

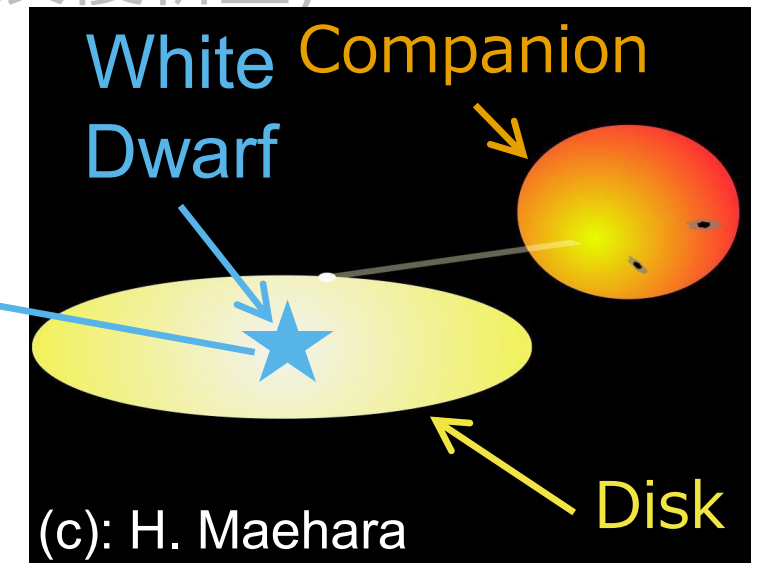
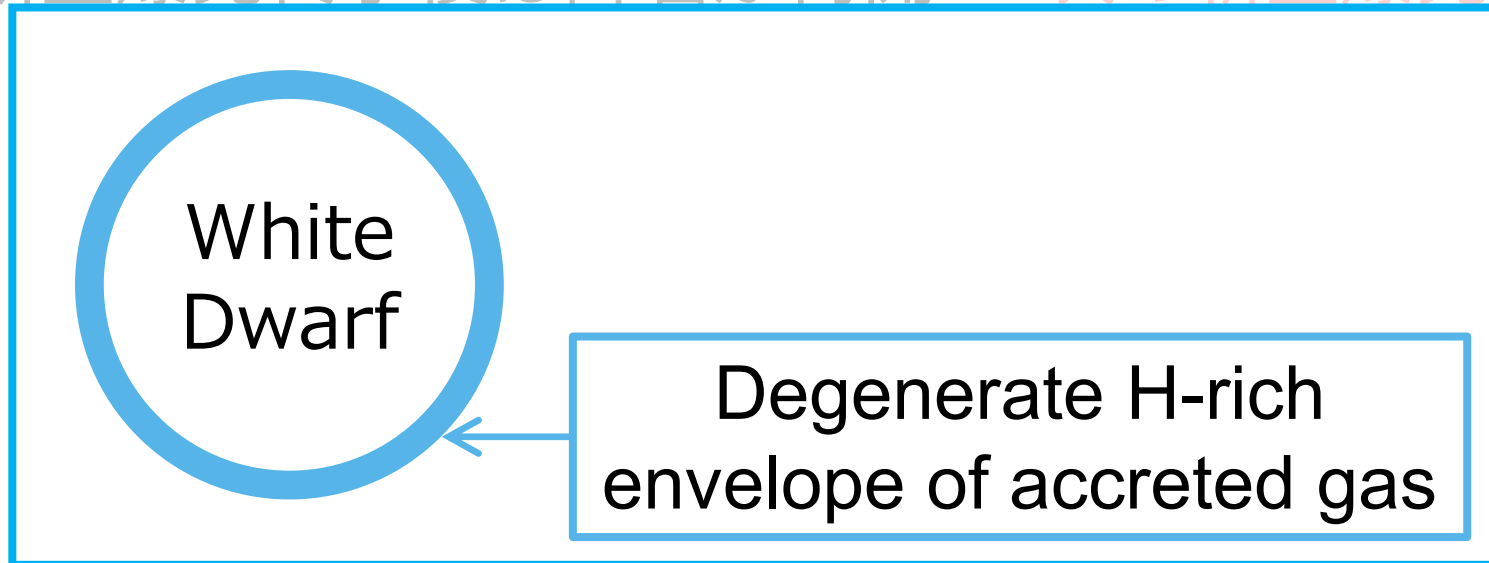
せいめい望遠鏡を用いた古典新星の ToO 観測計画の現状

京都大学 D1 田口健太

共同研究者: 前田啓一 (京大)、前原裕之 (国立天文台)、磯貝桂介 (京大)、
小路口直冬 (京大)、反保雄介 (京大)、新井彰 (京産大)、
植村誠 (広大)、野上大作 (京大)

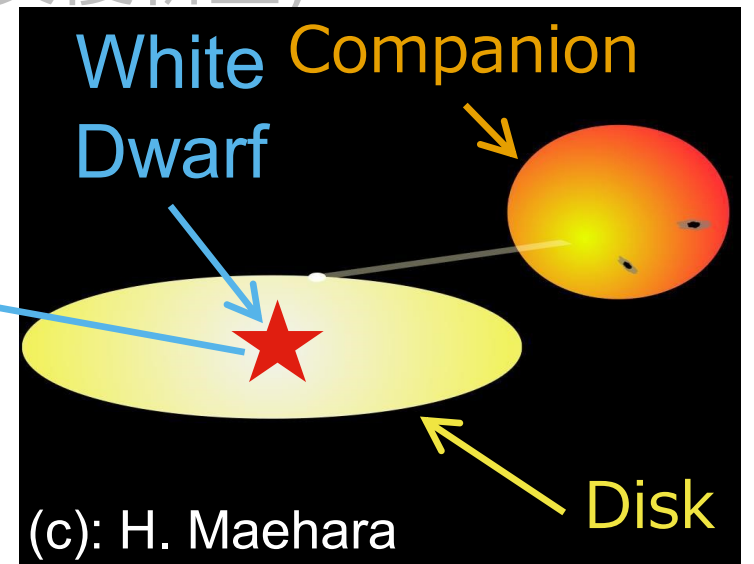
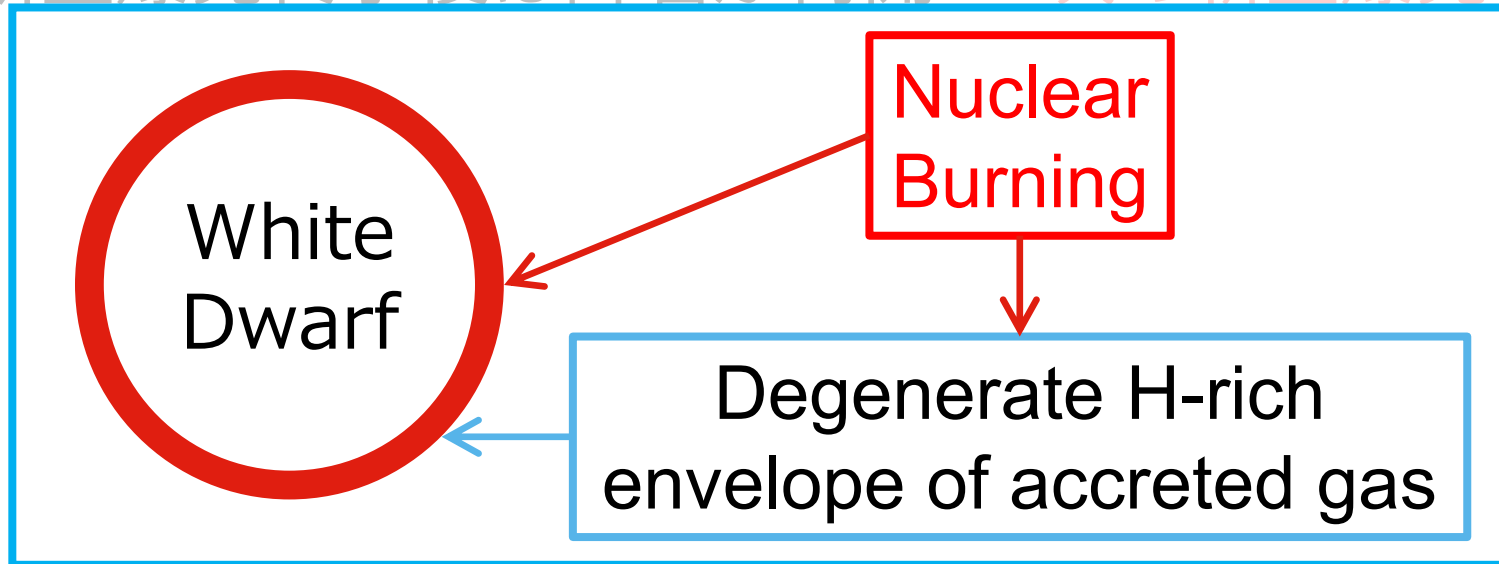
古典新星 (新星) のメカニズム

- 白色矮星 (主星) + late star (伴星) からなる近接連星系
- 伴星からのガスが白色矮星表面に降着
 - 白色矮星表面に縮退したガスからなる H-rich な envelope を形成
- ガスが降着すればするほど、この envelope の温度・圧力は上昇する
 - Envelope がある質量を超えると、不安定な水素の核燃焼が始まり (Thermonuclear Runaway; TNR)、新星爆発を引き起こす
- 新星爆発終了後は降着が再開 → 次の新星爆発へ (反復新星)



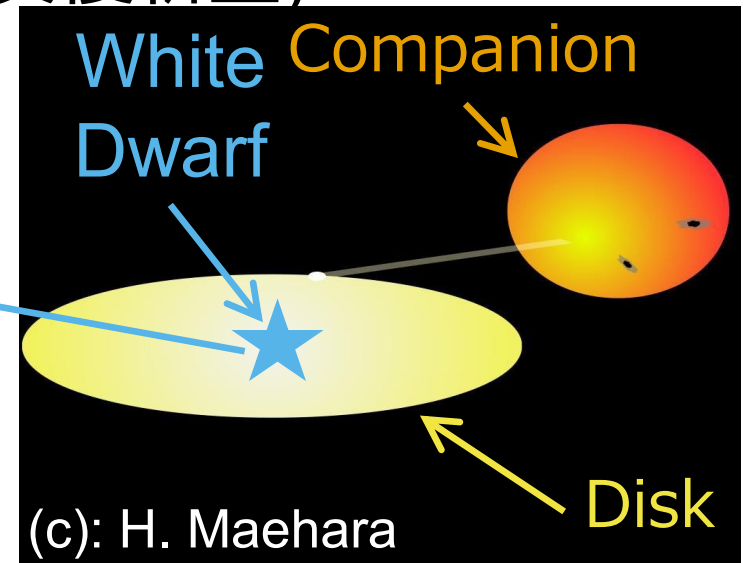
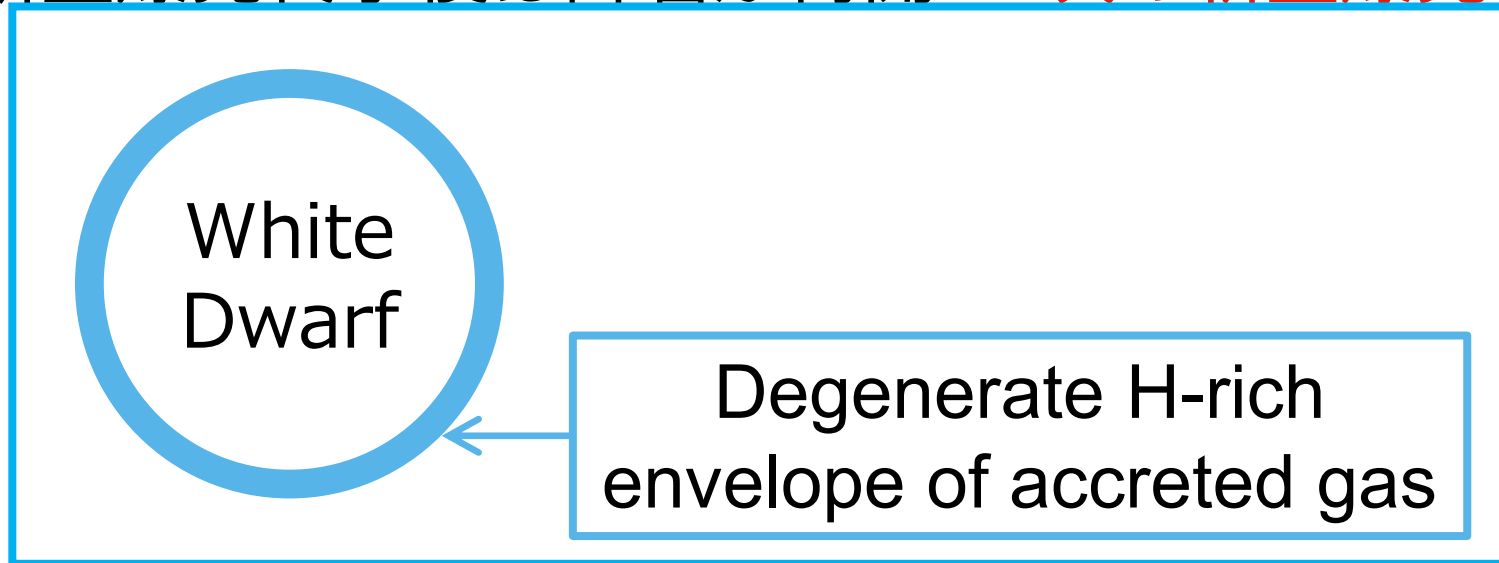
古典新星 (新星) のメカニズム

- 白色矮星 (主星) + late star (伴星) からなる近接連星系
- 伴星からのガスが白色矮星表面に降着
 - 白色矮星表面に縮退したガスからなる H-rich な envelope を形成
- ガスが降着すればするほど、この envelope の温度・圧力は上昇する
 - Envelope がある質量を超えると、不安定な水素の核燃焼が始まり (Thermo-Nuclear Runaway; TNR)、新星爆発を引き起こす
- 新星爆発終了後は降着が再開 → 次の新星爆発へ (反復新星)



古典新星 (新星) のメカニズム

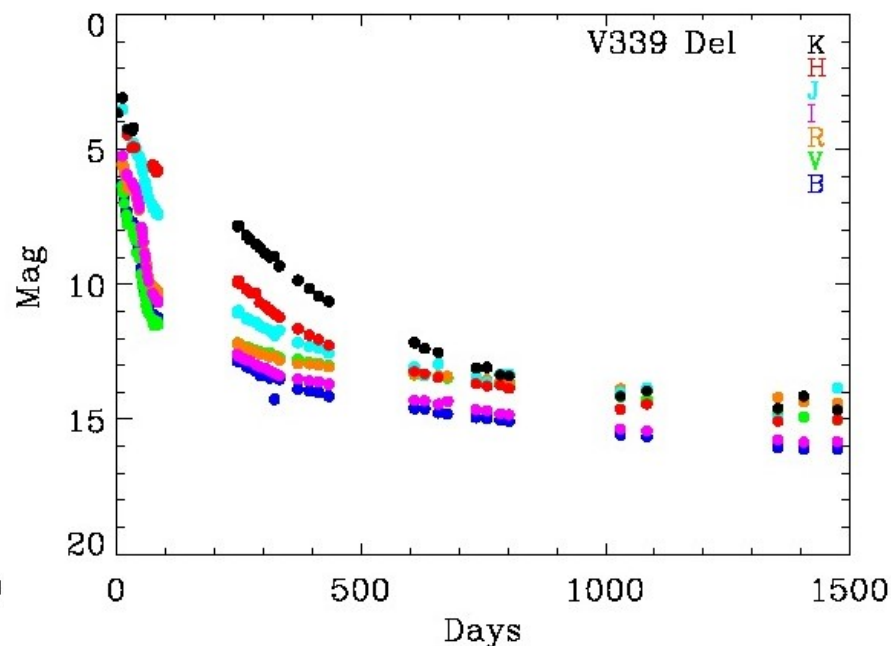
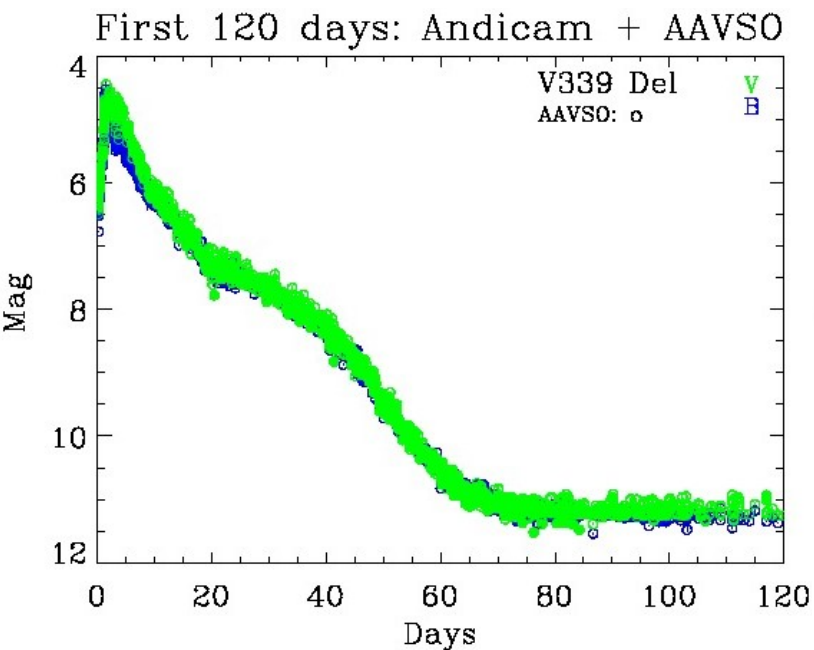
- 白色矮星 (主星) + late star (伴星) からなる近接連星系
- 伴星からのガスが白色矮星表面に降着
 - 白色矮星表面に縮退したガスからなる H-rich な envelope を形成
- ガスが降着すればするほど、この envelope の温度・圧力は上昇する
 - Envelope がある質量を超えると、不安定な水素の核燃焼が始まり (Thermonuclear Runaway; TNR)、新星爆発を引き起こす
- 新星爆発終了後は降着が再開 → 次の新星爆発へ (反復新星)



反復新星 (回帰新星、再帰新星、再発新星とも)

- ほとんどの新星は新星爆発を $\sim 10^5$ 年おきに起こす (とされている)
 - しかし白色矮星が重いか、伴星からの質量降着率が高いと、この間隔が短くなると考えられている
- 反復新星は新星爆発の間隔が極めて短いために、過去に複数回爆発が記録されている (10天体ほど)
 - M31N 2008-12a: 毎年、年末年始の時期に爆発
 - U Sco, RS Oph: 10-20年に1回くらい爆発
 - V3890 Sgr: 2019 年に新星爆発 (29年ぶり).
 - T CrB, V2487 Oph: 過去、80-100年ほどの間隔を空け2度の爆発が確認されている
- 反復新星は周期が比較的安定しているものが多い
 - そろそろ爆発しそうな天体を監視し、爆発初期からの検出を狙えそう
 - 爆発しそうな代表例: U Sco (1979, 1987, 1999, 2010 年に爆発、Dec = -17.9 deg)

古典新星の可視光度曲線



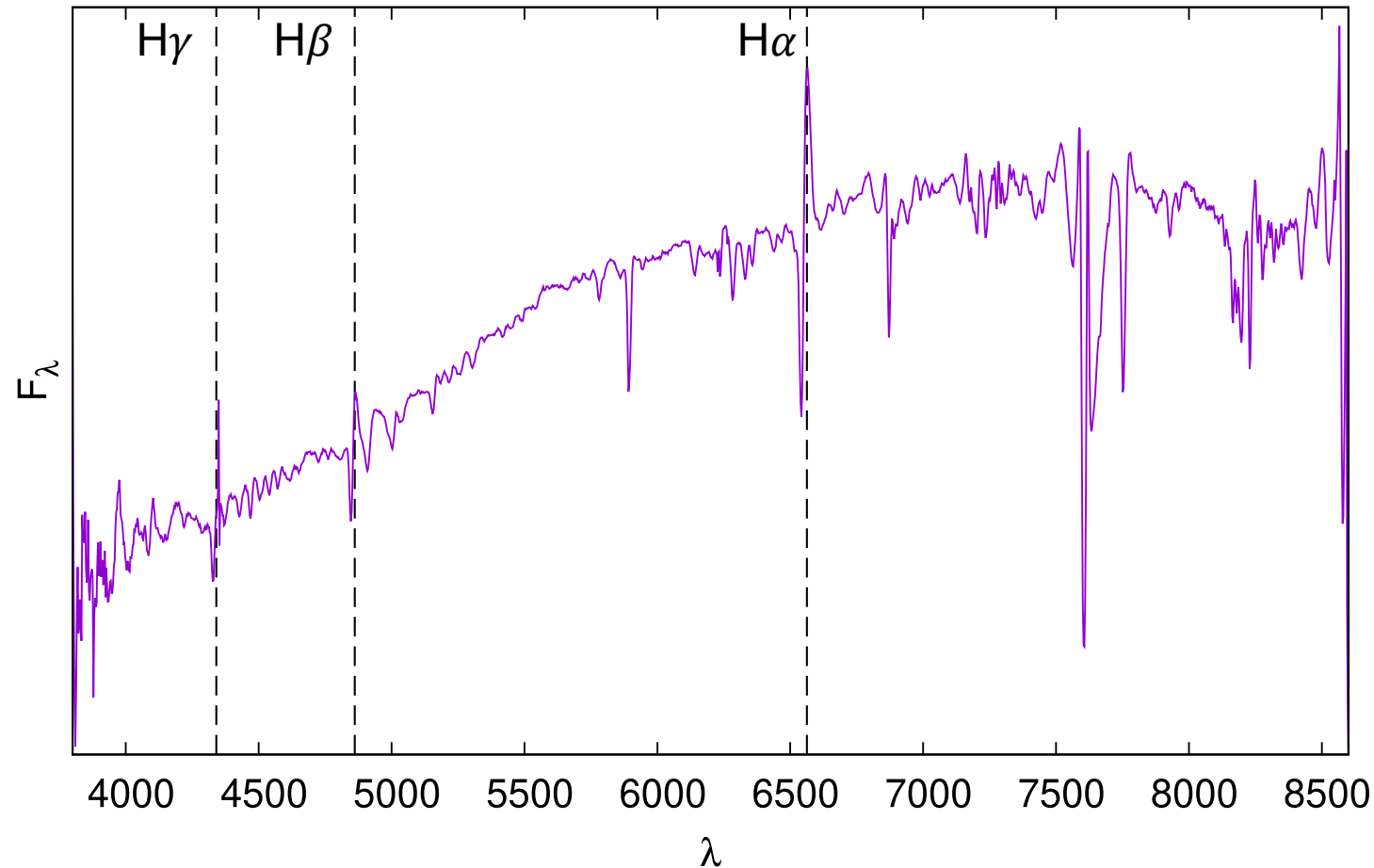
V339 Del (2013年) の lightcurve
なお、2012年時点で ASAS-SN で
 $V > 15.7$ だった (non-detection)

<http://www.astro.sunysb.edu/fwalter/SMARTS/NovaAtlas/v339del/phot/v339del.phot.html> より

- **突然 (~ 1 day) $\Delta m_V \sim 10$ 程度、増光する**
 - 新しい星が現れたように見られるので「新星」 (“novae” というのはラテン語)
 - 典型的に数年くらいかけて徐々に静穏等級に戻る
- 過去に複数回の増光が観測されている**反復新星**
 - **モニター観測の良いターゲット**であり、よく監視されている

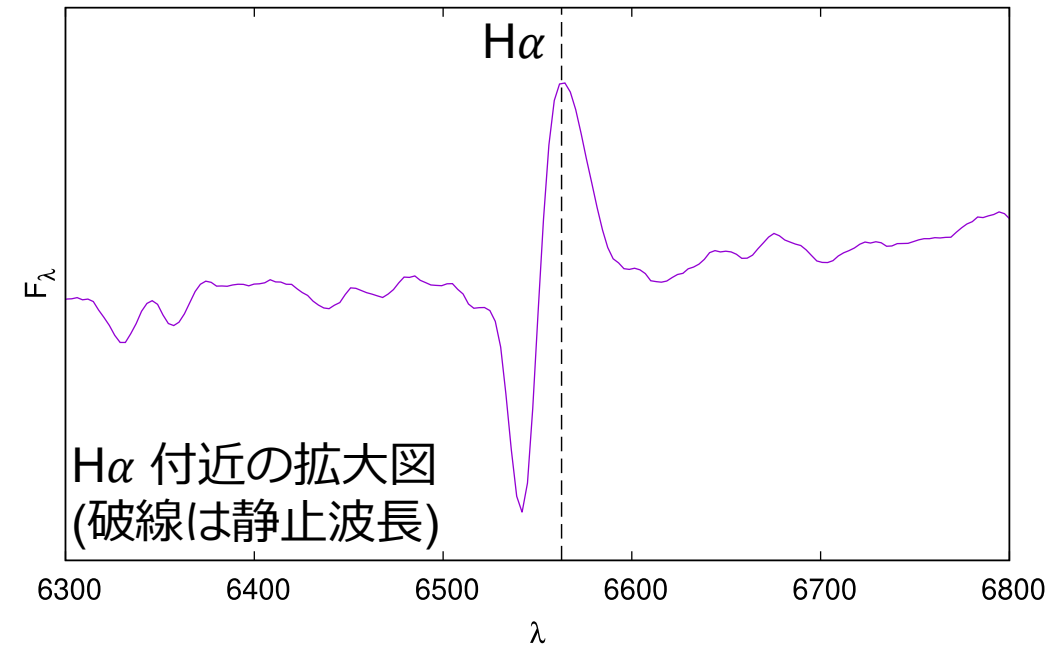
発見から1日後の新星 V659 Sct のスペクトル (せいめい共同利用 19B-N-CT03 で観測した新星)

V659 Sct (2019/10/30)

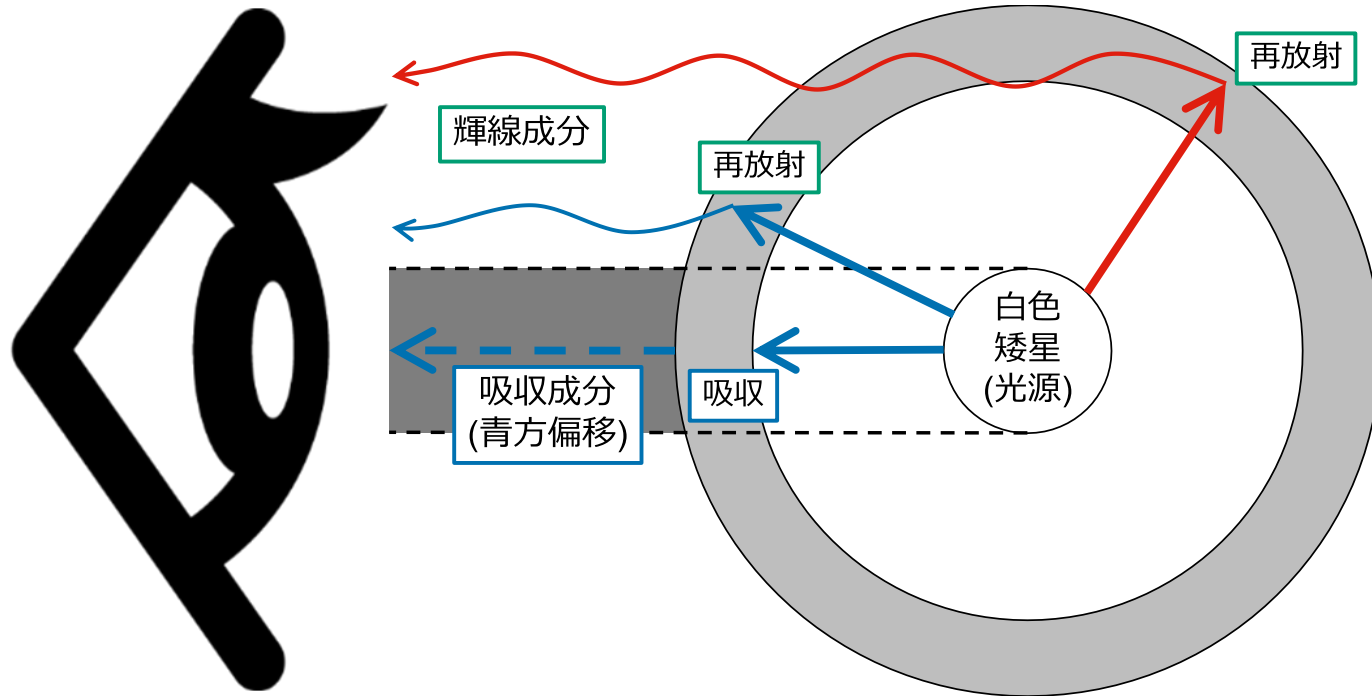


- 典型的な新星のスペクトルでは、多くの P Cygni 型の line profiles がみられる。
 - 青方偏移した absorption
 - ほぼ静止波長の emission

V659 Sct (2019/10/30), nearby H α

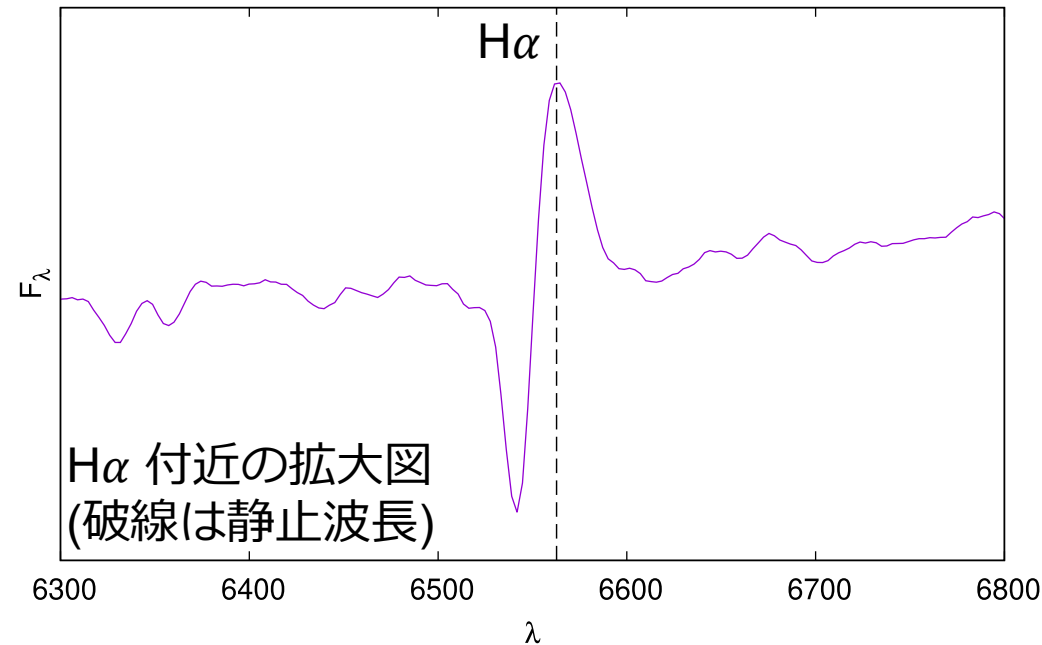


発見から1日後の新星 V659 Sct のスペクトル (せいめい共同利用 19B-N-CT03 で観測した新星)



- 典型的な新星のスペクトルでは、多くの **P Cygni 型**の **line profiles** がみられる。
 - 青方偏移した absorption
 - ほぼ静止波長の emission

V659 Sct (2019/10/30), nearby H α

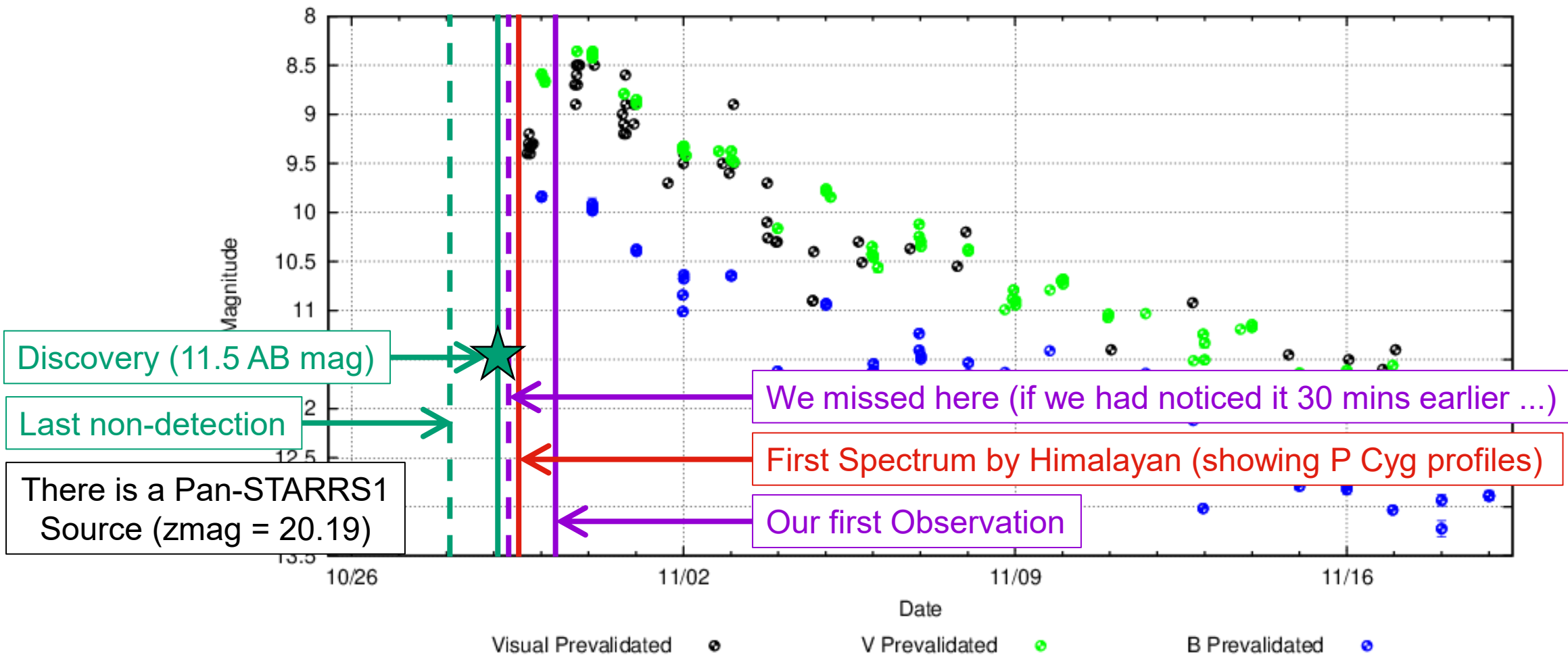


H α 付近の拡大図
(破線は静止波長)

- この P Cygni 型の profile は optically thick な wind の存在を示唆する
 - この新星は、発見から1日後の段階では optically thick wind が起こっている

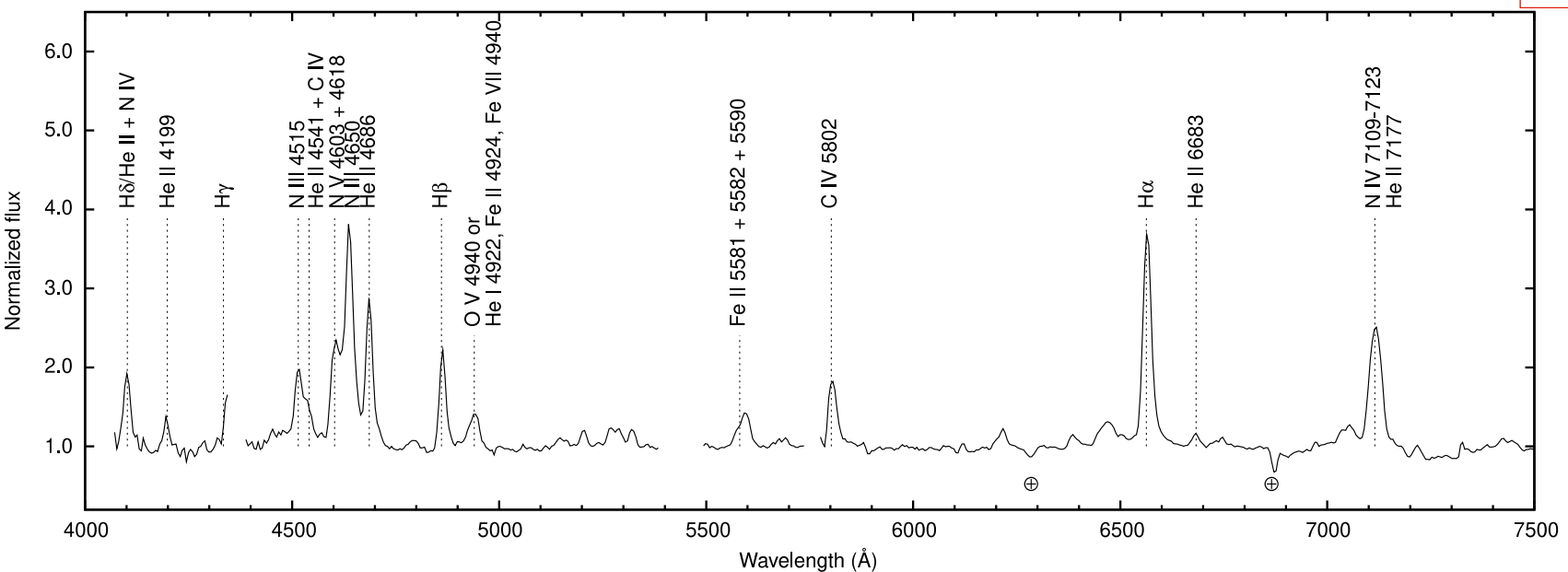
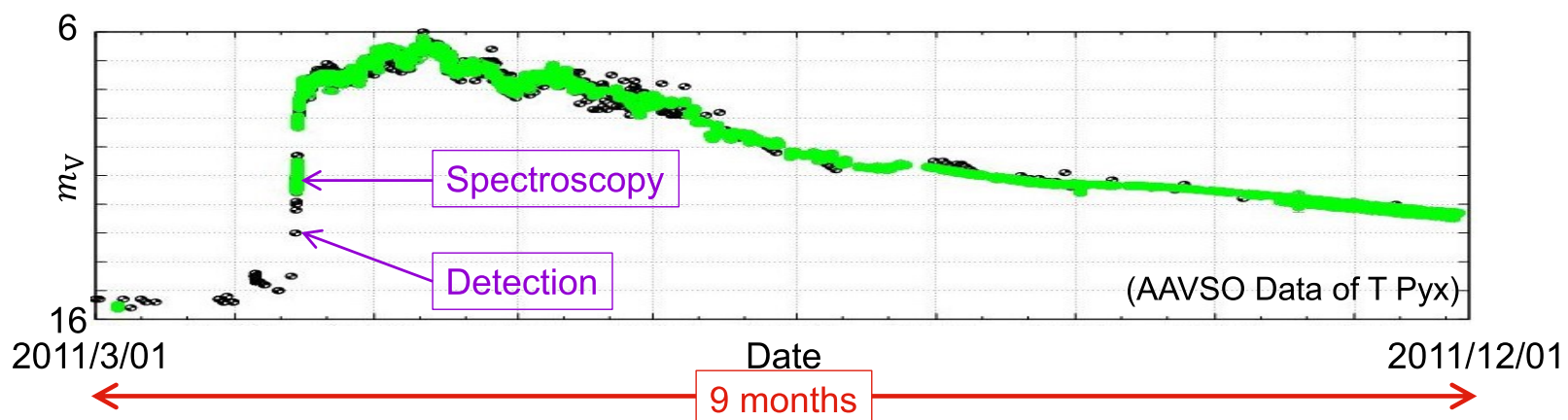
新星 V659 Sct の lightcurve

AAVSO DATA FOR V659 SCT - WWW.AAVSO.ORG



超初期 (増光中) の古典新星の分光観測例 (Arai et al. 2015)

- 2011年、T Pyx が増光発見後 **僅か ~4 hours** (急激な増光の途中) に分光された
 - この天体は**反復新星**だったので、モニター観測されていた



- 輝線スペクトルが得られた
 - 通常の新星スペクトル (P Cygni 型) とは大きく異なる
- 新星スペクトルは増光中の超初期段階で、未知の振る舞いを示すようだ**
 - Optically thick wind が現れる前の系の情報を含むかも?

2020/8/19

せいめい UM 2020 (田口、古典新星)

せいめい望遠鏡による新星の ToO 観測

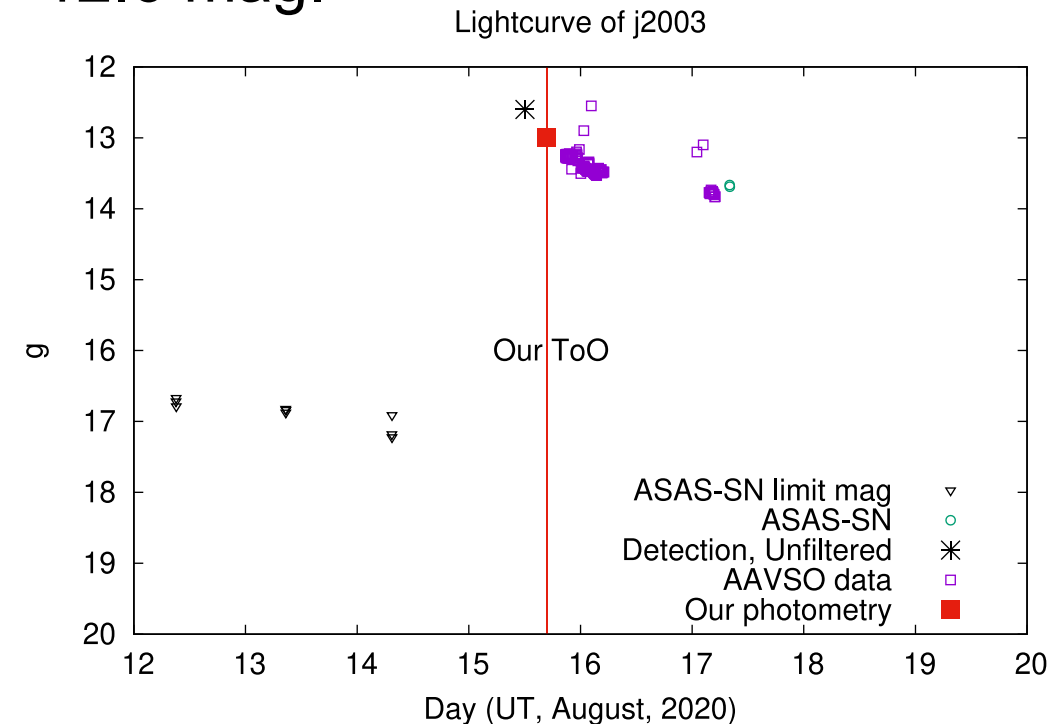
- 新星候補が発見されてから速やかにフォローアップ観測を実行する
- Event rate の見積もり
 - 岡山で夜間に銀河中心付近 (多くの新星が集中している) を観測できる時間:
~300-400 hours / year (晴天率 1/3 と仮定)
 - 新星の発見個数 ~10 nova / year → 1 nova / 900 hours (900時間銀河中心を見れば1 nova)
→ 岡山で銀河中心が見える時に新星爆発が起きるのは2-3年に1度
- 観測プラン:
 - 発見から十分経ったもの、他所でフォローアップしている天体などは、確認程度に1本のスペクトルを取得
 - Arai et al. (2015) のようなリアルタイムで増光中の反復新星は連続分光する (予定)
 - 極めてレアだが、長時間 (沈むか夜明けまで) 分光を希望 → 長めに観測時間を申請しています
 - 発見後間もない天体 → 1本スペクトルを取り正体を検討、必要なら観測を延長

割り当て時間と観測実施時間

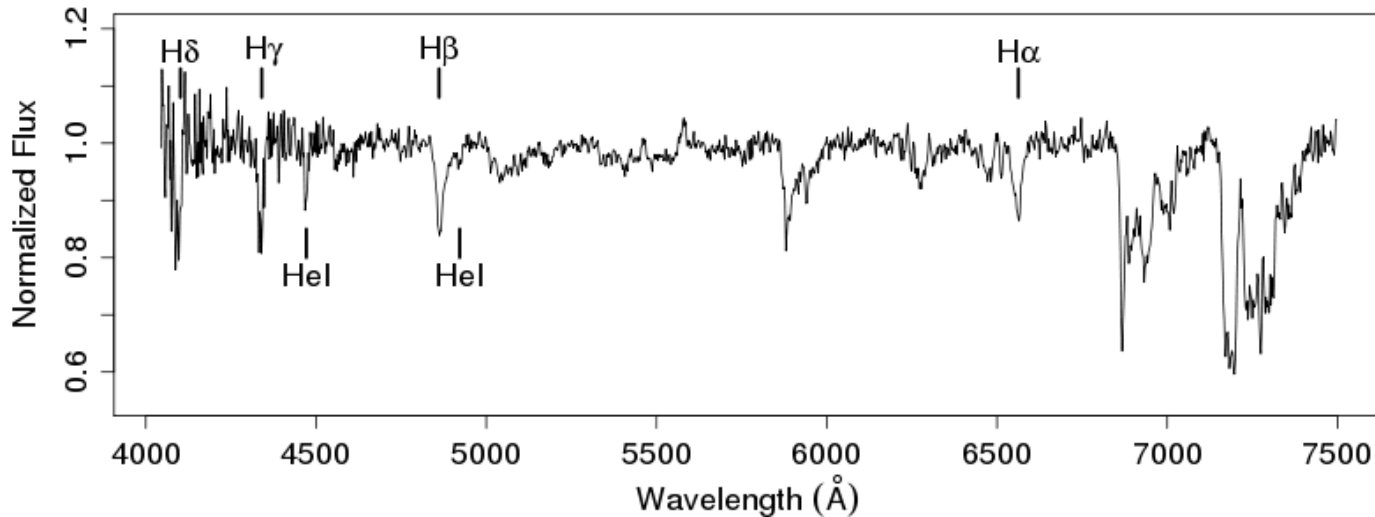
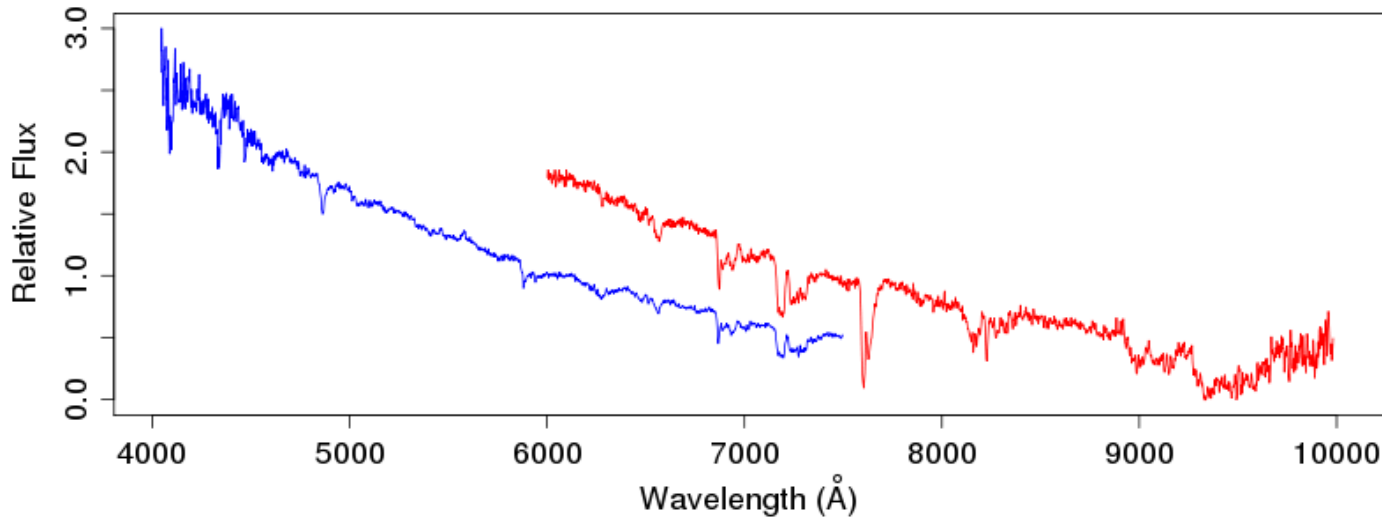
- 2019A: 京大時間のみに 0.4 nights (19A-K-0017、発動なし)
- 2019B: 京大 1 night (19A-K-0008)、共同利用 1.5 nights (19B-N-CT03)
 - V659 Sct: 夕方すぐに沈む新星
 - 10月29日(日本時間、以下同様): 発見
 - 10月30, 31日: 観測、初期の観測はできなかったが、データ解析の練習になった(あと30分早く気づけていれば、10月29日中に観測できたのですが...)
 - 他、前原さんが反復新星 V3890 Sgr をエンジニアリング中に分光 ([ATel #13062](#))
- 2020A: 京大 1 night (20A-K-0015)、共同利用 1 night (20A-N-CT07)
 - V670 Ser: 未明の新星
 - 2月23日未明発見、2月24日未明観測: [Atel #13519](#)
- 2020B: 京大 1.5 nights (20B-K-0014)、共同利用 1.5 nights(20B-N-CT04)
 - TCP J20034647+1335125: 8月15日**21時(日本時)発見、即日観測** ([ATel #13947](#))

2020/8/15: TCP J20034647+1335125

- ToO 観測のモデルケース (夜間に発見、夜明け前に観測、に初めて成功)
 - 2020-08-15.504 (21:06 in JST): 西村さん発見、12.6 mag.
 - ~24:30: CBAT に投稿
 - 24:50: 田口が投稿に気づく
 - Pan-STARRS で $g = 21.36$, $r = 21.51$ の対応天体
 - 明るめの矮新星 (WZ Sge 型?) か、古典新星?
 - (近くにいたので大学に駆け込む)
 - 25:20-27:00: せいめい ToO + 屋上 40 cm 測光
名越さん、大塚さん、磯貝さん、小路口さん、
反保さん、ご協力ありがとうございました
 - Blue continuum + Balmer & He I absorption
→ 明るい矮新星 (WZ Sge 型) の可能性が最も高い
 - 29:11: KOOLS-IFU の Quick Look スペクトルと共に [ATel #13947](#) を投稿 (磯貝さん)



2020/8/15: TCP J20034647+1335125



- スペクトルの特徴
 - Blue continuum
 - Balmer & He I 吸収
 - 新星にしては増光が ~ 8.5 等とやや小さい
- 上記の特徴から、WZ Sge 型矮新星の可能性が最も高い
- 以上の内容を [ATel #13947](#) にて報告
 - 新星でこそなかったが、判定が出来たので良い結果が得られた

Nova in Cassiopeia (TCP J00114297+6611190)

観測できなかった新星の例

- 2020-07-27.9302 UT (日本時間 28時朝8時前): 発見
 - 22時くらいに30度を超え、28時頃に60度くらいで南中する天体
- 28日: 曇り
- 29日22時52分: ATel #13903 (by Sokolovsky et al.) を確認
 - P Cygni 型のスペクトル線がみられる古典新星だと報告される
 - 初期 phase は過ぎたと判断したので、我々からは観測の発動はせず

(なお、前原さんが8月4日、Observatory Time の薄明の時間に1度だけ取得)

- ここ最近はや再び明るくなってるらしい
 - vsolj-news 367 など

今後に向けて

- 京都からリモート ToO (京大時間) をやってみて
 - こういう御時世ですが、**観測ができるのは非常にありがたいです**
 - (あまり集まるのはよくないのかもしれませんが) 色々な方にサポートして頂きました
 - 一方、**大きな画面が欲しいという意見がありました** (1画面に GUI が入りきらない)
 - 土曜は名越さん@京大計算機室が、大塚さんと Skype を繋いでいたので、それを利用して頂きました (**連絡手段があるのはとても助かりました**)
 - 先ほど大塚さんに晒されましたが...、京大時間でしたが共同利用の Slack でも連絡取りました
- 観測率の向上に向けて
 - 新星爆発を起こす可能性が高い天体をマメに見ておく (我々の方でも?)
 - Tomo-e などのサーベイに協力して頂く
 - classical 観測前後の薄明帯、観測してなければ、発動(依頼) できれば
- 他: 京都からデータにどうアクセスする? (岡山の方に毎度頼むしかない?)

まとめ

- 「通常の」新星のスペクトル: P Cygni 型の line profile が多数みられる
 - Optically thick な wind を示唆
- Arai et al. (2015) による新星の増光中のスペクトル: 輝線スペクトル
 - Optically thick な ejecta が現れる前の系の情報が分かるかもしれない
- 同様の観測例を増やすため、せいめいでの ToO を提案
- 現在まで増光中の新星の観測には成功していないが、明るい矮新星を、「日本で発見されたものを日本でその夜」分光することには成功している
 - 今後も、10等くらい増光する天体には同様の分光観測を仕掛けたい
 - 幸い、今期は多めに観測時間を頂いたので、明るい矮新星の混入も仕方ないと割り切れる(もちろん、混入をなるべく防いで発動するようにはしますが)
 - 爆発後、いかに速やかに検出 (サーベイ/モニター) から観測まで動けるのかが肝心
 - 反復新星などを狙う、Tomo-e に協力して頂く、など