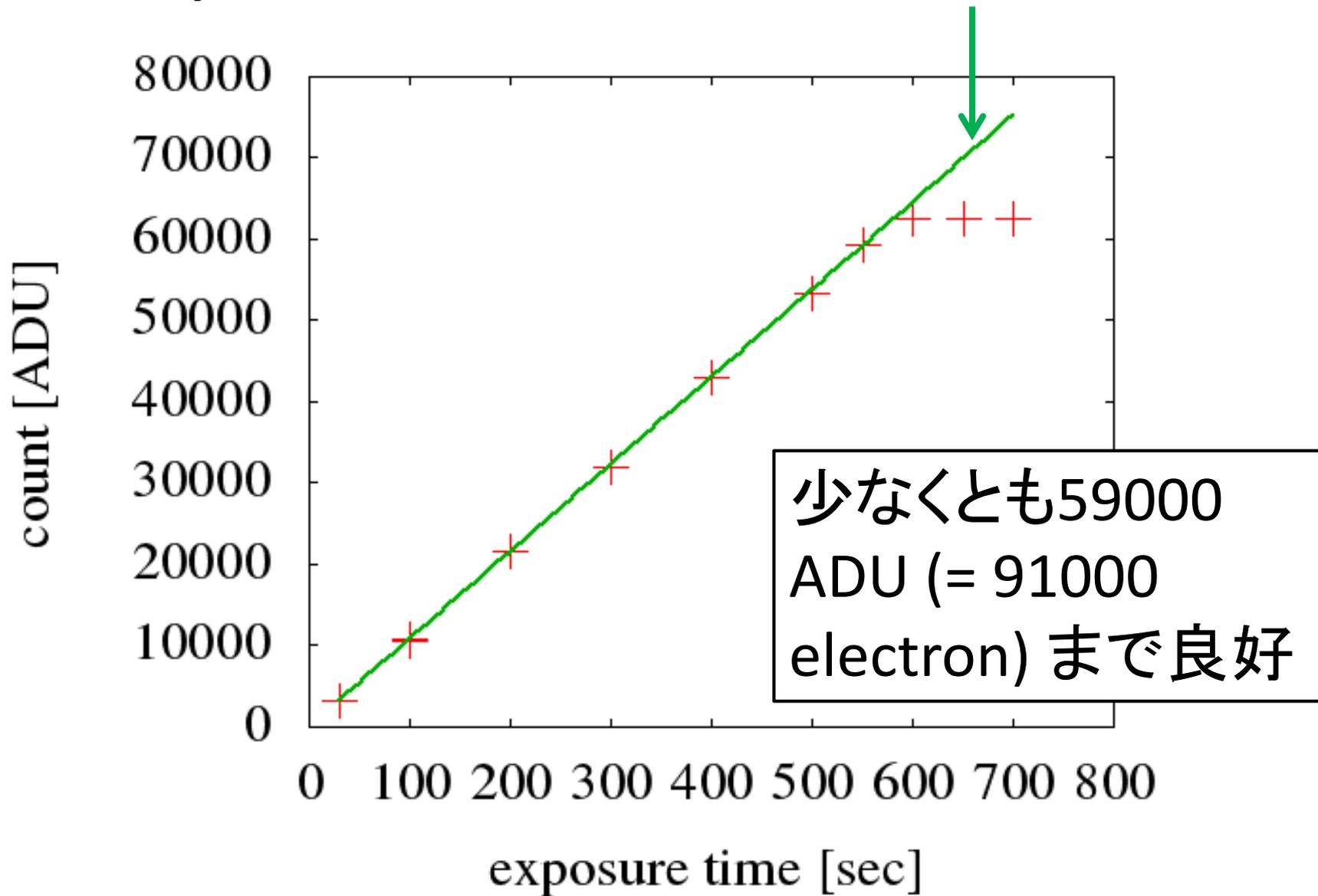


旧CCD: 25 electron

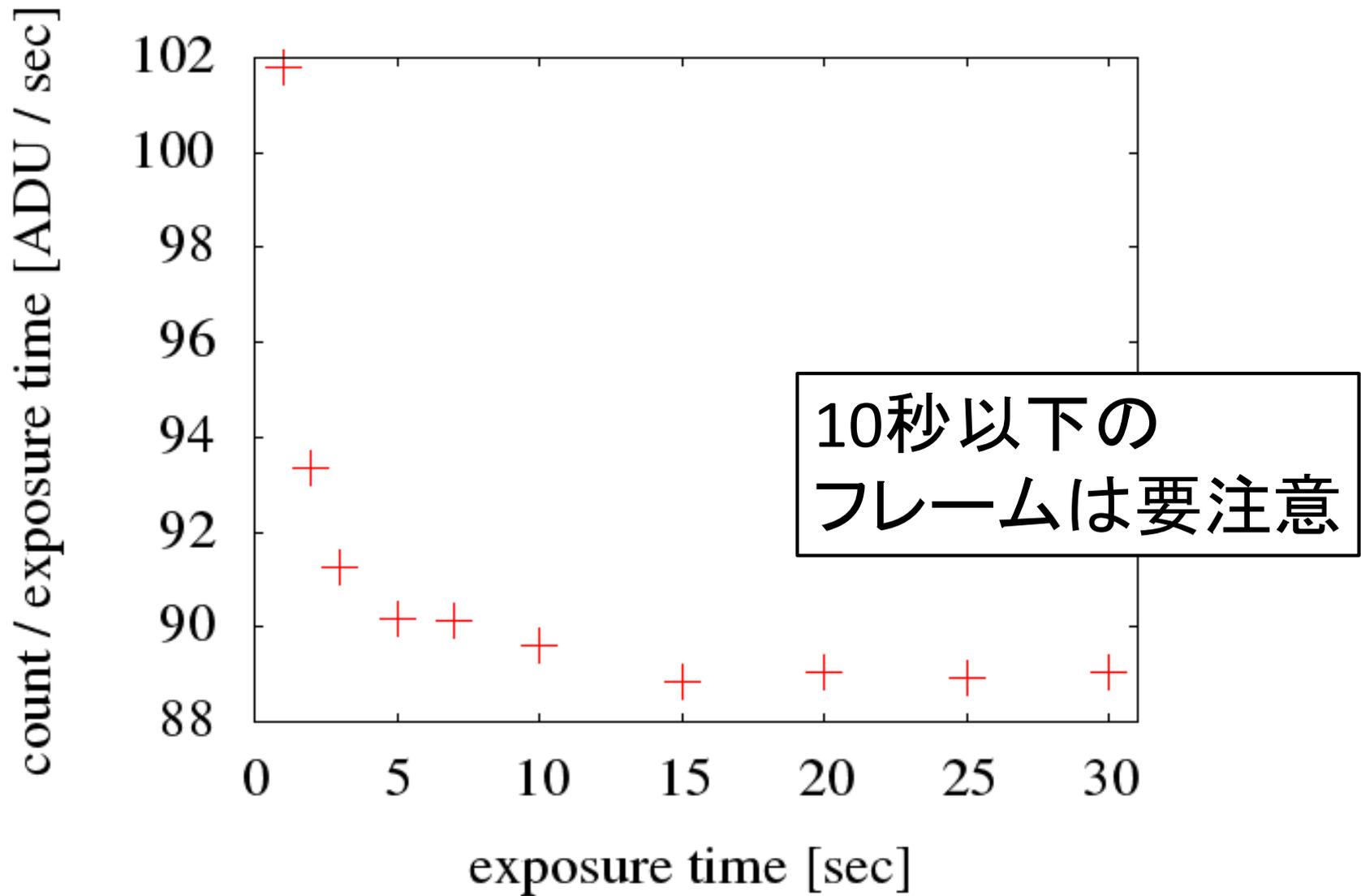
新CCD: 4.7 electron

# Linearity

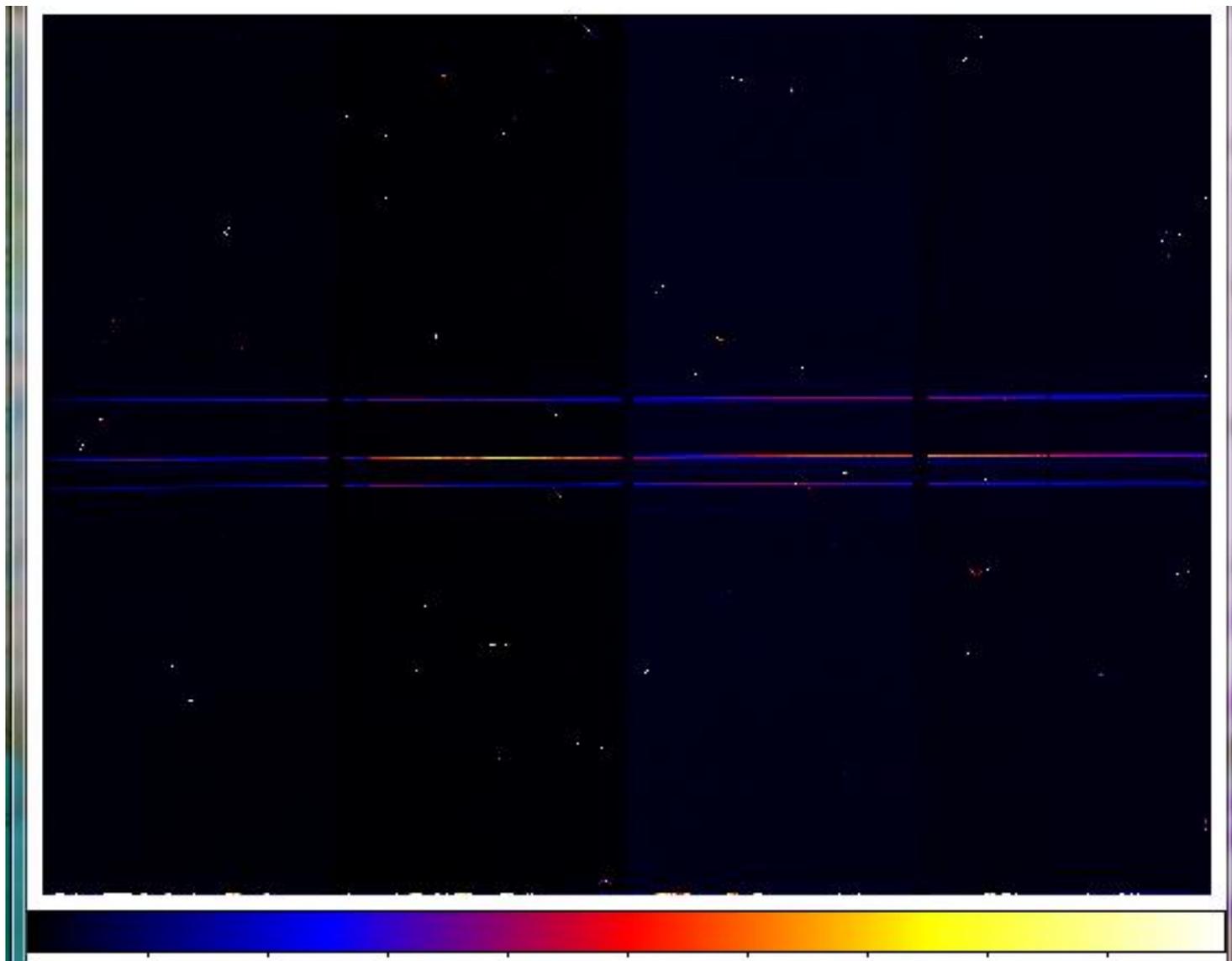
$t \leq 400$ 秒以下のデータでフィット



# (CCDと少し違うけど) シャッター

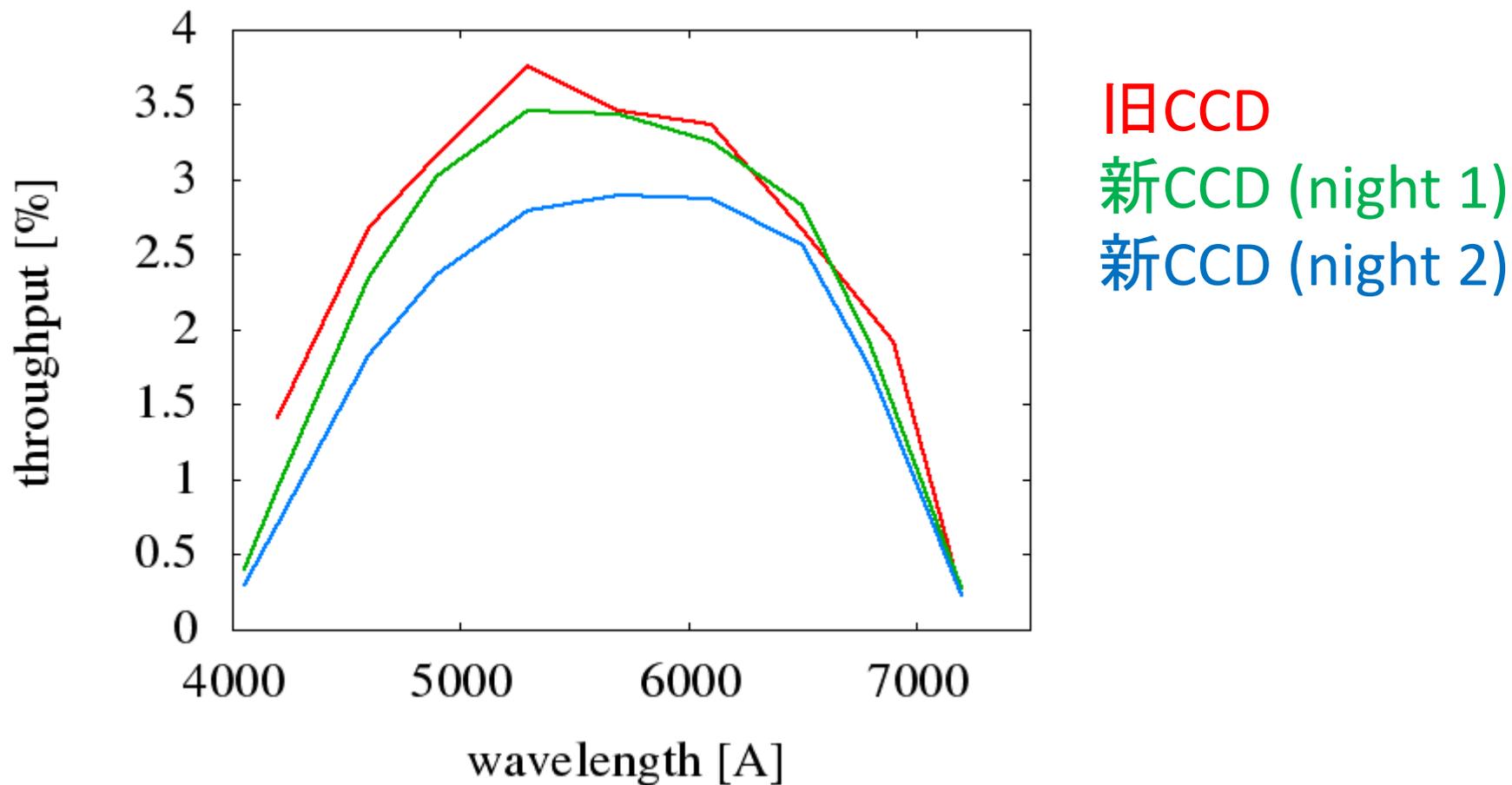


# 新CCDで標準星を観測



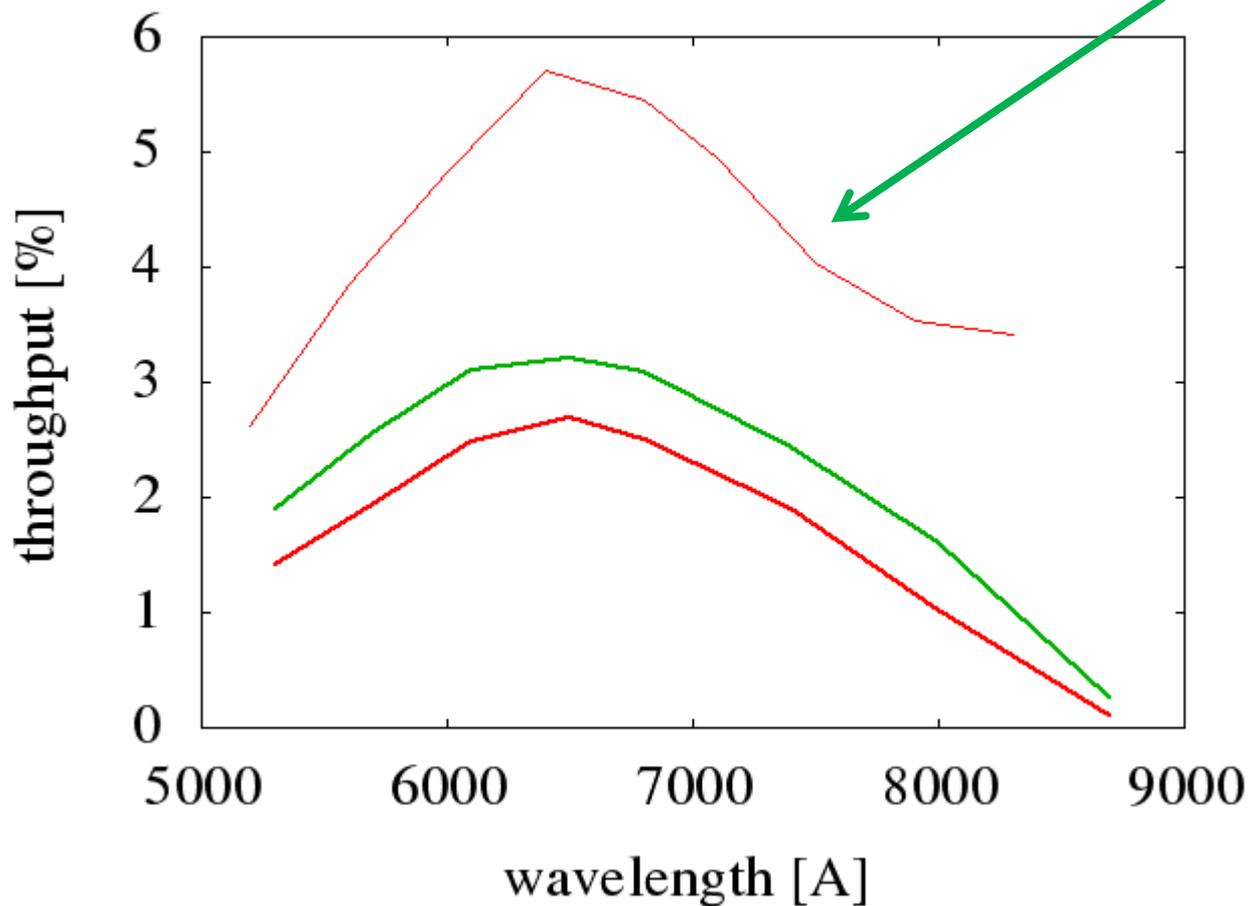
# スループット比較 (短波長グリズム)

(標準星データを使って測定)



# スループット比較 (長波長グリズム)

次数選択フィルタなし



旧CCD

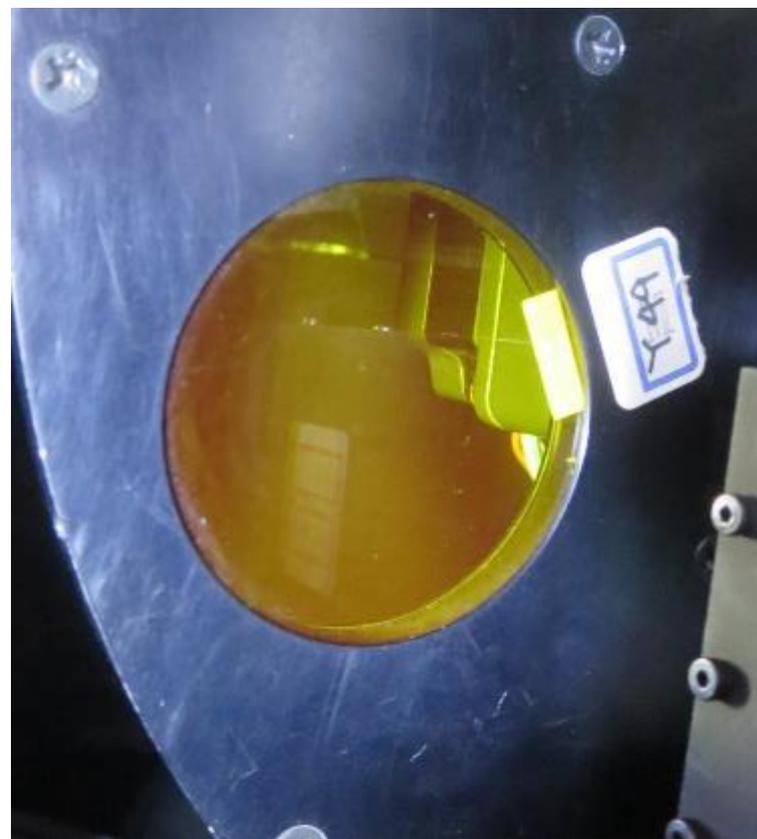
新CCD (night 1)

天気いいはずなのに、  
スループット  
低い...

# 次数選択フィルタ



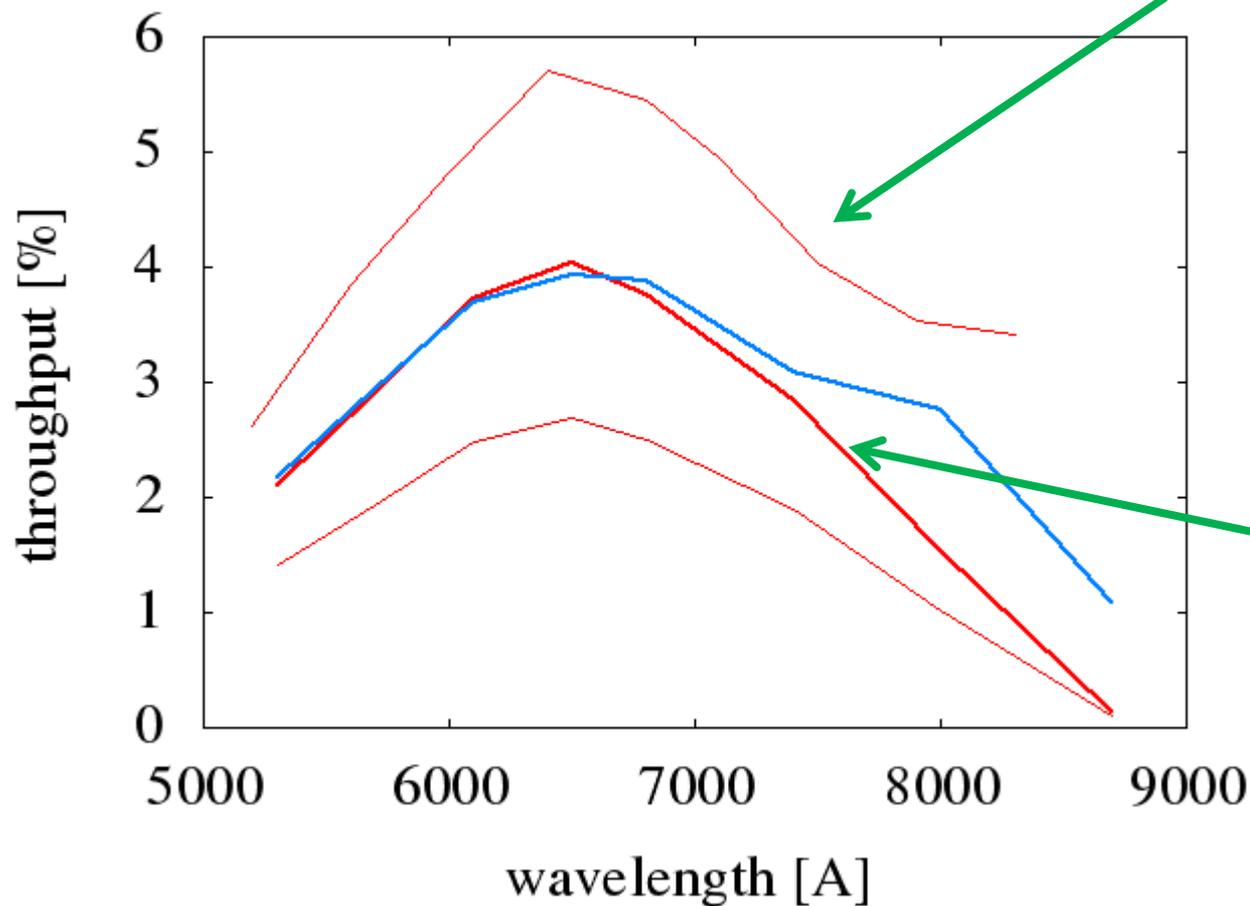
清掃前



清掃後

# スループット比較 (長波長グリズム)

次数選択フィルタなし

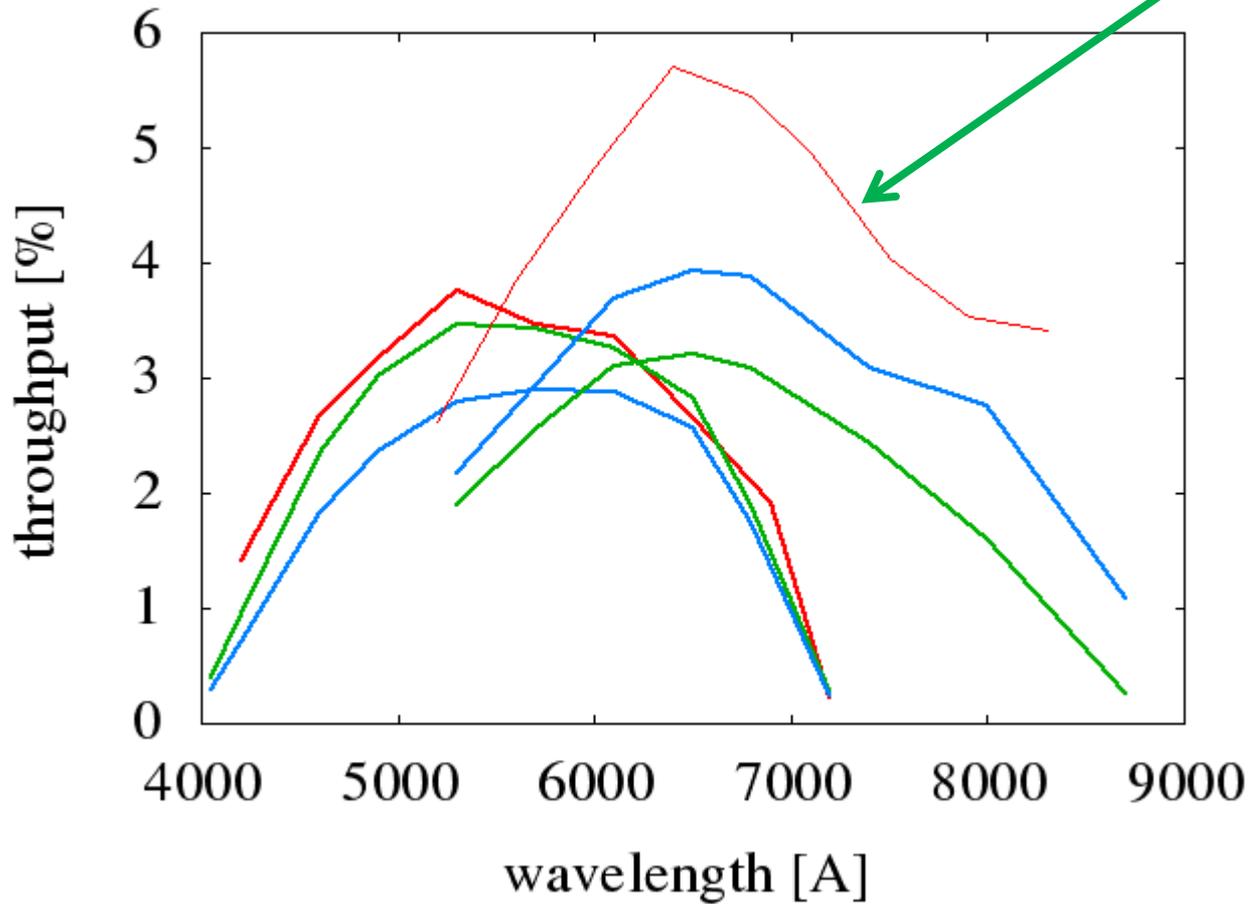


旧CCD  
新CCD (night 2)

天気の違いを  
スケールリング

# スループット比較

次数選択フィルタなし

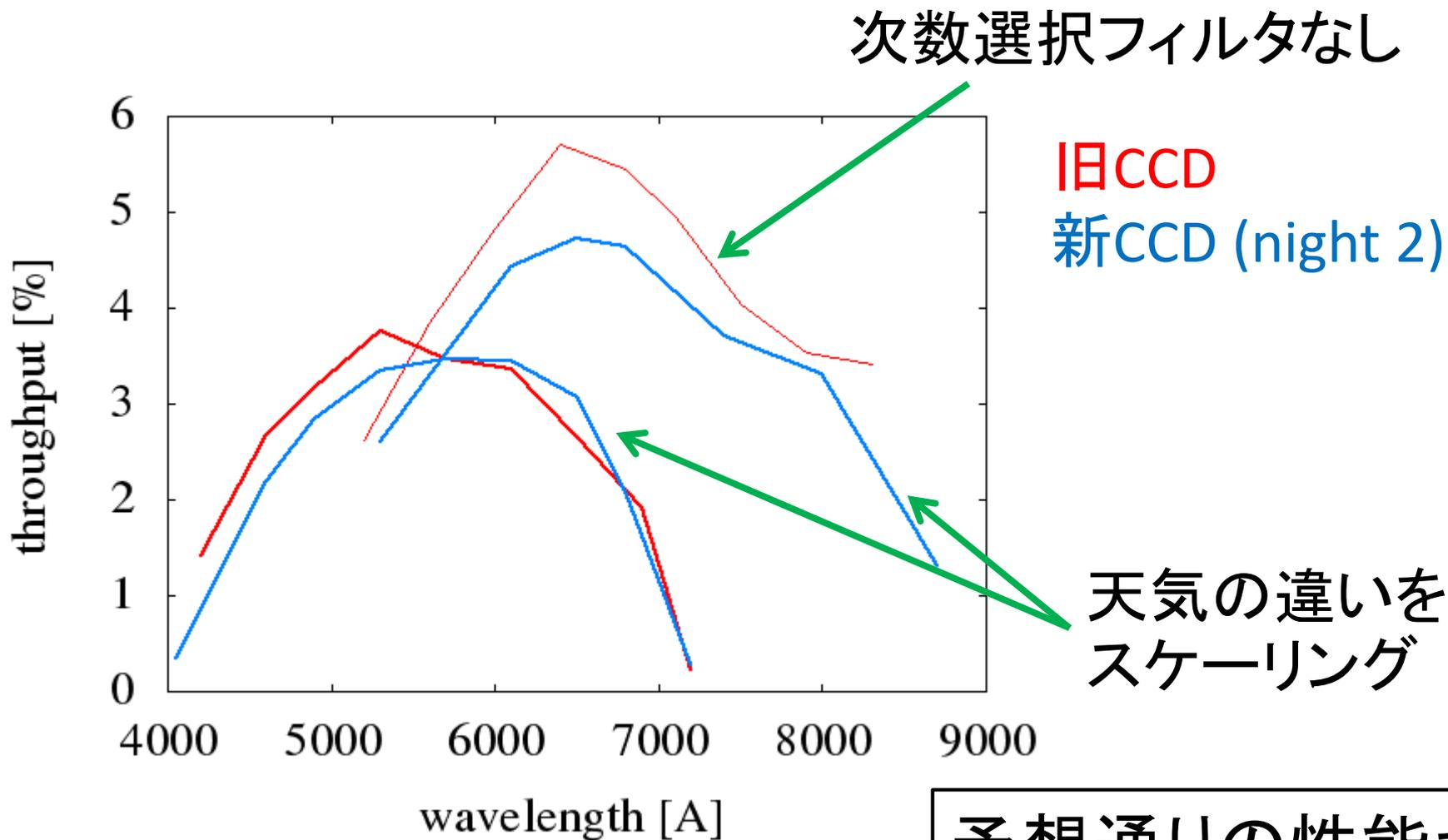


旧CCD

新CCD (night 1)

新CCD (night 2)

# スループット比較

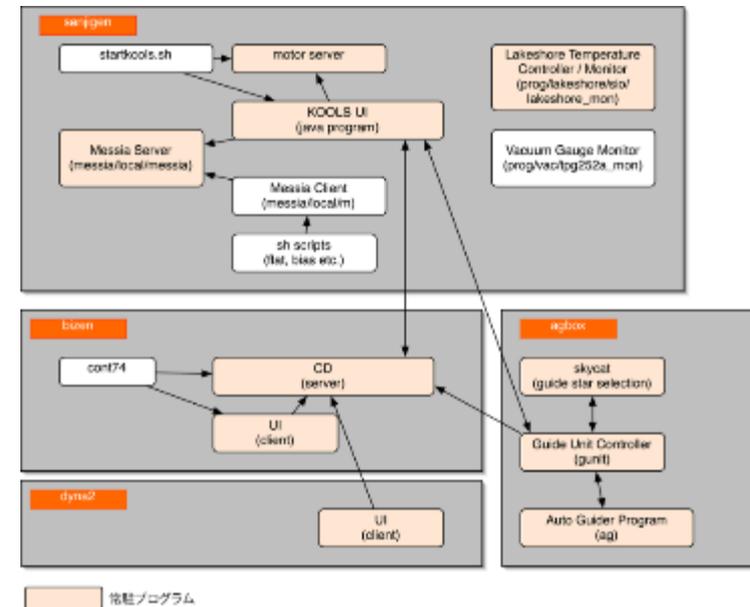


予想通りの性能が  
出ている

# 制御システム (UI) 更新

- 撮像・スリット分光モードが不要、ガイダーシステムもKOOLS専用のものでなくなる
- 読み出しシステムが変わり、シャッター制御はMESSIA依存でなくなった

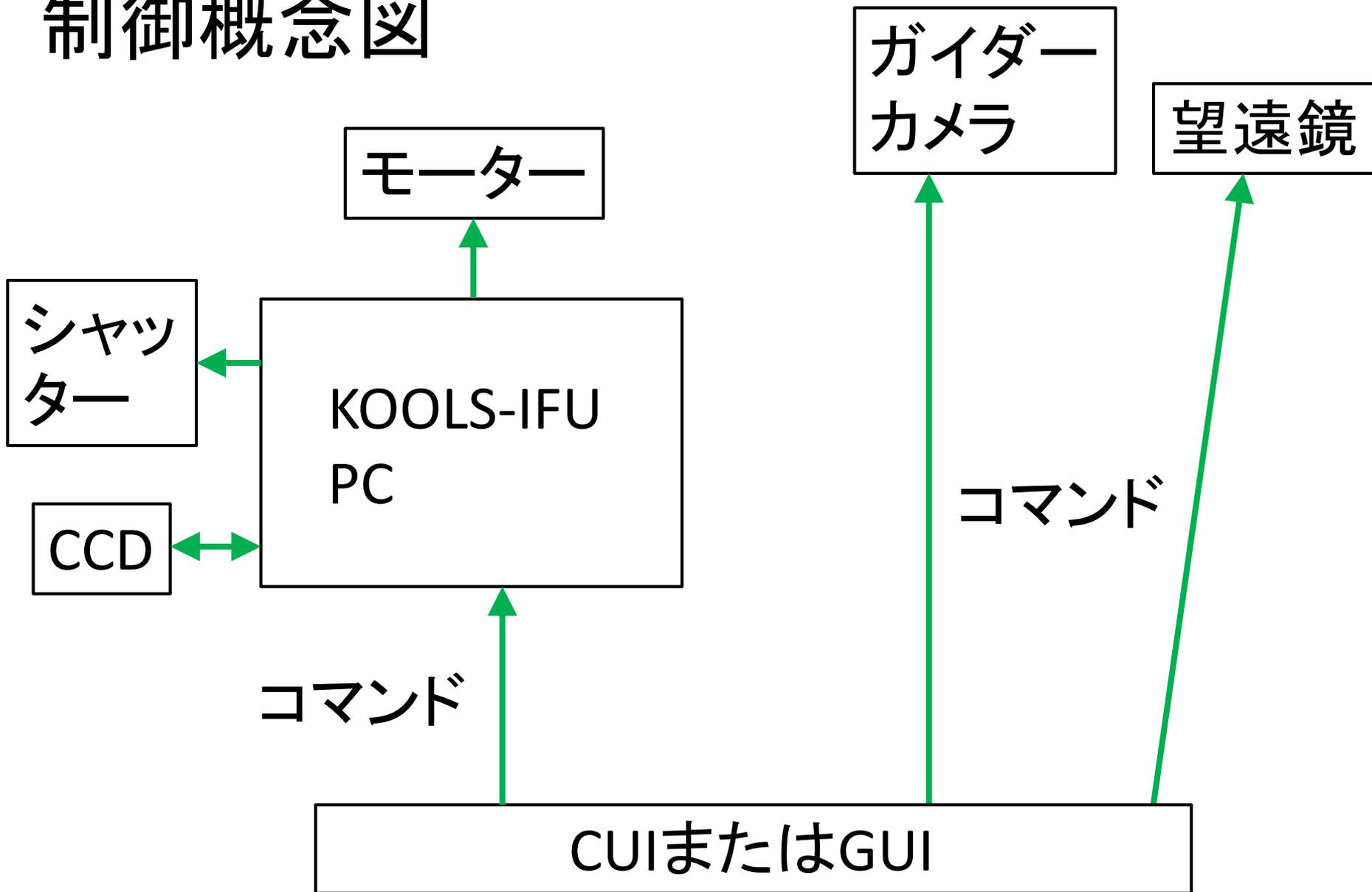
→ 制御システム更新のチャンス



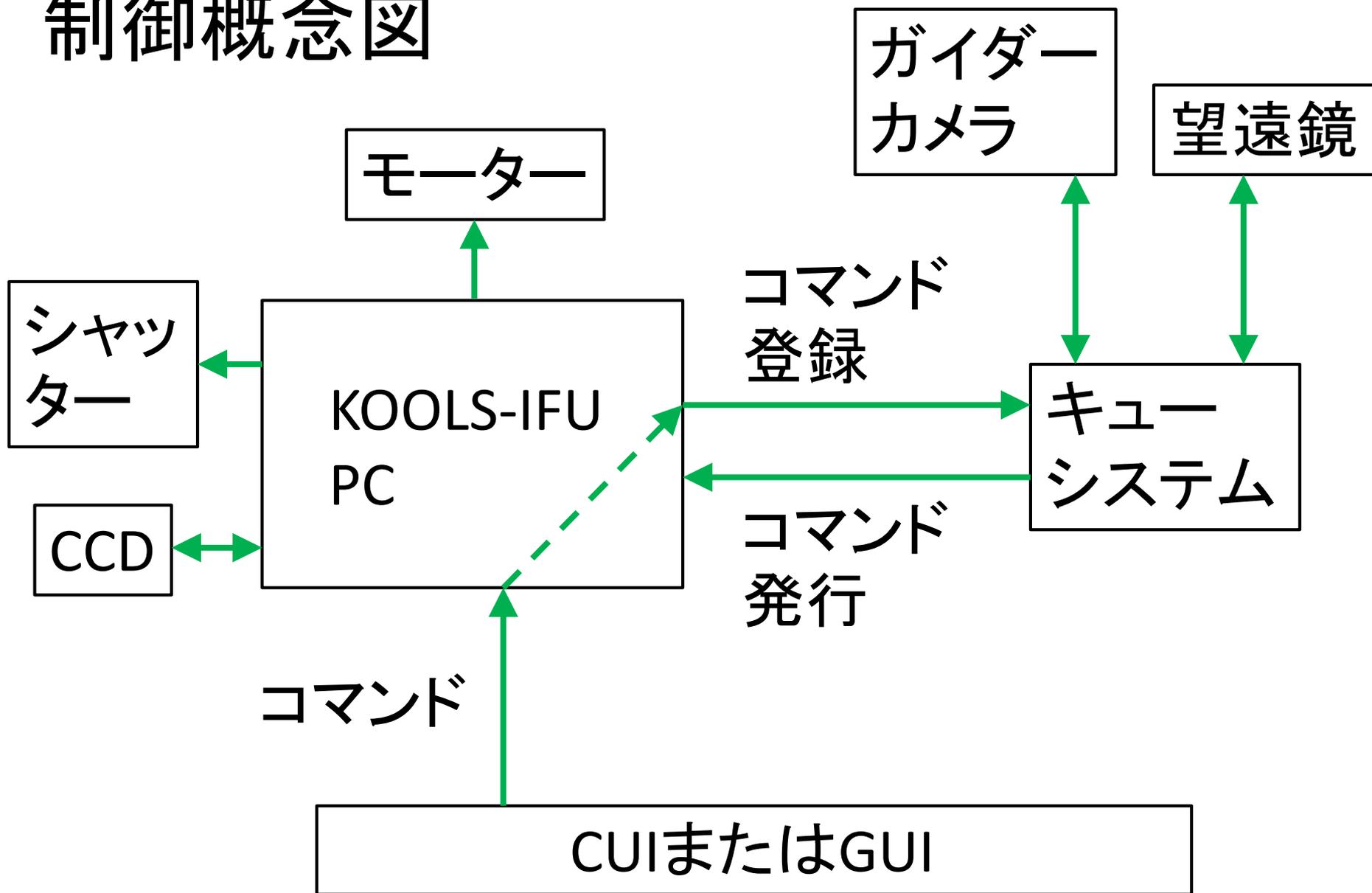
# UIに求められる機能

- 一般観測者用にGUIが必要
  - 観測装置のステータスマニター、簡易ログ表示も兼ねる
- コマンドラインからコマンド入力 (CUI) 可能
  - まとめてコマンド発行 (バッチジョブ) する
- 望遠鏡、観測装置を統合したキュー観測システム (前原キューシステム) を利用可能
  - コマンドを登録し、順番に実行する

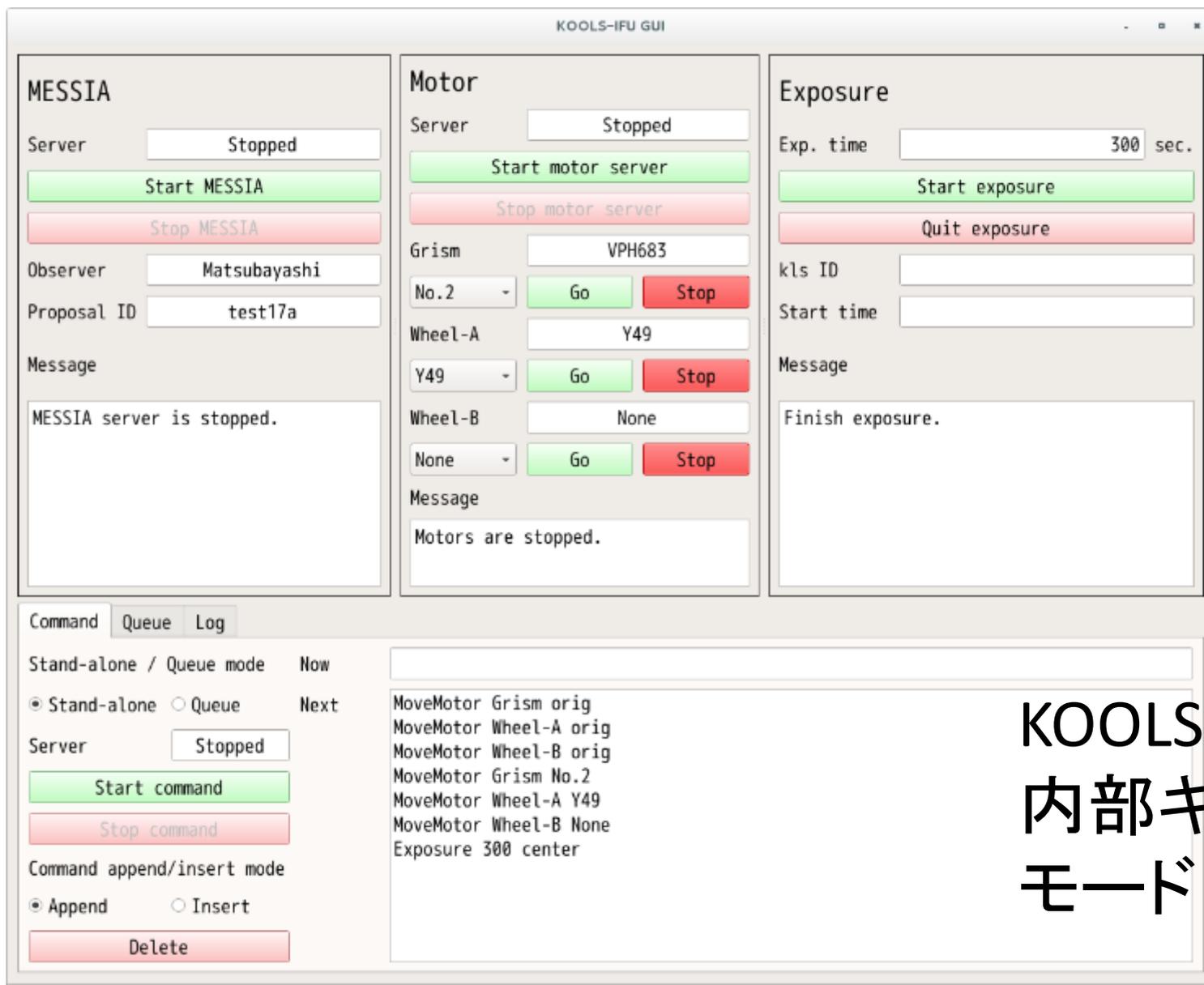
# 制御概念図



# 制御概念図

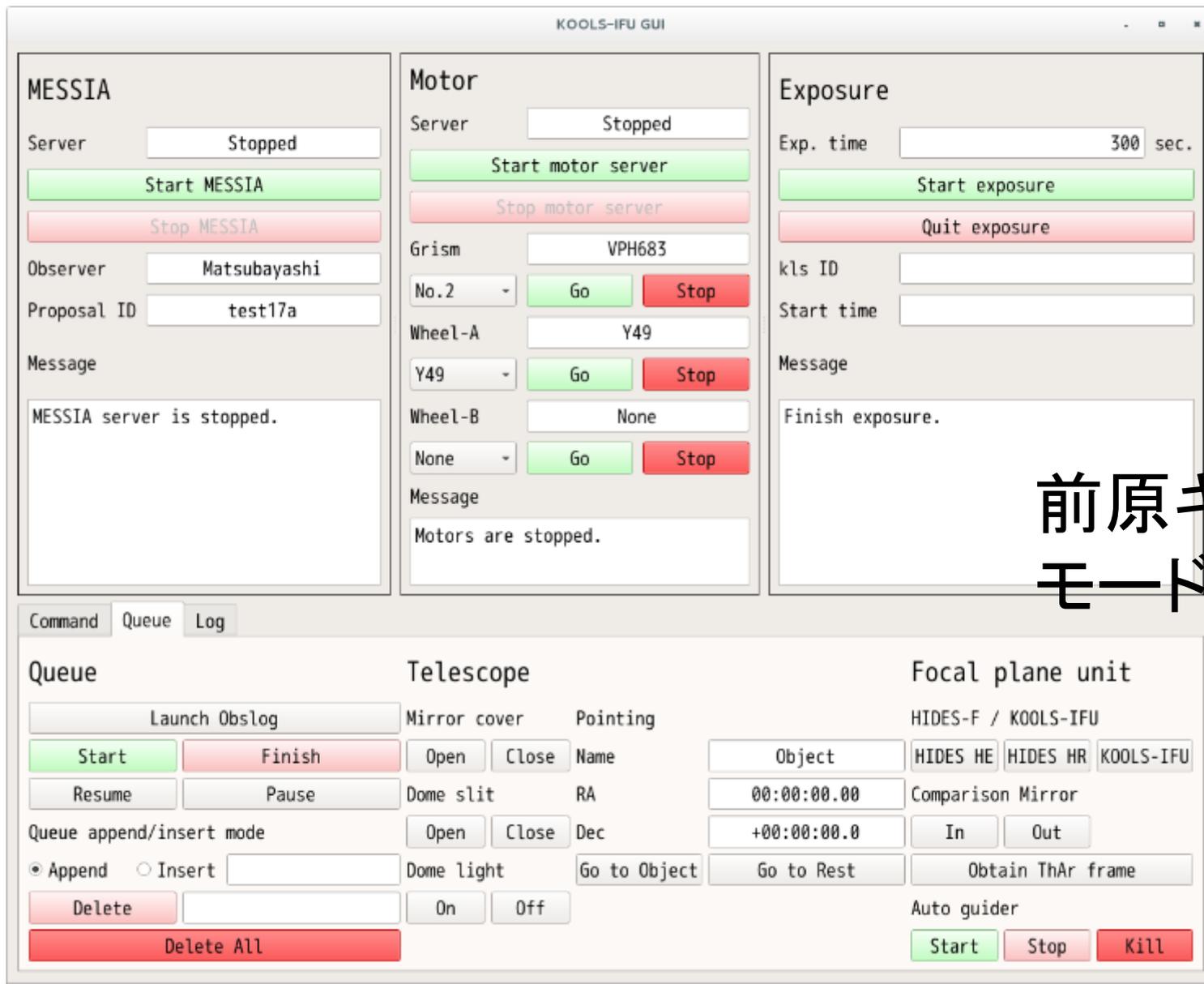


# 新GUI PyQt5で作成



KOOLS-IFU  
内部キュー  
モード

# 新GUI PyQt5で作成



前原キュー  
モード”

# まとめ

- CCDと読み出し回路の入れ替えを行った
  - ほぼ予想通りの性能が出ている
  - 改善したい項目あり (デュワー真空度改善、読み出しノイズが時々高くなる原因を特定)
- 制御システムとGUIを更新
  - 前原キュー観測システムと接続可能 (部分的ながら5月22日の観測で利用)
  - 大枠はできた。これからは細部の修正