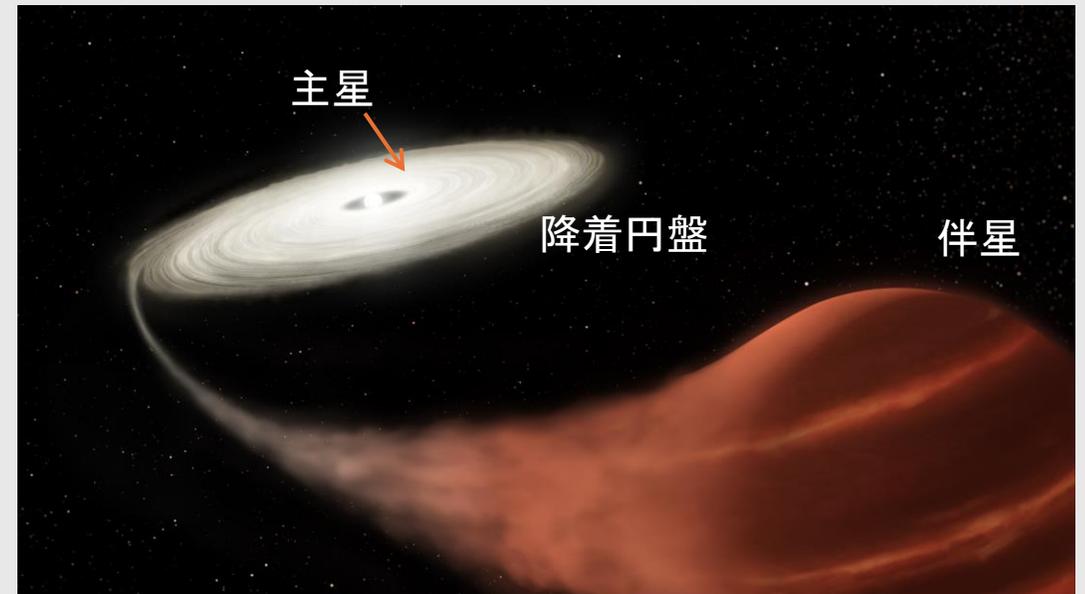


多色撮像観測による IW And型矮新星KIC 9406652の研究

笠井理香子, 植村誠, 佐崎凌佑(広島大学)

矮新星 Dwarf novae

- 白色矮星(主星)と晩期型主系列星(伴星)から成る近接連星系
- 主星の周囲に降着円盤を形成
- 降着円盤の熱的不安定性によって増光(outburst)と減光を繰り返す

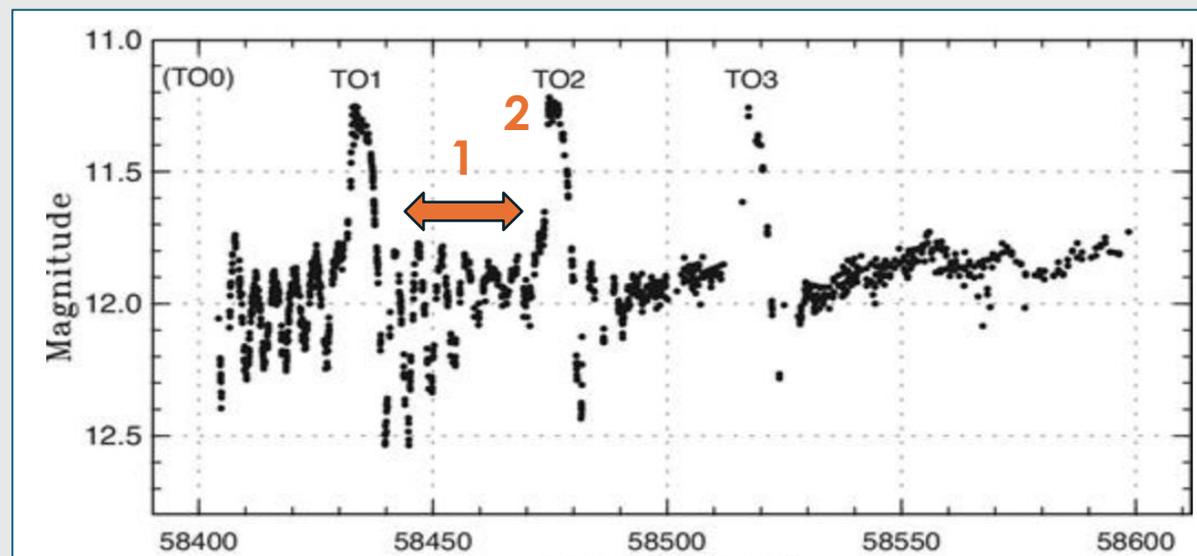


矮新星イメージ(NASA and L. Hustak (STScI))

IW And型矮新星

特徴

1. 増光期と静穏期の中間程度で光度が周期的に変化
 2. その後増光で終了
- 熱的不安定性では説明が難しく、メカニズムは不明
 - 2つのモデルが提唱されている
 - a. 伴星からの質量輸送率の変動(Hameury, J.-M., & Lasota, J.-P. 2014, A&A, 569, A48)
 - b. 傾いた円盤モデル(Kimura, M et al. 2020, PASJ, 72, 2)



Kato[2020]

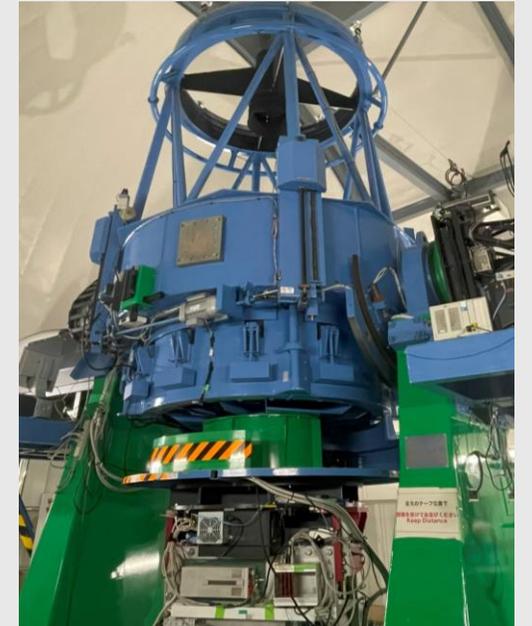
目的：色変化からIW And型矮新星の円盤温度とサイズを調べる

可視光から近赤外までの同時多色撮像の利点

- 色変化から細かいスペクトルの傾きが分かる
- 矮新星の場合、伴星の寄与を差し引いて円盤本来の温度とサイズが分かる

観測条件

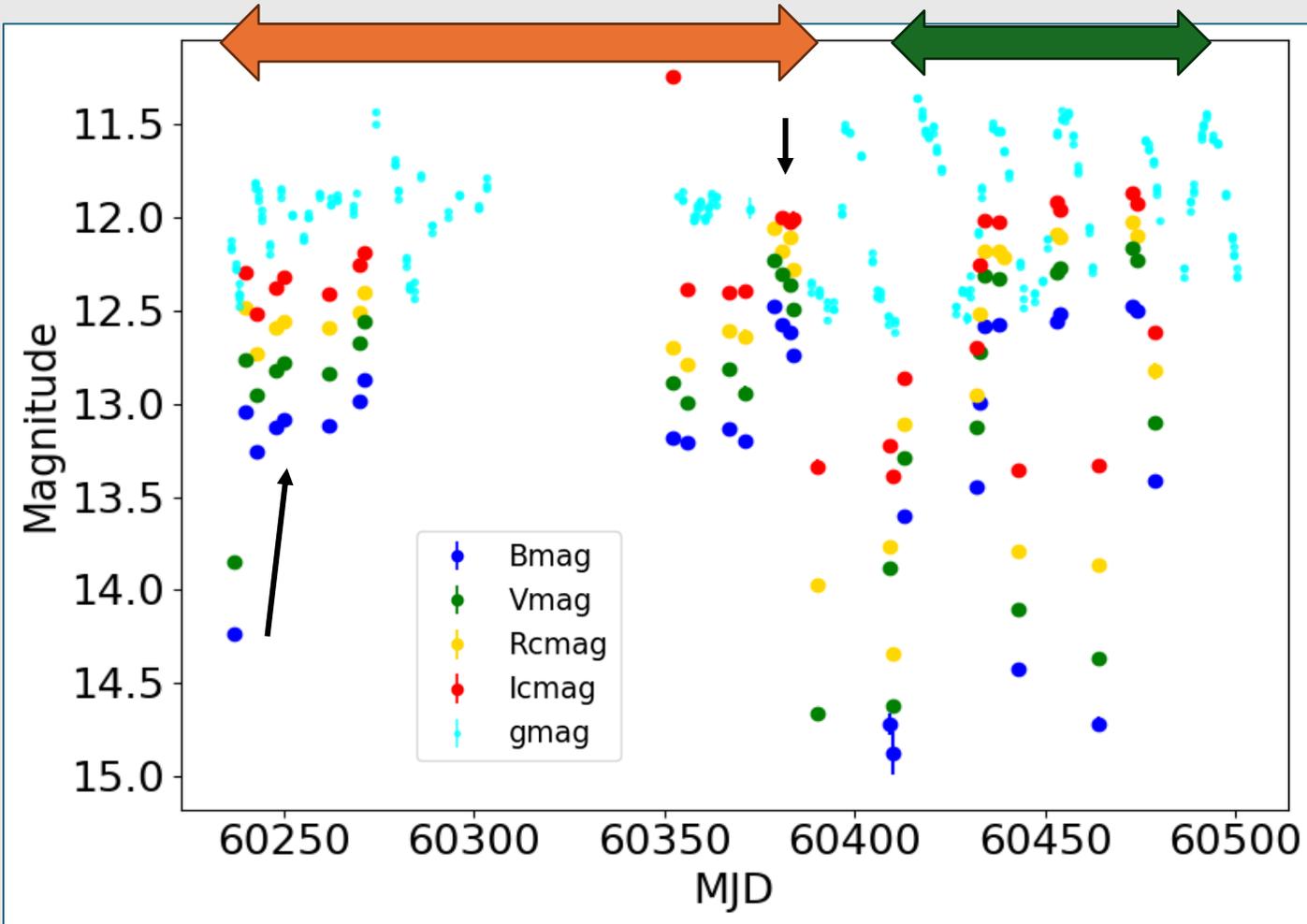
望遠鏡	かなた望遠鏡(広島大学1.5m光学赤外線望遠鏡)
検出器	可視近赤外線同時カメラHONIR
対象天体	KIC 9406652
観測時期	2023/10/20 ~ 2024/6/18
バンド 可視	B, V, Rc, Ic
近赤外	J, H, Ks



かなた望遠鏡 3

光度曲線

(g等級はASAS-SNから作成)

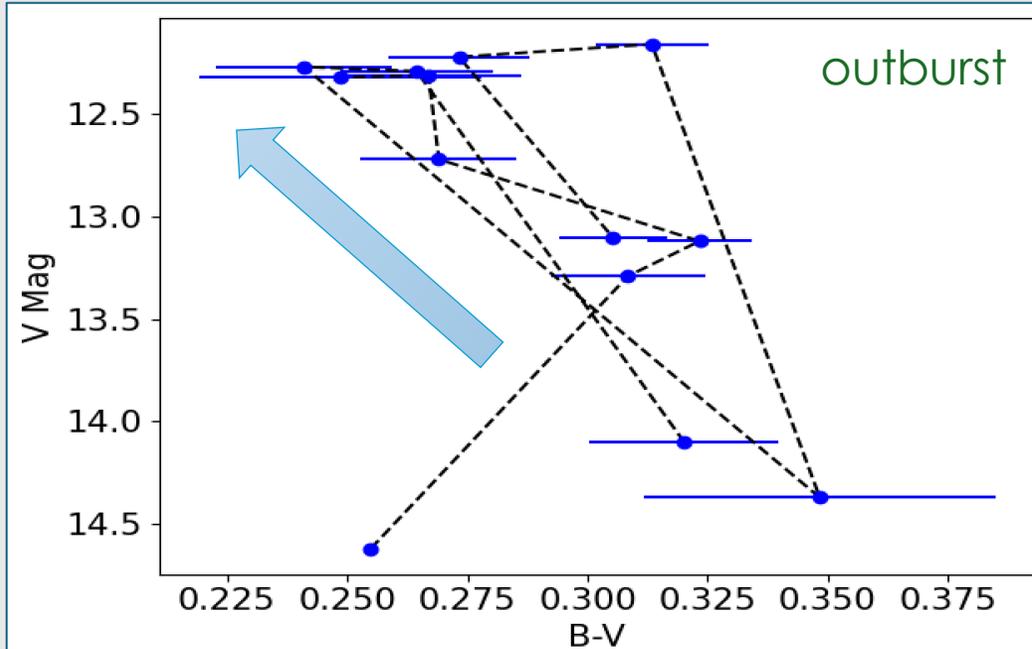


MJD 60237 – MJD 60384
IW And 状態

- 初日から2日目に0.6-1等程度増光
- g等級が12等付近で0.4等程度の振動
- MJD 60380で Terminal outburst
- TOから静穏期までの減光

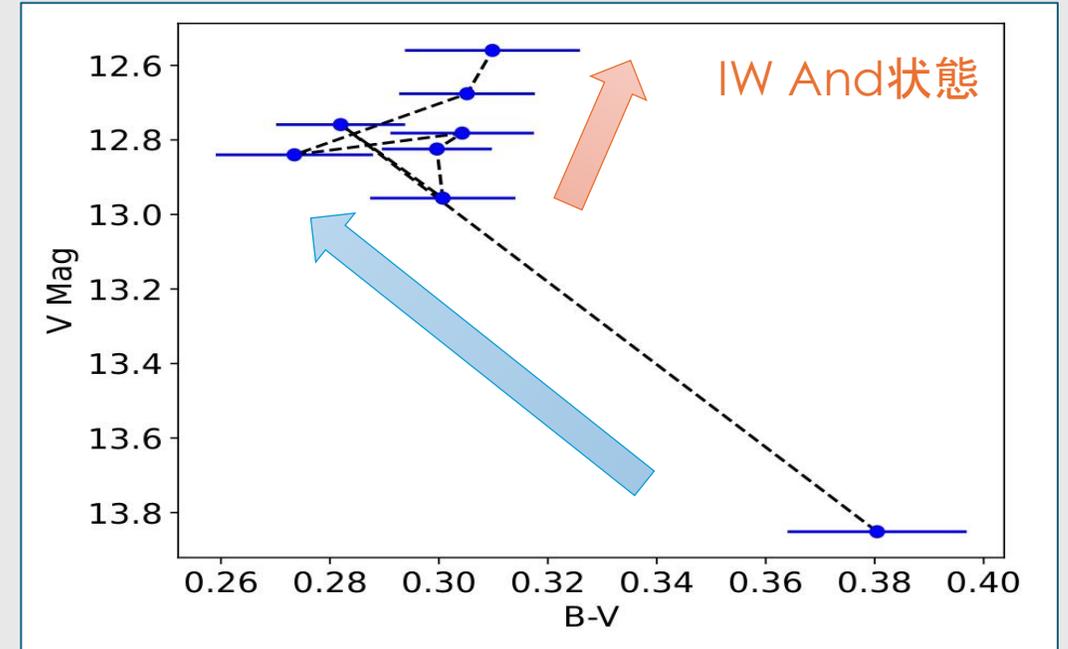
MJD 60409 -
outburst を繰り返す

色変化



Outburst

増光期に青く、静穏期に赤くなる
→降着率の増加によって温度も光度も
上昇する(通常の挙動)



IW And状態

増光時は青くなる
終盤では明るく赤くなる
低温かつ明るい → 円盤半径の増加?

降着円盤のモデル

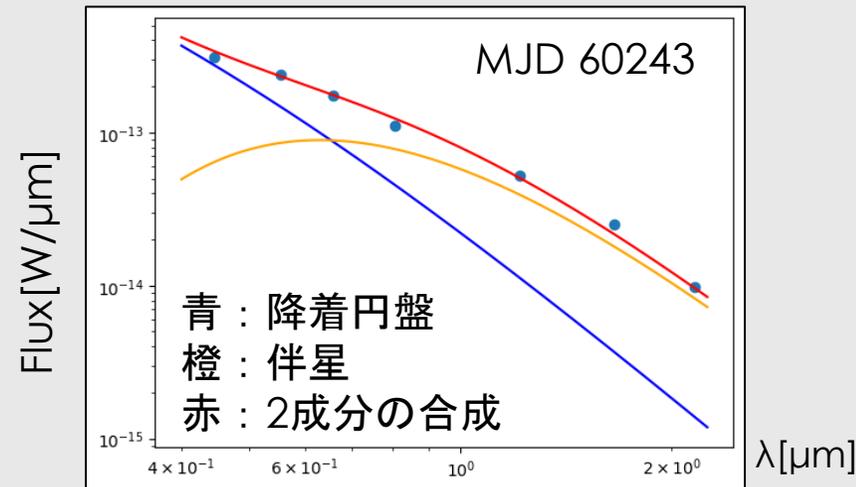
降着円盤の場合

- 中心部から外縁にかけて温度が変化する
円盤黒体放射スペクトル

$$T = T_{in} \left(\frac{r}{r_{in}} \right)^{-p} \quad p = \frac{3}{4}$$

$$B_{\lambda}(T(r)) = B_{\lambda}(r) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp[hc/\lambda k_B T(r)] - 1}$$

$$S_{\lambda} = 10^{a_1} \int_{T_{out}}^{T_{in}} \frac{1}{\lambda^5} \frac{T^{-(2/p)-1}}{\exp[hc/\lambda k_B T] - 1} dT$$



伴星の場合

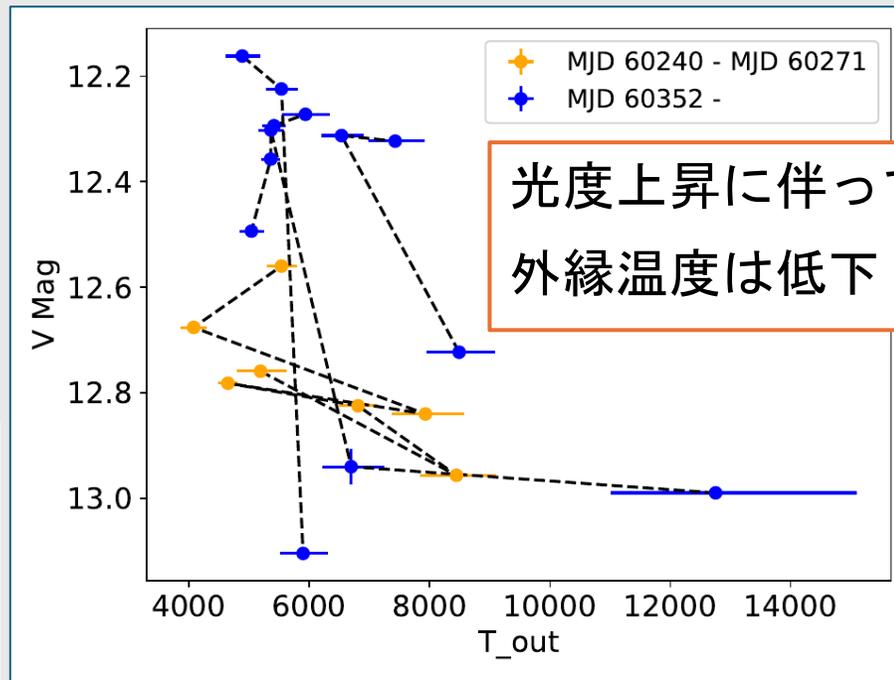
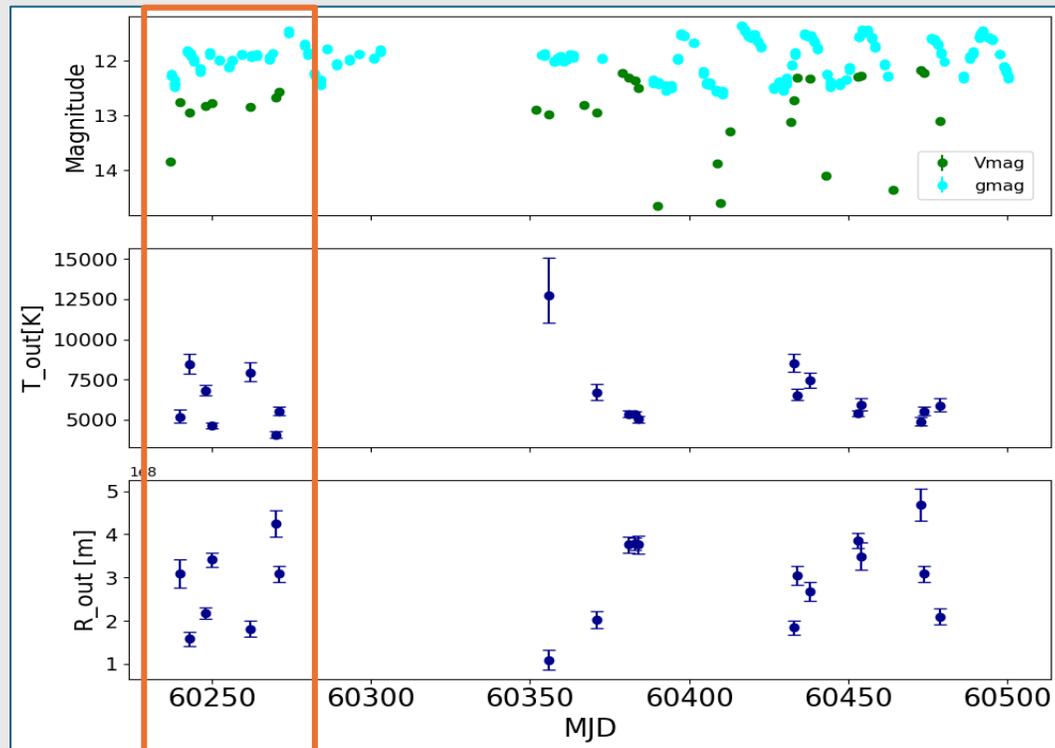
- 晩期型主系列星
- 伴星温度は4000K付近
- 単一温度の黒体放射

$$S_{\lambda} = 10^{a_2} \frac{1}{\lambda^5 (\exp[hc/\lambda k_B T] - 1)}$$

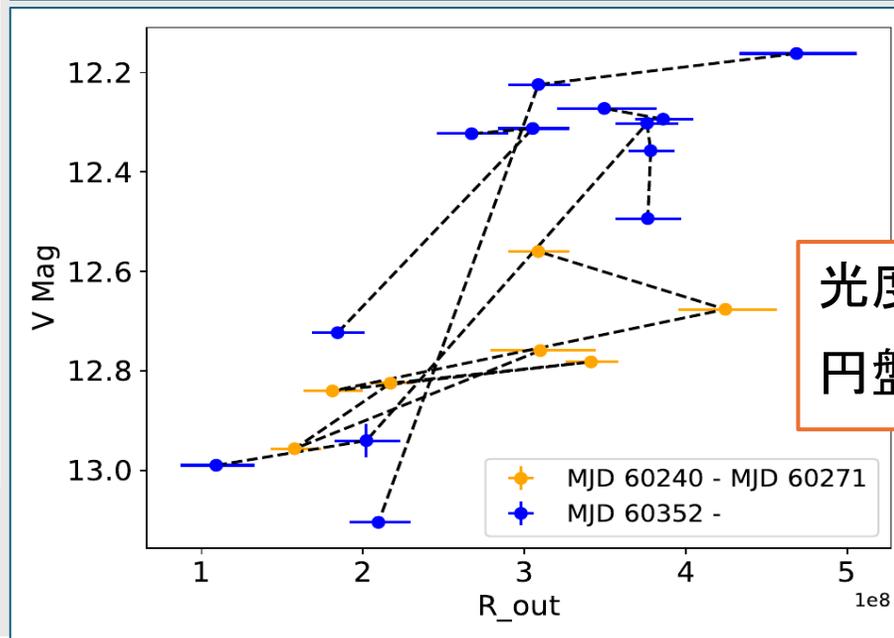
$a_2 = -35.9$
 $T = 4600 \text{ K}$

➡ a_1 と円盤外縁温度 T_{out} をMCMCを用いて推定

外縁温度と円盤半径



$$T = T_{in} \left(\frac{r}{r_{in}} \right)^{-\frac{3}{4}}$$



光度上昇に伴って
円盤半径は増加

IW And状態での変化

IW And状態の期間中、振動しながらも光度は徐々に増加

⇒ 温度は徐々に低下、円盤半径は増加

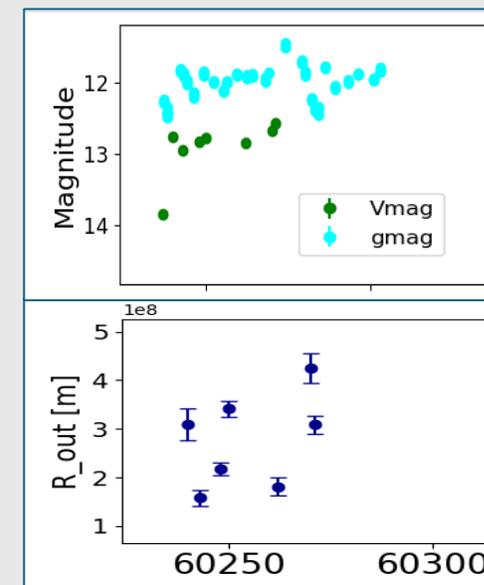
先行研究でも同様の示唆

- ・ 食を用いたIW And型矮新星のアウトバースト機構の検証
(柴田真晃 et al., 2021, 日本天文学会2021年春季年会)
- ・ ネガティブスーパーハンプの周波数の減少
(Kimura et al., 2020, PASJ)

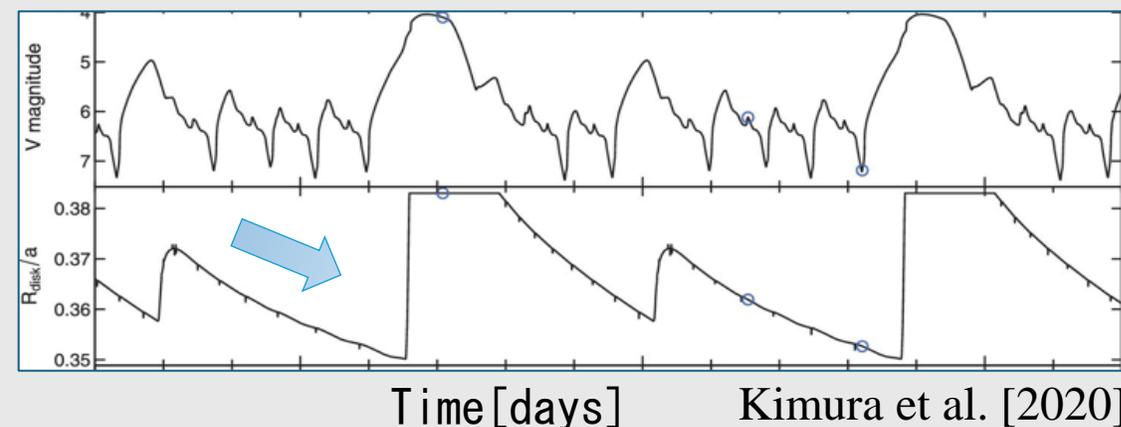


モデルでの説明が困難

- ・ 質量輸送率の変動モデル
→ 円盤半径の増加は説明されていない
- ・ 傾いた円盤モデル
→ シミュレーションでは円盤半径は減少

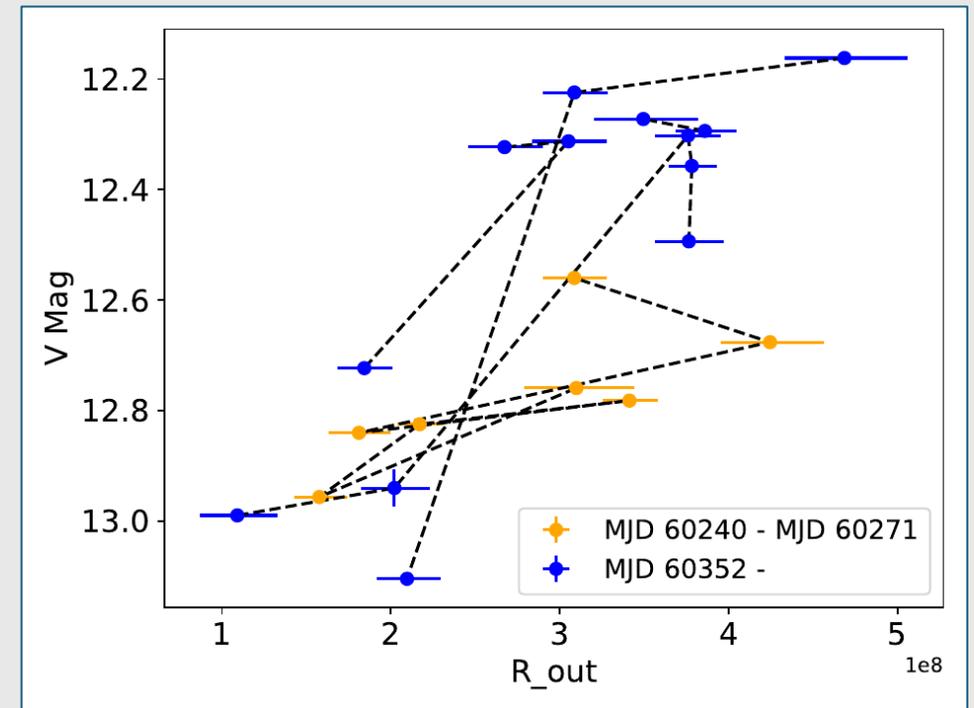


傾いた円盤モデルのシュミレーション結果



まとめ

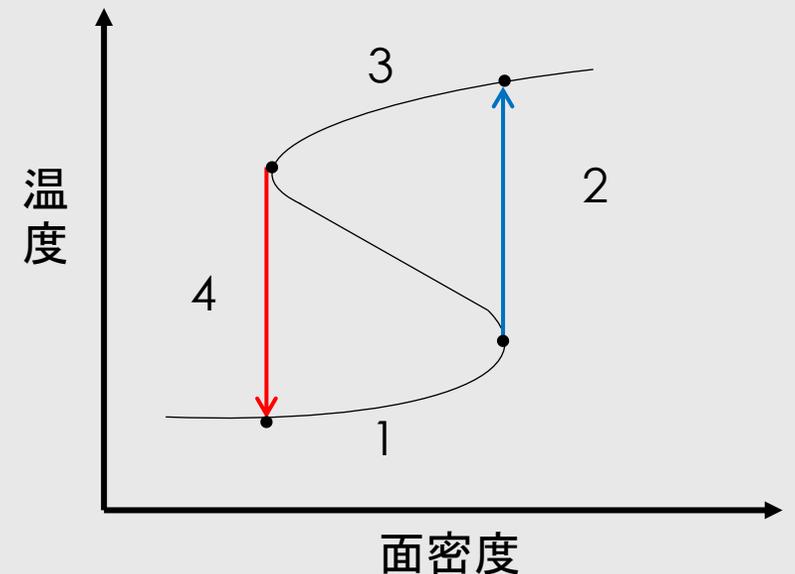
- かなた望遠鏡を用いたIW And型矮新星の多色撮像観測を実施
- IW And状態、終了時の増光、outburstの観測に成功した
- IW And状態で円盤半径が増加
→ 先行研究を多色撮像からも支持
- 現在提唱されているモデルと矛盾



降着円盤の熱的不安定性

- 矮新星の増光サイクルを説明するモデル
- 円盤は中性水素ガスで構成された粘性の小さい低温状態と電離水素ガスで構成された粘性が大きい高温状態の間を振動

1. 低温状態にある時、面密度が徐々に増加
2. 臨界点で電離水素ガスになり高温状態に遷移、解放されるエネルギーの増加により明るくなる
3. 徐々に面密度が低下
4. 臨界点で再び低温状態に戻る



R_out の計算

$$T = T_{in} \left(\frac{r}{r_{in}} \right)^{-p}, p = \frac{3}{4} \quad \text{より} \quad r = r_{in} \left(\frac{T}{T_{in}} \right)^{-\frac{4}{3}} \quad \xrightarrow{r = R_{out}, T = T_{out}} \quad R_{out} = r_{in} \left(\frac{T_{out}}{T_{in}} \right)^{-\frac{4}{3}}$$

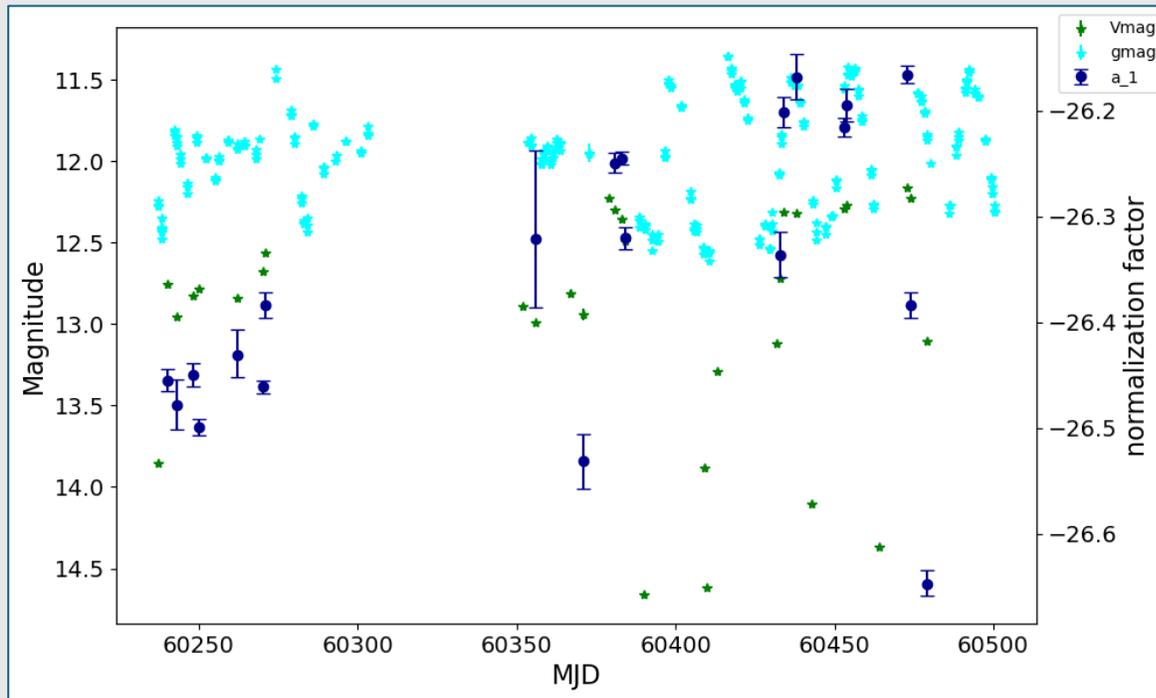
$(T_{in} = 100000 \text{ K})$

実際は

質量降着率の変化 (= 10^{a_1} の変化) によって T_{in} は変化
⇒ 各日の値と基準値の比から日ごとの T_{in} を再計算する

$$10^{a_1} = 4\pi hc^2 \frac{r_{in}^2}{p} T_{in}^{2/p} \quad \text{より}$$
$$10^{a_1} \propto T_{in}^{8/3} \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{l} 10^{a_1} \text{ が } c \text{ 倍になると} \\ T_{in} \text{ は } c^{3/8} \text{ 倍} \end{array}$$

Normalization factor(a_1)の時間変化



- 等級と正の相関
→ 質量降着率を反映

モデルフィッティングの結果

青：降着円盤

橙：伴星

赤：2成分の合成

