マカリィで広がる世界
－ゴッホを解析－

渋谷教育学園幕張中学高校
鈴木　文二

「ゴッホの見た星」

Vincent Van Gogh

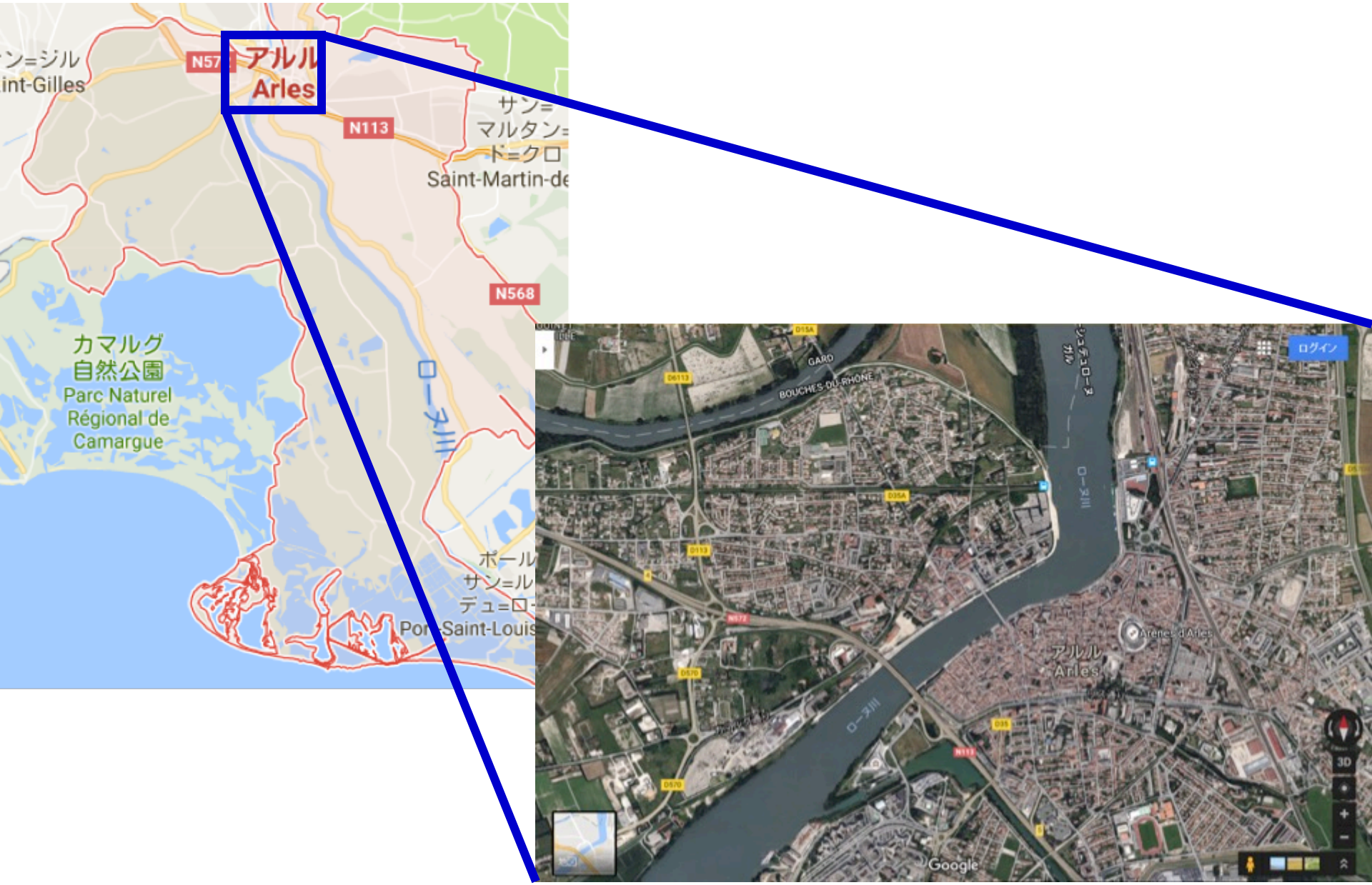
ローヌ川の星月夜

「ひしゃくの星」はどちら?

「ローヌ川の星月夜」が描かれた状況

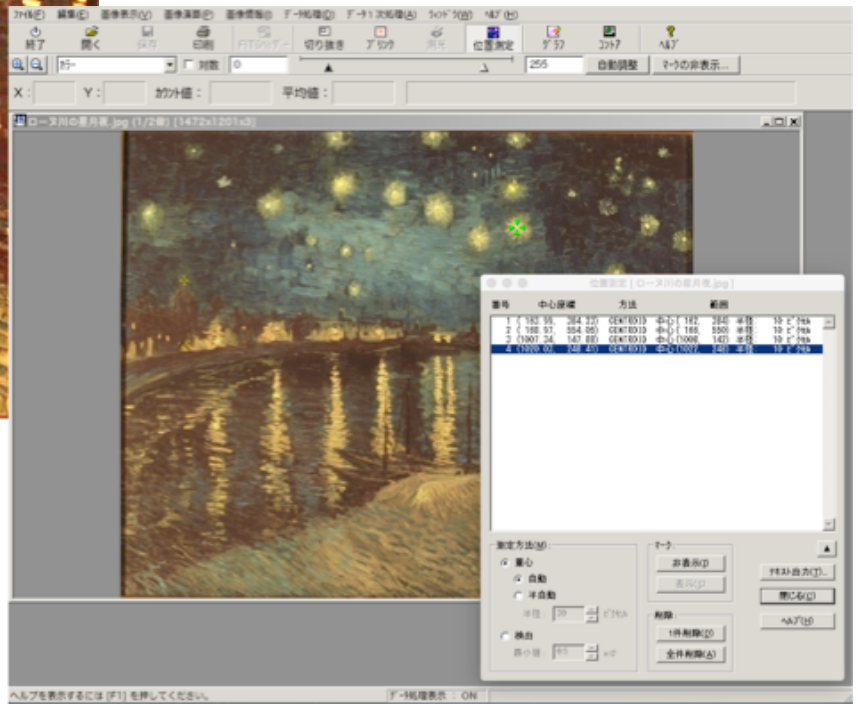
- 描かれたのは、1888年9月である
  (弟への書簡より)
- ゴッホの住居から離れていいない場所
- ローヌ川の河畔

フランスのアルル地方の地図

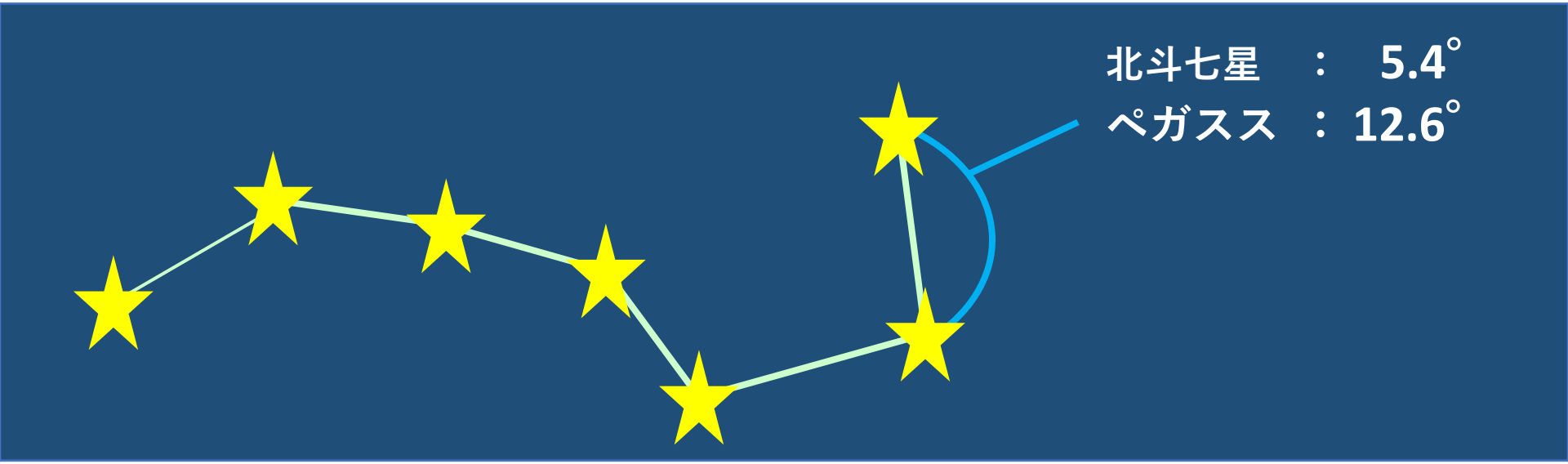


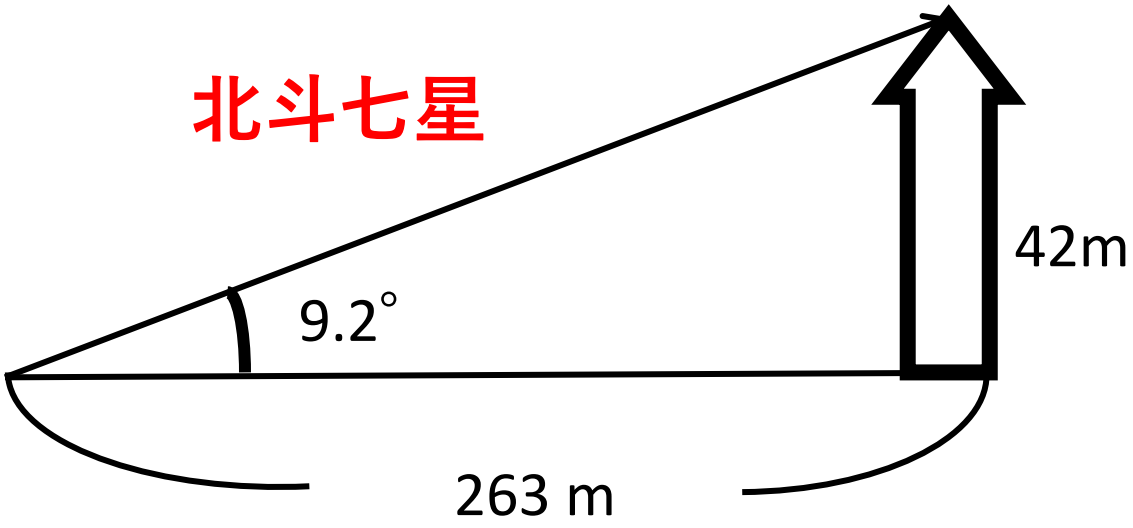
絵画に存在するサン＝トロフィーム教会

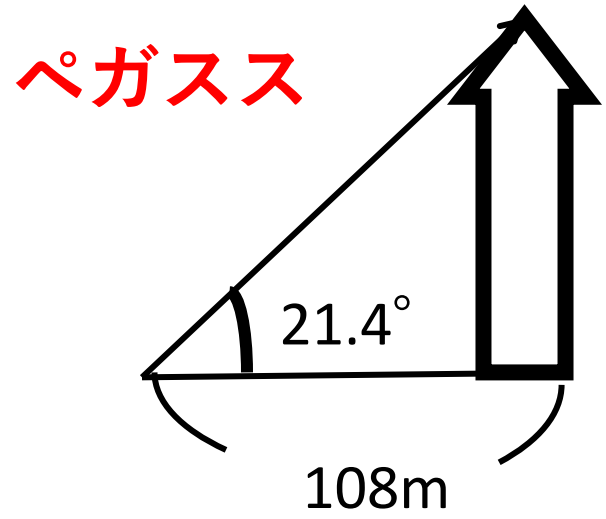
マカリィ
位置測定機能



描いた場所と教会との距離

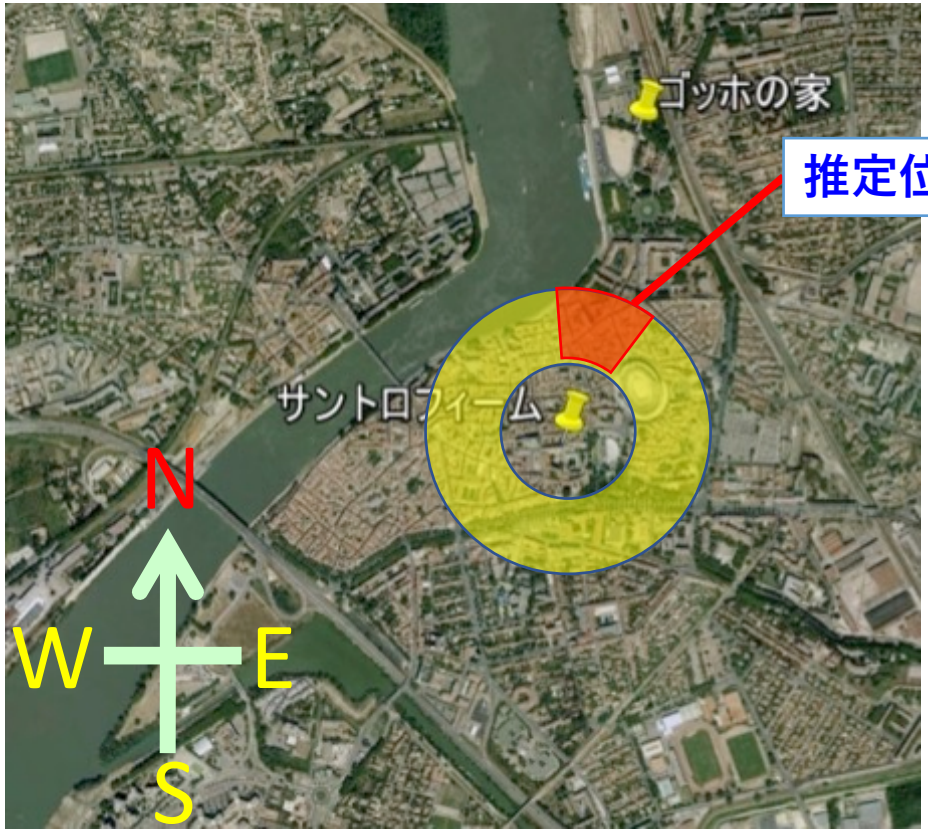






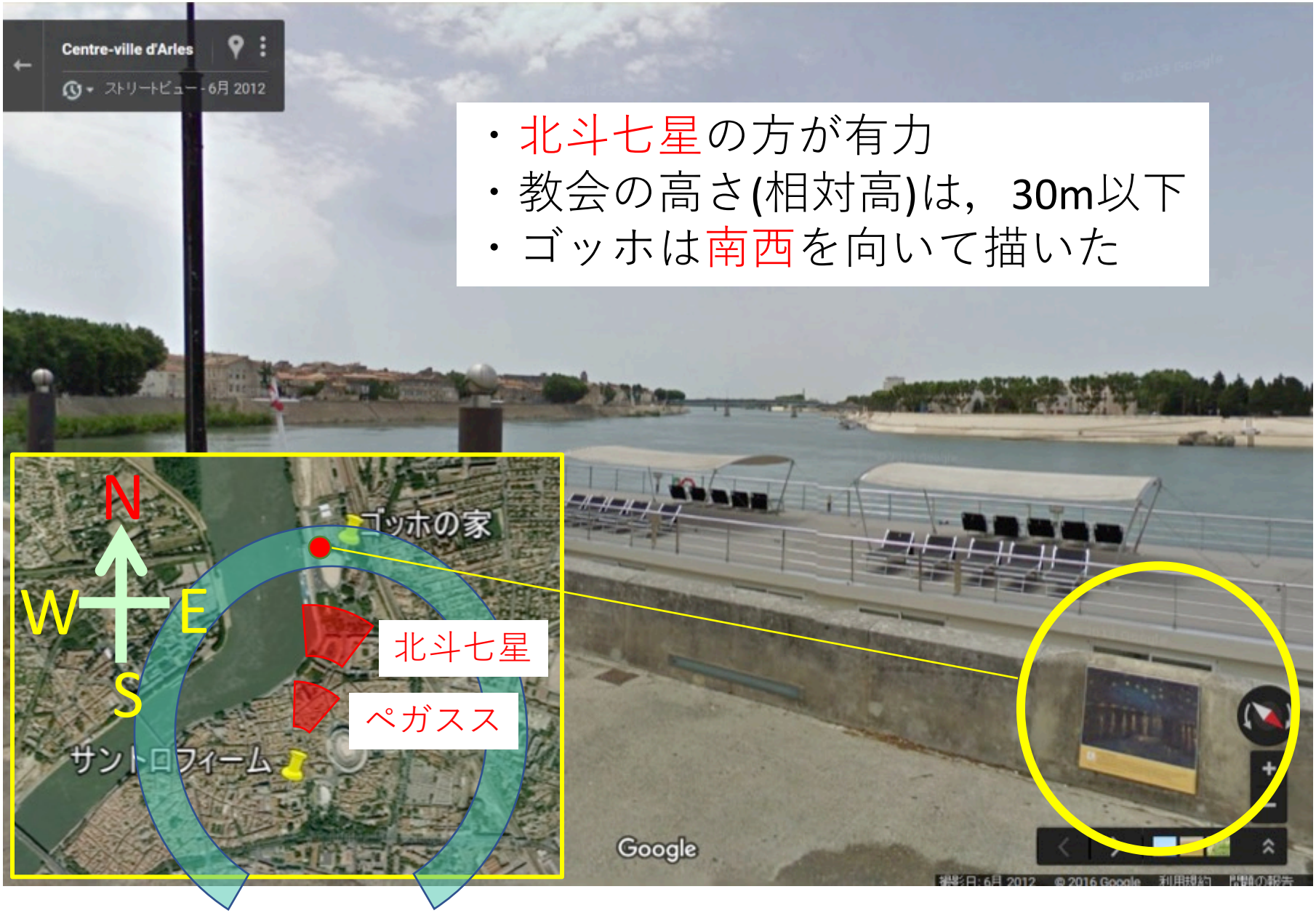
描いた場所の範囲を推定

北斗七星



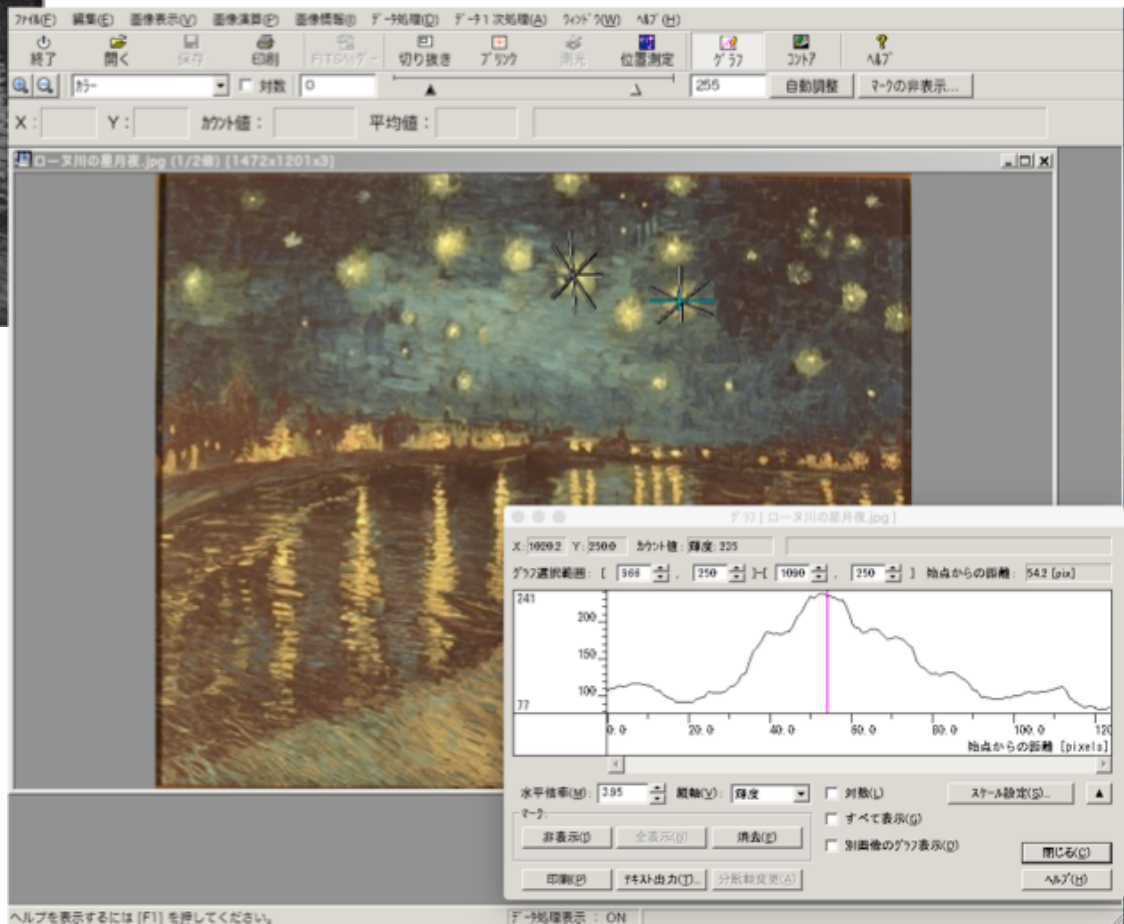
ペガスス

実は特定されていた・・・観光名所だった



「ローヌ川の星月夜」に描かれた星は36個

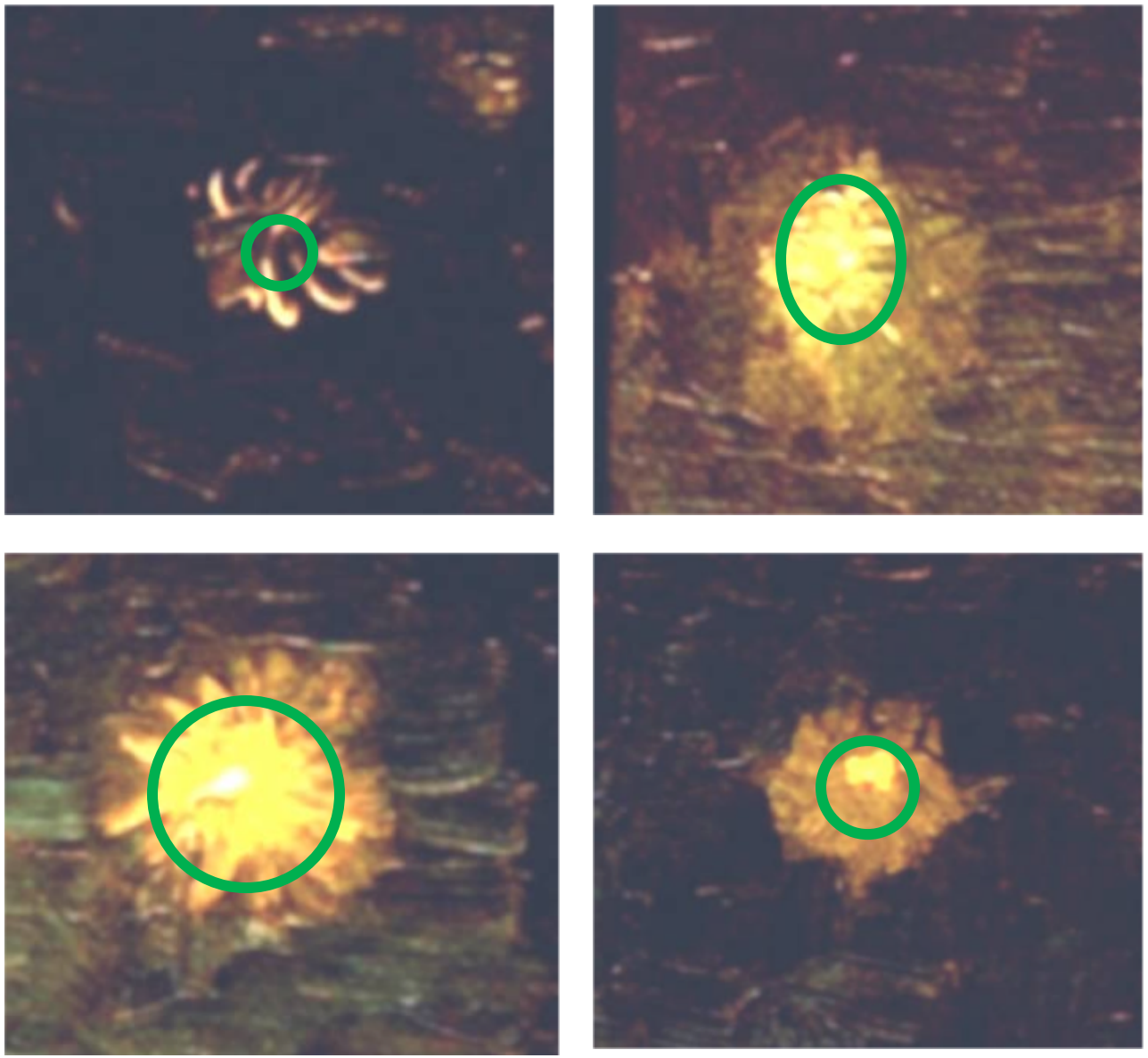
マカリィ
グラフ機能



明るい星ほど大きく見える

星像直径法

ゴッホが描いた星像の相違



直径測定データとカタログデータ

ゴッホの絵				北斗七星				ペガスス座			
星番号	恒星直径平均 (ピクセル)	二乗平均誤差 (ピクセル)	誤差の割合 (%)	等級	B-V	赤経 (h, m, s)	赤緯 (d, m, s)	等級	B-V	赤経 (h, m, s)	赤緯 (d, m, s)
1	86.4	4.8	5.5	3.04	0.191	14h32m41.6s	+38°13′54″	3.77	1.690	02h51m58.6s	+55°57′32″
2	18.8	0.8	4.5	3.49	0.956	15h02m30.9s	+40°19′19″	2.66	0.160	01h26m58.2	+60°19′11″
3	54.3	3.7	6.8	4.18	0.087	14h16m57.5s	+46°00′23″	3.59	1.275	01h39m03.7s	+48°42′35″
4	19.4	2.6	13.1	5.51	1.036	13h47m39.8s	+38°27′16″	2.10	1.370	02h04m57.8s	+42°24′21″
5	93.2	3.8	4.1	1.85	−0.099	13h48m08.0s	+49°13′27″	4.10	0.536	01h37m49.1s	+41°29′15″
6	42.4	2.8	6.7	4.04	0.497	14h25m41.8s	+51°46′08″	4.26	0.012	01h10m30.7s	+47°19′44″
7	49.9	3.8	7.6	5.61	0.337	12h56m44.5s	+38°13′05″	3.00	0.140	02h10m34.2s	+35°03′42″
8	18.1	1.9	10.3	5.87	0.170	12h50m55.4s	+37°25′10″	4.03	0.019	02h18m20.3s	+33°55′11″
9	62.6	3.6	5.8	3.29	1.166	15h25m13.2s	+58°54′17″	4.53	0.136	00h50m45.9s	+41°10′06″
10	91.9	7.0	7.6	3.99	0.169	13h25m49.2s	+54°53′39″	2.07	1.576	01h10m41.7s	+35°42′23″

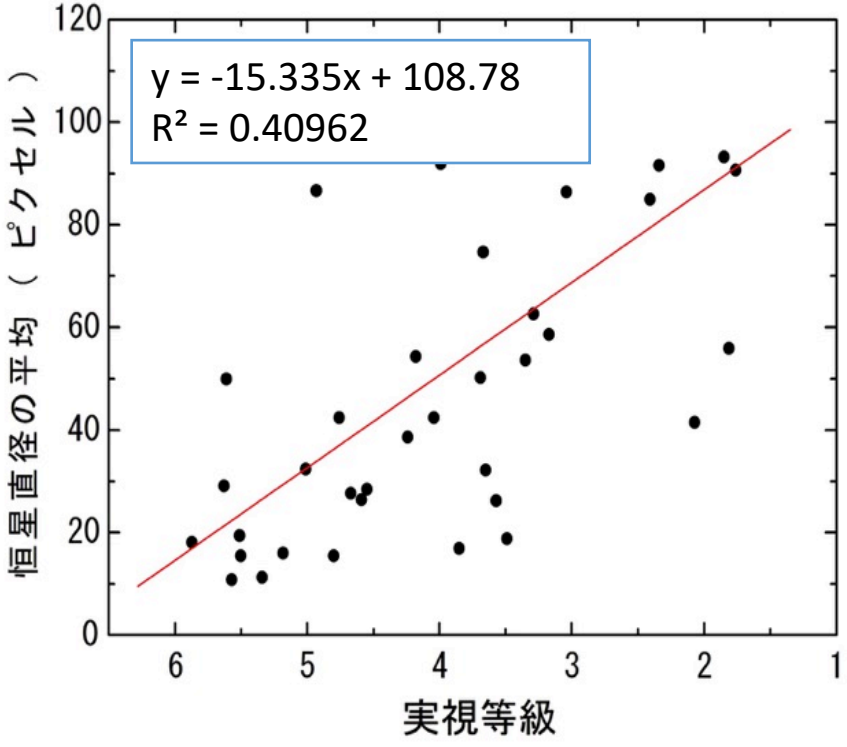
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

30	11.3	3.2	28.1	5.34	1.037	08h14m27.6s	+68°24′34″	2.95	0.969	22h06m37.8s	−00°14′29″
31	26.4	2.4	9.2	4.59	1.179	08h41m39.1s	+64°15′16″	3.86	−0.057	22h22m30.5s	−01°18′22″
32	29.1	4.5	15.4	5.63	1.100	07h32m37.4s	+68°24′58″	4.74	−0.100	22h04m09.9s	−02°04′39″
33	53.6	2.7	5.1	3.35	0.856	08h31m38.2s	+60°38′52″	4.29	−0.075	22h07m19.4s	−13°47′34″
34	42.4	2.5	5.9	4.76	0.025	06h20m44.1s	+69°17′59″	2.90	0.828	21h32m25.2s	−05°30′02″
35	86.6	4.2	4.8	4.93	0.104	07h44m25.3s	+58°39′26″	2.85	0.180	21h47m56.6s	−16°03′22″
36	26.2	2.4	9.3	3.57	0.007	09h04m44.6s	+47°04′40″	3.27	0.066	22h55m31.7s	−15°44′15″
		全平均	10.4	4.01	0.54			3.59	0.55		

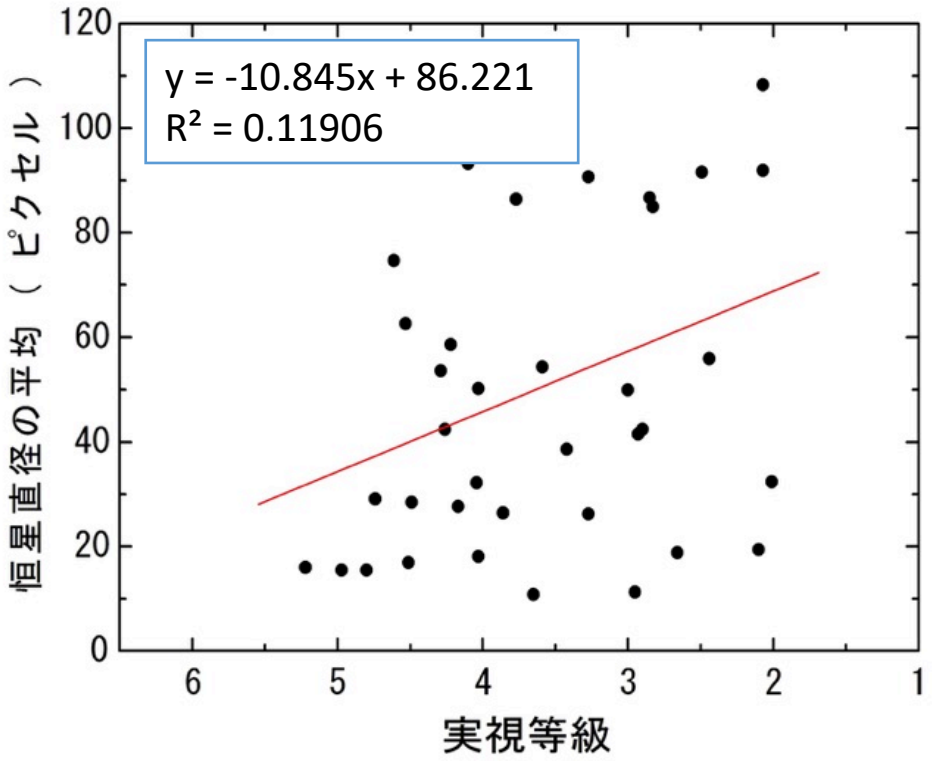
誤差10%に収まる

実視等級と恒星直径の相関図

北斗七星

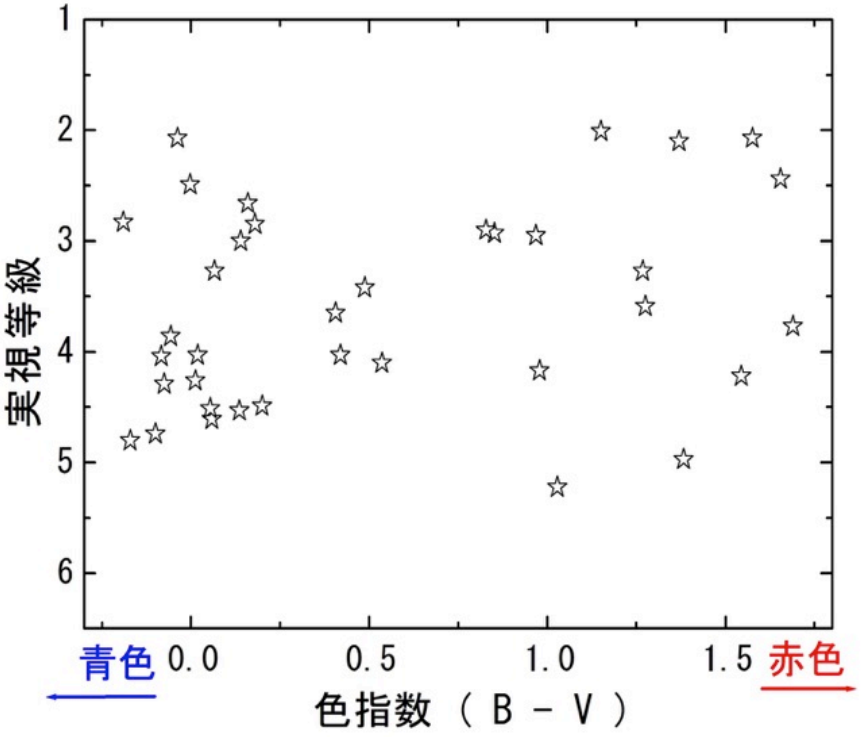


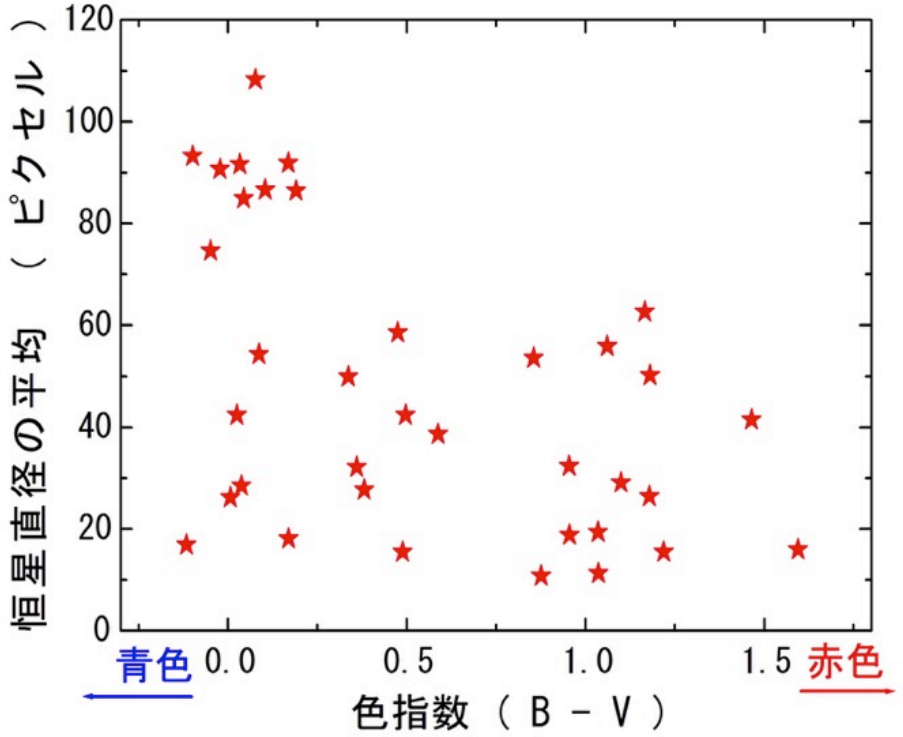
ペガスス



恒星の色指数と実視等級/星像直径の関係

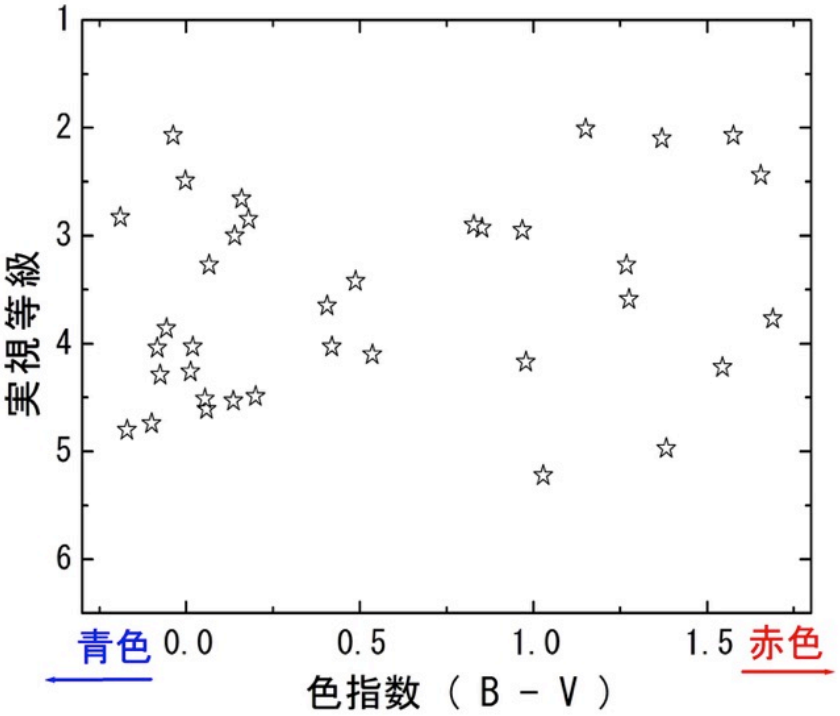
北斗七星

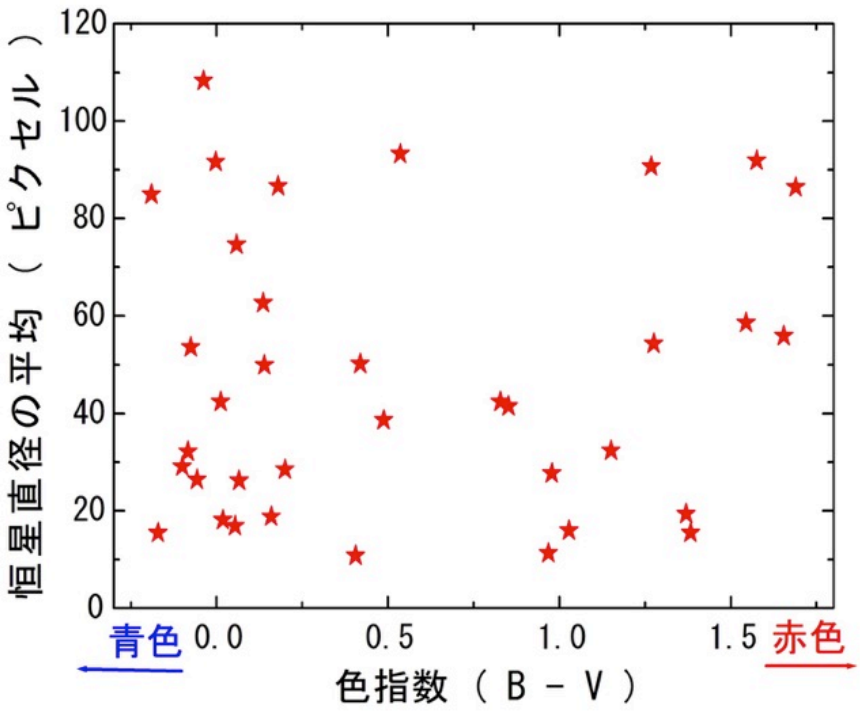




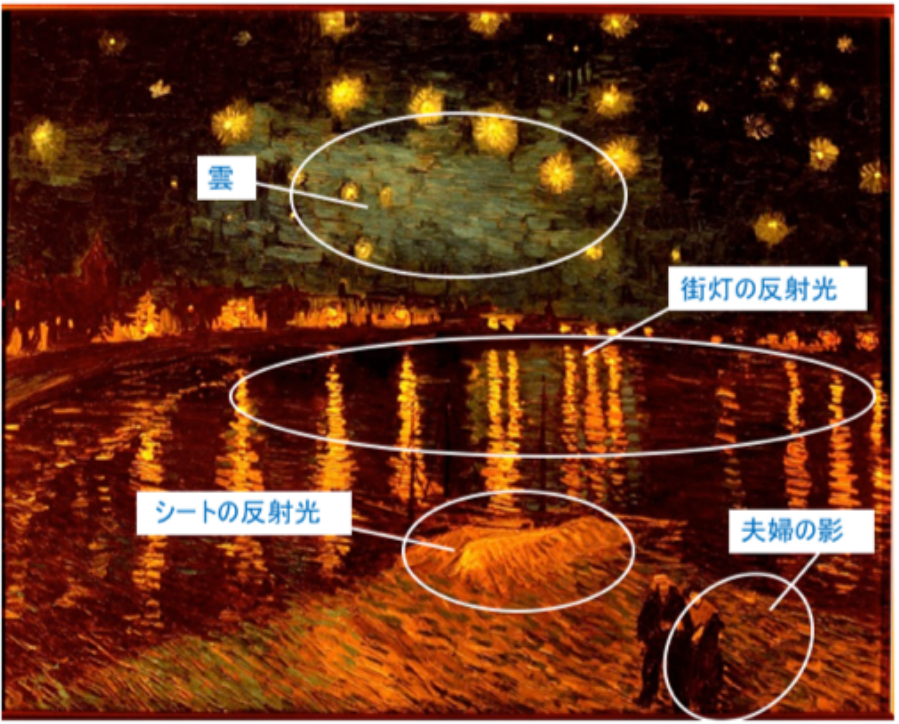
恒星の色指数と実視等級/星像直径の関係

ペガスス

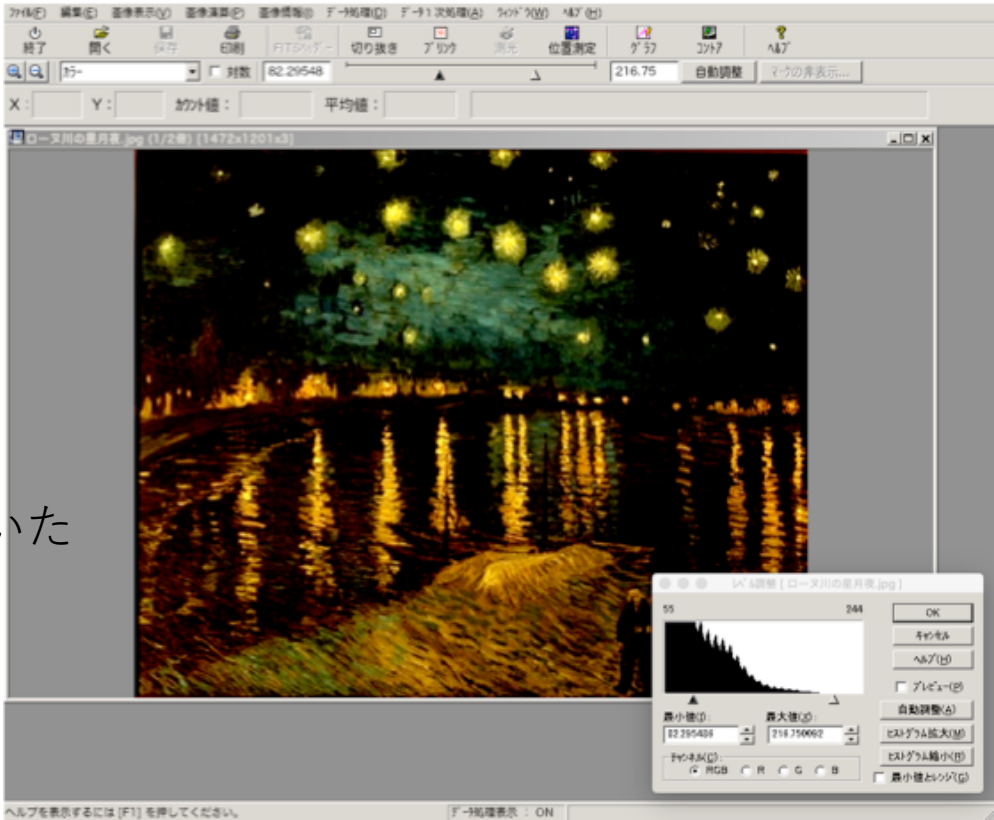




絵画に含まれている情報



マカリィ
表示機能



- 北東、もしくは南東の風が吹いていた
- 風はやや強く、雲は流れていった
- シートの反射、夫婦の影から月が出ていた
- 描かれた星ぼしは、北斗七星である

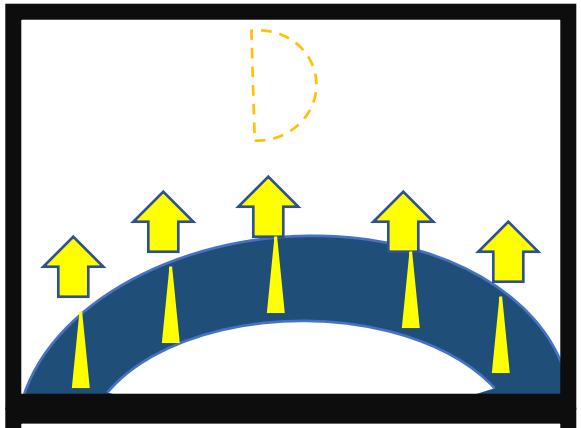
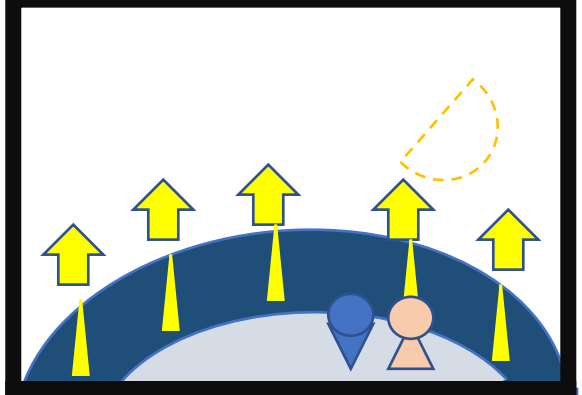
ゴッホが描いた場所を再現

北斗七星

ペガスス

上弦の月

描かれた段階と時刻を推測

	描かれた絵画	スケッチの方向	推定現地時刻
1		南西 夜景を描き始める	1888年9月12日(水) 上弦の月が南中 (18時21分)
2		北東 夜婦を描く	薄明の終わり (19時30分)
3		北 星空を描き始める	上弦の月が沈む (23時06分)

マカリィで広がる世界
－偏光解析－

渋谷教育学園幕張中学高校
鈴木　文二

彗星のダストとは

mm～cm

mm～μm

μm

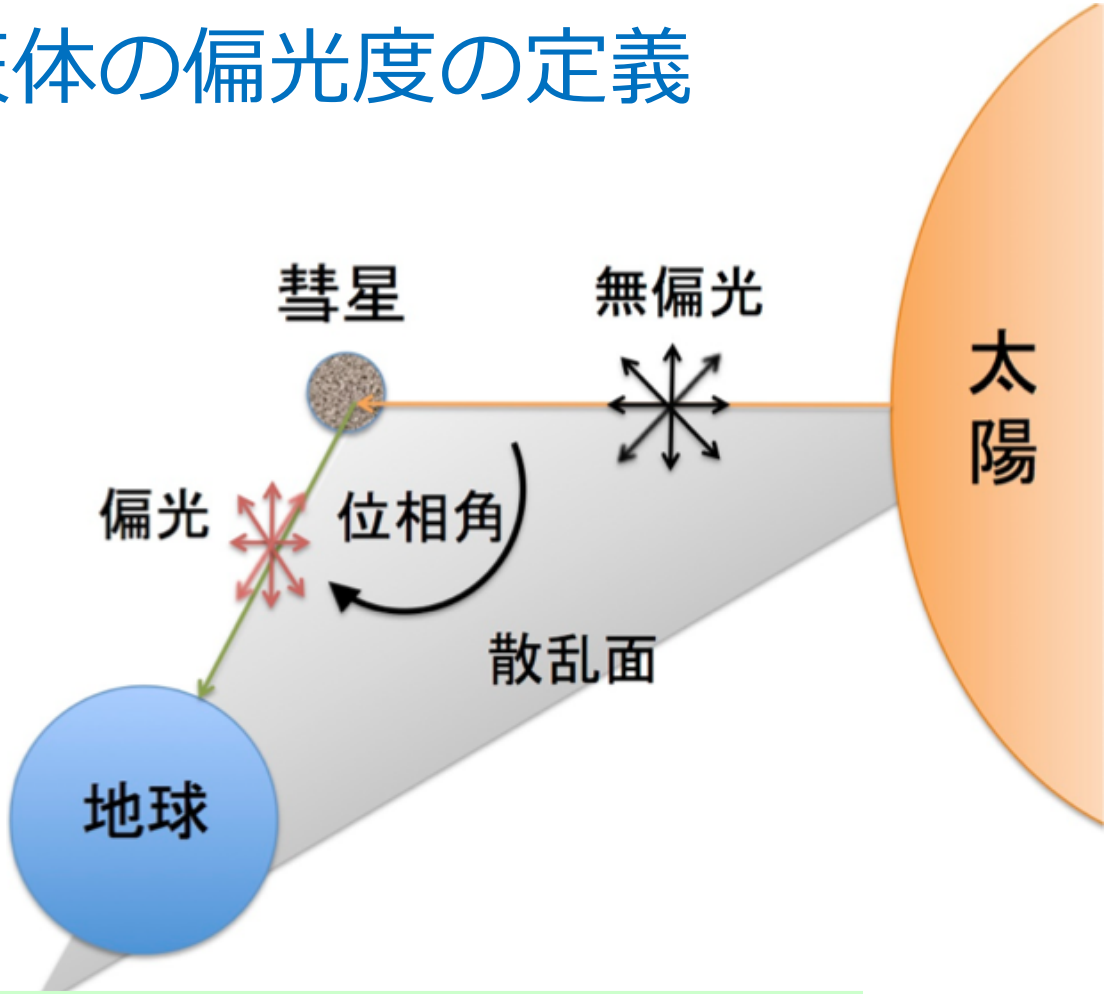
カンラン石　Mg_2SiO_4　Fe_2SiO_4　Mn_2SiO_4　$CaMgSiO_4$

輝石　$Mg_2Si_2O_6$　$CaMgSi_2O_6$　$NaAlSi_2O_6$

太陽系天体の偏光度の定義

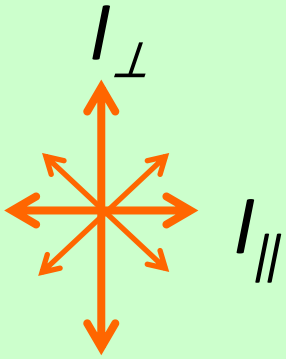
ストークスパラメーター

$$S_0 = A_x^2 + A_y^2$$
$$S_1 = A_x^2 - A_y^2$$
$$S_2 = 2A_xA_y\cos\varphi$$
$$S_3 = 2A_xA_y\sin\varphi$$



直線偏光の定義

$$p = \frac{S_1}{S_0} = \frac{I_\perp - I_{//}}{I_\perp + I_{//}}$$



C/2013 R1(Lovejoy) の偏光観測

長野県　湯ノ丸高原にて
2013年12月

EOS kiss X6i
EF200mm F2.8
偏光フィルタ

フラットの撮像

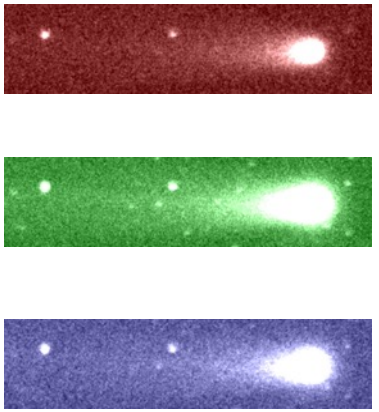
参考文献
「彗星の科学」恒星社厚生閣

三色分解

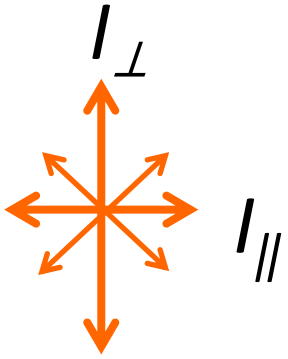
原画像　キヤノンRAW(CR2)

RGB分解
FITS変換

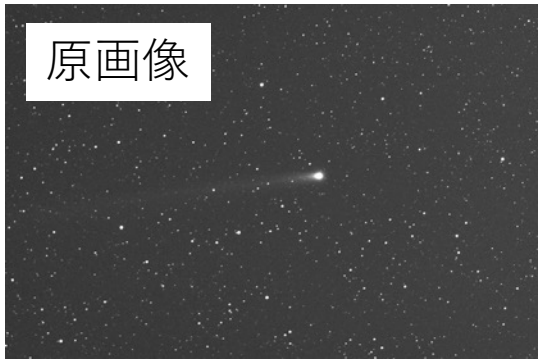
raw2fits

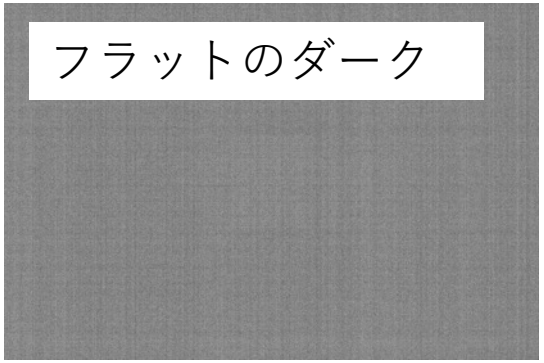


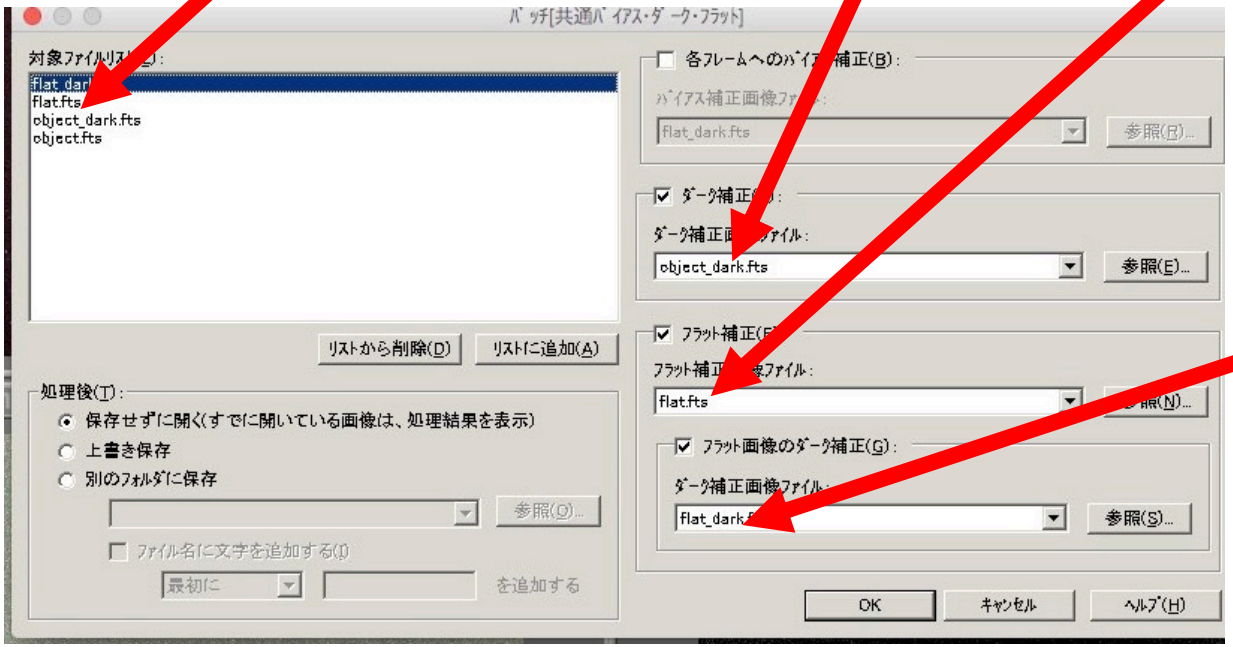
彗星画像 (散乱平面に垂直)
彗星画像 (散乱平面に平行)
観測時のダーク画像
フラット画像
フラット用ダーク画像



一次処理





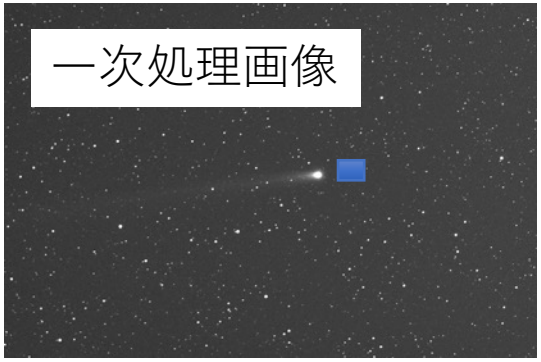


処理済みのサンプル

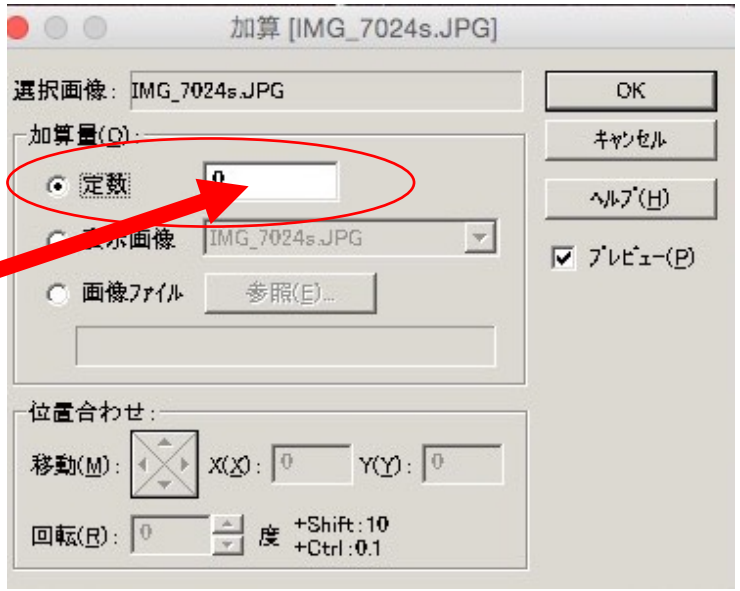
IMG_7022_g_DF.fits

IMG_7023_g_DF.fits

画像演算 1 (skyの差し引き)

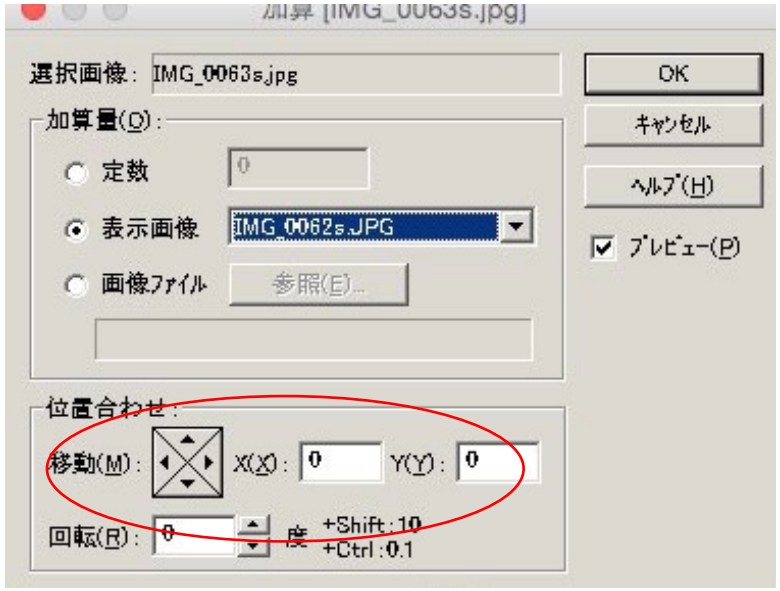


Skyを切り取り平均値算出

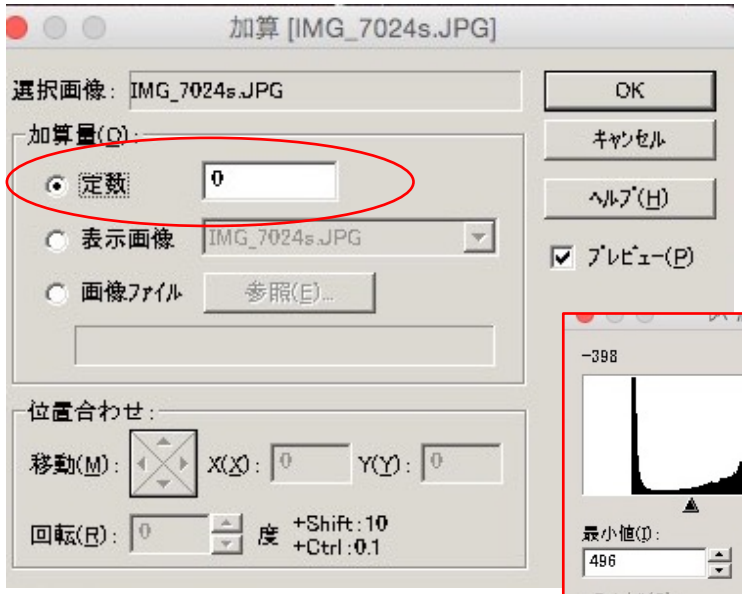


画像演算 2 (偏光度演算)

$$p = \frac{I_{\perp} - I_{\parallel}}{I_{\perp} + I_{\parallel}} \times 100$$



彗星の中心を合わせて演算



偏光度%換算

表示を0〜30くらいに

サンプルファイル

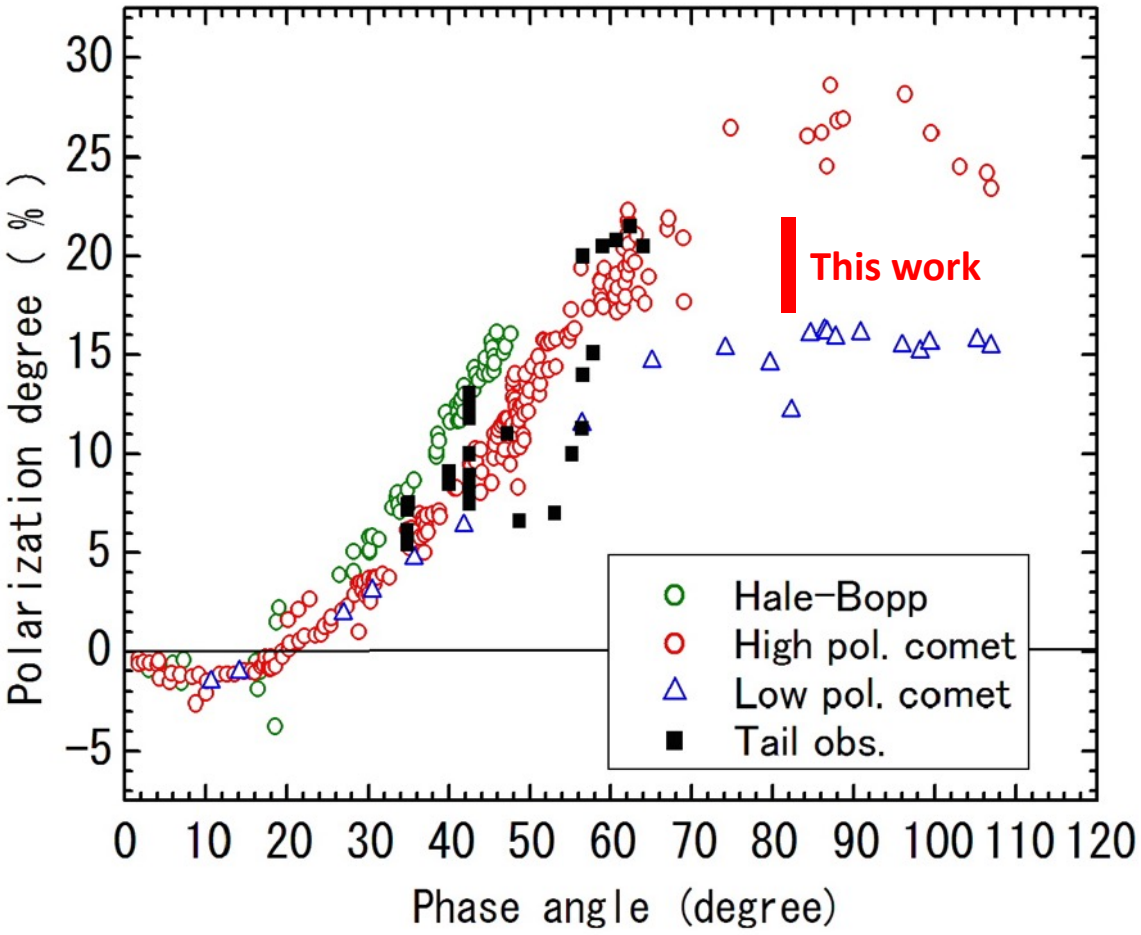
IMG_7022-23_g_DF_sky.fits

IMG_7022+23_g_DF_sky.fits

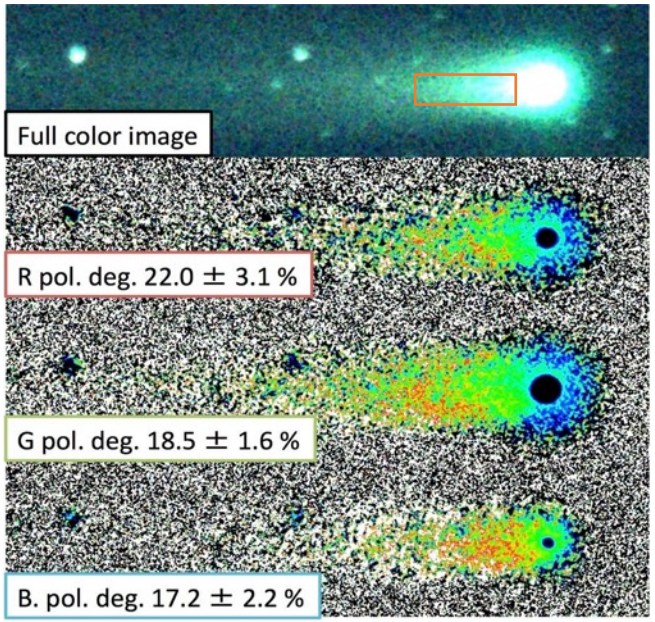
サンプルファィル

IMG_7022-23_deg100.fits

偏光度の比較　：コマ



C/2013 R1(Lovejoy)
2013年12月8日05時08分(JST)
位相角 82.3°



C/2013 R1 (Lovejoy) Polarimetry by Bunji SUZUKI

ダストテイルの偏光

Arend-Roland(C/1956 R1)

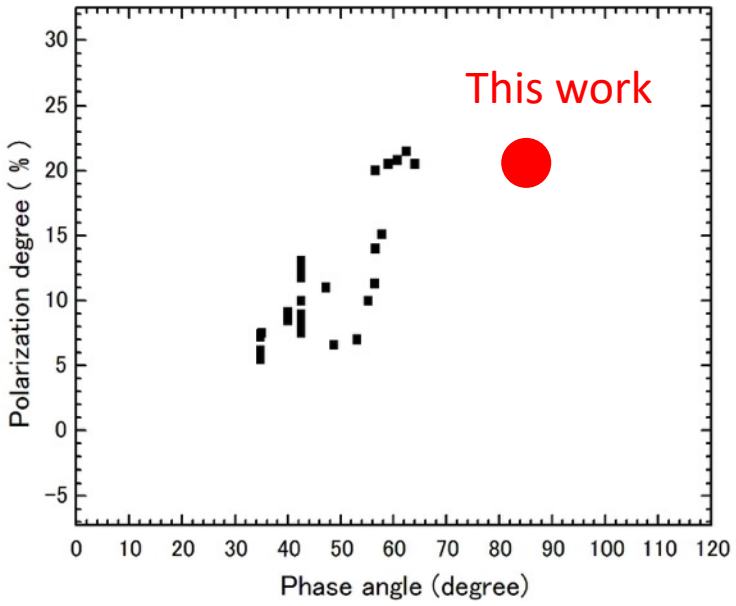
Blackwell, D. E.; Willstrop, R. V.
MNRS, Vol. 117, p.590

Mrkos(C/1957 P1)

Hoag, Arthur A.
PASP, Vol. 70, No. 413, p.203

Ikeya-Seki(C/1965 S1)

Weinberg, J. L.; Beeson, D. E.
AAp, vol. 48, no. 1, Apr. 1976, p. 151-153.

Hale-Bopp(C/1995 O1)

Manset, N.; Bastien, P.
Icarus, Volume 145, Issue 1, pp. 203-219