

# 食を用いたIW And型矮新星の アウトバースト機構の検証

京都大学 理学研究科

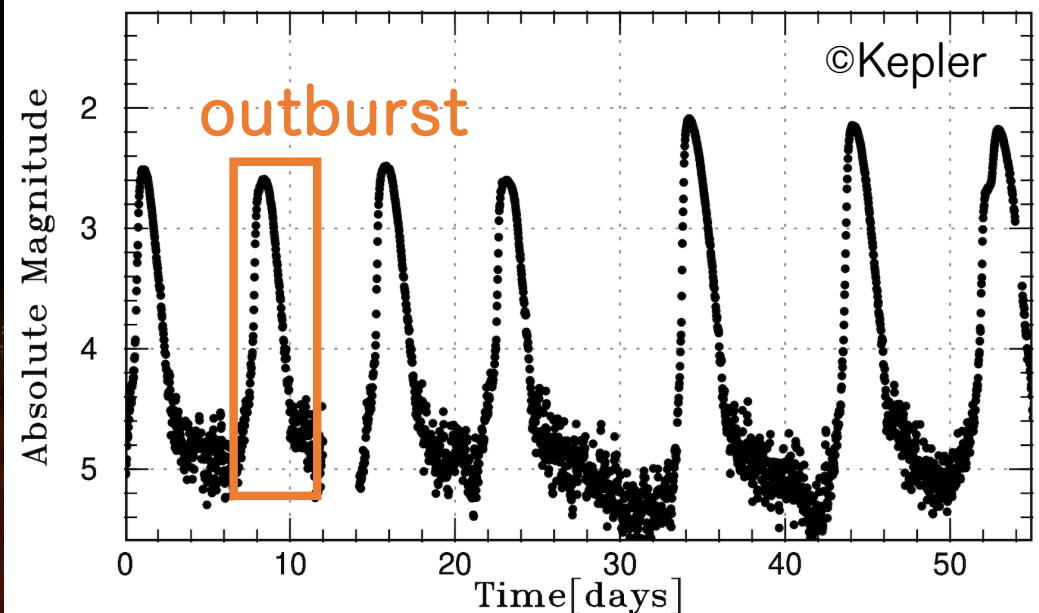
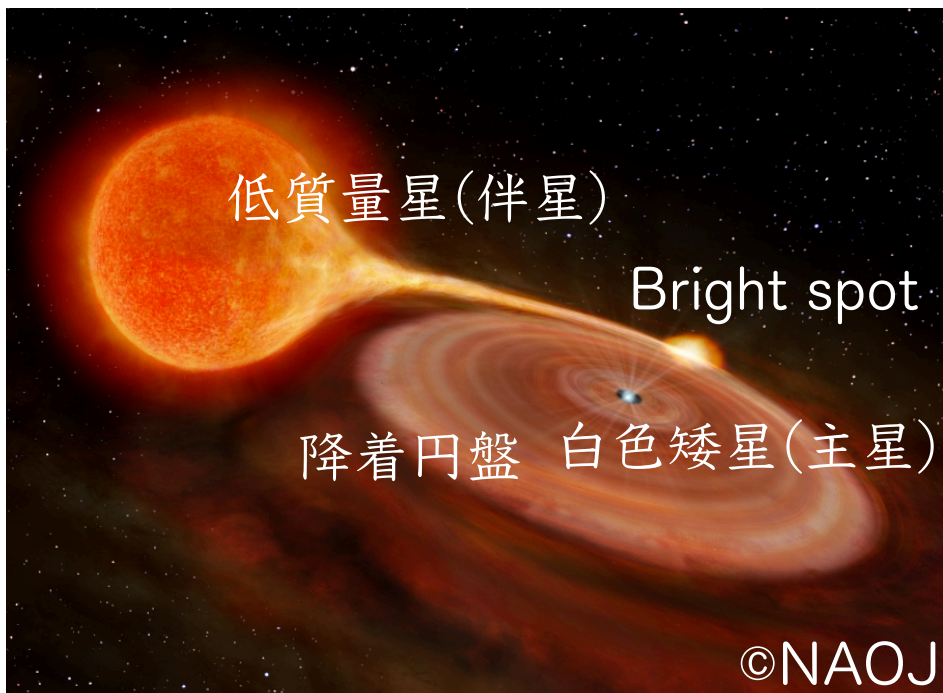
宇宙物理学教室 可視恒星グループ

MI 柴田真晃

反保雄介、小路口直冬、若松恭行、木邑真理子、磯貝桂介、野上大作、加藤太一

# 矮新星 (Dwarf Novae)

- 白色矮星(主星)と低質量星(伴星)からなる近接連星系
- 主星の周囲に降着円盤(accretion disk)が形成



# 矮新星の分類

- SS Cyg型

典型的な矮新星

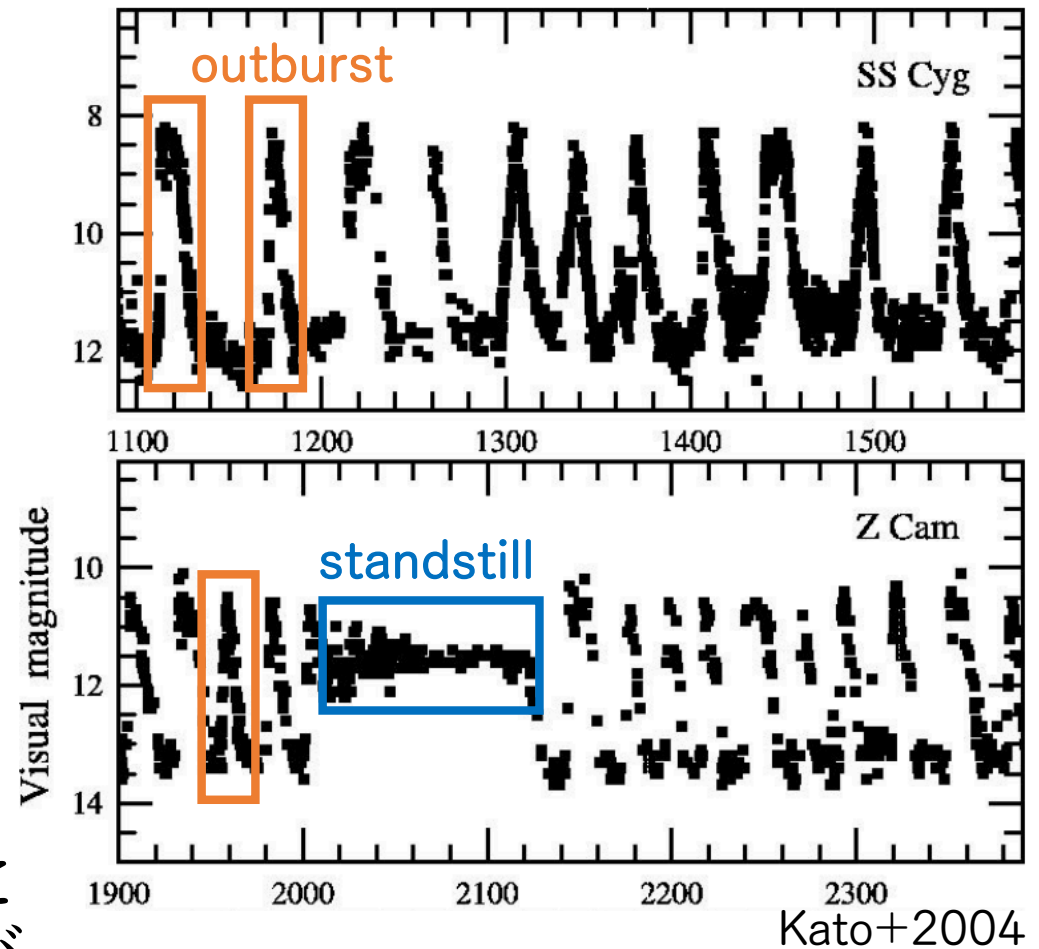
outburstを起こす

- Z Cam型

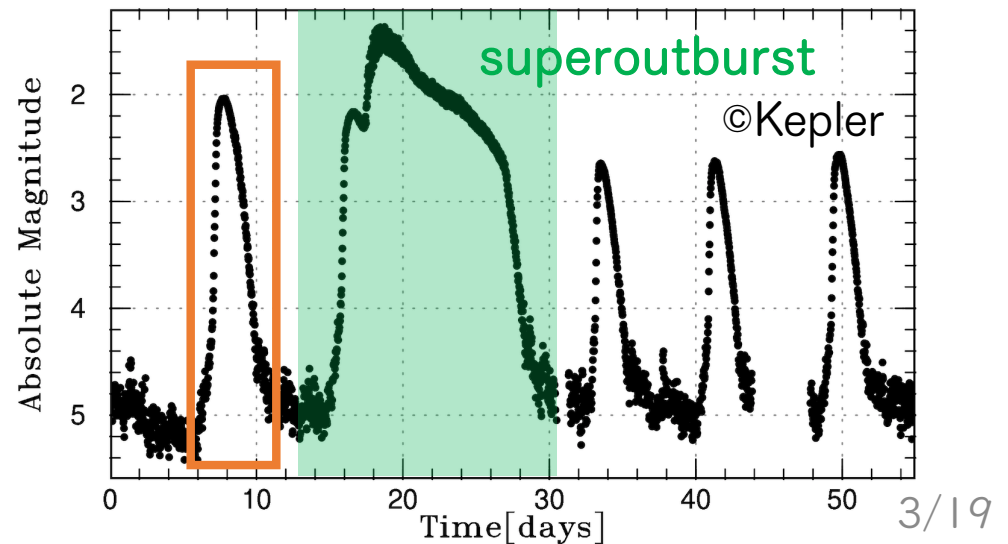
outburstの他に中間光度にとどまる時期(standstill)がある

- SU UMa型

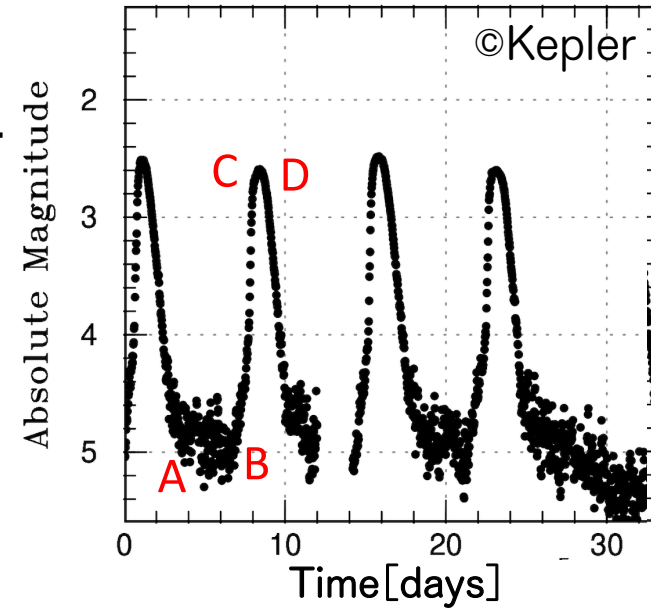
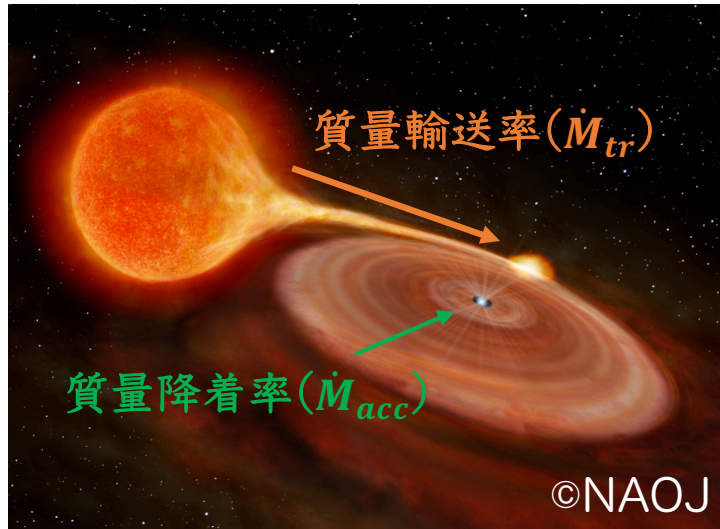
outburstに加えて  
superoutburstを起こす



Kato+2004

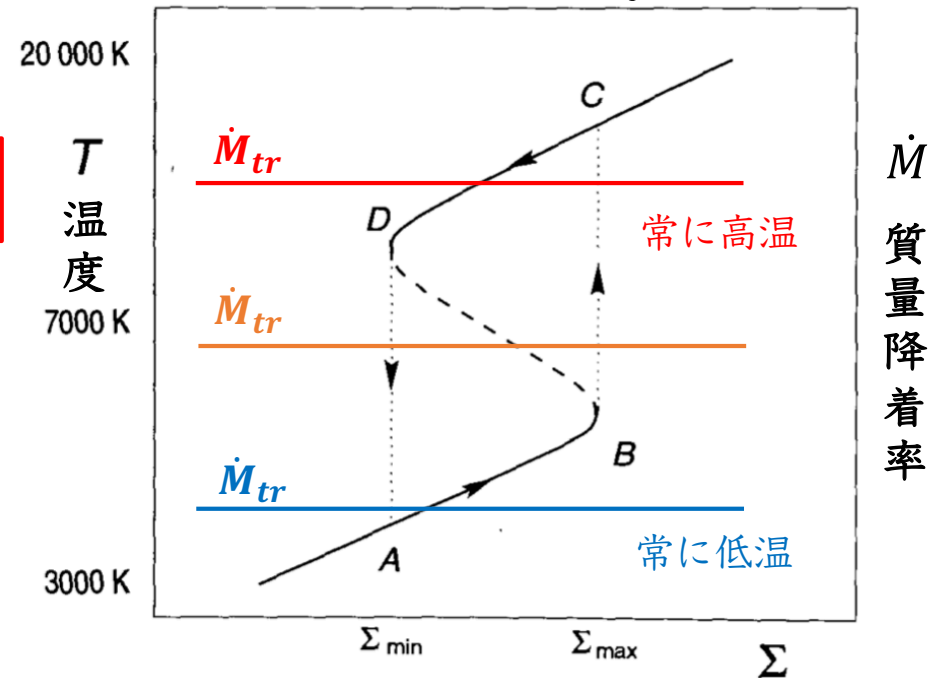


# アウトバースト機構



## 熱的不安定性(thermal instability)

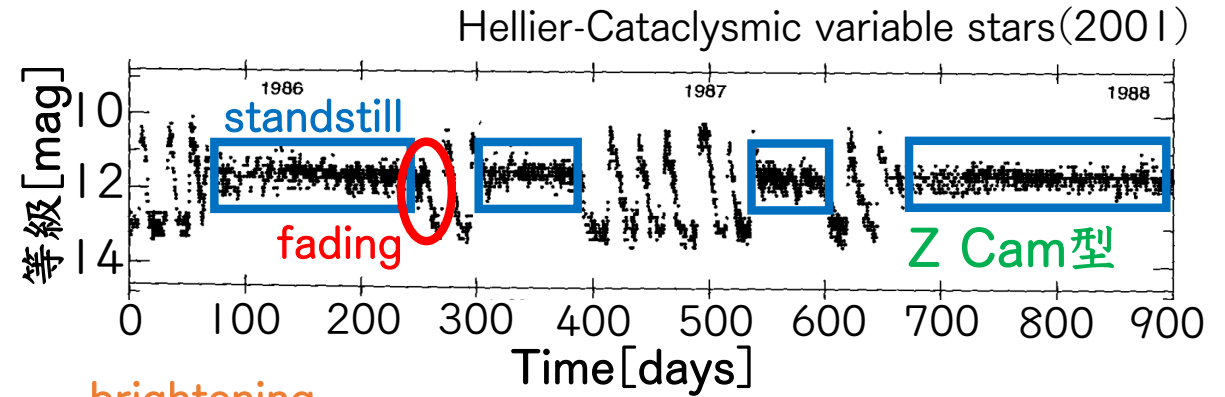
- 降着円盤の不安定によって増光
- 質量降着 = “**重力エネルギー**”の解放  
→ 熱+放射エネルギーに変換
- B → Cになった時outburst
- D → Aで静穏期に戻る



# IW And型矮新星

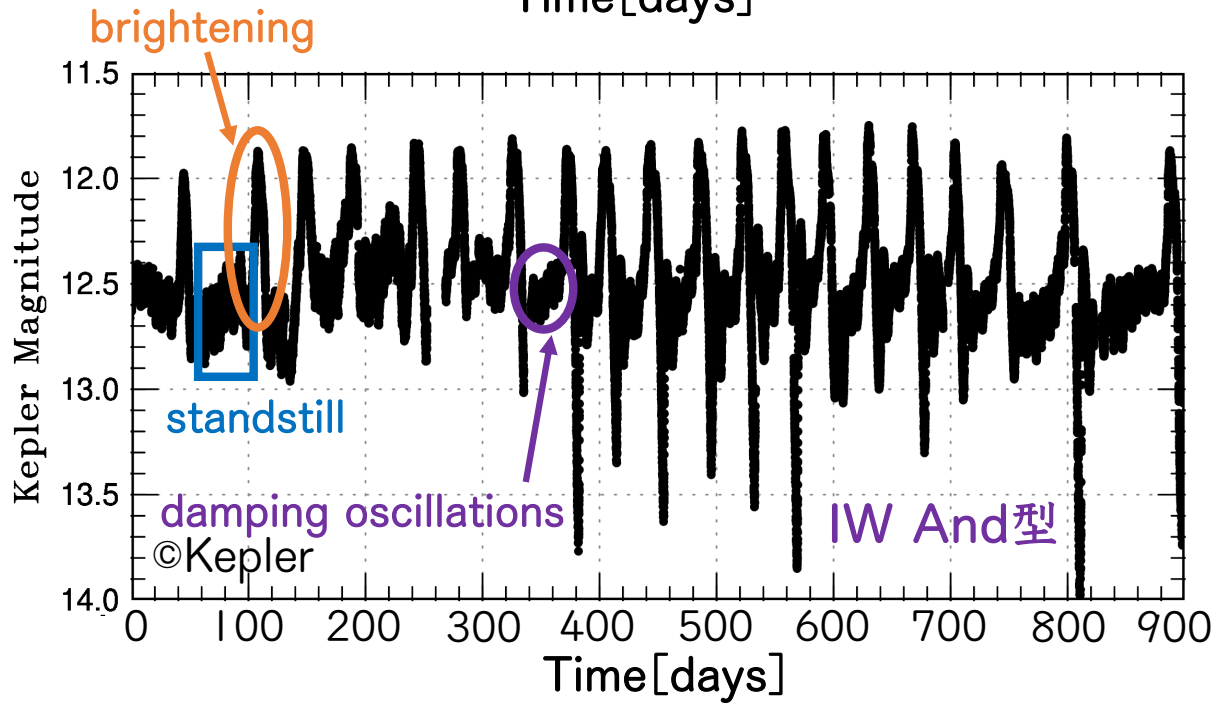
## “Z Cam型矮新星”

- standstill → fading
- 非周期的な変動



## “IW And型矮新星”

- standstill → brightening
  - 周期的な変動
- 近年, 認知された矮新星の新たな挙動(Simonsen 2011)

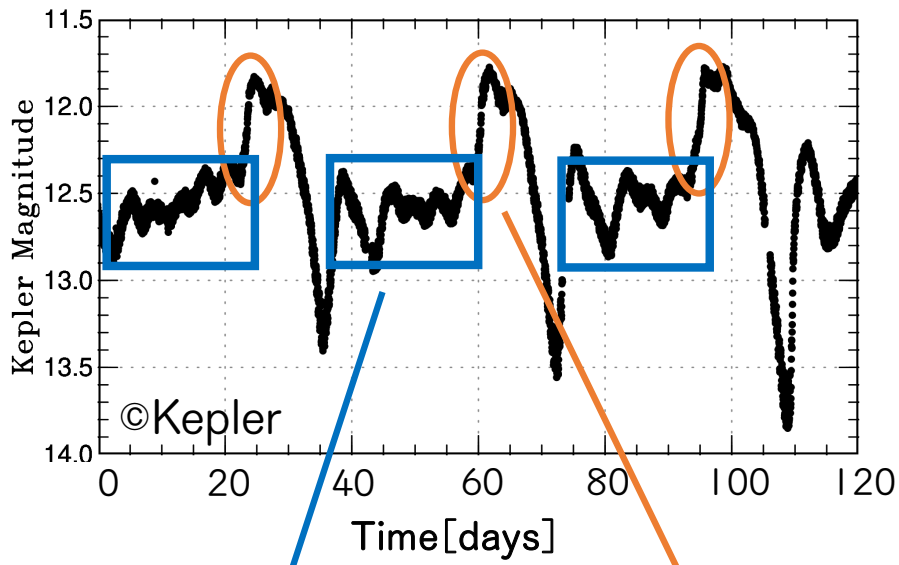


➡ まだIW And型の光度変動の機構はわかっていない

# IW And型矮新星のシナリオ

(i) 円盤内の輝度変化シナリオ

Kato (2019)

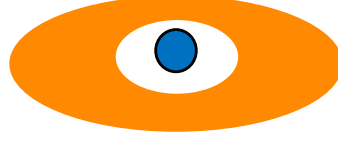


hot inner disk



cool outer disk

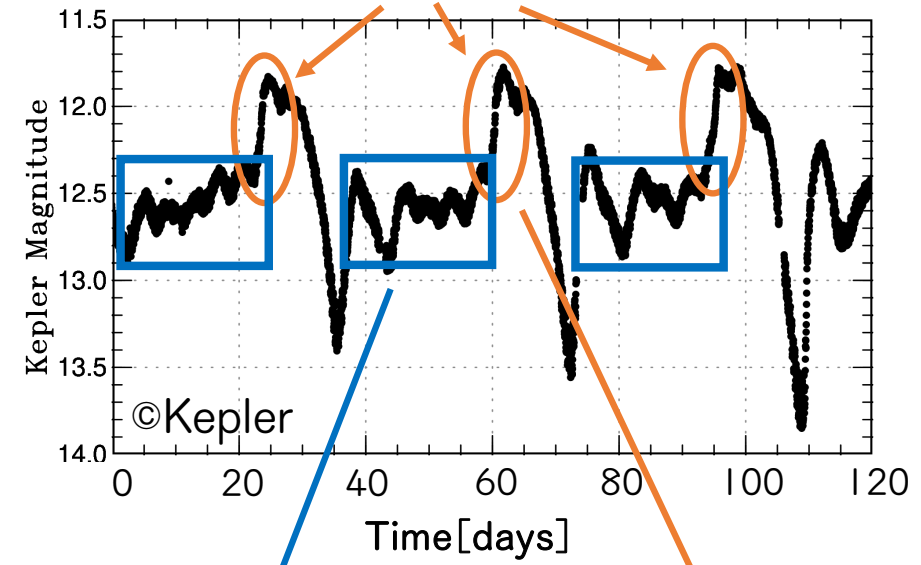
hot inner disk



(ii) 質量輸送率の変動シナリオ

Hameury & Lasota (2014)

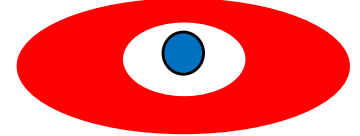
質量輸送率の急激な増加



hot disk



very hot disk

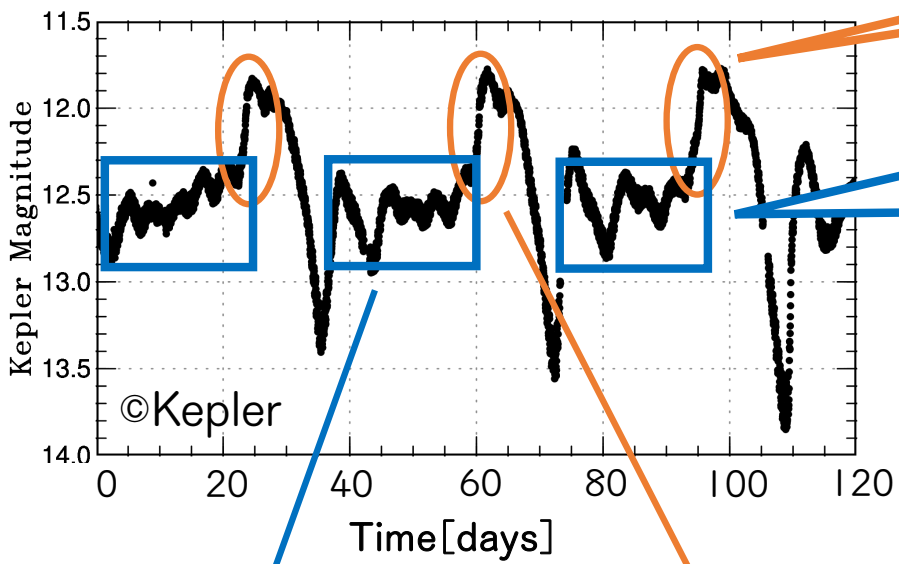


# (i) 円盤内の輝度変化シナリオ

(DI シナリオ)

Kato (2019)

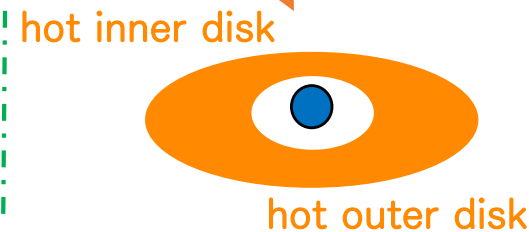
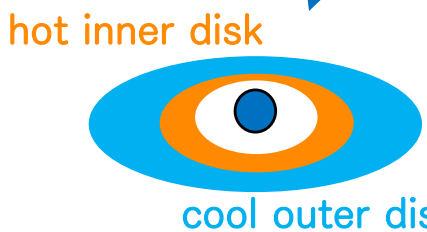
- ・ 質量輸送率は一定とする



outburst開始時に  
円盤半径が**増加**

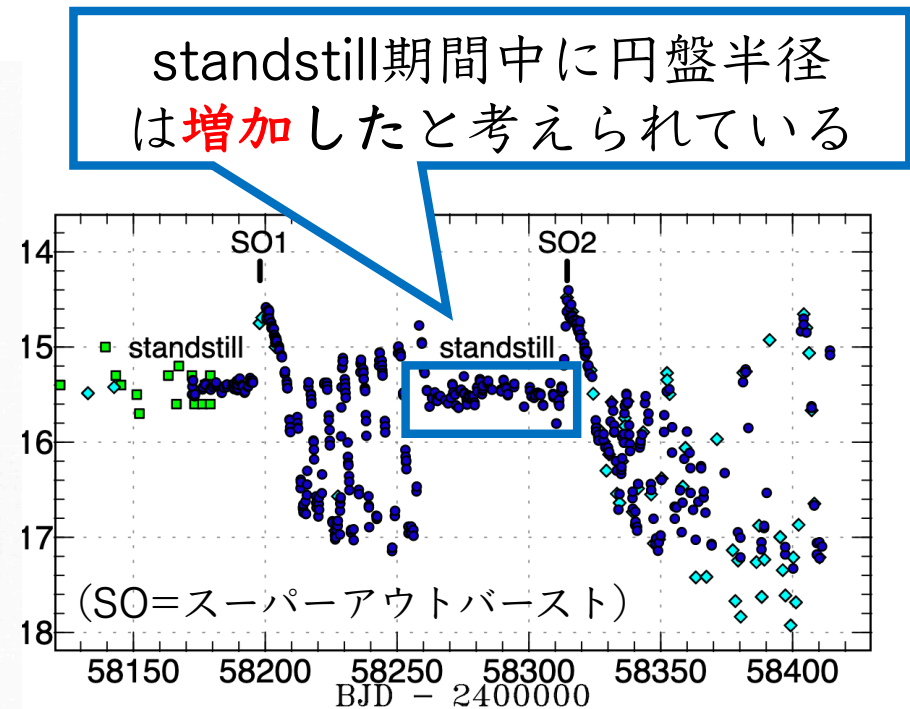
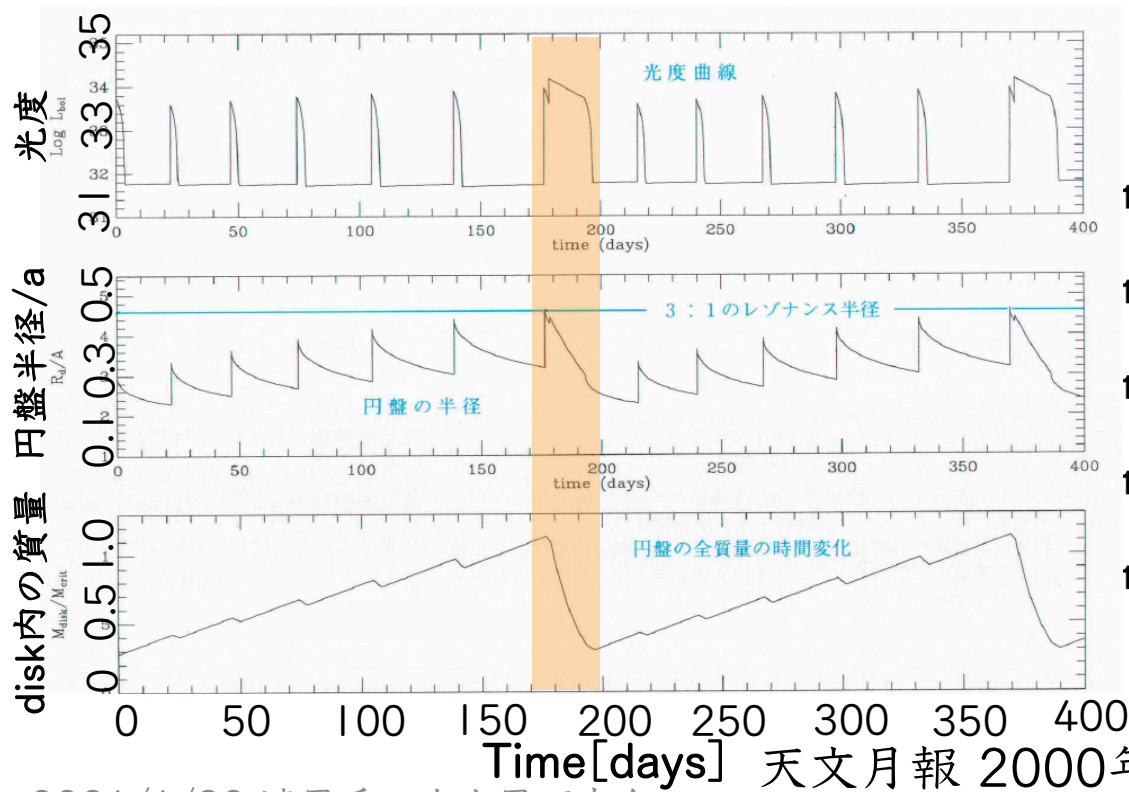
standstill期間中に円盤半径  
は**増加**したと考えられている

何らかの原因で円盤内側まで  
質量輸送が届く  
→ 円盤内側は常に**高温状態**  
  
円盤外側で熱的不安定性により  
outburstが起こる



# NY Ser

- standstill → superoutburstを経験した唯一の天体
- standstill期間中に円盤半径が増加する着想を得た



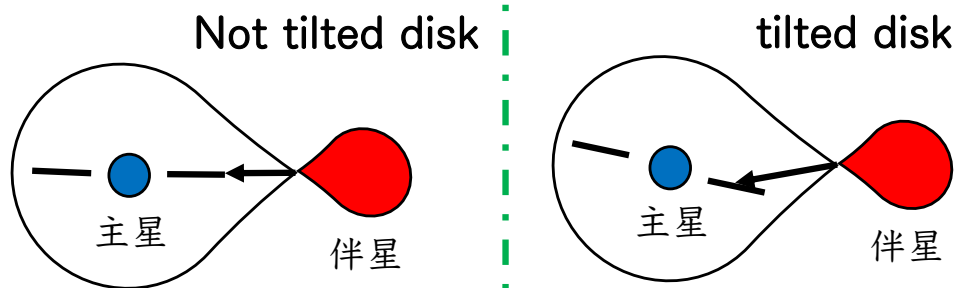
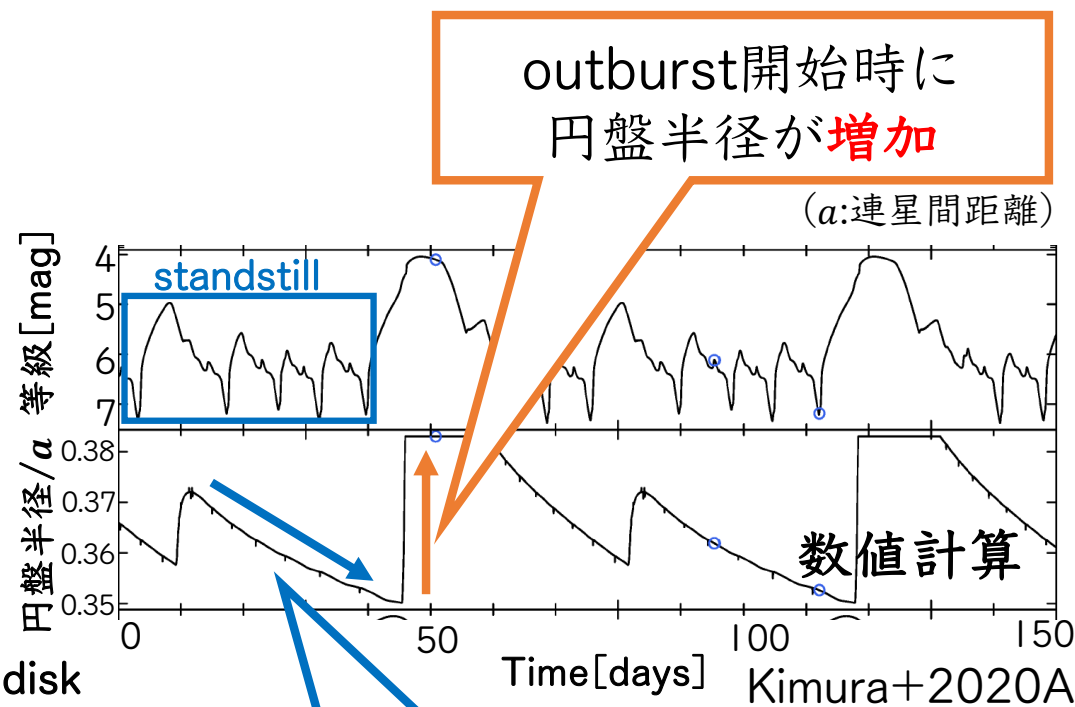
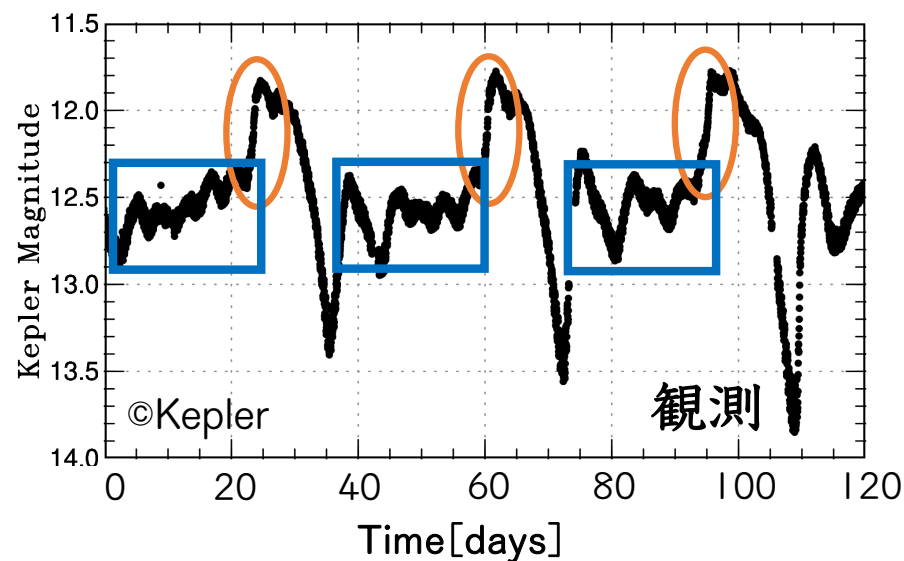
Kato+2019



# (i) 傾いた円盤 (tilted disk) シナリオ

(TD シナリオ)

Kimura et al. (2020)

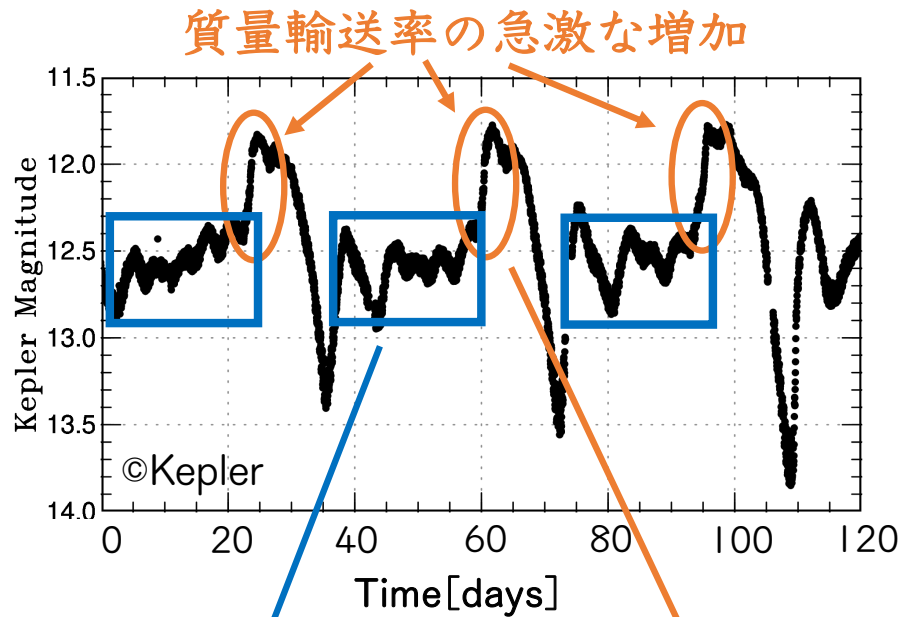


standstill期間中に  
円盤半径は減少

# (ii) 質量輸送率の変動シナリオ

(MTB シナリオ)

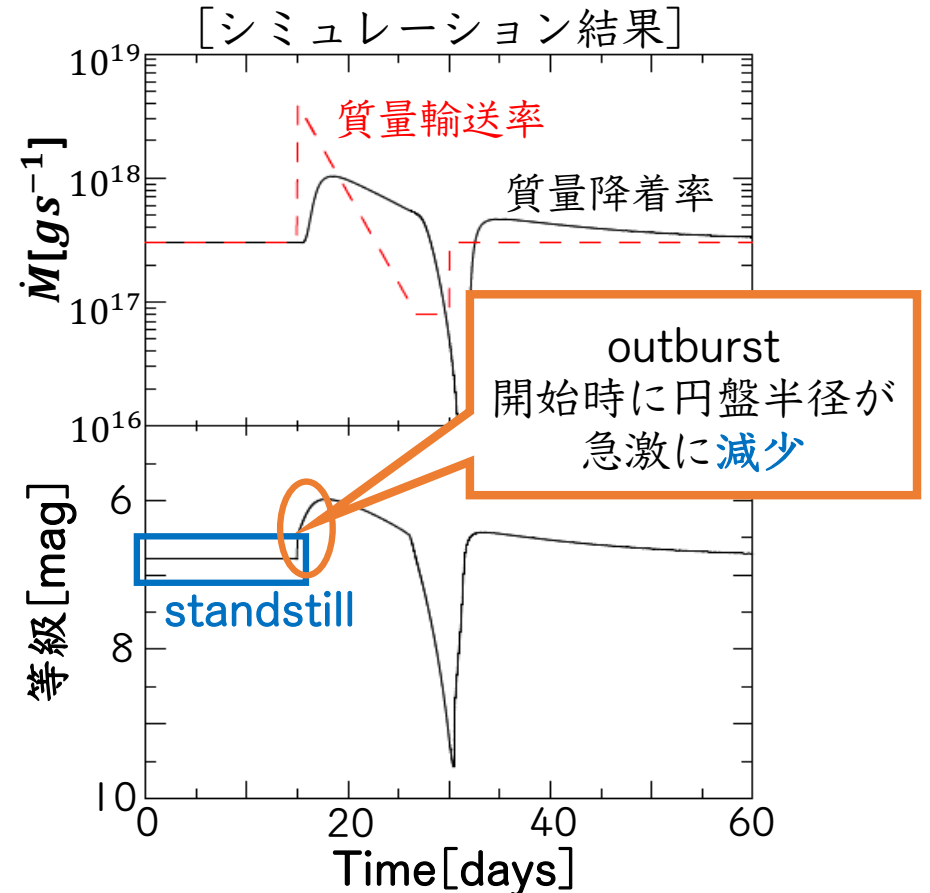
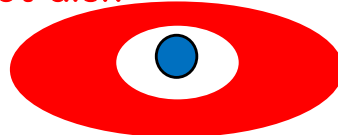
Hameury & Lasota (2014)



hot disk



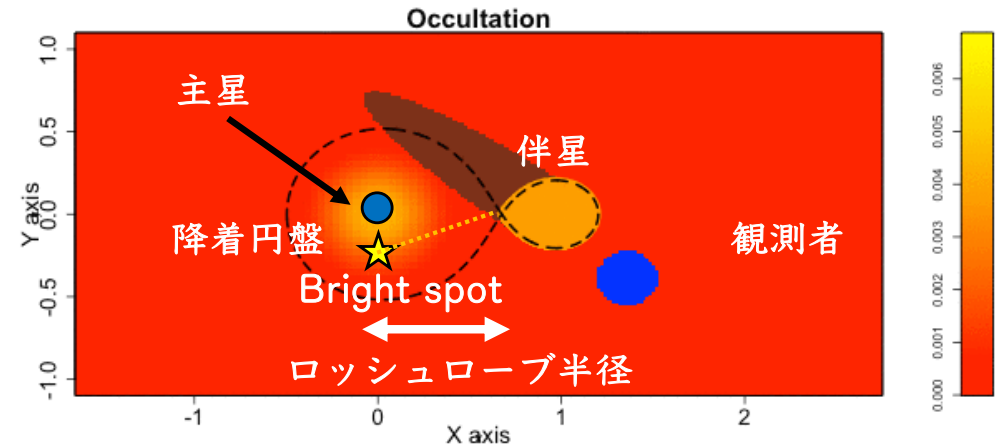
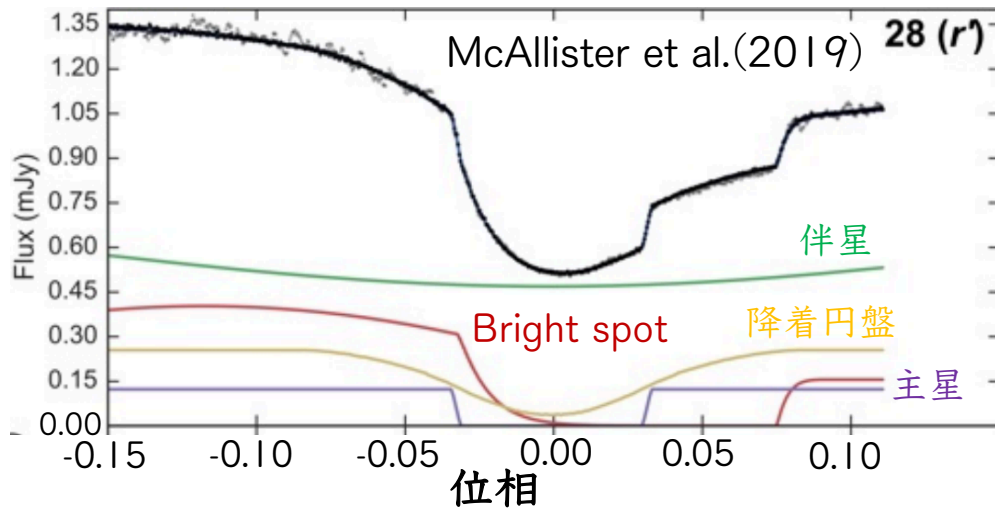
very hot disk



恒星において、周期的な質量放出現象は観測されていない

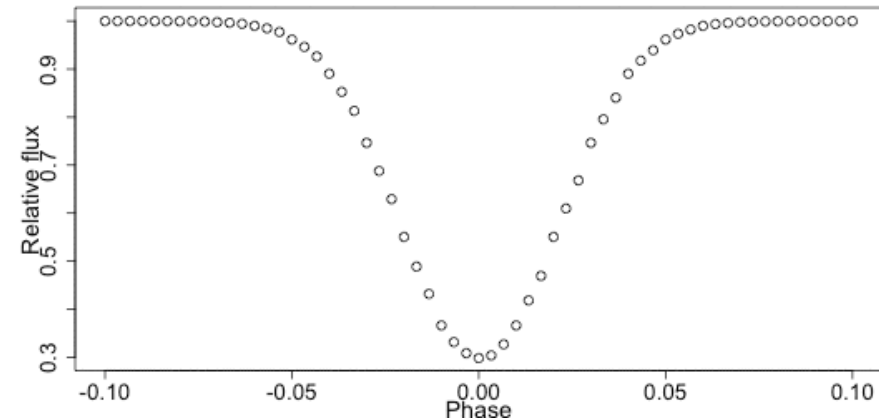
→周期的な変動を説明することは困難  
(Hameury & Lasota 2014) 10/19

# 矮新星の食



- ・ 矮新星の食は4成分からなる
  - ・ PHOEBE\*により主星・伴星成分を除去
  - ・ Bright spotの寄与は考慮せず
- ⇒ 降着円盤の食のみを考慮

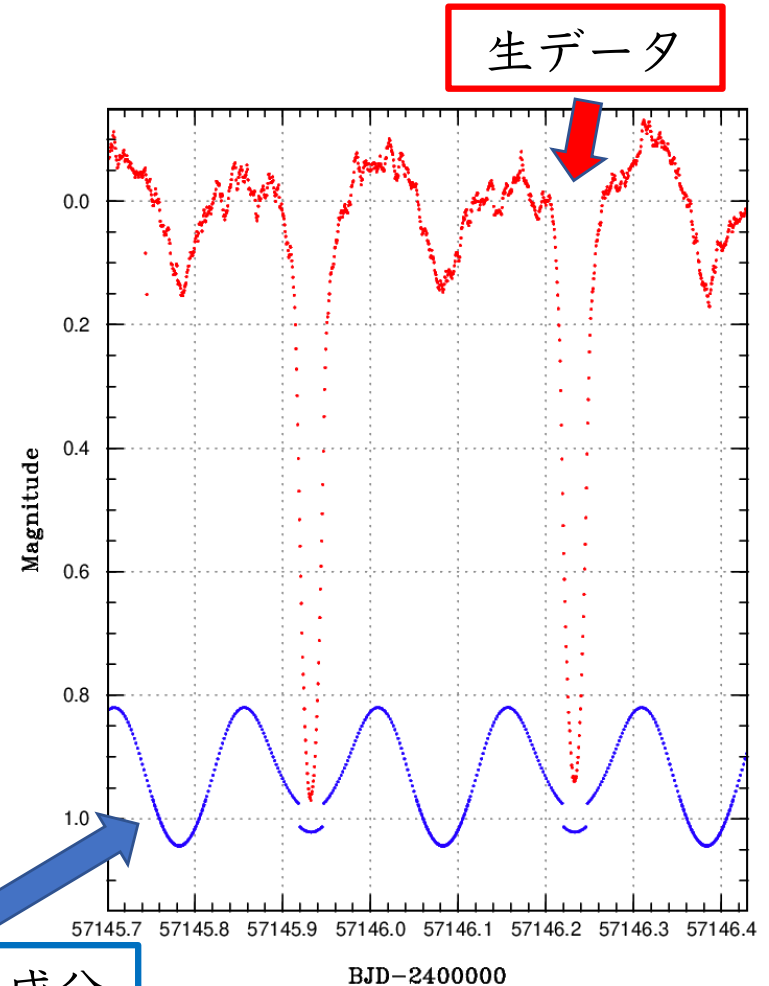
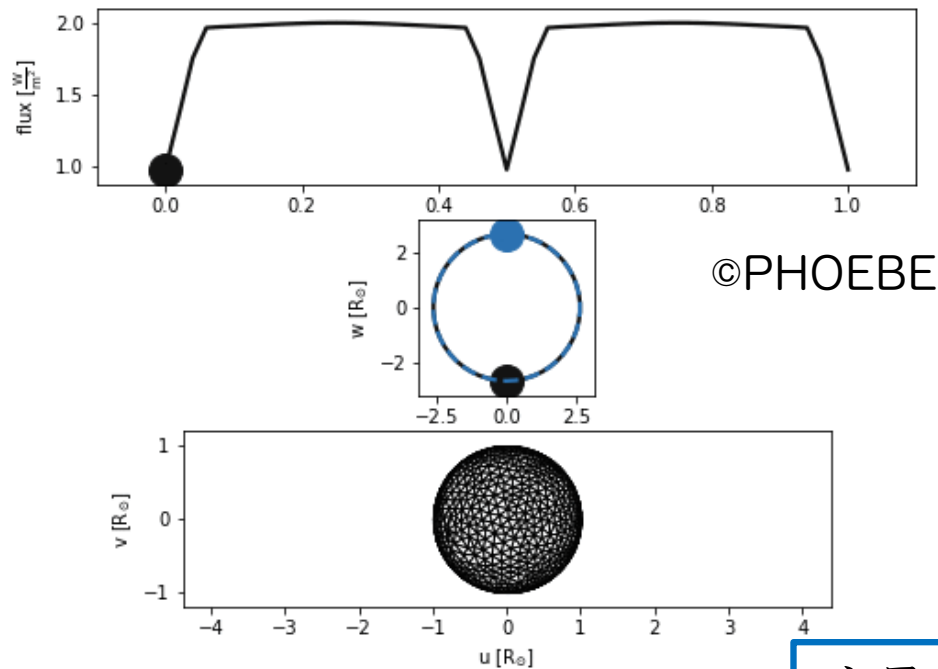
➤ PHOEBE: 連星の光度曲線を生成するコード  
(<http://phoebe-project.org/>)



# 主星・伴星成分

- 食の円盤成分のみを取り出すため、事前に主星・伴星成分を差し引いた

- 伴星有効温度: 5300 K  
(Thoroughgood+2004)
- 主星有効温度: 50000 K



# 食のモデル化(eclipse modeling)

パラメータ： $(i, q, \alpha, R)$ の4つ

$i$ : 軌道傾斜角

$q$ : 質量比(=伴星質量/主星質量)

Power law:  $T \propto R^\alpha$

( $\alpha = -0.75$  @標準円盤)

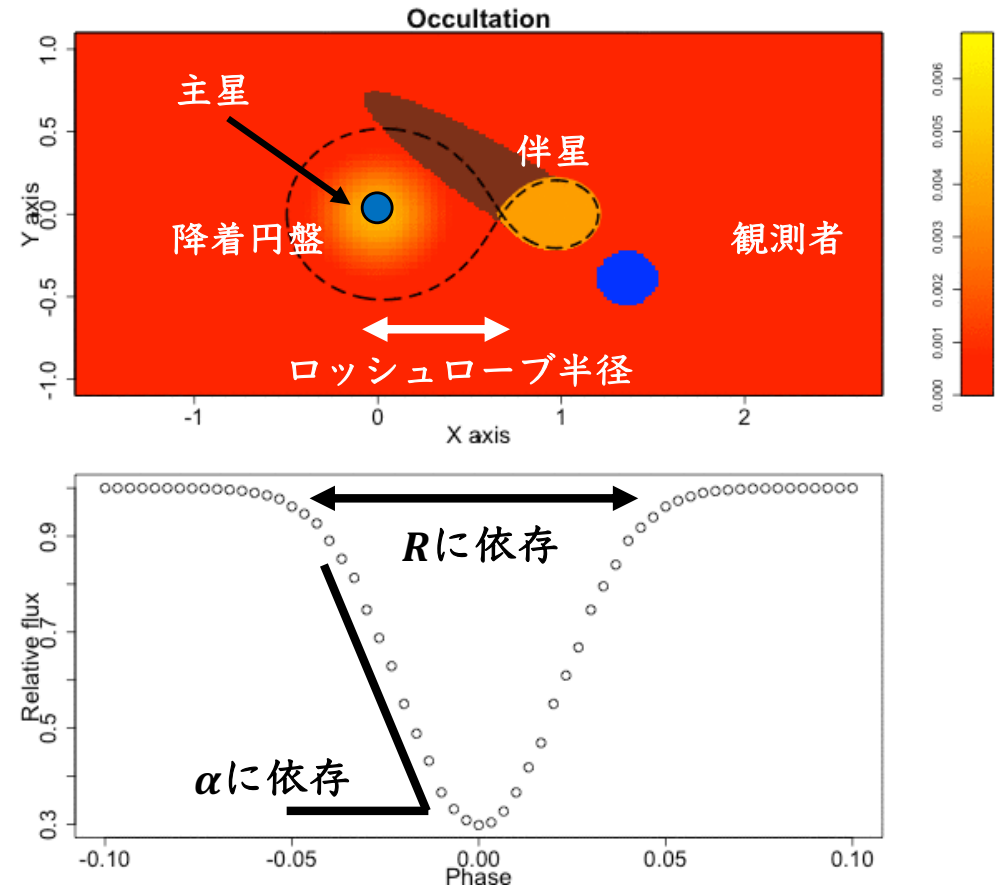
$R$ : 円盤半径

→  $i, q$ の値は各天体の系により一定なので固定

→  $R, \alpha$ の2変数でMCMC\*

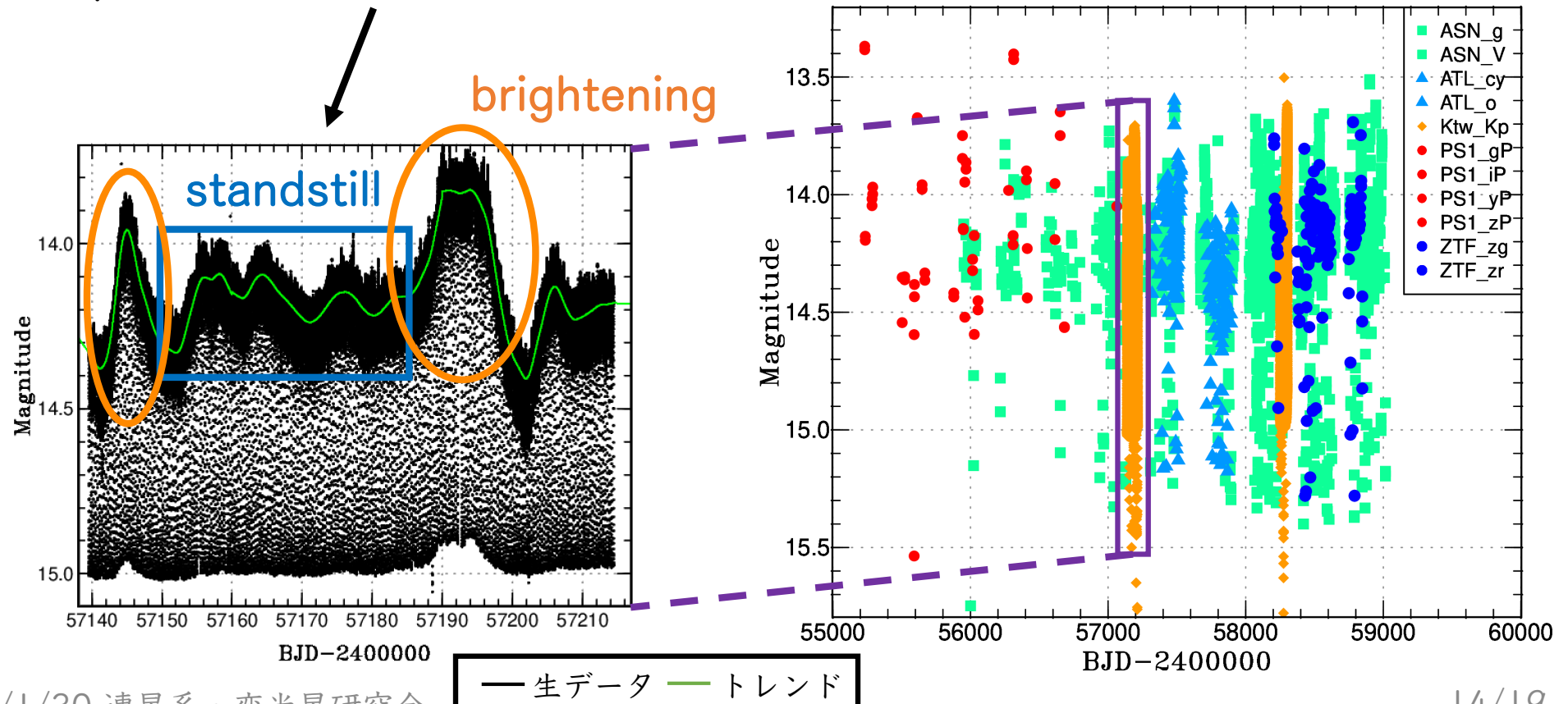
→ 定性的な $R$ の変化を観察

➤ MCMC: マルコフ連鎖モンテカルロ法

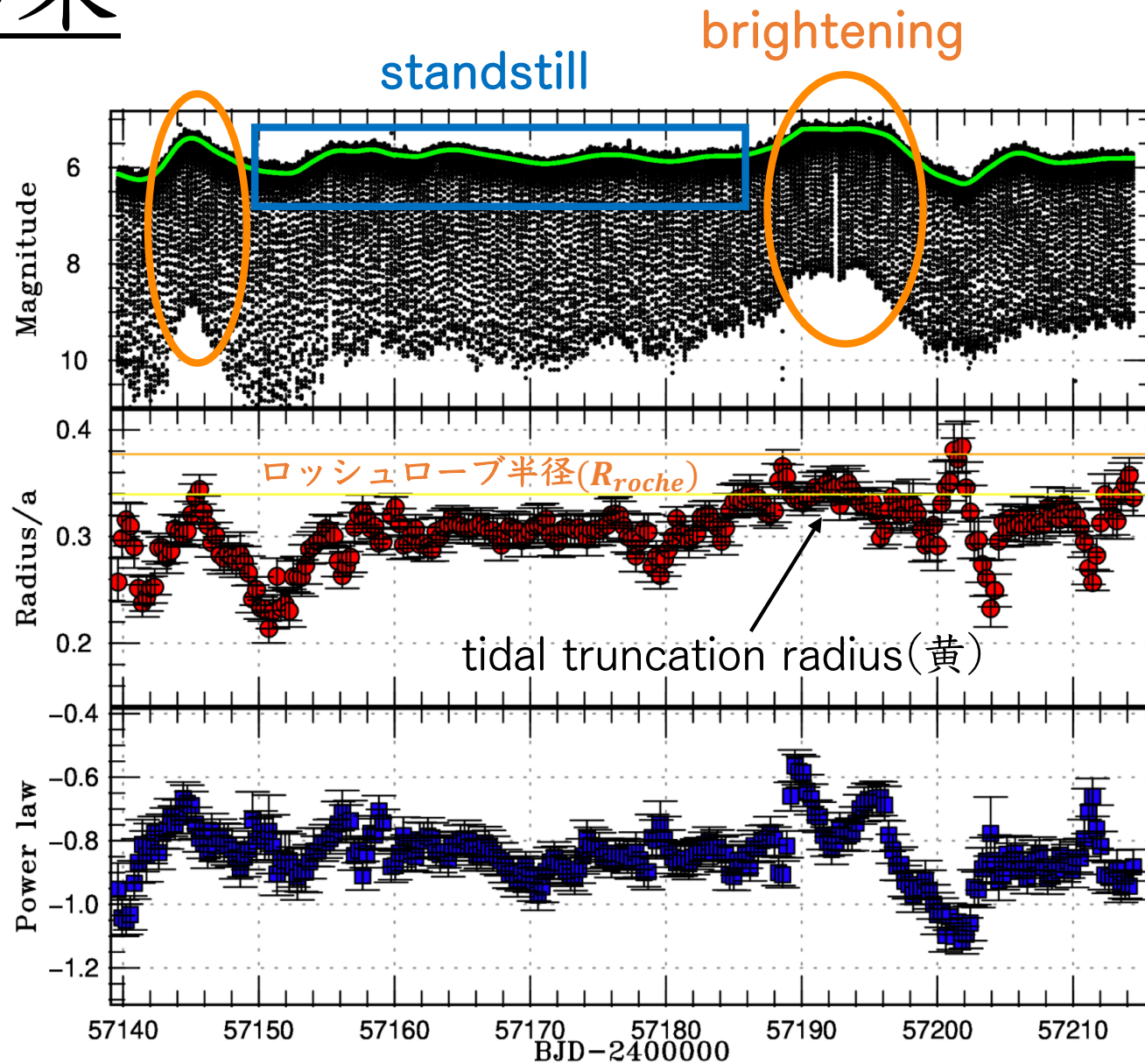


# 解析天体：AC Cnc

- ASAS-SN, CRTS, Pan-STARRS, ATLAS, ZTF, Keplerのデータを集計
- KeplerのK2 missionにより密なデータ



# 結果



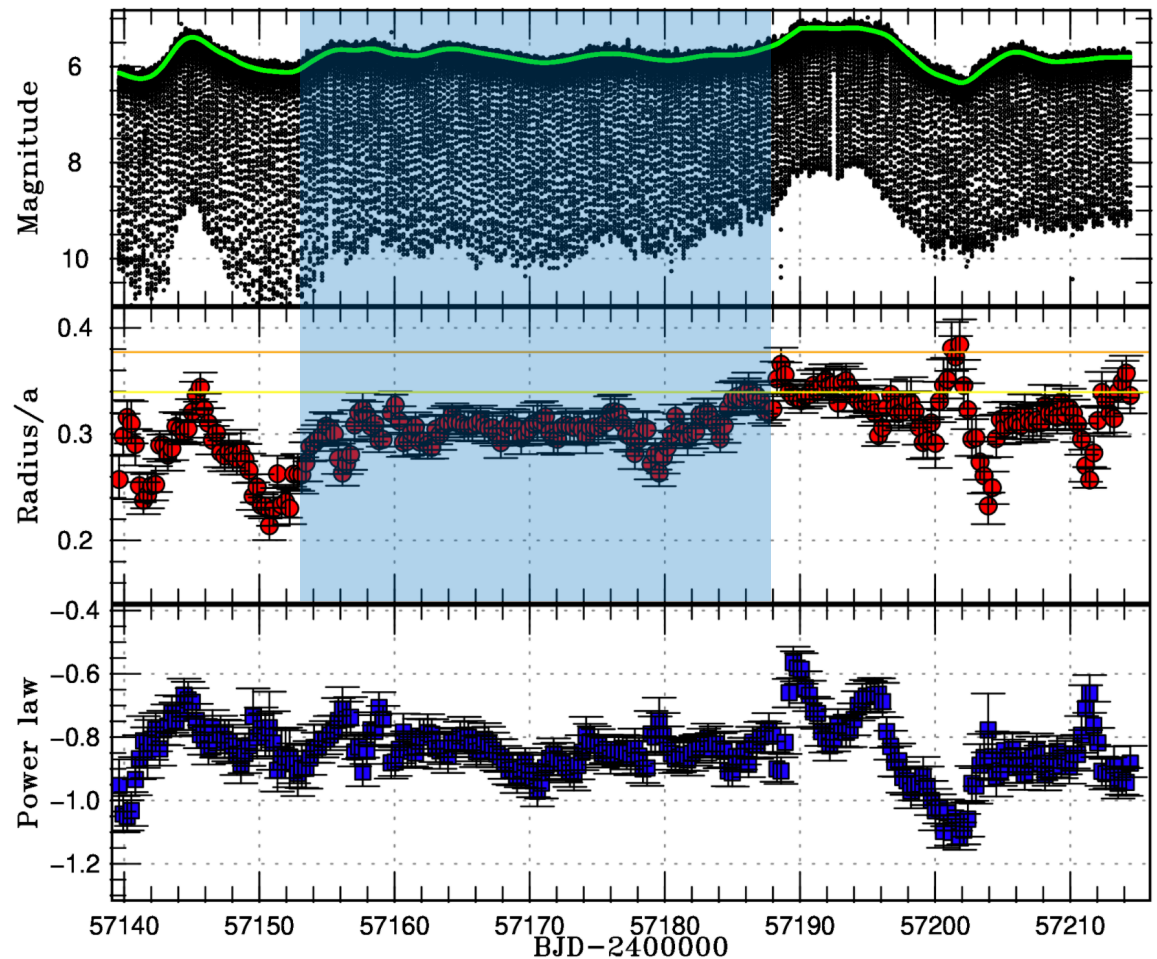
# 考察

- standstill期の円盤半径変化

standstill期間中に  
半径は増加していく



(i) DIシナリオを支持する





# 考察

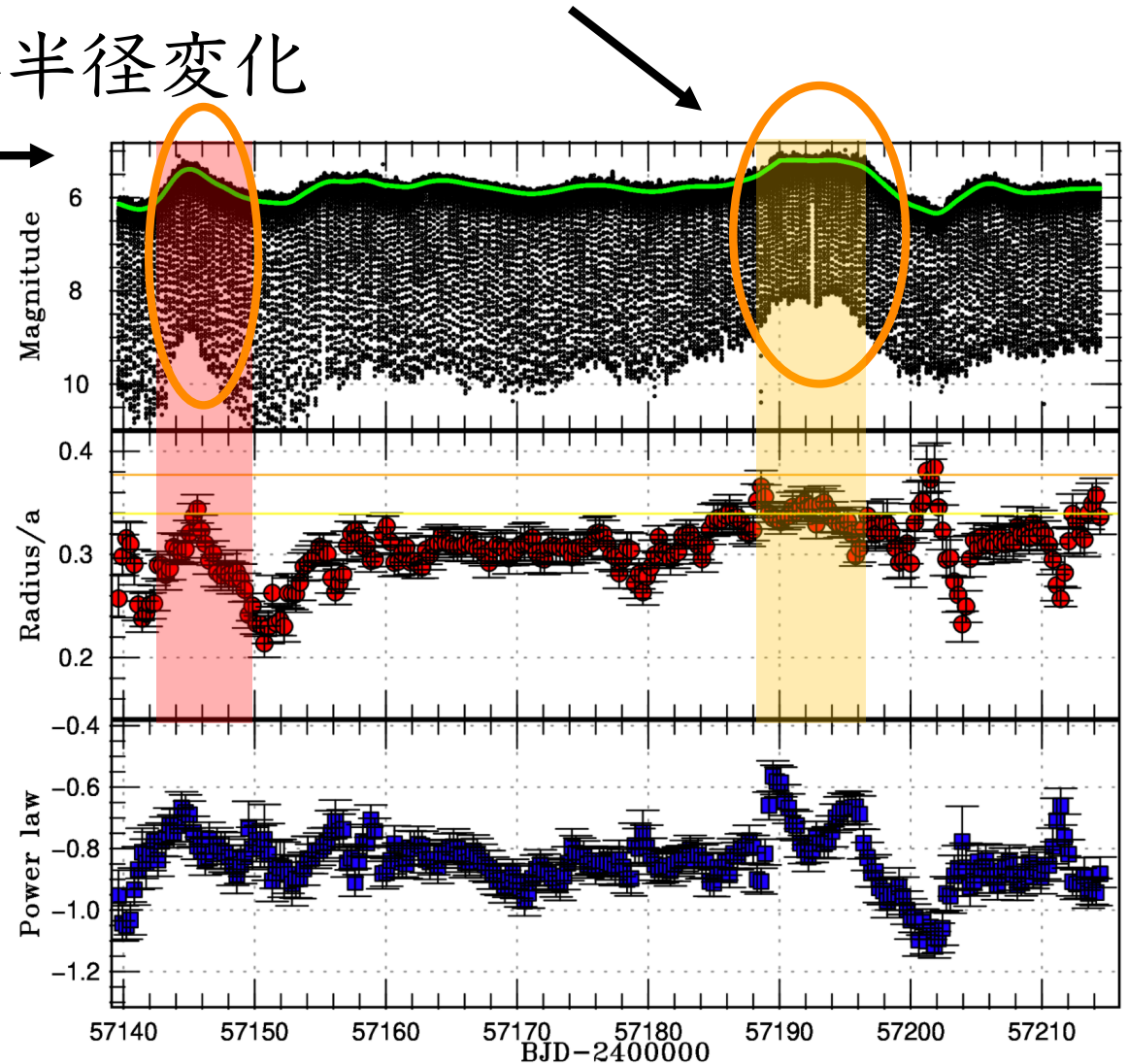
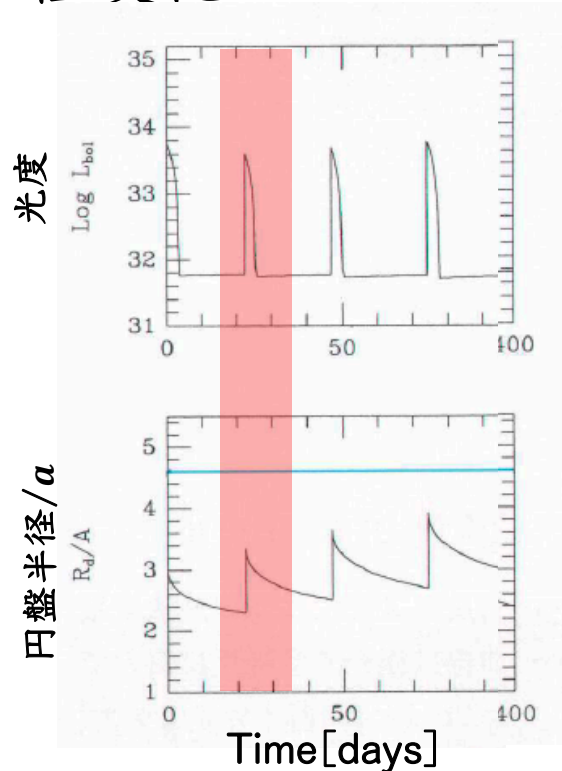
## Flat-topped outburst

: standstill期間中で円盤が大きくなったため、それ以上大きくなれずtidal truncation radiusにとどまる

- outburst期の円盤半径変化

### Normal outburst

: 通常のoutburstと同様の半径変化



# 食の観測によるシナリオの制限

## (A) standstill期の円盤半径

	変化	AC Cnc
(i)DIシナリオ	増加	○
(ii)MTBシナリオ	一定?	?
(i)TDシナリオ	減少	×

## (B) outburstの開始時の円盤半径

	変化	AC Cnc
(i)DIシナリオ	増加	○
(ii)MTBシナリオ	減少	×
(i)TDシナリオ	増加	○

# まとめ

- 近年認知された矮新星の新たな振る舞い

= IW And型矮新星

→ 2つのシナリオが提唱されている

(i) 円盤の輝度変化シナリオ (DIシナリオ)

(ii) 質量輸送率の変動シナリオ (MTBシナリオ)

→ 円盤半径が異なる変化をすると推測

- まだ1天体で確かめられたに過ぎない
  - IW And型矮新星のoutburstは新たな機構の可能性
- 他天体で同様の解析を行うことで、さらなる制限をかけたい