

# K型主系列星PW And における 自転に伴うHa輝線の変化

---

兵庫県立大学大学院 光学赤外線天文学研究室  
修士課程1年

村瀬 洸太郎

# Introduction 研究背景

## ○磁気活動

## ○活動領域 (白斑・黒点)

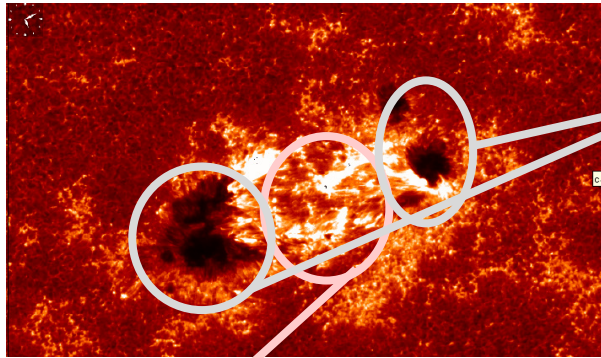


図1-1) 活動領域

### 白斑

Ha線 (6563 Å) などで増光として観測される

### 黒点

磁場が強いため対流が抑制され温度が低くなる恒星表面に占める黒点の割合が増加することで天体の光度は暗くなる

磁場に発生する歪みが原因で爆発 (フレア) が発生すると考えられている

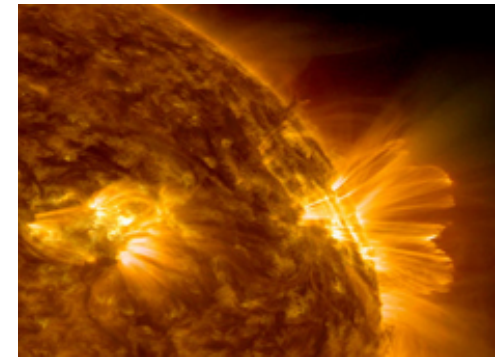


図1-2) 太陽フレア

⇒太陽の現象は他の天体にも当てはまる現象であるが恒星では分解した観測ができない為詳しいことは分かっていない。

太陽型星での活動性の観測が必要である。

# Introduction

## ○ターゲット天体（PW And）

- 多くの**磁気活動**が生じていることが知られている。また、強い輝線としてCa II や H $\alpha$ が見られる(Bidelman 1985)
- 自転による光度に周期的な変化がみられることから星表面に大きな黒点を持つと考えられている(Santiago et al. 2003; Strassmeier & Rice 2006)
- リチウムの強い吸収線が見られる→**若い天体**(Ambruster et al. 1998)
- 太陽に比べ**速い自転速度** $v_{\text{ sini}}$  :  $23.9\text{ km s}^{-1}$  ( Strassmeier & Rice 2006 )
- 視線速度に変動が見られない→**単一星**(Griffin et al. 1992)

太陽型星・若い



速い自転



強いダイナモ



強い活動性

表 1: PW And, HD4628 の各パラメータ

パラメータ	PW And	HD4628
スペクトル分類	K2V	K2.5V
年齢	20Myr	
視線方向速度	$22\sim 24\text{ km s}^{-1}$	
表面温度 (光球)	5000K	
自転周期	$1.76159\pm 0.00006\text{ day}$	
傾き	$46\pm 6^\circ$	
半径	$1.16R_{\odot}$	$0.91R_{\odot}$
質量	$1.07M_{\odot}$	
V 等級	8.5mag	5.7mag

# Introduction 先行研究

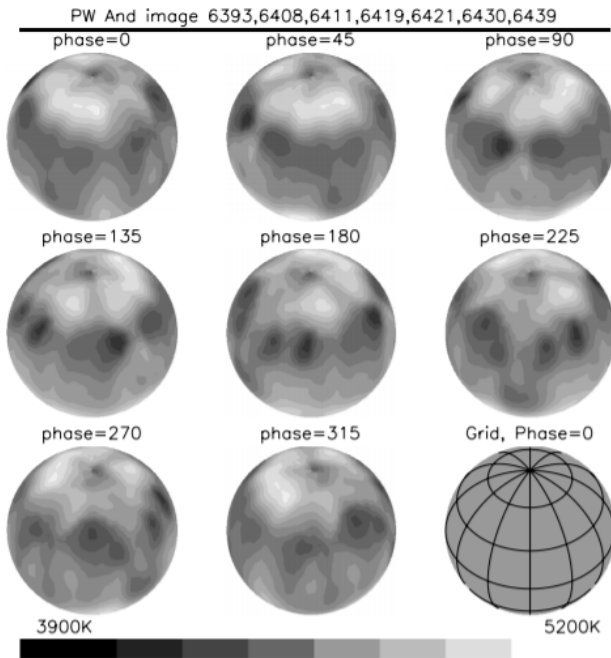


図 1 : DopplerImage  
(Strassmeier & Rice 2006)

PW Andはその半径が太陽の1.16倍でありながら黒点の大きさは太陽黒点の10倍から100倍ほど大きいとされており、このような大きさの黒点が同時期に少なくとも6つ見られたとの報告がある。(Strassmeier & Rice 2006)

また、その黒点の大きさから図2のような光度曲線となっている。

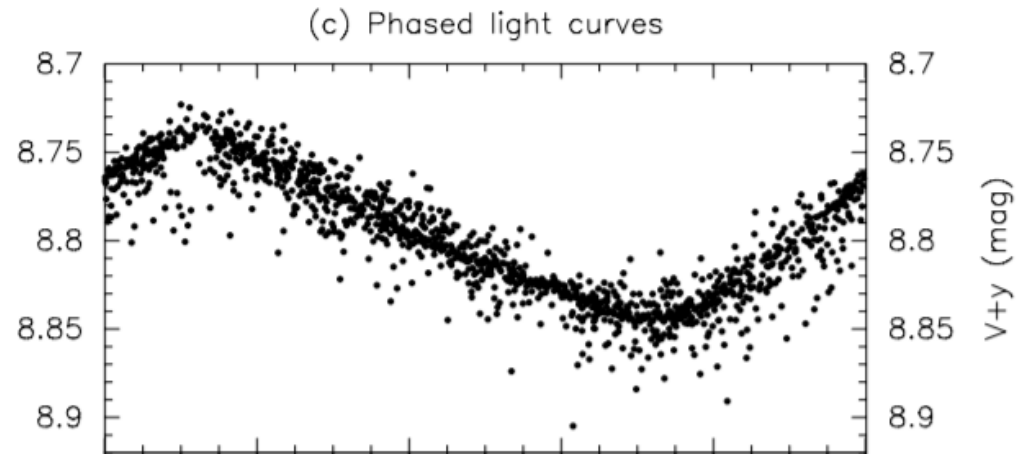


図 2 : Light Curve  
(Strassmeier & Rice 2006)

# Introduction 先行研究

## ○活動周期

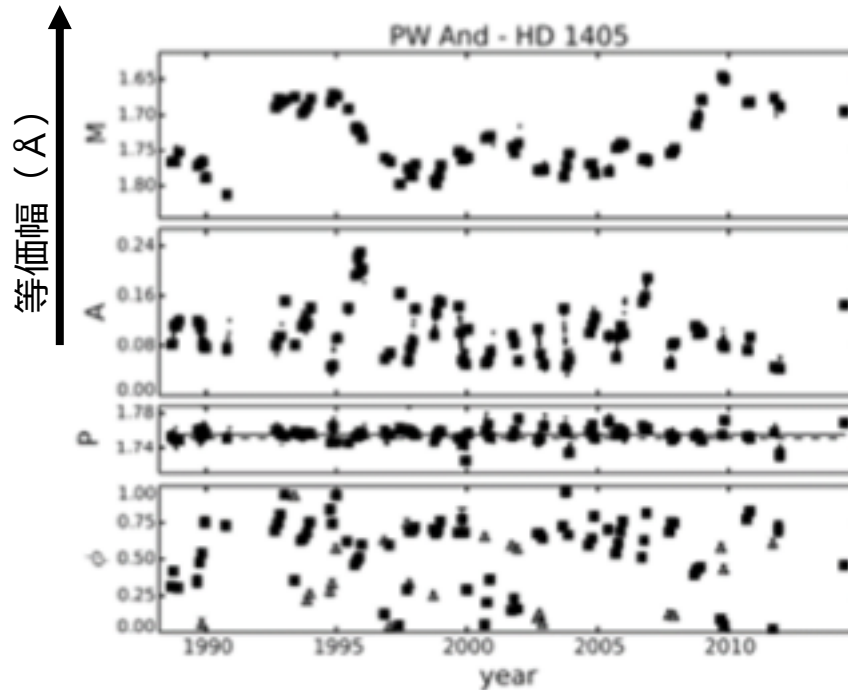


図 3 : activity trends  
(Lehtinen et al. 2016)

太陽ではその活動性が11年周期であることが知られているがPW Andに関しては約8年とされている。  
1993年に光度が逆転する現象が起きていることからその変動が必ずしも一様に生じるとは限らない。

# Introduction 先行研究

## ○活動領域と自転周期

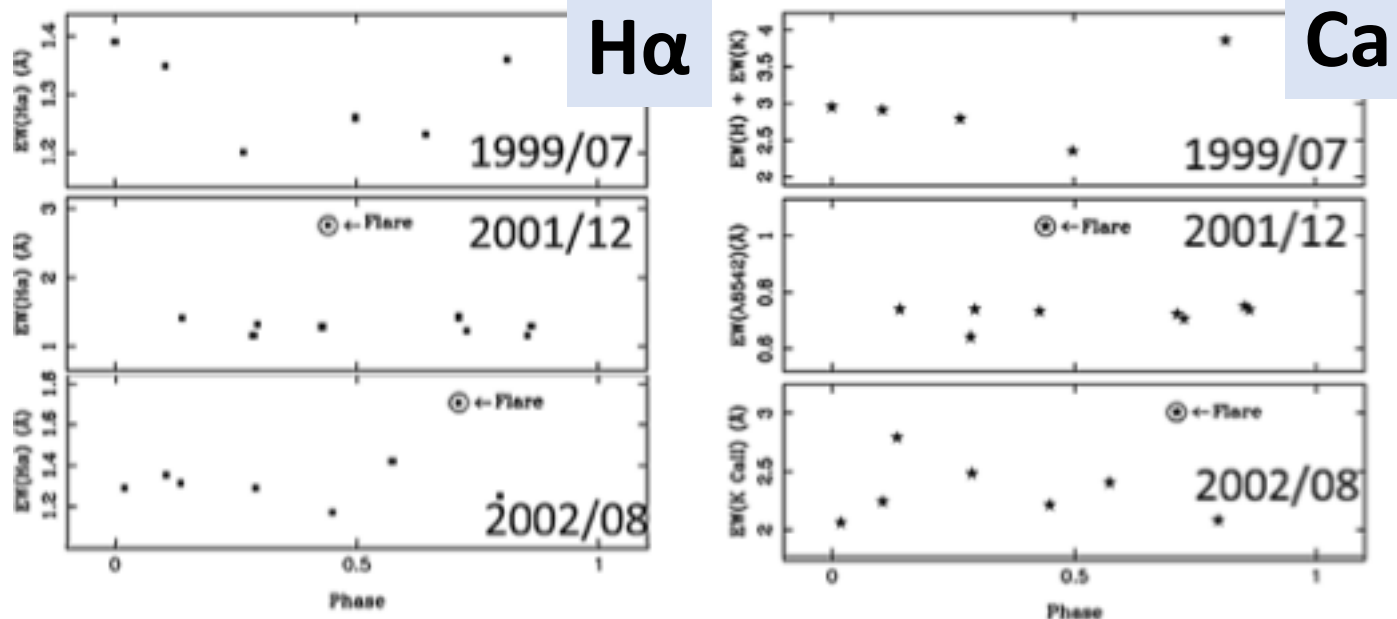


図 4: 左H $\alpha$ 輝線の等価幅・右Ca H & Kの等価幅

(Santiago et al.2003)の研究の中で自転周期とH $\alpha$ (6563 Å)およびCa H(3968 Å) & K(3933 Å)線の関係について調べられた。観測時間が短いことやデータのS/Nを確保する為合成したことによりデータ数が少なく断定に至っていないがH $\alpha$ ・Caいずれでも周期性と関係があることが示唆されている。

## ○本研究の目的

測光データとH $\alpha$ 輝線の変化から黒点と活動領域について議論する。  
⇒自転周期に伴う黒点と活動領域の見え隠れから活動の様子を調べる

# 観測①

観測所	西はりま天文台
望遠鏡	なゆた望遠鏡 (口径2.0m F/12 ナスミス焦点)
装置	可視光中低分散分光器 (Medium And Low-dispersion Long-slit Spectrograph ; MALLS)
観測天体	PW And / HD4628
観測波長・露出時間	中分散 : <u>6300 Å ~ 6800 Å</u> / 180s・300s・600s Ha
Grating	中分散 : 1800 l/mm
Order Cut Filter	中分散 : GG495
使用スリット	0.8"

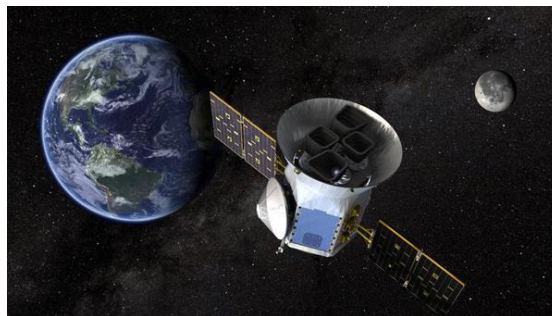
---

## Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS)

トランジット系外惑星探索衛星

測光データの使用

2019/10/8~2019/10/31





## 観測②

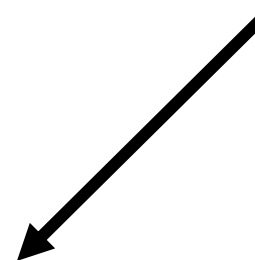
2019/9/19の観測時に中分散・低分散での観測を行い、得たデータから以降の観測方法を決定した。

自転周期を考慮した観測を行った。表にPhaseとして示す。

表 2: 観測詳細

Date	Phase	Star	EXP	N
2019/9/19	0.48-0.49	PW And	300	3
2019/10/9	0.83-0.96	PW And	300	57
2019/10/10	0.46-0.50	PW And	300	9
2019/10/16	0.75-0.95	PW And	300	57
2019/10/19	0.60-0.62	PW And	180	10
2019/10/31	0.24-0.43	PW And	300	69
2019/11/10	0.06-0.08	PW And	300	10
2019/12/12	0.07-0.12	PW And	180	25
2020/1/11	-	HD4628	300	5
2020/3/13	0.32-0.35	PW And	180	10
2020/7/19	0.17-0.12	PW And	180	23
2020/7/20	0.73-0.73	PW And	300	2
2020/7/20	0.73-0.76	PW And	600	5

参照星

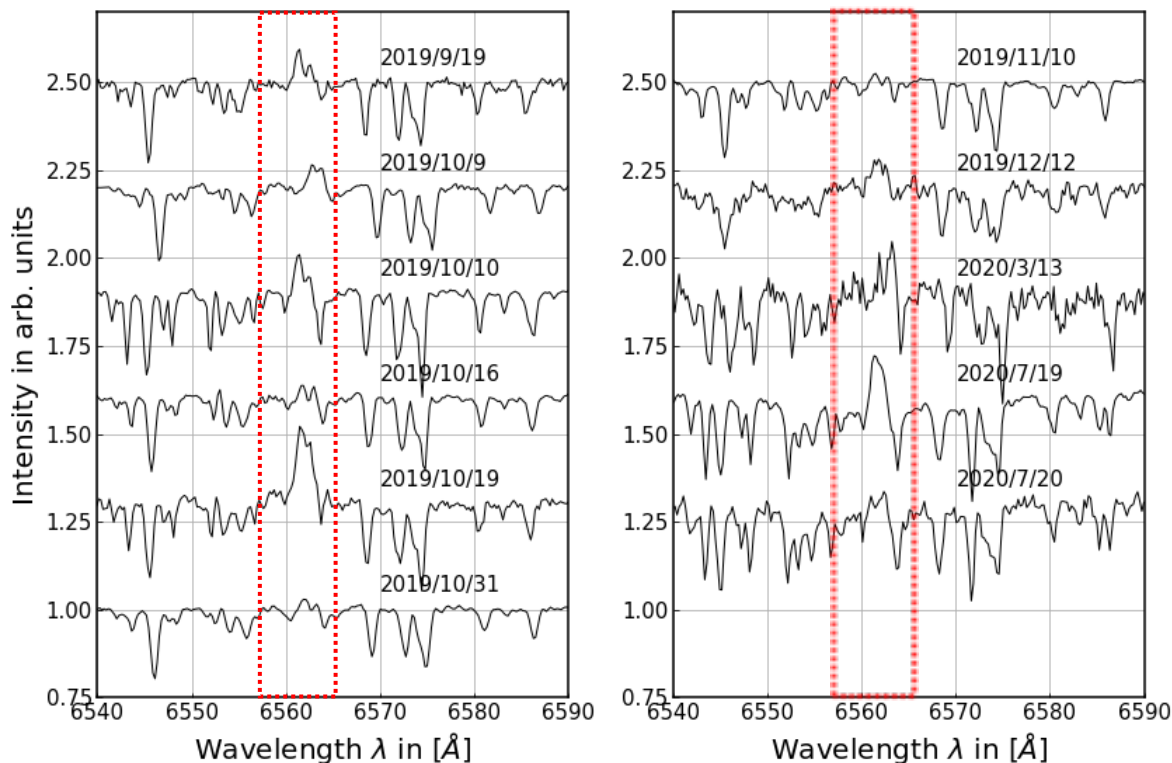


11夜で285枚のデータを取得した。



# 解析①

画像解析ソフトウェアIRAFを用いて一次処理を行った。



□ 同一天体のスペクトルによる差分スペクトルの作成  
⇒ ノイズが多く困難

□ 参照星を用いた差分スペクトルの作成  
⇒ 可能

観測日によりH $\alpha$ 線の強度は大きく変化していた。  
強度の弱いデータについては等価幅の測定が困難であった為、**差分スペクトル**の作成を行った。

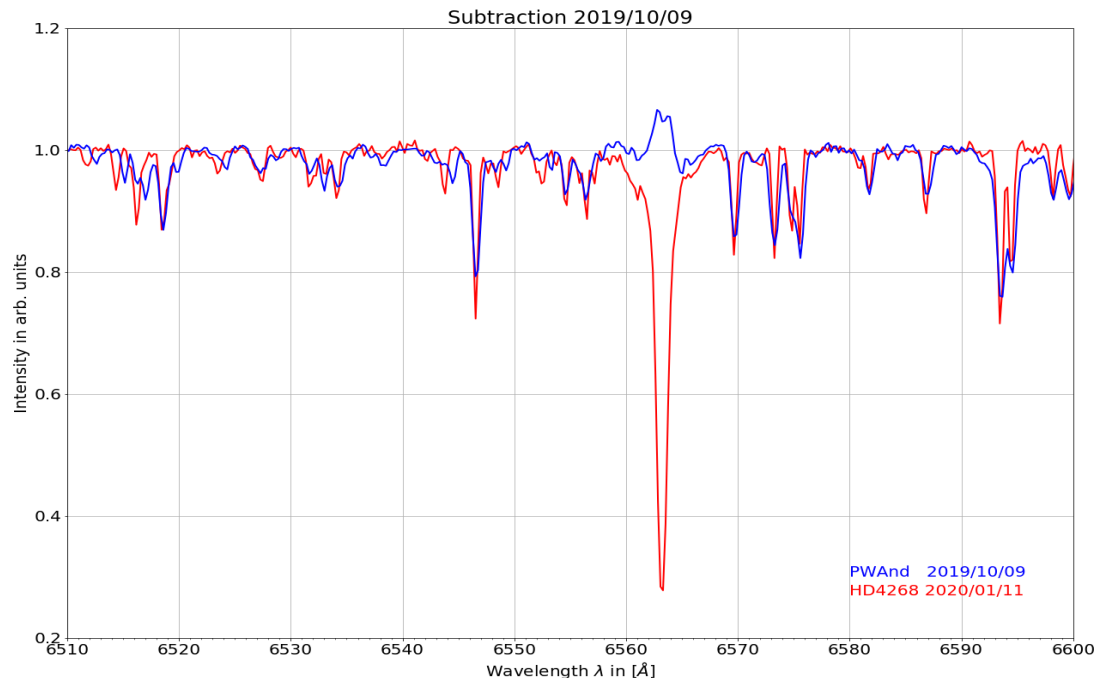
# 解析② 差分スペクトルの作成

## 地球運動の補正

-観測時の地球の自転運動や公転運動により波長方向に偏移が生じる。  
→見かけの視線速度を太陽中心の視線速度に補正した。

## 波長方向の補正

-天体固有の運動の異なる天体は勿論、同一の天体においても波長方向にズレが生じる。  
→pythonやsplotのogコマンドを用いて波長方向の比較、補正を行った

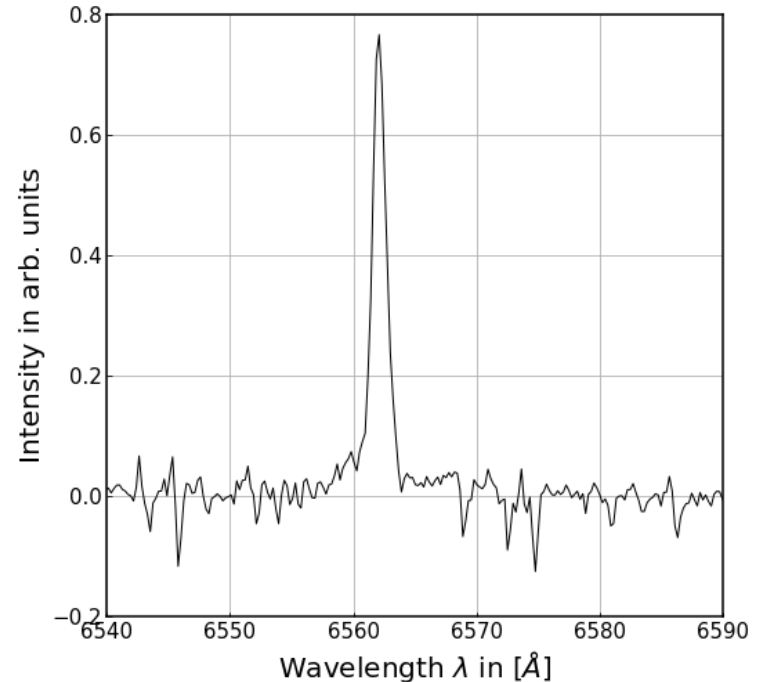
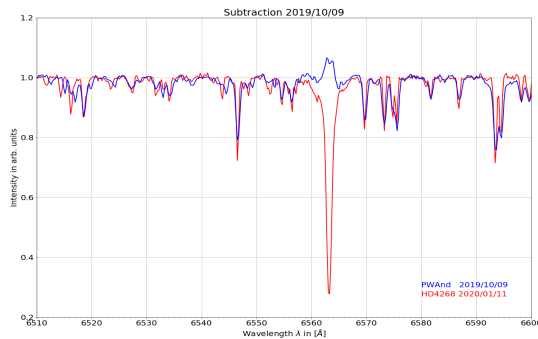


吸収線の位置を合わせた

# 解析③ 差分スペクトルの作成

## スペクトルの引き算

-波長方向の調整後それぞれのスペクトルを差し引いた。



## ○差分スペクトルまとめ

輝線となっていない観測データにであってもHa線の周囲の吸収線はほとんど変化がない為それらを目印として差分スペクトルの作成を行い、作成した差分スペクトルの面積を測定した。

# 結果①

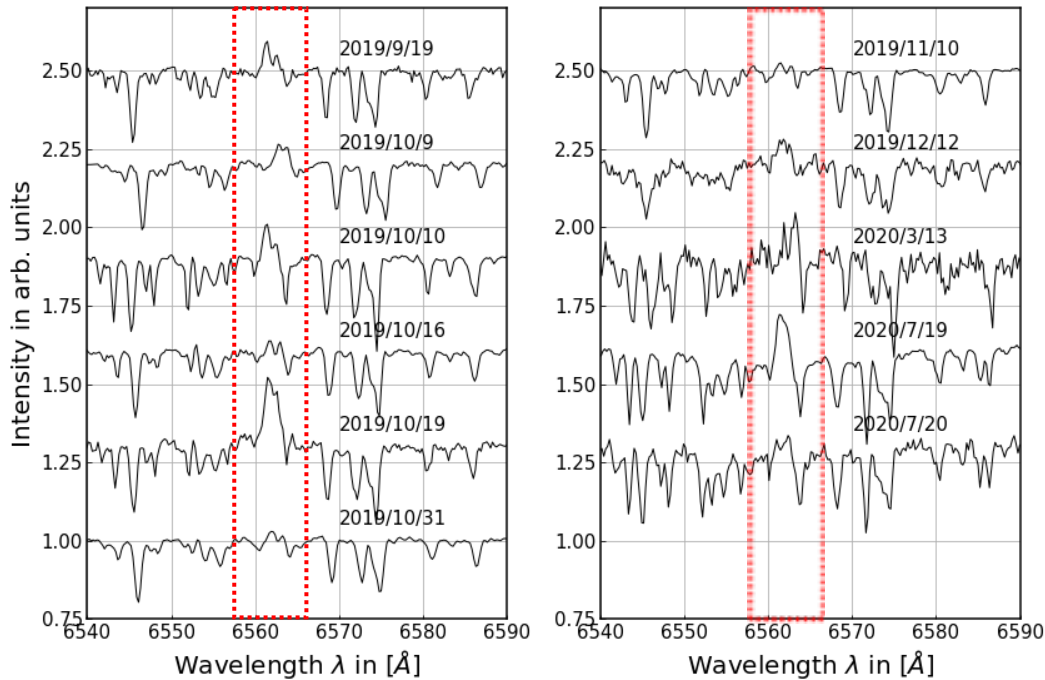


図 5： 規格化後の観測各日のスペクトル

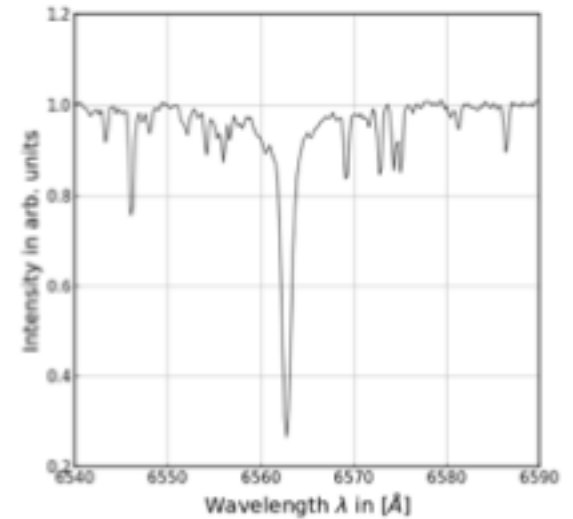


図 6： HD4628のスペクトル

HD4628のスペクトルからPWAndにおいても活動性を示さないとき同程度の吸収を示すと考えられる。  
輝線強度が連続光と同程度の日についても活動性があると考えられる。  
自転速度（視線速度）の速いPWAndに対しHD4628のほうが輝線幅は狭くなっている。

## 結果② 等価幅の導出と周期性

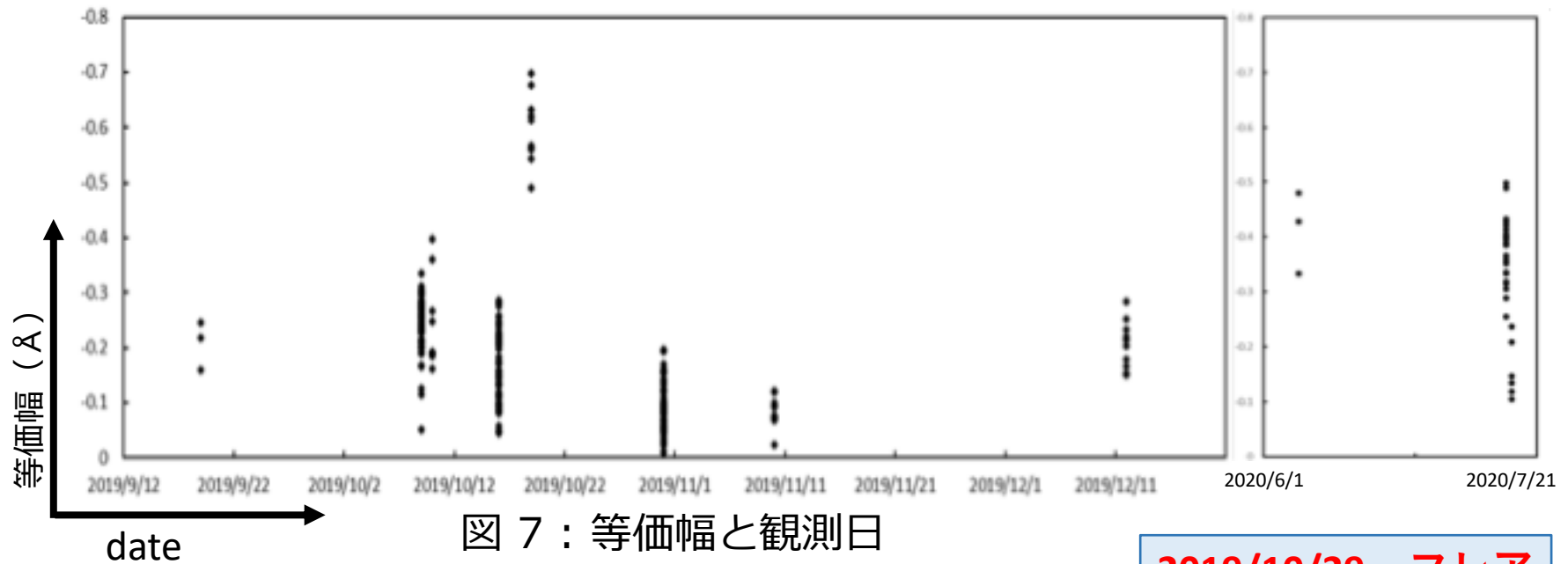


図 7 : 等価幅と観測日

2019/10/29 フレア

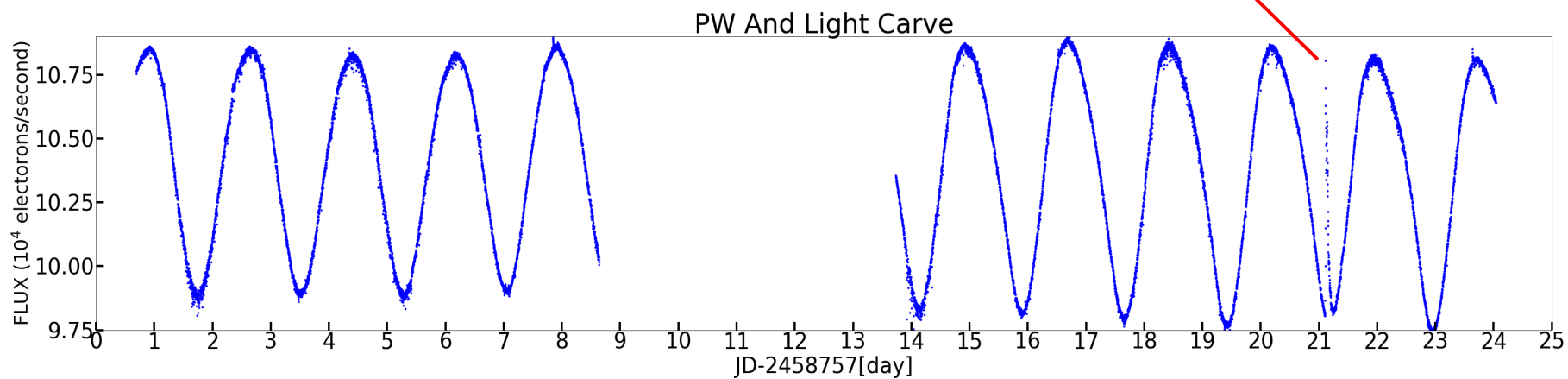


図 8 : TESSによる測光データ

# 結果③ 自転周期での折り返し

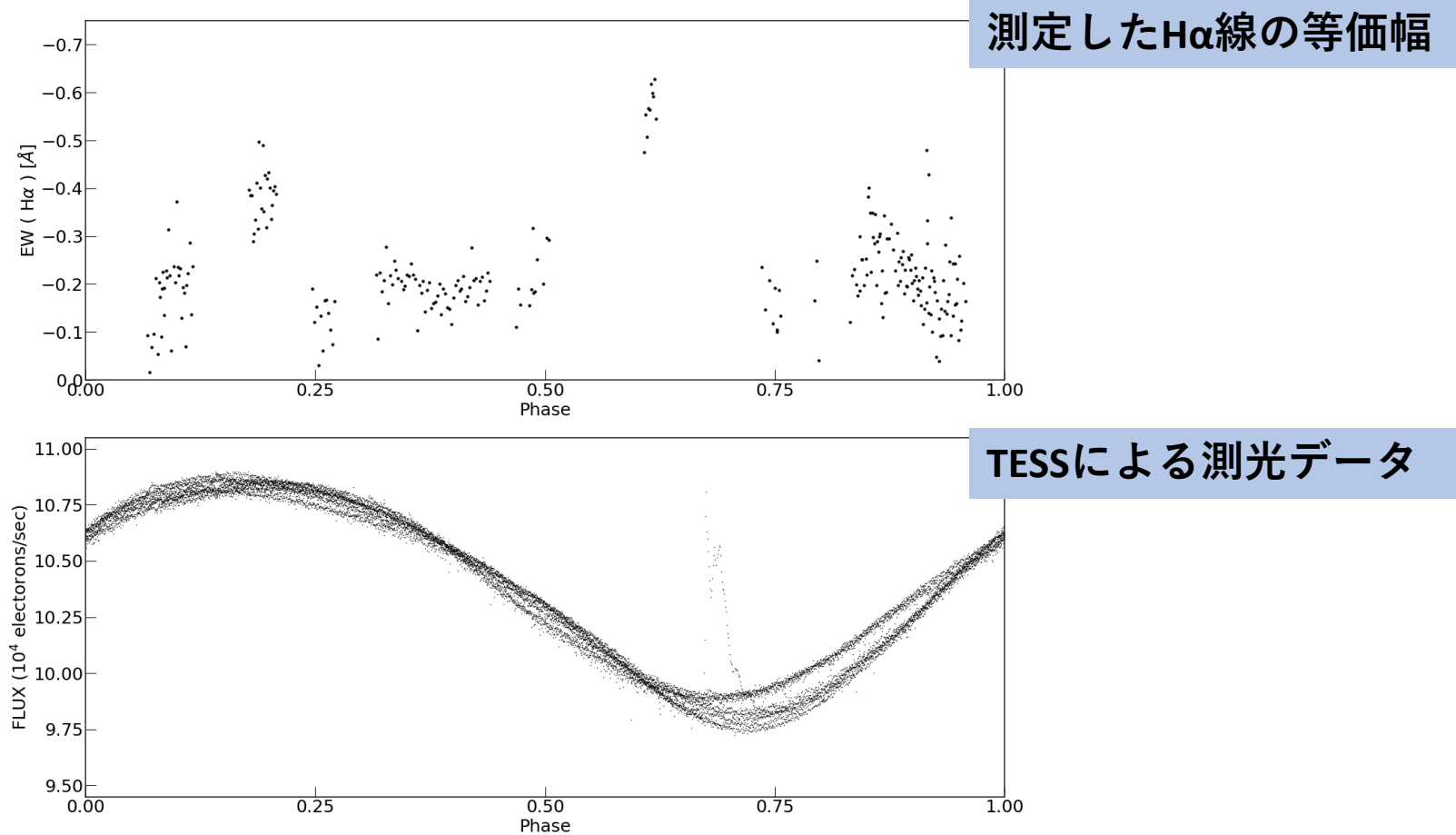
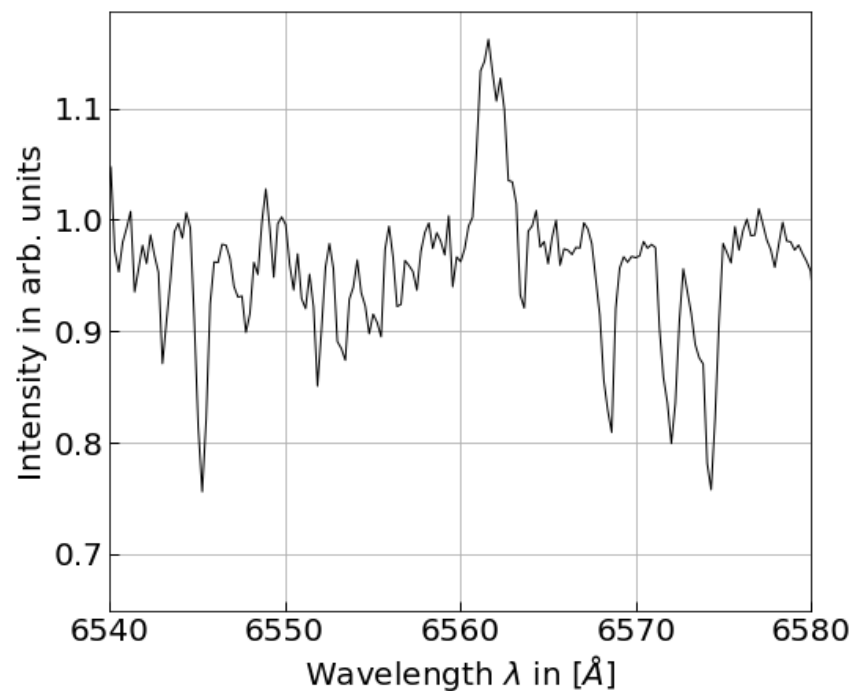
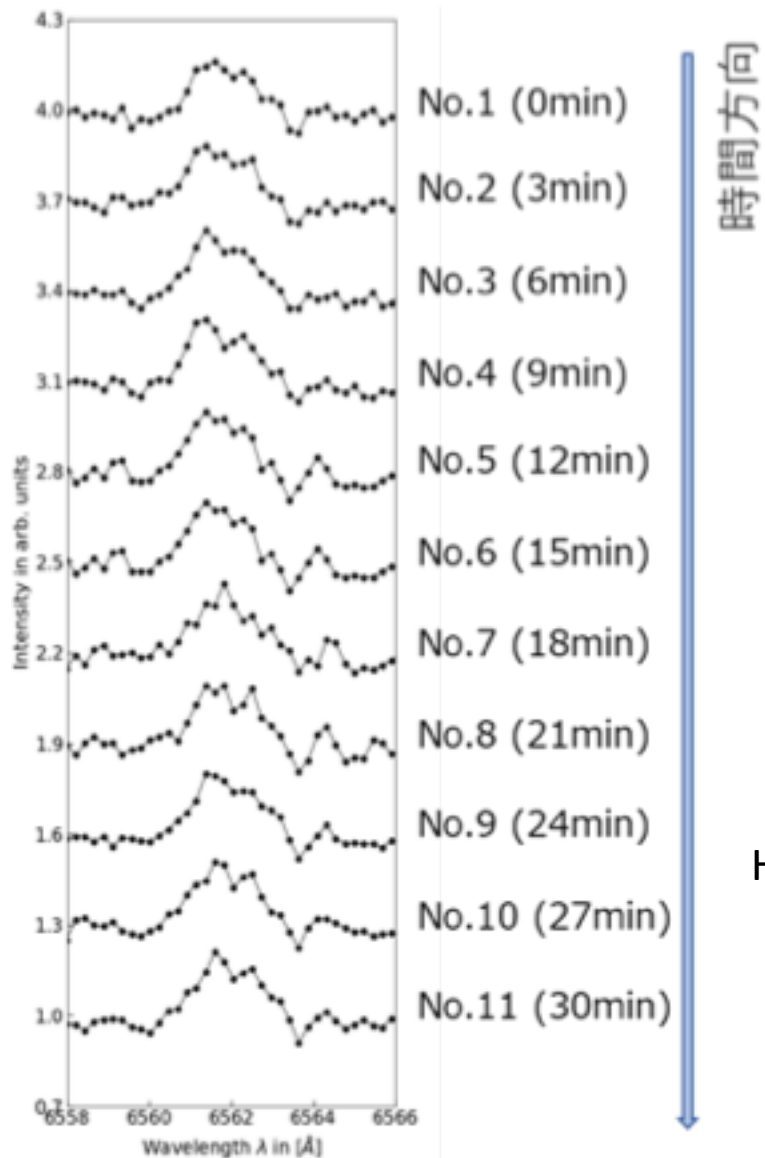


図9： 自転周期に対する等価幅と光度曲線

相関性があるかはさらに観測が必要  
一次的なフレアか、活動領域の見え隠れによる変動か  
⇒継続時間の長い観測が必要

# 結果④ 2019/10/19



H $\alpha$ 線の等価幅が最大であった日のスペクトル変化

図 10: 2019/10/19のスペクトル



# まとめ・今後の展望

- ✓ 本研究では星の活動性についての原因を探るべくH $\alpha$ 輝線を中心とした分光モニター観測を行った。
- ✓ 太陽型星をターゲットとしてその自転・黒点・活動領域の関係を調べた。
- ✓ 自転周期と活動領域の相関性についてはまだ結論がだせない
  - ⇒観測の少ないPhaseで追加の観測
  - ⇒測光観測との同時観測の実施

ご清聴ありがとうございました