

FU Ori型星 V960 Mon の分光モニター観測

高木 悠平 (国立天文台)

共同研究者

新井彰¹、本田敏志²、高橋隼²、森鼻久美子²、
伊藤洋一²、大朝由美子³

1:京都産業大学

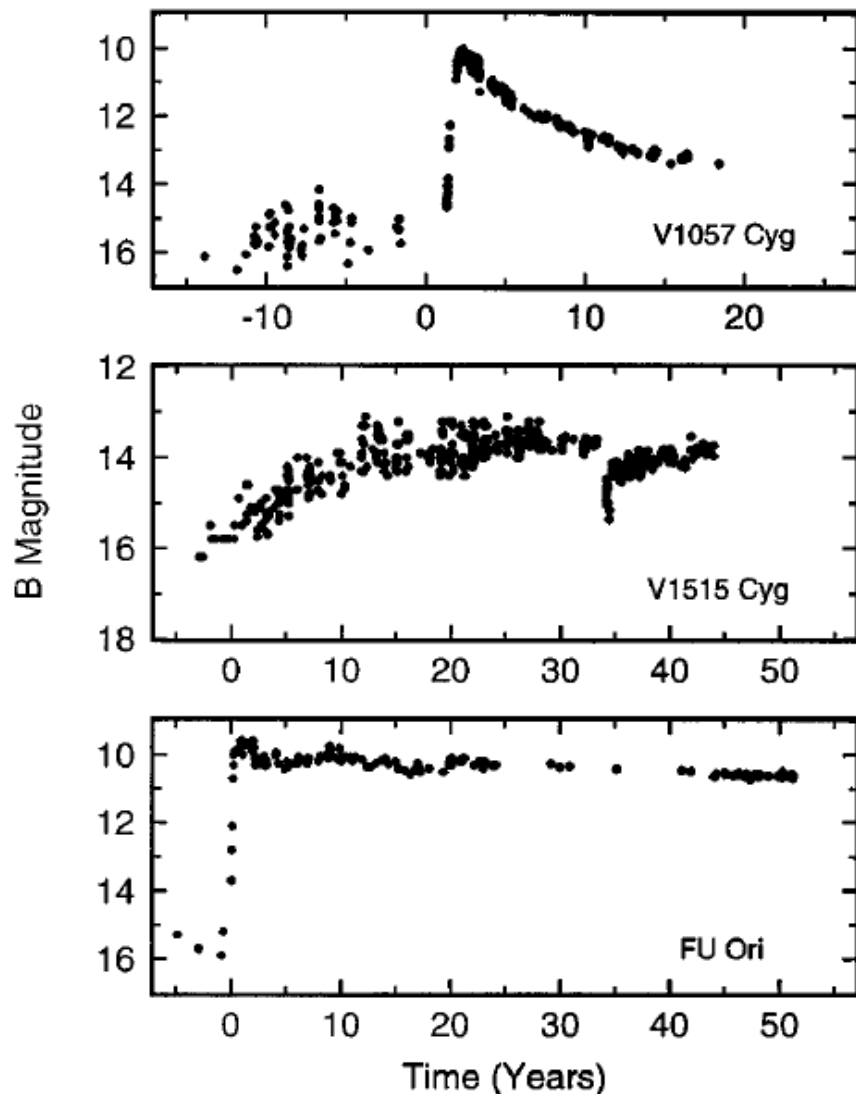
2:兵庫県立大学西はりま天文台 3:埼玉大学

FU Ori型星とは

- 原始星(10^5 年)～前主系列星(10^6 年)の星で生じる増光現象
- 5等程度増光した後、10-100年程度増光期間が続く
- FU Ori型として確認された天体は約10天体程度(Audard+ 2014)
 - ※FU Ori-likeを含めると~30天体

FU Ori型天体の増光メカニズム

- 原始惑星系円盤に蓄積した物質が一気に中心星に降着
- 質量降着率の変化： $10^{-7}M_{\text{sun}}/\text{yr}$ → $10^{-4}M_{\text{sun}}/\text{yr}$



Hartmann+ 1996

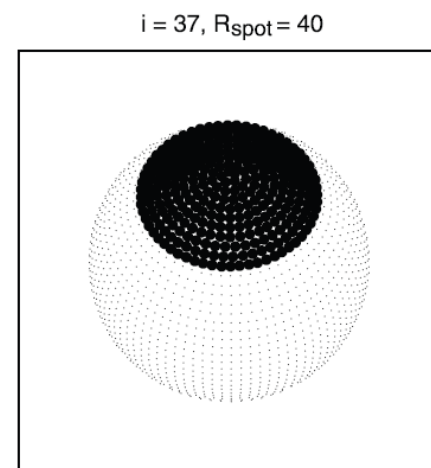
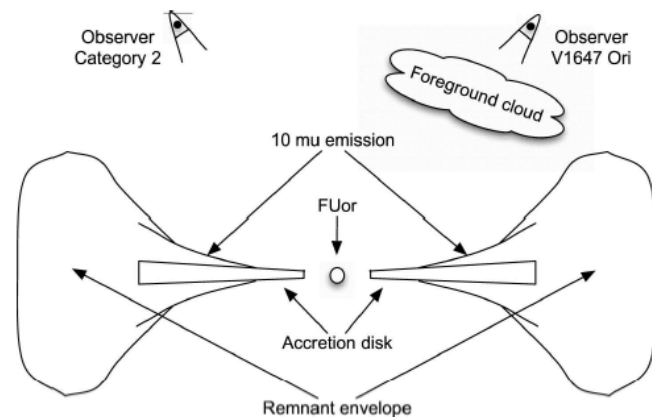
FU Ori型星とは

FU Ori型天体の分光的特徴

- 可視：高速自転するG型超巨星 赤外：高速自転するM型超巨星
- 吸収線がダブルピーク

分光的特徴から得られる”光源”の予測

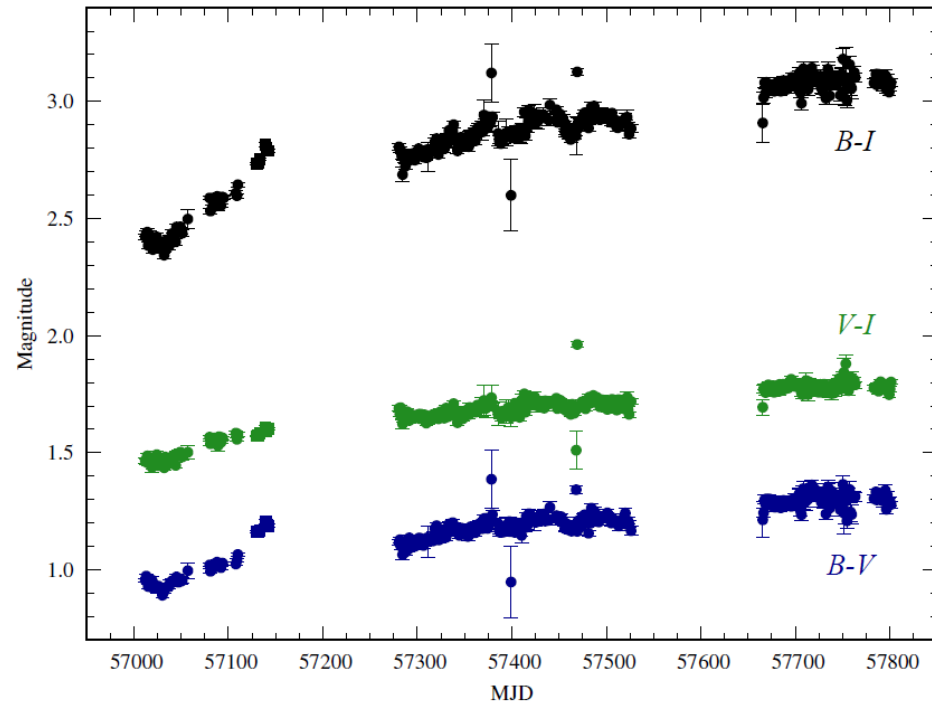
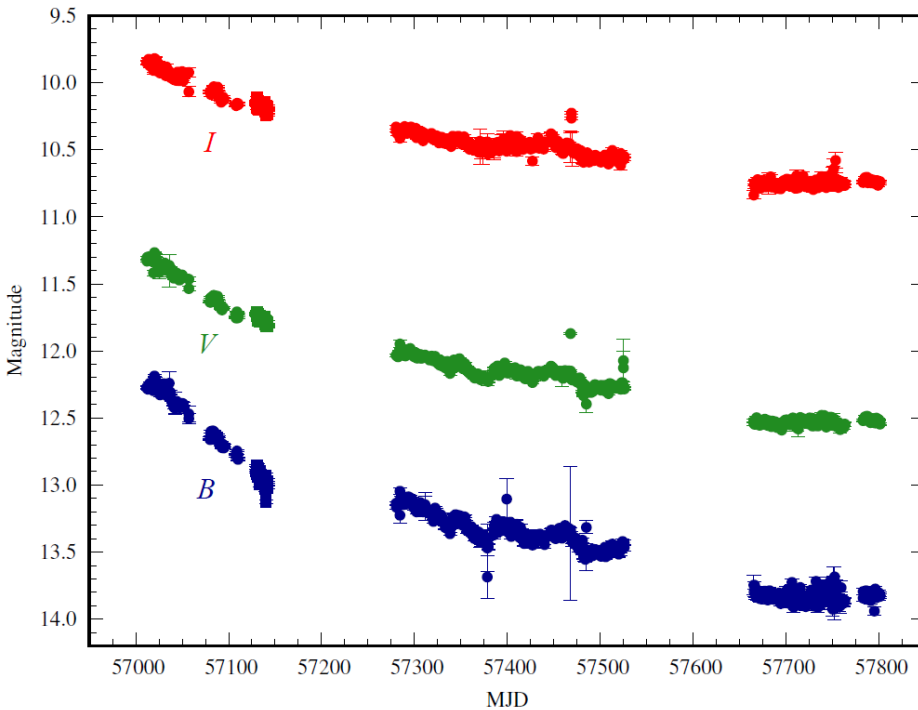
- 円盤光源説 (e.g., Hartmann+ 1996)
 - 温度勾配を持った円盤を仮定したモデルで観測スペクトルがよく説明できる
- 光球 + cool spot (e.g., Herbig 2003, Petrov+ 2008)
 - poleにある大きなspotで吸収プロファイルを再現
 - FU Oriで、円盤光源モデルで現れるべき吸収線の波長と線幅の相関（長波長→線幅狭い）がない



V960 Mon

2014年11月に増光(Maehara+ 2014) 最大で $I_c=9.9\text{mag}$ 、2-3等ほど増光

AAVSOのデータ



- FU Ori型の増光は一般的に～数十年と非常に長い一方、V960 Monは比較的早く減光 → FU Oriの増光円盤の進化を追うのに適している
- カラーが徐々に赤くなる → 光源の有効温度が徐々に減少 (V1057 Cygとよく似ている)

V960 Mon

2MASS J0659+0405 (V960 Mon)
2014年11月に増光(Maehara+ 2014)
最大で $I_c=9.9$ mag、2-3等ほど増光

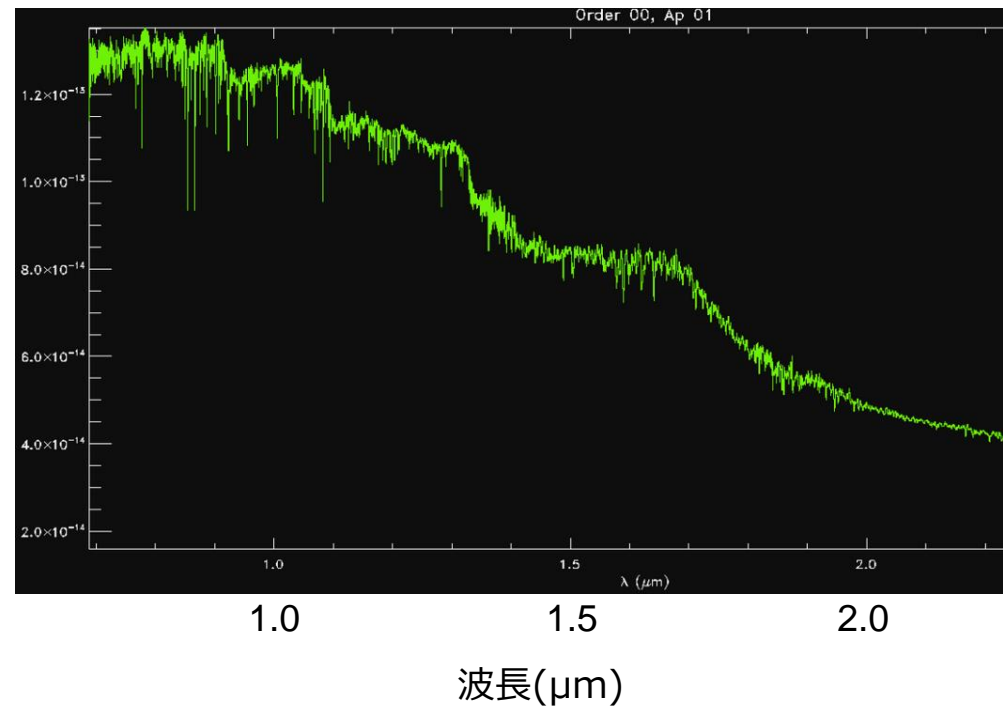
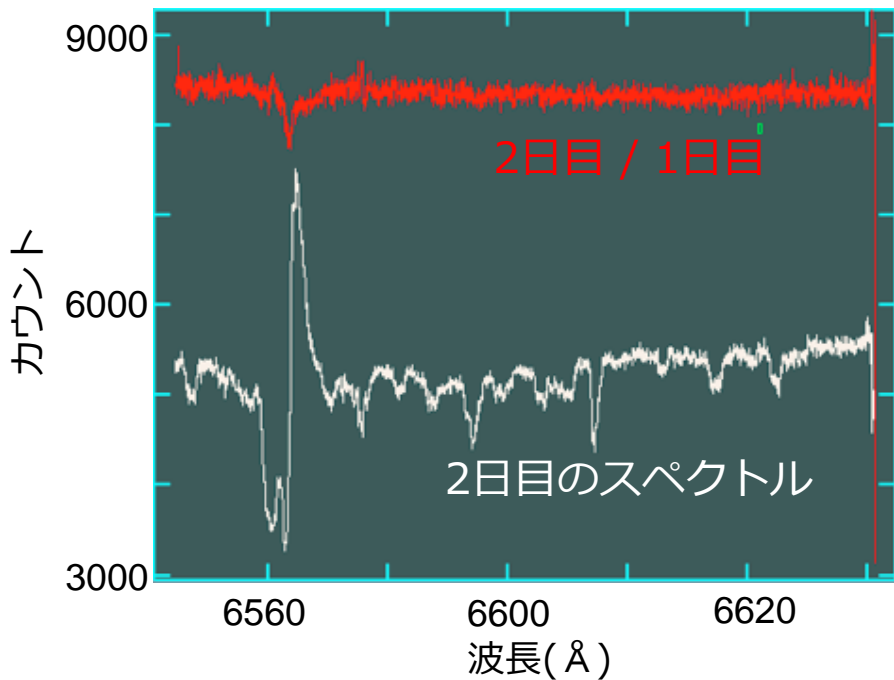
分光観測報告

可視高分散スペクトル

Hillenbrand+ 15(Keck/HIRES)

近赤外線スペクトル

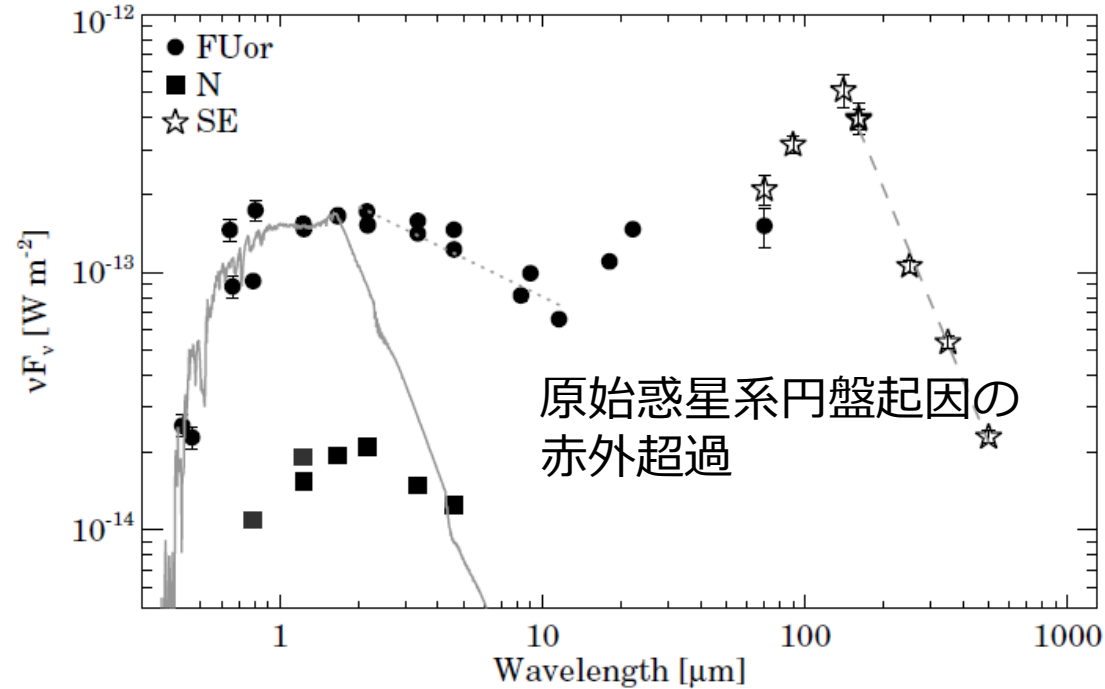
IRTF/SpeX



V960 Mon

V960 Monの増光前の状態

- ・アーカイブデータを整理 (Kospal+ 2015)
- 典型的なTタウリ型星
- 450pc (不定性大)
- $T_{\text{eff}} = 4000\text{K}$
- $0.75 M_{\odot}$
- $6 \times 10^5 \text{ yr}$



本研究の目的

FU Ori型星の分光モニター観測を行いスペクトルの変動を捉え、増光メカニズムなどに制限をつける

V960 Monの分光モニター観測

- 望遠鏡 / 装置

兵庫県立大学西はりま天文台なゆた望遠鏡 / 可視中低分散分光器MALLS

- 観測日時

2015年1月27日～2017年1月31日のうち53夜

- 観測波長

6300～6750 Å

- 波長分解能

R~10000

- S/N

15～100 (平均40-50程度)

比較星として β Aqrを観測

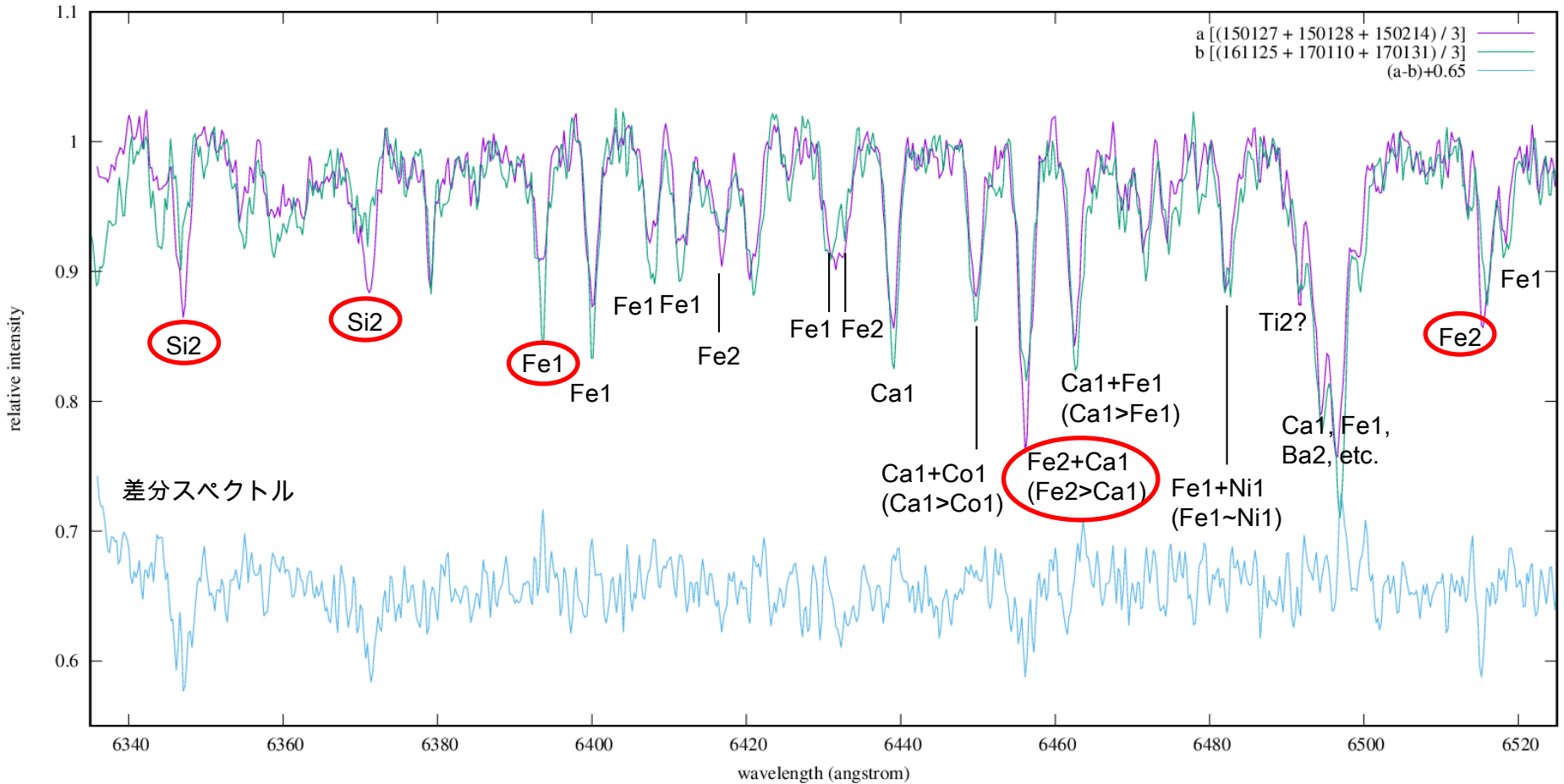
→スムージングしたスペクトルがV960 Monとよく一致

(典型的FU Ori型の特徴)



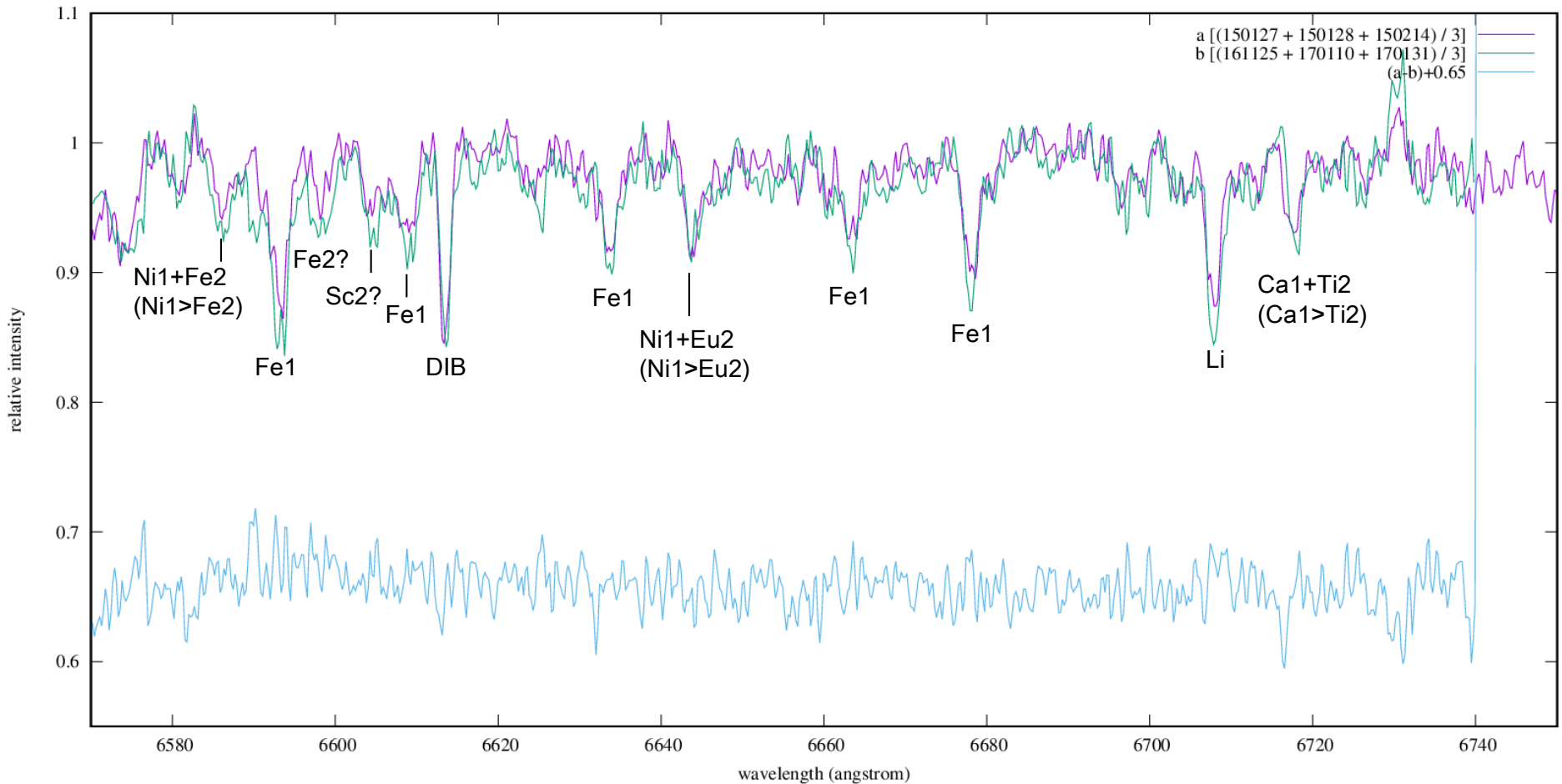
V960 Monスペクトル

観測初期3日分のスペクトルと最近3日分の比較と差分スペクトル



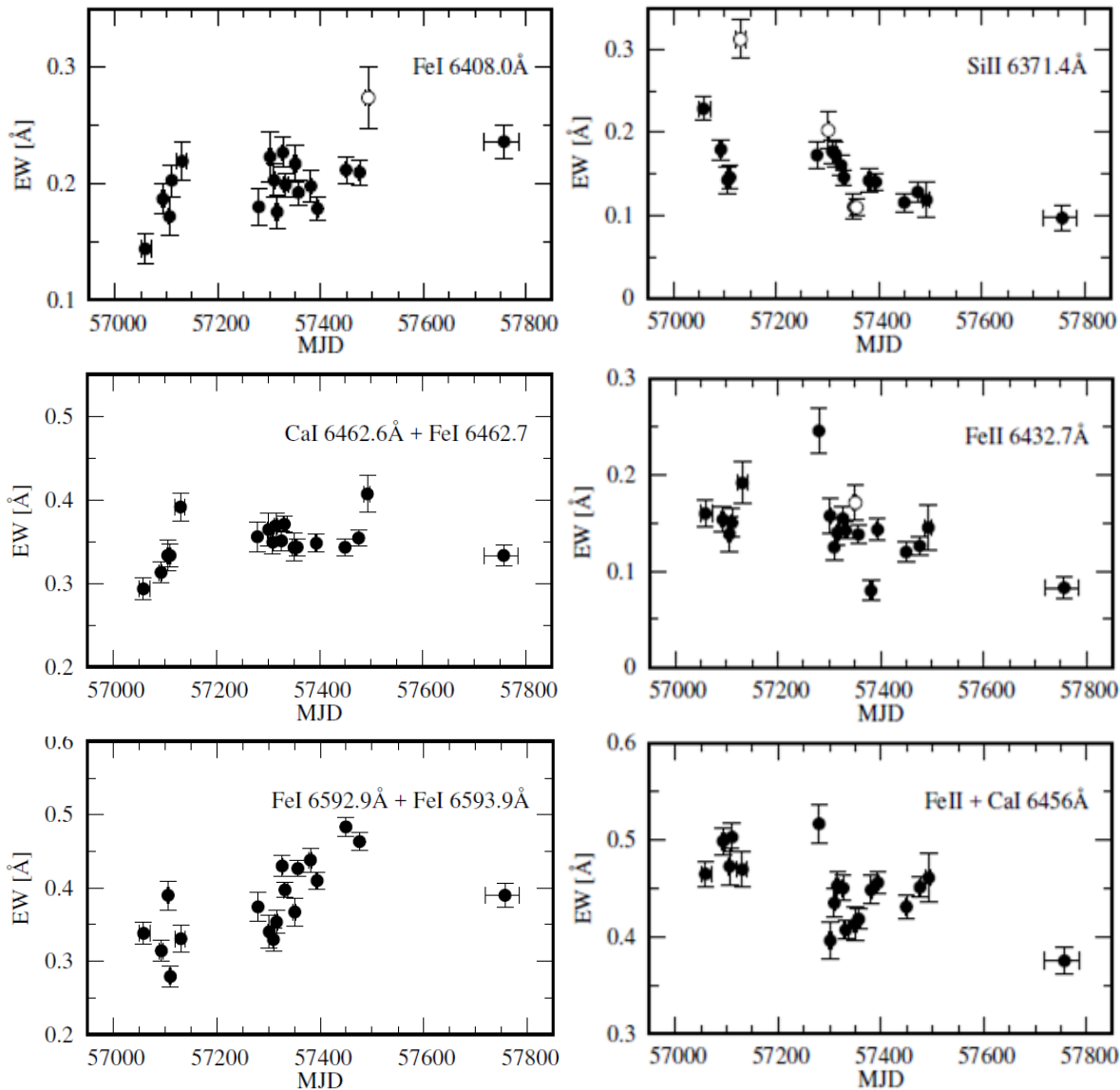
- ○で囲った吸収線強度が顕著に変化
- 全体の傾向として、FeI, CaI等は強くなり、FeII, SiII等は弱くなる

観測初期3日分のスペクトルと最近3日分の比較と差分スペクトル (全波長レンジ) (続き)



- ○で囲った吸収線強度が顕著に変化
- 全体の傾向として、FeI, CaI等は強くなり、FeII, SiIIは弱くなる
- 6716 Å、6731 Åの[SII]、H α の強度が強くなる

吸収線等価幅の変動



吸収線の等価幅変動パターンは線によって異なるが、大局的な傾向としては

- FeI等のEWは増加
- FeII等のEWは減少

吸収線等価幅の変動

スペクトル変動の解釈

大気モデル(SPTOOL)から作成したスペクトルの等価幅(EW)と比較し T_{eff} と $\log g$ の変化を推測した。

※G0型超巨星のスペクトルを起点とした変化から議論。

- FeI, CaI等のEW増大
 - 有効温度減少 → 中性金属線のEWは増加
 - カラー変動とも一致(おおよそ1000K低下)
 - (円盤光源説なら) 円盤内縁部からの放射成分が徐々に減っている
- FeII, SiIIIのEW減少
 - $\log g$ 増加 → 一回電離線のEW減少
 - EWの減少量は g が1桁程度変化することに相当し、光球を仮定した場合は光球の半径が1/3程度になる → 光球光源説を否定?
 - 最近の観測時の等級はアウトバースト前より1等明るい程度であり、観測スペクトルが円盤からの放射と中心星からの放射の足し合わせであると考えれば矛盾はない。
 - ※Tタウリ型星の光球の $\log g \doteq 3.5$

H α 輝線強度の変動

暗くなるとともに輝線強度が増加する

観測スペクトルを、

光球スペクトル+円盤スペクトル
と仮定。

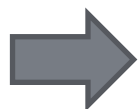
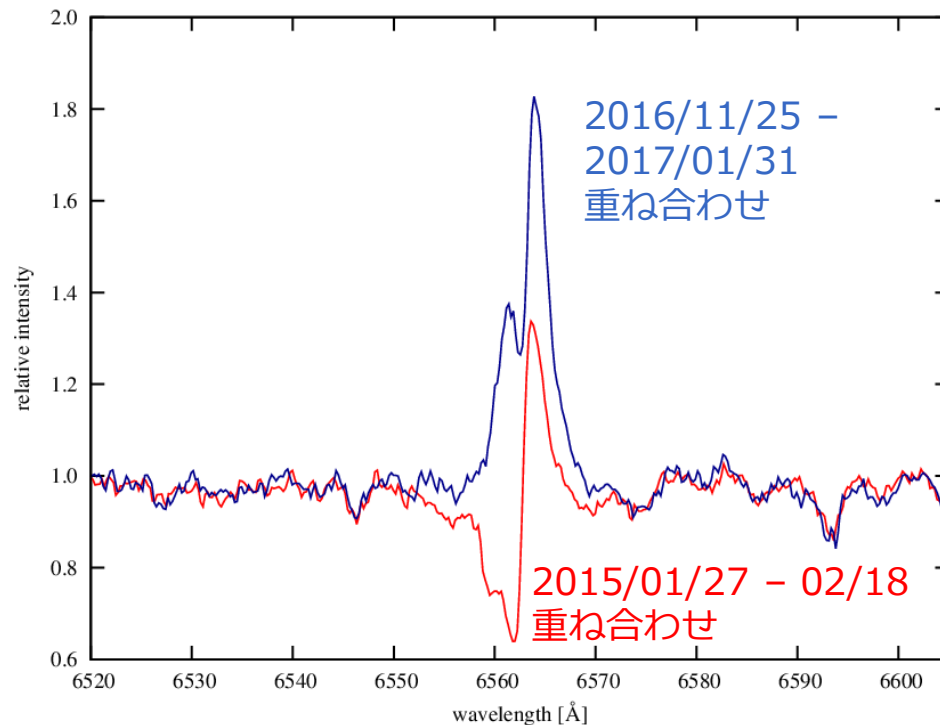
さらに円盤スペクトルはG0超巨星スペクトルと考え、 β Aqrのスペクトルを増光割合を基に観測スペクトルから差し引く

2015/01/27 - 02/18

静穏期より約2等明るい

2016/11/25 - 2017/01/31

静穏期より約1等明るい



いずれもEW(H α) \sim 10 Å で古典的Tタウリ型星が持つEWと同等
Kospar+ 2015が示したoutburst前の描像とconsistent

まとめと今後

2014年11月ごろに増光したFU Ori型星 V960 Monを対象とした約2年に渡る中分散分光モニター観測を行った。

H α を中心とした約500 Åの波長域の観測から、約2年の観測期間の間にFeIなどの中性線強度は強くなり、FeIIなどの一回電離線の強度が弱くなったことが確認された。

V960 Monの測光観測結果を加味すると、self-luminous円盤の内縁部からの放射が減少することで吸収線強度が変化したと考えられる。

吸収線プロファイルも変動している様子が見られることから、FU Ori型星のメカニズムをより制限することを検討する。