

大質量星核崩壊型超新星の母天体である Wolf-Rayet 星の探索

LMC/30Dor 大質量星クラスターでの [CIV]/[Ks] 観測

田中培生（東大天文センター）、高橋英則（ぐんま天文台）、川端拡信（武蔵中高校）

なぜ、Wolf-Rayet ?

1. 大質量星の “before” ・ “after” 問題

“after” : supernova (Ib/c, II) よく調べられている

一方、“before” : Wolf-Rayet star ... RSG, LBV, YHG, ???

cf. 1987A 青色超巨星 (<-- 赤色超巨星)

2. 大質量星は いつ・どのくらい 質量放出するか？

initial mass 10-150(?) $M_{\odot}$

final mass 10-20(?) $M_{\odot}$

特に重い星の場合、 $\sim 100 M_{\odot}$ もの質量を放出する

cf. 主系列(O) 数 $10^{(-6)}$ $M_{\odot}/\text{yr}$ x 数 10^6 yr $\sim 10 M_{\odot}$?

LBV $10^{(-3)}$ - $10^{(-2)}$ $M_{\odot}$ x ?? 回 (数 10^4 yr) $\sim$??? $M_{\odot}$

YHG, RSG ???

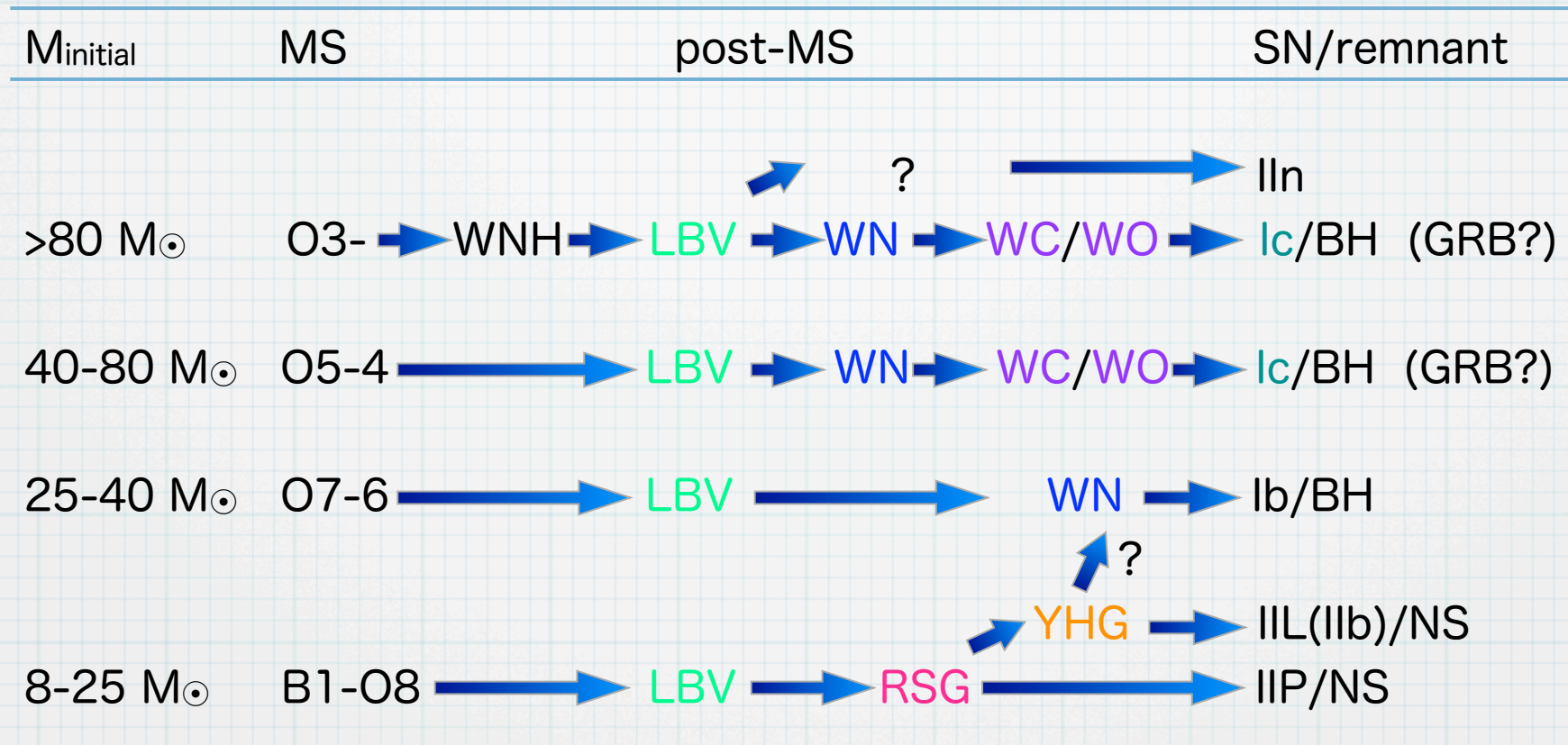
WR 数 $10^{(-5)}$ $M_{\odot}/\text{yr}$ x 数 10^5 yr $\sim 10 M_{\odot}$?

3. 大質量星クラスターの年齢

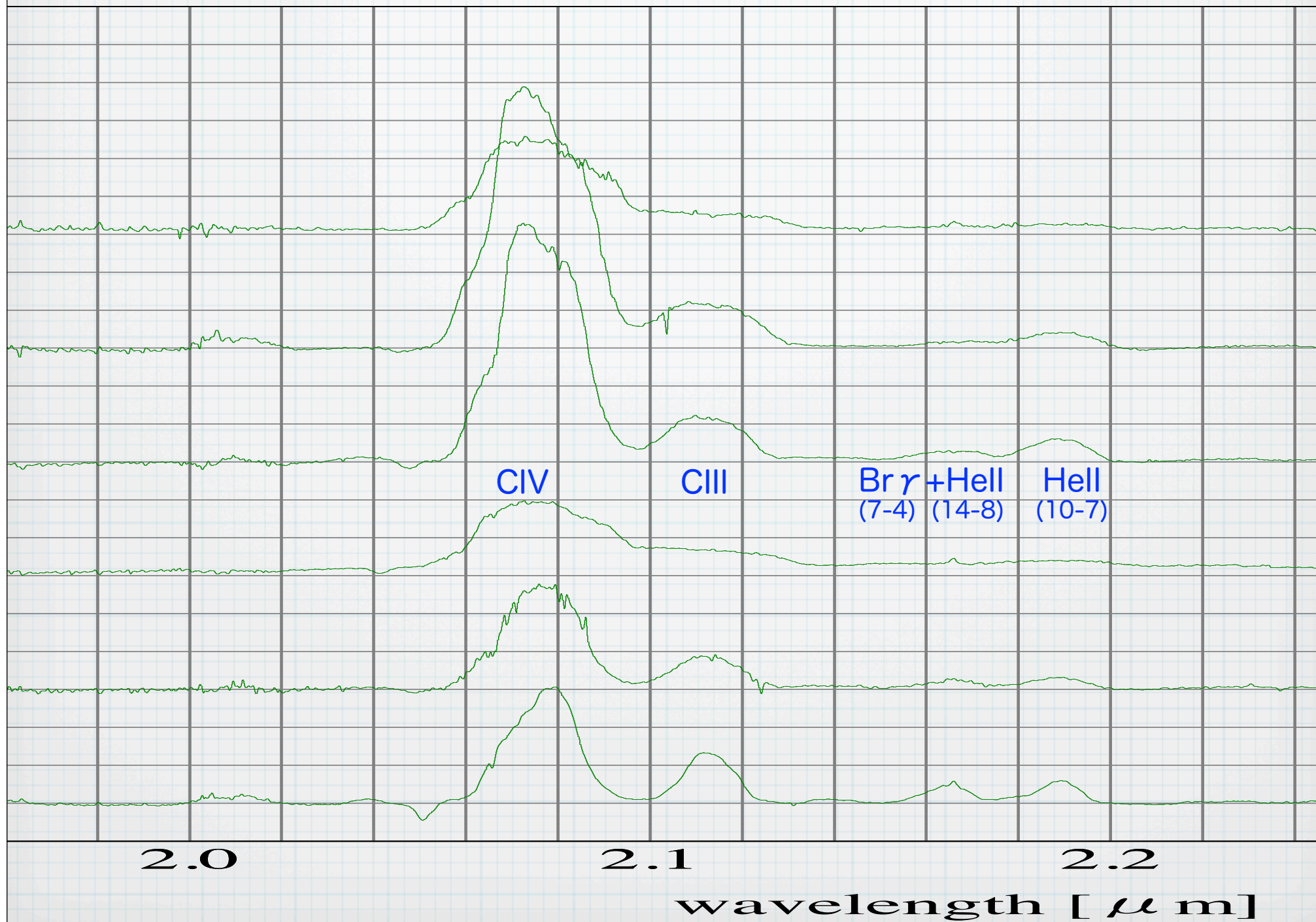
O, LBV, RSG, YHG, WN, & WC の個数比 --> 年齢と質量関数 (?)

“The Conti Scenario”

cf. Crowther 2007 ARA&A 45,177; Smith & Conti 2008 ApJ 679,1467



Wolf-Rayet Stars (WC)



CIV (NBF)

CIII

Br γ +HeII

HeII (NBF)

CIV : $\lambda_c = 2.074 \mu\text{m}$

$\Delta \lambda_{\text{HW}} = 0.041 \mu\text{m}$

Wolf-Rayet Stars (WC)

Ks (BBF)

WR143 WC4+OB?

WR004 WC5+?

WR005 WC6

WR140 WC7pd+O

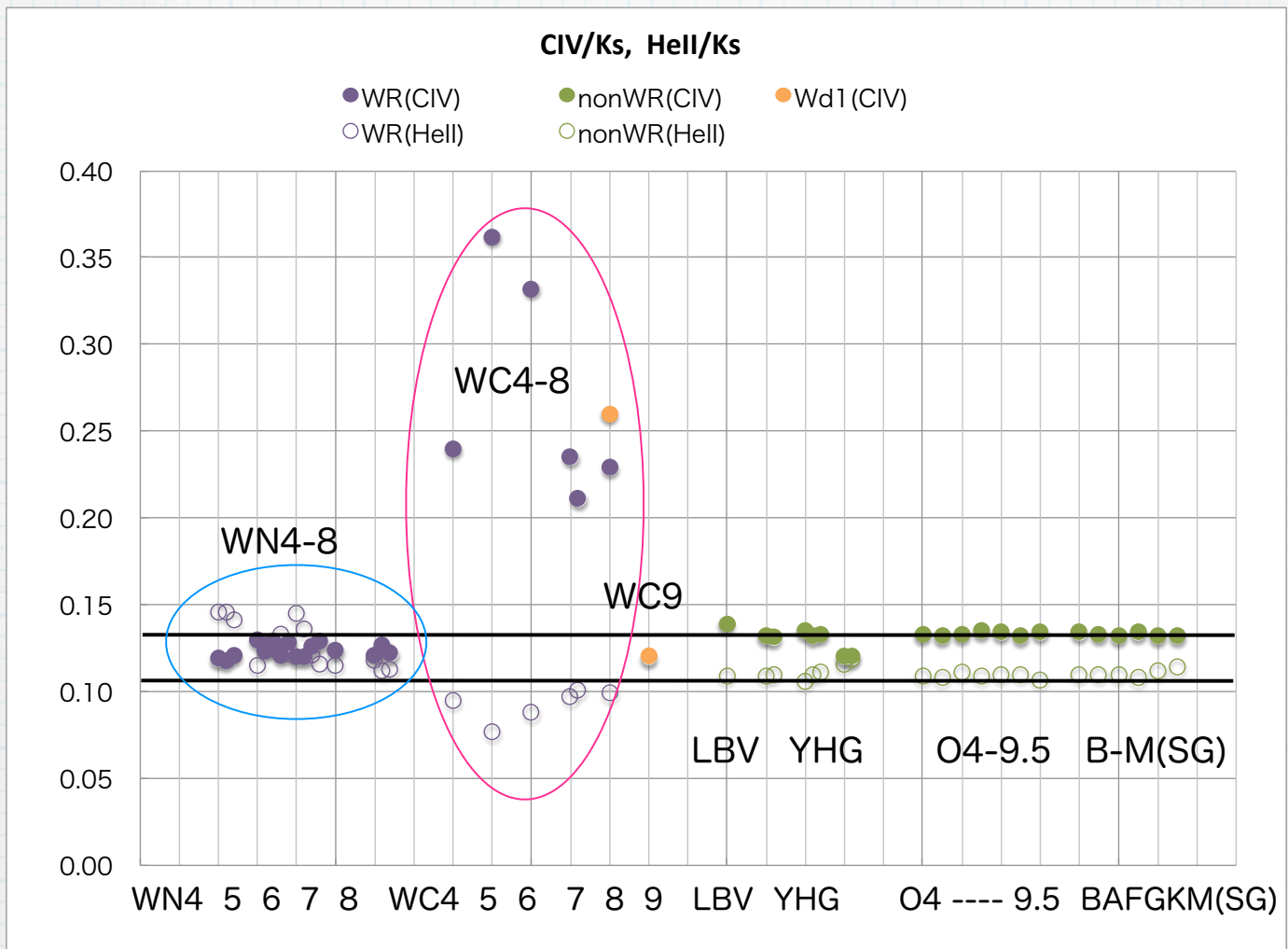
WR137 WC7pd+O

WR135 WC8

.9 2.0 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5

wavelength [μm]

grey: Shara's filter system



0.134
0.107

AKARI/FIS-FTS
[OIII] $88\mu\text{m}$



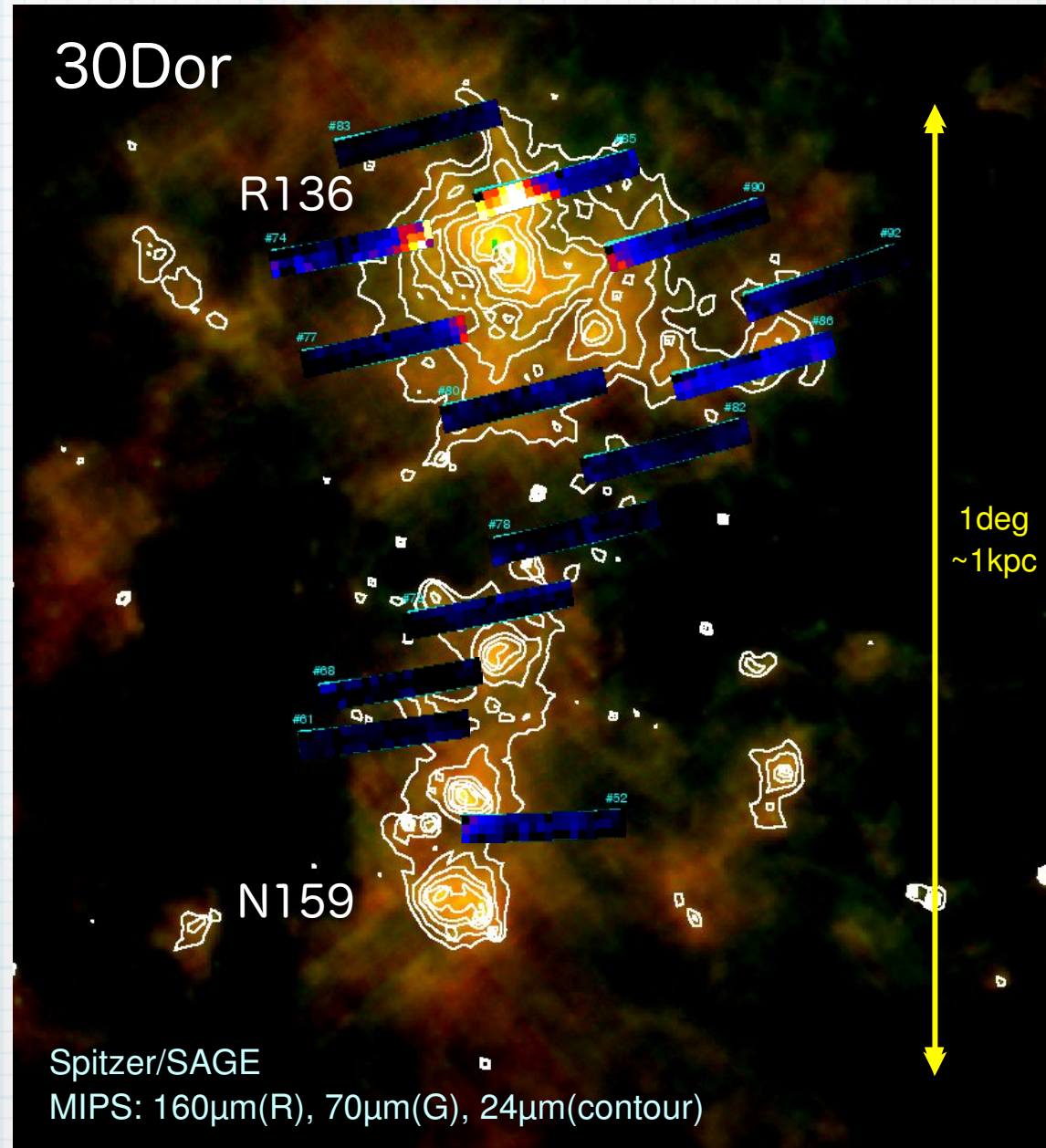
高励起紫外線
(超大質量星クラスター)

深く埋もれた
超大質量星

ホットダスト
(高密度分子ガス)



Spitzer/MIPS
 $24\mu\text{m}$ (contour)



AKARI/FIS-FTS
[OIII] $88\mu\text{m}$



高励起紫外線
(超大質量星クラスター)

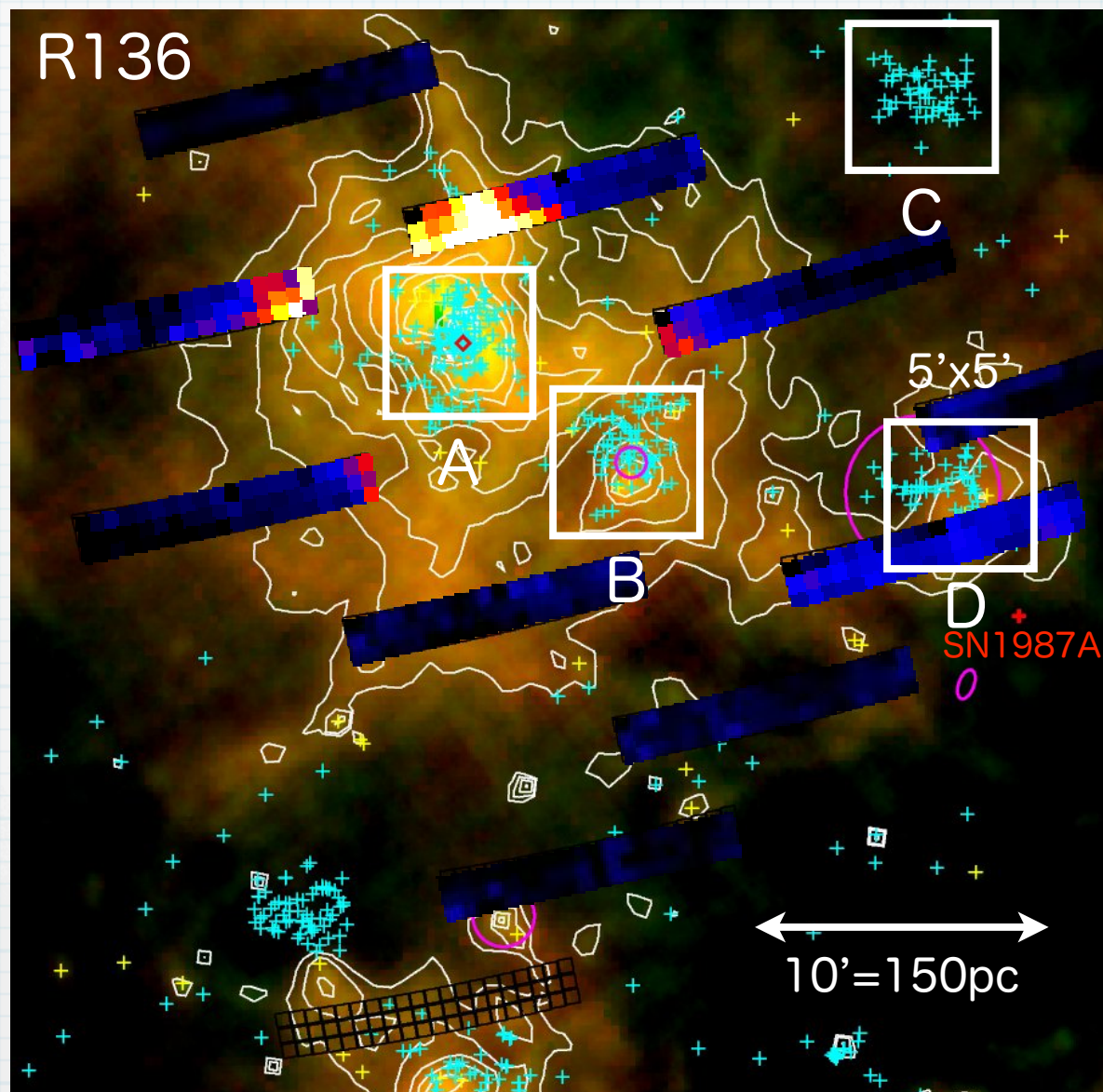
深く埋もれた
超大質量星

ホットダスト
(高密度分子ガス)



Spitzer/MIPS
 $24\mu\text{m}$ (contour)

Massive stars
(1750 stars in LMC)
Bonanos+ 2009



[1] 観測領域(5'x5')の座標

	(α, δ)	(Δ', Δ')
A	$(5^h 38^m 42^s, -69^\circ 06')$	$(0', 0')$
B	$(5^h 37^m 40^s, -69^\circ 09.5')$	$(-5.5', -3.5')$
C	$(5^h 35^m 54^s, -68^\circ 58')$	$(-15', +8')$
D	$(5^h 35^m 43^s, -69^\circ 11')$	$(-16', -5')$

[2] Ks等級および積分時間

前回のGC-region(2009/06)では、明るい星が、 $m_K=10-12\text{mag}$

積分時間は、Ks: $4.2 \text{ sec} \times 9 = 37.8 \text{ sec}$

CIV: $30 \text{ sec} \times 9 = 270 \text{ sec}$

今回の30Dor-region(2010/10)では、明るい星はやはり、 $m_K=10-12\text{mag}$

さらに、 $A_V \sim 10\text{mag}$ ($A_K \sim 1\text{mag}$)までの検出を目指すので、

積分時間は前回の6倍欲しい

ディザリングは5点方式 (シフトは $\pm 10''$) として、

積分時間は、Ks: 240 sec (4分) = $(12 \text{ sec} \times 5) \times 4 \text{ set}$

CIV: 1800 sec (30分) = $(90 \text{ sec} \times 5) \times 4 \text{ set}$

skyはself-skyとするので必要なし

したがって、1 field = 34分 ~ 1時間として、4 fieldsで~4時間

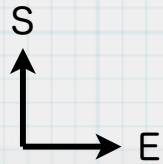
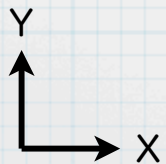
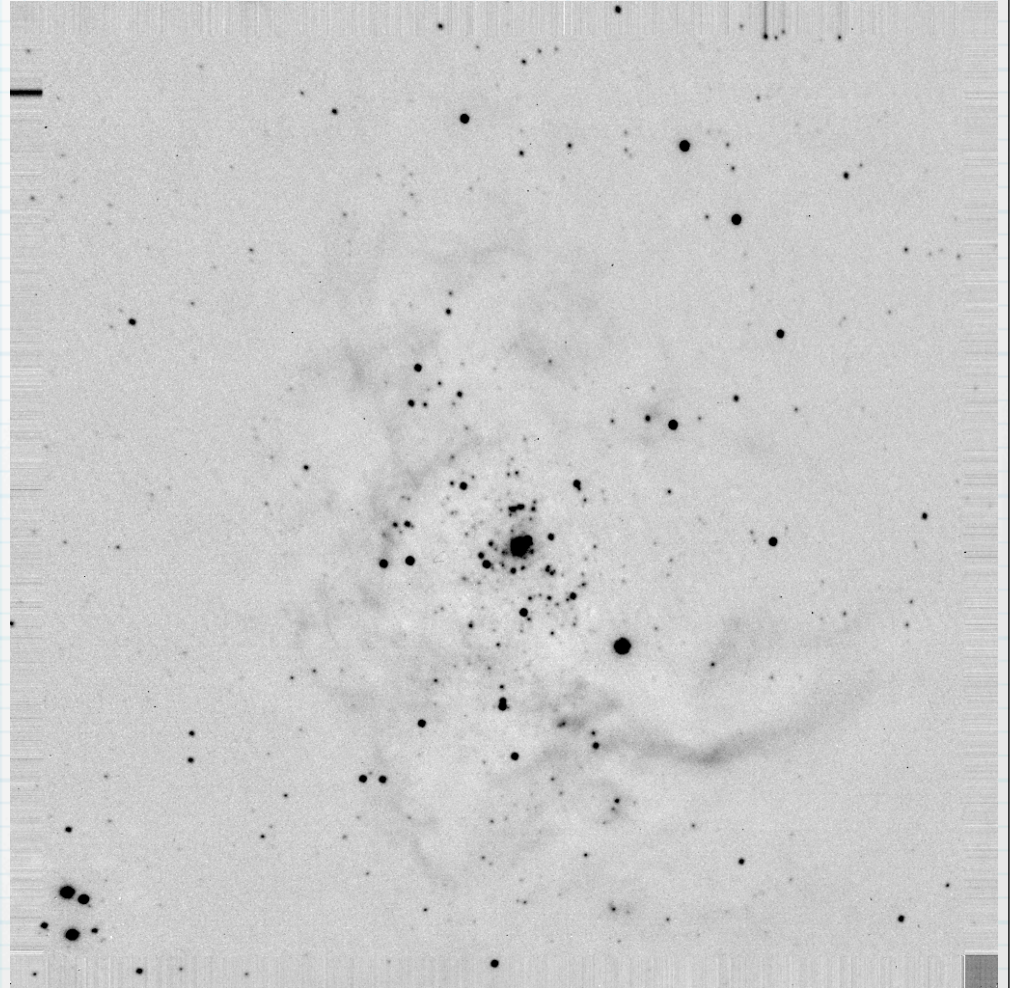
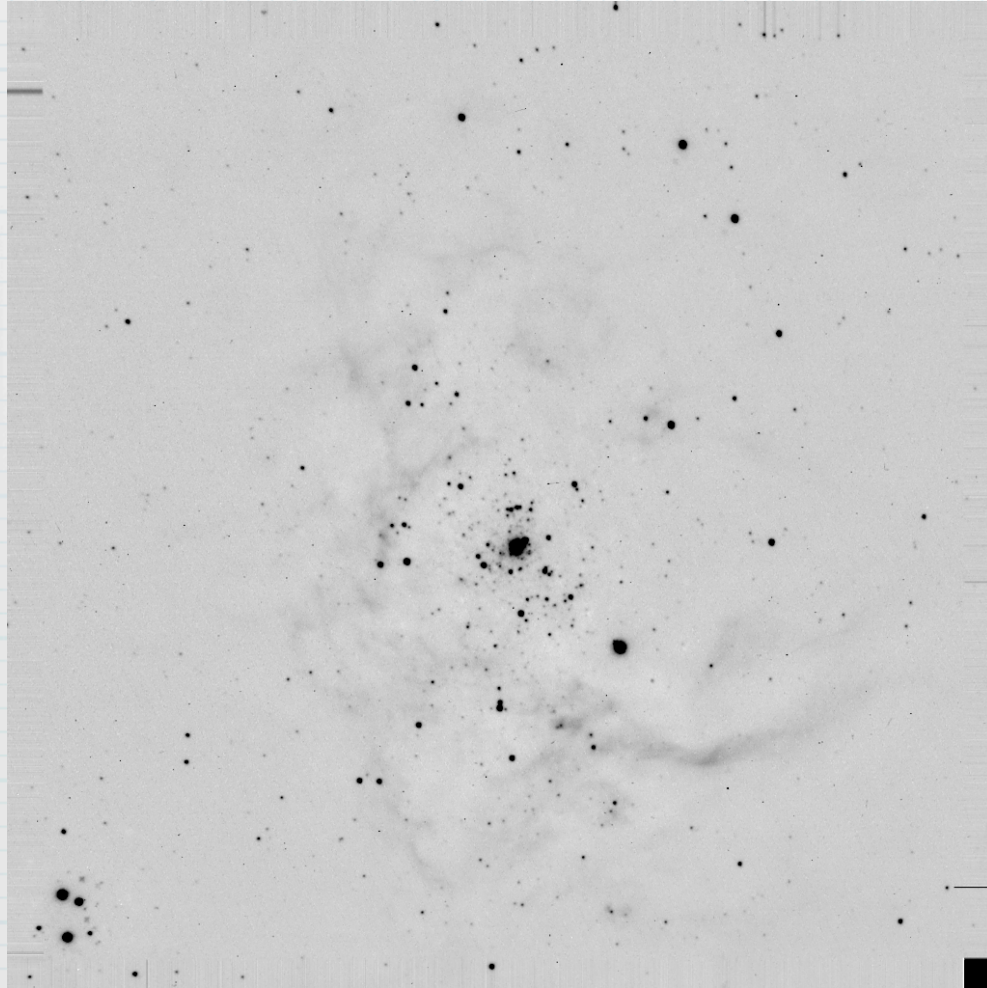
時間帯は、例えば、1時 (EL $\sim 30^\circ$) から5時 (EL $\sim 40^\circ$) の4時間

サチル場合は
1回を短くして
セットを増やす

30DorA

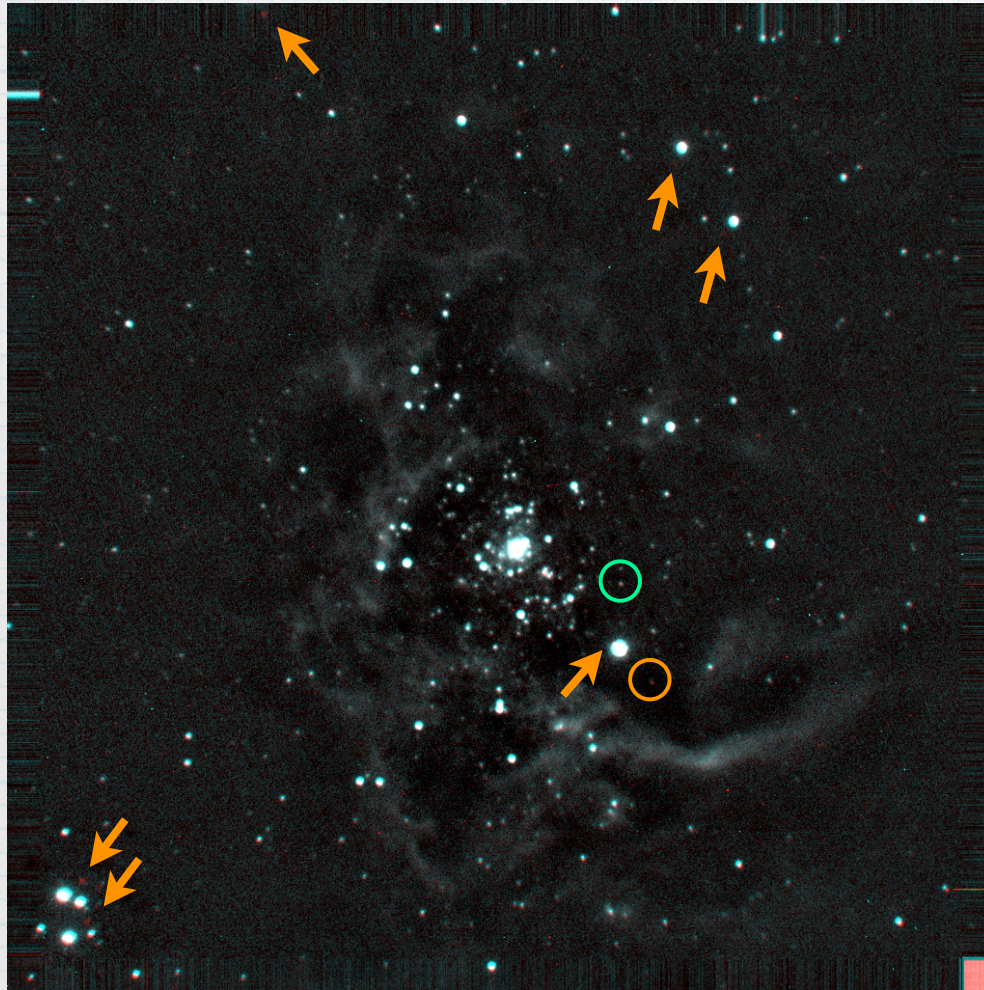
[CIV]

[Ks]

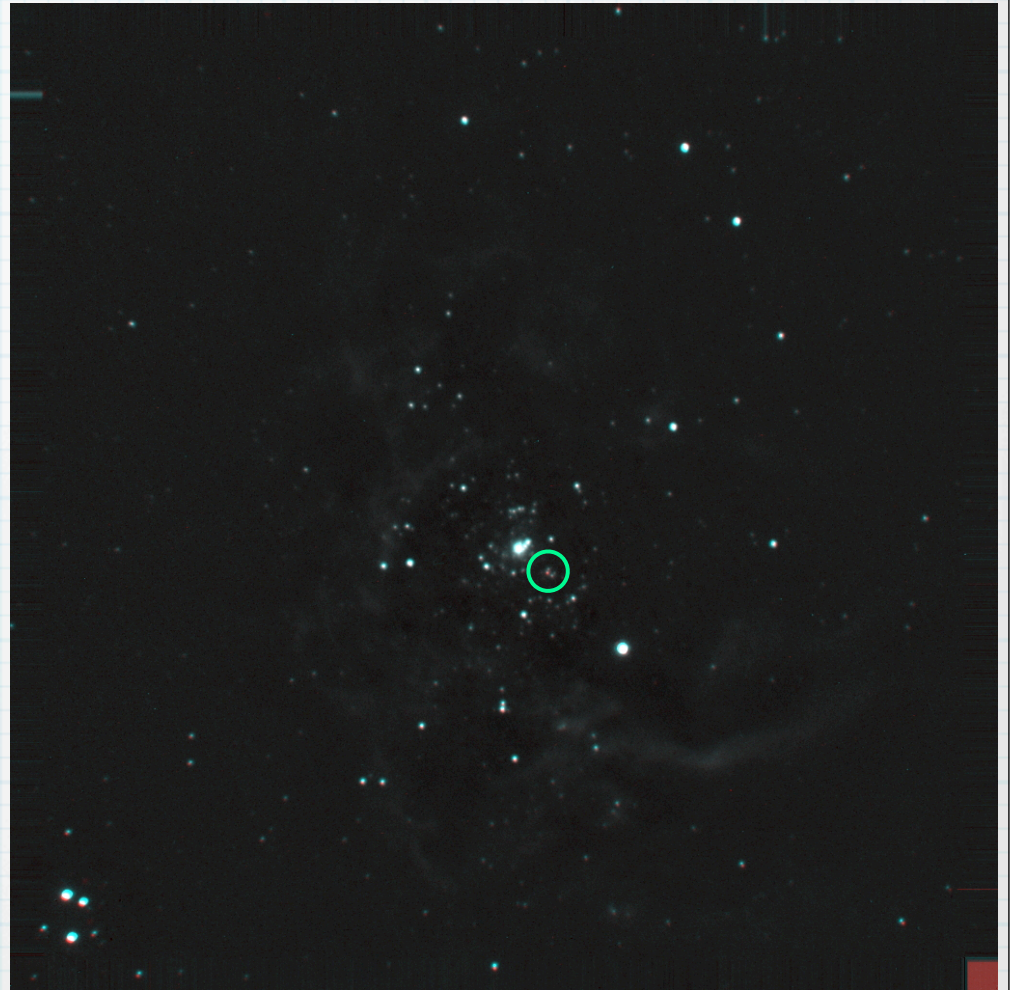


30DorA

rgbA4



rgbA20

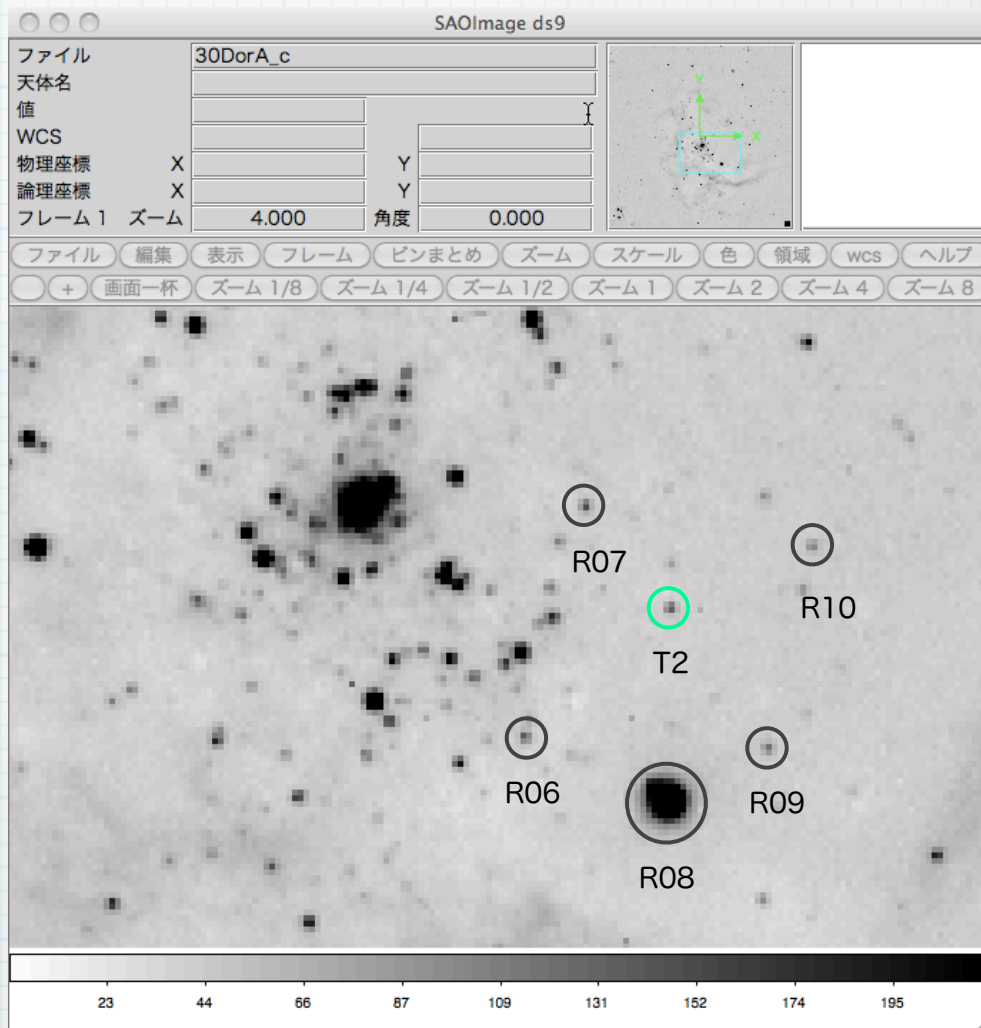
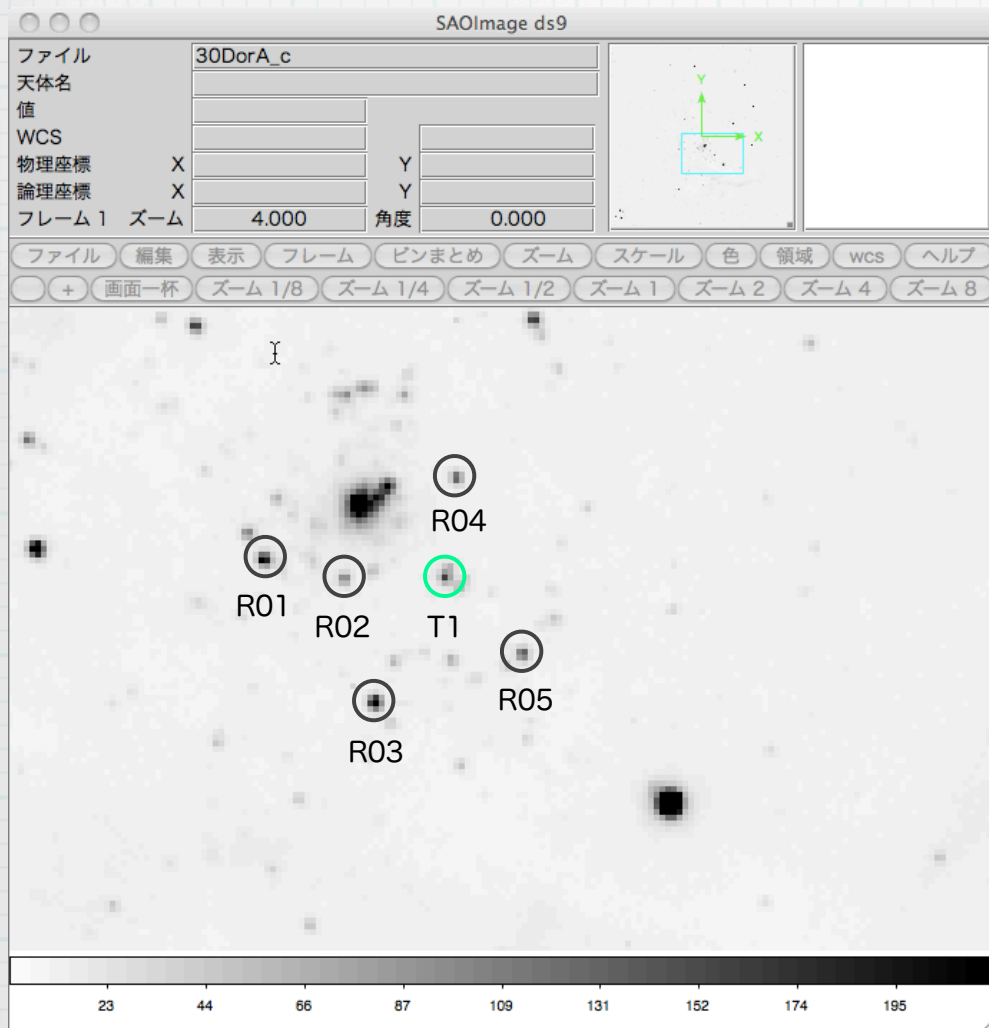


→ N207-filterに見られる「ゴースト」
明るい天体の 画像中心方向4%内側に
0.8-0.9%の強度で

30Dor_regionA

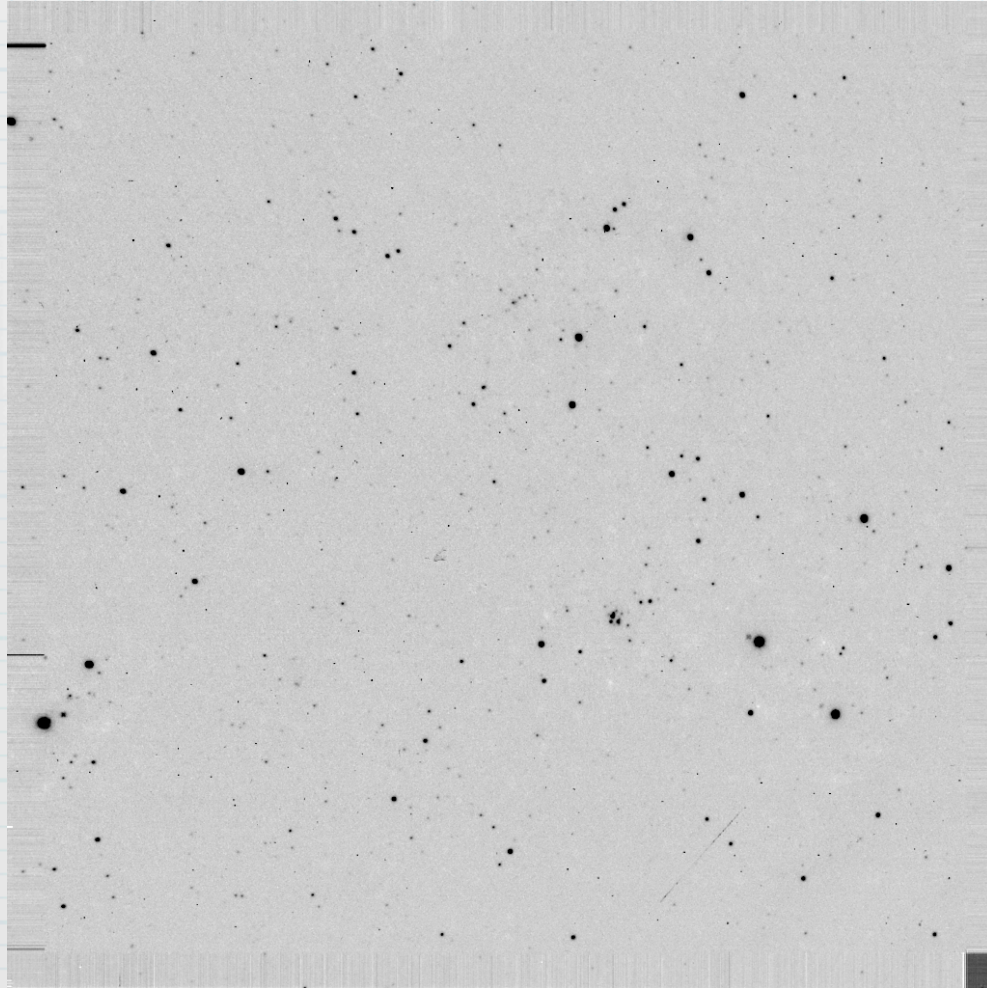
T1: WC5-6

T2: WC7-8

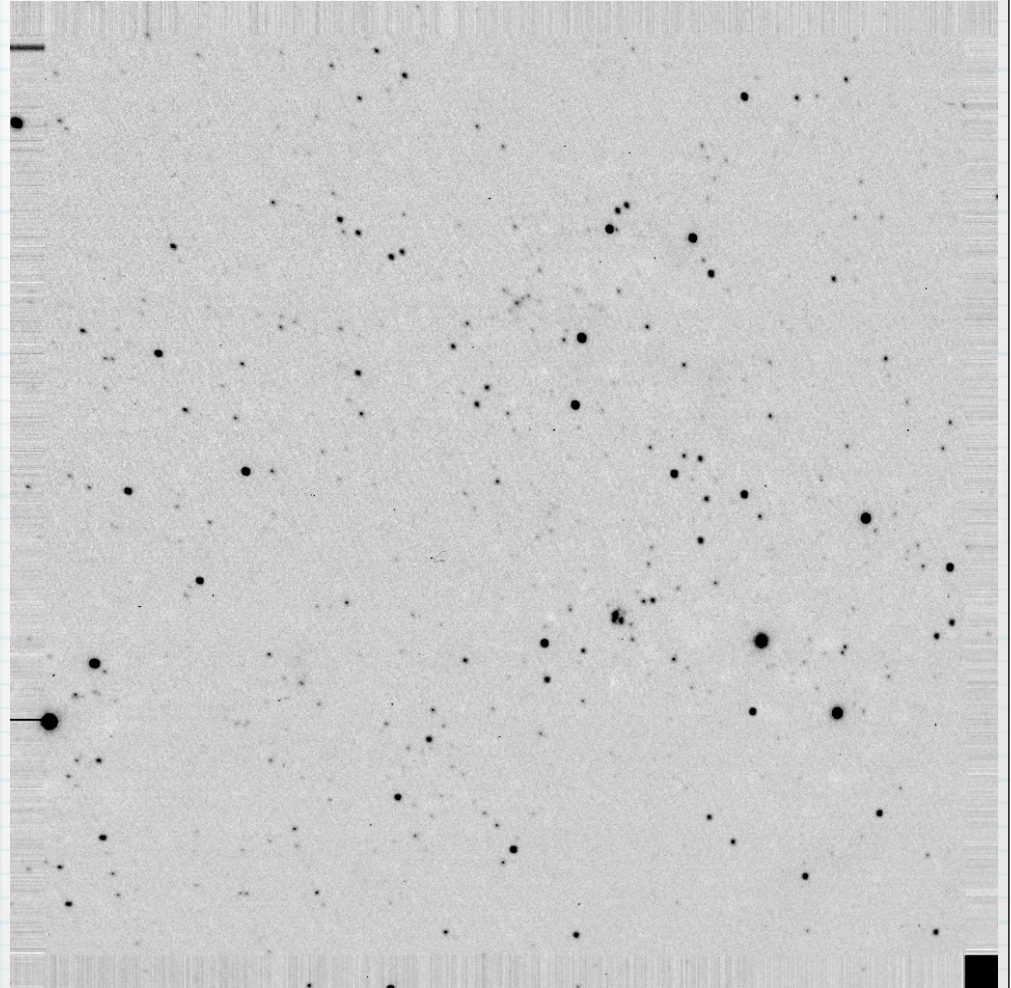


30DorB

[CIV]

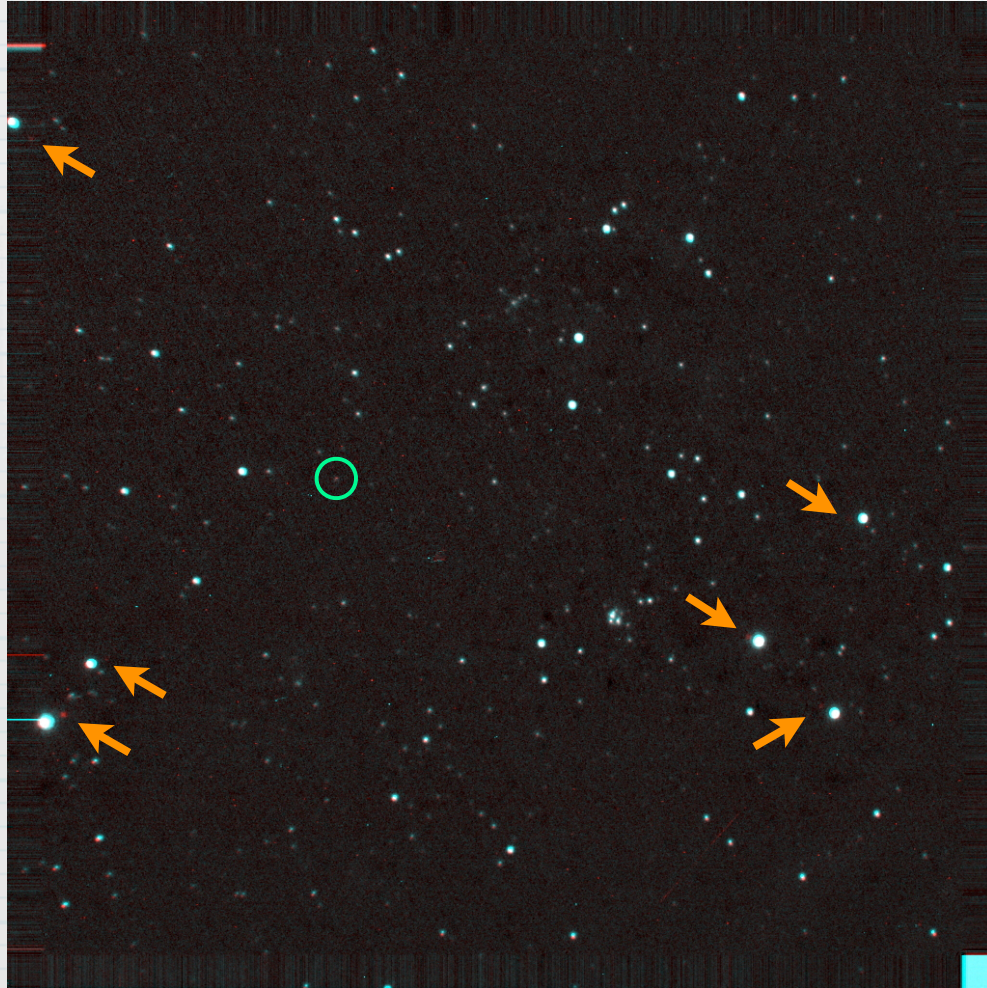


[Ks]



30DorB

rgbB4

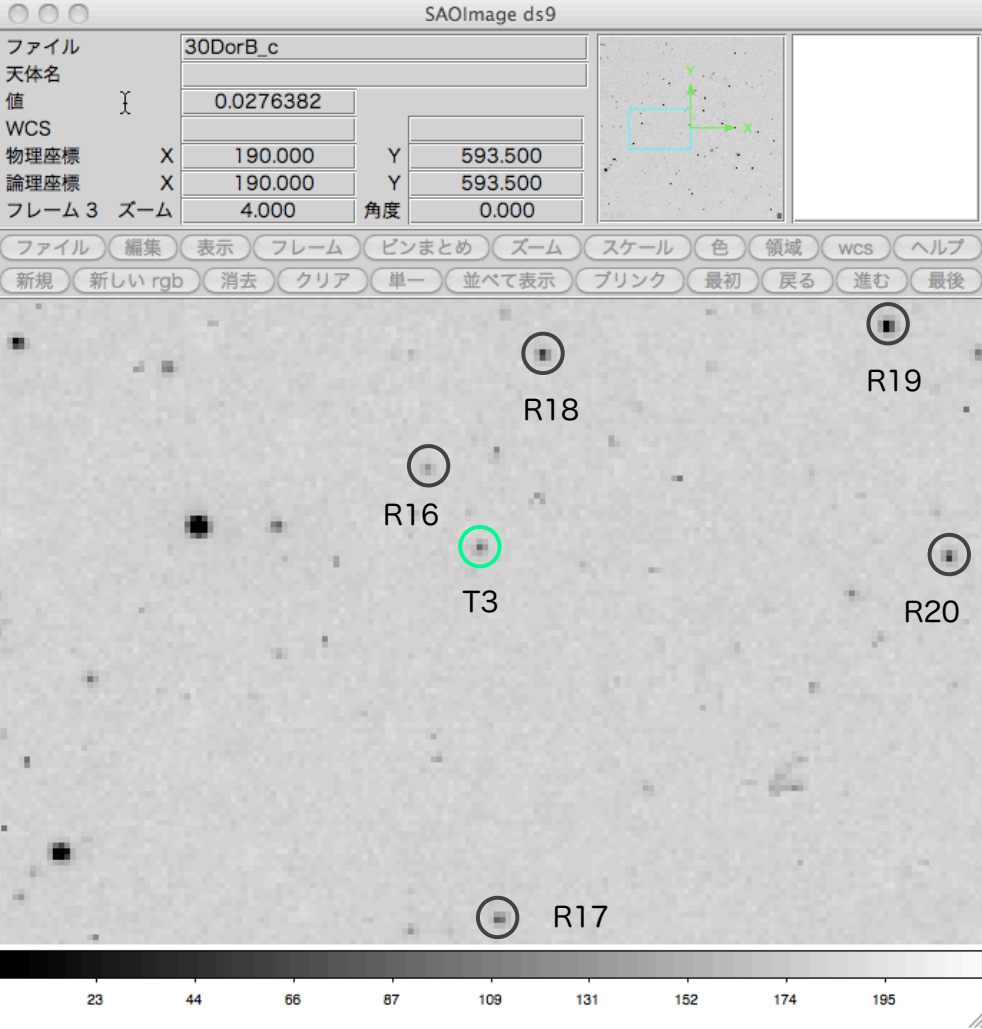
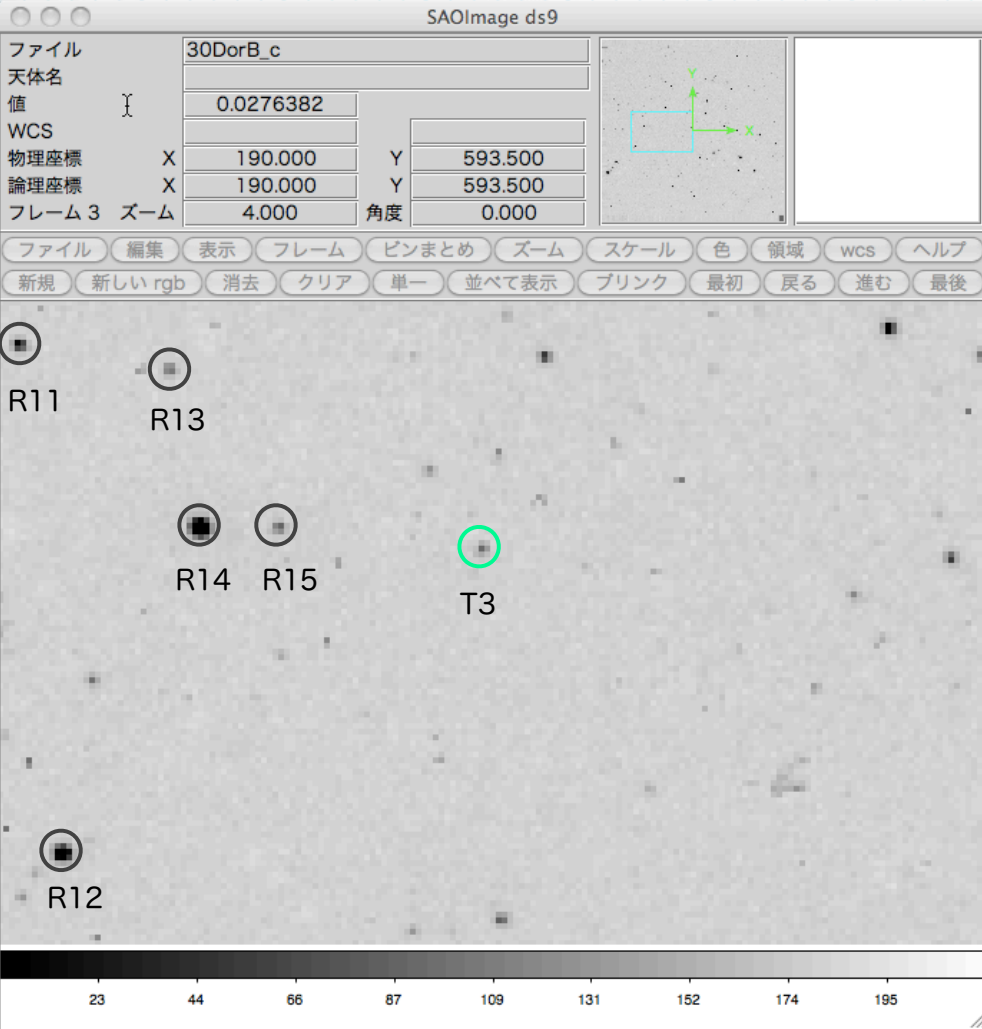


rgbB20



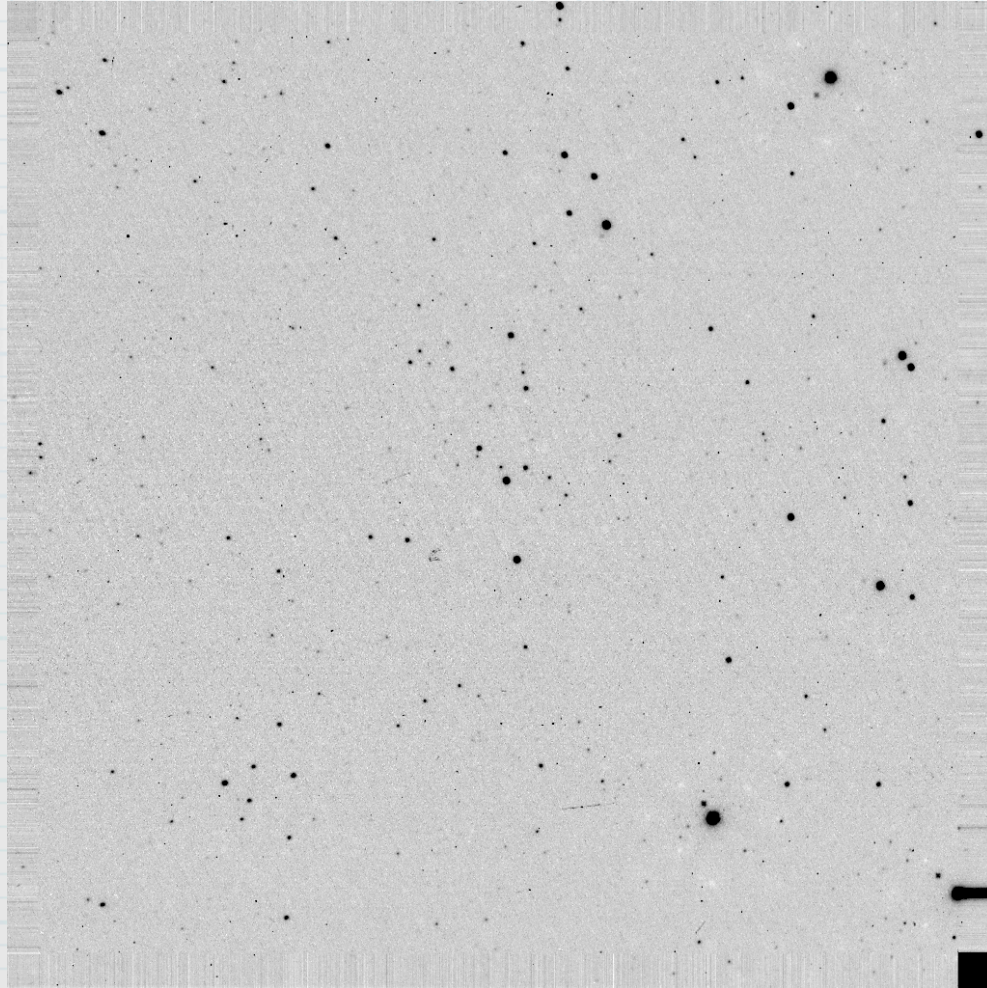
30Dor_regionB

T3: WC5-6

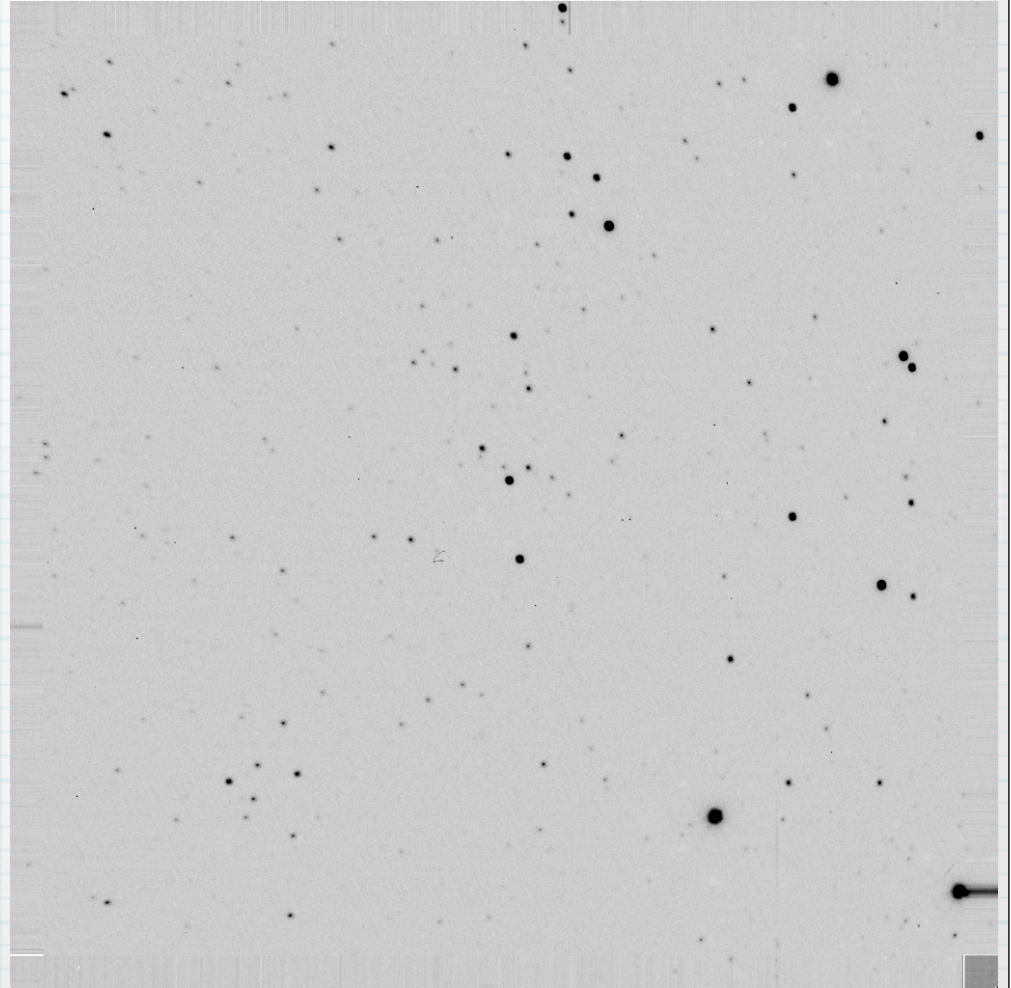


30DorC

[CIV]

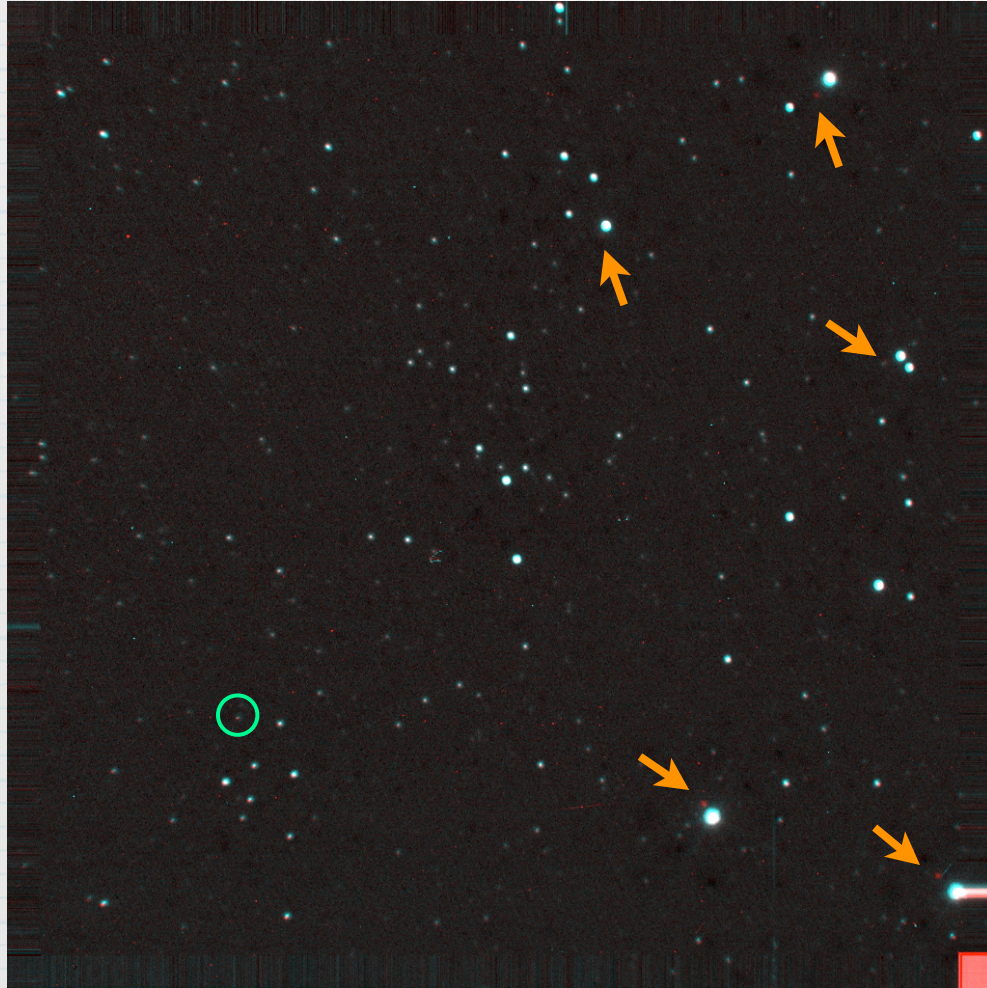


[Ks]

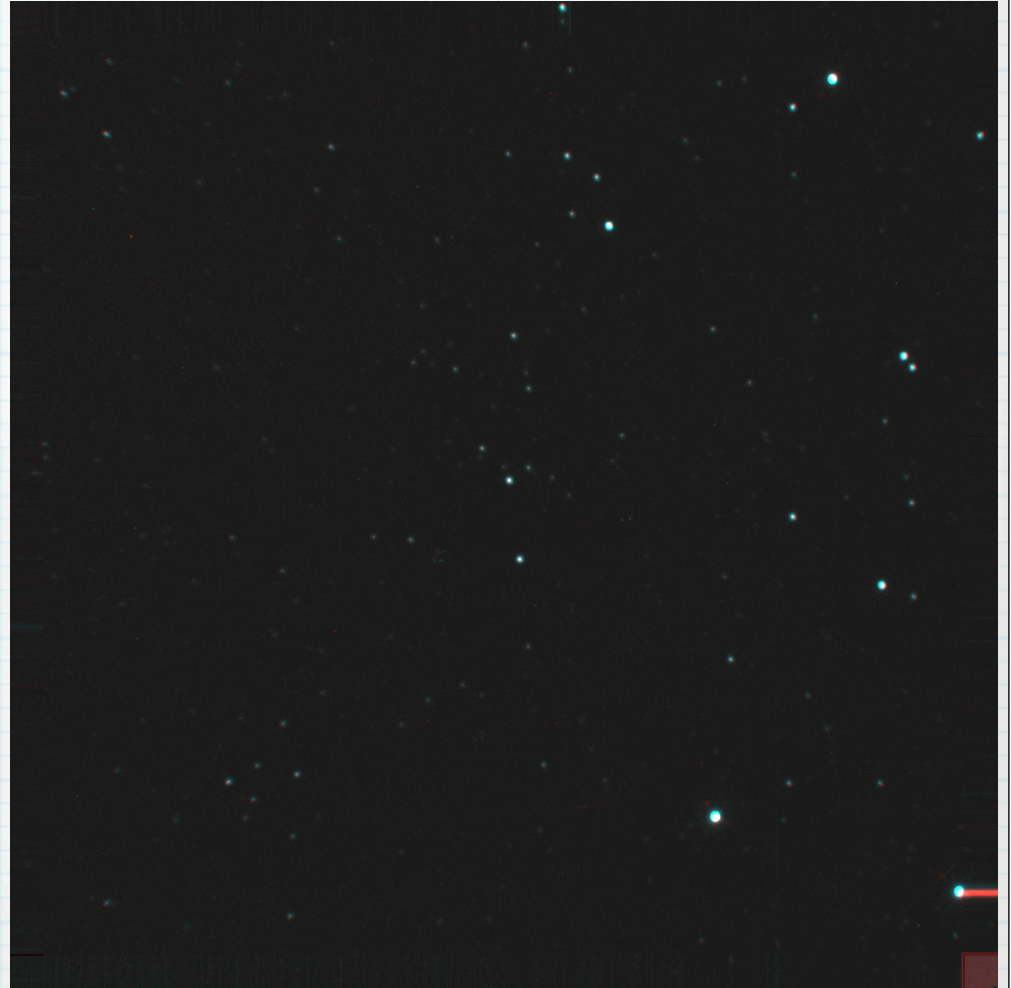


30DorC

rgbC4

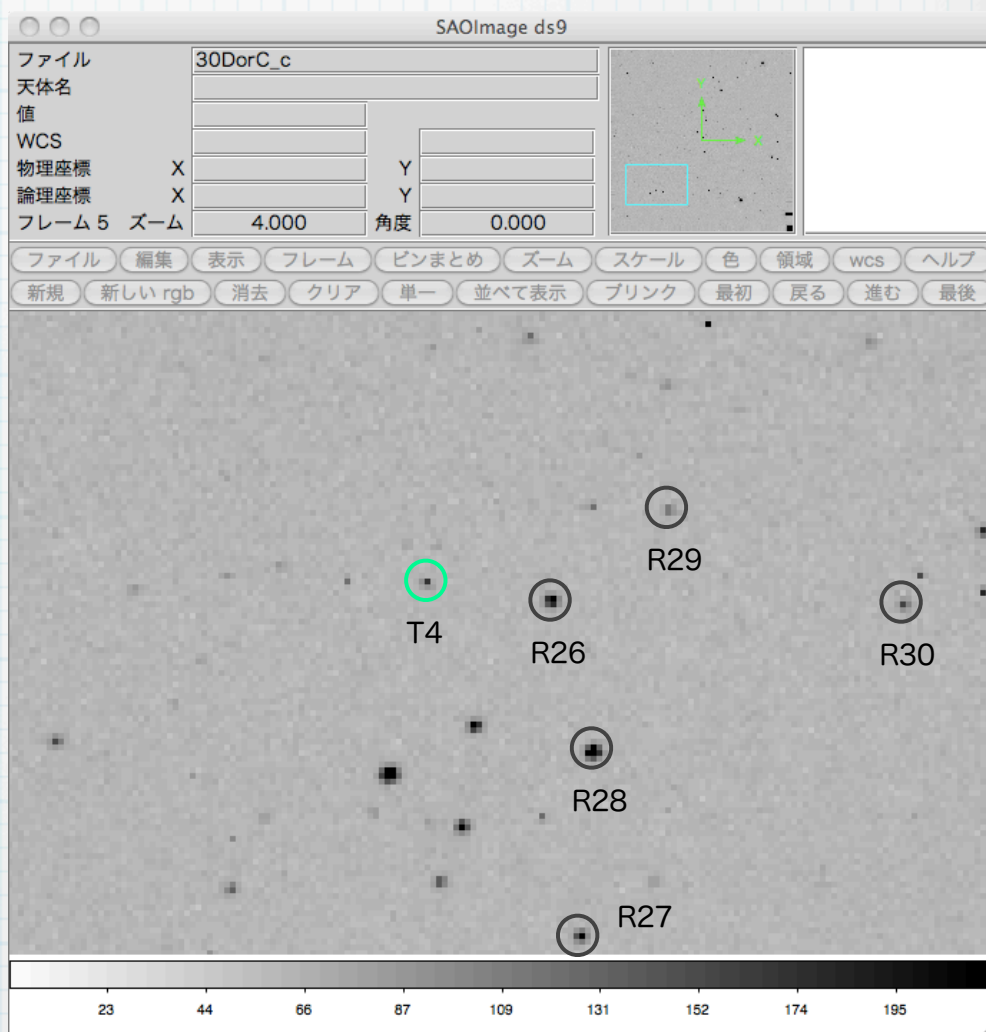
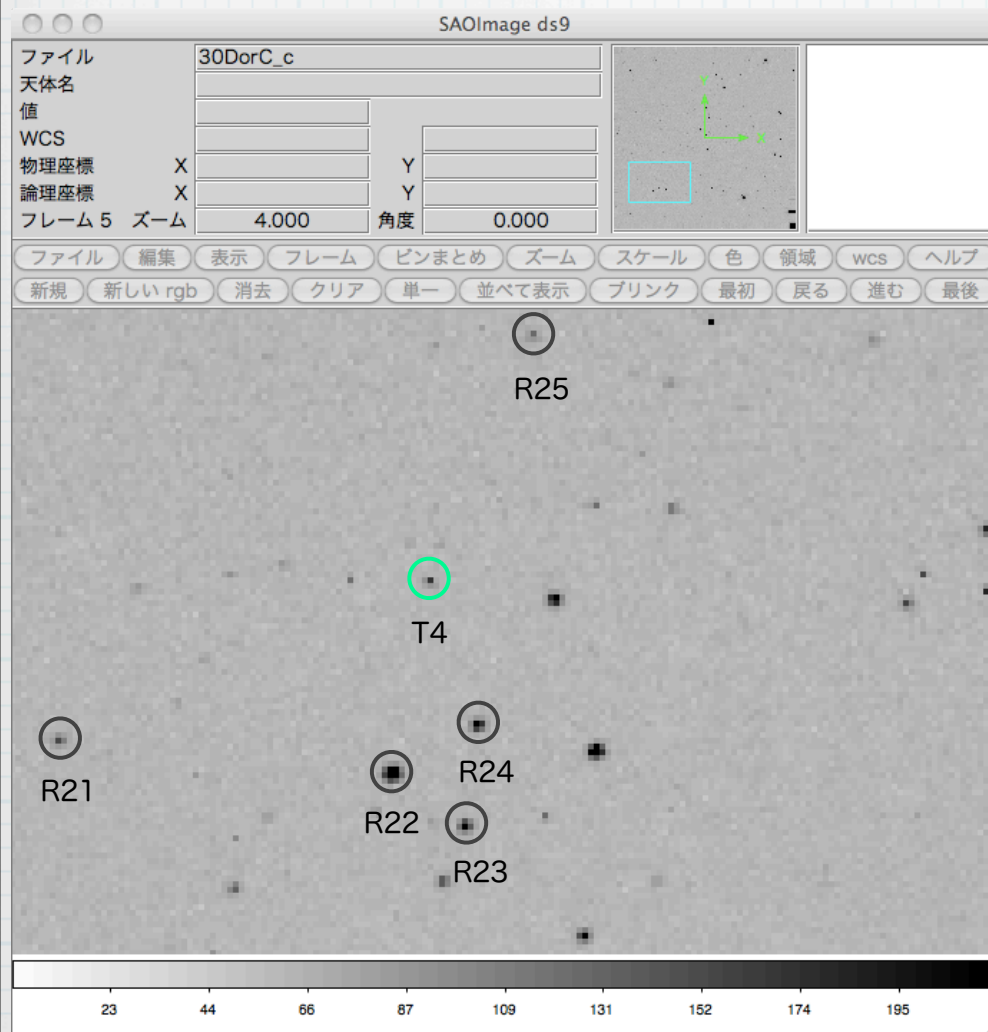


rgbC20



30Dor_regionC

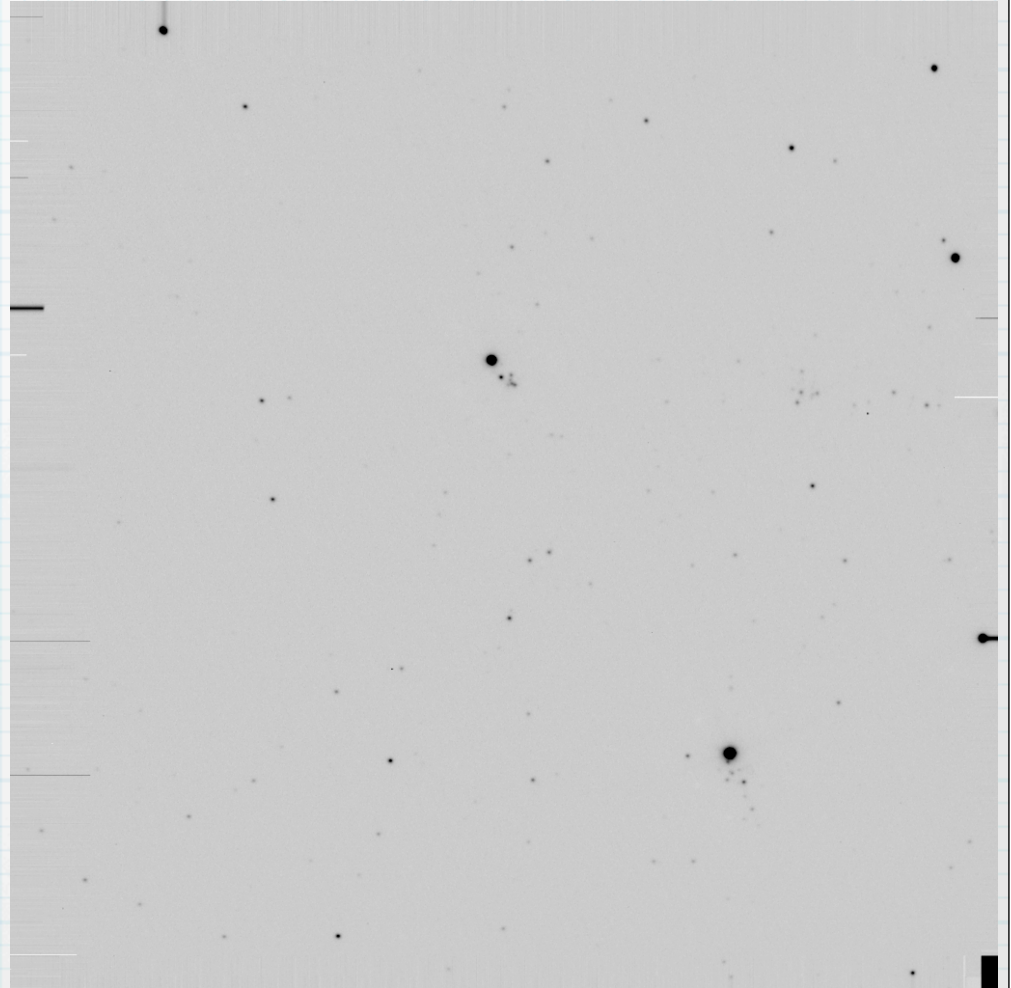
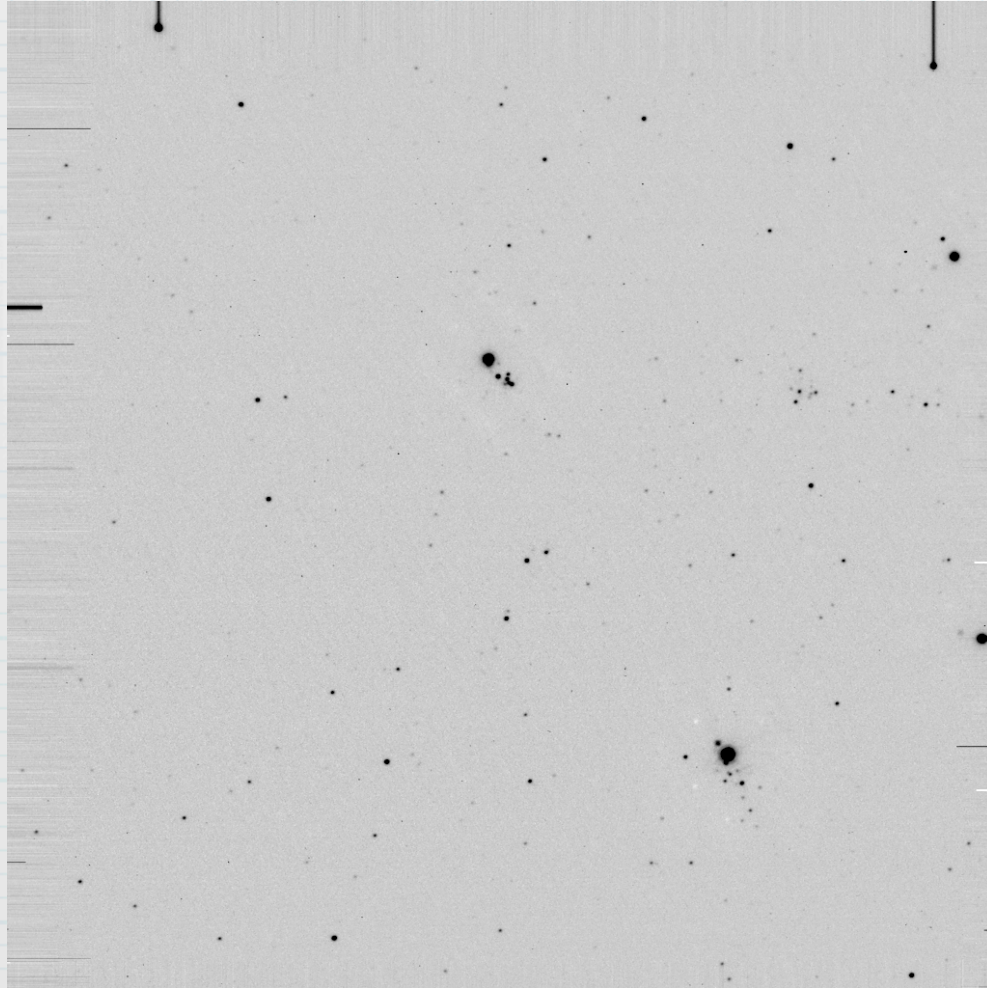
T4: WC5-6



30DorD

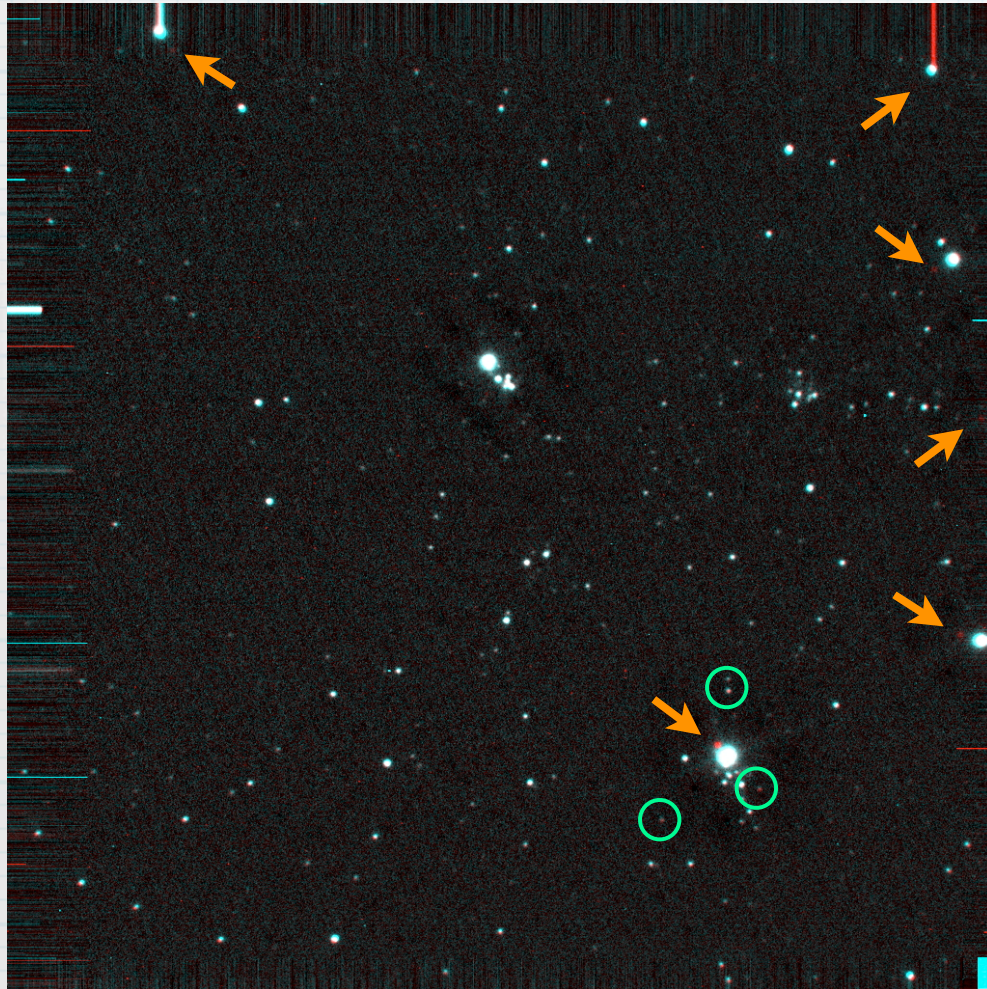
[CIV]

[Ks]

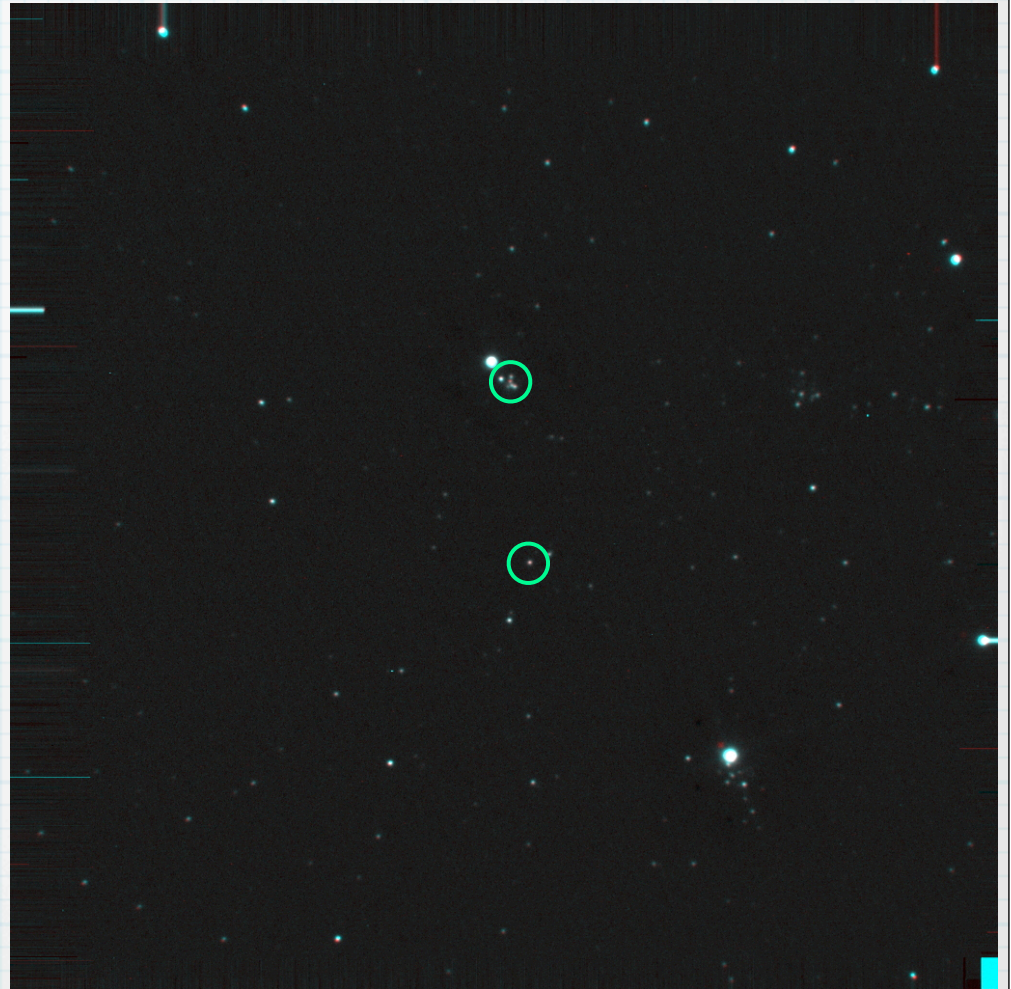


30DorD

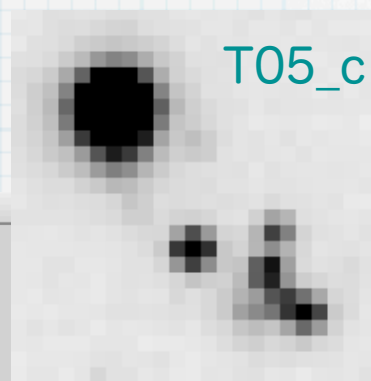
rgbD4



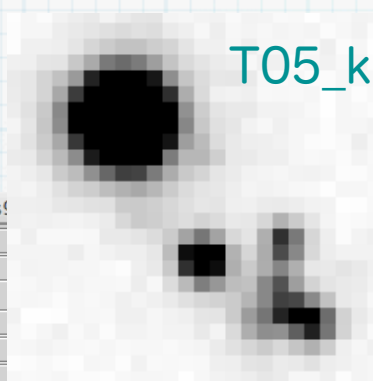
rgbD20



30Dor_regionD



T05_c



T05_k

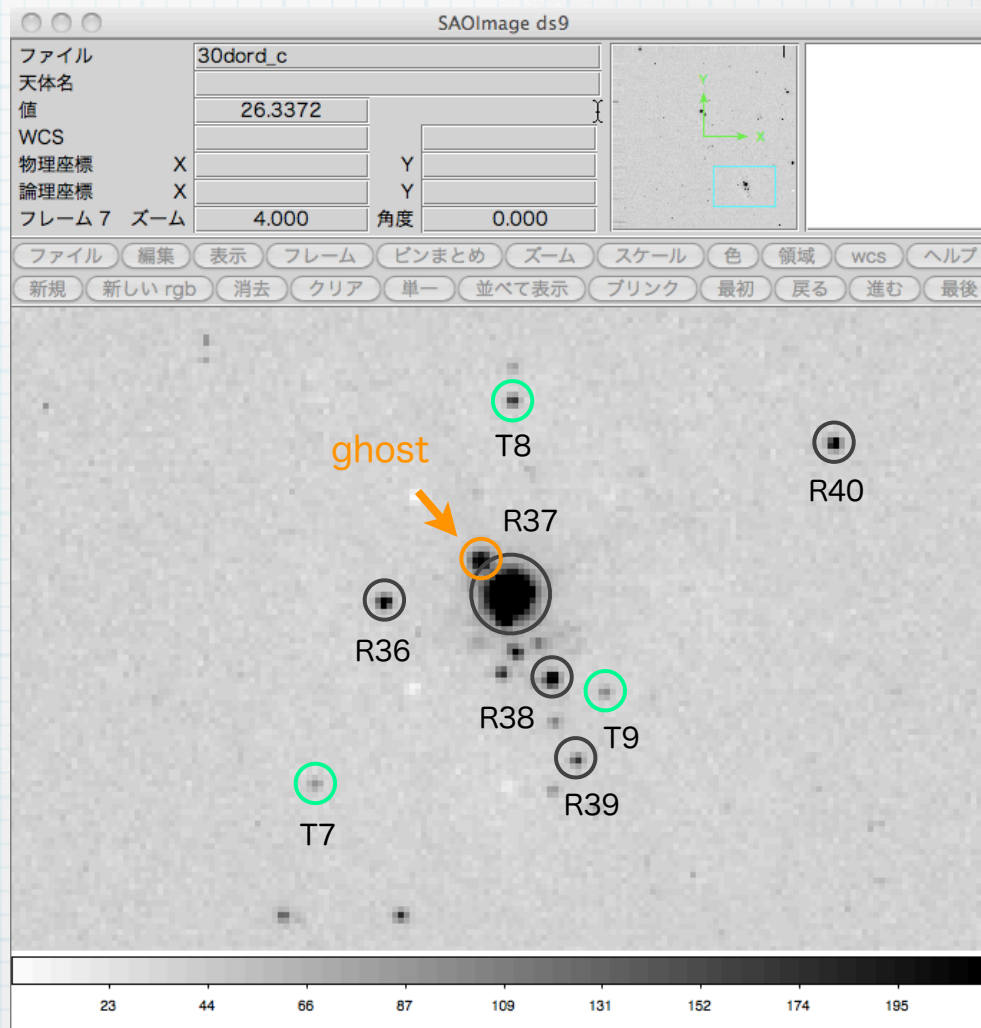
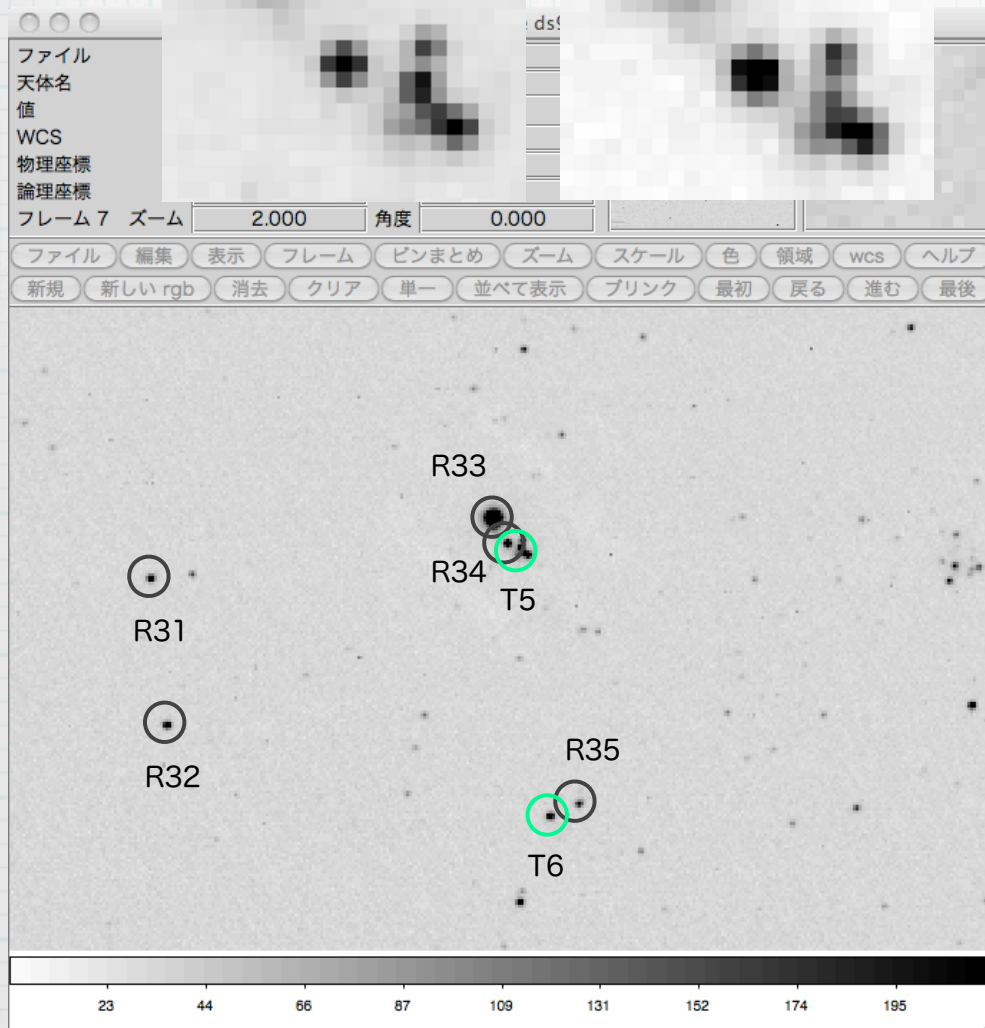
T5: WC5-6

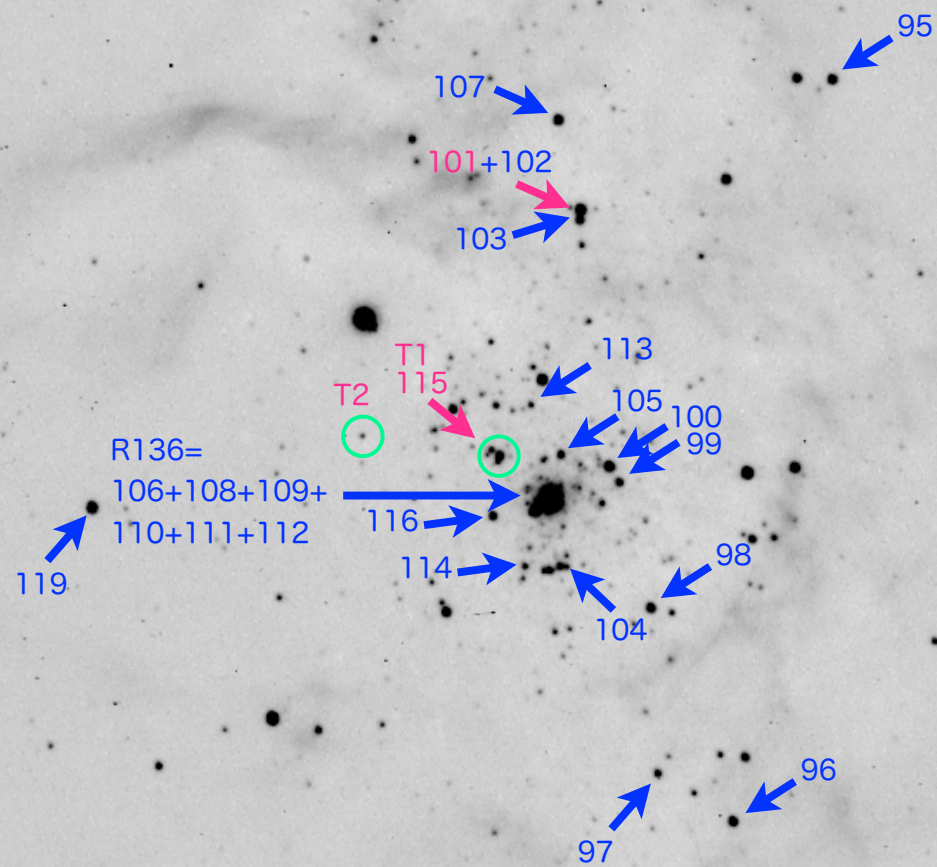
T6: WC7-8

T7: WC7-8

T8: WC7-8

T9: WC5-6

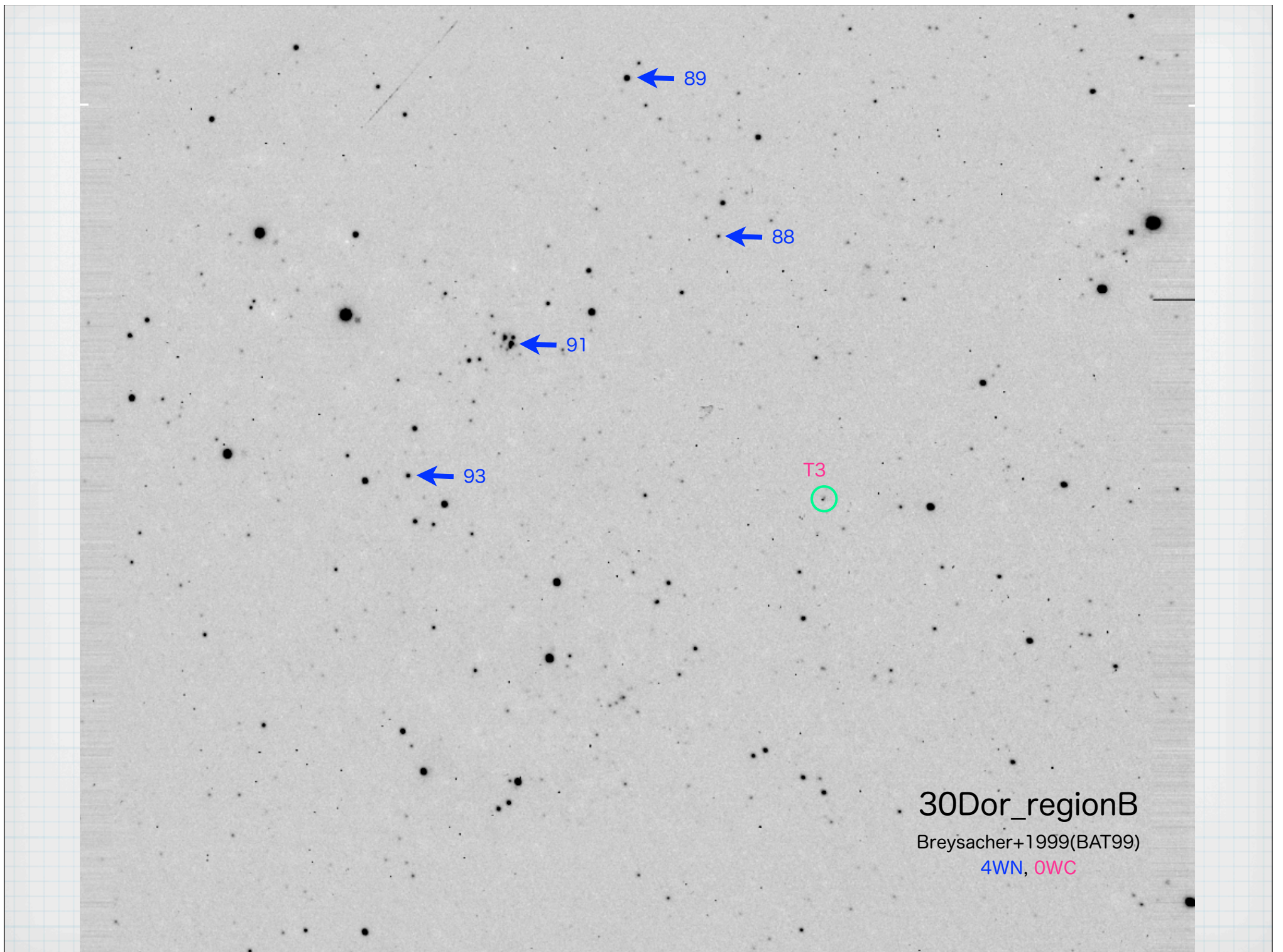




30Dor_regionA

Breysacher+1999(BAT99)

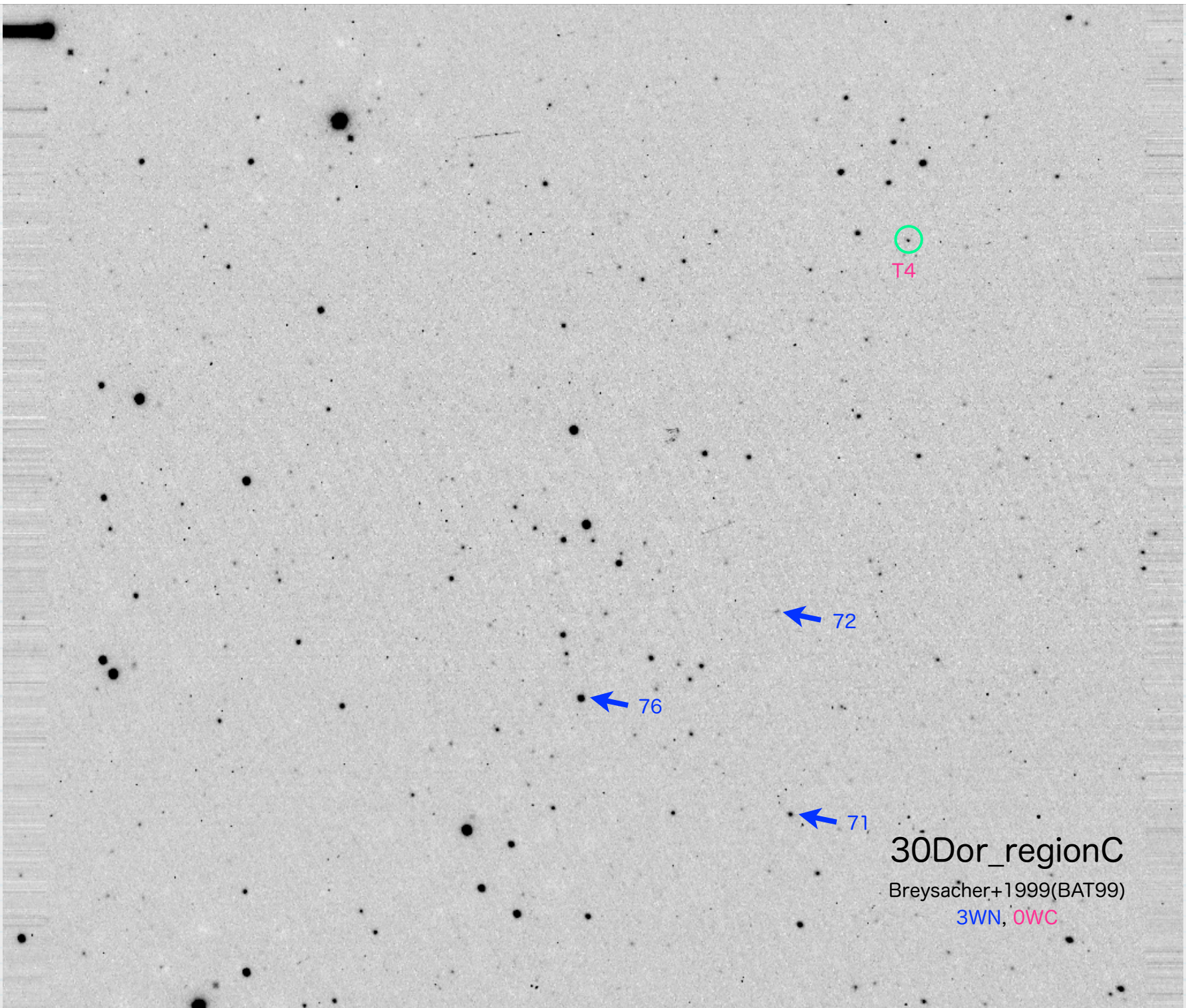
21WN, 2WC



30Dor_regionB

Breysacher+1999(BAT99)

4WN, 0WC



T4



72



76

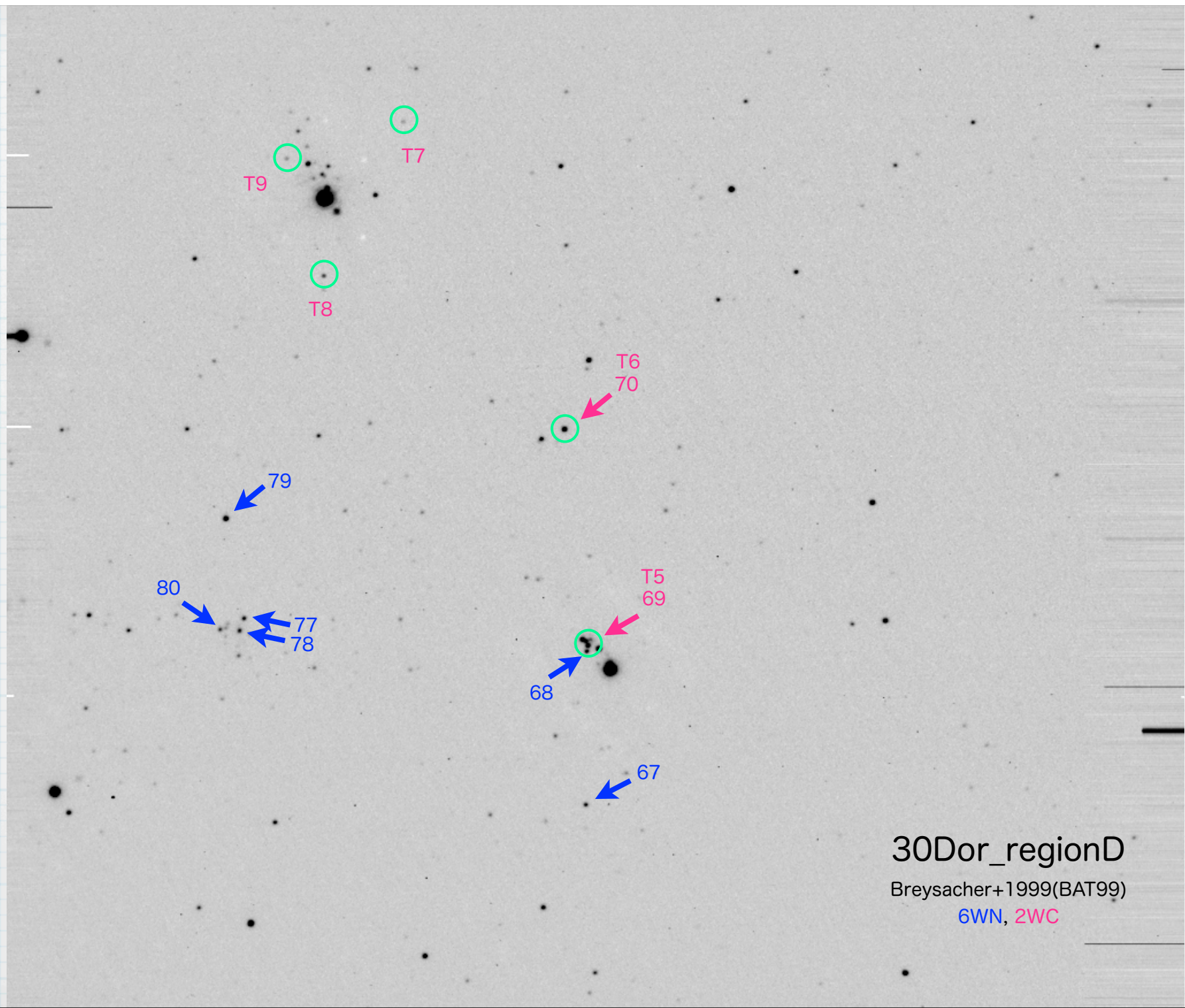


71

30Dor_regionC

Breysacher+1999(BAT99)

3WN, OWC



30Dor_regionD

Breysacher+1999(BAT99)

6WN, 2WC

30DorA	[CIV]/[Ks]	[CIV]/[Ks]	[CIV]/[Ks]	
T1	WC5-6 0.32 (#115;WC5)	R01 0.135	R06 0.143	
T2	WC7-8 0.23 (-----)	R02 0.153	R07 0.147	
	WC7-8 ? (#101;WC5)	R03 0.141	R08 0.132	
		R04 0.137	R09 0.131	average(15WN)=0.139
		R05 0.158	R10 0.123	average(10R)=0.140

30DorB	[CIV]/[Ks]	[CIV]/[Ks]	[CIV]/[Ks]	
T3	WC5-6 0.30 (-----)	R11 0.143	R16 0.168	
		R12 0.142	R17 0.174	
		R13 0.151	R18 0.167	
		R14 0.155	R19 0.141	average(4WN)=0.139
		R15 0.172	R10 0.130	average(10R)=0.154

30DorC	[CIV]/[Ks]	[CIV]/[Ks]	[CIV]/[Ks]	
T4	WC5-6 0.28 (-----)	R21 0.161	R26 0.153	
		R22 0.156	R27 0.153	
		R23 0.154	R28 0.146	
		R24 0.144	R29 0.152	average(2WN)=0.148
		R25 0.174	R20 0.154	average(10R)=0.155

30DorD	[CIV]/[Ks]	[CIV]/[Ks]	[CIV]/[Ks]	
T5	WC5-6 ~0.4 (#69;WC5)	R31 0.132	R36 0.142	
T6	WC7-8 0.24 (#70;WC5)	R32 0.142	R37 0.132	
T7	WC7-8 0.21 (-----)	R33 0.136	R38 0.138	
T8	WC7-8 0.23 (-----)	R34 0.135	R39 0.123	average(5WN)=0.133
T9	WC5-6 0.38 (-----)	R35 0.137	R30 0.141	average(10R)=0.136

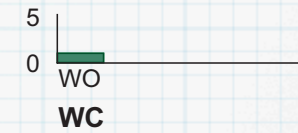
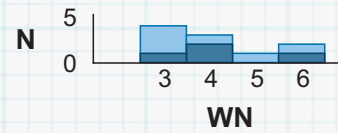
photometry with r=4.5, r(sky)=5-6 error=? calculation=0.134

3WC(すべて)を確認、6WC候補を発見

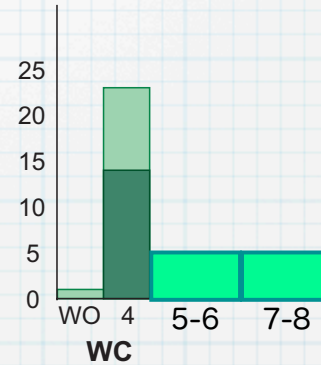
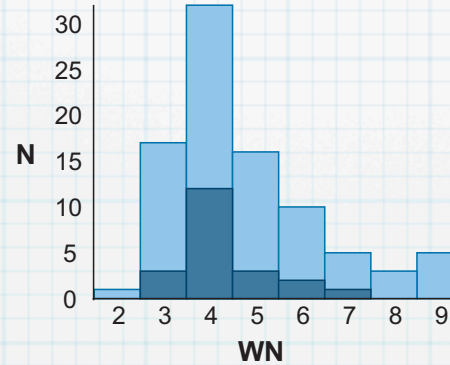
Figure 3

Subtype distribution of
(a) Small Magellanic Cloud,
(b) Large Magellanic Cloud,
(c) Milky Way ($d < 3$ kpc)
WN (blue) and WC (green)
Wolf-Rayet stars, according
to Foellmi, Moffat &
Guerrero (2003a,b),
Bartzakos, Moffat &
Niemela (2001), van der
Hucht (2001). Both visual
and close WR binaries are
shaded (e.g., only three of
the LMC WC4 stars are
close binaries according to
Bartzakos et al. 2001). Rare,
intermediate WN/C stars
are included in the WN
sample.

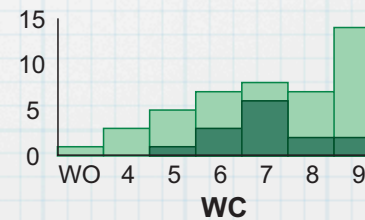
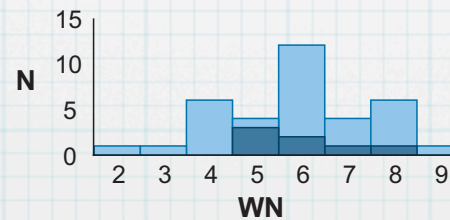
a SMC



b LMC



c Milky way ($d < 3$ kpc)



まとめ

- ・ **N207**による探査は非常に強力（かつ、simple!）
WC以外では $[CIV]/[Ks]=0.134$
- ・ LMCでは（も）、WR(WC)の探査がcompleteではない
LMCでの**WR-subclassの分布**はまだまだ謎
- ・ **ANIR/miniTAO**の高性能を活かして、さらに新たな領域の探査へ！