

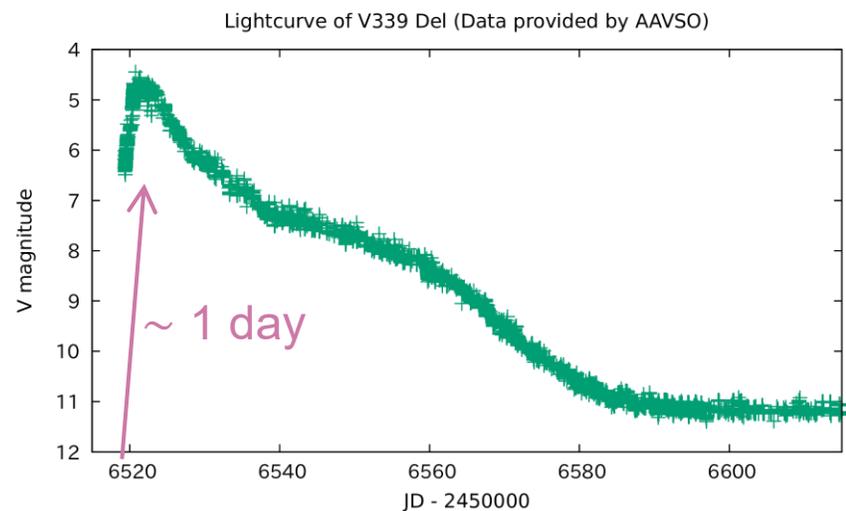
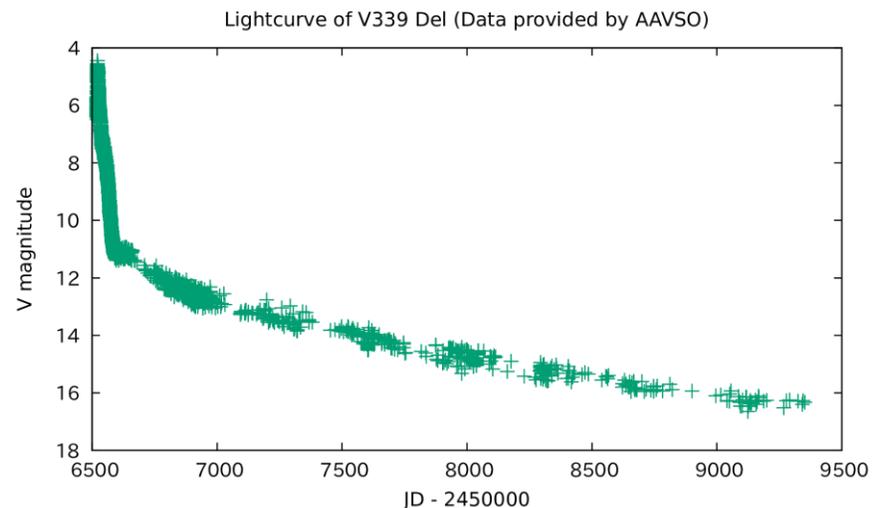
せいめい望遠鏡を用いた古典新星を 狙った ToO 観測

2021-08-12 (せいめい UM)

京都大学 D2 田口健太

(Classical) Novae: (古典) 新星、新星爆発

- Nova とはラテン語で “a new star”.
 - 突然 (~ 1 d で) 「新しい」星が出現する風に見える
- 実は、元々ある星の増光現象
 - 典型的には V で ~ 10 mag とか増光
 - 小さいものでは ~ 7 mag, 大きいものでは ~ 19 mag
 - その後、weeks – years くらいで徐々に暗くなる
- 極大時の V の絶対等級 -6 から -10 くらい
 - 銀河系内 (と M31 くらい) のものが観測可能
 - 超新星よりも ~ 10 mag くらい暗い
 - 矮新星よりも ~ 10 mag くらい明るい



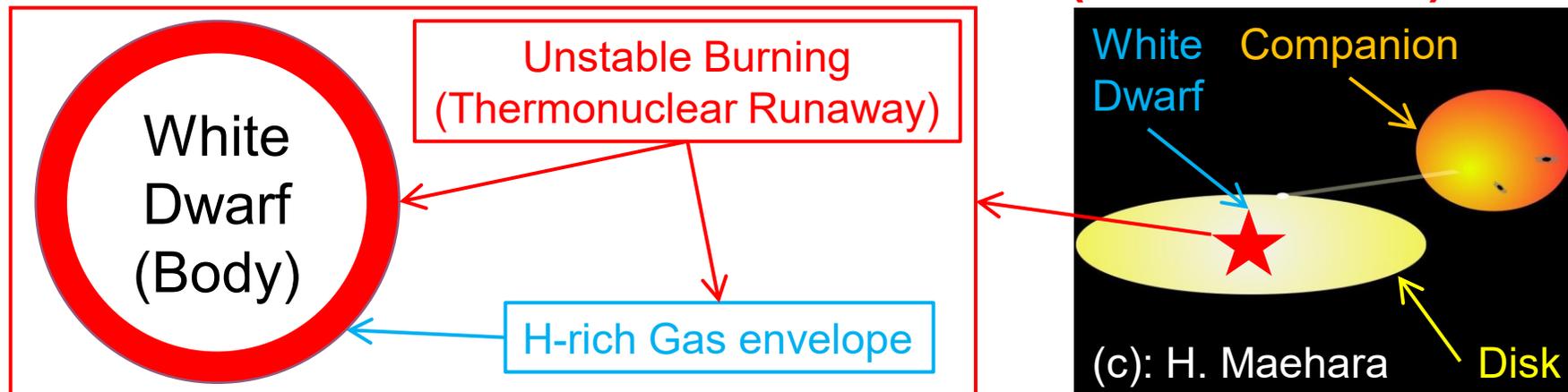
Mechanism of Novae (Thermonuclear Runaway, 熱核暴走反応)

- 白色矮星 と 晩期型星 (伴星) の連星系 (激変星 (novalikes, 矮新星, polars, etc) or 共変星)
 - 水素が豊富なガスが白色矮星表面に降着 → 縮退した H-rich envelope 生成
 - ガスが溜まれば溜まるほど、envelope の温度・密度は高くなる
 - ある臨界質量まで溜まったら、水素の核燃焼に火がつく
 - 縮退などの効果で、envelope は熱的に不安定となる
- (e.g. Giannone & Weigert 1967, Starrfield et al. 1972, 2016, Fujimoto 1982a, 1982b, Yaron et al. 2005, José 2014)
- 1度核燃焼に火がついたら、暴走的に燃焼が進み (熱核暴走反応) 新星爆発となる!!



Mechanism of Novae (Thermonuclear Runaway, 熱核暴走反応)

- 白色矮星 と 晩期型星 (伴星) の連星系 (激変星 (novalikes, 矮新星, polars, etc) or 共変星)
 - 水素が豊富なガスが白色矮星表面に降着 → 縮退した H-rich envelope 生成
 - ガスが溜まれば溜まるほど、envelope の温度・密度は高くなる
 - ある臨界質量まで溜まったら、水素の核燃焼に火がつく
 - 縮退などの効果で、envelope は熱的に不安定となる
- (e.g. Giannone & Weigert [1967](#), Starrfield et al. [1972](#), [2016](#), Fujimoto [1982a](#), [1982b](#), Yaron et al. [2005](#), José [2014](#))
- **1度核燃焼に火がついたら、暴走的に燃焼が進み (熱核暴走反応) 新星爆発**となる!!



Recurrent Novae (反復新星)

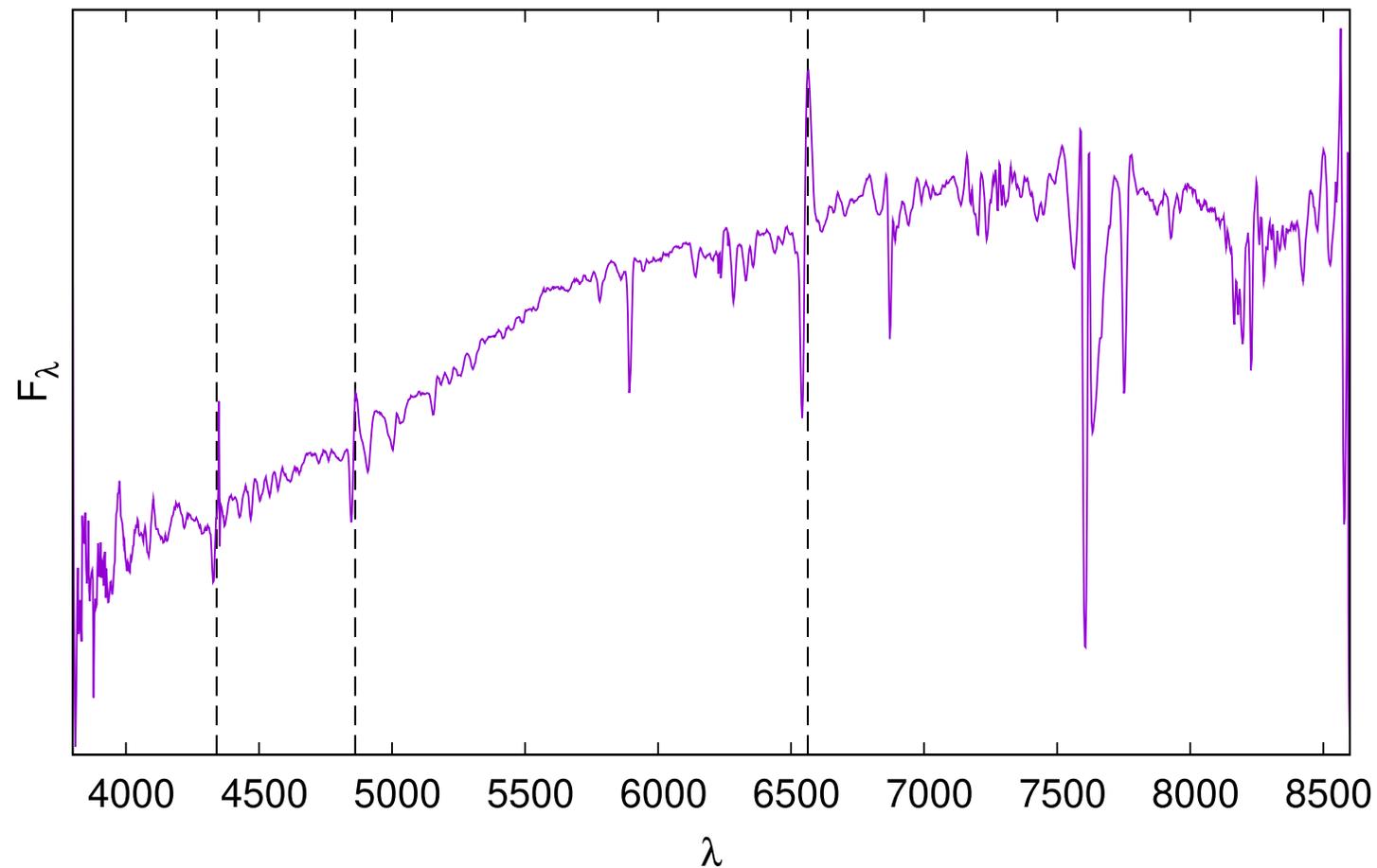
- 新星爆発後、再び伴星からガスが降着する
 - 再び十分なガスが溜まれば、将来再び新星爆発に至る！
- ほとんどの新星は 10^4 - 10^5 年に 1 回新星爆発するとされている
 - しかし、白色矮星が重い場合、白色矮星への降着率が高い場合は、短くなる
- **Recurrent Novae (反復新星): 史上複数回の新星爆発が記録されている**
 - V3890 Sgr: 1962, 1990, 2019 (e.g. Seimei 2019B: Maehara & Isogai, ATel #[13062](#))
 - M31N 2008-12a: almost one nova per a year.
- 今後数年以内に爆発を起こしそうな新星 (2021年7月末現在)
 - U Sco: 1863, ..., 1999, 2010, (2021?)
 - T CrB: 1866, 1946, (2020s?)
 - RS Oph: 1898, 1907, ..., 1985, 2006, (2020s?)

Recurrent Novae (反復新星)

- 新星爆発後、再び伴星からガスが降着する
 - 再び十分なガスが溜まれば、将来再び新星爆発に至る！
- ほとんどの新星は 10^4 - 10^5 年に 1 回新星爆発するとされている
 - しかし、白色矮星が重い場合、白色矮星への降着率が高い場合は、短くなる
- **Recurrent Novae (反復新星): 史上複数回の新星爆発が記録されている**
 - V3890 Sgr: 1962, 1990, 2019 (e.g. Seimei 2019B: Maehara & Isogai, ATel #[13062](#))
 - M31N 2008-12a: almost one nova per a year.
- 今後数年以内に爆発を起こしそうな新星
 - U Sco: 1863, ..., 1999, 2010, (2021?)
 - T CrB: 1866, 1946, (2020s?)
 - RS Oph: 1898, 1907, ..., 1985, 2006, **2021-08-08 (UT) 爆発しました (後述)**

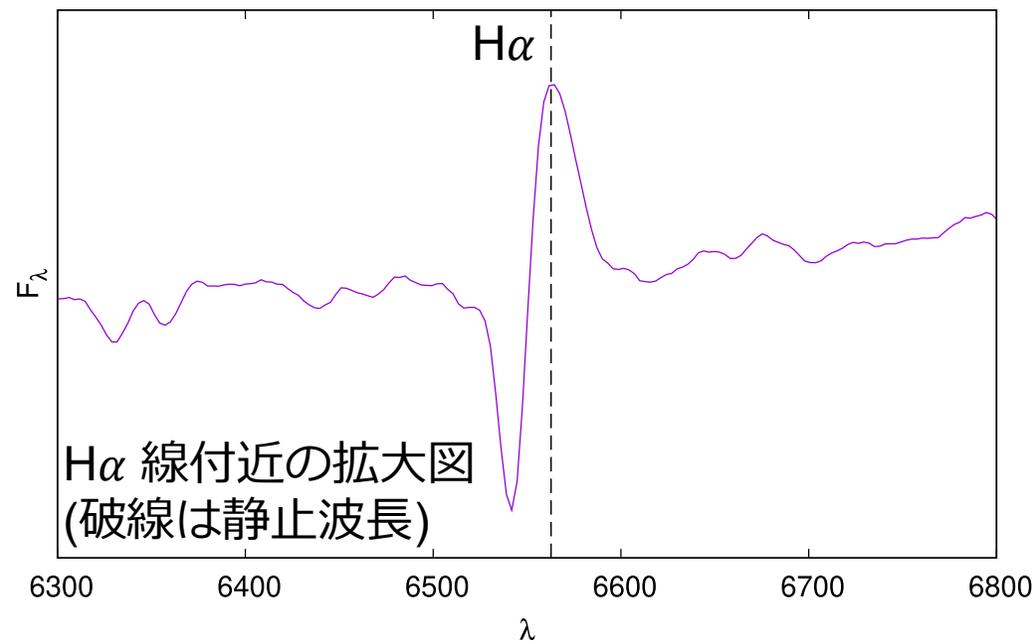
発見 1 日後の V659 Sct (共同利用 19B-N-CT03 で分光した天体)

V659 Sct (2019/10/30)

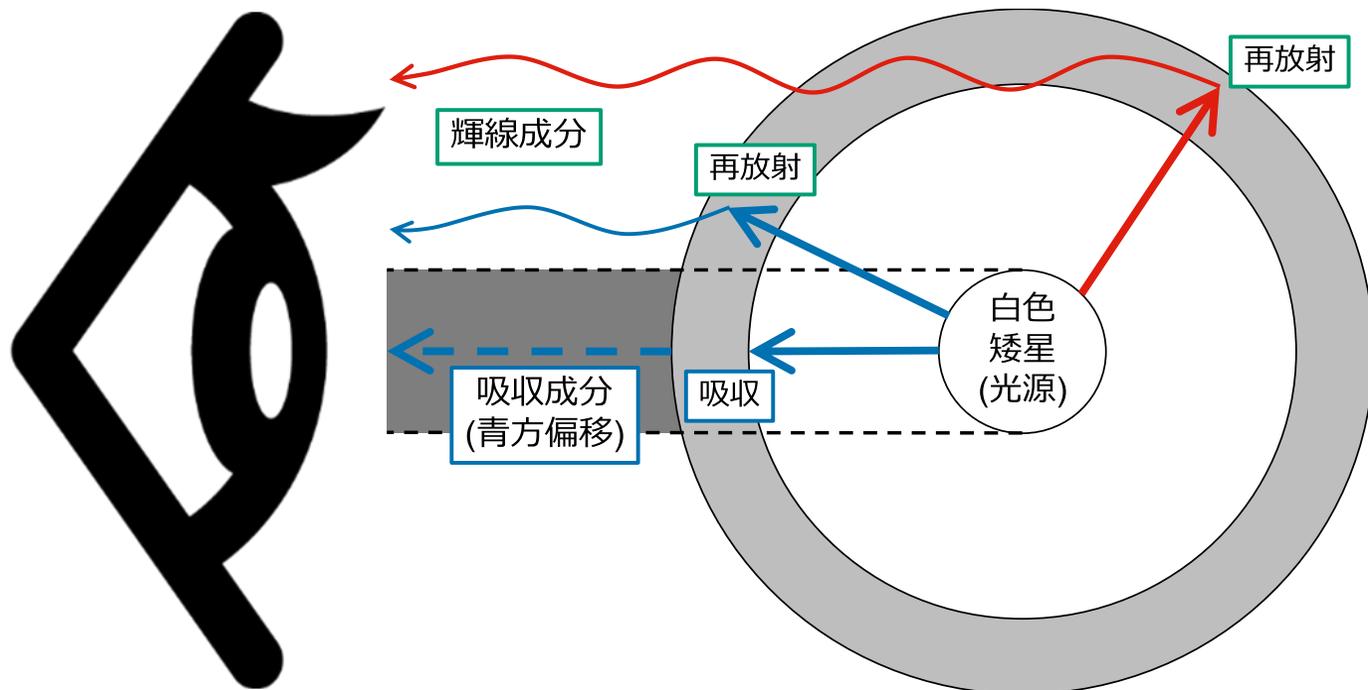


- 多くの新星の極大付近のスペクトルでは、**P Cygni 型の line profile** が見られる
 - 青方偏移した吸収線
 - ほぼ静止波長の輝線

V659 Sct (2019/10/30), nearby H α



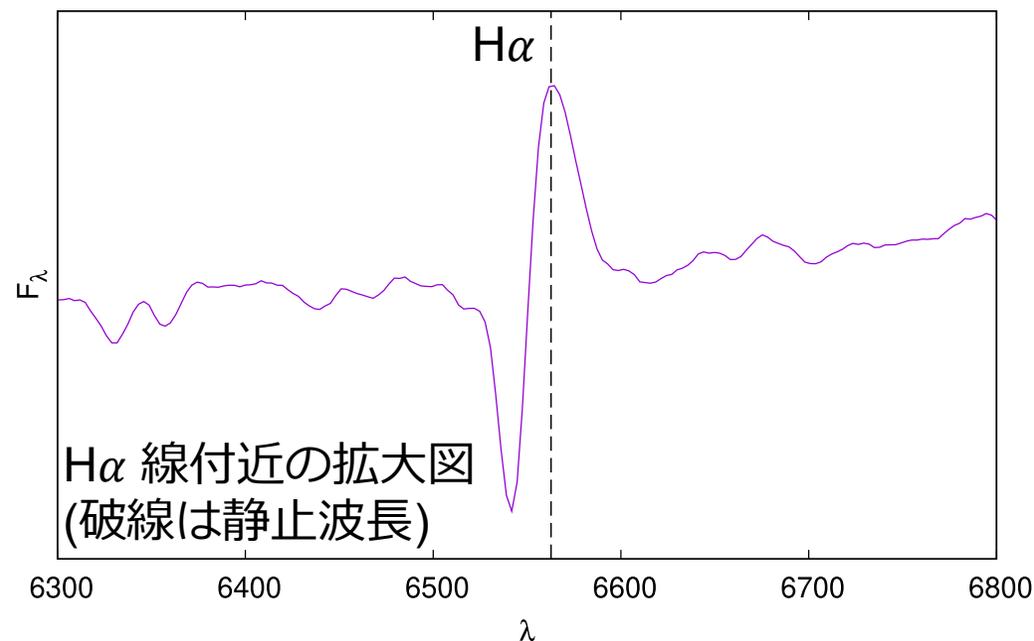
発見 1 日後の V659 Sct (共同利用 19B-N-CT03 で分光した天体)



- 多くの新星の極大付近のスペクトルでは、**P Cygni 型の line profile** が見られる
 - 青方偏移した吸収線
 - ほぼ静止波長の輝線

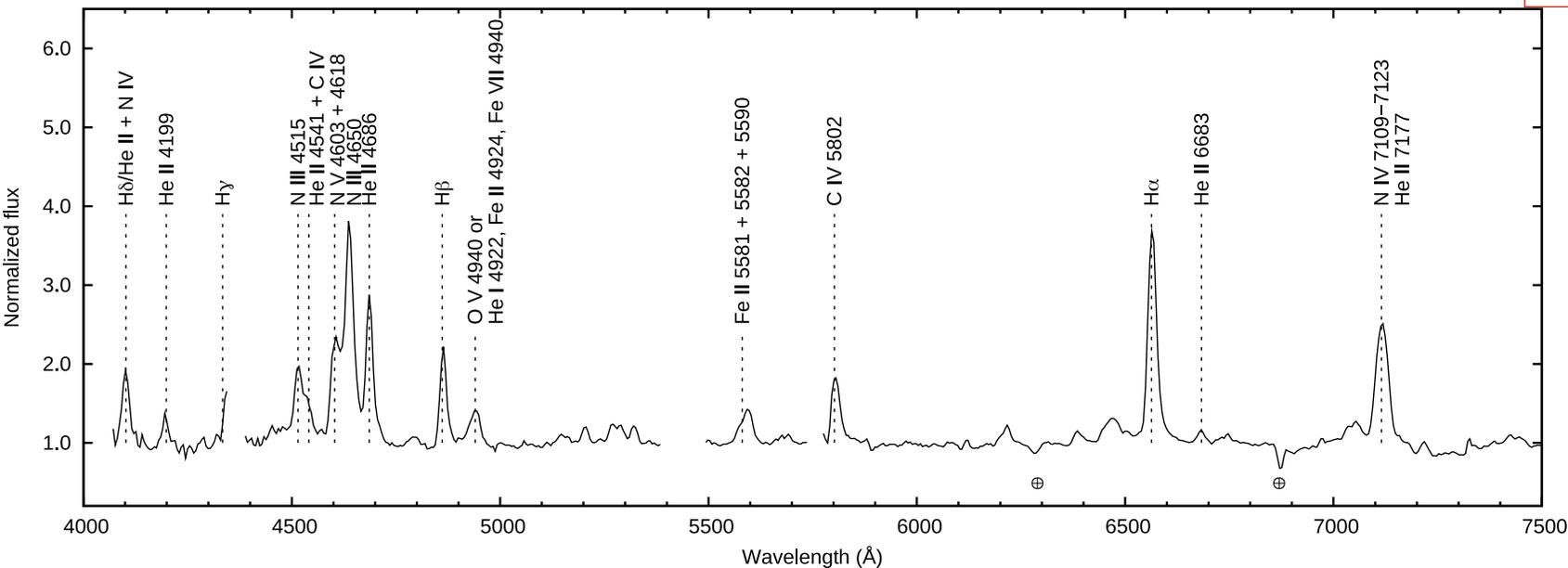
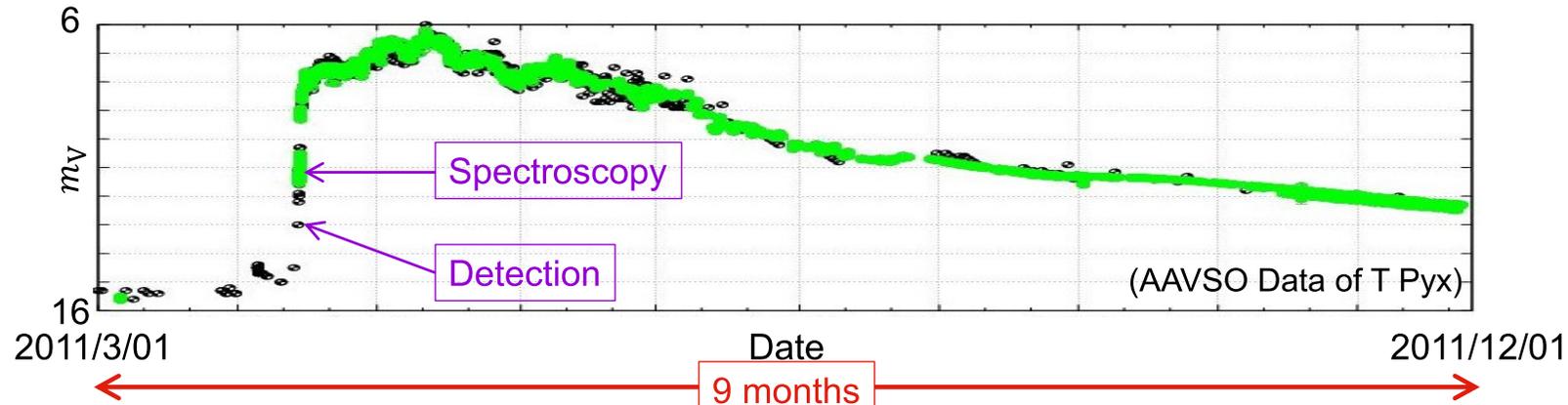
- P Cygni 型の line profile は optically thick な outflow の存在を示唆する (上図)
 - 吸収成分と輝線成分との波長ずれは outflow の速度に相当

V659 Sct (2019/10/30), nearby H α



反復新星 T Pyx の超初期分光観測 (Arai et al. 2015)

- 2011年の反復新星 T Pyx を発見**わずか4時間後**に行った (~ 11 mag で分光)
 - 既知の反復新星**であったので、爆発前からプロ・アマ問わず、多くの人**が監視**していた



特徴

- 高階電離の輝線が多い**
- P Cygni じゃない
 - Optically thick outflow はまだ出来ていない?
(→ 爆発前に周囲に存在していた物質が outflow に飲まれる前?)
- 同様の観測例は殆どない**
 - T Pyx, **V1405 Cas** (後述)

せいめい望遠鏡による新星の ToO 観測

- 新星候補が発見されてから速やかにフォローアップ観測を実行
- Event Rate の見積もり
 - 岡山で夜間に銀河中心付近 (多くの新星が集中) を観測できる時間:
~ 300-400 hours / year (晴天率 1/3 を仮定)
 - 新星の発見個数 ~ 10 novae / year → 1 nova / 900 hr (900 時間銀河中心を見れば 1 nova)
→ 岡山で銀河中心が見える時に新星爆発が起きるのは 2-3 年に 1 度
- 基本の観測プラン:
 - 発見から十分経過したもの、他所でフォローアップしてる天体などは、確認程度に 1 本のスペクトルを取得
 - 発見後間もない天体 → 1 本スペクトルを取り正体を検討する
→ Arai et al. (2015) のようなリアルタイムで増光中の新星は連続分光する (予定)
(増光中の新星を分光出来た場合など → 継続モニターを場合も: 21B-K-0022)

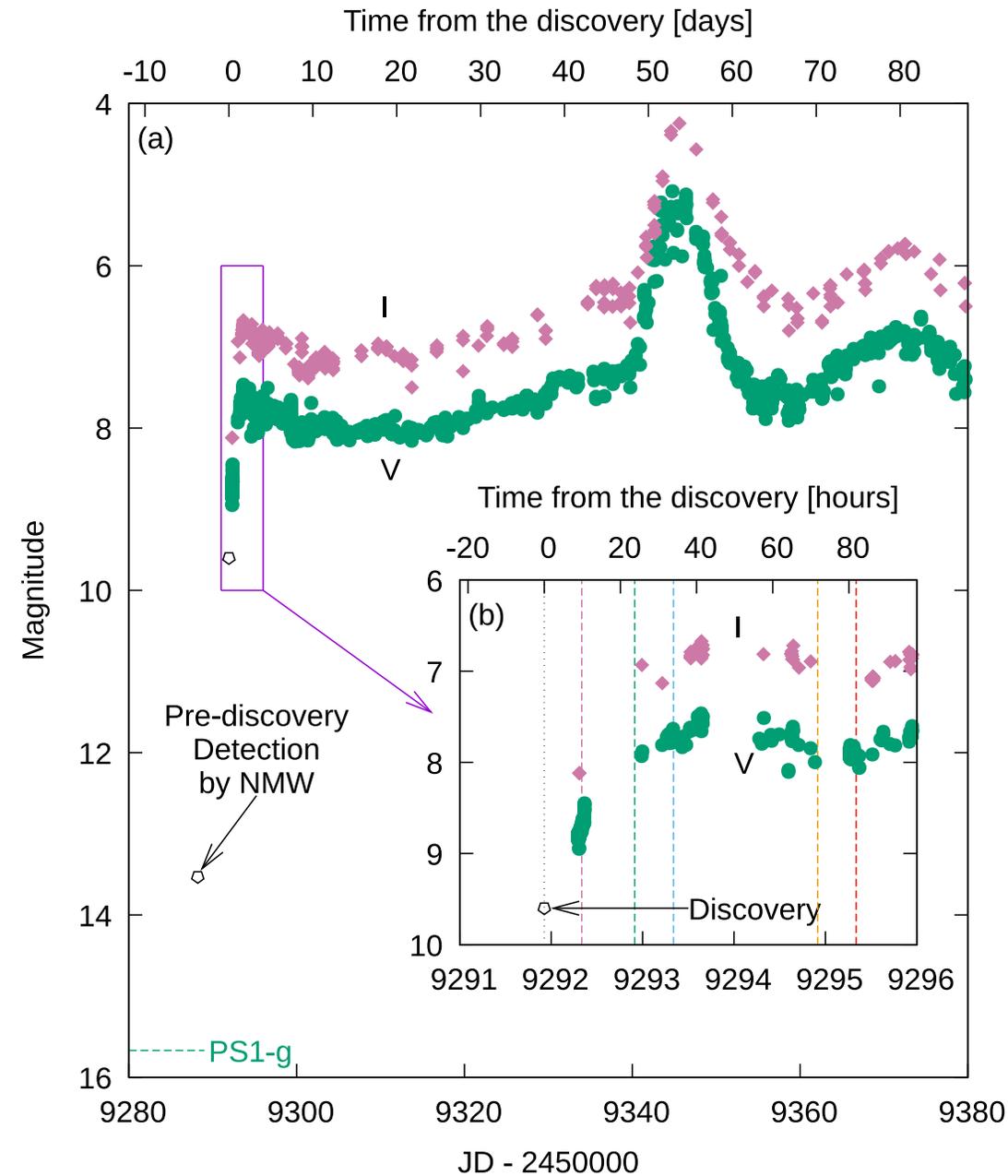
現在までの観測状況

- TAC の皆様、いつも割り当てて頂き、ありがとうございます
- クラシカルの方は、ご迷惑おかけします (いつもありがとうございます)
 - 2019A: 京大時間 (19A-K-0017) のみ 0.4 夜 (発動なし)、共同利用は不採択
 - 2019B: 京大 1 夜 (19A-K-0008)、共同利用 1.5 夜 (19B-K-CT03)
 - 2020A: 京大 1 夜 (20A-K-0015)、共同利用 1 夜 (20A-N-CT07)
 - 2020B: 京大 1.5 夜 (20B-K-0014)、共同利用 1.5 夜 (20B-N-CT04)
 - この頃から、体制が整いつつあった
 - TCP J20034647+1335125 ([Tampo et al. 2021](#)): 矮新星だったが、21時 (JST) 発見 → 即日発動に成功
 - 2021A: 京大 1.5 夜 (21A-K-0011)、共同利用 1.5 夜 (21A-N-CT06)
 - **V1405 Cas** (皆さま、ご迷惑をおかけしました...)
 - 2021B: 京大 2.5 夜 (21B-K-0020)、共同利用 2.5 夜 (21B-N-CT03)
 - この他、V1405 Cas のフォローアップ用に ToO を 1.5 夜 (21B-K-0022)
 - **反復新星 RS Oph** (15年ぶりの爆発)

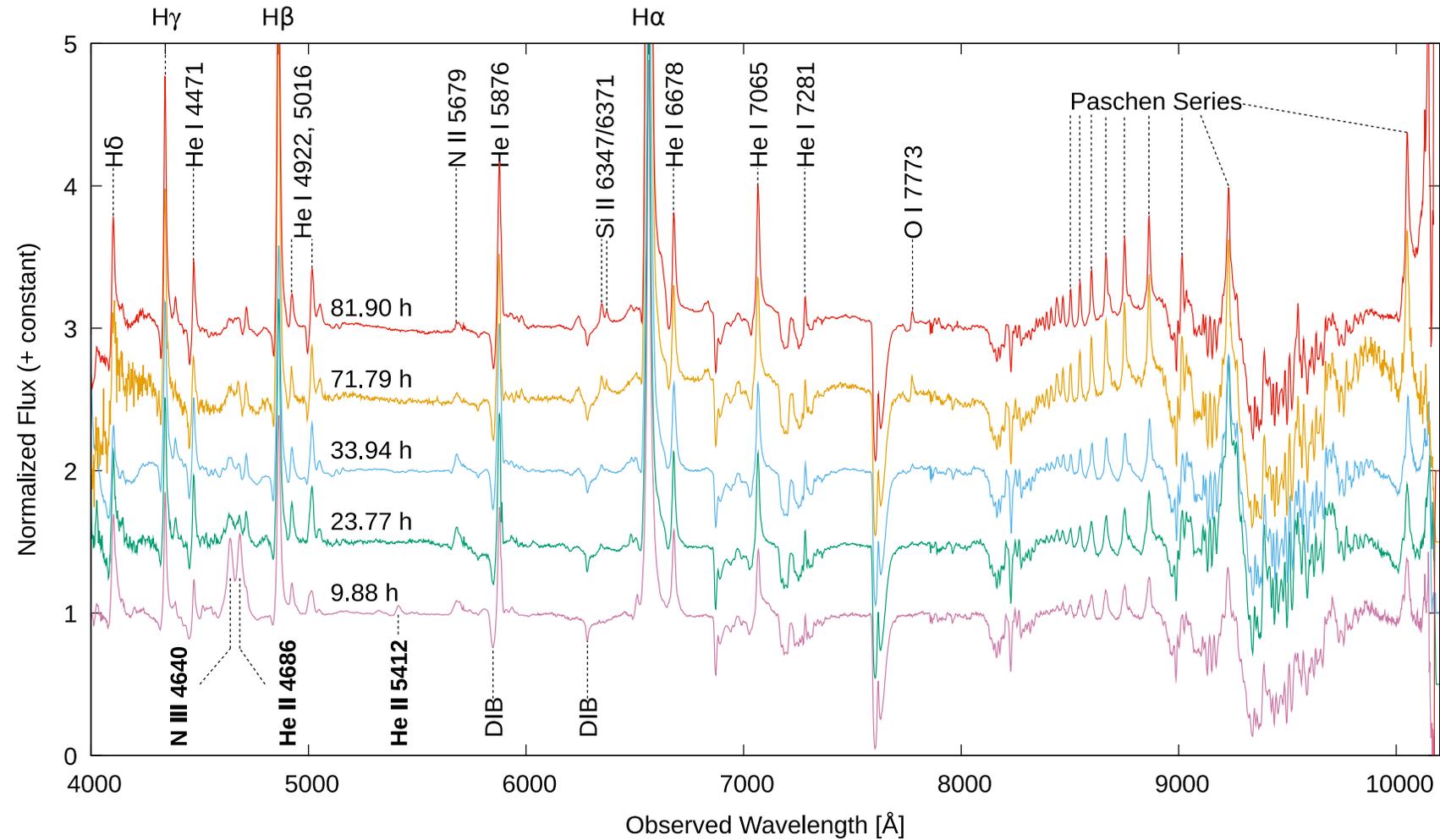
V1405 Cas の初期 ToO と lightcurve の対応

- 2021-03-18.4236 UT: 中村祐二さん発見
- 2021-03-18.820 UT (発見 9.5 時間後): ToO! (ATel #[14471](#), [14472](#))
- 2021-03-19.4, 19.8, 21.4, 21.8, ...
→ さらに分光を継続しています (21B-K-0022)

- 反復新星ではない天体 (つまり史上初めて爆発)
- 連続分光はできず
 - Visibility の都合



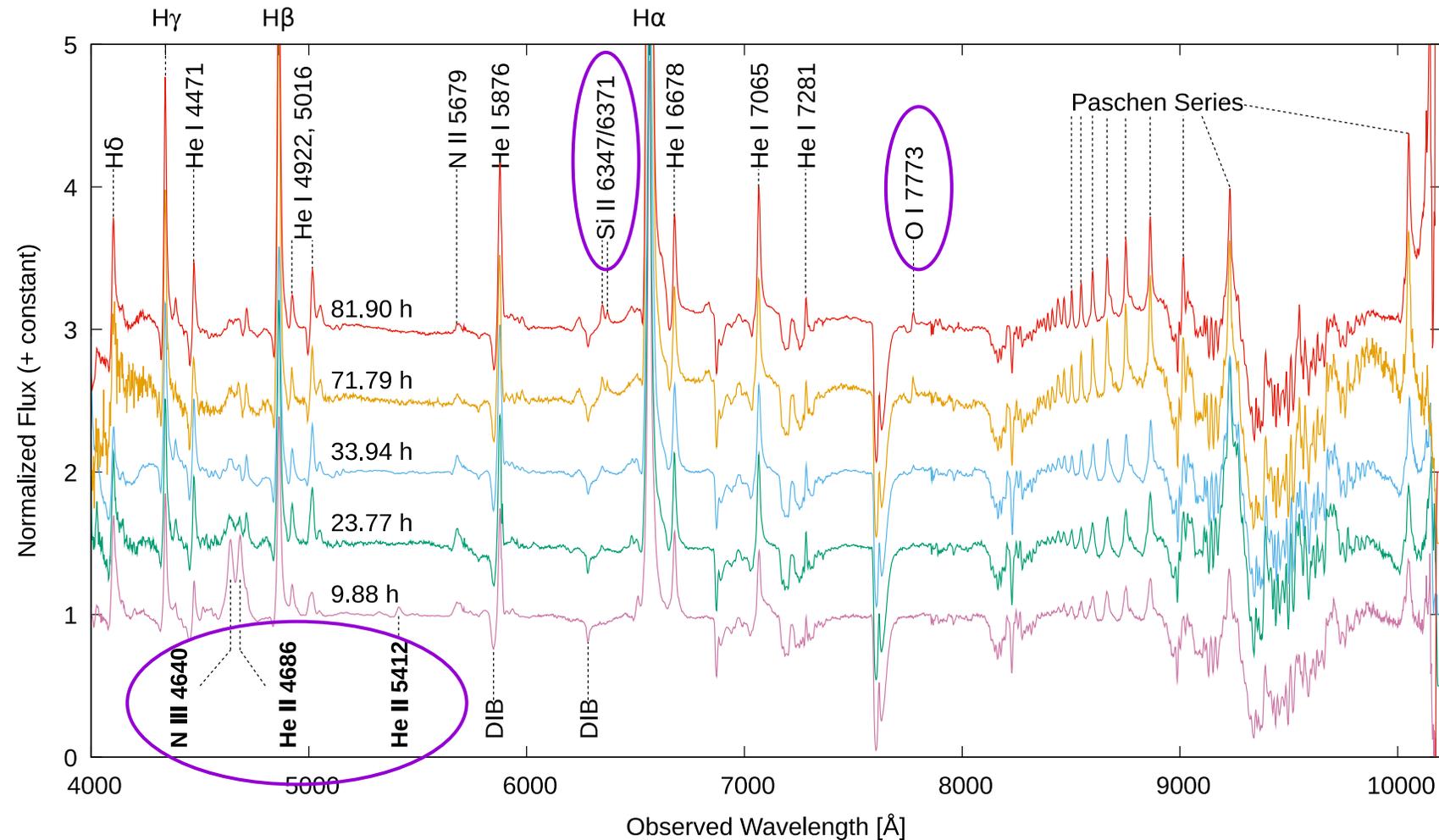
V1405 Cas の初期のスペクトル進化



2021/8/12

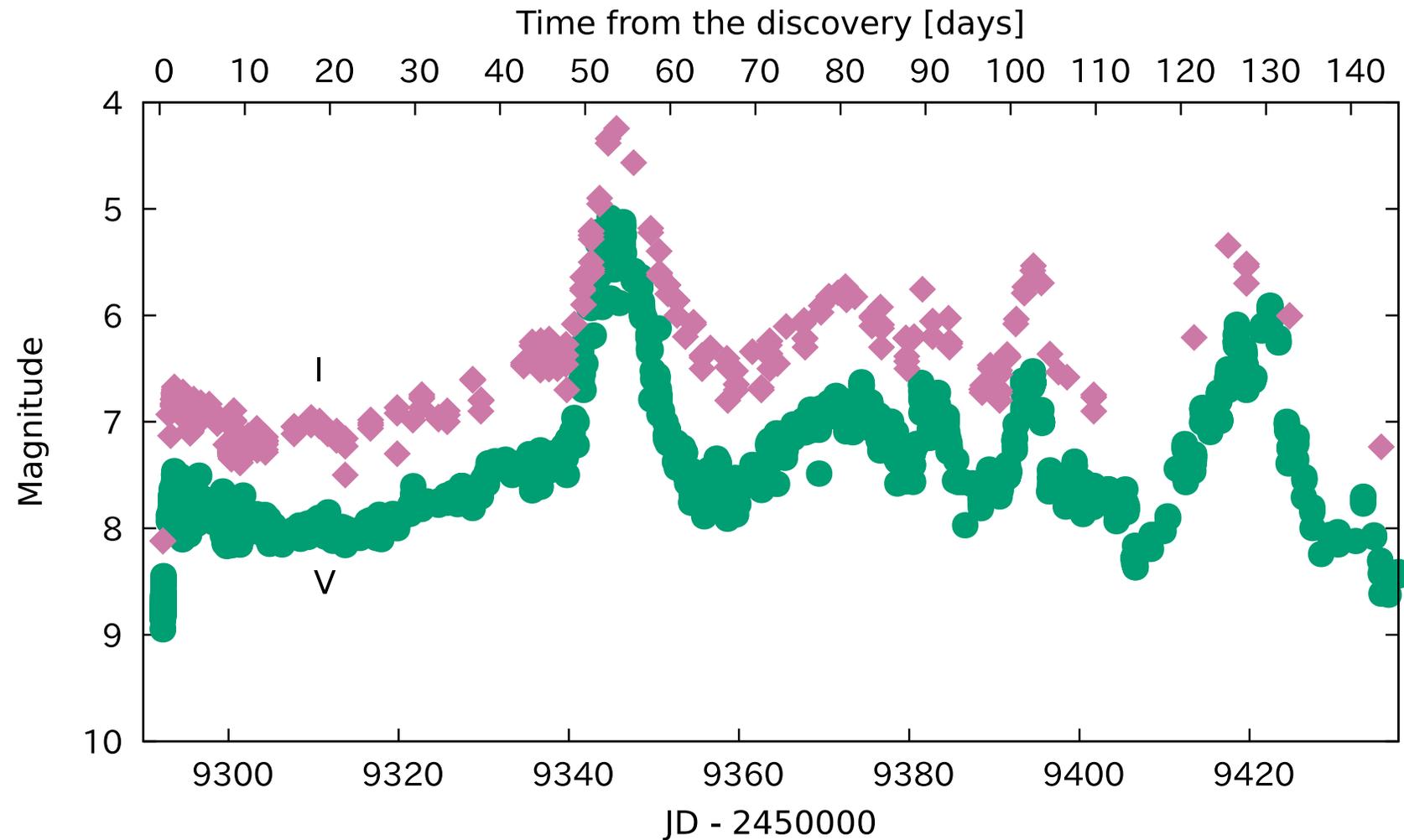
2021年度せいめい UM (田口: 新星)

V1405 Cas の初期のスペクトル進化



- Arai et al. (2015) と同様「増光中」の、ごく初期段階にのみ N III, He II 等の高階電離輝線が強く出た
 - 逆に Si II や O I は、遅れて登場する
- (現在はこの結果を纏めている最中)

その後の V1405 Cas の lightcurve



- その後、何度か急な増減光を繰り返す
 - この増減光の起こるタイミングを狙って分光モニターを行い、増減光のメカニズムなどに迫りたい
 - Outflow 量・速度変化との関係調べたい
 - Line profile を見たい (できれば VPH495, 683 を使いたい)
- 21B-K-0022 で ToO
 - ご迷惑おかけします

RS Ophiuchi

- 1985 年、2006 年に爆発していた反復新星
 - 2020 年代に爆発するかも? ということで、注目していた人は注目
- 2021年8月8日 (UT) に爆発が報告 ([\[vsnet-alert 26131\]](#))
 - 前の日まで 11 等だったのに、突然 5 等になった!
 - その後、4 等まで増光
 - 日本時間だとちょうど朝 7 時頃に報告された
- **当日の夕方に ToO 観測実施** ([ATel #14838](#))
 - 植田さん、磯貝さん、ありがとうございました
 - (まあみんなそうだと思っていたけど一応) 新星爆発と確認しました
- 昨日・おとといも ToO させて頂きました
 - 植田さん、磯貝さん、前原さん、ありがとうございました
 - 解析中
 - 結構スペクトルが変化してそうでした

要望など

- 今後とも ToO へのご理解・ご協力をお願いします！
 - 今後もかけると思いますが、ご迷惑をおかけします
- 自動観測とかリモート観測とかが出来れば夢がありますね
- 自動観測などが出来る前は、手動で観測するのですが
 - 重要な新天体が出て (「初期 ToO」: 21B-K-0020, 21B-N-CT03)、一刻を争う場合でも、田口が京大にいない (帰った)、岡山の Co-I の皆さんも帰っている、みたいな状況
 - V1405 Cas が急な変動を示したが、Co-I 内に依頼できる人がいない
 - 今後、代理観測をお願いする機会が増えるかもしれません。クラシカル観測者の方は、自信がないかもしれませんが、トライして頂ければ幸いです
- V1405 Cas のフォローアップで、VPH495 も使えたらいいなあ



まとめ

- 新星の初期 ToO (21B-K-0020, 21B-N-CT03)
 - 新星候補が見つかったら、なるべく早く ToO を実行
 - 特に、急な増光の最中 (急な増光が終了する前) に分光したい
 - 同様の観測は、反復新星 T Pyx くらいしか知られてなかった
 - 21A にて、反復新星ではない新星 V1405 Cas にて行うことが出来ました
- V1405 Cas のモニター ToO (21B-K-0022)
 - その後、急な増減光を数度繰り返す
 - 増減光と outflow の量・密度との関係を調べたい
 - Line 強度・種類・profileなどを調べたい
 - 出来れば VPH495, 683 が使えたら理想
- ToO へのご理解、ご協力をお願いします！

