

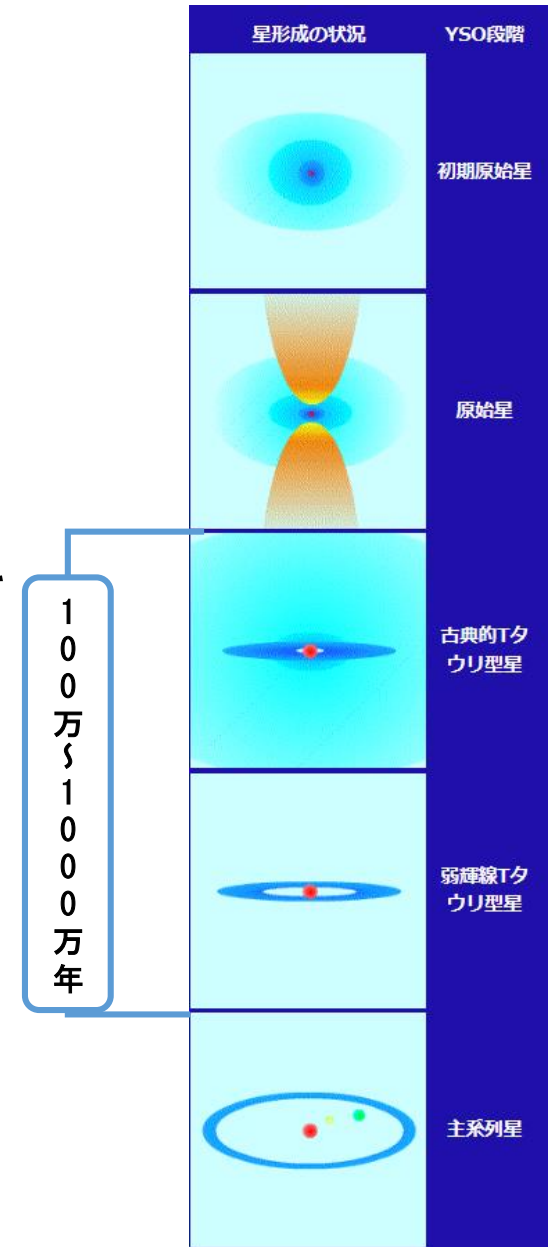
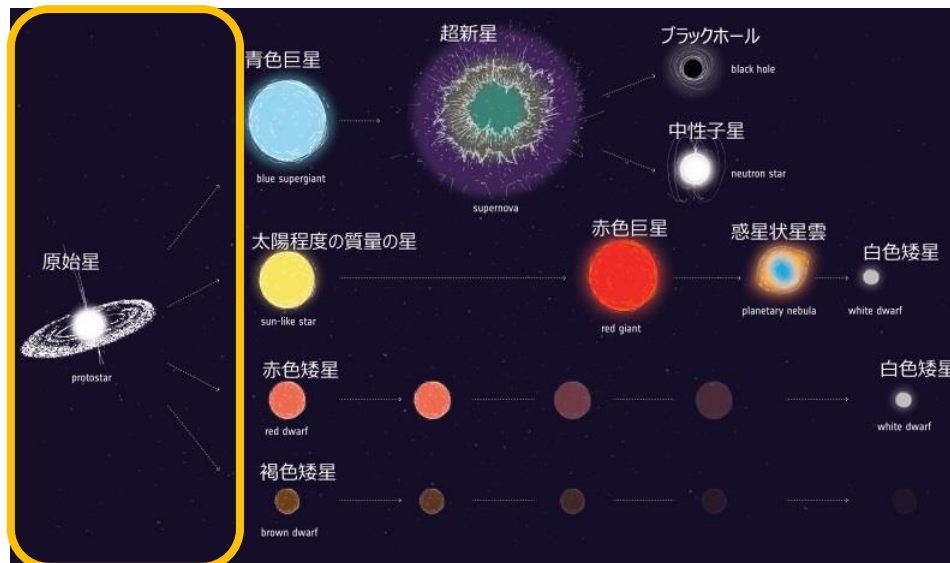
前主系列星V523 Oriの 測光・分光観測

山村春香、福田尚也(岡山理科大学)

赤澤秀彦(倉敷・船穂天文台)

前主系列星とは

- 星の一生のうちの若い段階
- 星が生まれて、主系列星に向かって進化している段階
- まだ核融合がおきておらず、質量降着にともなう重力エネルギーの解放によって輝いている



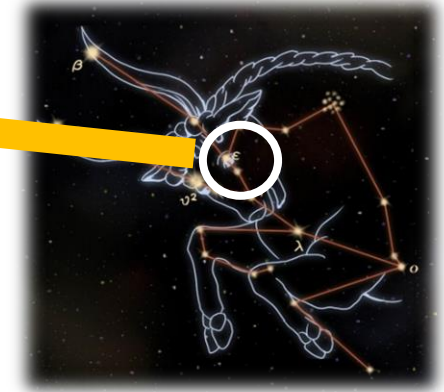
スペクトル博物館より

Tタウリ型星とは

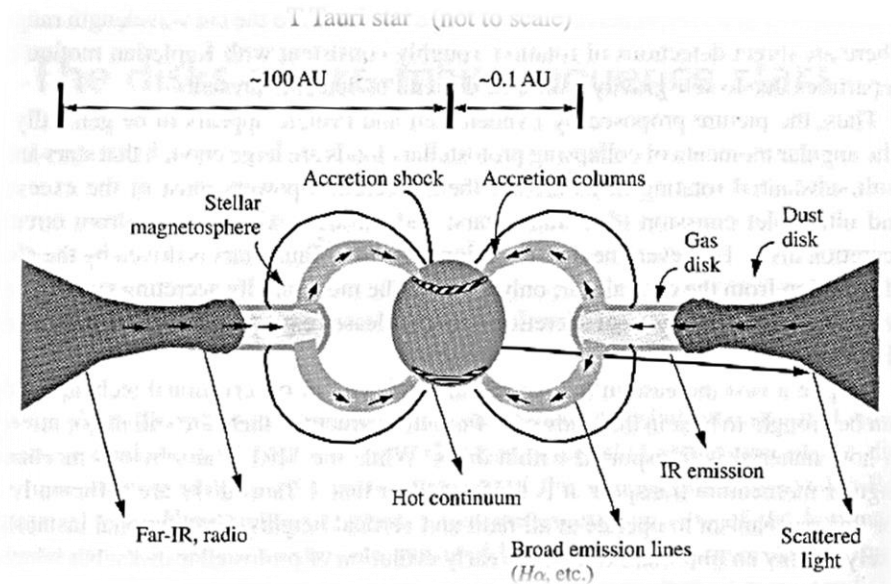
- Joy (1945) によって定義された
- 変光星の一種
- 星雲（ガスの近く）で多くみられる
- 不規則な変光を示す
- 輝線スペクトルを示す
- スペクトル型はF～M型
- 前主系列星
- 年齢が約1000万年の若い星
- 低質量 ($M < 2M_{\odot}$)



SIMBADより



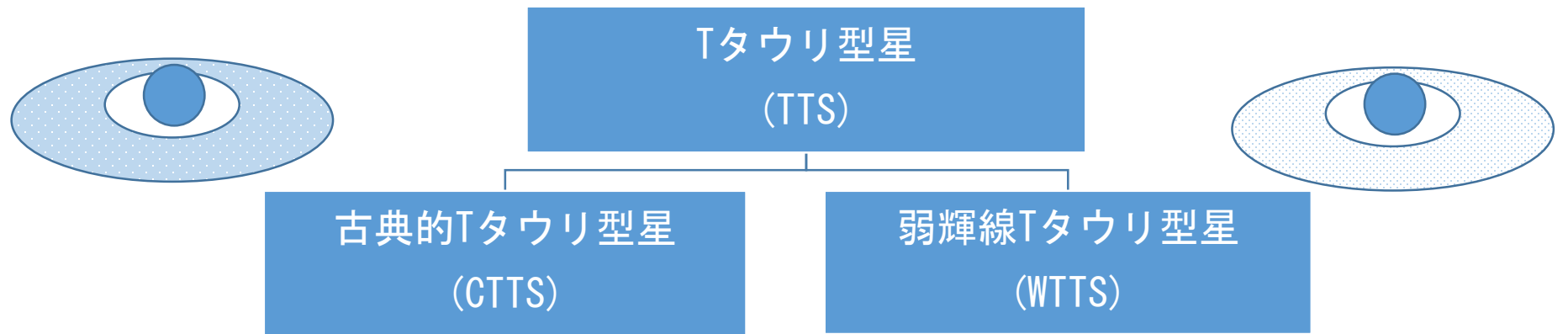
<https://matome.naver.jp/odai/2146857683683119301/2146858375486555103>



Accretion Processes in Star Formation より

天体名	V等級	変光タイプ	スペクトル型	周期(d)
T Tau	9.3	CTTS/ROT	K0	2.81

Tタウリ型星における分類



10 Åより大きい

H α 輝線の等価幅

10 Åより小さい

とても強く、広い

他の輝線

やや強く、狭い

あり

赤外超過

なし

CTTSからWTTSに進化し、円盤が次第に薄くなる

Tタウリ型星における変光の特徴

周期的

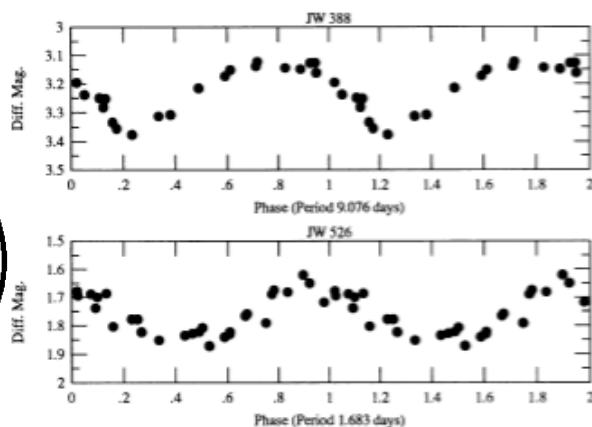
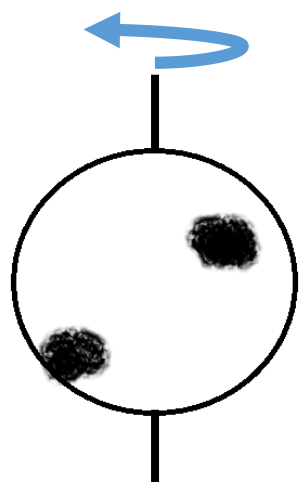
原因①	クールスポット (黒点)
みられる天体	WTTS
変光の振幅 (V)	0.2~0.3等

原因②	ホットスポット
みられる天体	CTTS
変光の振幅 (V)	1等未満

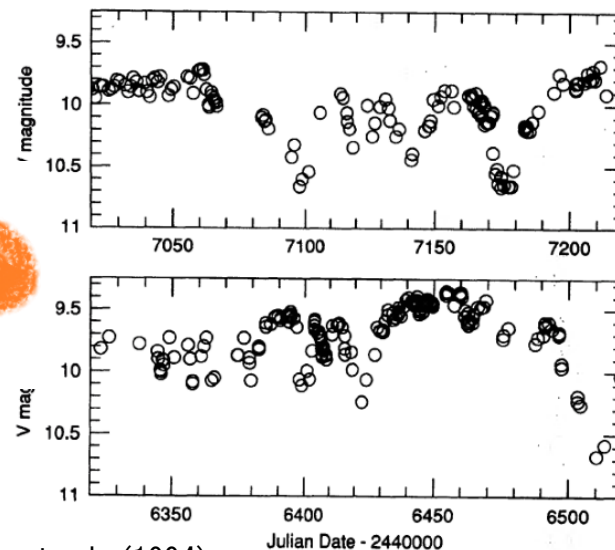
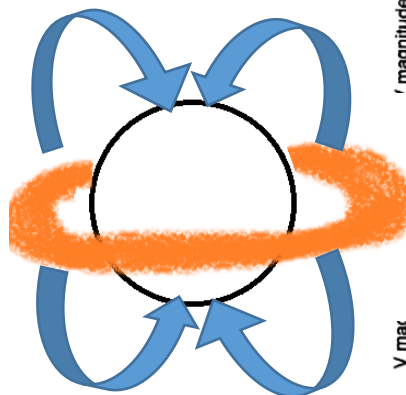
不規則

原因③	円盤からの降着
みられる天体	CTTS
変光の振幅 (V)	1等未満

原因④	星周物質からの掩蔽
みられる天体	早期のTTS
変光の振幅 (V)	1等未満



Herbst et al. (2007)



Herbst et al. (1994)

Tタウリ型星における スペクトルでの特徴

【輝線】

Hのバルマー線 ($H\alpha$ 、 $H\beta$ 、 $H\gamma$ 、...)

Ca II のH線やK線

Fe I

S II の禁制線

O I の禁制線

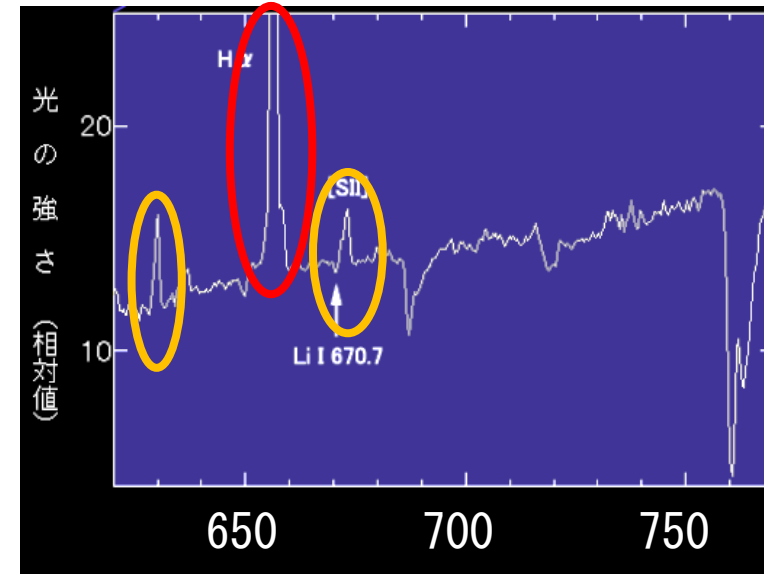
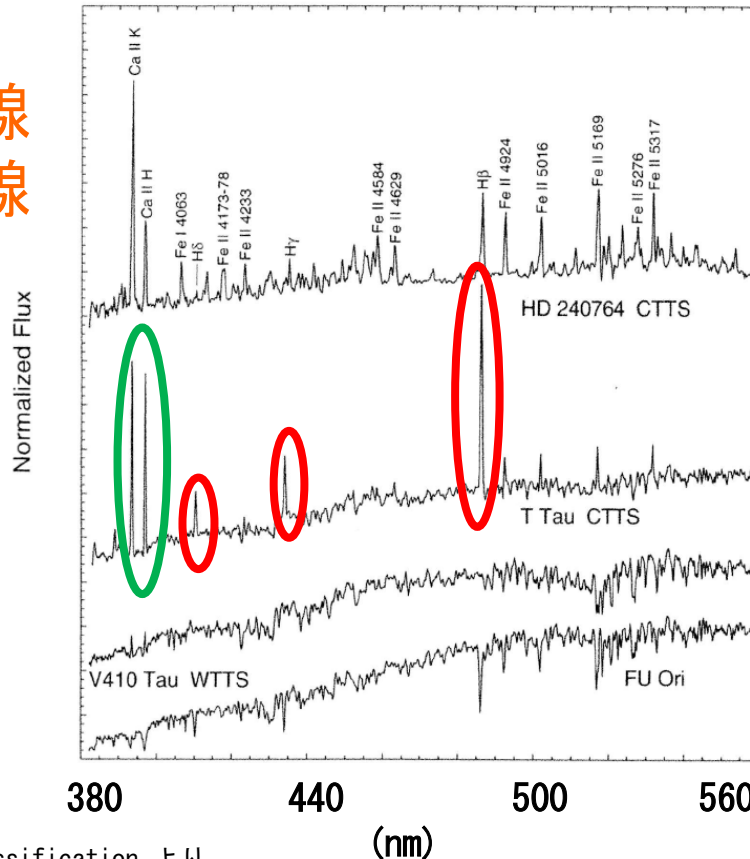
【吸収線】

Li

古典的Tタウリ型星
(CTTS)

弱輝線Tタウリ型星
(WTTS)

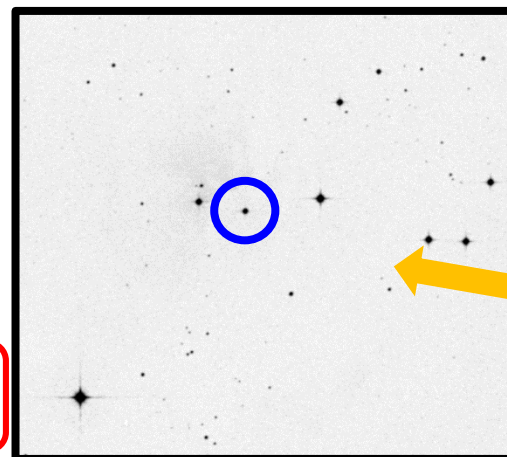
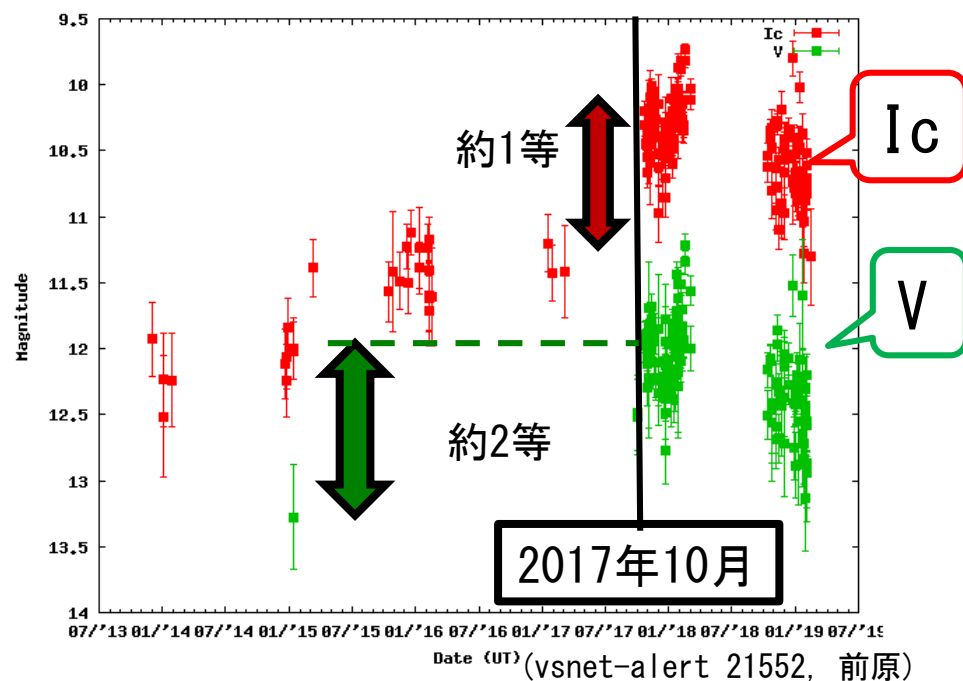
主に $H\alpha$ 輝線の等価幅
によって分類



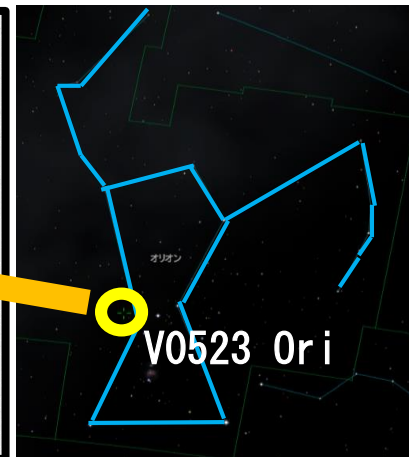
スペクトル博物館より

V523 Oriについて

- 2017年10月29日に増光が報告
(vsnet-alert 21552, 前原)



15' × 15' SIMBAD より



ステラナビゲーターより

天体名	赤経・赤緯
V523 Ori	α : 05h 44m 29.25s δ : -01° 22' 16.7"

V等級	変光タイプ	スペクトル型	周期 (d)	その他
14.9	WTTS/ROT	K1 V	3.6	2017年10月29日に増光報告

目的

増光を示したTタウリ型星V523 Oriの
測光観測と分光観測を行なう



観測装置

岡山理科大学C2号館屋上

[望遠鏡]

CELESTRON

口径：23.5cm

[赤道儀]

SXD2 (Vixen)

[冷却CCDカメラ]

ST-9XE (SBIG)



[フィルター]

クリアフィルター

[望遠鏡]

CELESTRON

口径：28cm

[赤道儀]

NJP (タカハシ)

[冷却CCDカメラ]

ST-1603 (SBIG)



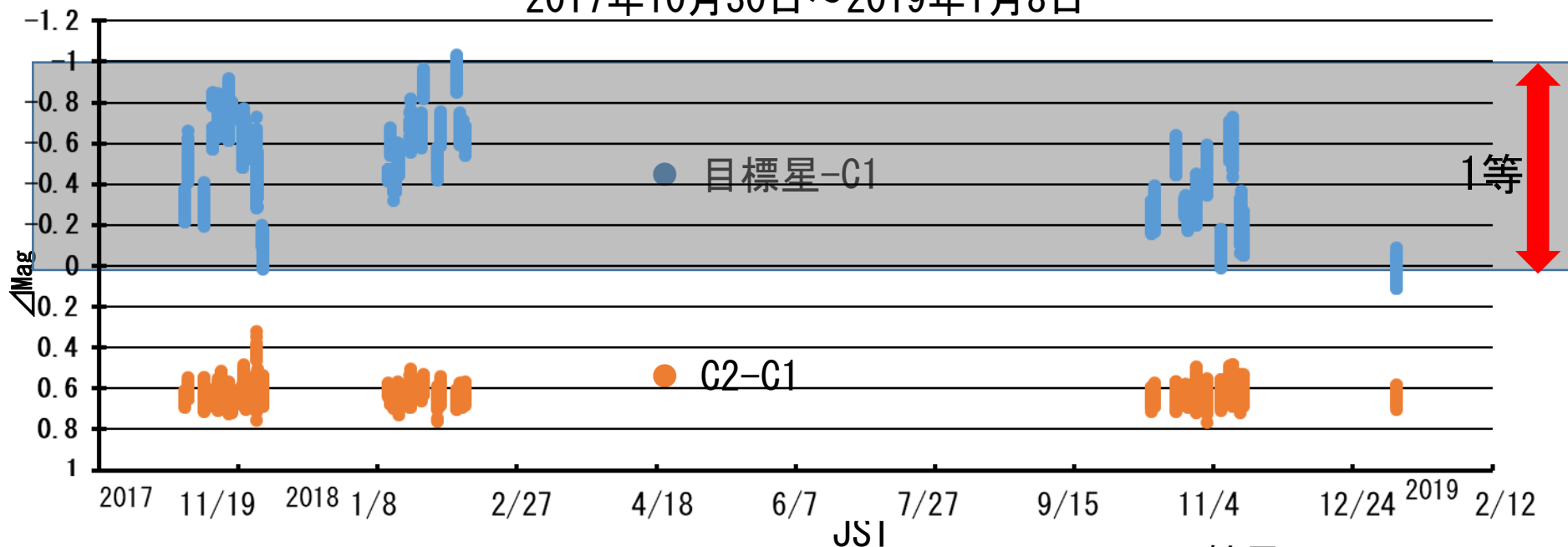
[分光器]

DSS-7 (SBIG)

測光観測結果：V523 Ori

岡山理科大学C2号館屋上にて
観測したデータ

2017年10月30日～2019年1月8日



- 自転周期は3.6日といわれているが確認できない
- 約1等の範囲内で変動している
- 1日での変動がある

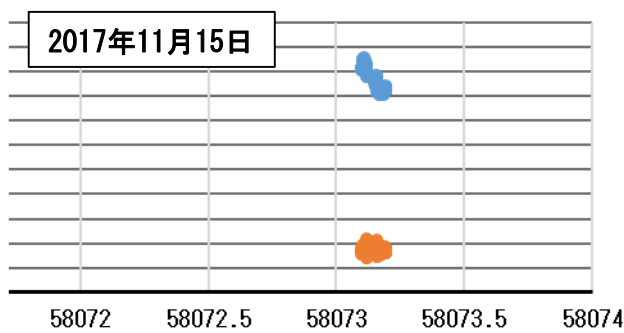
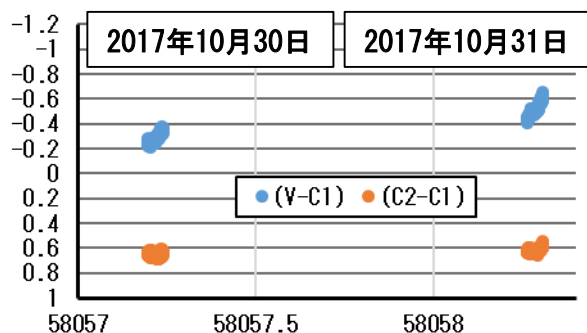
比較星について



比較星1 (C1) : TYC 4767-938-1
V等級: 12.21

比較星2 (C2) : TYC 4767-1286-1
V等級: 11.19

(RGBでの三色合成)



解析

倉敷・船穂天文台

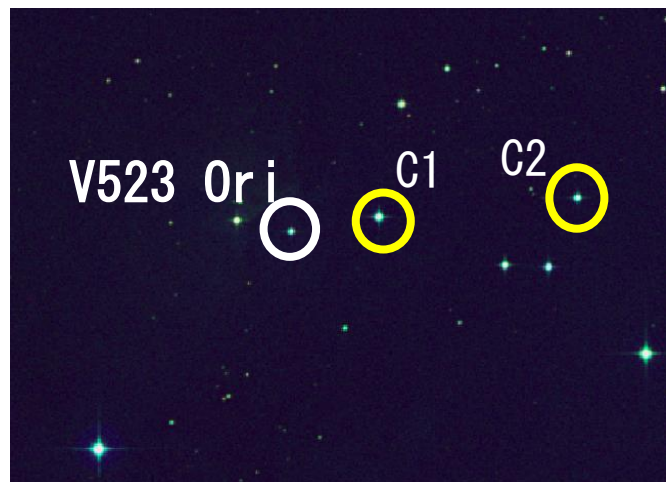
赤澤氏によって得られた多色測光の観測データ

	観測日
2017年10月	30, 31
2017年11月	01, 02, 04, 06, 08, 09, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 30
2017年12月	01, 03, 05, 08, 11, 12, 13, 14, 23, 25, 26, 29
2018年01月	04

計37夜

使用した各フィルターの総枚数 B:1065 V:1239 Rc:1228 Ic:1086

比較星について



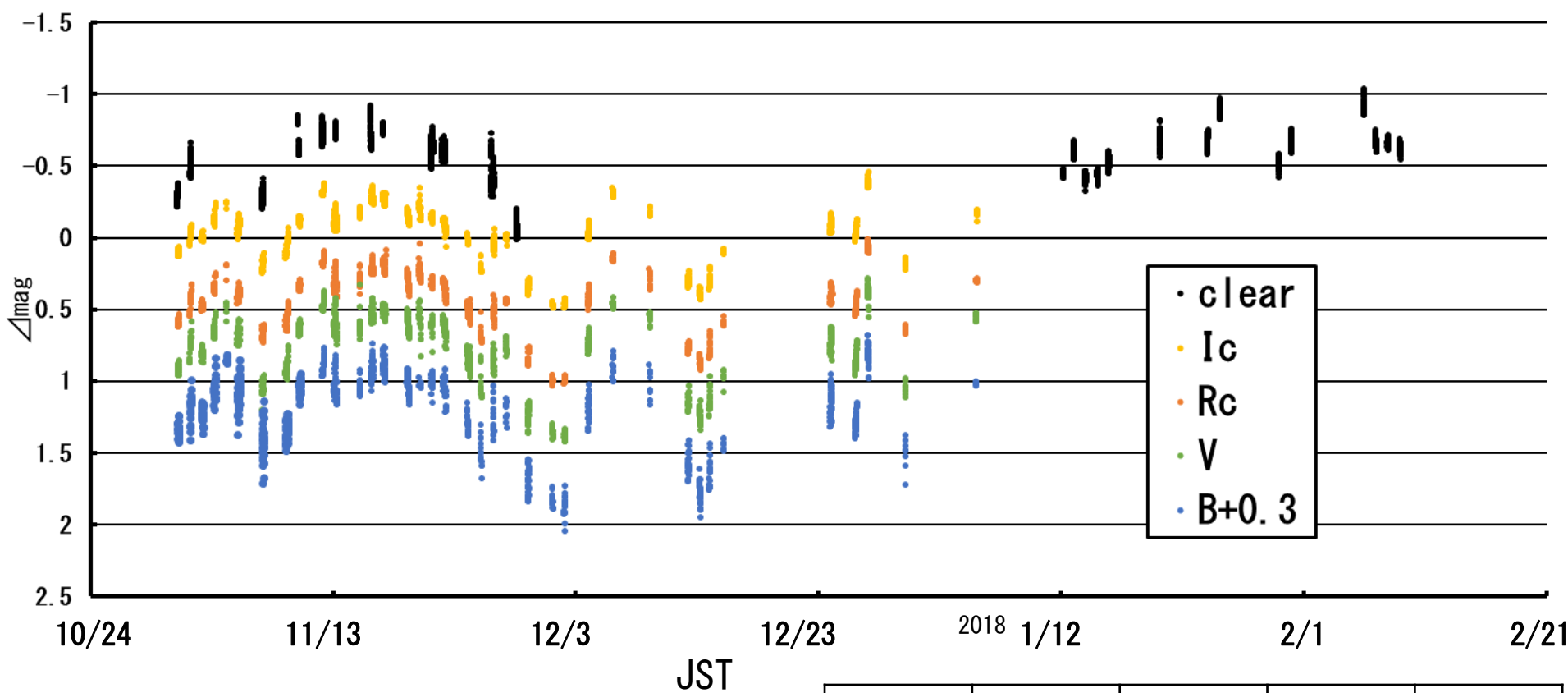
比較星1 (C1) : TYC 4767-1286-1
V等級: 11.19

比較星2 (C2) : GSC 04767-01156
g等級: 12.23

(RGBでの三色合成)

測光観測結果： V523 Ori

2017年10月30日～2018年1月4日 船穂天文台 赤澤氏によって得られたデータ

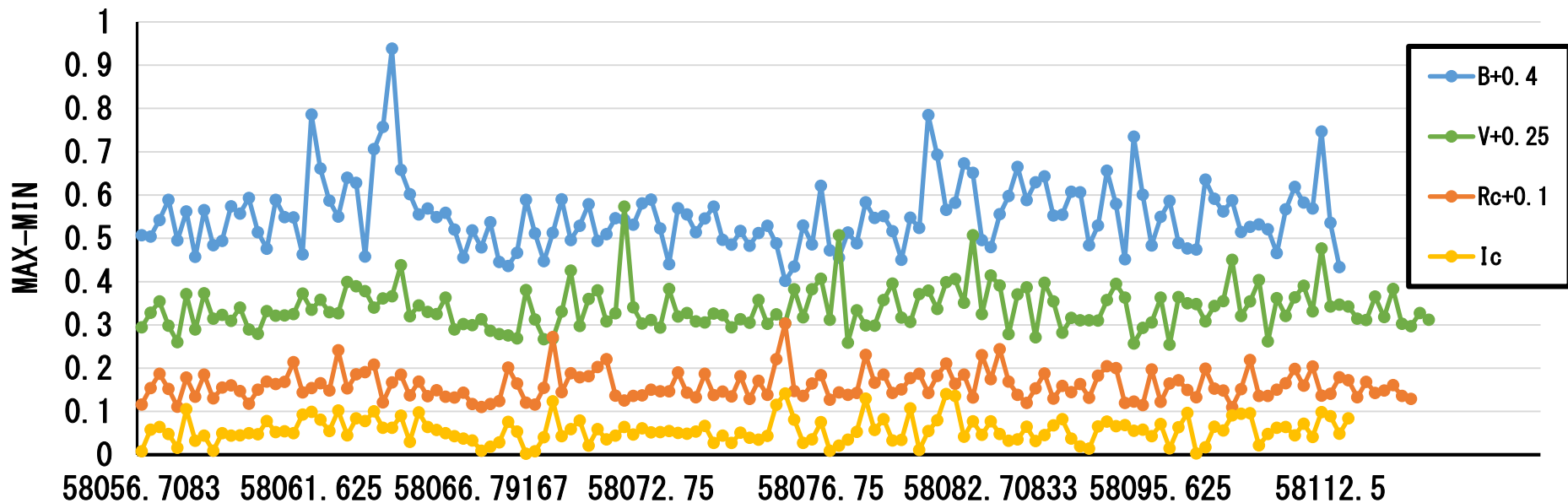


4色の全体の変動は同じように見えるが、
Bバンドの変動が大きい

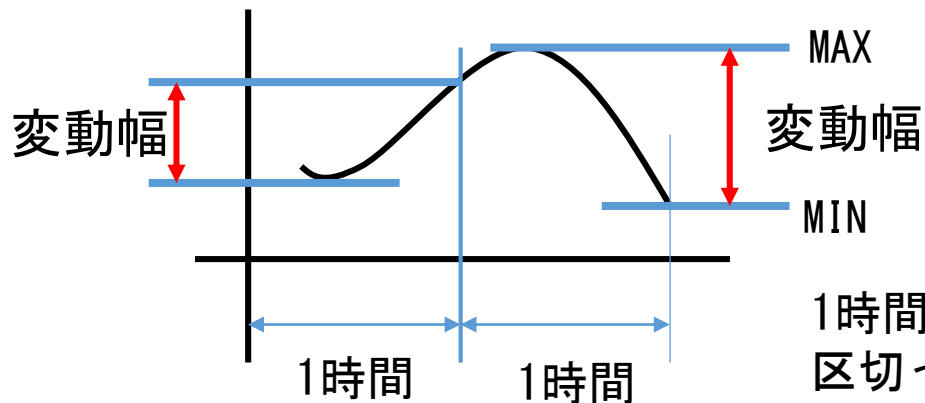
	B	V	Rc	Ic
平均	0.877	0.765	0.445	-0.0396
数	1065	1239	1228	1086
平均誤差	0.008	0.007	0.006	0.006

1時間での変動幅

20171030-20180104_1時間ごとの変動幅



変動幅の求め方

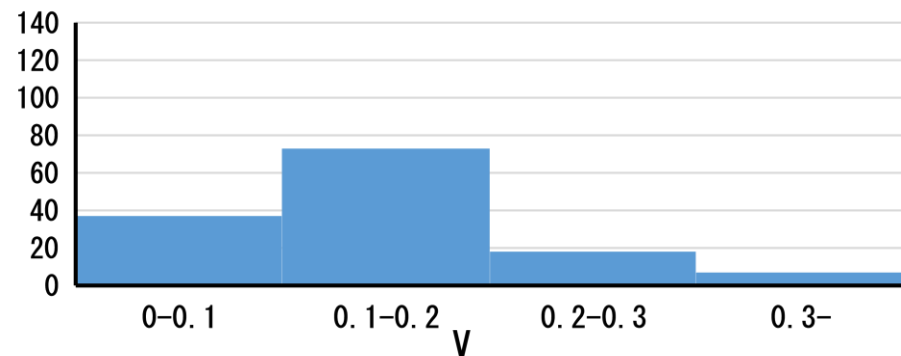


同じ時間帯であってもバンドによって
変動幅の変化が異なる

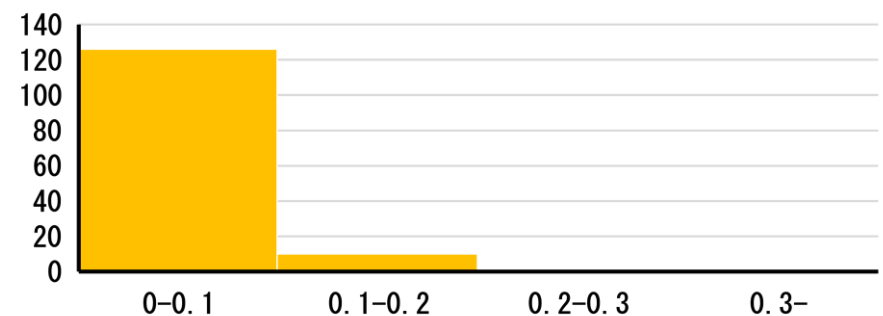
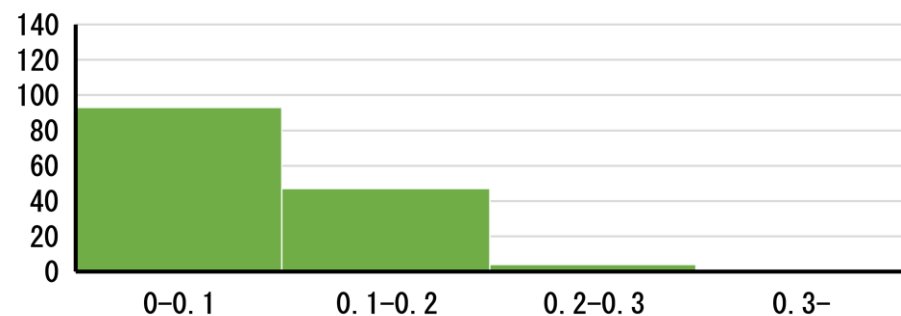
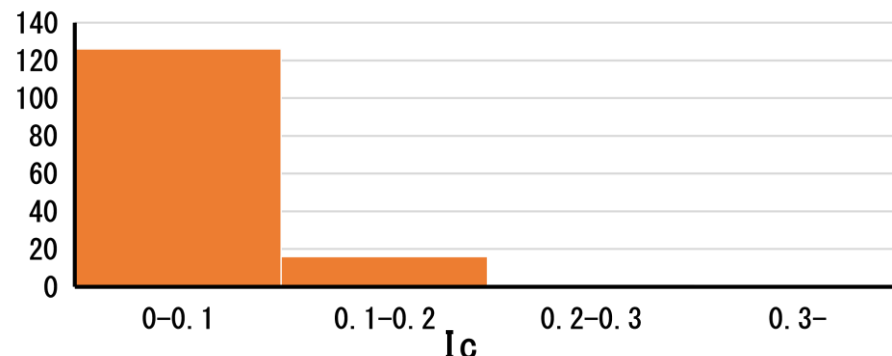
1時間ごとにデータを区切り、
区切った範囲内のMAXとMINの差を変動幅とする

1時間での変動幅

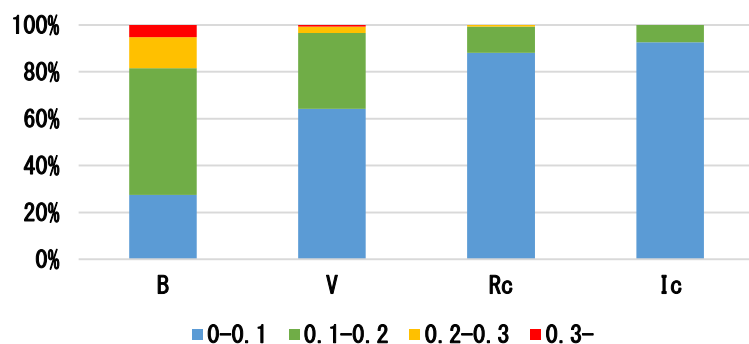
B



Rc

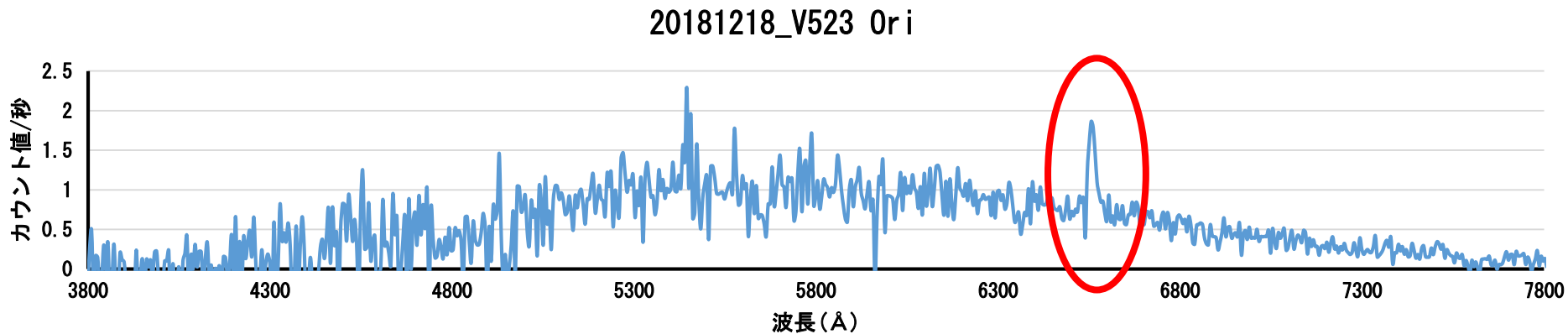
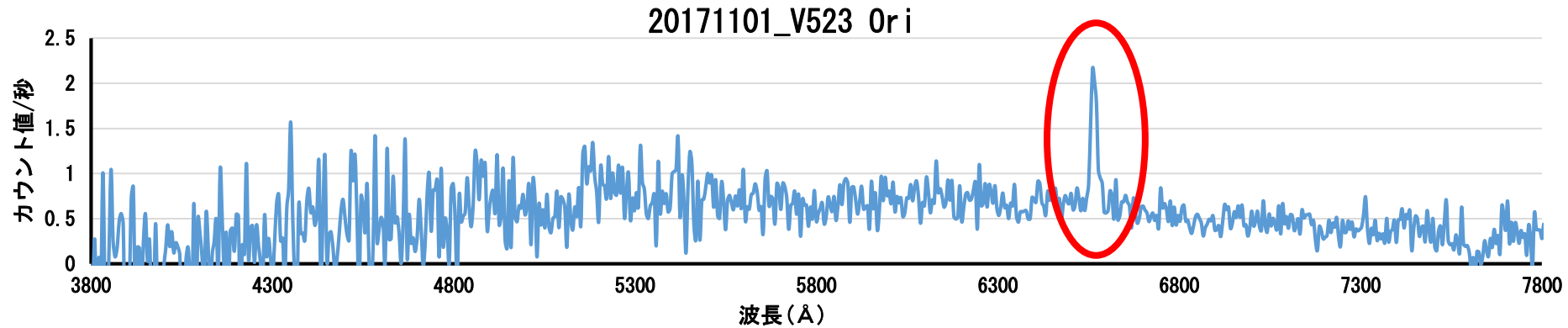


1時間ごとの変動幅_フィルター別割合



Bフィルターでは大きい変動を示す時間帯の割合が多く、
B, V, Rc, Icの順で大きい変動の割合が
少なくなっている

分光観測結果： V523 Ori



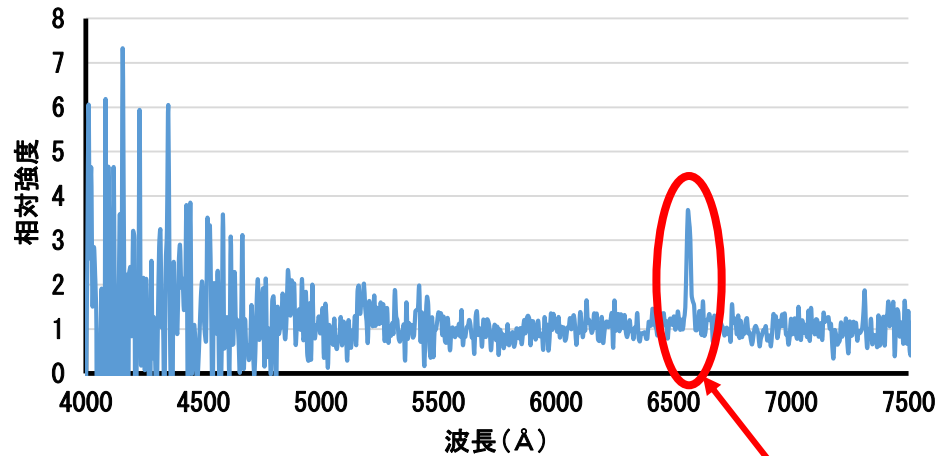
すべての観測日に対して、
 $H\alpha$ を確認できた

その他の線に対してはこの結果からは
確認できなかった

観測日	
2017年	11月01日
2018年	02月06日, 11月14日, 12月18日
2019年	01月13日, 01月14日, 01月22日, 01月23日, 01月29日

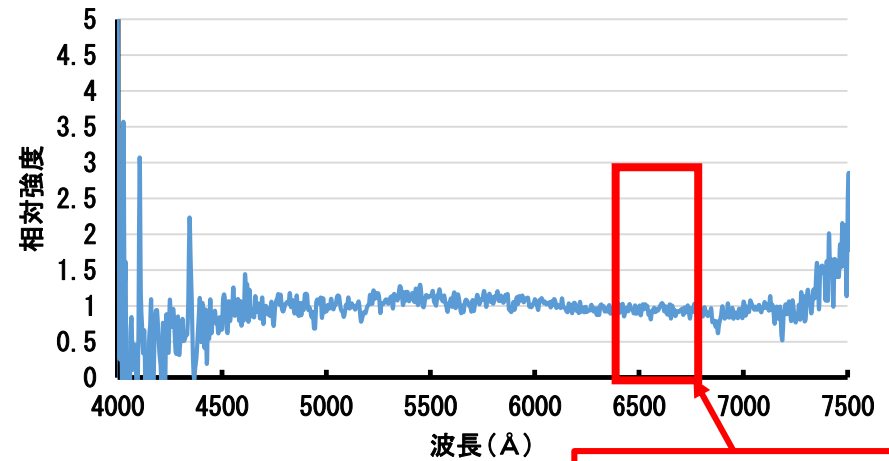
WTTSとの比較

V523 Ori (WTTS)



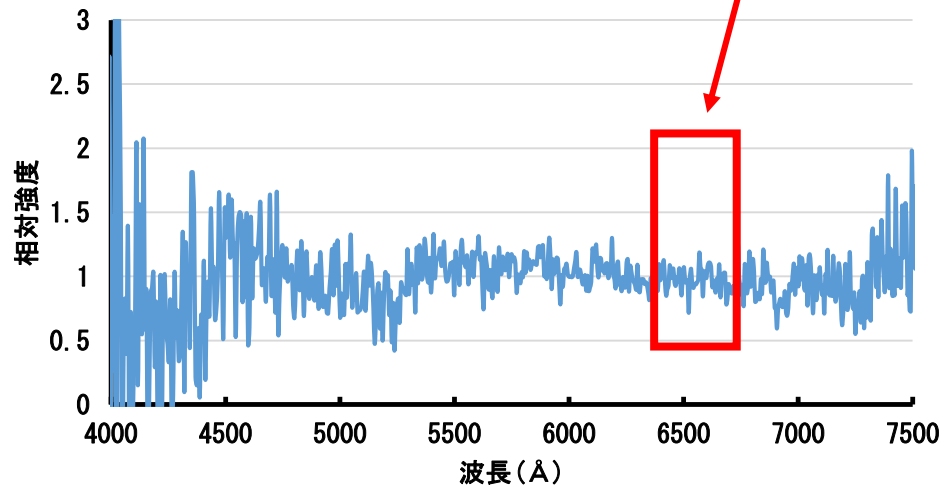
H α の波長位置

V1855 Ori (WTTS)_60s



H α の波長位置

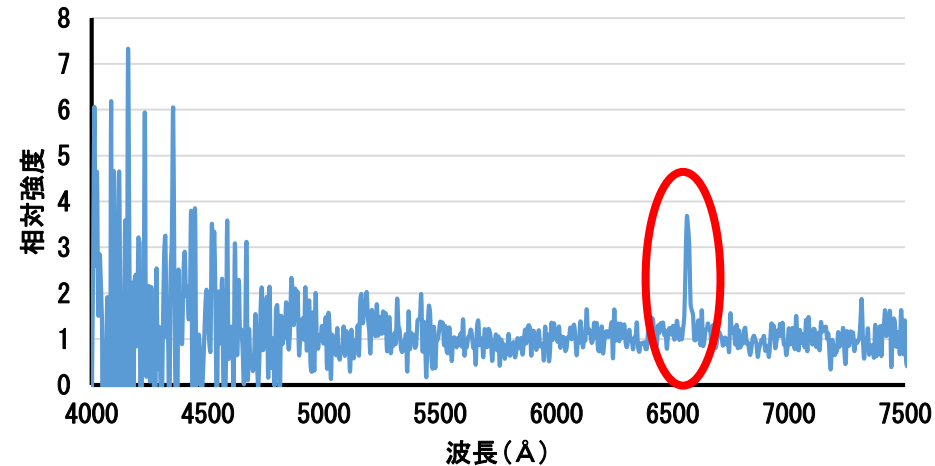
V410 Tau (WTTS)_30s



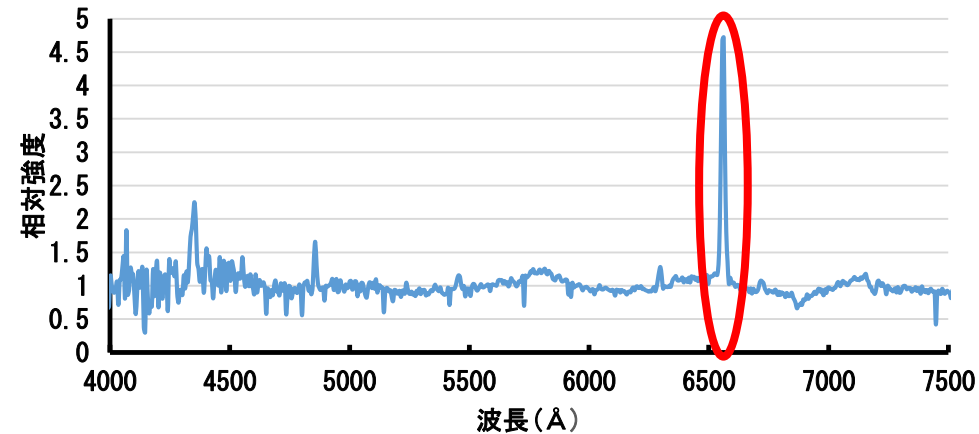
V523 Oriのどの観測日に対してもH α の出方が他のWTTSとは異なる

CTTSとの比較

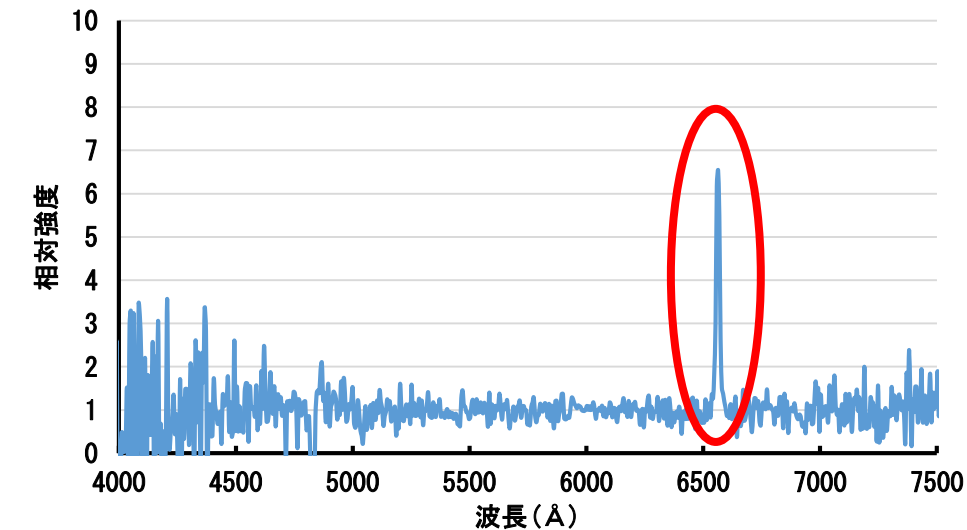
V523 Ori (WTTS)



T Tau (CTTS)



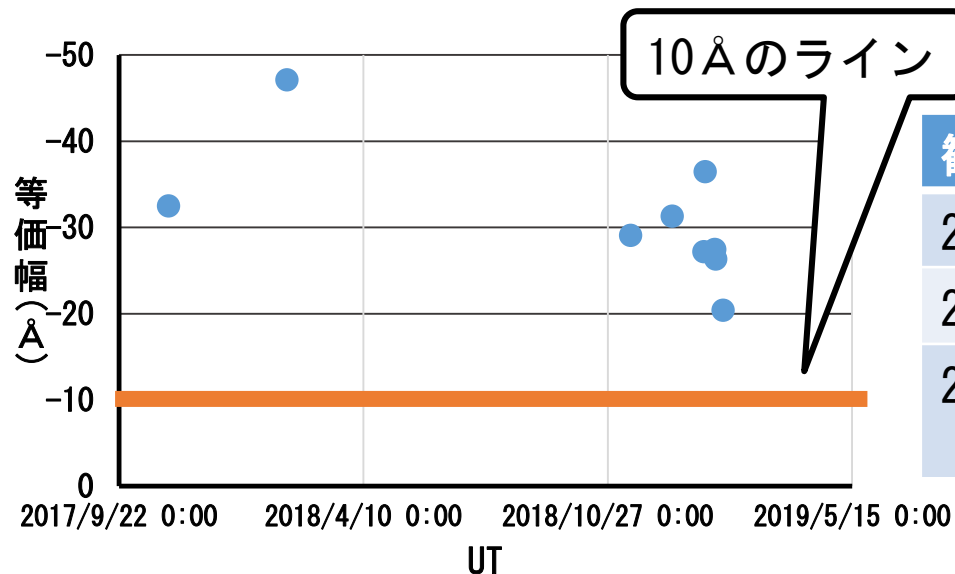
DI Cep (CTTS)



H α の傾向がWTTSよりも
CTTSの方に似ている

H α が出る
→星風と降着円盤によるもの

V523 OriのH α 等価幅



観測日	
2017年	11月01日
2018年	02月06日, 11月14日, 12月18日
2019年	01月13日, 01月14日, 01月22日, 01月23日, 01月29日

T Tau	EW
2018/01/19	-84.8207
2018/12/18	-66.6424

CTTS	WTTS
H α > 10 Å	H α < 10 Å

- H α の等価幅はどの日も10 Åよりも大きい
- 分類としてはCTTSとなる

今シーズンからは明るさが足りず、大学屋上の望遠鏡では分光観測ができない

まとめ・議論 その1

- 測光観測結果から、観測を始めて1年の間で、
約1等の範囲で変化しており、1日での変動がある
- 1時間ごとの変動幅は各バンドによって異なり、
特に青側で変動幅が大きい
- V523 OriはWTTSと言われているがスペクトルは
CTTSに似ており、実際にH α での分類としては
CTTSとなる。
(赤外2色図ではCTTSをサポートする)

現在の測光観測結果

観測日(今シーズン_2019年10月から)

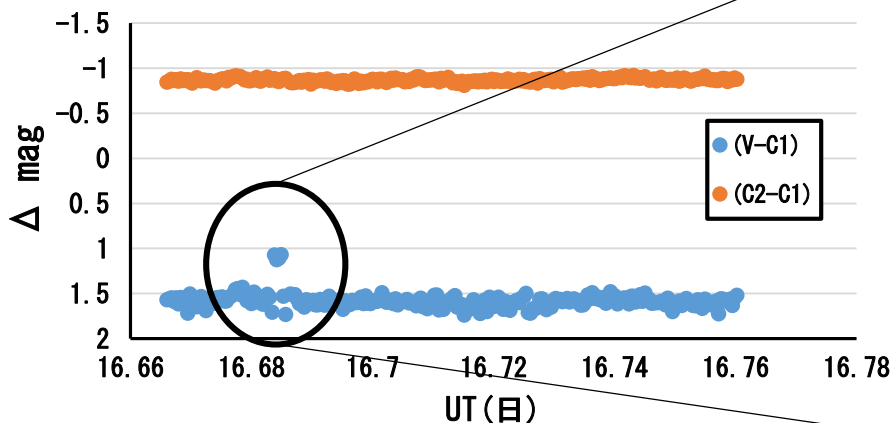
10月04日、10月16日、10月30日、
11月04日、11月05日、11月06日、11月20日、11月21日、11月23日

計9夜

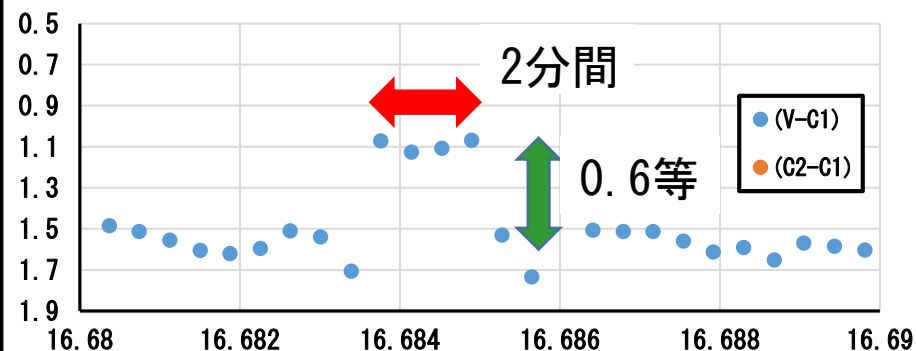
観測日	観測時間内でのライトカーブの特徴	観測時間(h)
10月04日	平たん	0.93
10月16日	数点、連続して明るくなる	3.27
10月30日	ばらつきがあるが数点減光?	3.00
11月04日	1点のみ明るくなる	4.40
11月05日	時間間隔をおいて明るくなるどころが2か所ある	4.38
11月06日	暗くなる箇所と1点明るくなるどころがあるが雲の影響がある	3.97
11月20日	平たん(急減光した日)	4.05
11月21日	平たん	4.38
11月23日	数点暗くなる	3.60

測光結果_詳細

20191016_V523 Ori_30s_C



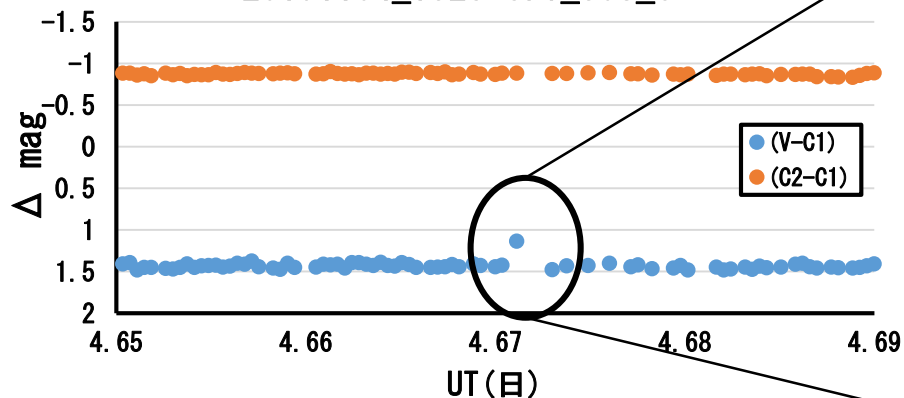
20191016_V523 Ori_30s_C



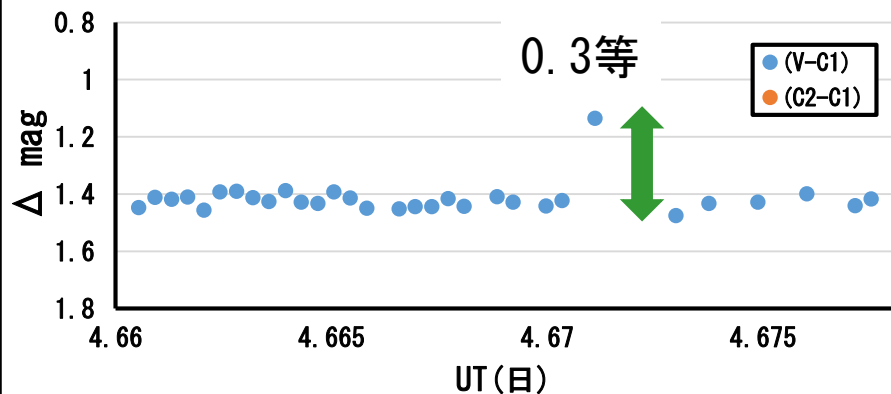
増光しているところが平坦である
→スポットの可能性はある

増光前に暗くなる傾向がみられる

20191104_V523 Ori_30s_C

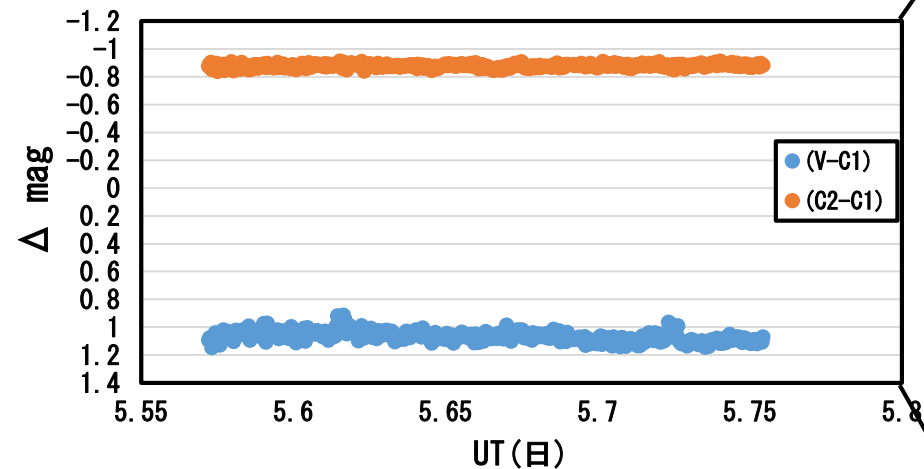


20191104_V523 Ori_30s_C

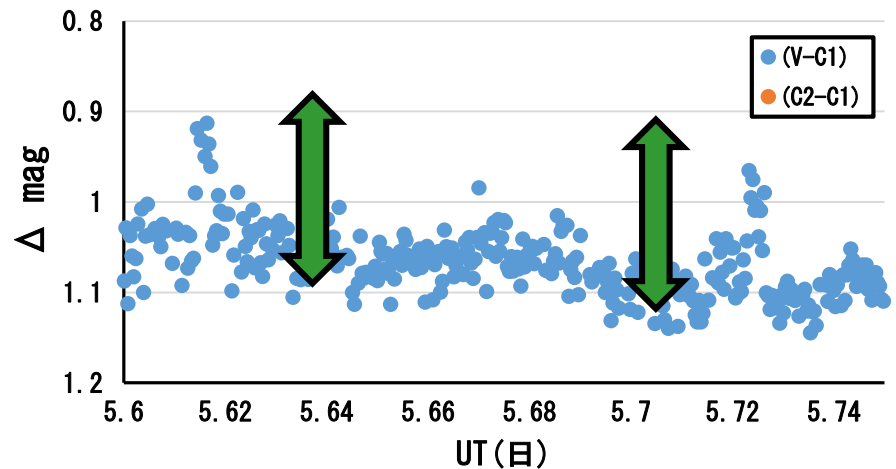


測光結果_詳細

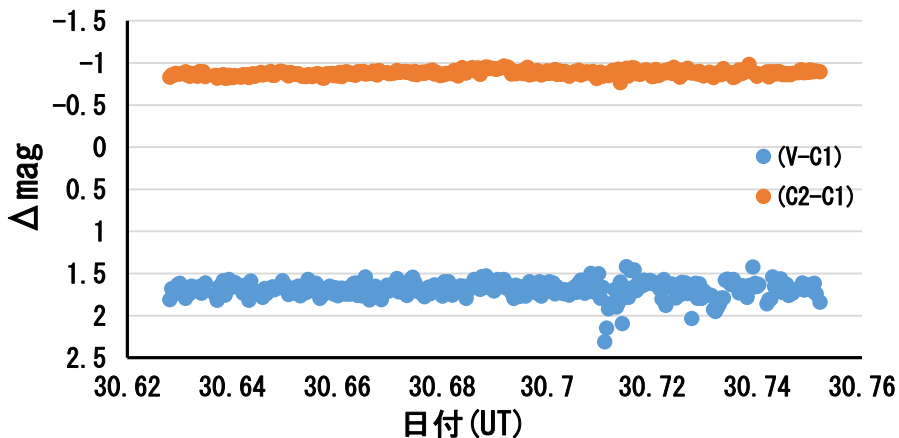
20191105_V523 Ori_30s_C



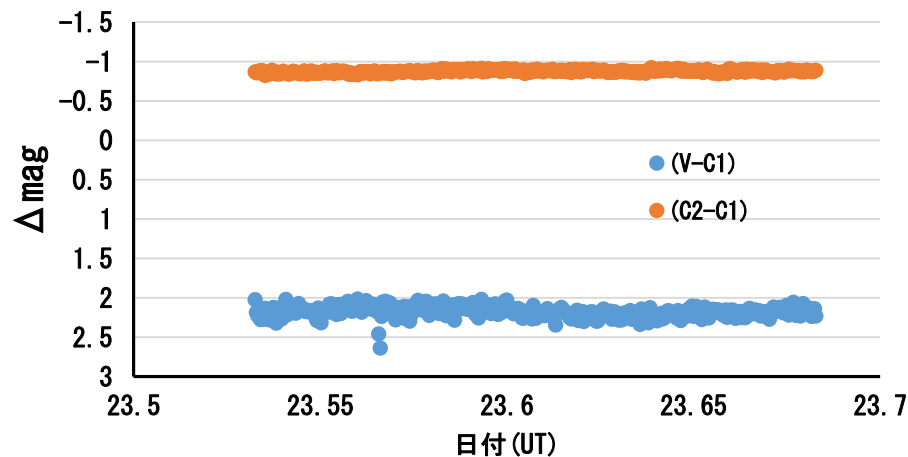
20191105_V523 Ori_30s_C



20191030_V523 Ori_30s_C



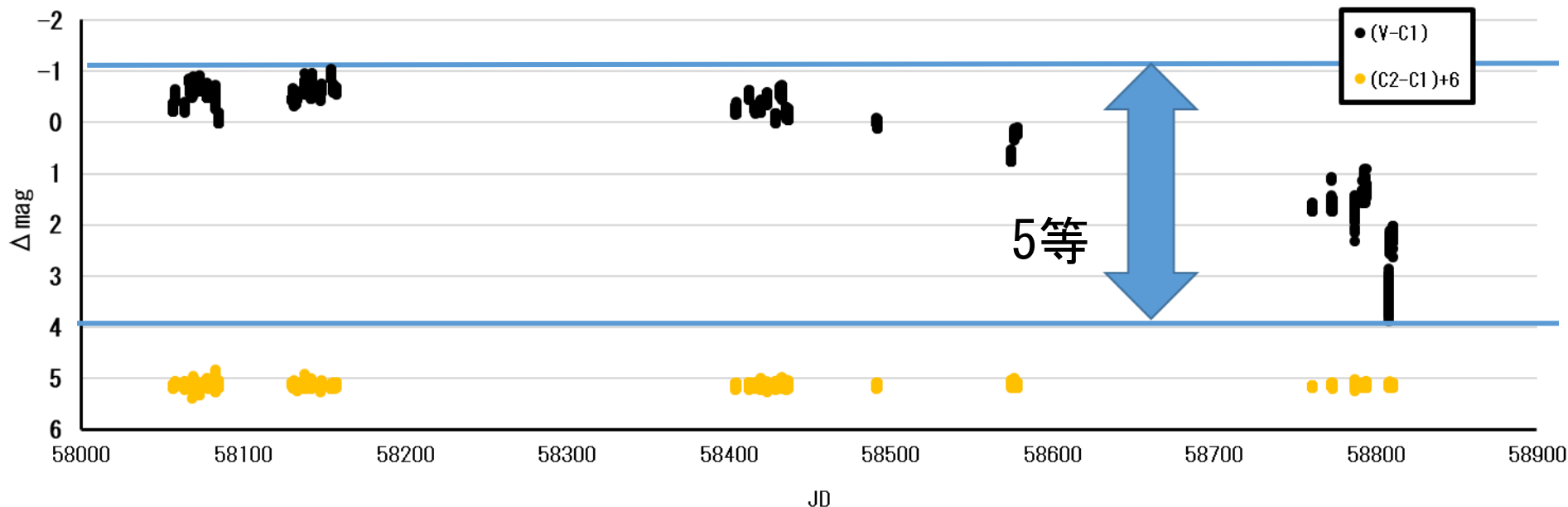
20191123_V523 Ori_30s_C



現段階では、暗くなる時間よりも明るくなる時間の方が多い

アウトバースト後から現在まで

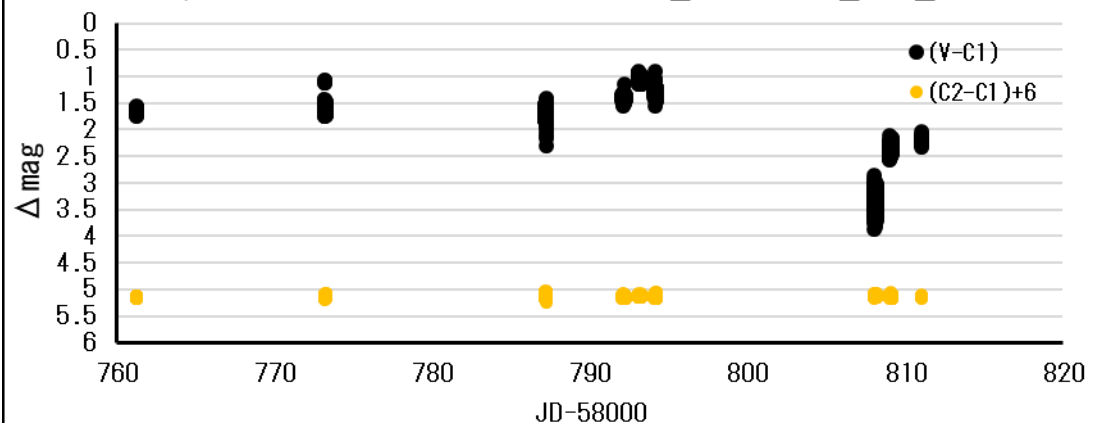
20171030-20191123_V523 Ori_30s_C



2019/11/23現在、
2017/10/30から最大で約5等の
減光がみられる

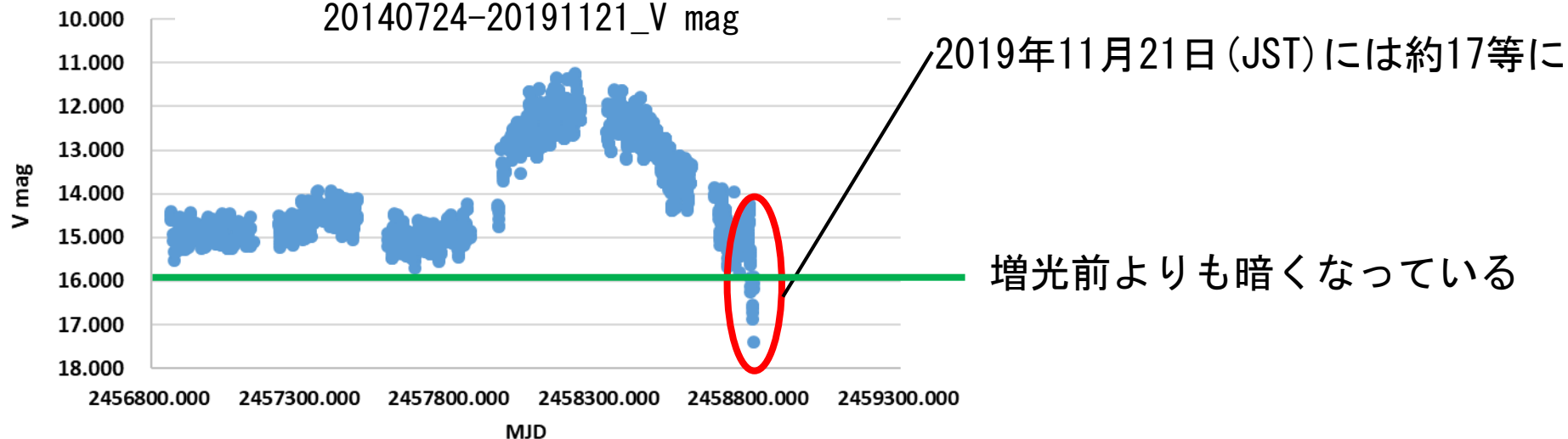
今シーズンでは、
2019年11月20日 (JST) に急な減光が
みられる

今シーズン20191001-20191123_V523 Ori_30s_C

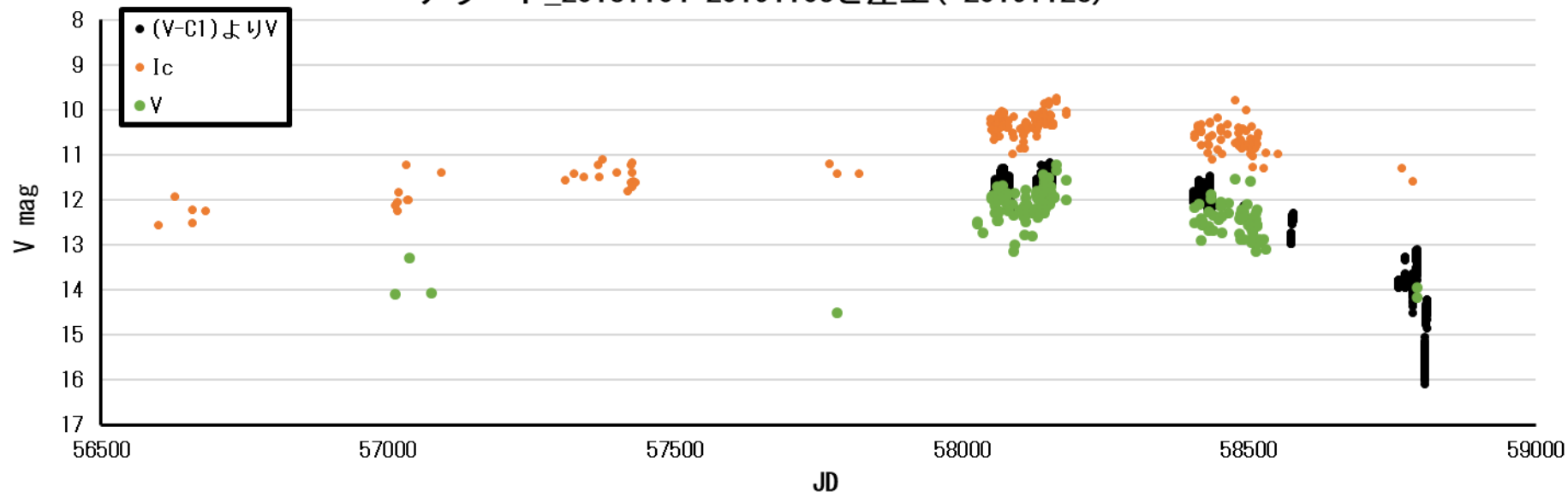


アウトバースト前から現在まで

ASAS-SNでのV523 Oriのライトカーブ
20140724-20191121_V mag



アラート_20131104-20191105と屋上 (-20191123)

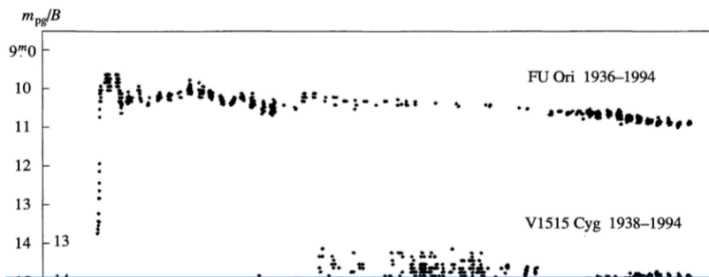


若い星のアウトバーストの分類

FU Ori型 と EX Lup型 に分けられる

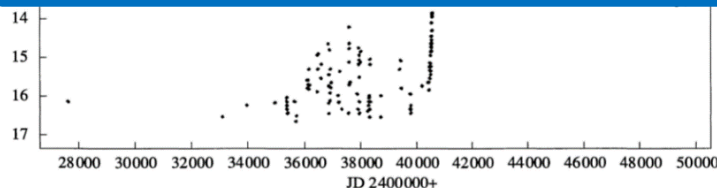
FU Ori型

数等の振幅の強いアウトバーストを示す
アウトバースト後はゆっくりと減衰



V523 Oriは現在、アウトバースト前の
明るさに戻ってきている

継続時間はおおよそ2年半



EX Lup型

継続時間の短いアウトバーストを示す
アウトバーストは数年間隔で起こり、
1~2年の継続時間をもつ

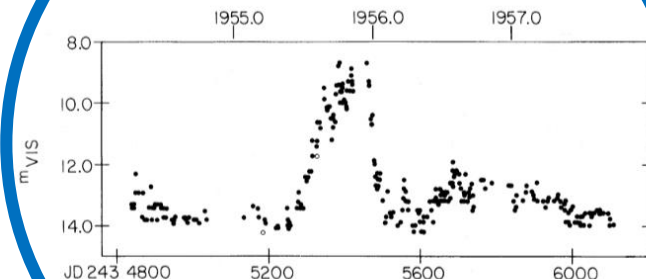


FIG. 14.— The 1955–1956 maximum of EX Lup. The observations are visual estimates (Barnes and Jones 1957).

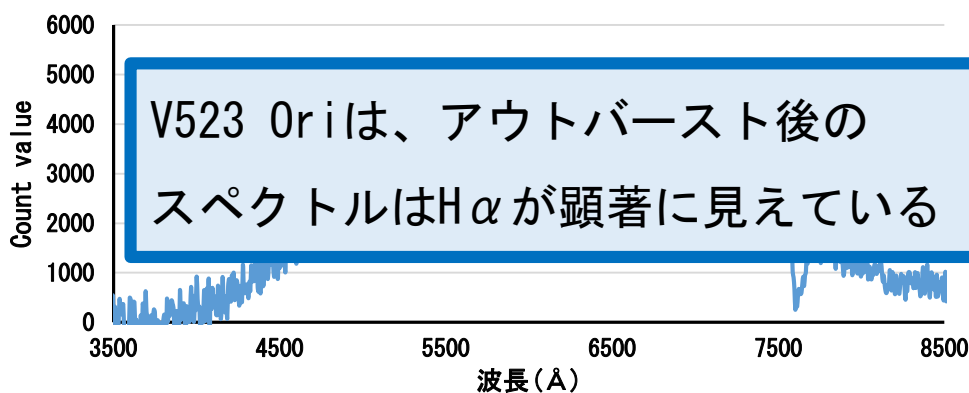
若い星のアウトバーストの分類

FU Ori型

スペクトル

F/Gの超巨星のスペクトルを示す
TTSに比べて広いラインをもつ
磁気圏の降着の兆候が少しある
Fe I、Li I、Ca I はダブルピーク (回転円盤起源)

20191121_FU Ori_60s_9comp

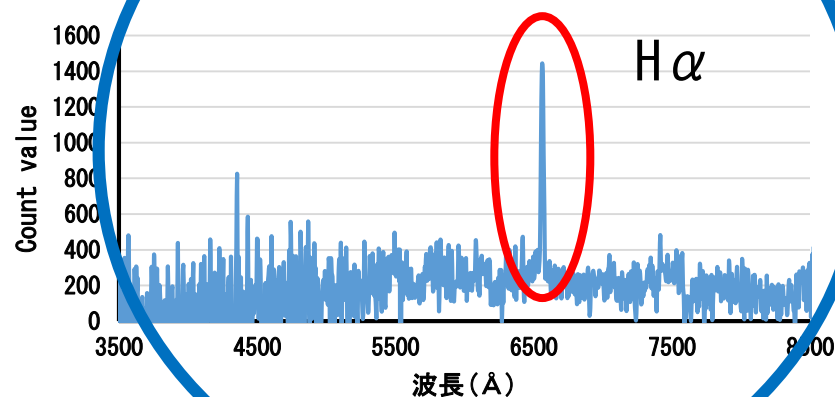


EX Lup型

スペクトル

静穏期でM型矮星のスペクトルや
Tタウリ型星のスペクトルを示す

20191123_UZ Tau_60s_5comp



まとめ・議論 その2

- ライトカーブは現在、アウトバースト前の明るさに戻っており、アウトバーストの継続時間はおよそ2年半
- アウトバースト後のスペクトルは $H\alpha$ が顕著に見えている
→アウトバーストの型はEX Lup型となる
- アウトバースト直後よりもライトカーブは落ち着いたが、アウトバースト直後には見られなかった変動が現在見えている
- 数時間の中で、数秒または数分にわたって変化がある
→周期的におこるのか、非周期的なのか
- 今後継続的に観測していく必要がある