2018.1.28　明石市立天文科学館

FITS画像，RAW画像で広がる世界
＝画像処理の基礎から大人の科学まで＝

大西浩次（長野高専）

① デジタルカメラの原理

② JPEG画像, FITS画像, RAW画像とは

③ マカリだからできること

④ 画像処理の基本

⑤ 大人の自由研究

⑥ マカリのできること, まとめ

① デジタルカメラの原理

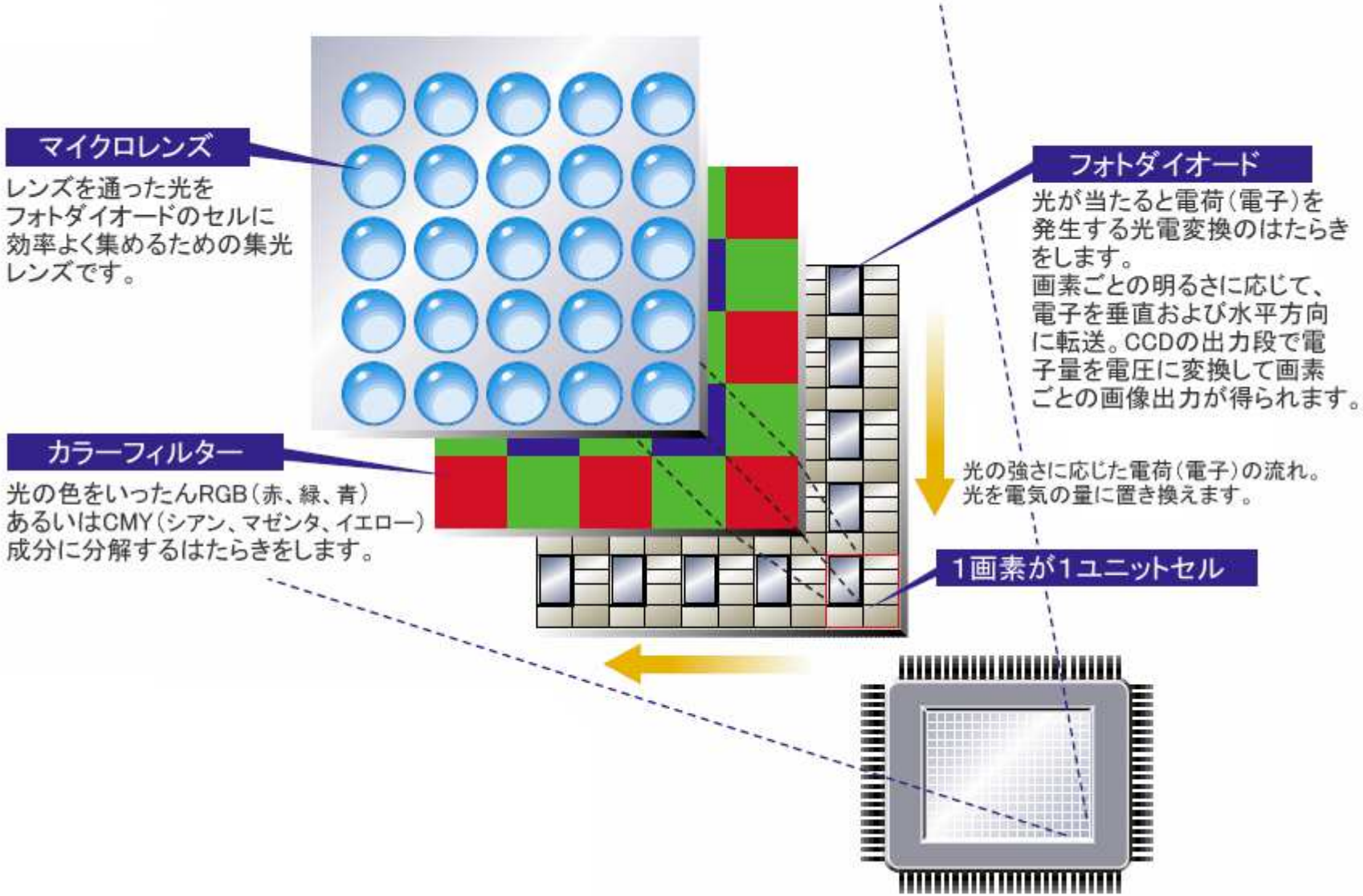
② JPEG画像, FITS画像, RAW画像とは

③ マカリだからできること

④ 画像処理の基本

⑤ 大人の自由研究

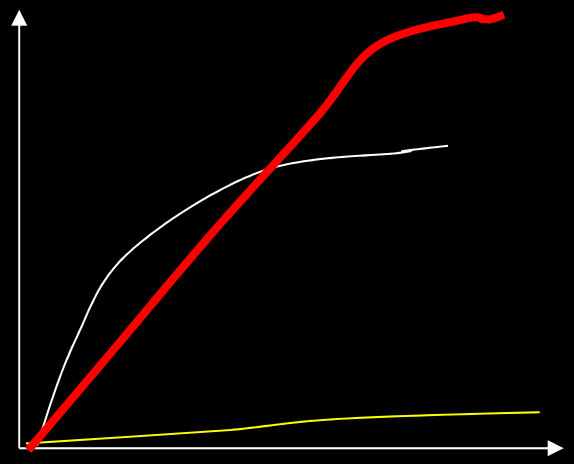
⑥ マカリのできること, まとめ


マイクロレンズ
レンズを通った光を
フォトダイオードのセルに
効率よく集めるための集光
レンズです。
カラーフィルター
光の色をいったんRGB（赤、緑、青）
あるいはCMY（シアン、マゼンタ、イエロー）
成分に分解するはたらきをします。
フォトダイオード
光が当たると電荷（電子）を
発生する光電変換のはたらき
をします。
画素ごとの明るさに応じて、
電子を垂直および水平方向
に転送。CCDの出力段で電
子量を電圧に変換して画素
ごとの画像出力が得られます。
光の強さに応じた電荷（電子）の流れ。
光を電気の量に置き換えます。
1画素が1ユニットセル

フィルム

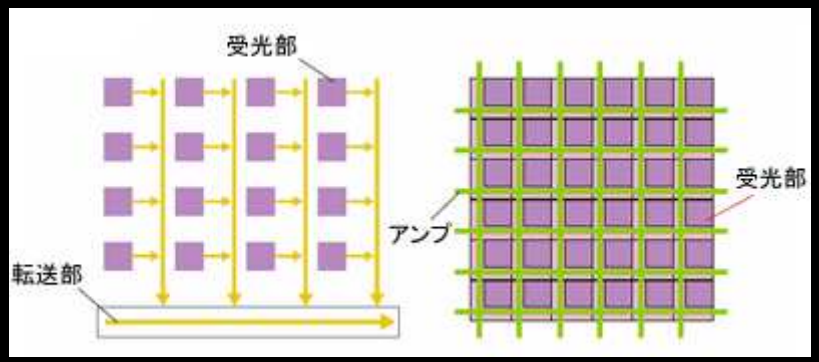
素子：光による銀塩反応、化学変化

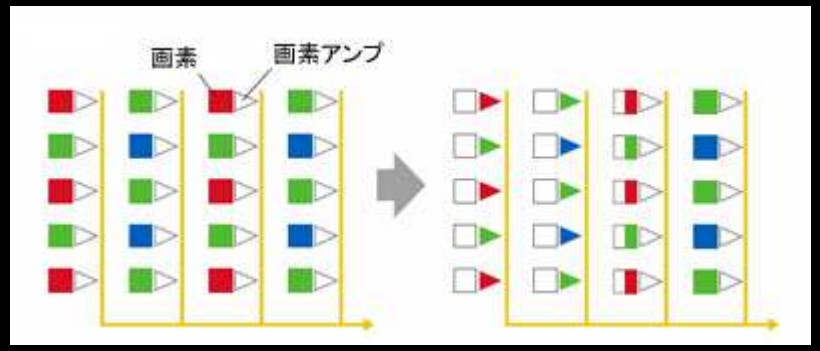
➔反応の下限が存在。
　🡐➔相反則不規



デジタル

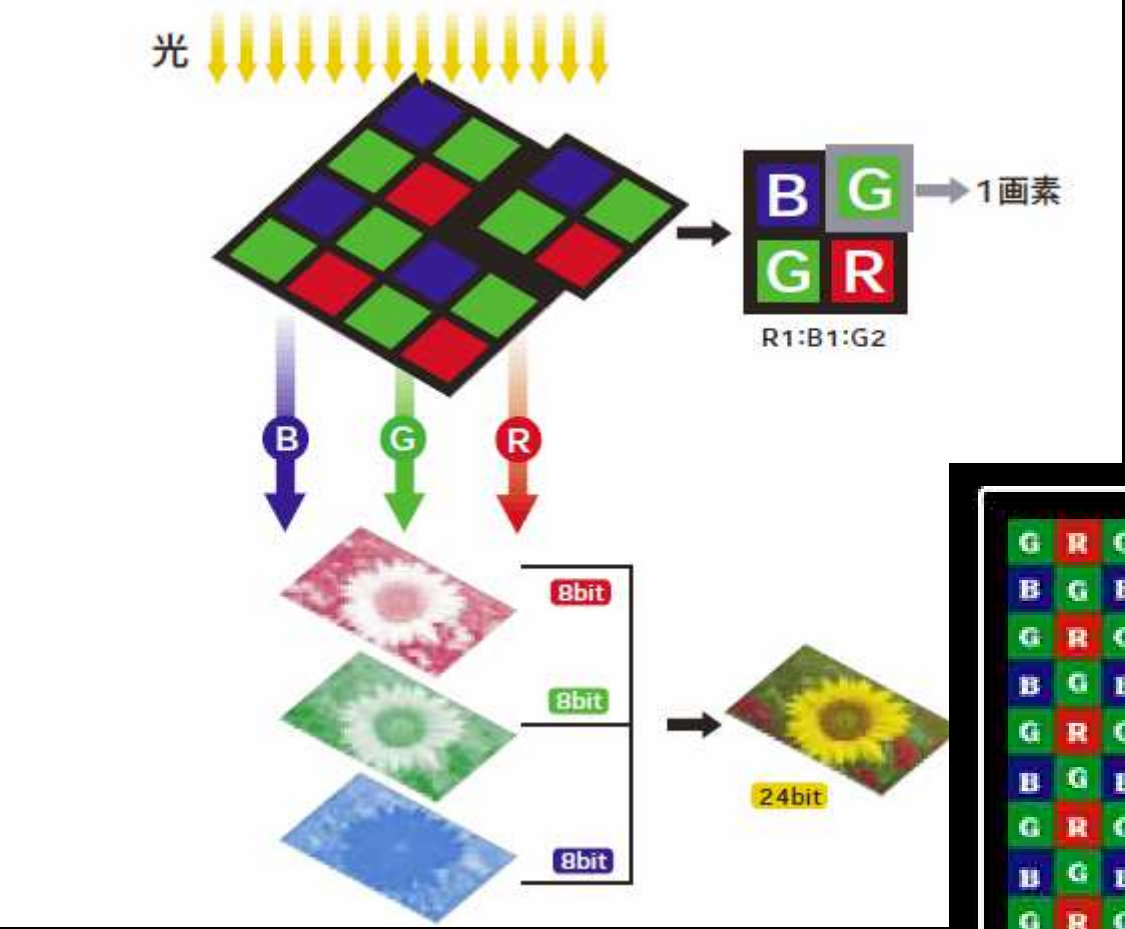
素子：CCD,CMOSなど
光電効果、
時間さえかければ写る。
ノイズの劇的な減少。高感度化。
10年前、ISO=1000, 5年前、ISO=5000, いま、ISO=100000

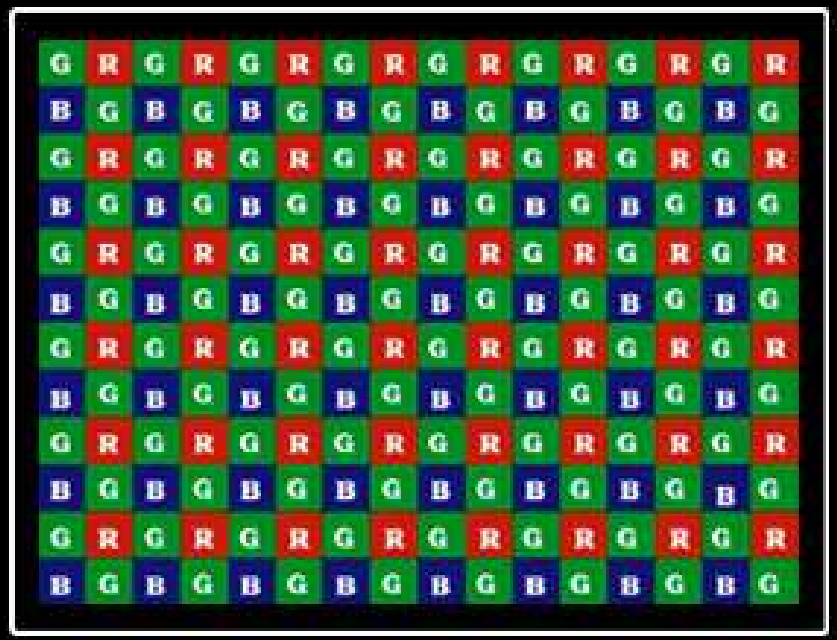




CCD

CMOS





RAW では、12，14ビット

① デジタルカメラの原理

② JPEG画像, FITS画像, RAW画像とは

③ マカリだからできること

④ 画像処理の基本

⑤ 大人の自由研究

⑥ マカリのできること, まとめ

画像ファイルフォーマット

BMP	1画素あたり最大24ビット（**RGB 各色8ビット**）
GIF, PNG	1画素あたり8ビット
JPEG	**1画素あたり24ビット ＝非可逆圧縮、データ悪化**
TIFF	1画素あたり最大48ビット 無圧縮

RAW **12ビット、14ビット**

FITS **16ビット**

① デジタルカメラの原理

② JPEG画像, FITS画像, RAW画像とは

③ マカリだからできること

④ 画像処理の基本

⑤ 大人の自由研究

⑥ マカリのできること, まとめ

位置天文学➔天体物理学

測光

正確な明るさを測る➔変光星（アルゴル、ミラなど）

分光

輝線➔原子の種類や温度、
輝線の広がり➔ガスの運動、
輝線のずれ➔ドップラー効果➔銀河の距離測定

① デジタルカメラの原理

② JPEG画像, FITS画像, RAW画像とは

③ マカリだからできること

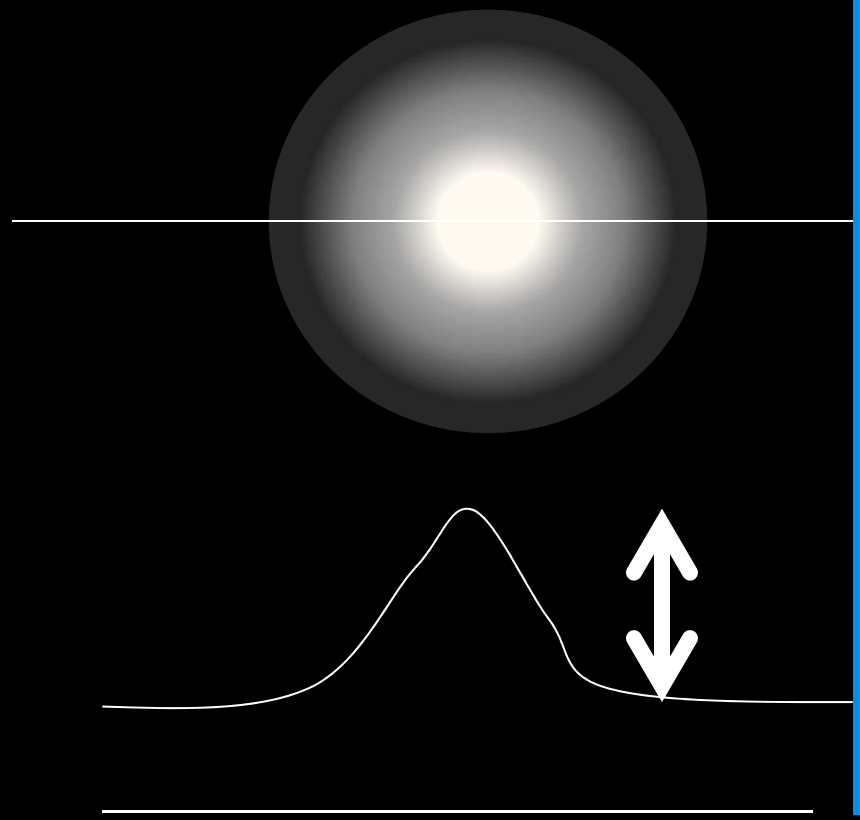
④ 画像処理の基本

⑤ 大人の自由研究

⑥ マカリのできること, まとめ

POINT

S/N は 1/√Nに比例



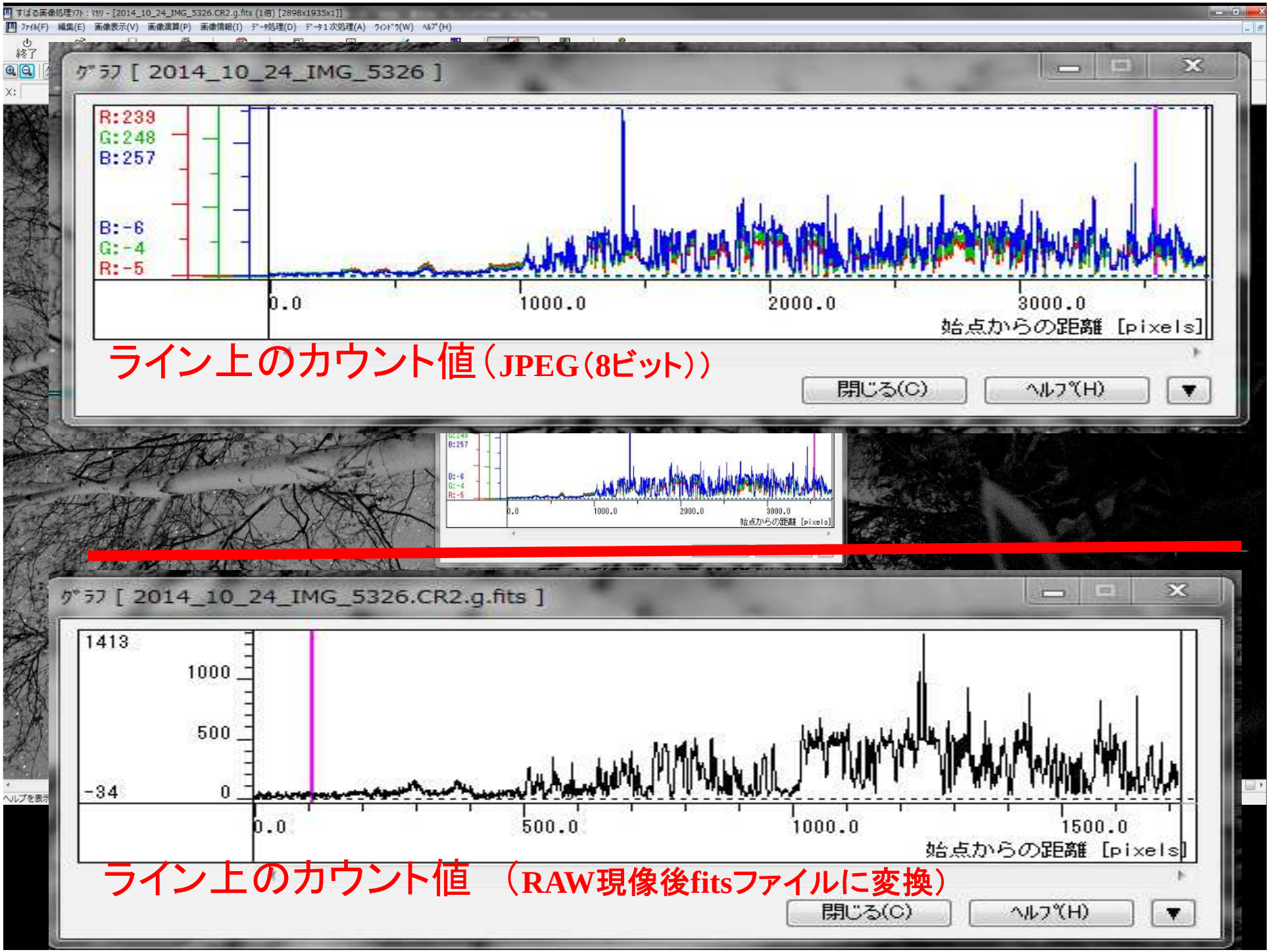
8ビット	Max=2^8=256	
	√=16	6%誤差
12ビット	Max=2^12=4096	
	√=64	1.5%誤差
14ビット	Max=2^14=16384	
	√=128	0.8%誤差
16ビット	Max=2^16=65536	
	√=256	0.4%誤差

例

写真のRAWデータには多くの情報が含まれている。

RAW（14ビット）
JPEG（8ビット）

➔元のRAWデータを適切に現象（変換）すれば、14ビットの情報を生かして測光などができる。
星景写真のJPEGとRAWを現象してfitsファイルにした情報量の違いを次に示す。



ライン上のカウント値（JPEG（8ビット））

ライン上のカウント値　（RAW現像後fitsファイルに変換）

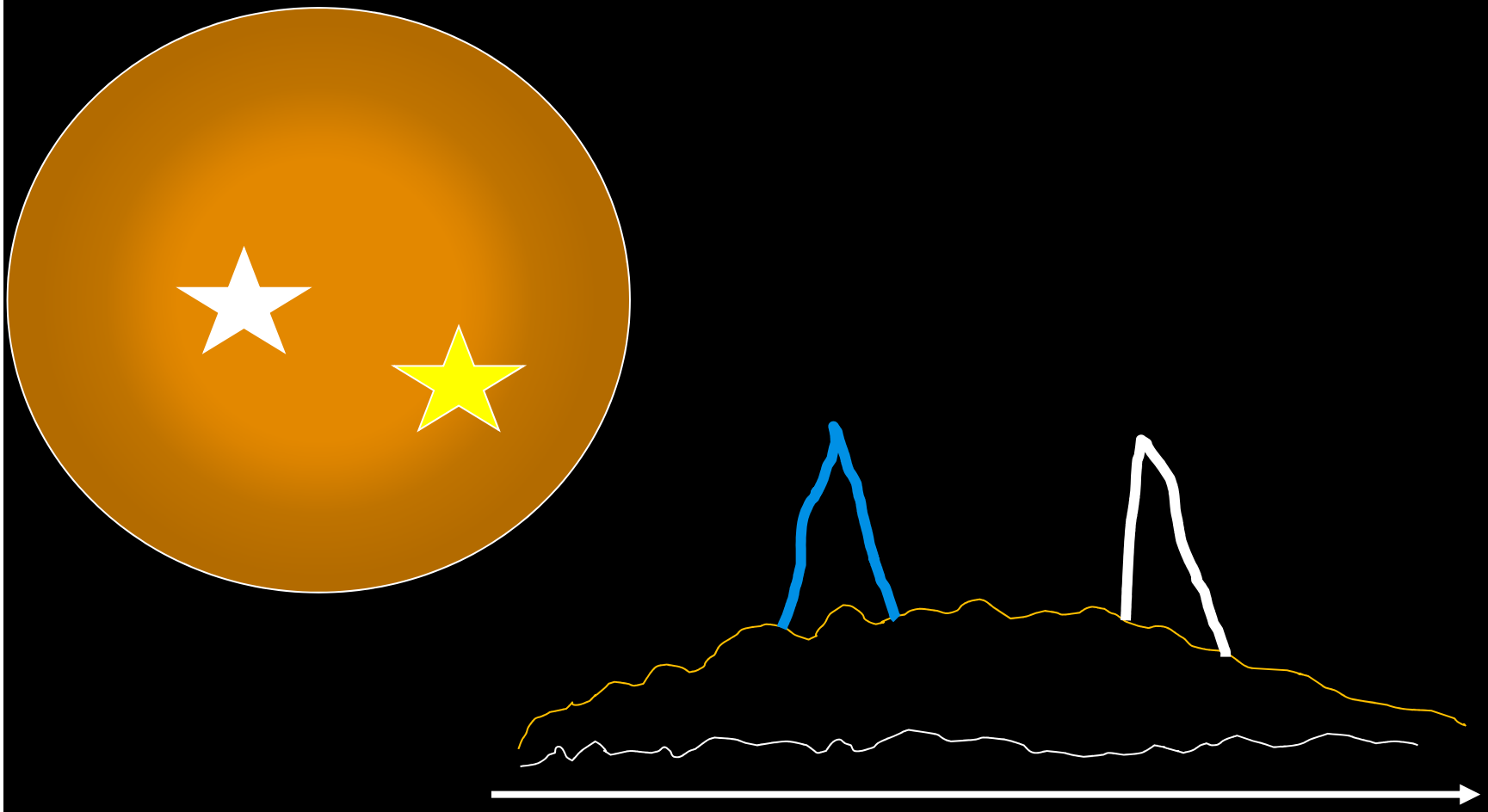
1次処理

ノイズ

1） 読み出しノイズ
読み出しや転送時のノイズ
「バイアスノイズ」

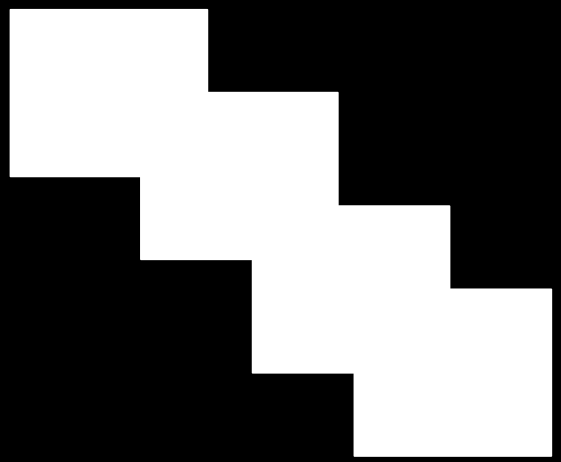
2） 暗電流
熱のため電荷がたまる現象
「ダークノイズ」

3）素子の感度ムラ
4）光学系のムラ
5）ゴミなど・・・
「フラット」で補正



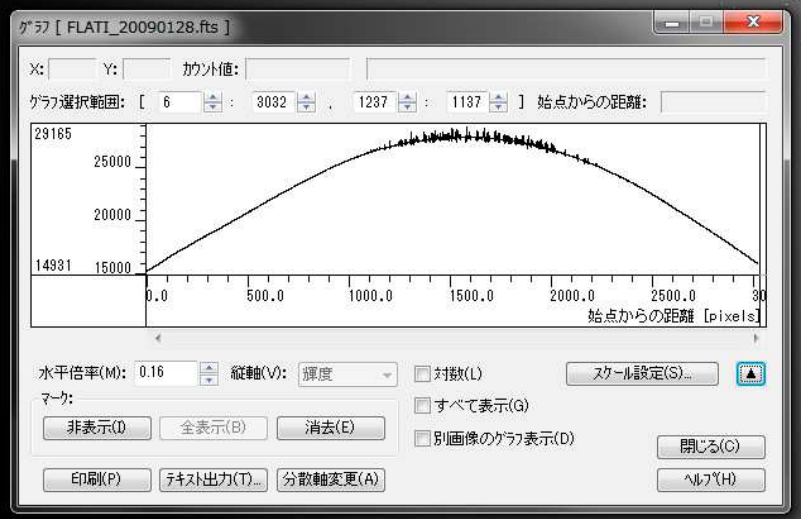
天体の光＝（天体画像－ダーク）/(フラット－フラット用ダーク）

ダークの作り方



加算平均 OR　中央値（メディアン）

フラットの作り方

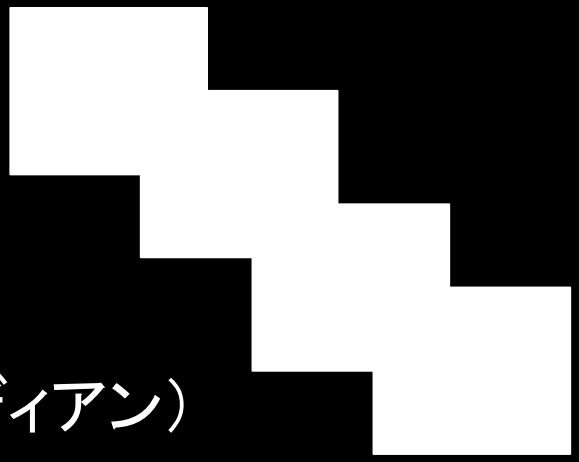

ｸﾞﾗﾌ [FLATI_20090128.fts]
X:
Y:
ｶｳﾝﾄ値:
ｸﾞﾗﾌ選択範囲: [6 : 3032 , 1237 : 1137] 始点からの距離:
29165
25000
20000
14931
15000
0.0
500.0
1000.0
1500.0
2000.0
2500.0
始点からの距離 [pixels]
水平倍率(M): 0.16
縦軸(V): 輝度
対数(L)
ｽｹｰﾙ設定(S)...
ﾏｰｸ:
非表示(I)
全表示(B)
消去(E)
すべて表示(G)
別画像のｸﾞﾗﾌ表示(D)
閉じる(C)
印刷(P)
ﾃｷｽﾄ出力(T)...
分散軸変更(A)
ﾍﾙﾌﾟ(H)

フラットの作り方

フラット板

薄明

拡散板



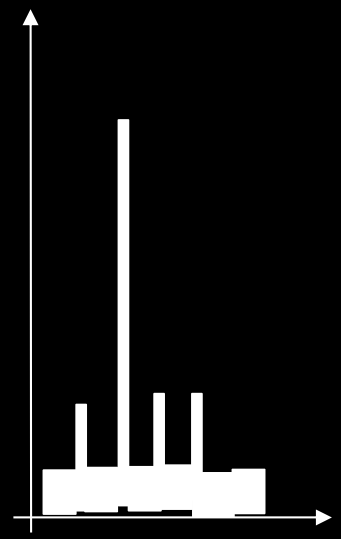
加算平均 OR　中央値（メディアン）

宇宙線を除く

中央値

OR

σ-クリッピング



３．解析ソフト

１）　すばる画像解析ソフト －Makali`I　　マカリ

国立天文台のすばる望遠鏡をはじめとした研究観測で得られた*FITS*画像（データ）を解析することができるソフトです。

＊天文教育普及目的であればどなたでもお使い戴けます。
近く登録なしの準「フリー・ソフト」。
ベースは、アストロアーツ社のステライメージ

２）　ステライメージ（アストロアーツ社）

画像解析ソフト、RAW現像、FITS画像が使える。

３）　Photoshop（アドビ）

きれいな画像を作りためのソフト、RAW現像が出来る。
しかし、明るさを測る測光などは出来ない。FITS画像も扱えない。

FITS表示ソフト

SAOimage DS9

世界の標準ソフト。FITS画像の表示、操作

RAW➔FITS変換ソフト

raw2fits

raw2fits_win

世界の標準ソフト。FITS画像の表示、操作

STERA-IMGE

① デジタルカメラの原理

② JPEG画像, FITS画像, RAW画像とは

③ マカリだからできること

④ 画像処理の基本

⑤ 大人の自由研究

⑥ マカリのできること, まとめ

測光

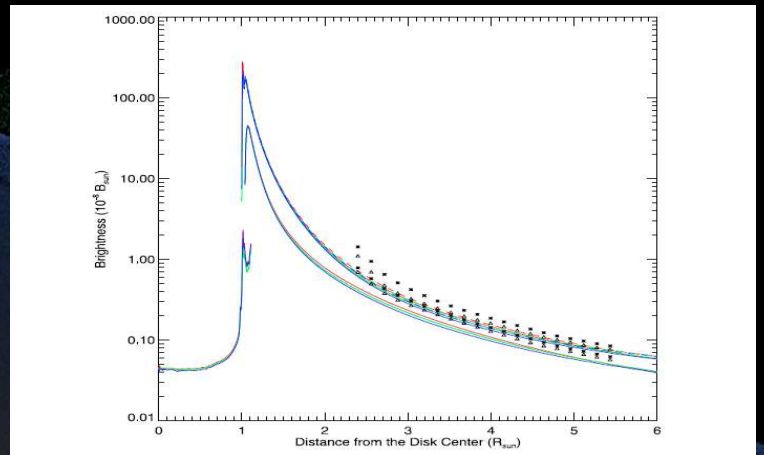
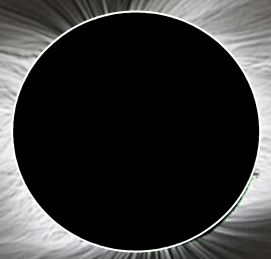


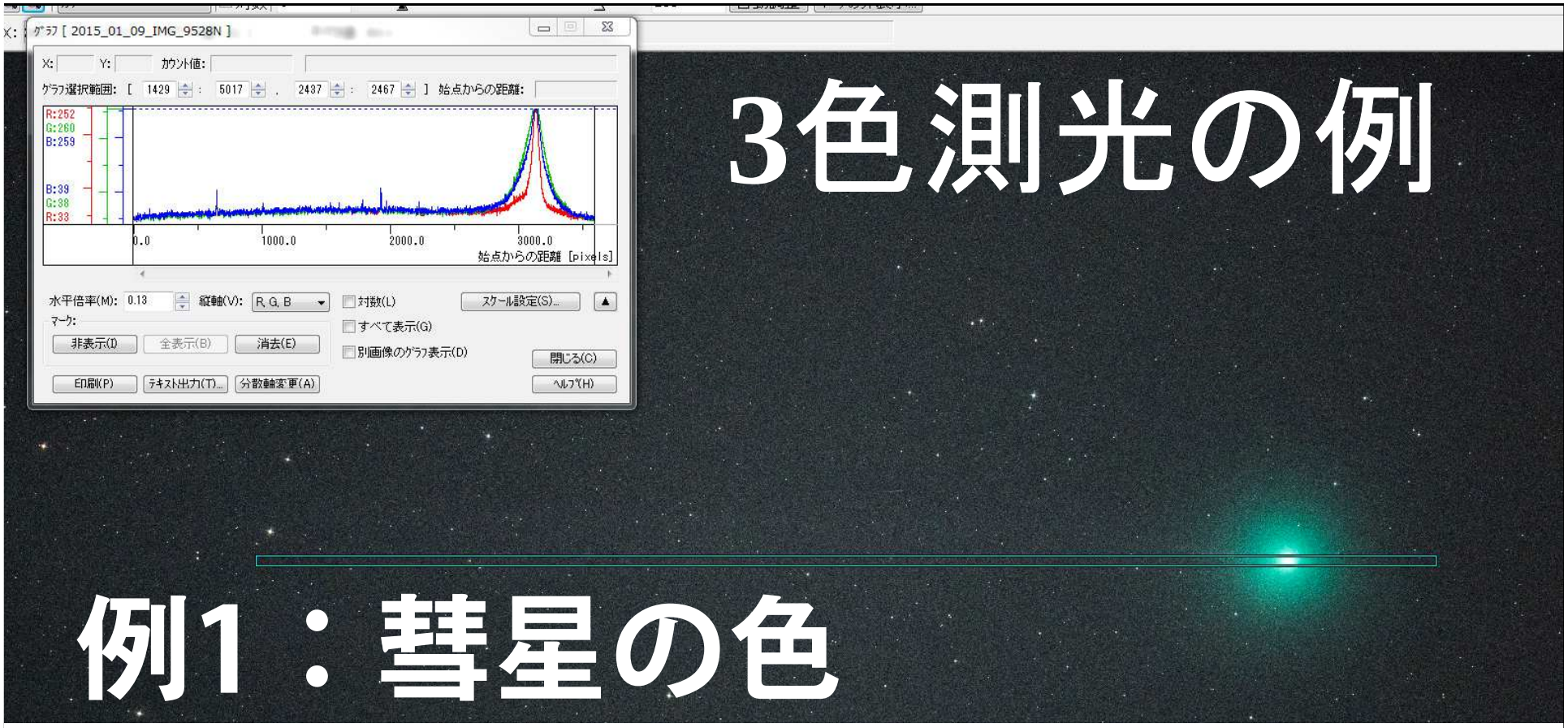
Figure 6 Polar and equatorial radial distributions of the K + F-coronal brightness of the 2009 eclipse after the removal of the sky brightness. Red, green, and blue curves have the same meanings as in Figure 5. The measurements of polar and equatorial K + F-coronal brightness (stars) and F-corona brightness (triangles) by Morgan and Habbal (2007) are also shown.

2009年の皆既日食での
<u>デジタルカメラ</u>の画像から
コロナの明るさを測光して、
過去100年間で最も暗い
コロナである事を示した。



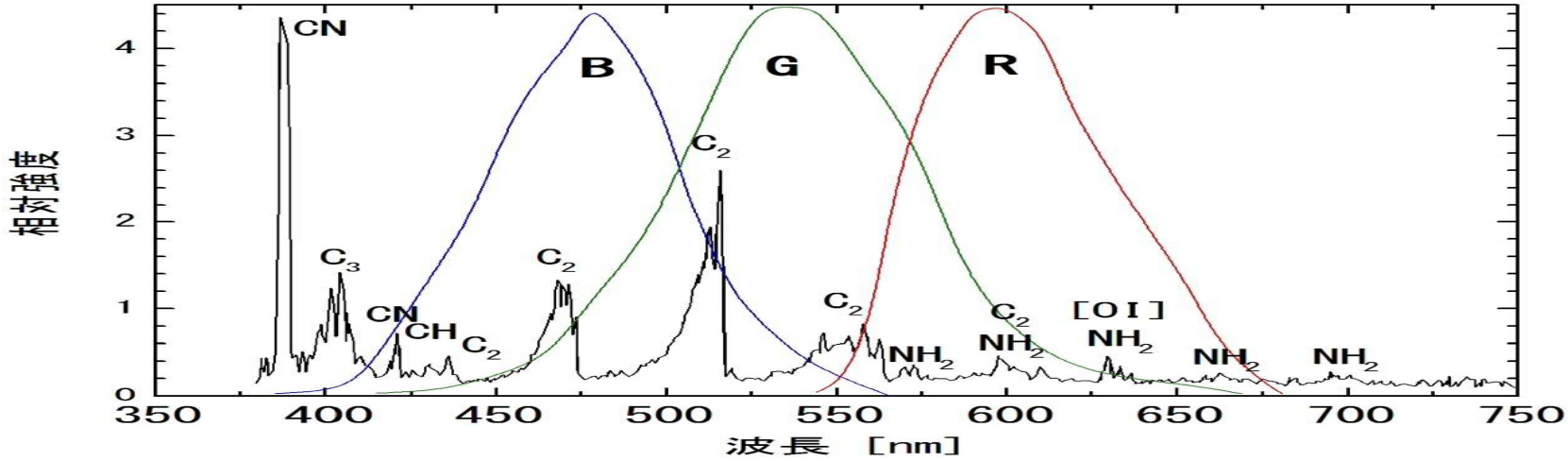
“Accurate Measurements of the Brightness of the White-Light Corona at the Total Solar Eclipses on 1 August 2008 and 2
Hanaoka, Yoichiro; Kikuta, Yoshihiro; Nakazawa, Jun; Ohnishi, Kouji; Shiota, Kazuo
Solar Physics, Volume 279, Issue 1, pp.75-89 (2012)

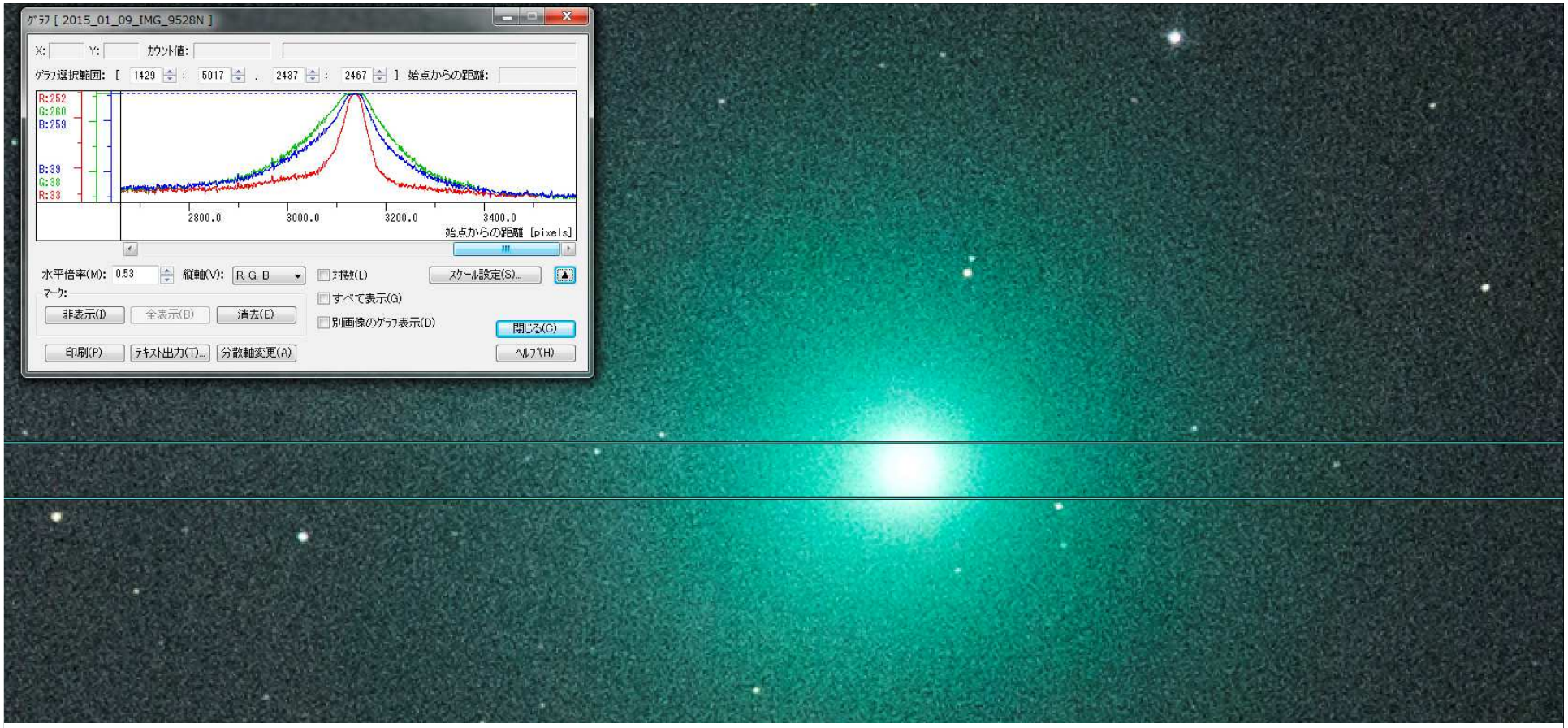
2009.7.22　Photo by Kouji Ohnishi

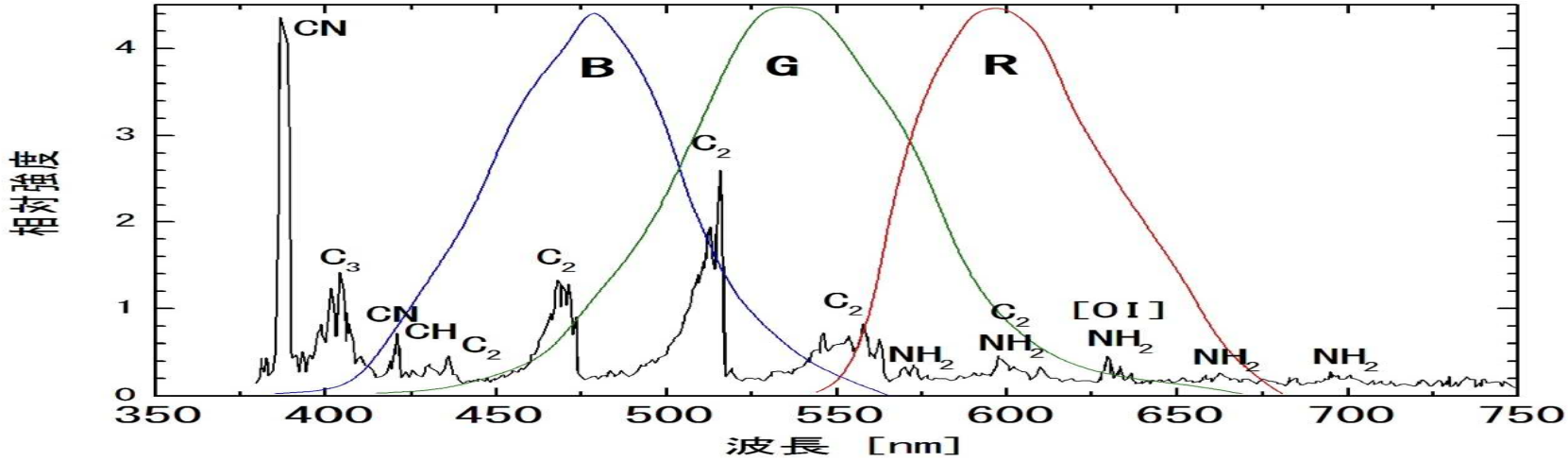


3色測光の例

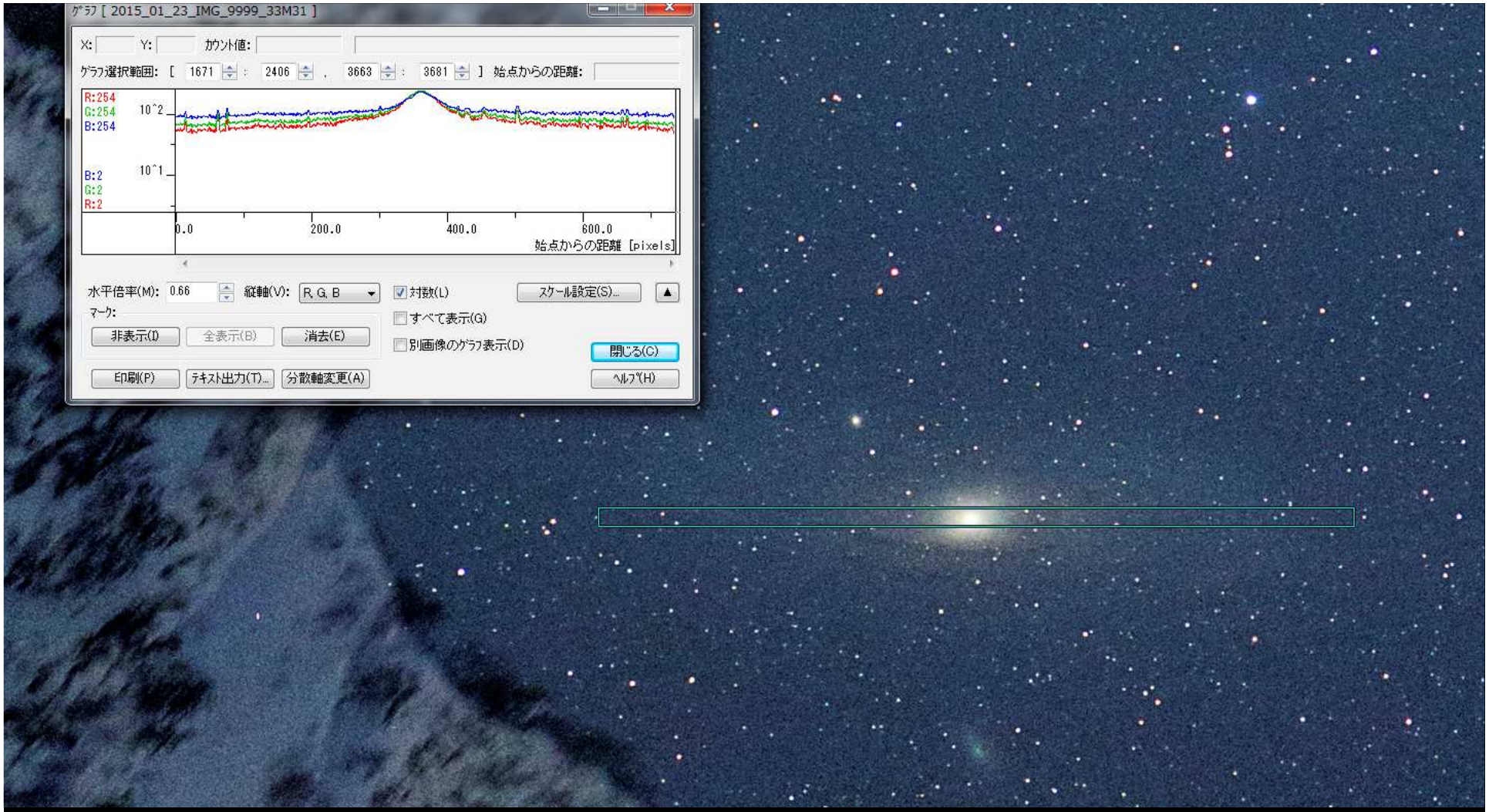
例1：彗星の色



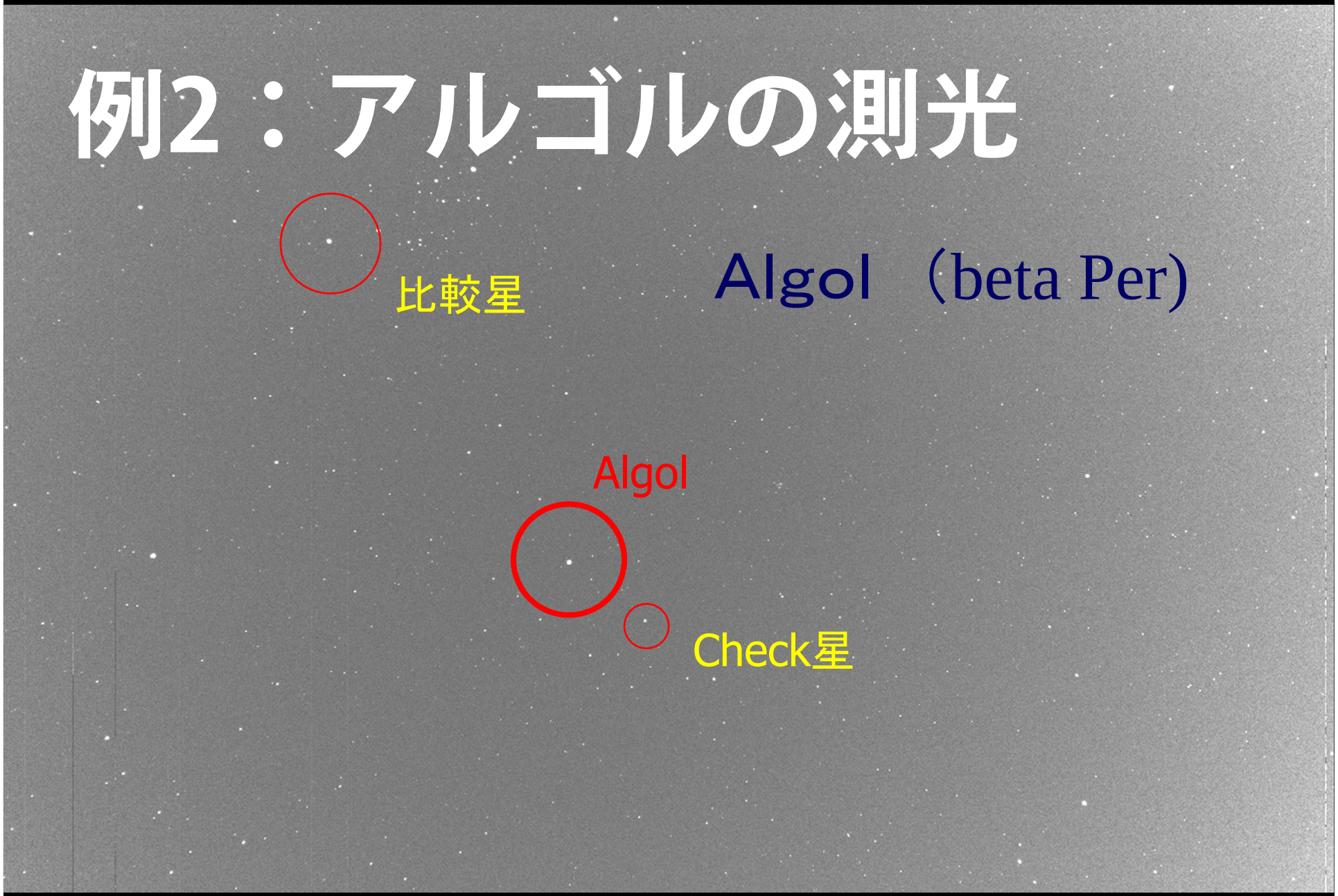

グラフ [2015_01_09_IMG_9528N]
X: Y: カウント値:
グラフ選択範囲: [1429 : 5017 , 2437 : 2467] 始点からの距離:
R:252
G:260
B:259
B:39
G:38
R:33
2800.0
3000.0
3200.0
3400.0
始点からの距離 [pixels]
水平倍率(M): 0.53
縦軸(V): R, G, B
対数(L)
スケール設定(S)...
マーク:
すべて表示(G)
非表示(I)
全表示(B)
消去(E)
別画像のグラフ表示(D)
閉じる(C)
印刷(P)
テキスト出力(T)...
分散軸変更(A)
ヘルプ(H)

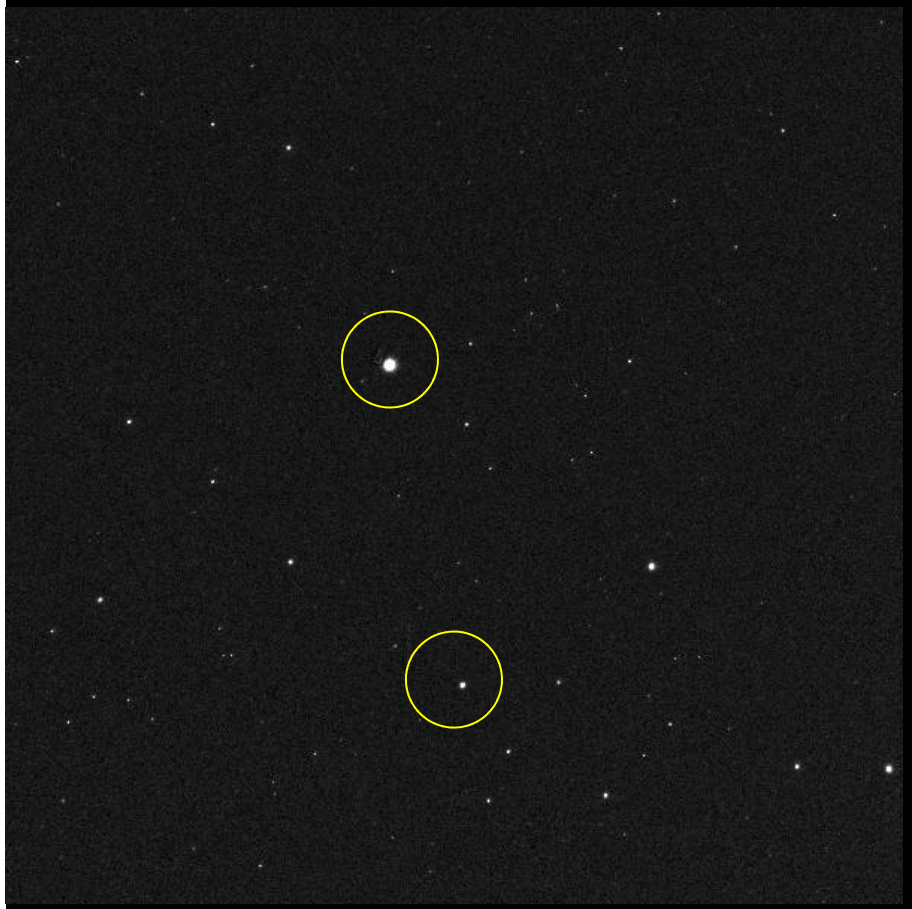

CN
B
G
R
C_2
C_3
CN
CH
C_2
C_2
C_2
C_2
NH_2
NH_2
[OI]
NH_2
NH_2
NH_2
0
1
2
3
4
350
400
450
500
550
600
650
700
750
波長 [nm]

例2：銀河の色

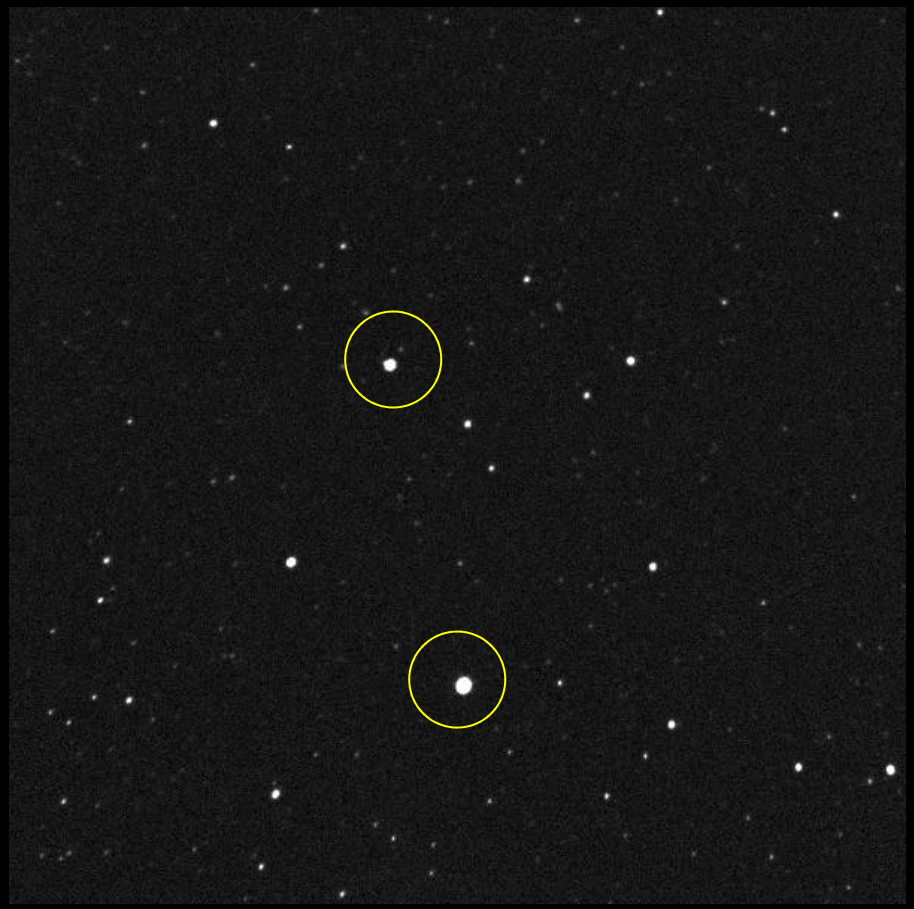

ｸﾞﾗﾌ [2015_01_23_IMG_9999_33M31]
X:
Y:
ｶｳﾝﾄ値:
ｸﾞﾗﾌ選択範囲: [1671 : 2406 , 3663 : 3681] 始点からの距離:
R:254
G:254
B:254
10^2
10^1
B:2
G:2
R:2
0.0
200.0
400.0
600.0
始点からの距離 [pixels]
水平倍率(M): 0.66
縦軸(V): R, G, B
対数(L)
ｽｹｰﾙ設定(S)...
ﾏｰｸ:
非表示(I)
全表示(B)
消去(E)
すべて表示(G)
別画像のｸﾞﾗﾌ表示(D)
閉じる(C)
印刷(P)
ﾃｷｽﾄ出力(T)...
分散軸変更(A)
ﾍﾙﾌﾟ(H)

例2：アルゴルの測光

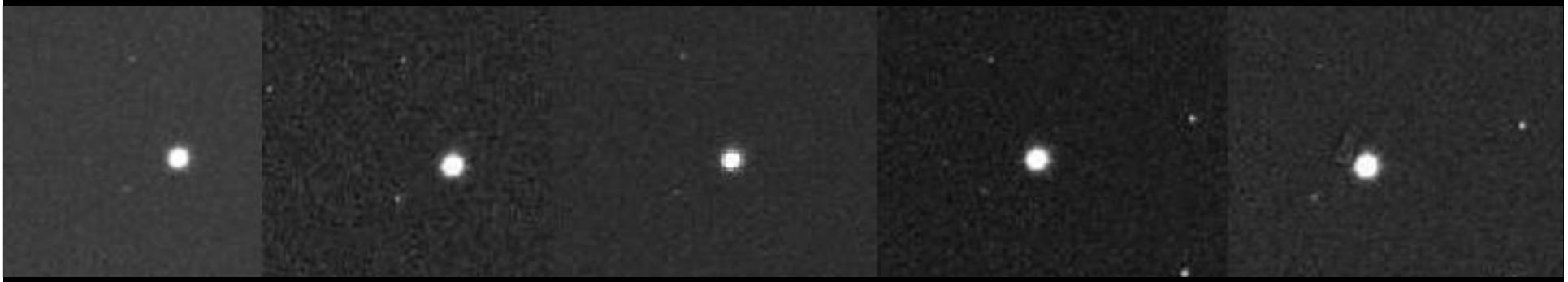




B-band (5sec, F=2.8)

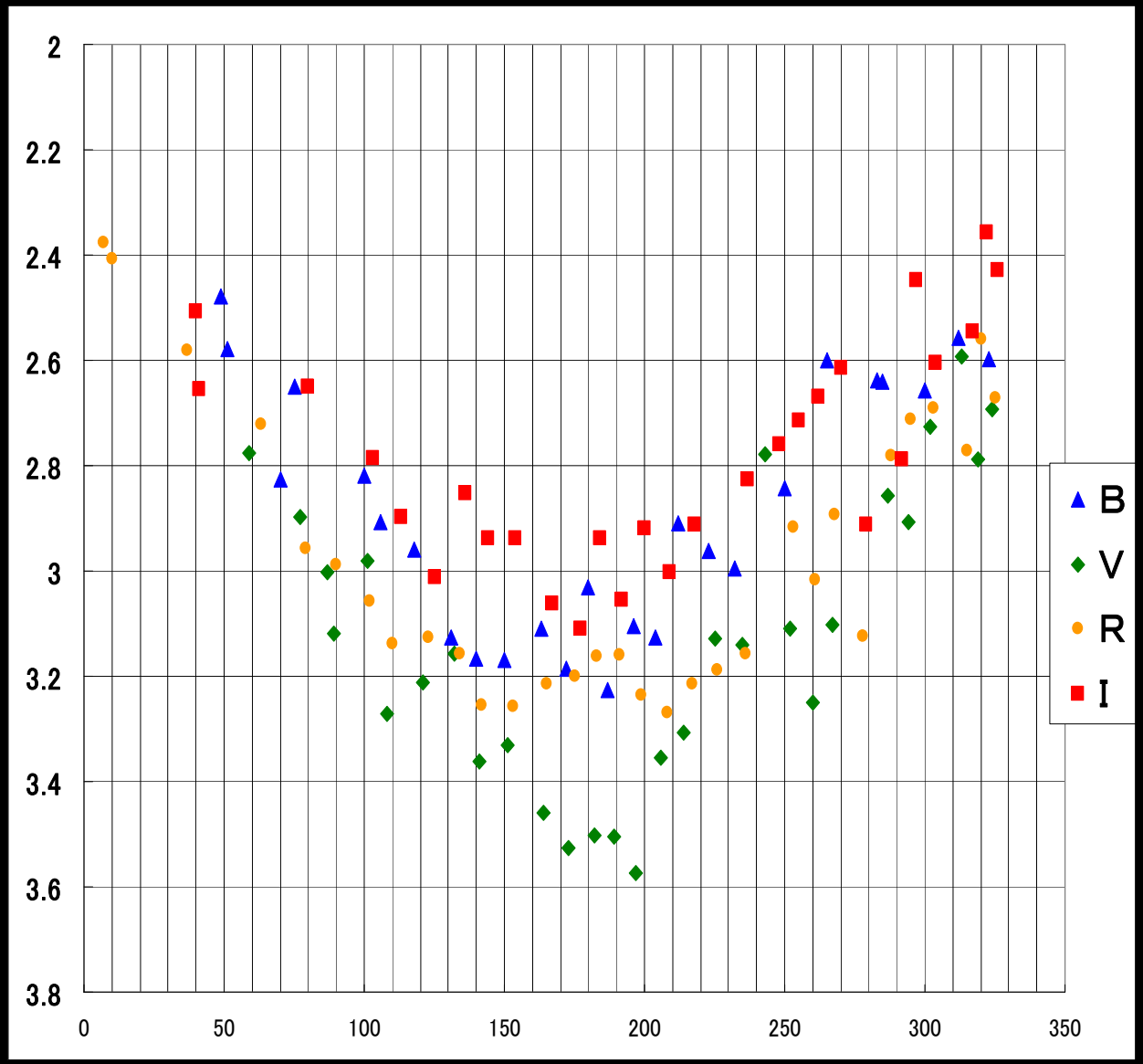


I-band (5sec, F=2.8)



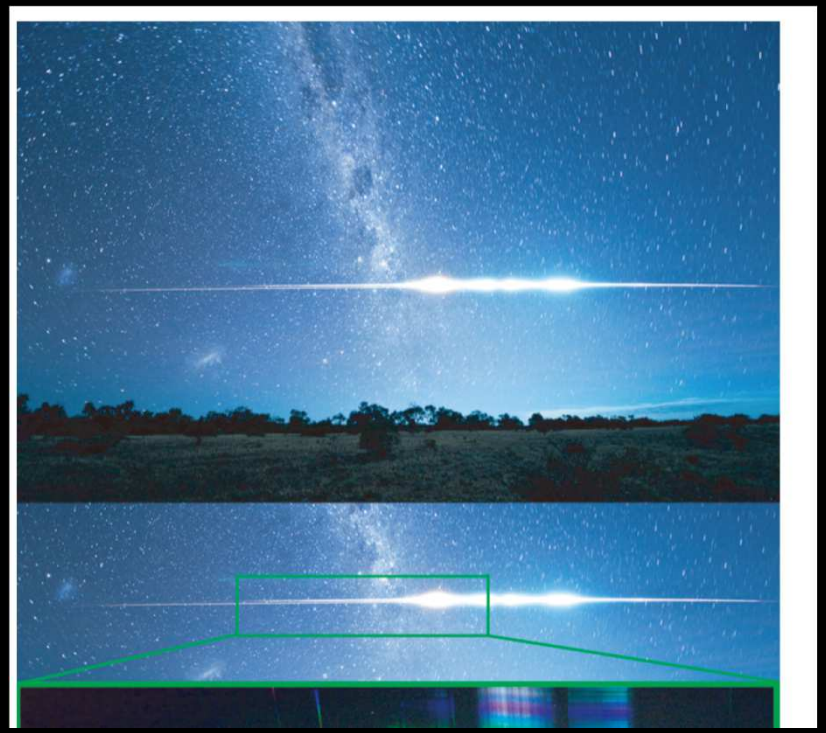
B-band

I-band


2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
3.8
0
50
100
150
200
250
300
350
B
V
R
I

分光

小惑星探査機「はやぶさ」カプセルの分光観測をデジタルカメラで行ない、カプセルの温度の高度変化を調べた。



"Spectroscopic Observation of the Re-Entry Capsule of HAYABUSA Spacecraft":
Ohnishi, Kouji; Watanabe, Jun-Ichi; Sato, Mikiya; Ohkawa, Takuya; Ebizuka, Noboru
Publications of the Astronomical Society of Japan, Vol.63, No.5, pp.987-993(2011)

① デジタルカメラの原理

② JPEG画像, FITS画像, RAW画像とは

③ マカリだからできること

④ 画像処理の基本

⑤ 大人の自由研究

⑥ マカリのできること, まとめ

測光する ➔変光星の光度曲線
➔小惑星の光度曲線　🡐形状の決定

分光　➔彗星、流星、

位置天文➔天体物理学へ

アーカイブデータを楽しむ

SMOKA

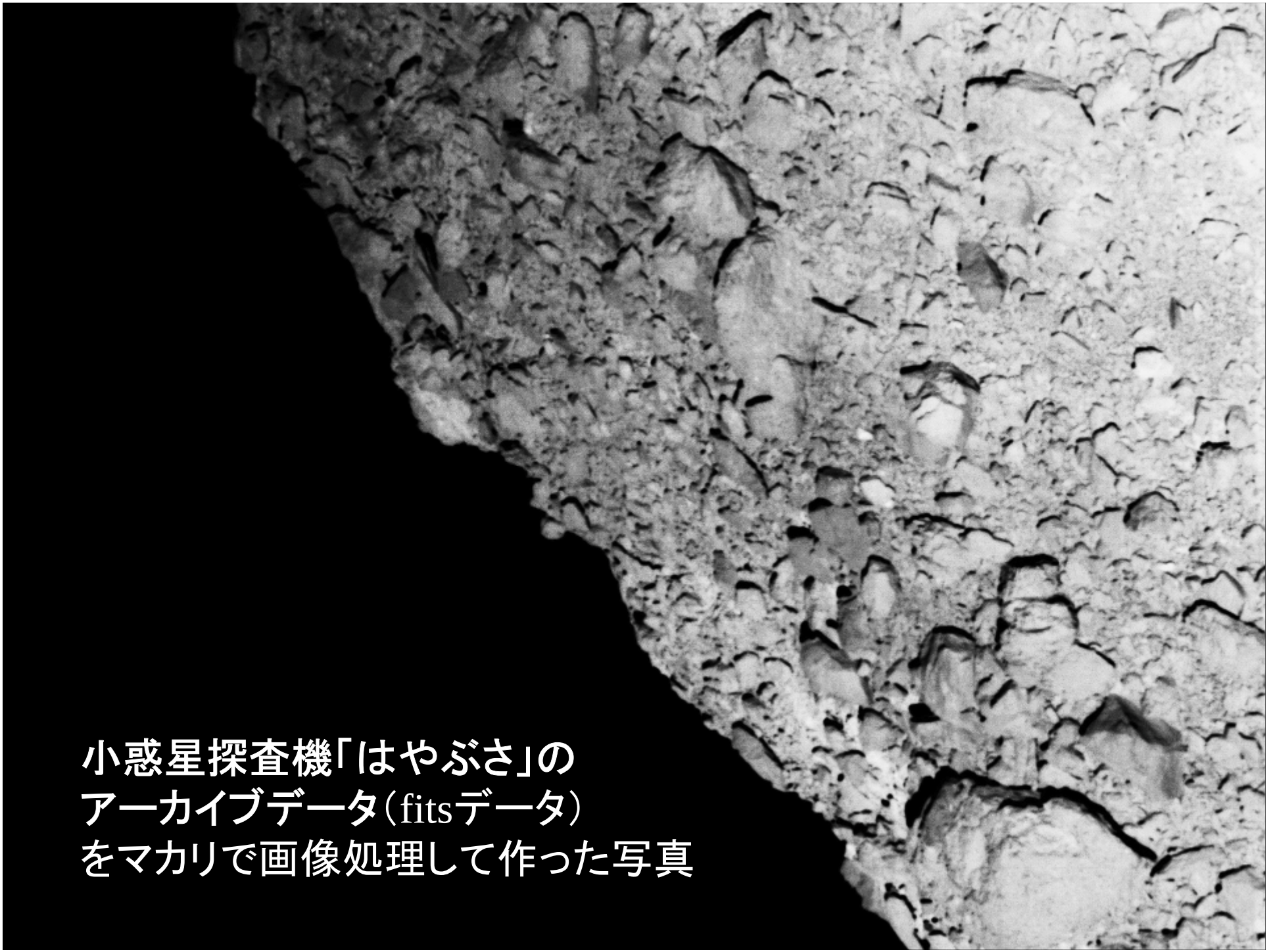
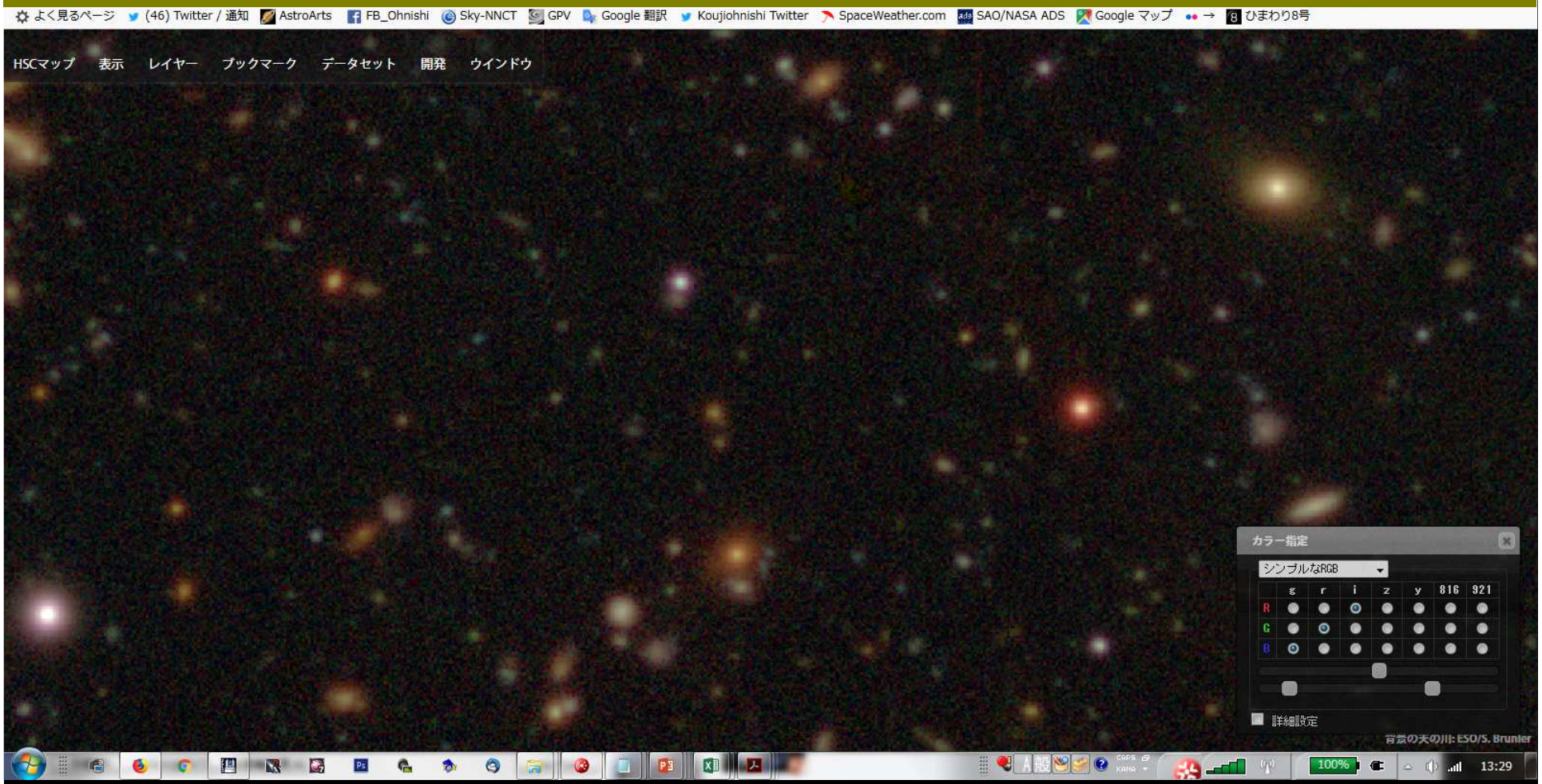
SMOKAは、すばる望遠鏡、岡山天体物理観測所188cm望遠鏡、東京大学木曽観測所105cmシュミット望遠鏡、MITSuME、　東広島天文台かなた望遠鏡の公開データを提供

http://smoka.nao.ac.jp/index.ja.jsp

DARTS

天文学、太陽物理学、太陽地球系物理学、月惑星科学、微小重力科学等の多分野にわたる宇宙科学のデータアーカイブ

http://www.darts.isas.jaxa.jp/index.html.ja


小惑星探査機「はやぶさ」の
アーカイブデータ（fitsデータ）
をマカリで画像処理して作った写真

http://hscmap.mtk.nao.ac.jp/hscMap2/