

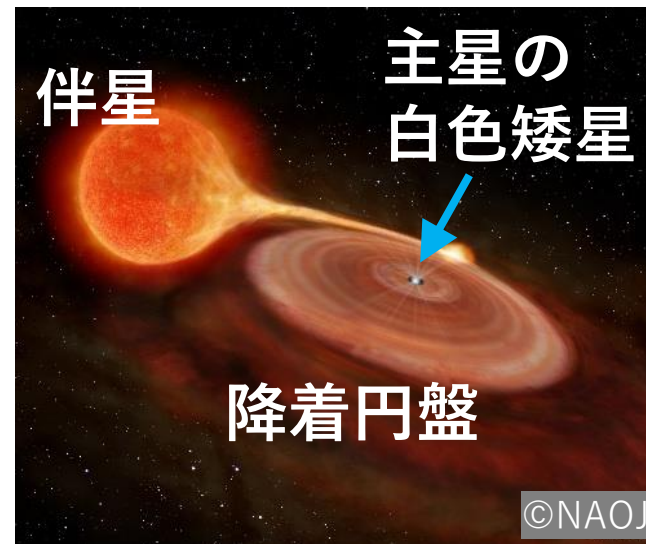
# 再増光を示すWZ Sge型矮新星IK Leoの 近赤外測光・分光モニター観測

磯貝桂介（京都大学）、山中雅之、永山貴宏、他鹿児島大メン  
バー（鹿児島大学）、VSOLJ & VSNET collaborations

# 研究対象

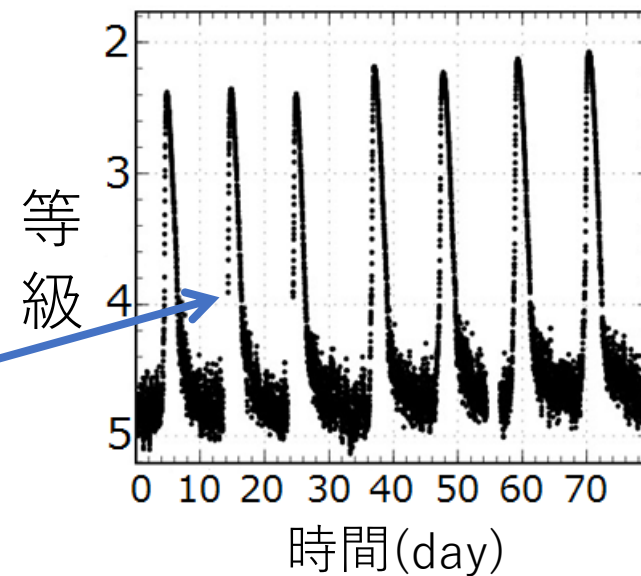
## 激変星 (Cataclysmic Variable; CV)

- 主星に白色矮星を持つ近接連星系
- 伴星からガスが流れ込み降着円盤を形成



## 矮新星 (Dwarf Nova, DN)

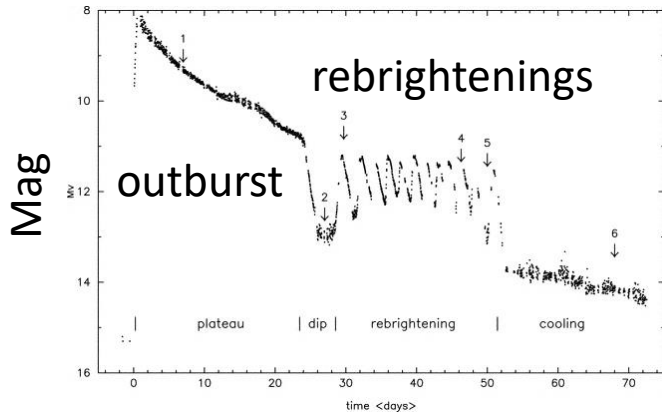
- 激変星のサブクラス
- 公転周期1~9時間ほど
- アウトバーストと呼ばれる、突発的な円盤の増光現象を起こす
- 降着円盤の活動現象の解明と連星進化の解明という宇宙物理の基礎研究に重要な天体。



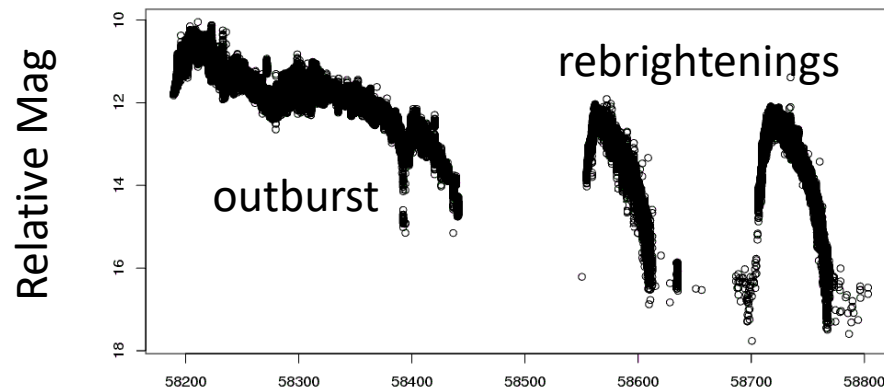
典型的な矮新星の光度変動

# 研究対象: 再増光

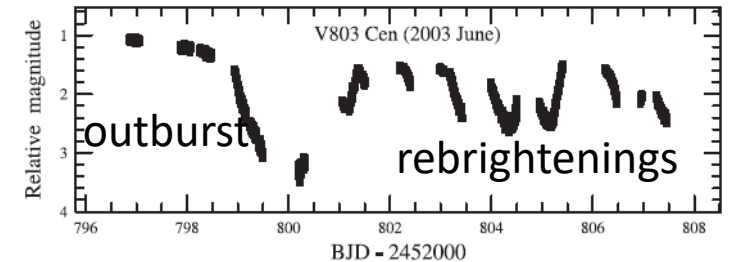
- WZ Sge型矮新星やX線連星で時折見られる現象。大規模なアウトバースト終了後すぐに、短いアウトバーストが発生する。しかしそのメカニズムは未解明。



激変星WZ Sge  
(Godon+ 2004, data from VSNET)



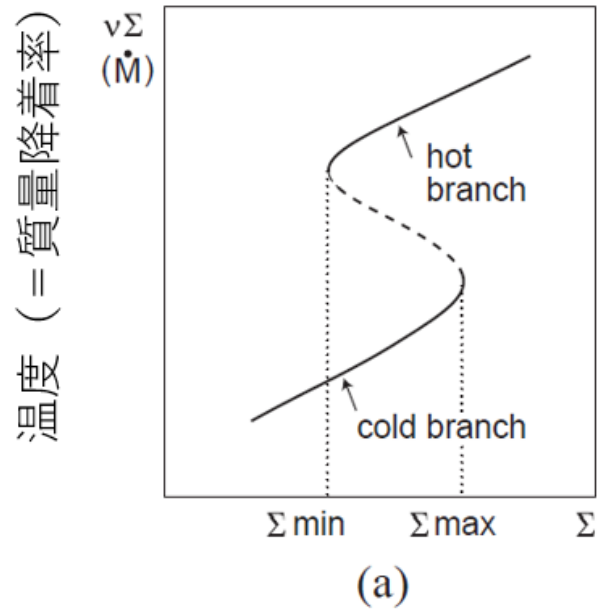
X線連星ASASSN-18ey  
(Niijima+ 2021)



ヘリウム激変星V803 Cen (Kato+ 2004)

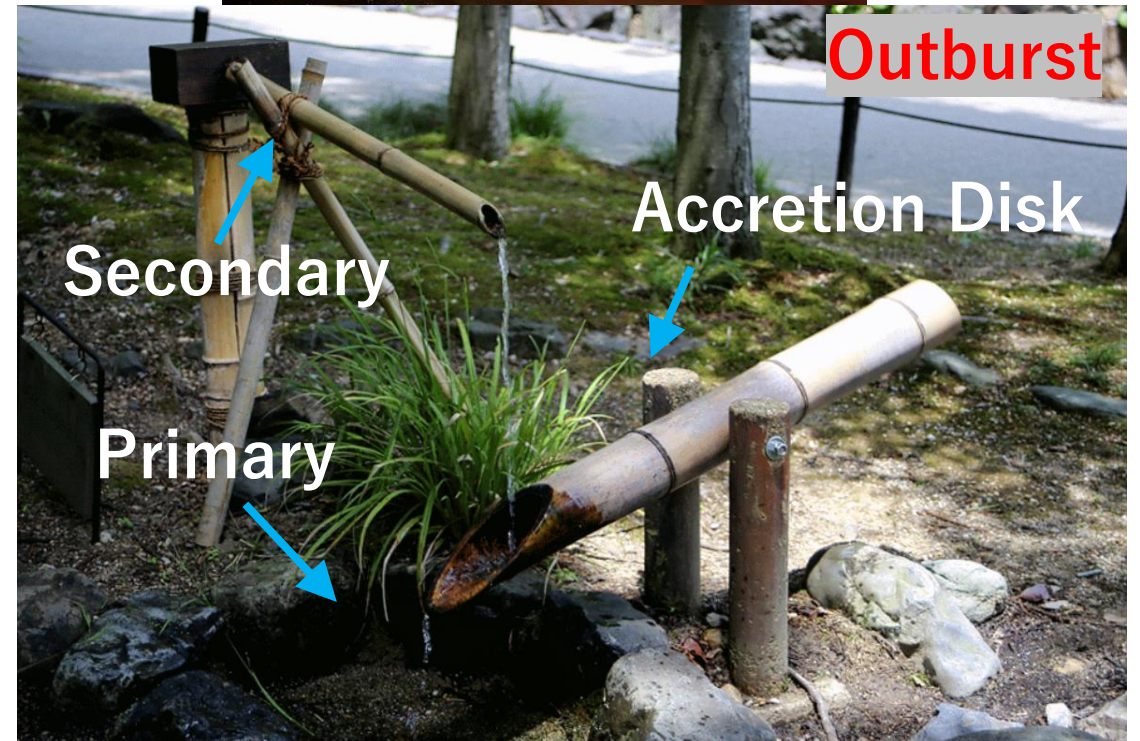
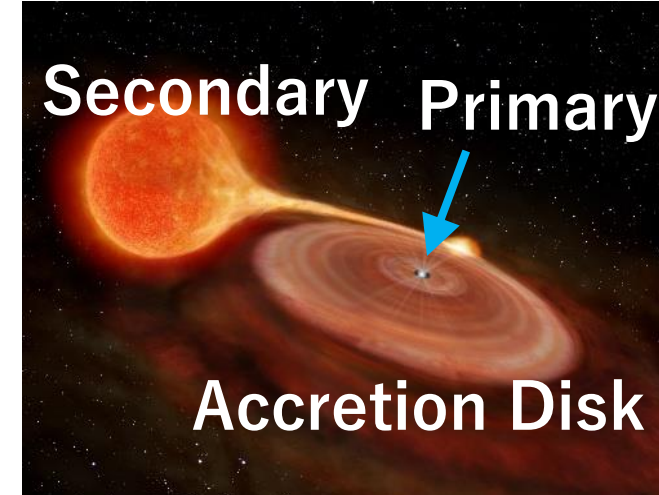
# アウトバーストの仕組み

- 円盤にある程度ガスが蓄えられると状態遷移を起こして明るくなる。



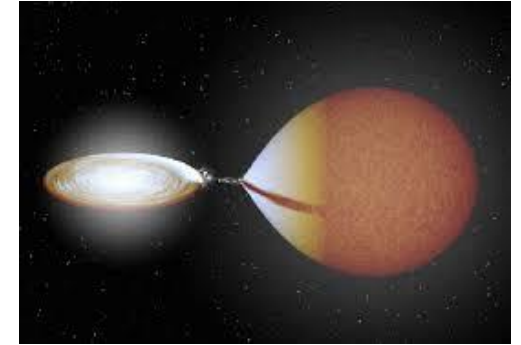
diskの面密度

- ししおどしのイメージ。
- 竹筒の中に水がないと音は鳴らない

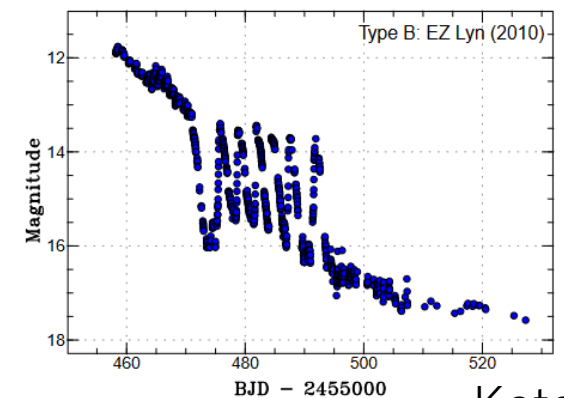


# 再増光の仕組み

- 再増光を説明する主なモデルは次の2つ
  - 伴星からの質量輸送率が増加(Hameury et al. 2000)
    - L1点は円盤の影になっているので本当に起きるのか疑問が多い
    - 観測的証拠は今のところない
  - 粘性の増加によるアウトバースト (Osaki, Meyer, Meyer-Hofmeister 2001)
    - 粘性が上がると、円盤質量が少なくてもアウトバーストを起こすことができる
    - しかし、ピーク光度が一定の複数の再増光を説明できない。(右下図)  
再増光のたびに円盤内の質量が消費されるため、再増光のピーク光度は減衰していくはず。  
⇒結局、円盤内側へのmass inflowが必要



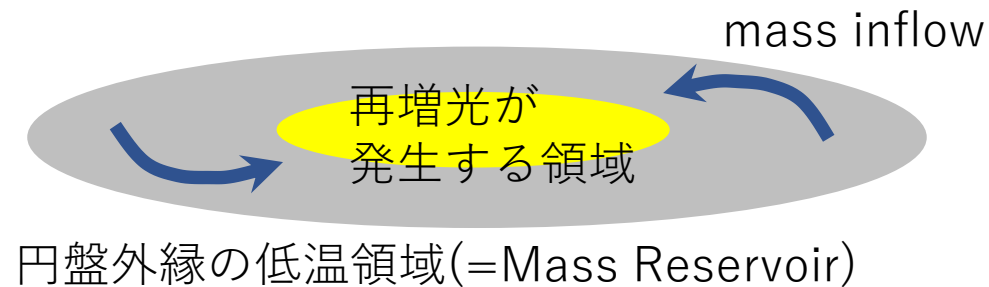
<http://users.uoa.gr/~kgaze/>



Kato (2015)

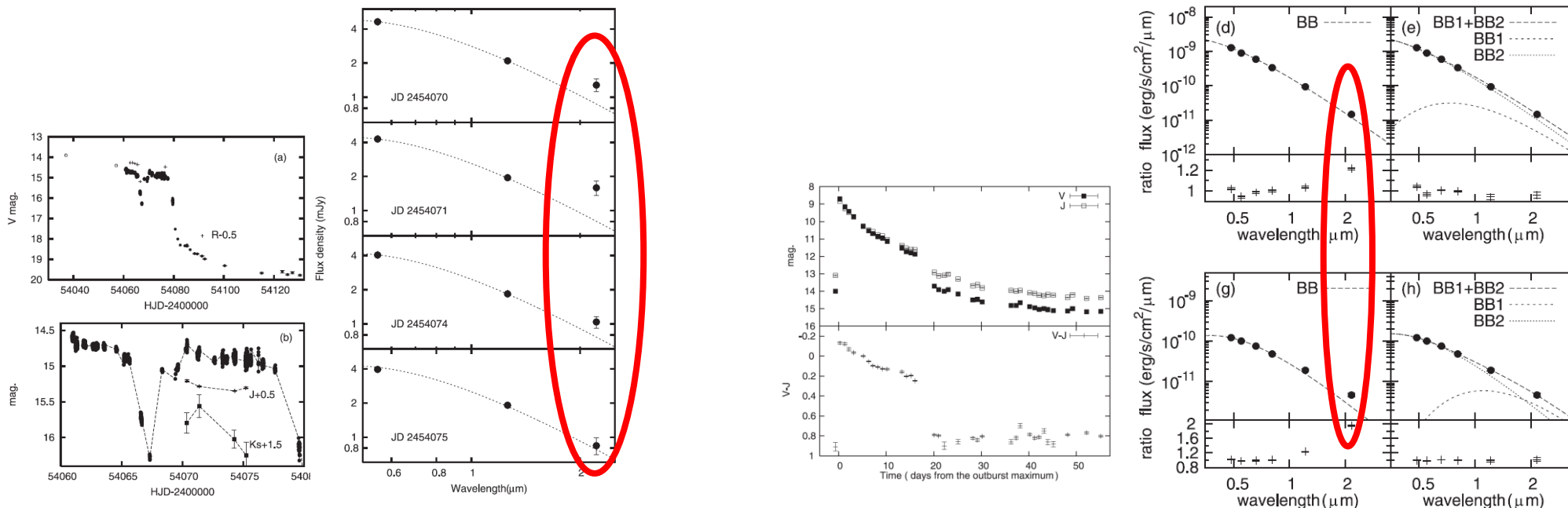
# Mass Reservoir Model (Kato et al. 1998)

- Kato+ (1998)はアウトバースト終了後にも円盤外縁(3:1共鳴半径の外側)にmassが残っているのではと考えた
- 大きく広がった円盤が、伴星の潮汐力によって角運動量を失い落ちていくことで円盤内側へのmass inflowとなり、再増光を引き起こすかもしれない。



# Observational Hints of Mass Reservoir in Hydrogen-rich CVs

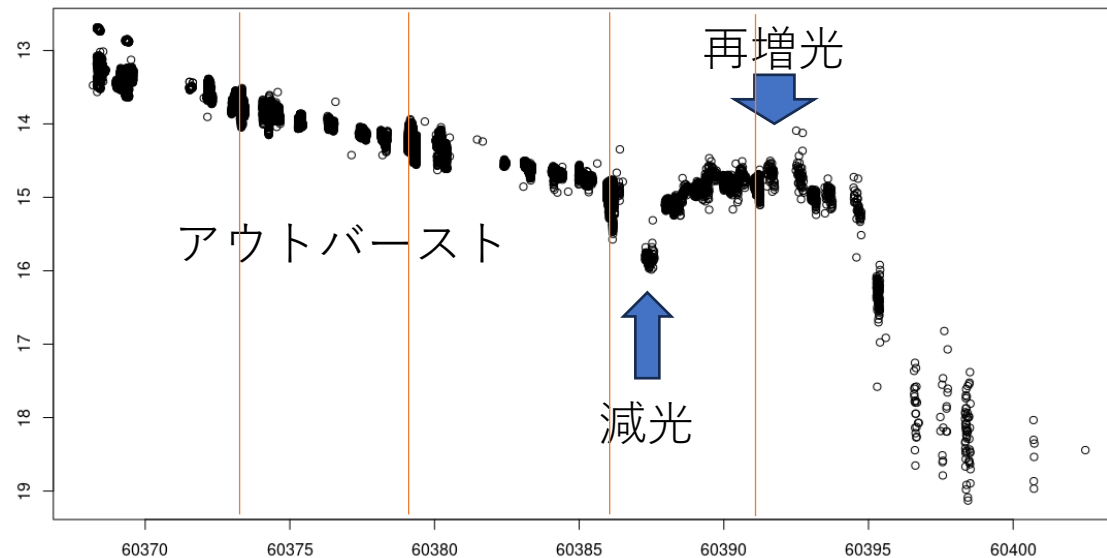
- Uemura+(2008)はlong typeの再増光中にV, J, Ksの多色測光を行った。
- Ksの超過が次第に減少していく様子が観測された
- Ks超過 = 円盤外側の冷たいガス = Mass Reservoirの証拠だと主張した
- Matsui+ (2009)でもアウトバースト終了後のKs超過を報告したが、この天体は再増光を起こさなかったので再増光との関連は不明。



Ks excess in SDSS J1021+2349 (Uemura+ 2008)    Ks excess in V455 And (Matsui+ 2009)

# Uemura+2008の天体が今年再アウトバースト

- 再増光前後でのKs excessを再確認するため鹿児島大学1m望遠鏡に観測を依頼した。
- 図中の赤線のところでせいめいを使った分光観測も実施

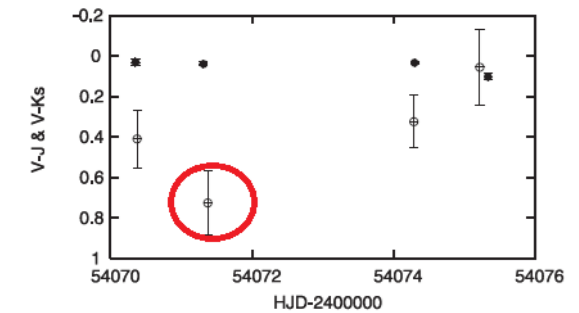
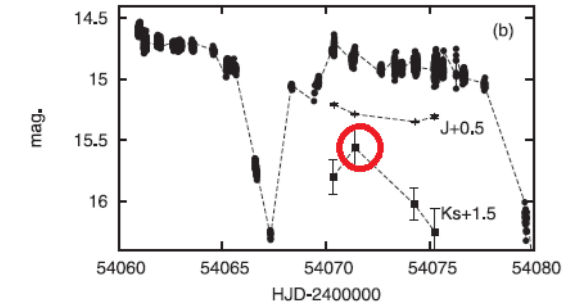
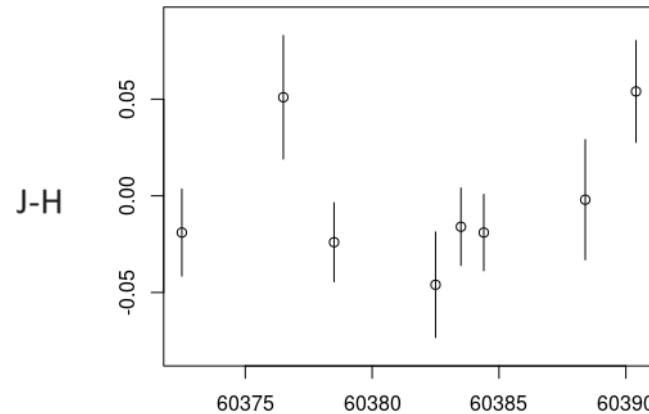
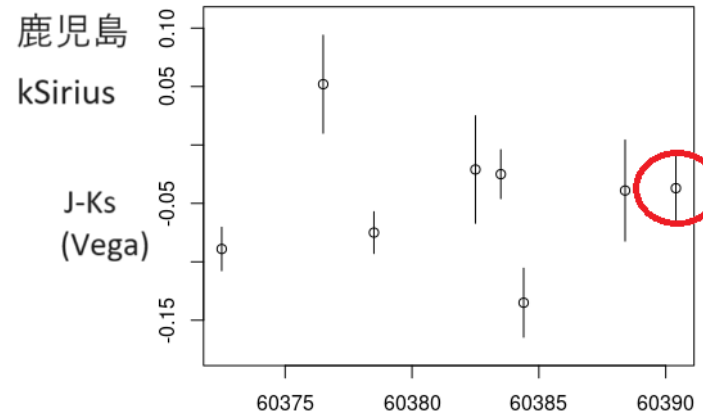
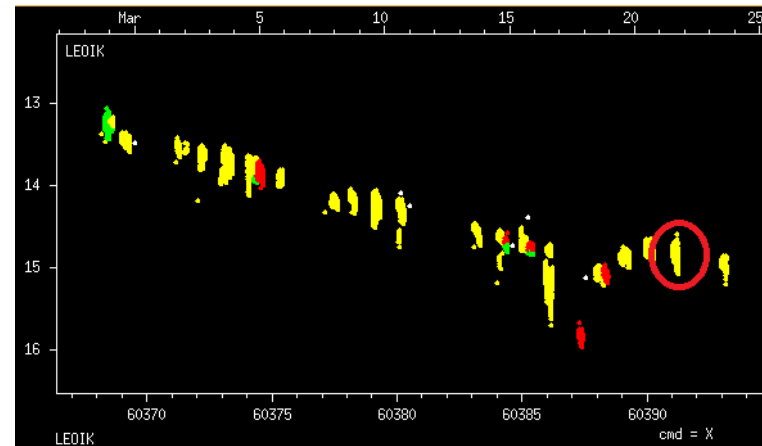


VSNET+AAVSOによる光度曲線



# 赤外の色変化

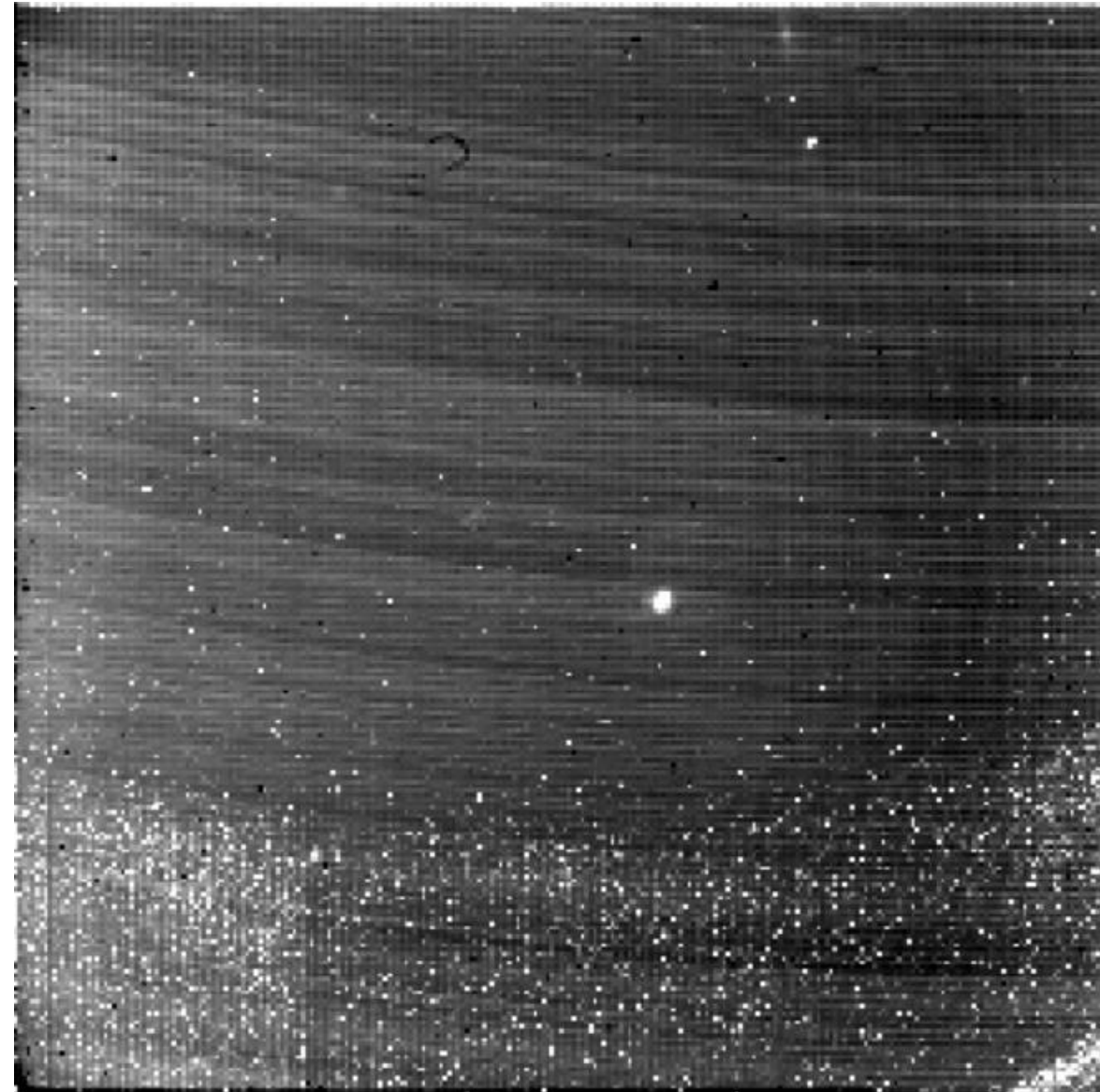
- Uemura+2008で報告されたKsの超過が全く見られなかった。
- 前回のJ-Ksはピークで $\sim 0.7 \pm 0.1$  平均でも $\sim 0.4$
- 今回のJ-Ksはピークで $0.05 \pm 0.03$  平均でも $-0.01$



- がっている所が大体同じタイミング (再増光から約4日目)
- 2006だとJ-Ks  $\sim 0.7$
- 2024だとJ-Ks  $\sim 0$

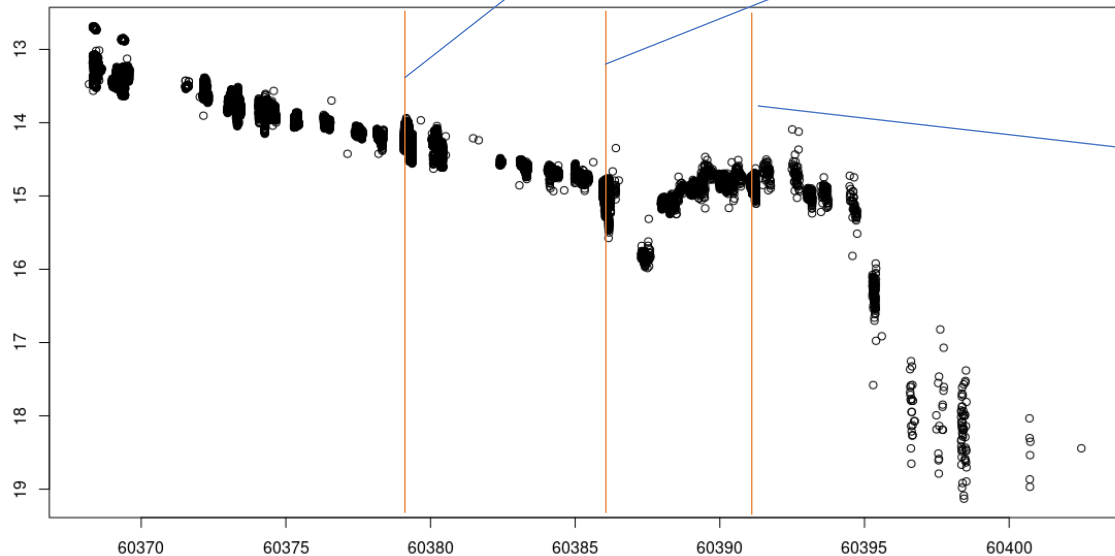
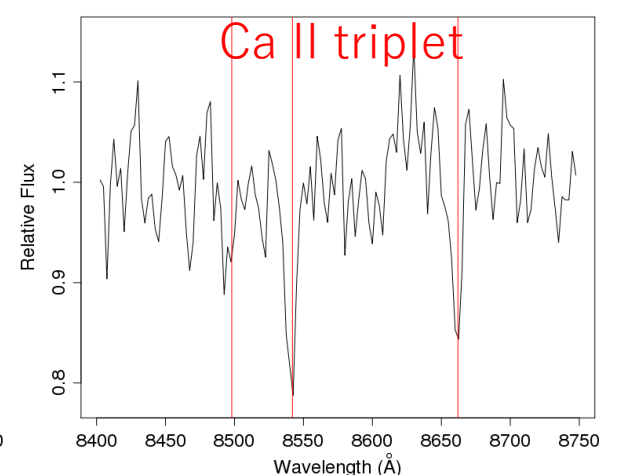
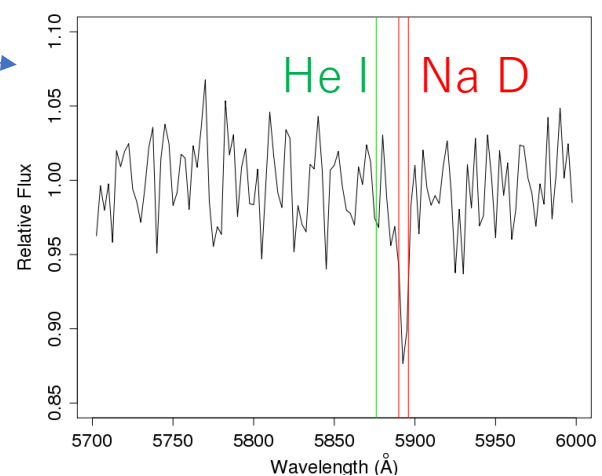
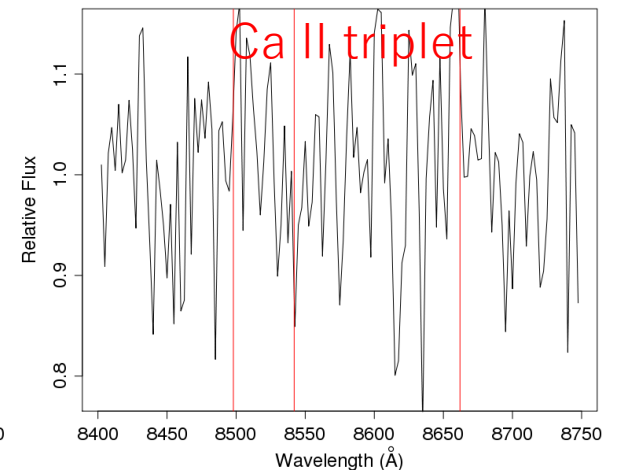
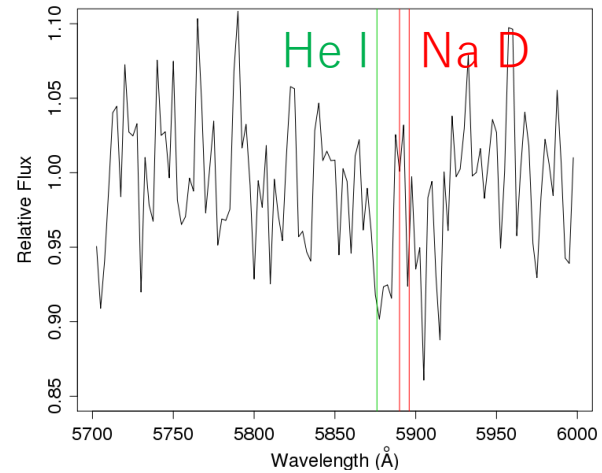
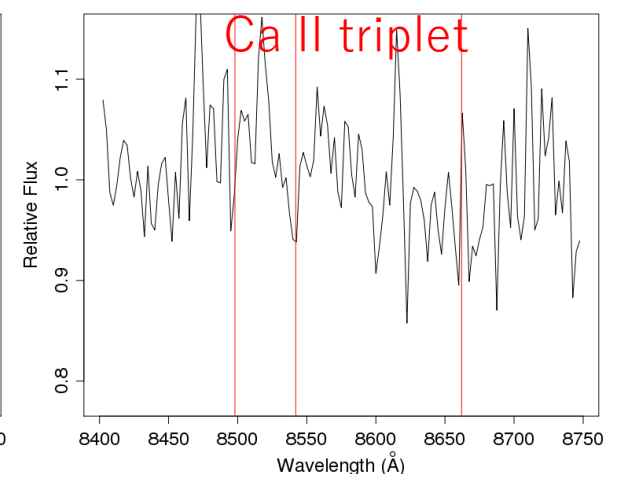
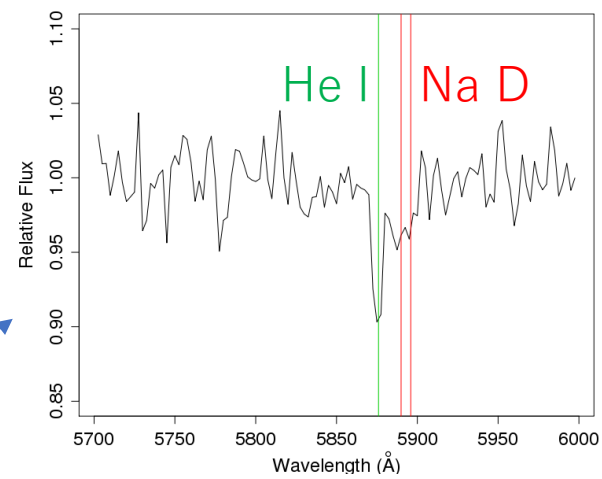
# Uemura+2008の 生データを確認

- 最も赤くなった日のデータ
- TRISPECの検出器はホットピクセルが大量でバックグラウンドも大きい
- 植村さんコメント「これでもsky画像をつかって差っ引くと綺麗に星が見えて感心した」
- しかしこの日はditheringなしだった模様
- フラットなどの校正用データがなく検証不可でどの程度信頼できるか疑問
- ただし、Ks-excessは3晩にわたって観測されており、デタラメな測光結果という印象は受けない。Matsui+2009でもアウトバースト終了後にKs-excessが受かっているので異常な結果ではない。
- 植村さんコメント「Ksだけ明るいのに疑問を思いながら論文を書いた。たぶん測光結果には自信があったんだと思う」



# 近赤外分光モニター

- 数千Kの低温度成分の指標となりうるNa DとCa II tripletを分光モニター。
- 再増光のタイミングでNa D/Ca IIの吸収線が出現



# 結果&まとめ

- Uemura+2008で見られた赤外超過は怪しい？  
今後データの精査を進める予定。
- 一方で分光データは低温成分の存在を支持
- 再増光のフェーズで低温度成分が目立つ = Mass Reservoirの存在を示唆する結果となった。
  
- 近赤外分光モニター観測は円盤外縁の  
低温度成分を探查するための良い指標となり得る。
- kSiriusで他の天体もモニターしたい。