

近赤外線分光撮像観測による Wolf-Rayet星探索： 「Pa- α 」フィルターによる観測

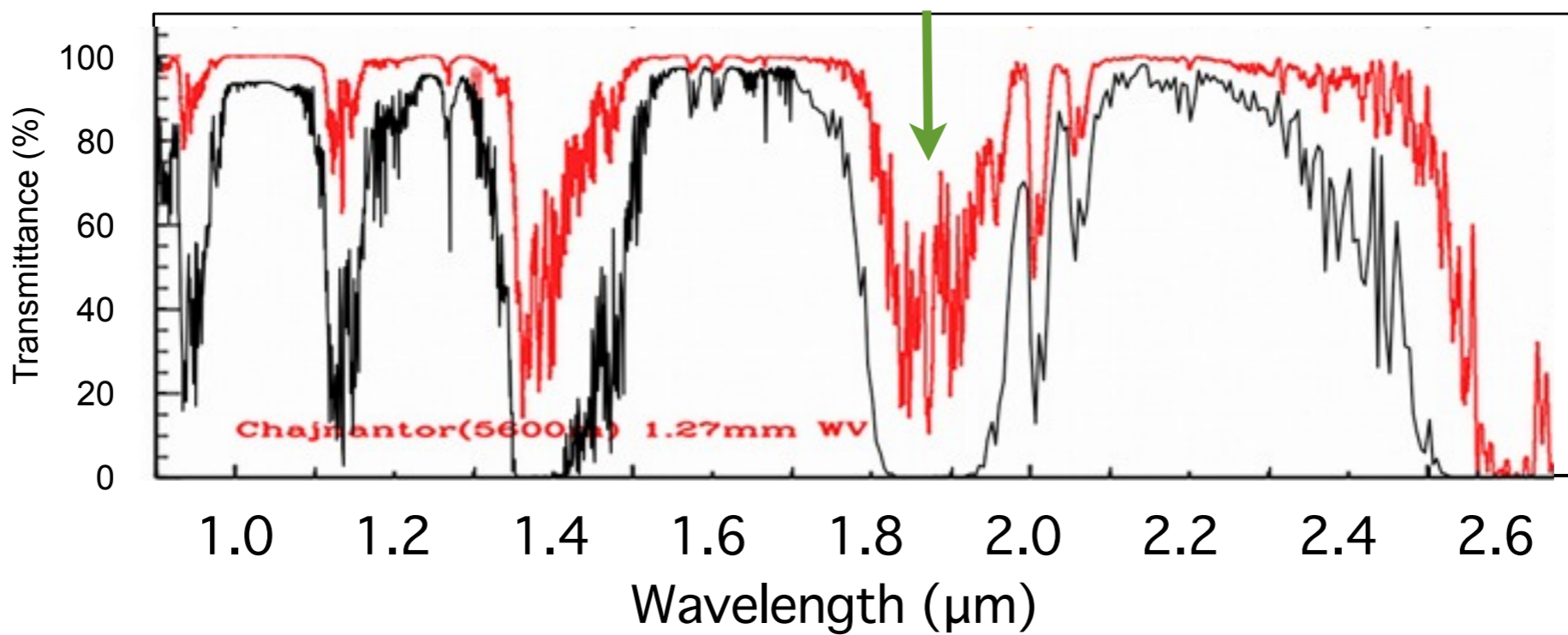
奥村真一郎（日本スペースガード協会）、
田中培生、高橋英則（東京大学）、
他TAOグループ

はじめに

- CIV/Ks比によるWC型星の探索
- ぐんま天文台（北天）、miniTAO（南天）

Pa- α による観測が可能

Pa- α 輝線



NIR Line List (cf. Hillier 1985,AJ,90,1514; Eenens,Williams,Wade 1991,MNRAS,252,300)

Wavelength (nm)	Transition	Wavelength (nm)	Transition	Wavelength (nm)	Transition
934.8	Hell(8-5)	1692.6	Hell(12-7)	923.4	CII(5s ² S-4p ² P)
937.0	Hell(17-6)	1700.7	Hel(4d ³ D-3p ³ P)	936	CIII(4p ¹ P-4s ¹ S)
954.5	Hell(16-6)	1736.7	H(10-4)	971.1	CIII(3d ³ D-3p ³ P)
976.5	Hell(15-6)	1736	NIV(9-8)	989.1	CII(3d ⁴ D-3p ⁴ P)
1005.2	H(7-3),Hell(14-6)	1818.1	H(9-4),Hell(18-8)	1055	CIV(12-9)
1013.3	Hell(5-4)	1863.9	Hell(6-5)	1163	CIV(14-10)
1042.2	Hell(13-6)	1875.6	H(4-3),Hell(8-6)	1191	CIV(8-7)
1083.0	Hel(2p ³ P-2s ³ S)	1945.1	H(8-4)	1199	CIII(4p ³ P-4s ³ S)
1094.1	H(6-3),Hell(12-6)	2037.9	Hell(15-8)	1256	CIII(9-7)
1162.8	Hell(7-5)	2058.1	Hel(2p ¹ P-2s ¹ S)	1374	CIII(7-6)
1167.7	Hell(11-6)	2099.7	NV(11-9)	1395	CII(5p ² P-4d ² D)
1190	NIV(8-7)	2112.0	Hel(4s ³ S-3p ³ P)	1435	CIV(4p ² P-4s ² S)
1196.9	Hel(5d ³ D-3p ³ P)	2113.2	Hel(4s ¹ S-3p ¹ P)	1575	CIII(13-9)
1282.2	H(5-3),Hell(10-6)	2116	NIII(8-7)	1736	CIV(9-8)
1312.0	NIV(2s4d ¹ D-2s4p ¹ P)	2166.1	H(7-4),Hell(14-8)	1785	CII(4d ² D-4p ² P)
1476.5	Hell(9-6)	2189.1	Hell(10-7)	1800	CIII(10-8)
1488.1	Hell(14-7)	2247.1	NIII(5s ² S-5p ² P)	1801	CIV(14-11)
1556.1	H(16-4)	2348	Hell(13-8)	1891	CII(4p ² P-4s ² S)
1570.5	H(15-4)			2078	CIV(3d ² D-3p ² P)
1571.9	Hell(13-7)			2108	CIII(5p ¹ P-5s ¹ S)
1588.5	H(14-4)			2117	CIII(8-7)
1611.4	H(13-4)			2278	CIV(15-12)
1641.2	H(12-4)			2318	CIV(17-13)
1681.1	H(11-4)			2325	CIII(5p ³ P-5s ³ S)

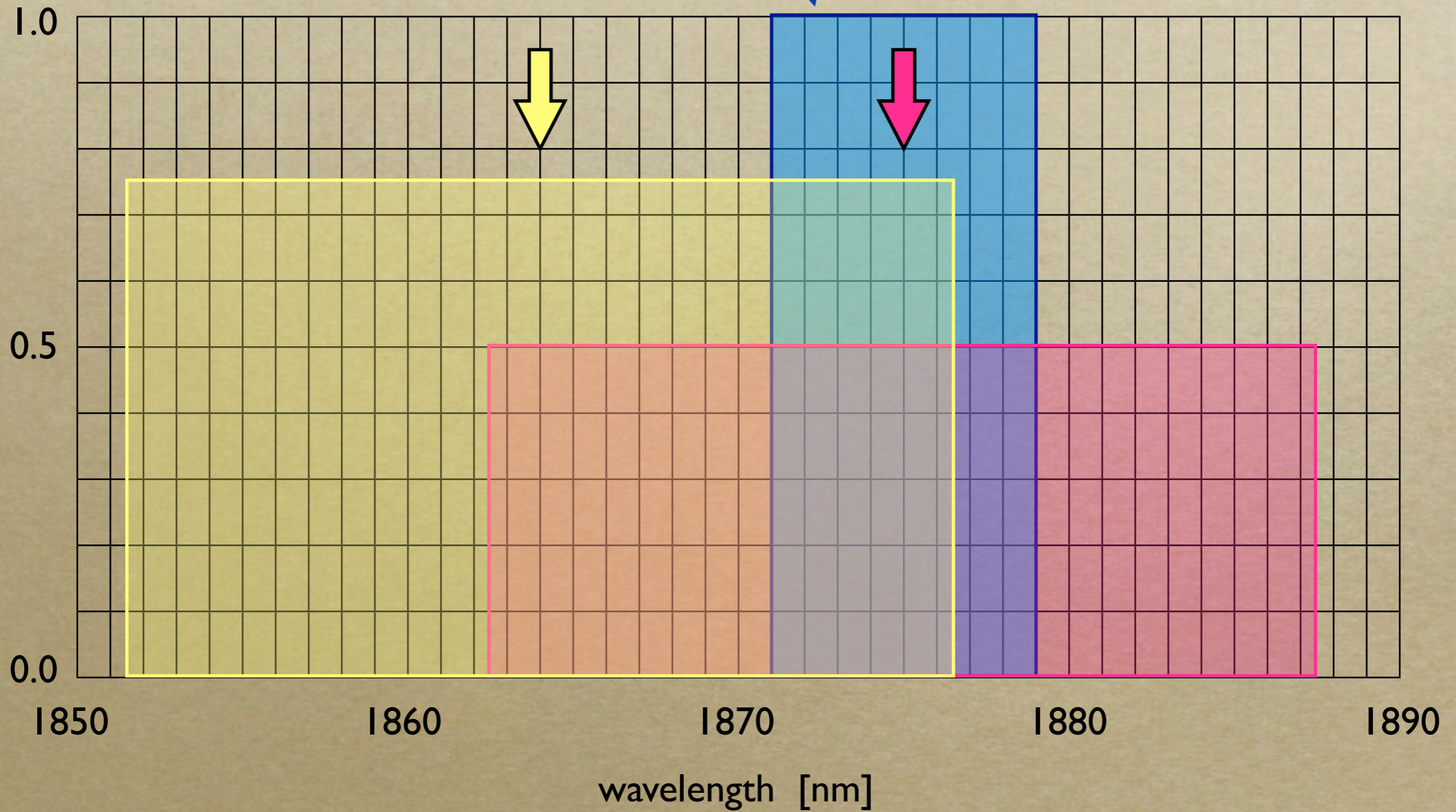
NI 87 (Pa α -filter): 1871-1879nm

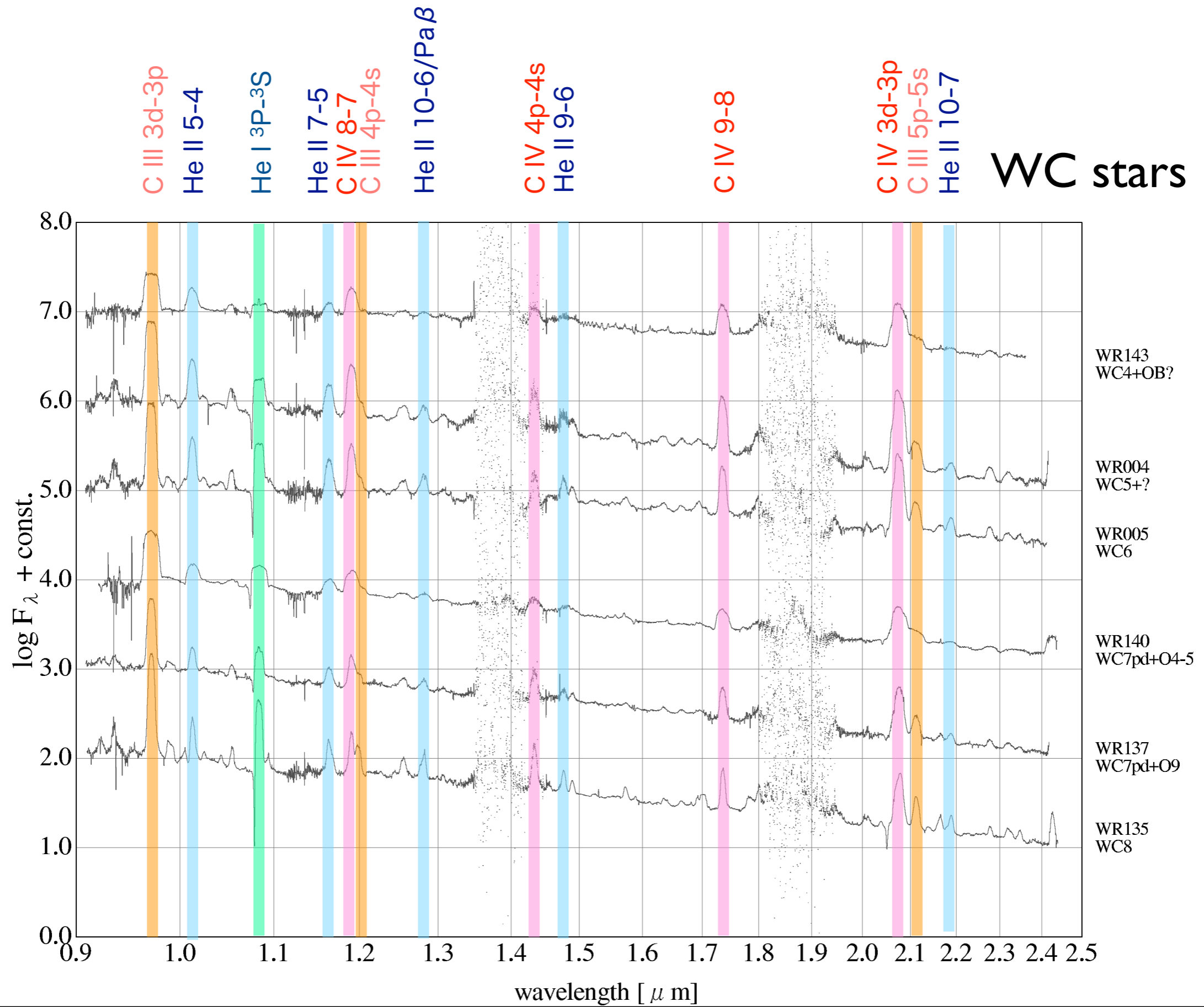
(peak=1875nm, width=8nm > ± 640 km/s)

Hell(6-5)
1864nm

Hell(8-6)
1875nm

$\Delta v = \pm 2000$ km/s
($\Delta\lambda = 12.5$ nm)





Pa- α /Ks 比 (N187/Ks 比)から

- WC(5-9), WNなどWR星(HeIIによる寄与)
- LBV, YHG等 (Pa- α そのもの)

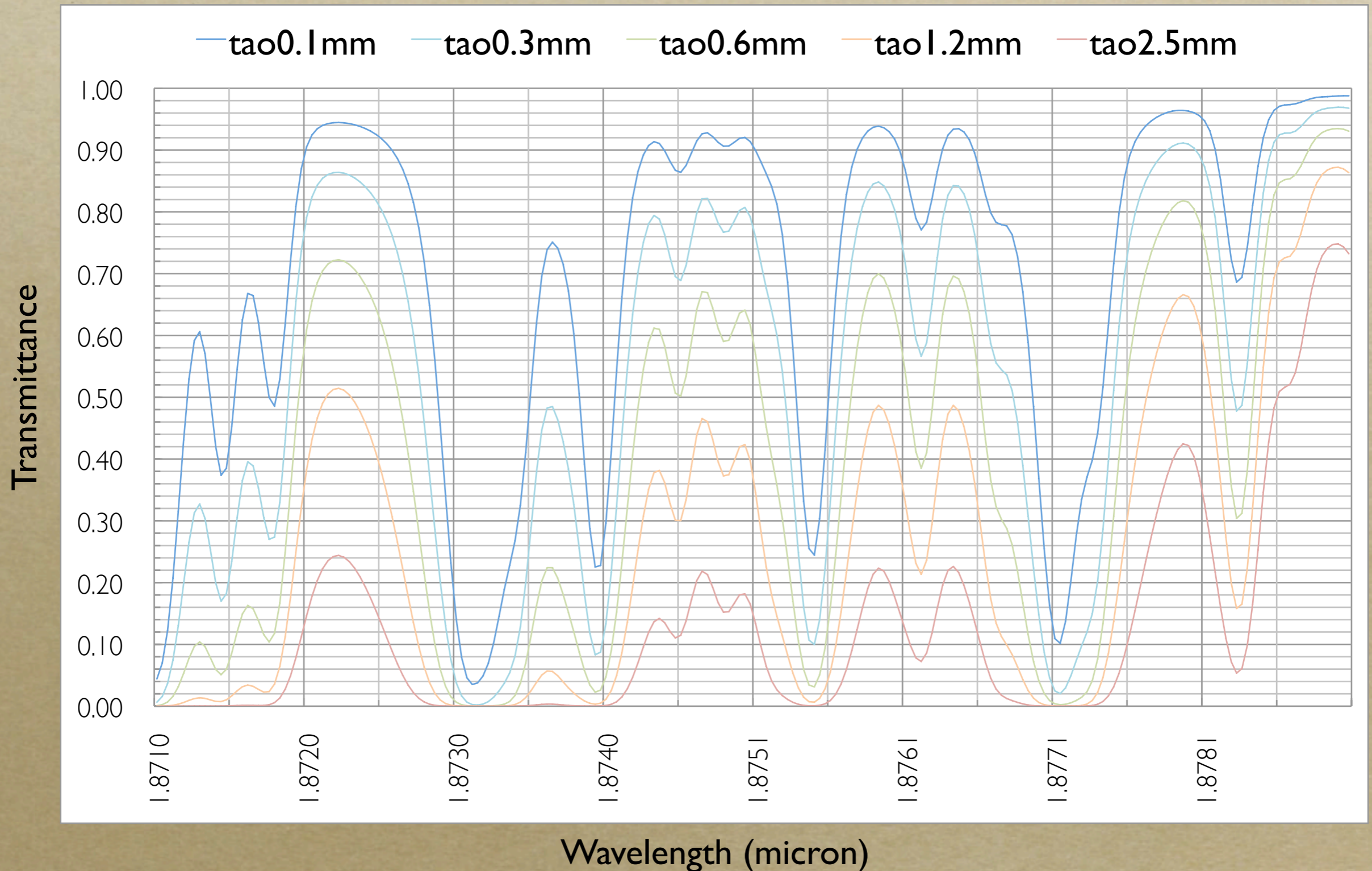
等の天体をピックアップすることが可能

N187/Ks比の定量解析

- 星（黒体）からの光（レイリー・ジーンズを仮定）
→ $(N187/Ks)_{\text{intial}} = 0.043$
- 減光則 -2乗則を仮定 → $A_{187}/A_{215} = 1.31$
- CIV/Ks比 → A_{215}
- さらに大気吸収のファクター
~ 0.25-0.55@1.8756 μm (best > 0.7, worse < 0.25)

Atmospheric transmittance in Pa α filter range

average transmittance (1871-1879nm) = 0.70 (0.1mm), 0.54 (0.3mm), 0.39 (0.6mm), 0.25 (1.2mm), 0.13 (2.5mm)
PWV @ TAO site: best < 0.1mm; nominal 0.3-0.6mm; worse > 1mm



N187/Ks比の定量解析

- 星（黒体）からの光（レイリー-ジーンズを仮定）
→ $(N187/Ks)_{\text{intial}} = 0.043$
- 減光則 -2乗則を仮定 → $A_{187}/A_{215} = 1.31$
- CIV/Ks比 → A_{215}
- さらに大気吸収のファクター
~ 0.25-0.55@1.8756 μm (best > 0.7, worse < 0.25)

例えば $A_{215}=2.05$ の場合 $(N187/Ks)_{\text{total}}=0.006\sim 0.013$

解析例

CIV/Ks imaging of 3 Galactic Center clusters (5'x5')

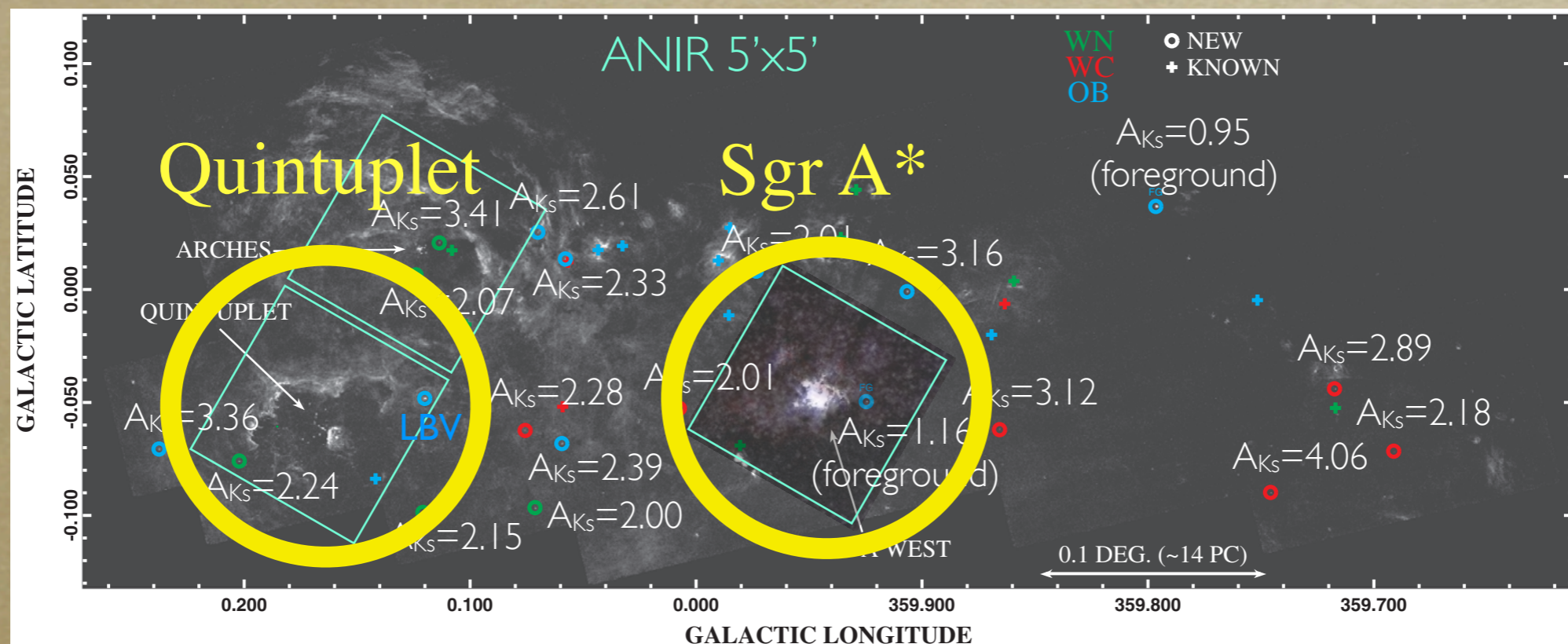
Detection of known and candidates WR

Mauerhan+ 2010; Wang+ 2010

HST/NICMOS Pa α survey image

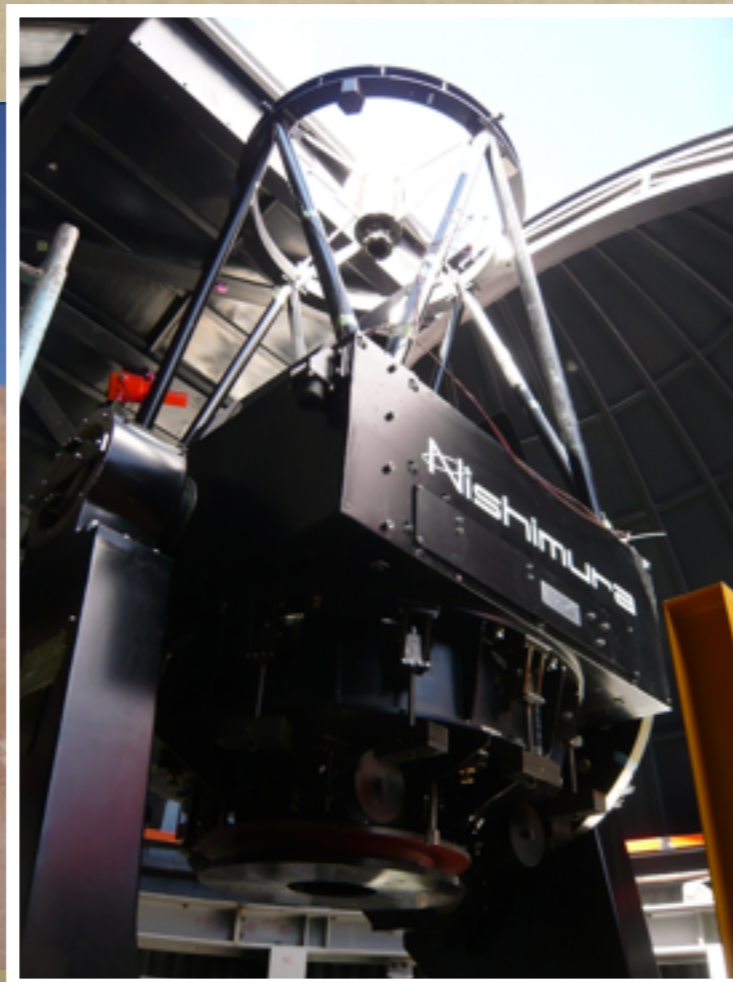
~50% are stars in clusters; ~50% are isolated (inter-cluster) stars

extinction law from Nishiyama+ 2006



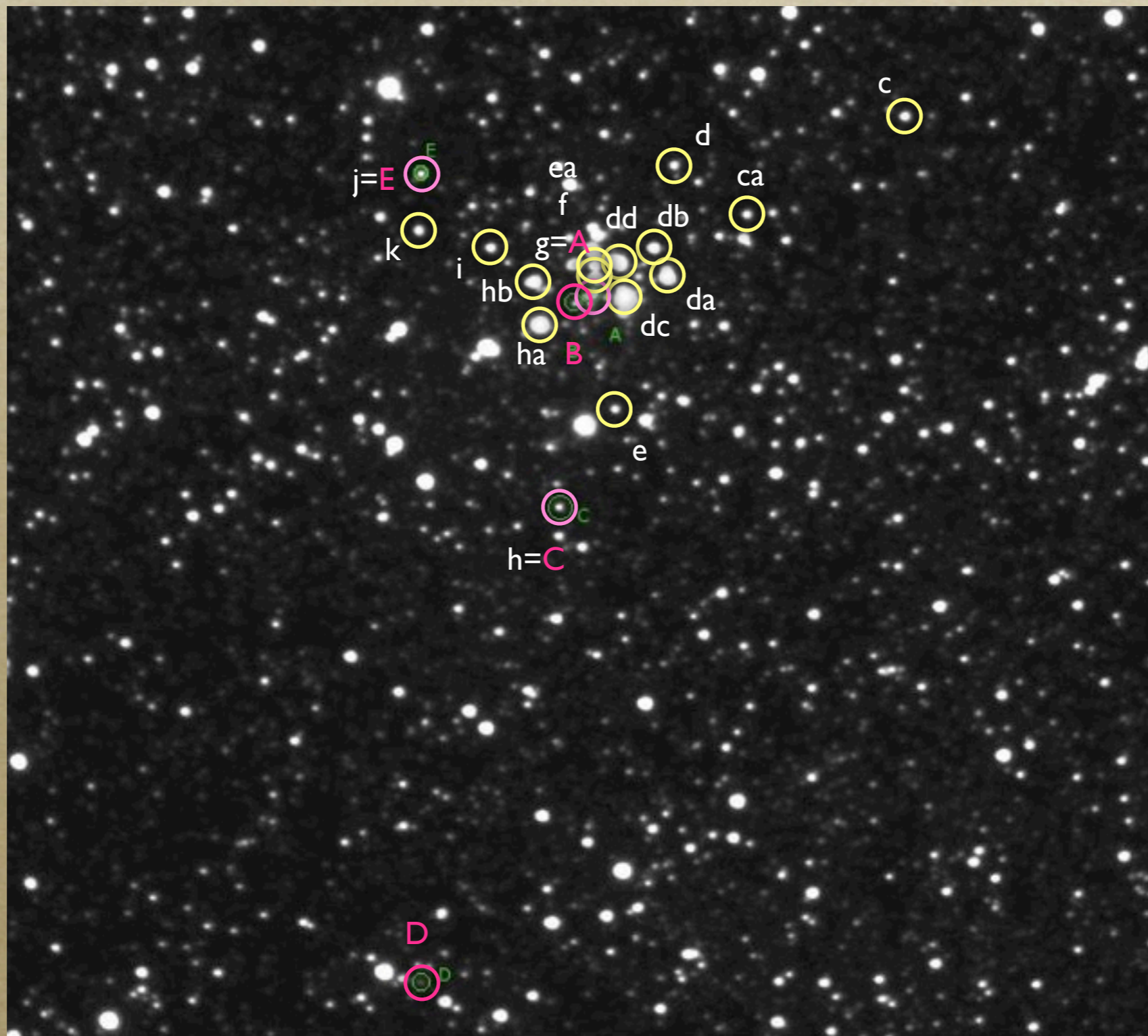
N187(Pa- α)観測

- mini-TAO (チャナントール山、5600m)
- ANIR, 2009/6/9,11(Ks), 2009/6/10,11(N187)

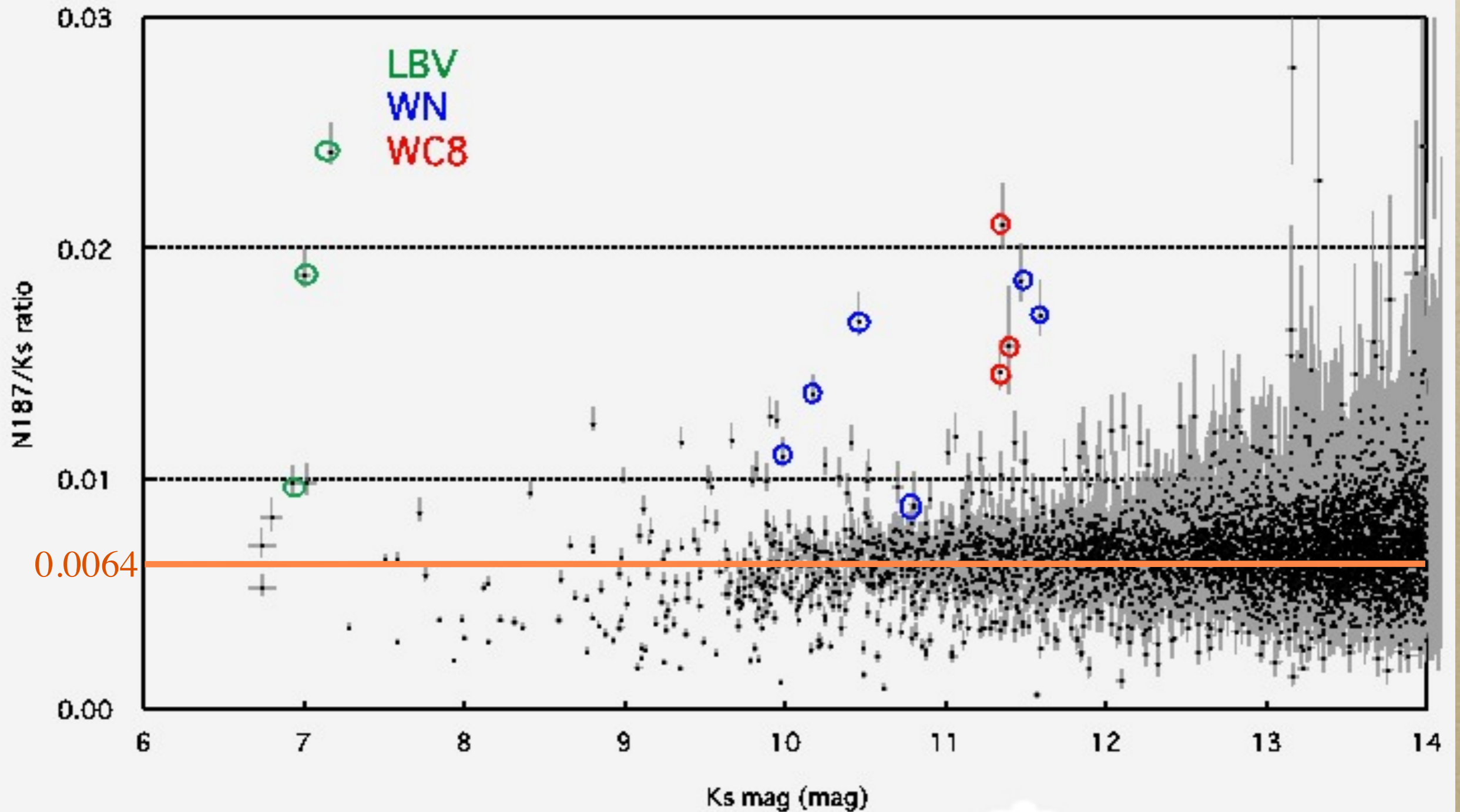


解析例 1 Quintuplet

[I9WR]
 WRI02
 c(WN6)
 ca(WC8-9)
 d(WN9)
 da(WC9?d)
 LHO76(WC9d)
 LHO79(WC9d)
 db(WC9?d)
 dc(WC9d)
 dd(WC9d)
 e(WC8)
 ea(WN9)
 f(WC8)
 g(WC8)A
 h(WC9)C
 ha(WC8/9d)
 hb(WN9)
 i(WN9)
 j(WC<8)E
 k(WN9)



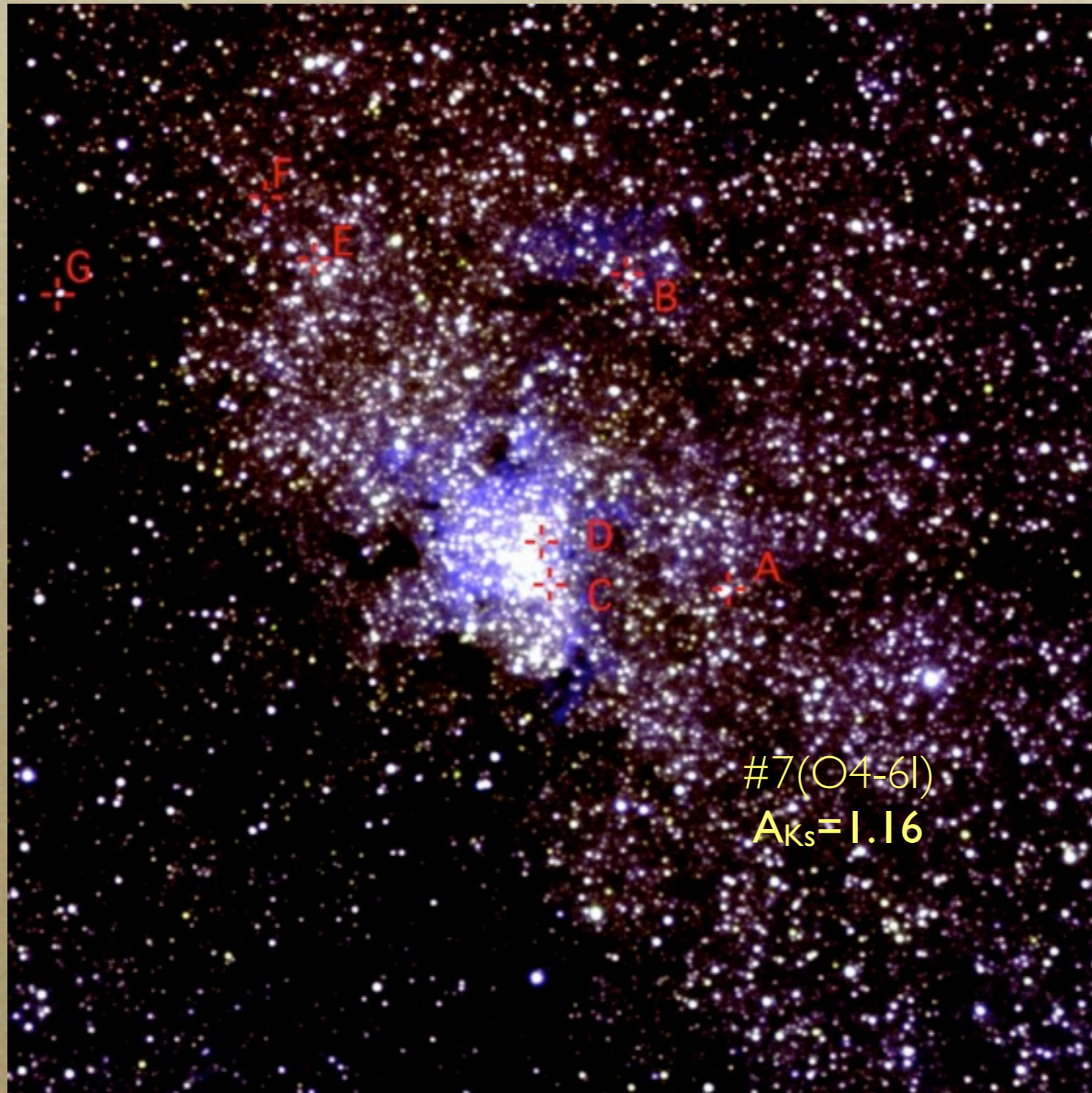
N187/Ks ratio @ Quintuplet



解析例 2 SgrA*

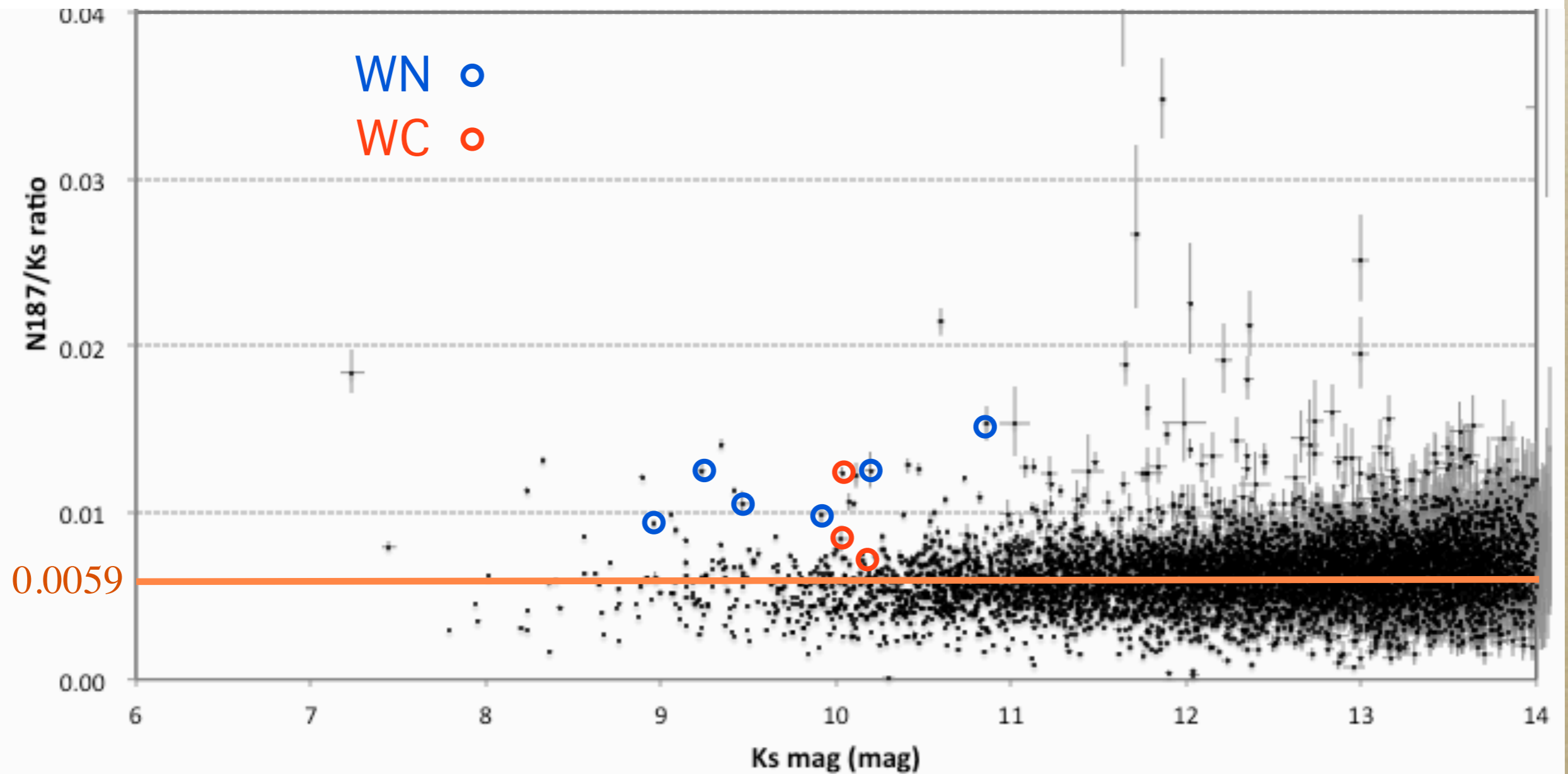
R(CIV) G(Ks) B(Pa α)

[42WR]
 WR100a(WN7)
 WR101
 a(WC8-9)
 b(WN8)
 c(WN9)
 d(WC9)
 da(WN7)
 db(WN9)
 dc(WN8)
 dd(WN7)
 de(WCLd)
 df(WCLd)
 dg(WCLd)
 dh(WCLd)
 di(WC9)
 e(WN8)
 ea(WCLd)
 f(WC9)
 fa(WC5-6d)D
 g(WC9)
 h(WN8-WC9)



i(WC8-9)
 j(WN9)
 ja(WN9)
 k(WN9)
 l(WN9)
 m(WN8-9)
 ma(WC8-9)
 n(WC8-9)
 na(WCLd)
 nb(WC)
 nc(WN8)
 nd(WN9)
 o(WN5-6)
 oa(WC9)
 ob(WC9)
 oc(WN9)
 od(WCLd)
 oe(WCLd)
 of(WC9)
 og(WCLd)
 oh(WC9)
 oi(WC9)

N187/Ks ratio @ Sgr A*



まとめ

- Pa- α (N187) フィルターにより取得したデータを利用し、N187/Ks比について考察
- WR、LBV等の検出に有効