

# せいめい望遠鏡を用いた 観測実習の報告

小宮山裕  
(法政大学)

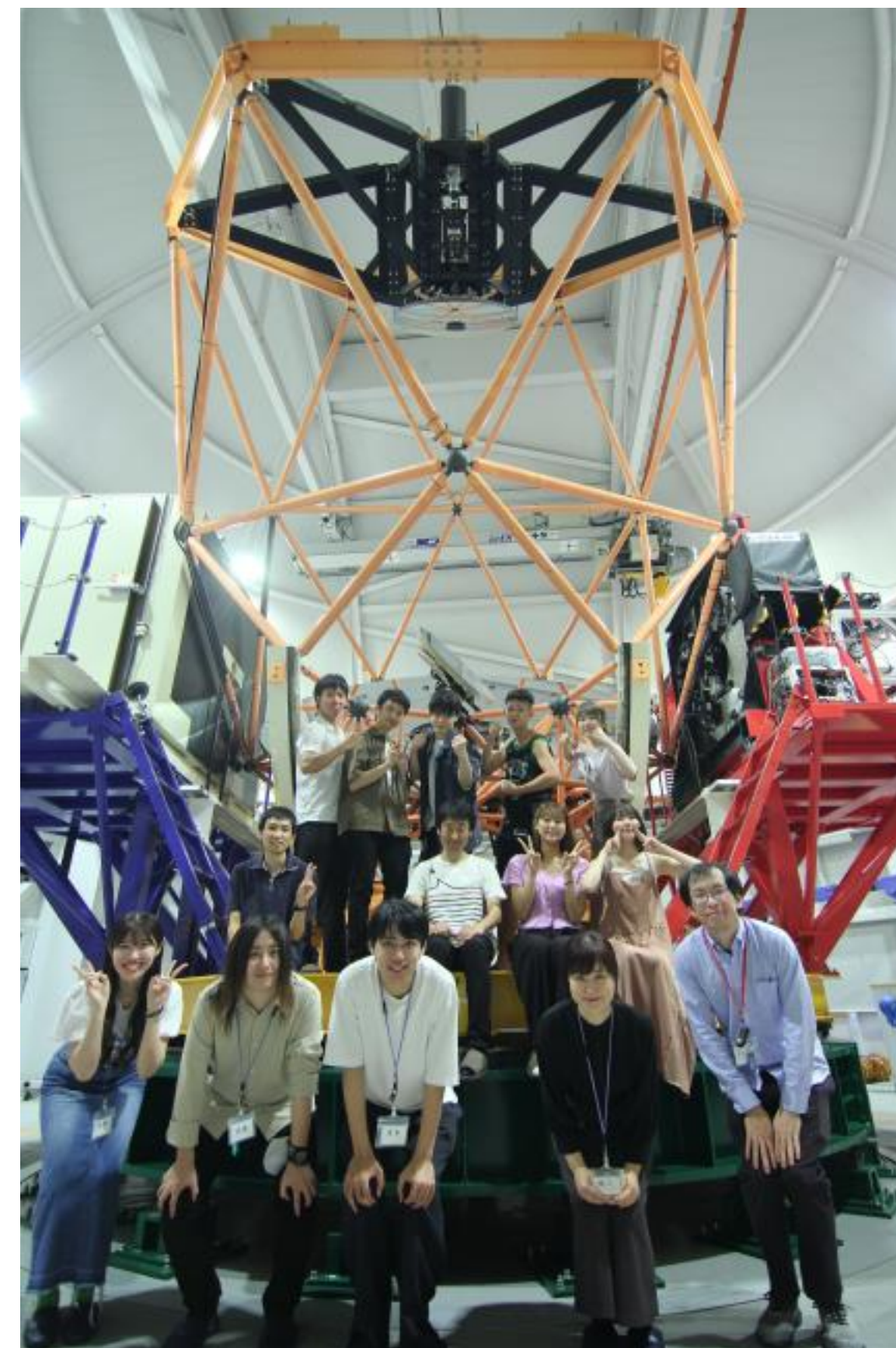
東京電機大・法政大合同で電波・  
光赤外の観測実習を行っています。





## はじめに

- この度は、せいめい望遠鏡で観測実習を実施させていただきました。
- 様々な先端技術がとりこまれたせいめい望遠鏡を目の当たりにして望遠鏡・観測システムを学ぶとともに、観測準備から実際に自分たちで観測を行うことを通して、天体観測と観測天文学の理解を深めることができました。
- さらに、卒業研究・画像解析実習に使えるデータの取得もでき、非常に効果的な観測実習となりました。
- 太田さん・大塚さん・田口さんを始め、京都大学岡山天文台、国立天文台岡山分室の皆さんに深く感謝いたします。



# はじめに

- 法政大学の状況
  - 1学年あたり7-8名の学生が研究室に配属
  - 3年生後期まで普通（以下）の物理の知識しかない：天文学はそこから始める
  - 卒業研究をどうする？
- せいめい望遠鏡での観測実習(対象は学部4年生)
  - 木曾観測実習：1人1テーマ → 10分の観測データを解析し何らかの結果を出す
  - これに対して、せいめい：テーマを絞った観測
  - 学生1人に観測立案から注力してもらい、十分な時間をかけてデータを取得し、最終的に卒業研究としてまとめる
  - 他のデータ解析研究や開発研究（CMOSカメラ）とのリンク
- 観測実習の意義
  - 学習から実践へ：観測天文学の学びの集大成としての観測実習
  - 社会への還元：天文学の伝道師として

# 観測実習2023

- 本当は何を観測するかから考えてほしいが、それはなかなか難しい

せいめい望遠鏡でメインに行われている観測テーマとは異なるもの  
+  
分かりやすい（卒業研究にできそうな）テーマ  
+  
開発中のCMOSカメラとのリンク

- 球状星団
  - TriCCSを使って短時間変動を調べてみたい
  - 時間変動しそうなもの：変光星(RR Lyr)、(近接)連星系
  - 最悪、色等級図が描ければ何かできるだろう



# 球状星団の観測計画

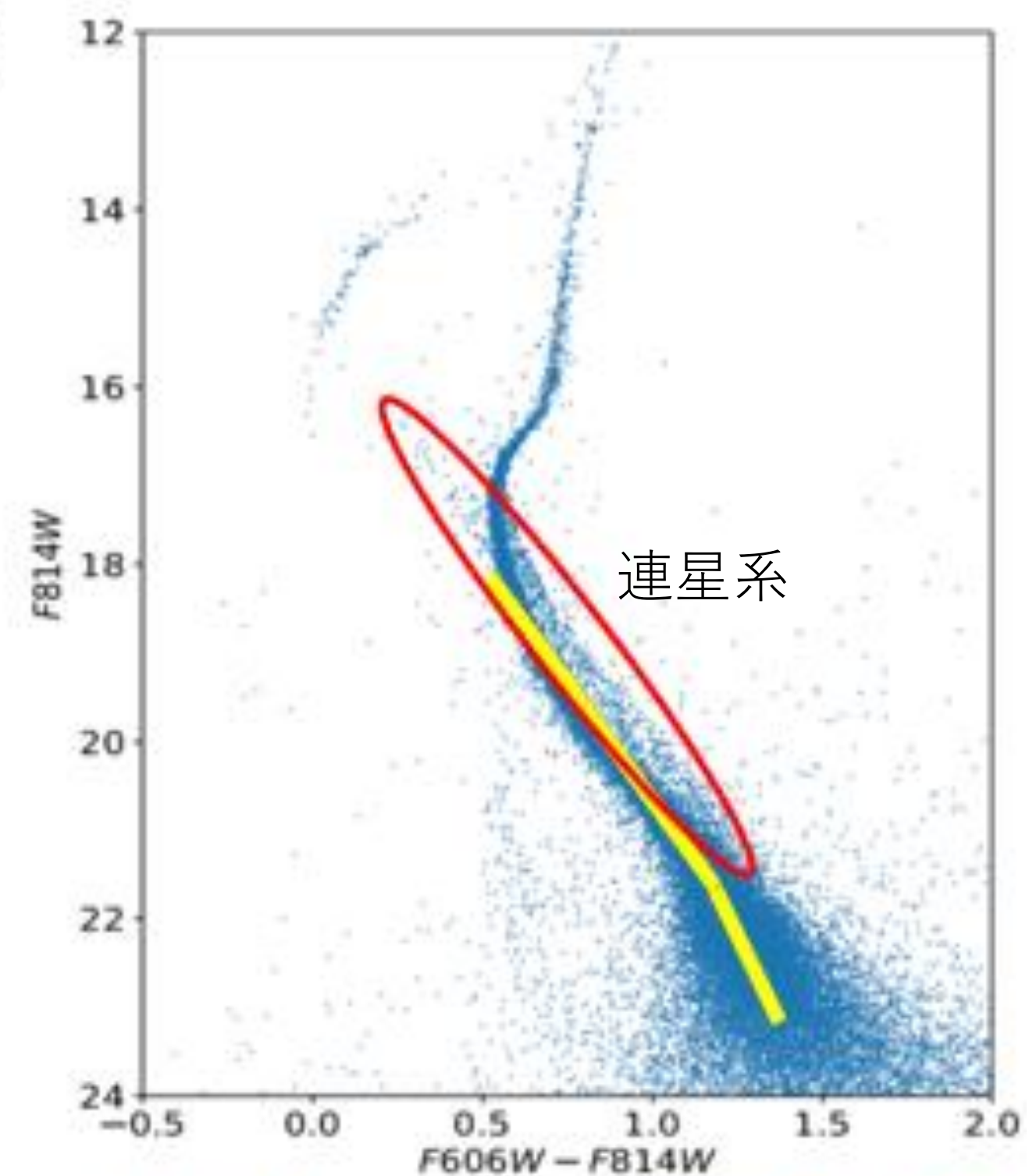
- 連星系 → 転向点を一つの基準にして考える
  - 1フレーム1秒積分で連続撮像
  - 転向点 ( $M_v \sim 1.5\text{mag}$ ) が十分なS/Nで受かるか
- 球状星団の選定
  - 観測日時に観測可能なもの

項目		値	
ピクセルスケール		0.350" / pixel	
視野		12.6' x 7.5'	
フレームレート		最大98 fps	
観測バンド		<i>gri</i> or <i>grz</i>	
限界等級 ( $10\sigma$ )	撮像	1秒積分	~19 mag
		600秒積分	~22 mag
	分光	1秒積分	~15 mag
		600秒積分	~19.5 mag
波長分解能 (1.0"スリット)		$R \sim 700$	

明るい



暗い



青



赤

球状星団M55の色等級図



# 球状星団の観測計画

- 選ばれた球状星団

- NGC6205 (M13)

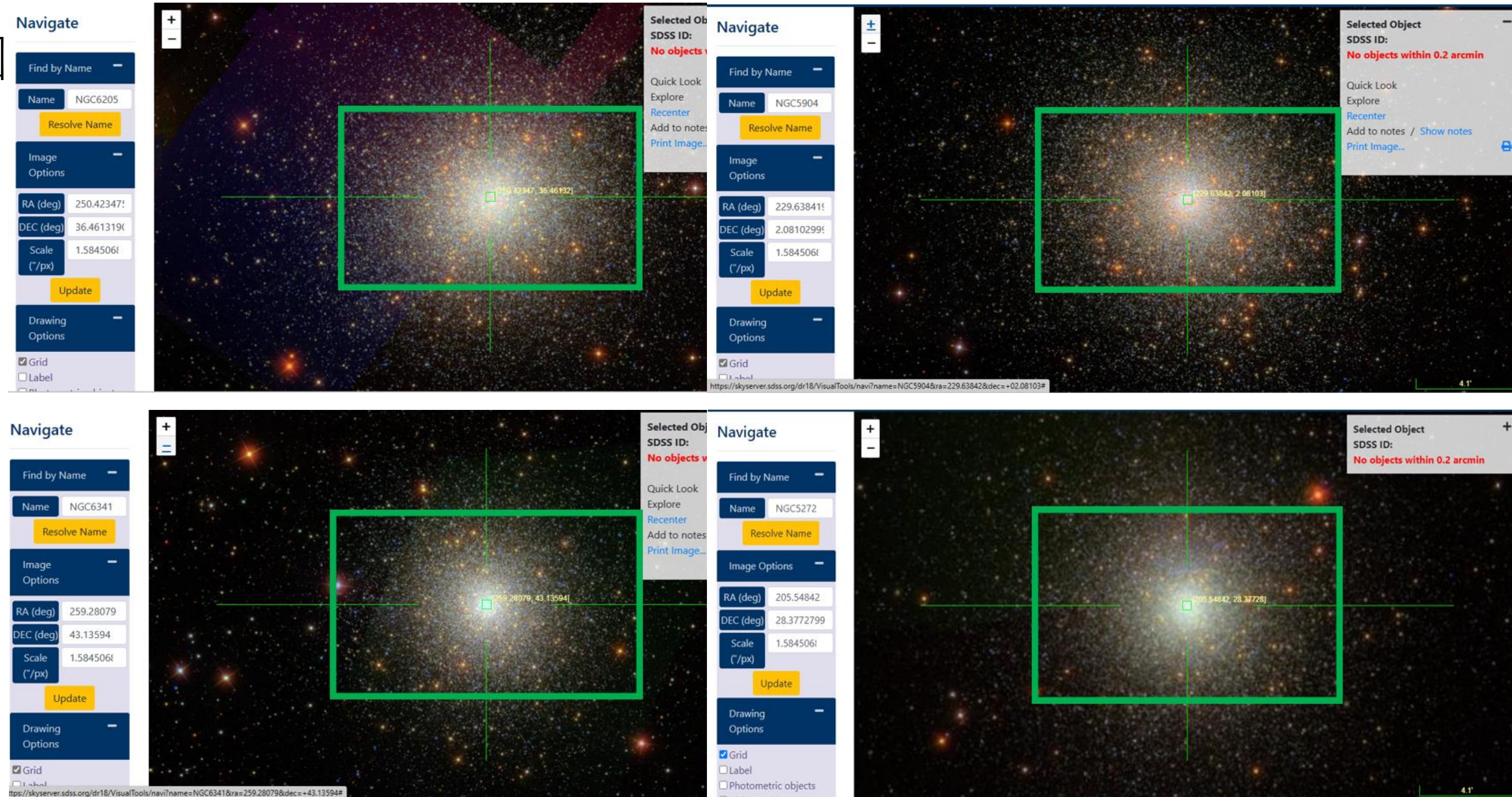
- NGC5904 (M5)

- NGC6341 (M92)

- NGC5272 (M3)

- 観測

- 6/16 (+6/17)

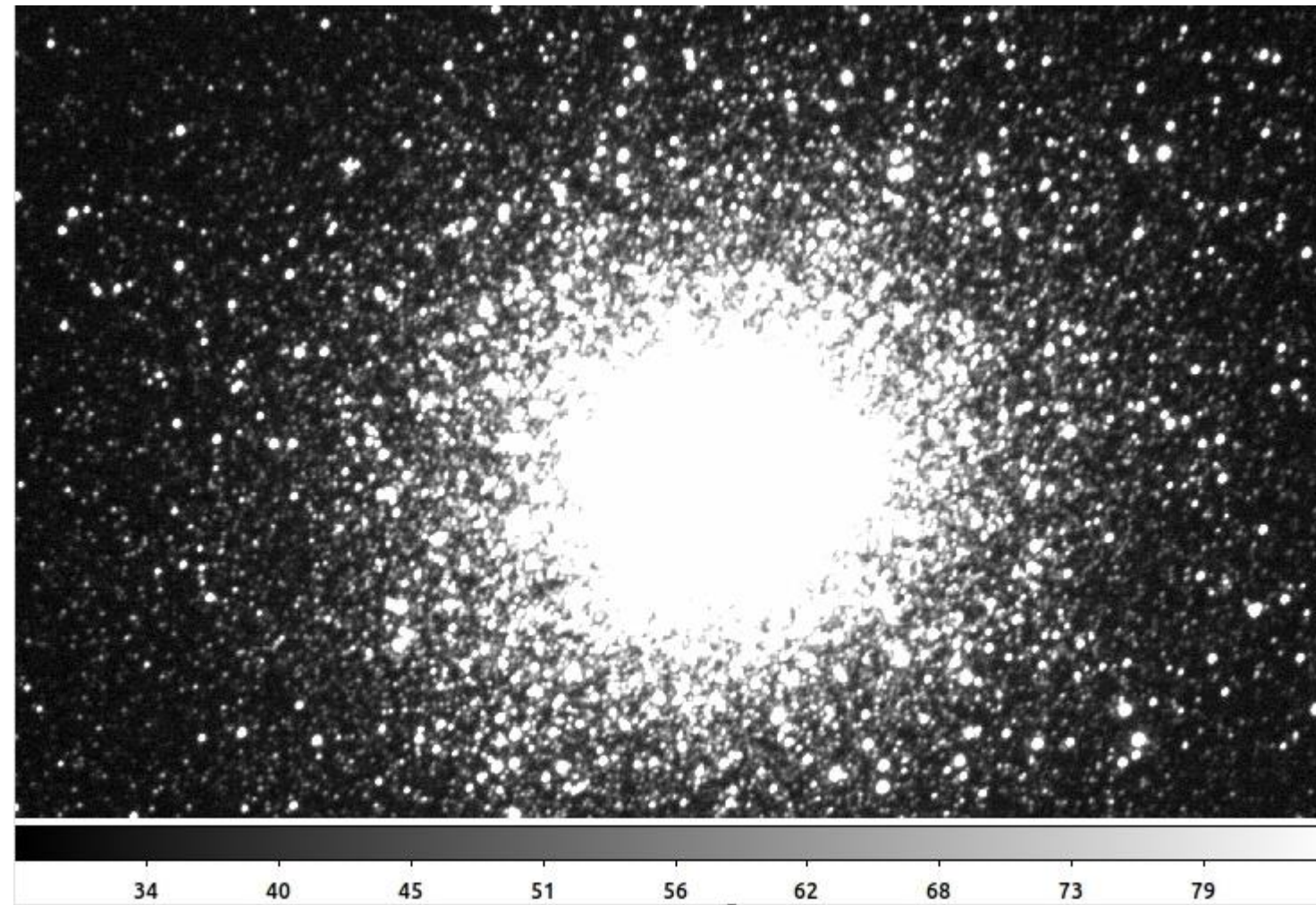


各球状星団について1秒積分データを約1時間分取得



# データ解析

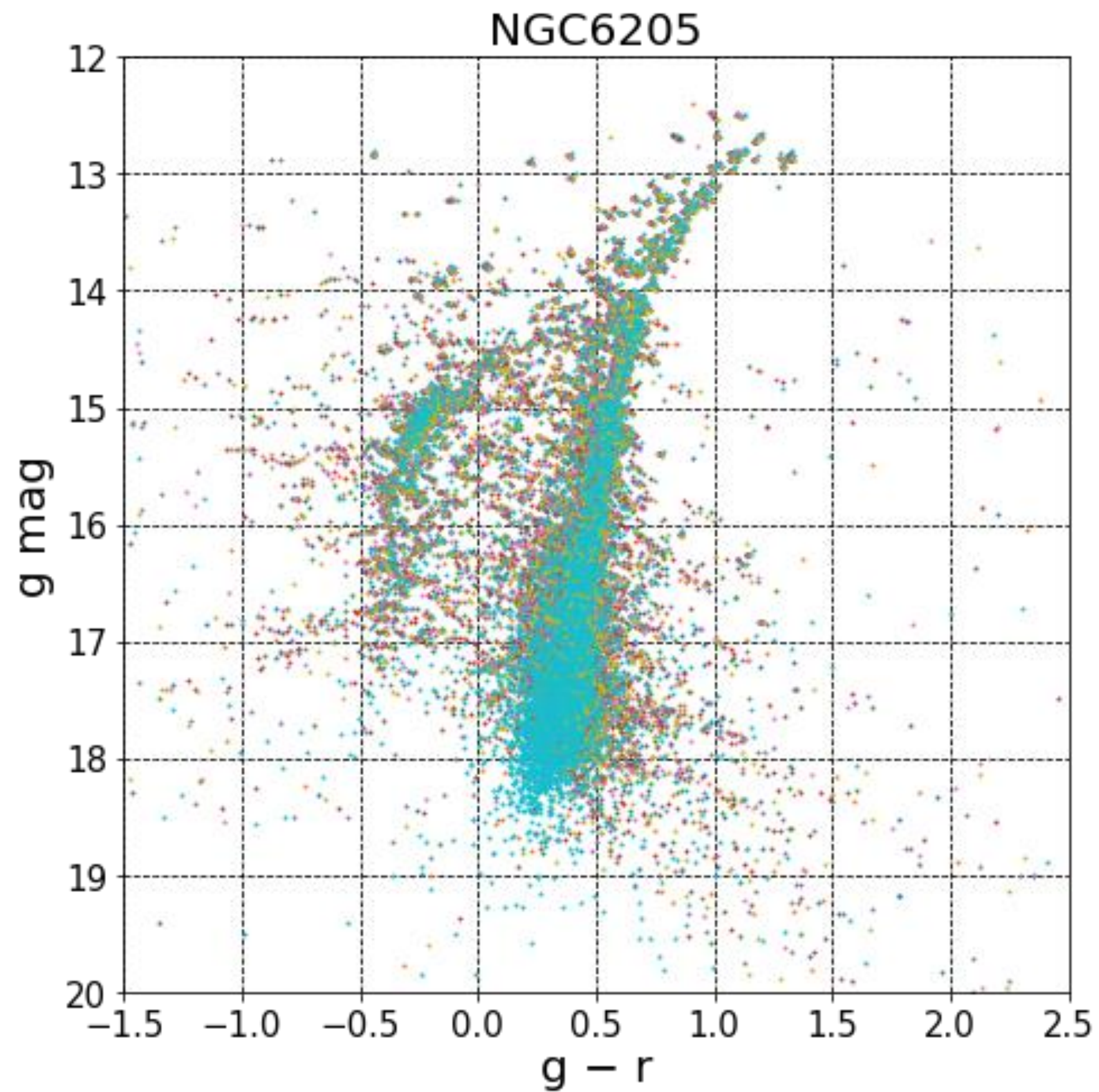
- 岩室さんの“TriCCS 画像解析”を参考に進めている。
  - <http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~iwamuro/TRICCS/>
  - dark と flat 作成 (Sky flat 作成は撮像してないので省略)
  - dark 引きと flat 割り
  - badpix 補正
  - object 重ねあわせ
  - 3色位置合わせと測光
  - 3色カラー画像作成
  - 色等級図の作成
- 学部3年生の画像解析練習の題材としてもTriCCSを利用



球状星団NGC6205の天体画像(rバンド)

## 色等級図

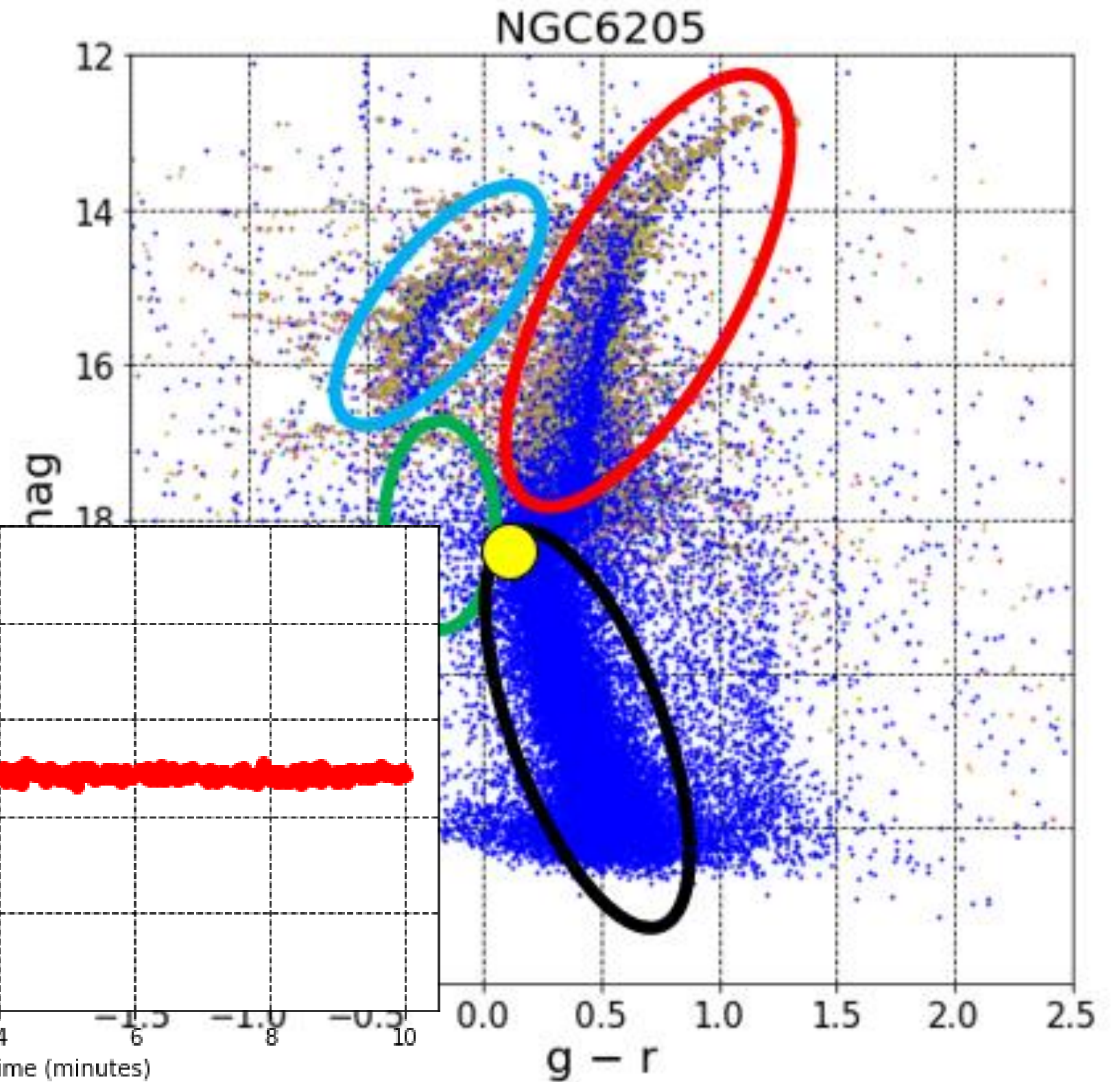
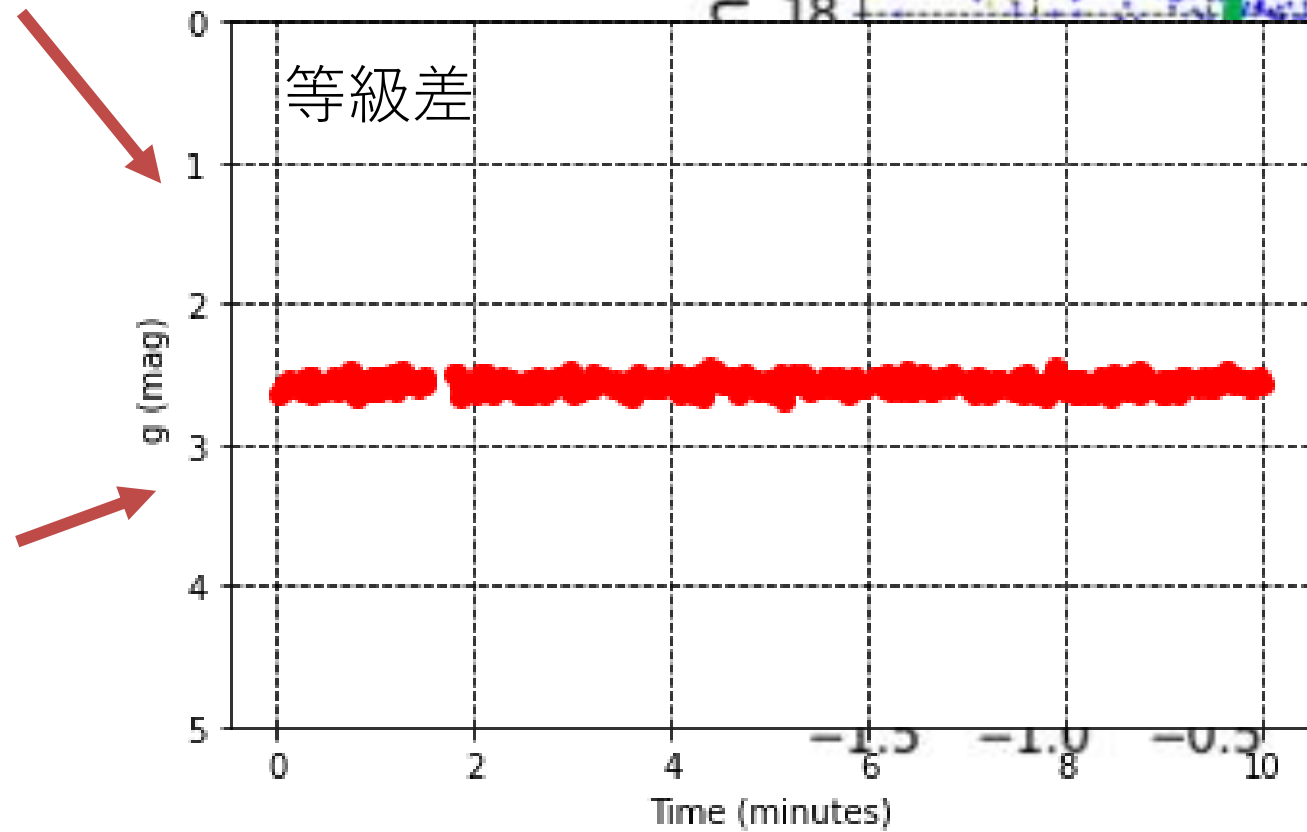
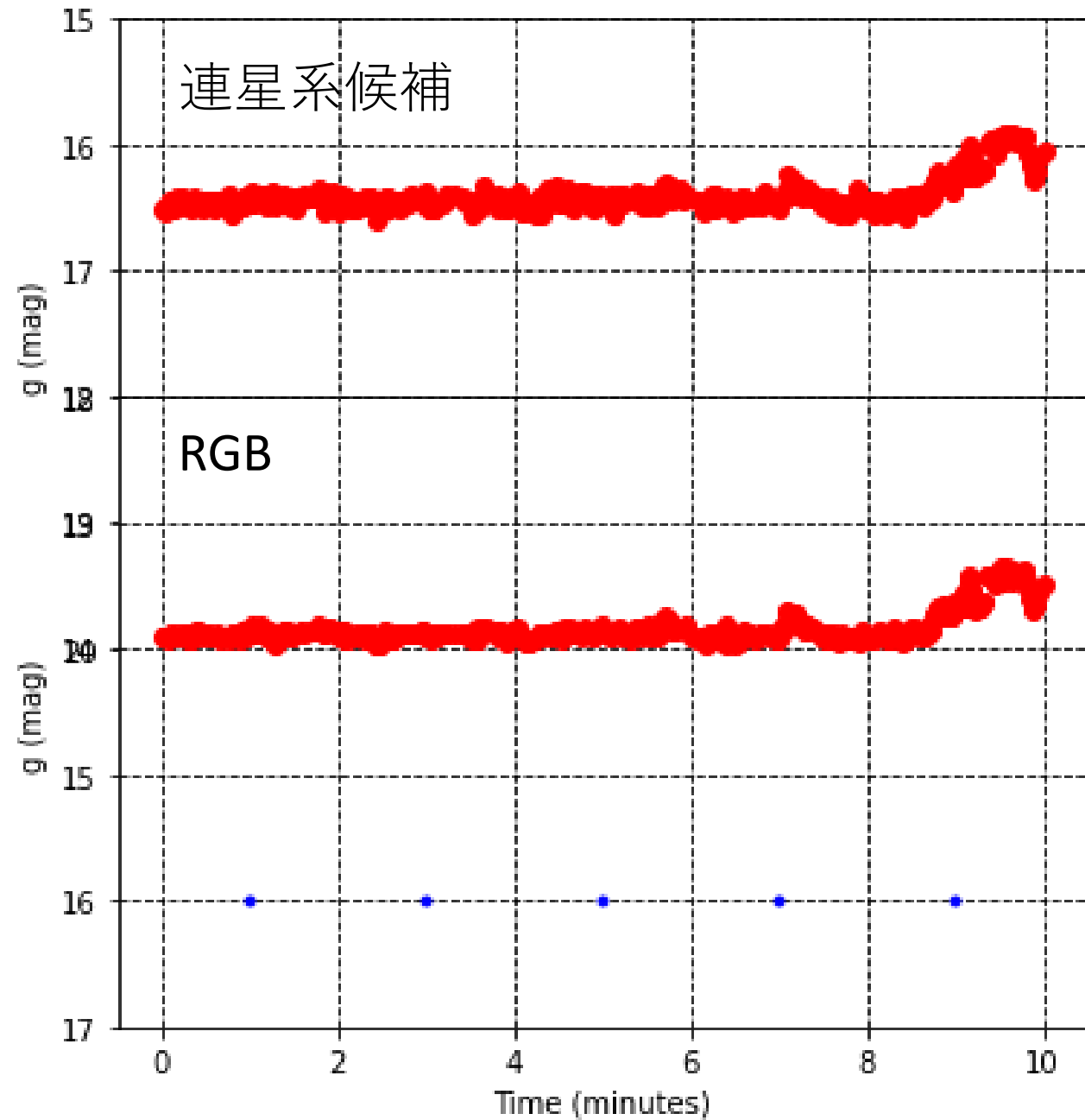
- 球状星団NGC6205(中心部)の色等級図
- 1分間重ね合わせ x 10セット





# 色等級図

- PanSTARRS1と重ね合わせた色等級図
  - Blue Straggler あたりの星を選定し  
光度曲線を書いてみる



球状星団NGC6205(中心部)の色等級図

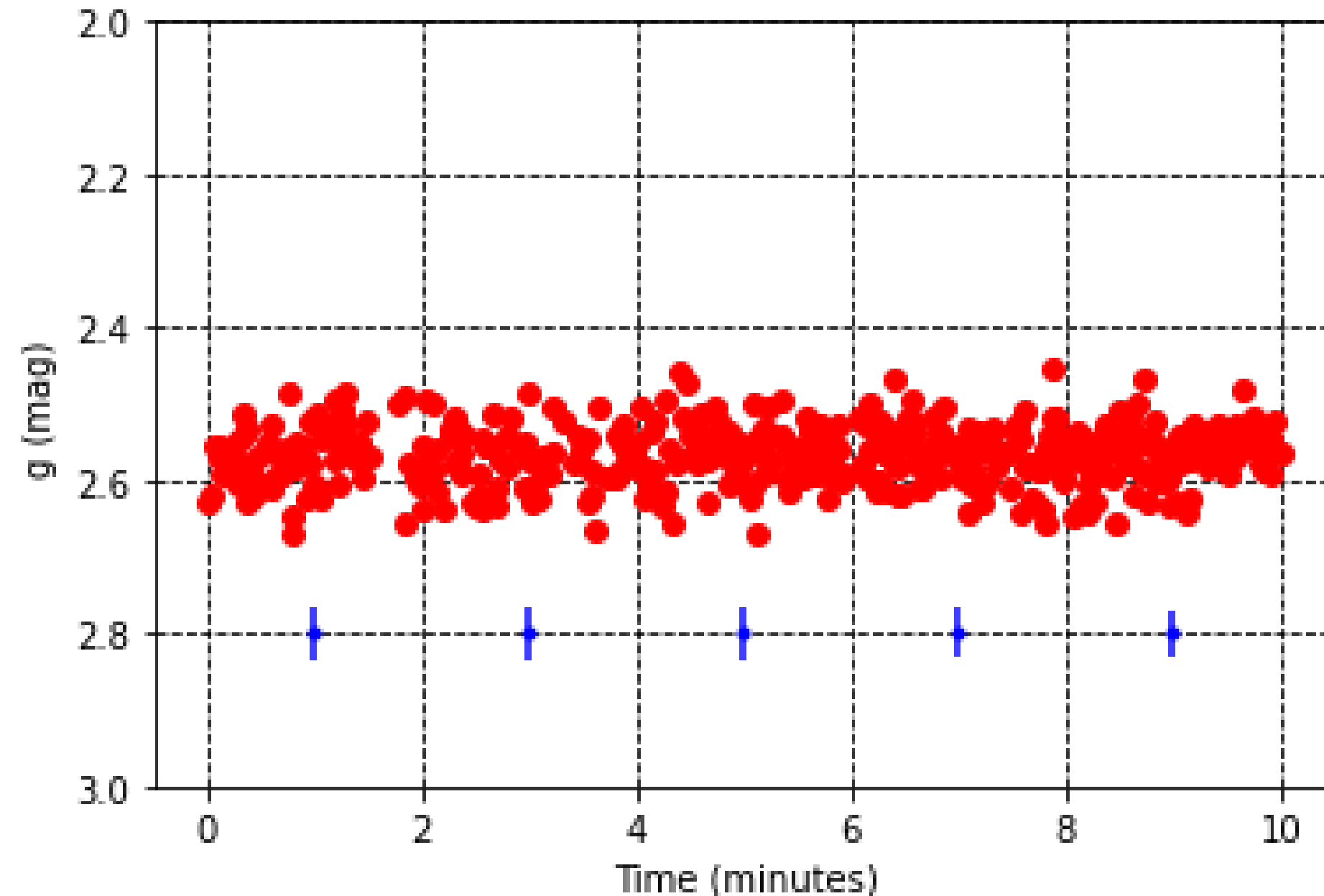
# 色等級図

- 光度曲線（拡大図）

- 測光値には2分間の典型的測光エラー以上のばらつきがある(3 $\sigma$ と行ってよい?)
- この天体については、有意な変光は認められなかった

- このような「きれいな」光度曲線が描ける天体はそれほど多くはない

- 球状星団という混雑領域



すべての球状星団について1時間分のデータを解析中  
→修士論文としてまとめる予定



# 観測実習2024

- 興味をもった天体を追求したいというモチベーションからスタート

- Ultra Diffuse Galaxies (UDGs)

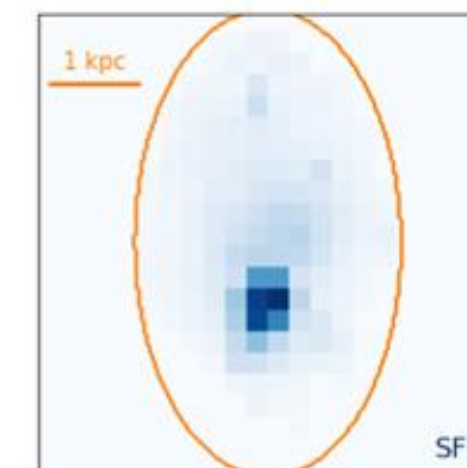
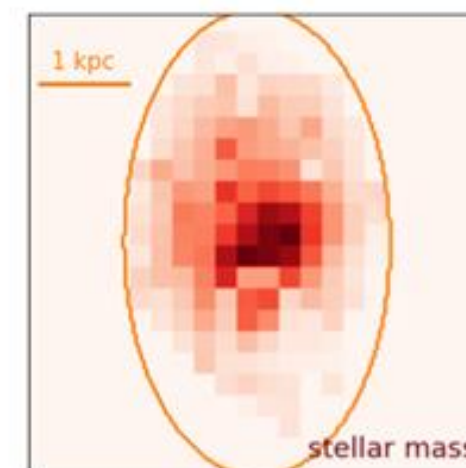
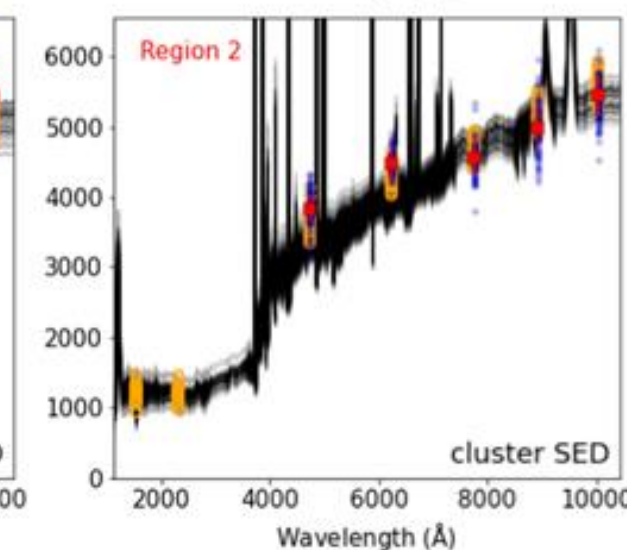
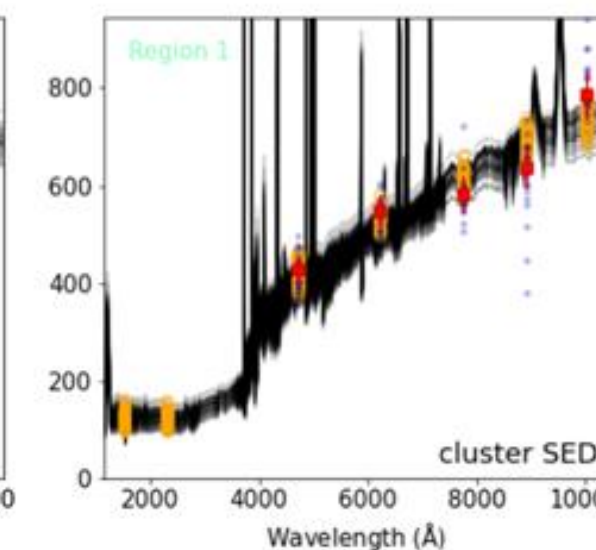
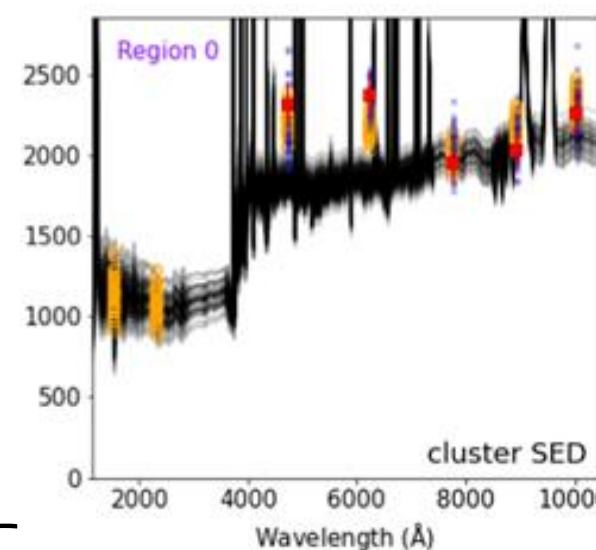
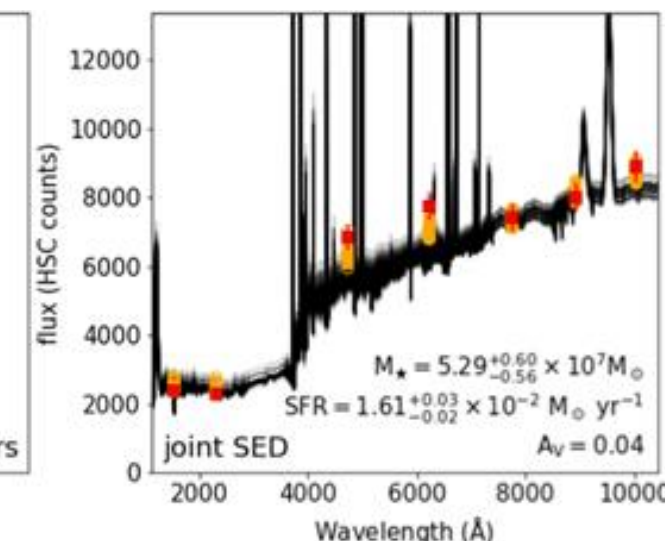
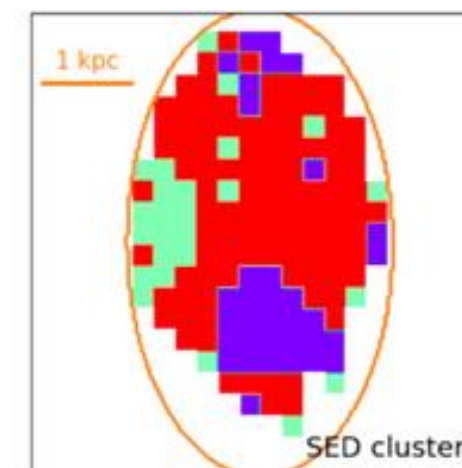
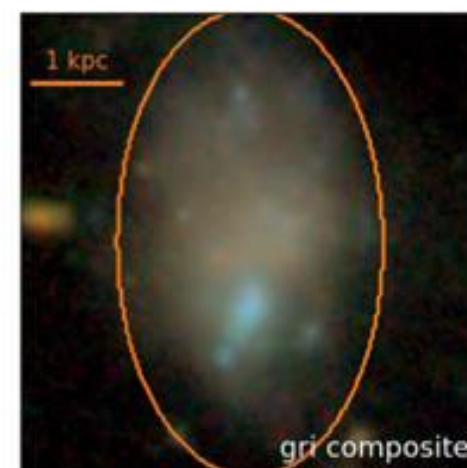
- ただし、せいめい望遠鏡といえど  
低表面輝度の観測は難しい

- 星形成しているUDGs → 輝線が受かるだろう

- SEDフィッティングによる星形成率の推定  
(Kado-Fong et al. 2022)

- GALEX UV は空間分解能がないのでUGD全体に  
一定値を入れている

H $\alpha$ 輝線の測定による  
高解像な星形成率の推定へ



# 観測実習2024

- ただし、せいめい望遠鏡といえど低表面輝度の観測は難しい
  - 星形成しているUDGs → 輝線が受かるだろう
  - どうやって候補天体を選んでくるか？ → GALEX FUV/NUV の情報を手掛かりに
  - S/Nを稼ぐために → KOOL-IFU
  - 広がったUDGsには有効
  - できれば銀河内の場所ごとの違いは調べてみたい → ファイバー15本を合成してS/N=3
- 他の学生は、同じ手法(分光)で短時間で観測可能な計画を練る
  - HII region / PNe
- (初心者向け) 観測マニュアル作成も行う → 電機大・法政の2大学で作成中

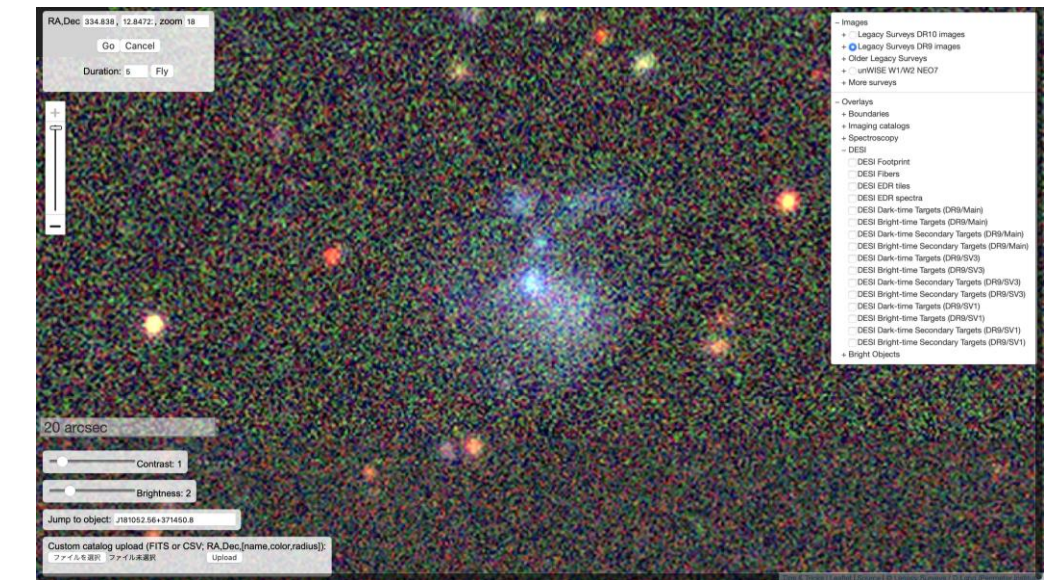
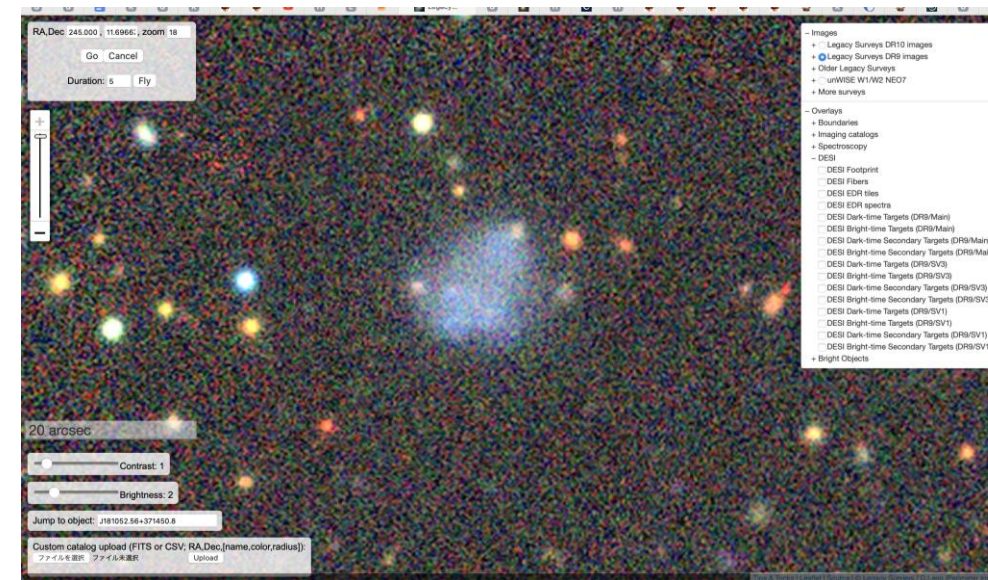
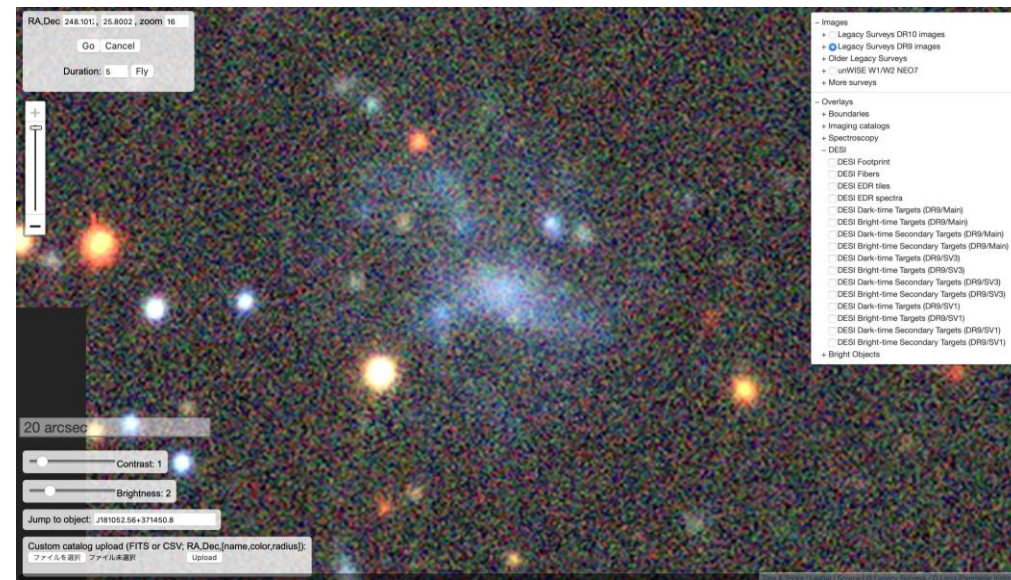


# Star-Forming UDGsの選択

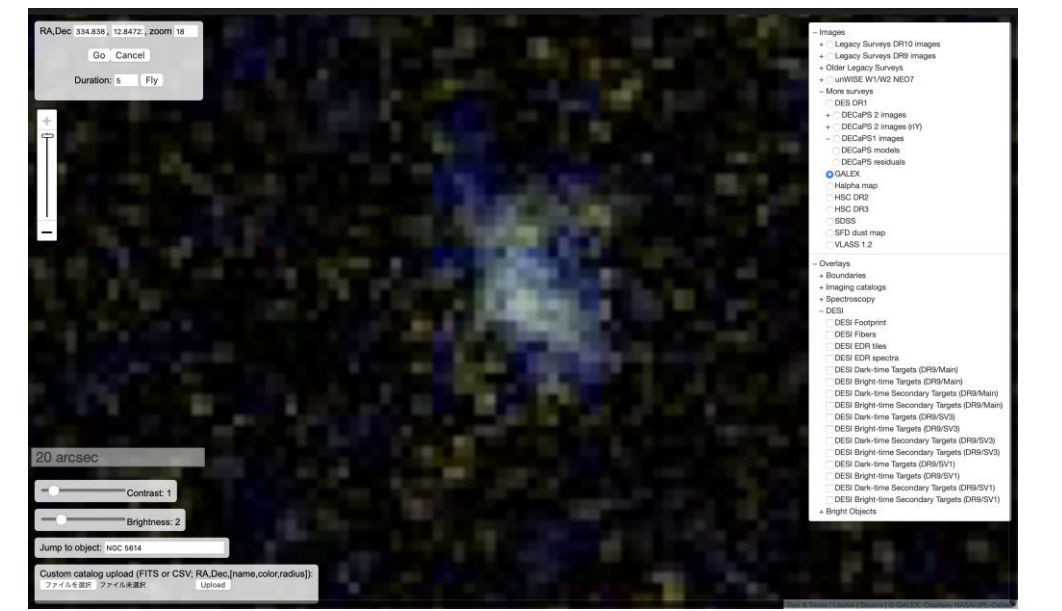
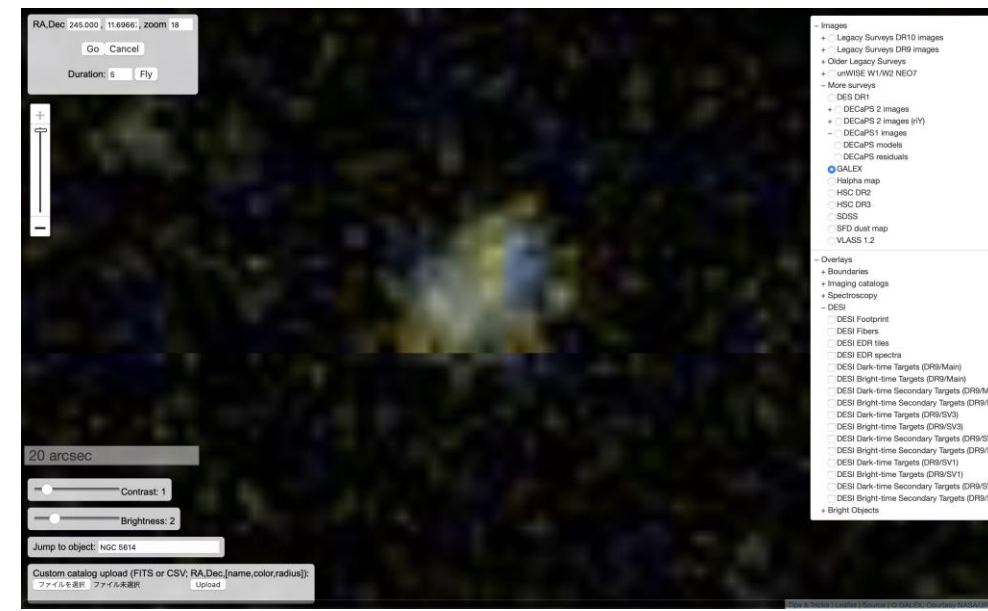
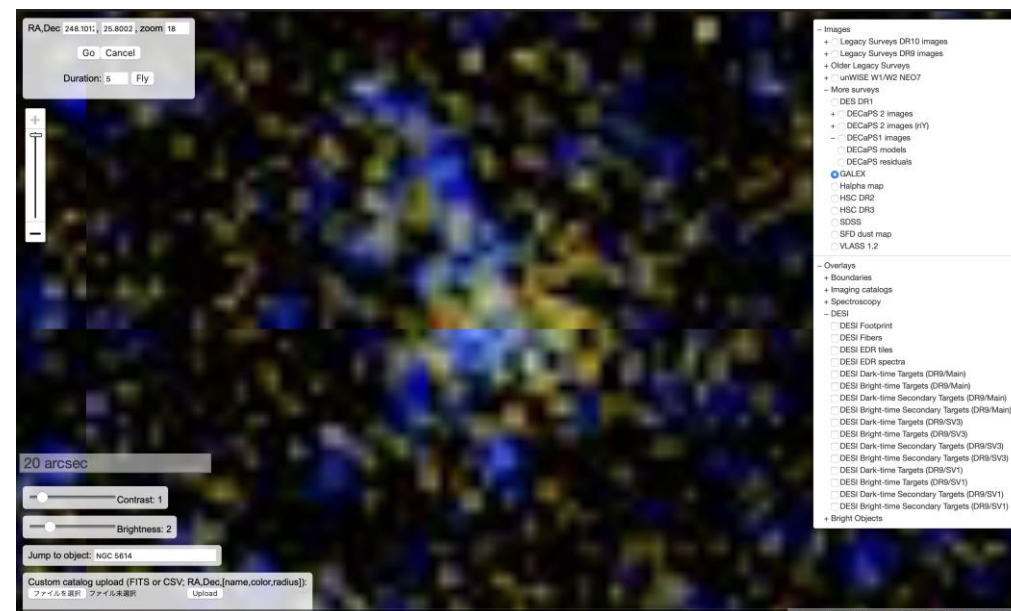
- DESI Legacy Survey / GALEX

NAME	RA(° )	Dec(° )
<b>AGC 749368</b>	<b>248.10125</b>	<b>25.800278</b>
<b>AGC 323363</b>	<b>334.838333</b>	<b>12.847222</b>
<b>AGC 268002</b>	<b>245.00140</b>	<b>11.69667</b>

Legacy Survey (optical)



GALEX



AGC 749368

AGC 268002

AGC 323363

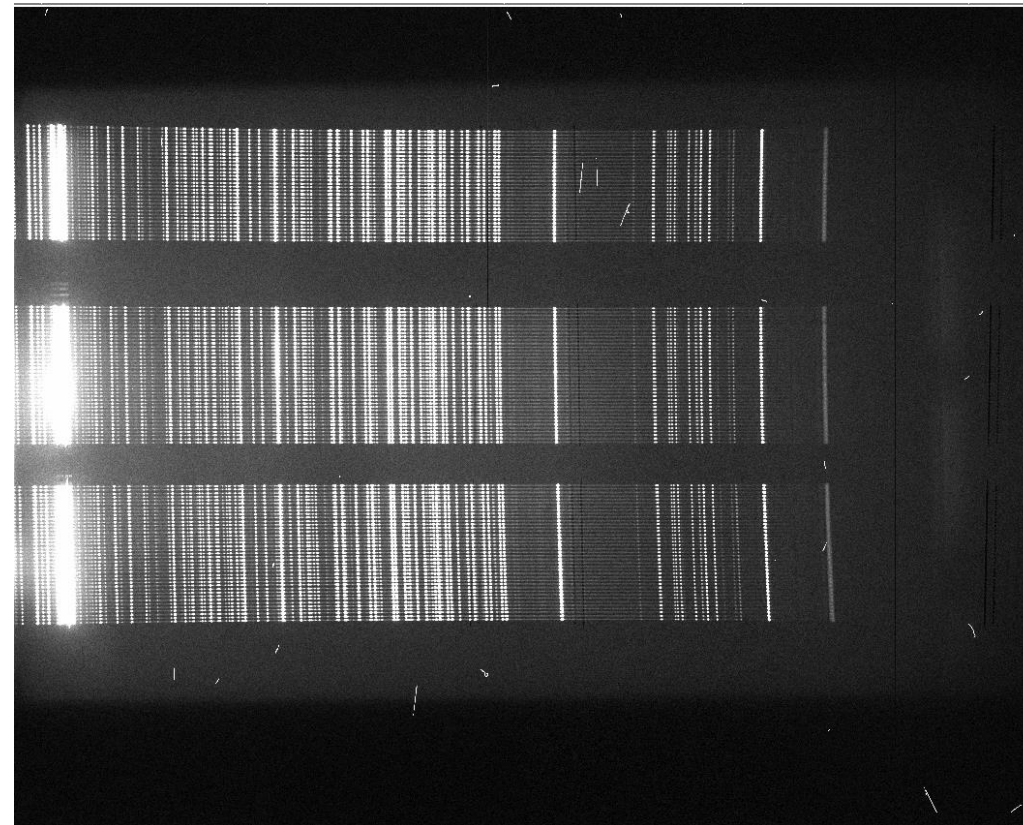
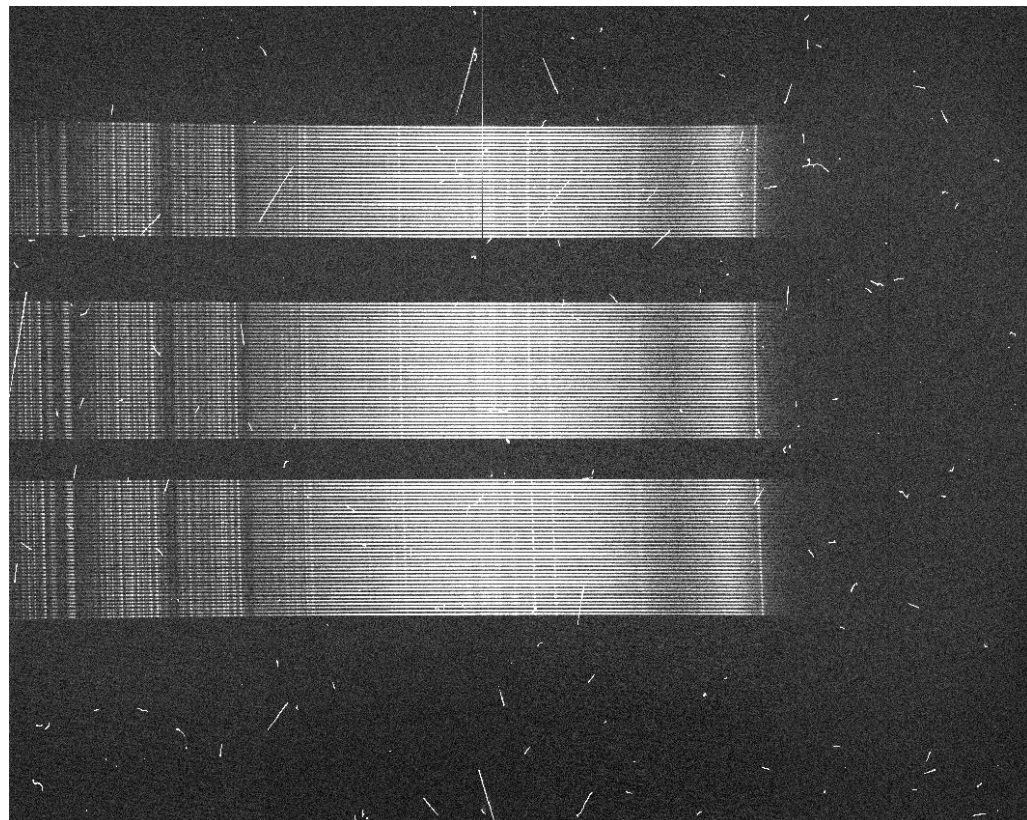


# 観測とデータ解析

- 7月12-13日前半夜に観測
  - ほぼ曇り・・・(合計50minの観測データ・透過率はそれほどよくない)

同様なサイエンスはもっと多くのUGDsについてできる  
→すばるPFSのプロポーザル提出へ

- データ解析
  - 撮られたデータを解析し、 $H\alpha$ の輝線強度を測定 → 星形成率の上限値？
  - KOOLS-IFU解析の最後がうまく動かず、アドバイスをいただいています





# まとめ

- 2023年度観測実習
  - TriCCS による球状星団の連続撮像観測
  - データの一部を解析し、卒業論文としてまとめた
  - すべてのデータを解析し、修士論文としてまとめようとしている
  - 画像解析練習用データとしても役立っている
- 2024年度観測実習
  - KOOLS-IFU による Ultra Diffuse Galaxy の分光観測
  - すばるの観測提案につながる
- せいめいでの観測実習は高いモチベーション、教育効果をもたらしている
  - やはり東アジア最大の望遠鏡のインパクトは大きい
  - 天文学のことも少し分かってきて、観測にも想像がはたらく頃
  - 良質なデータが取得可能