

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

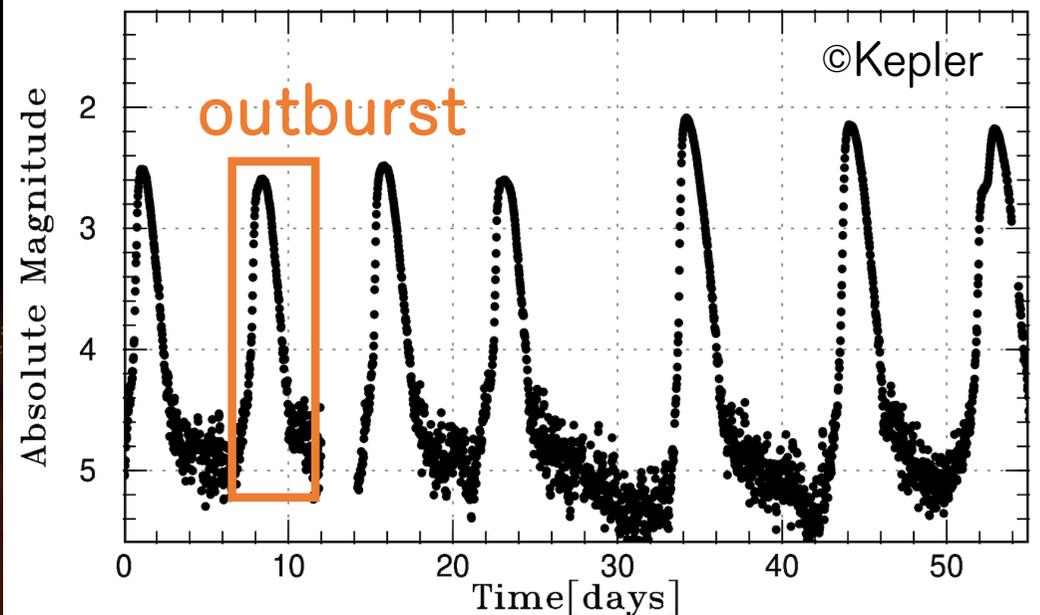
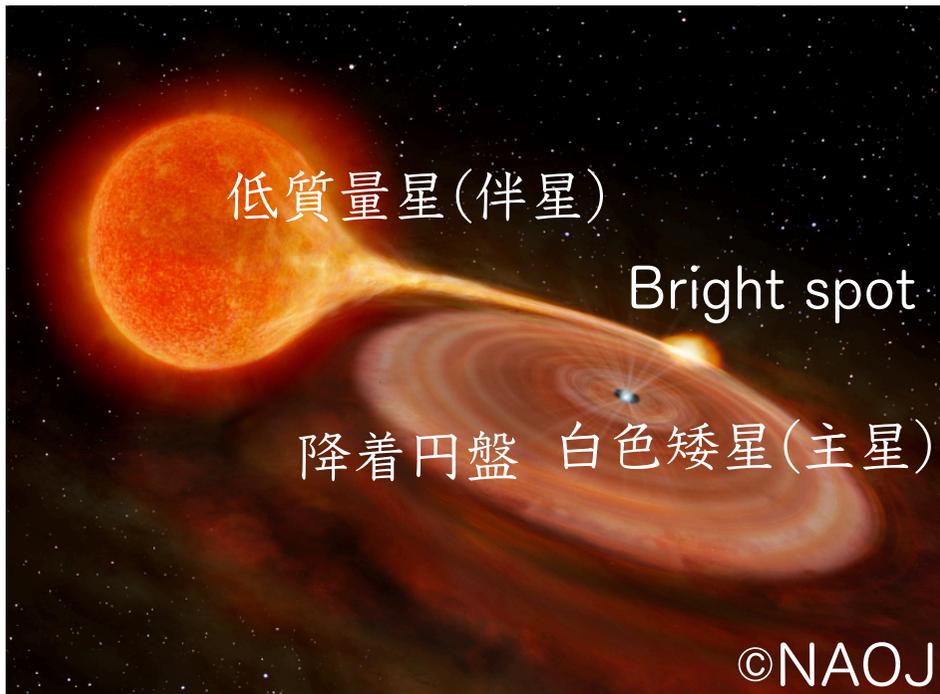
宇宙物理学教室 可視恒星グループ

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

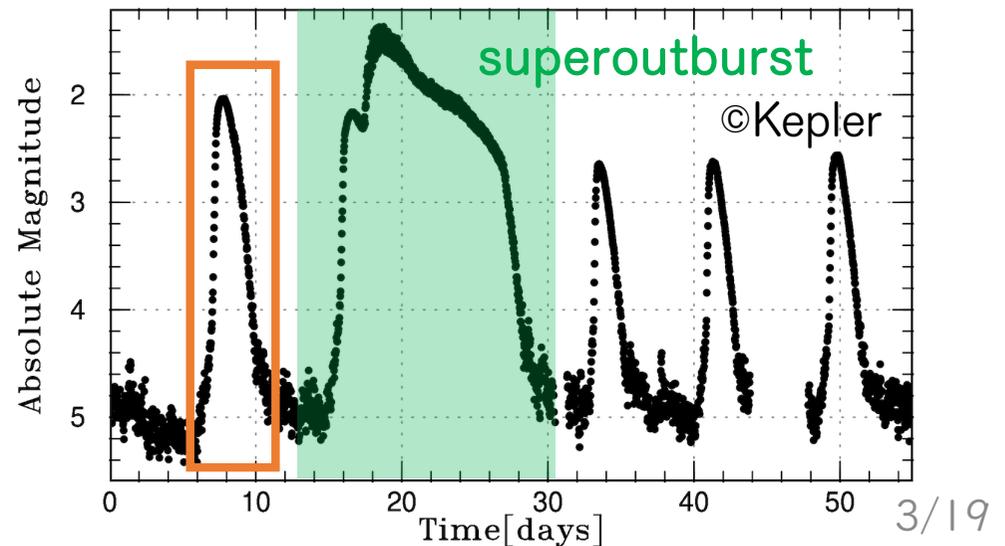
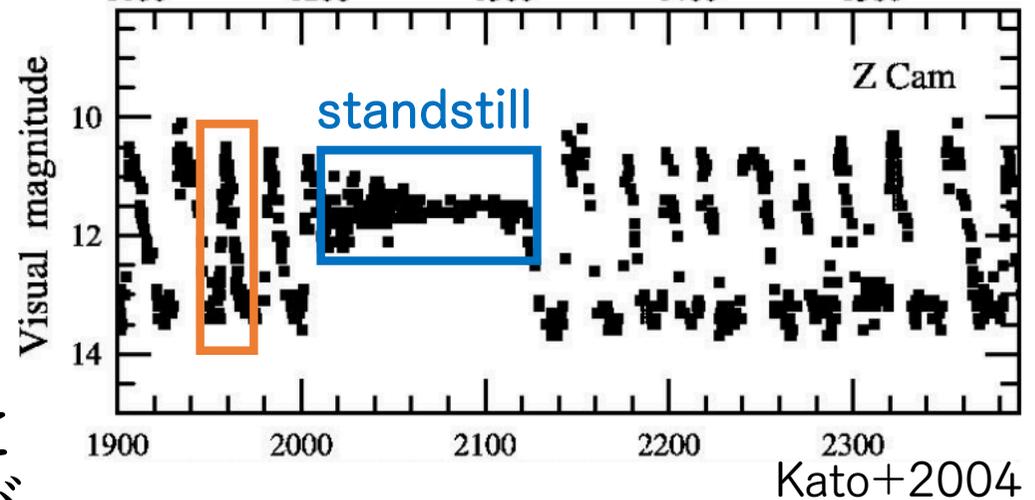
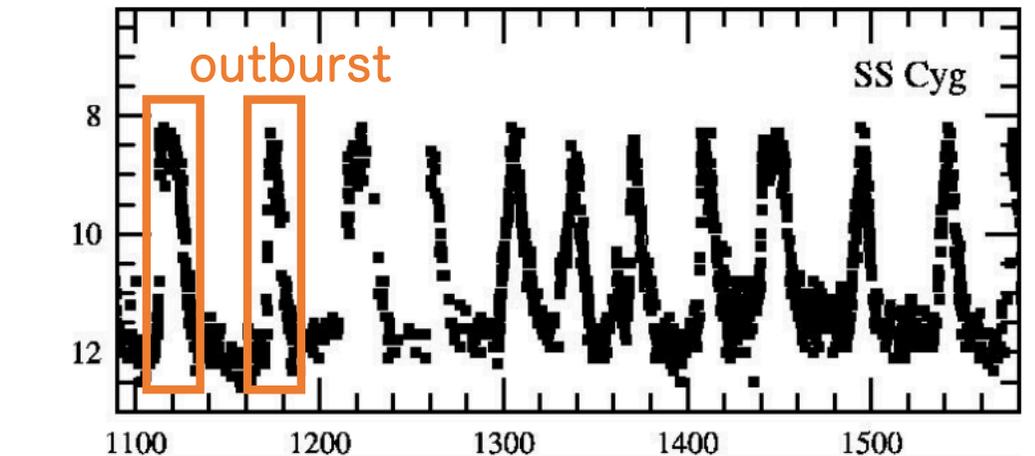
outburstを起こす

- Z Cam型

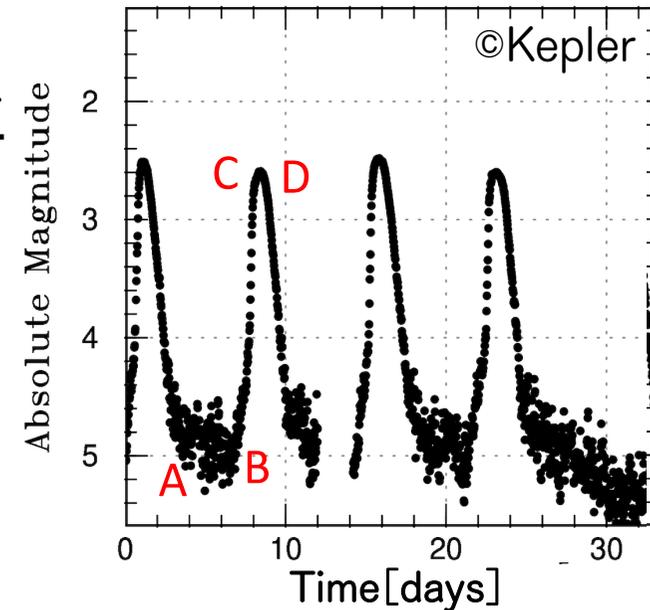
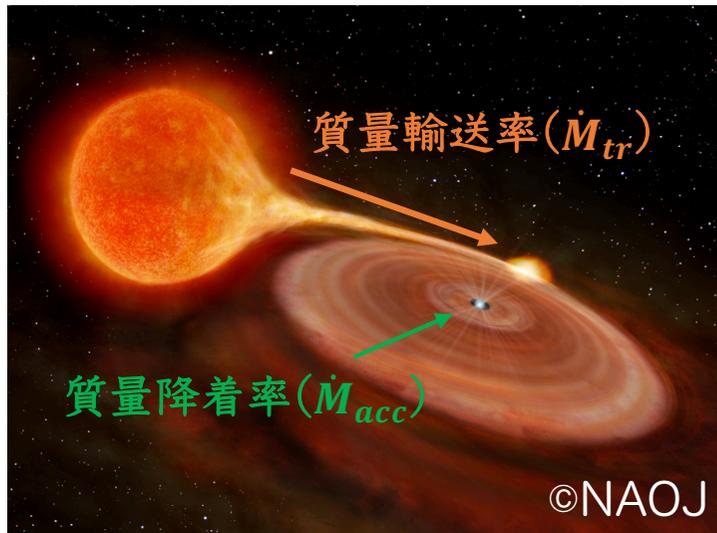
outburstの他に中間光度にとどまる時期(standstill)がある

- SU UMa型

outburstに加えて
superoutburstを起こす

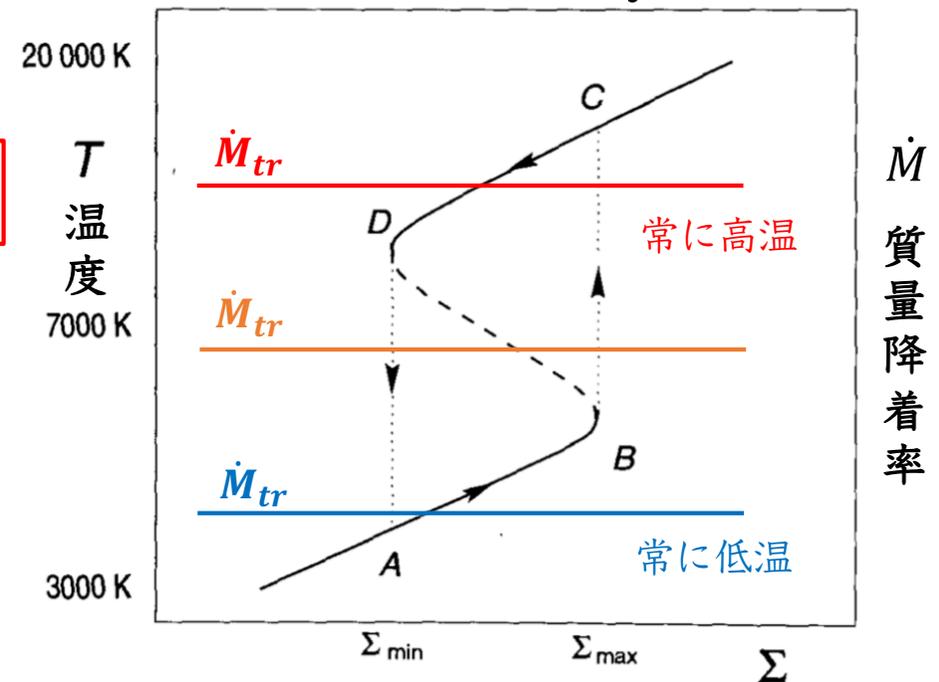


アウトバースト機構



熱的不安定性 (thermal instability)

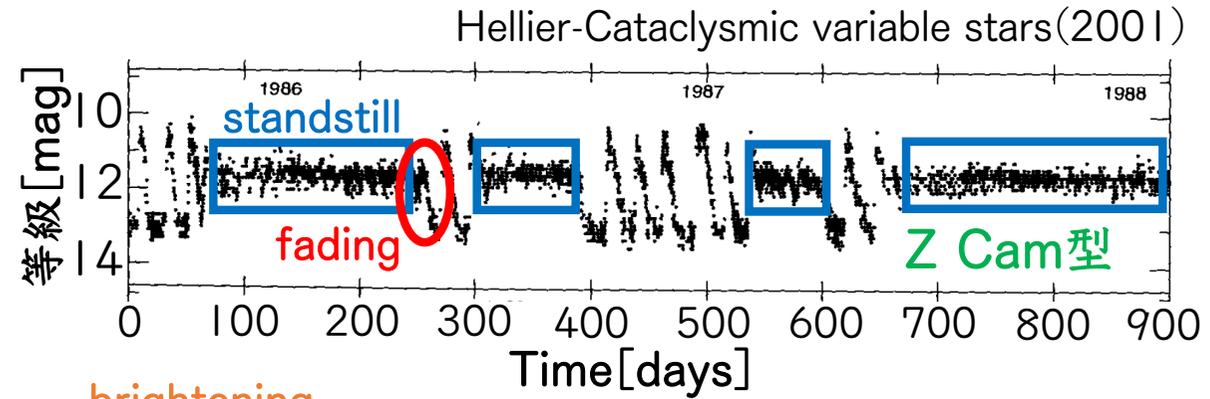
- 降着円盤の不安定によって増光
- 質量降着 = “**重力エネルギー**”の解放
→ 熱 + 放射エネルギーに変換
- B → Cになった時 outburst
- D → Aで静穏期に戻る



IW And型矮新星

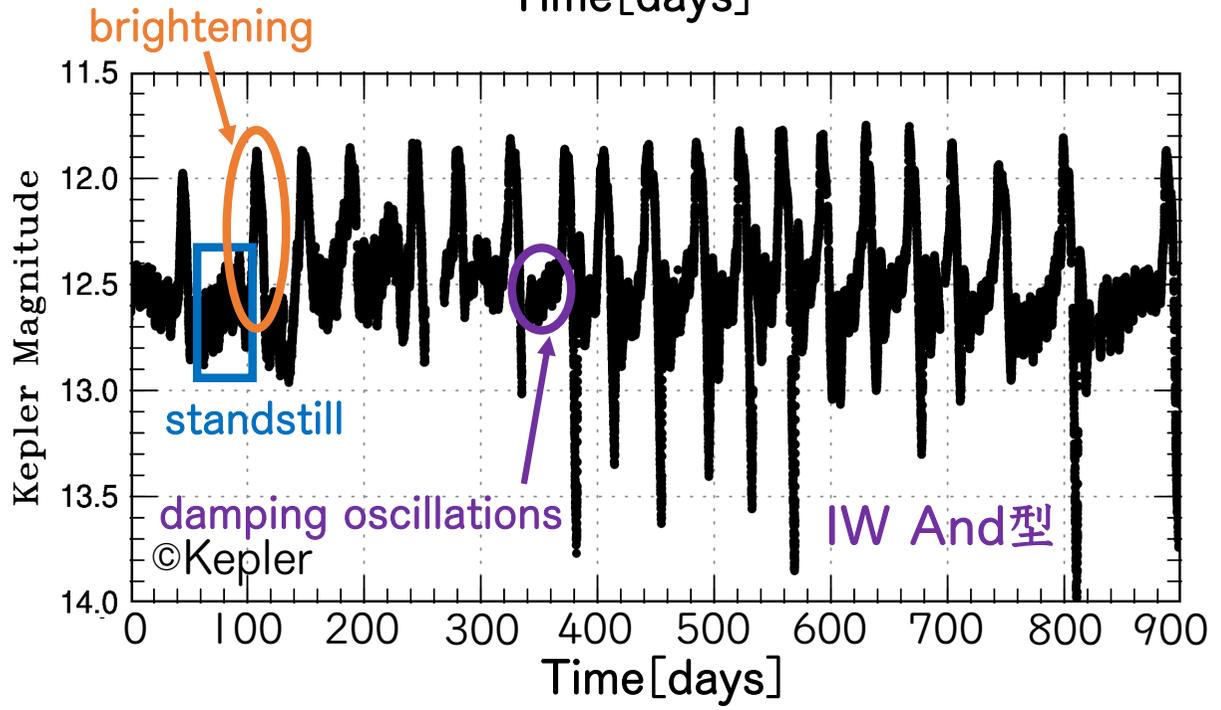
“Z Cam型矮新星”

- 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)

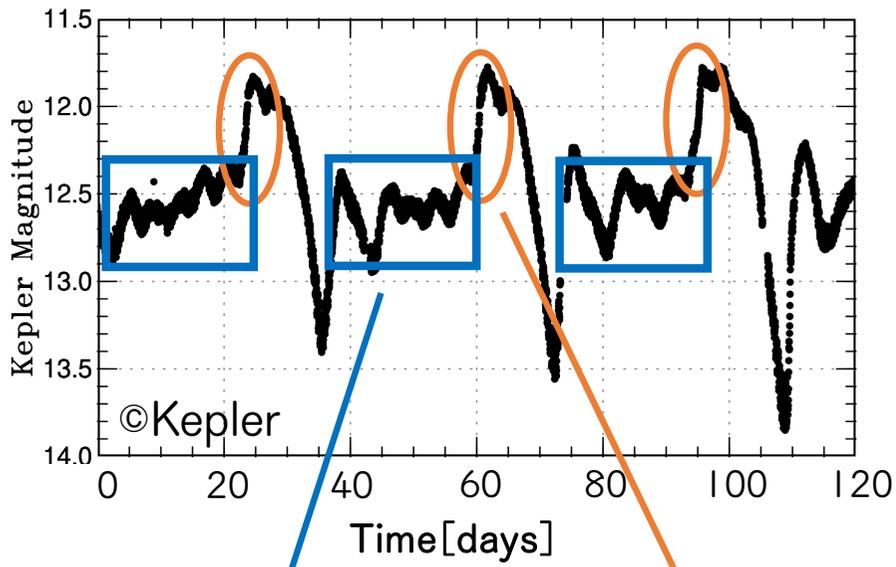


➡ まだIW And型の光度変動の機構はわかっていない

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

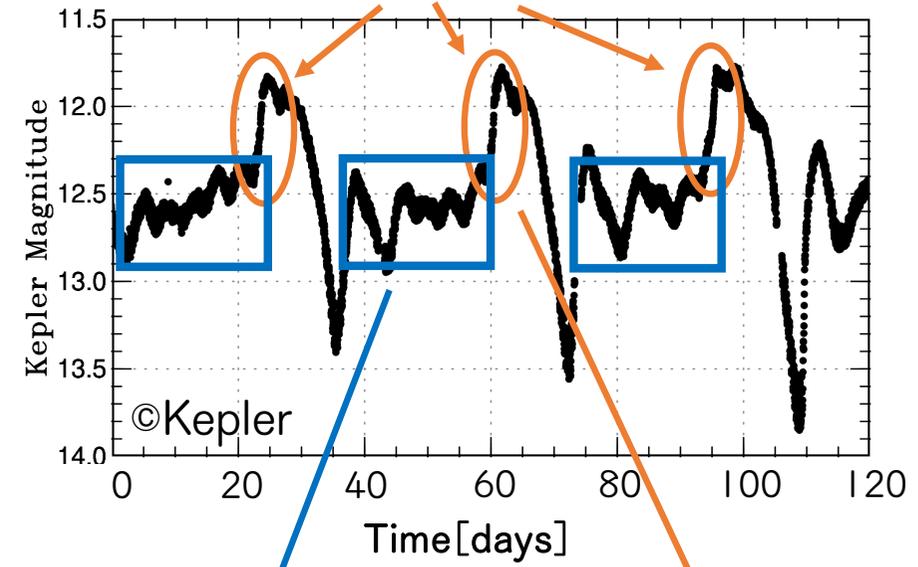
hot inner disk



(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

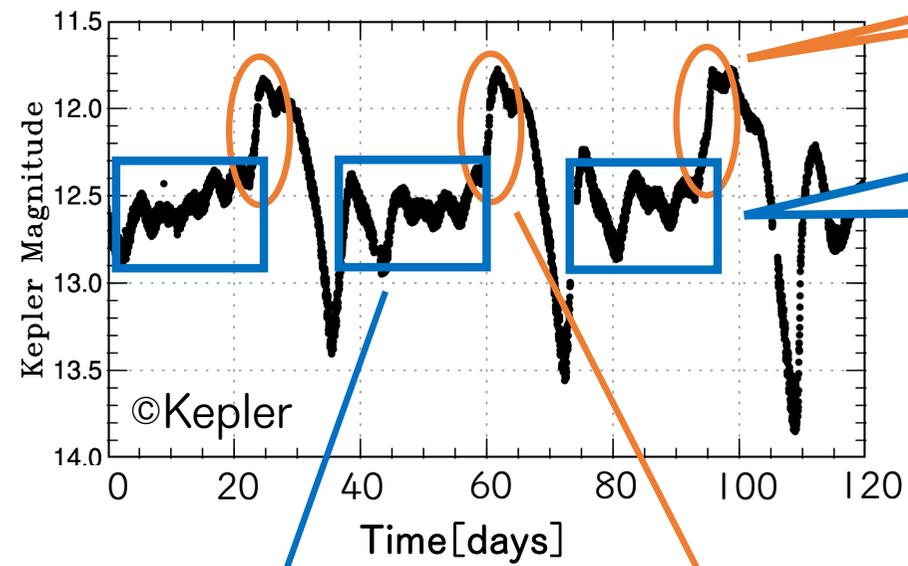


(i) 円盤内の輝度変化シナリオ

(DI シナリオ)

Kato (2019)

- ・ 質量輸送率は一定とする

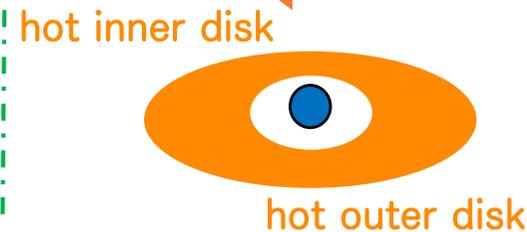
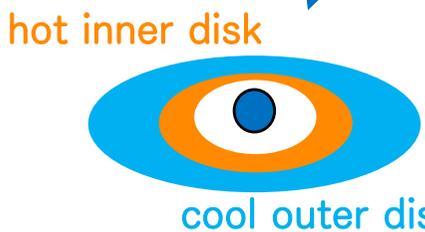


outburst開始時に
円盤半径が**増加**

standstill期間中に円盤半径
は**増加**したと考えられている

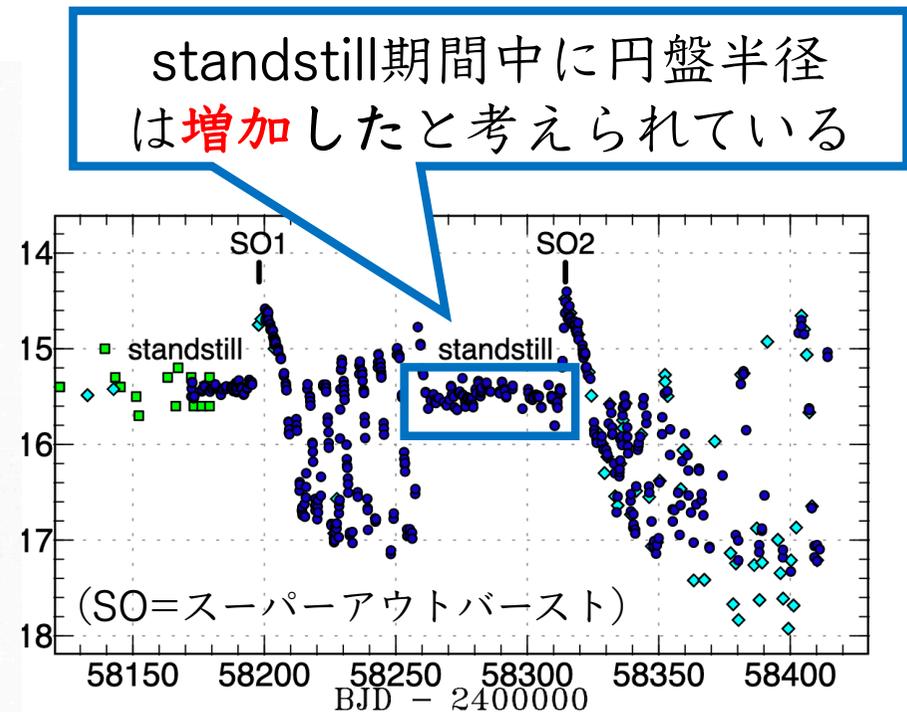
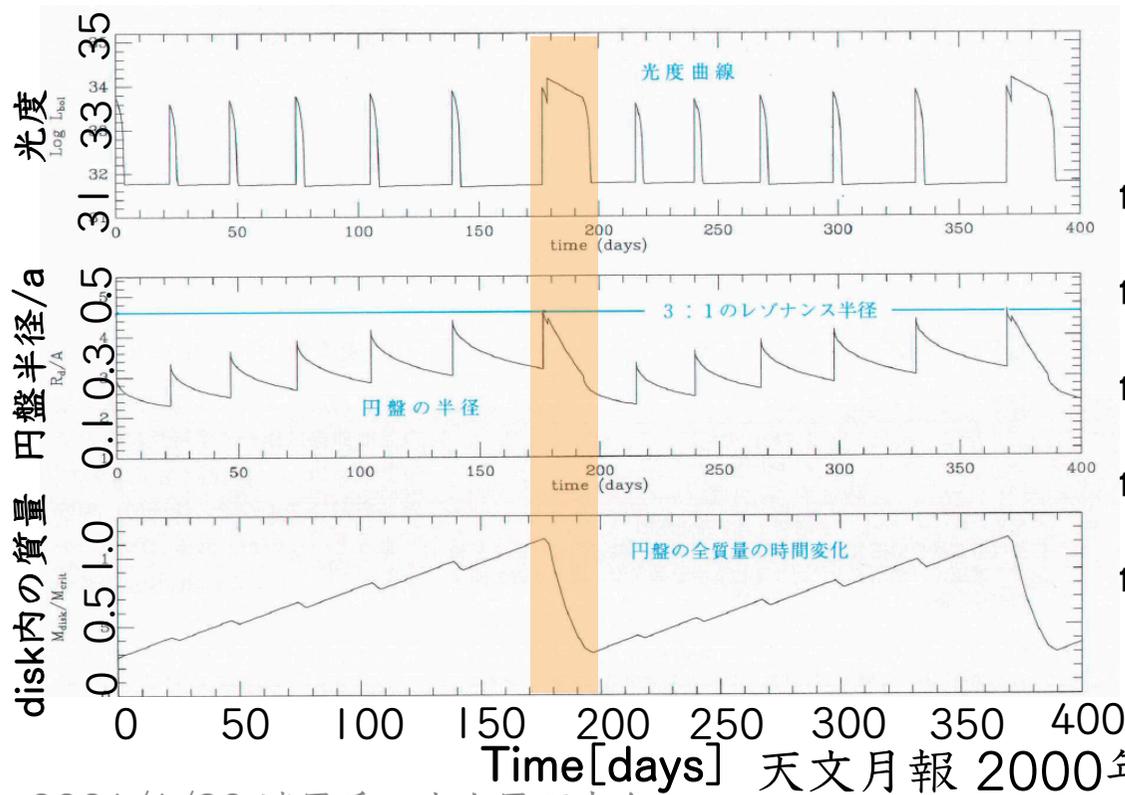
何らかの原因で円盤内側まで
質量輸送が届く
→ 円盤内側は常に**高温状態**

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

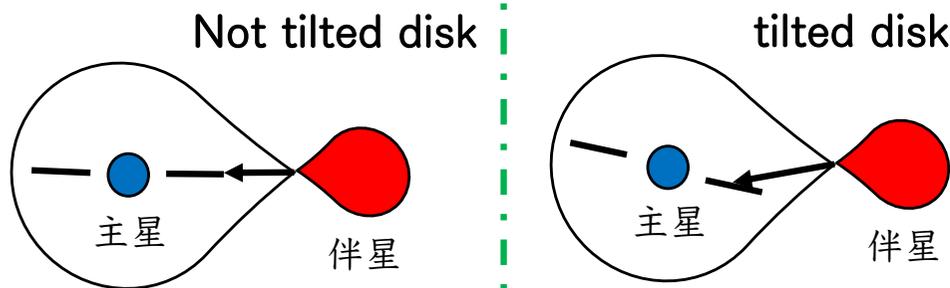
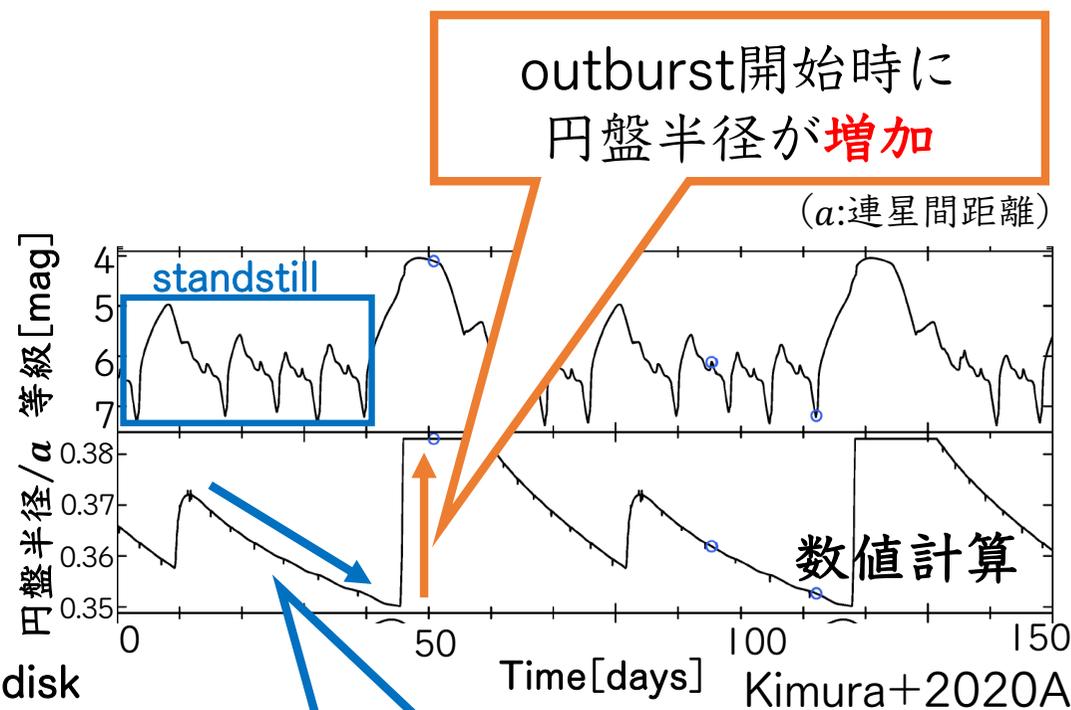
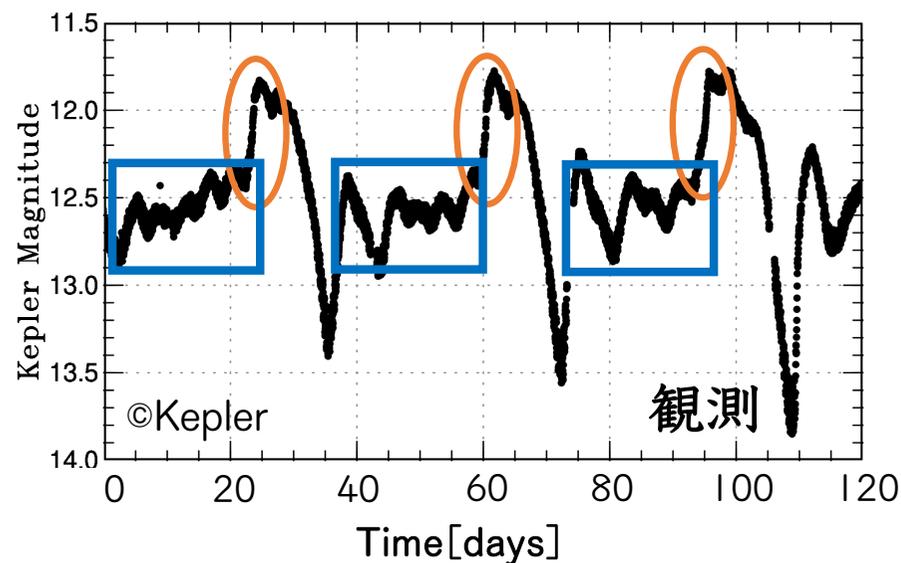


Kato+2019

(i) 傾いた円盤 (tilted disk) シナリオ

(TD シナリオ)

Kimura et al. (2020)

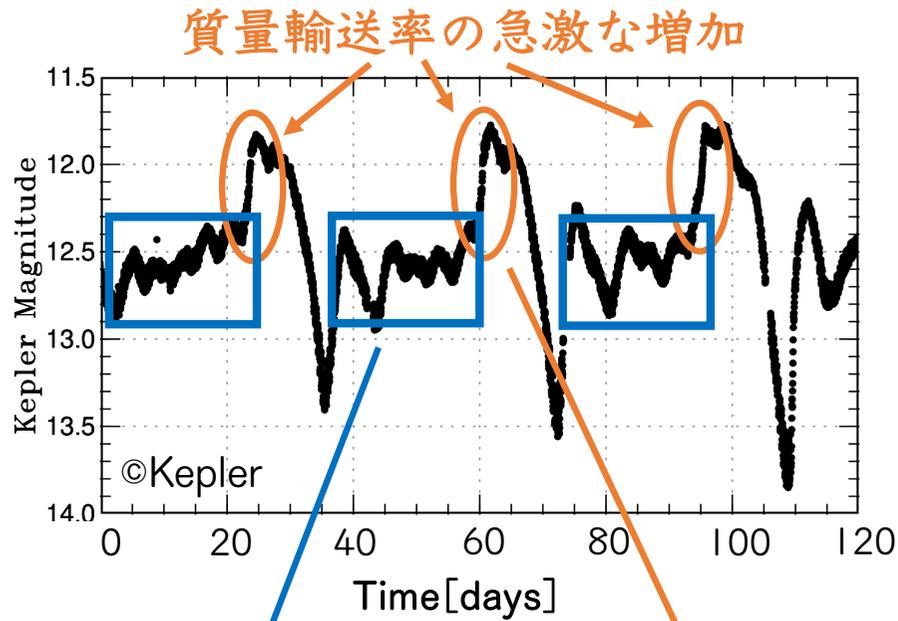


standstill期間中に円盤半径は減少

(ii) 質量輸送率の変動シナリオ

(MTB シナリオ)

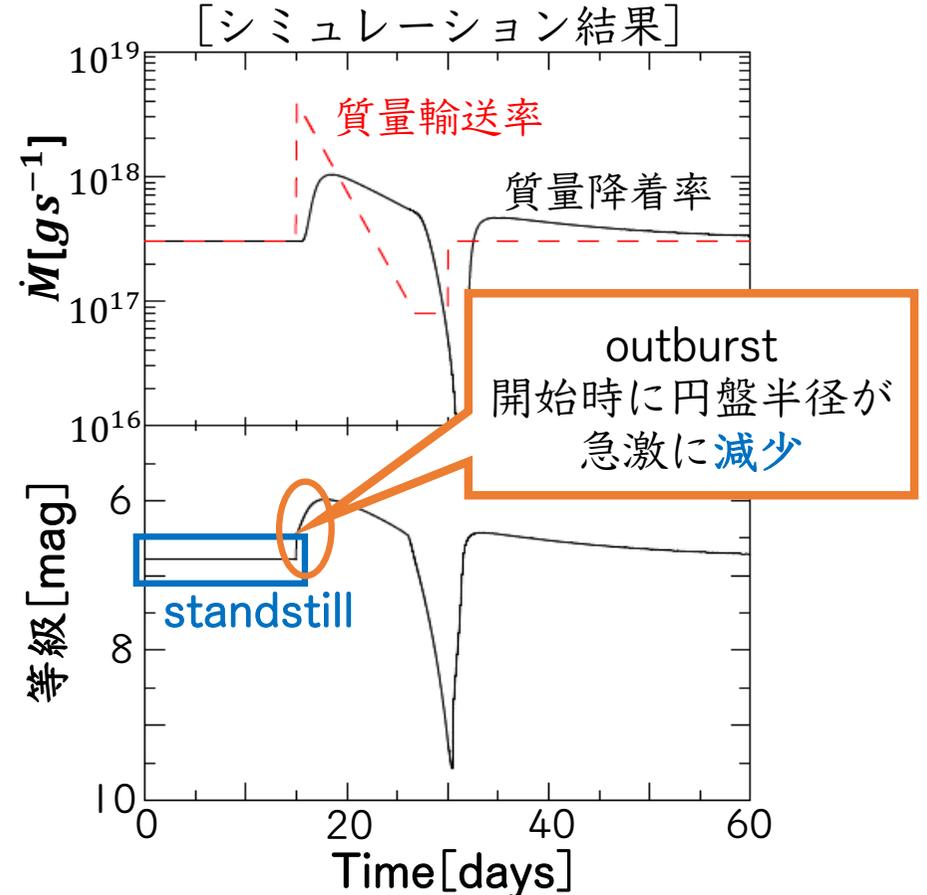
Hameury & Lasota (2014)



hot disk



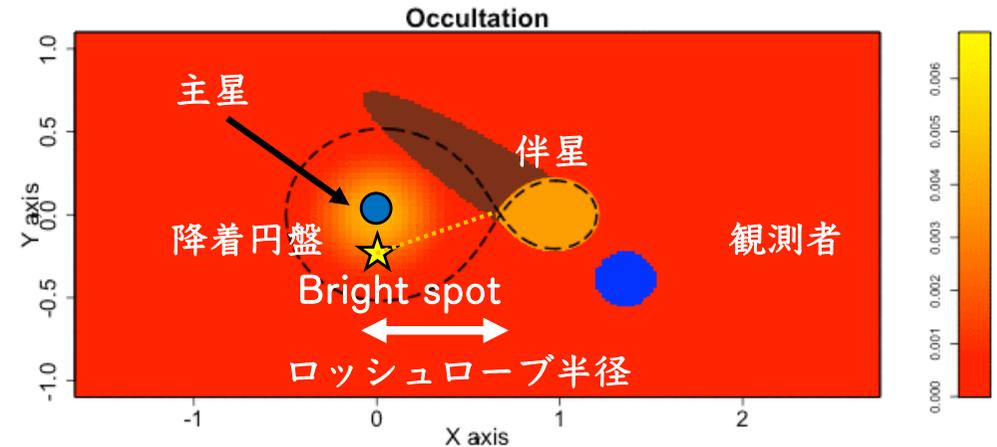
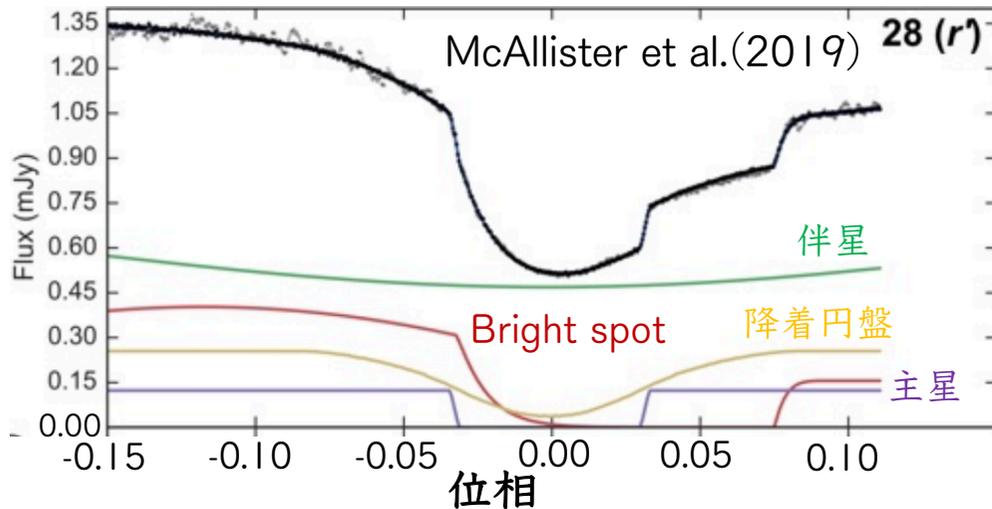
very hot disk



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

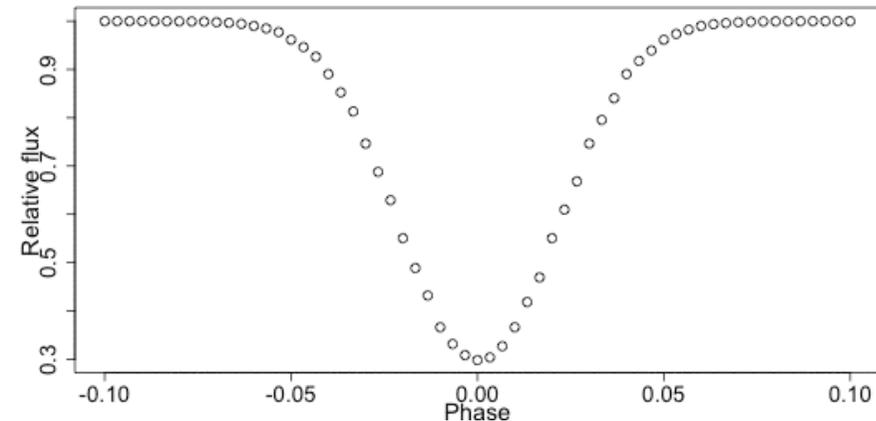
→ 周期的な変動を説明することは困難 (Hameury & Lasota 2014) 10/19

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

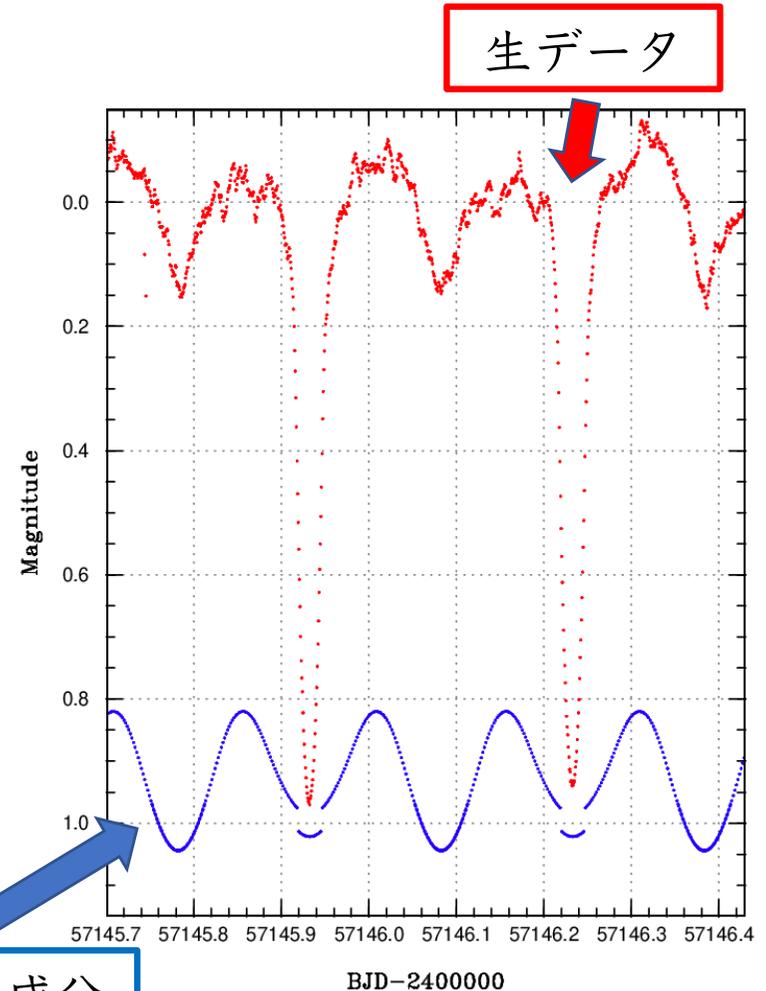
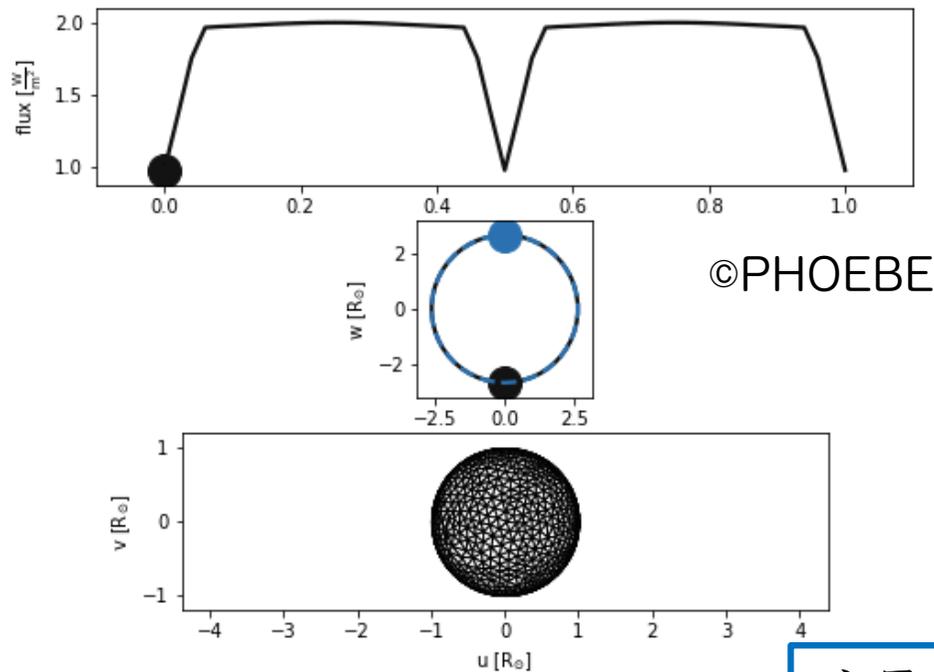
➤ PHOEBE: 連星の光度曲線を生成するコード
(<http://phoebe-project.org/>)



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, α, 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)

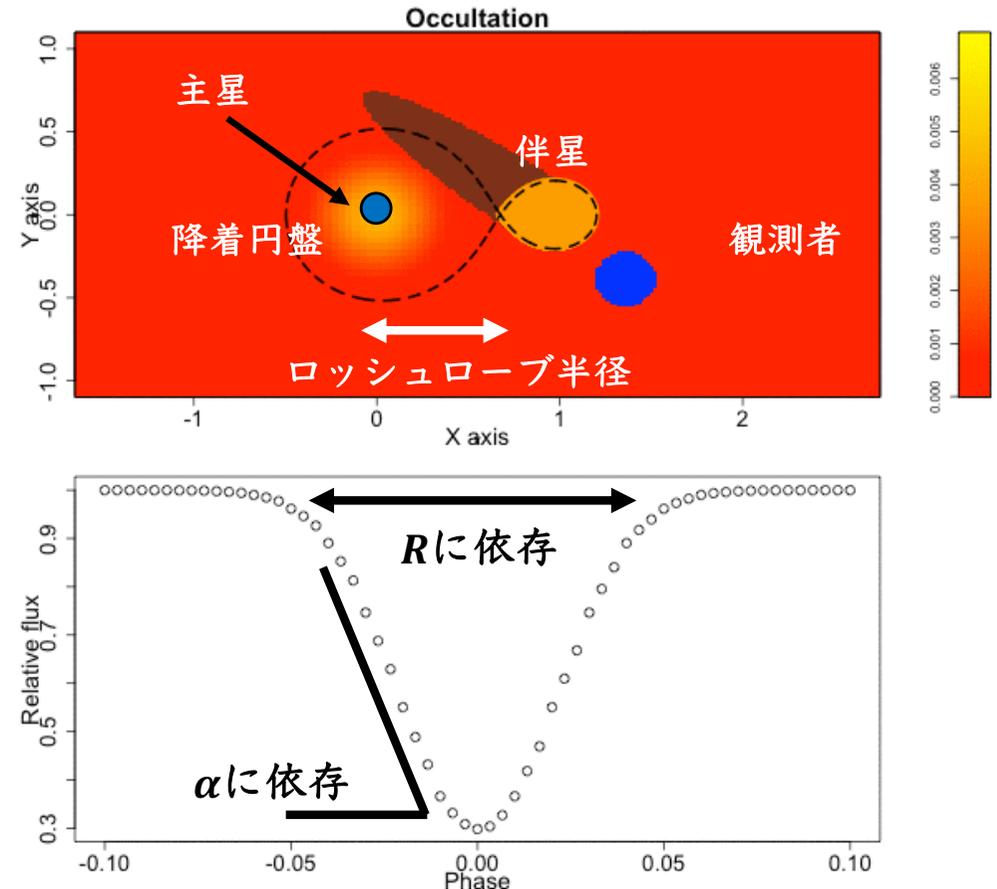
R : 円盤半径

→ i, q の値は各天体の系により一定なので固定

→ R, α の2変数でMCMC*

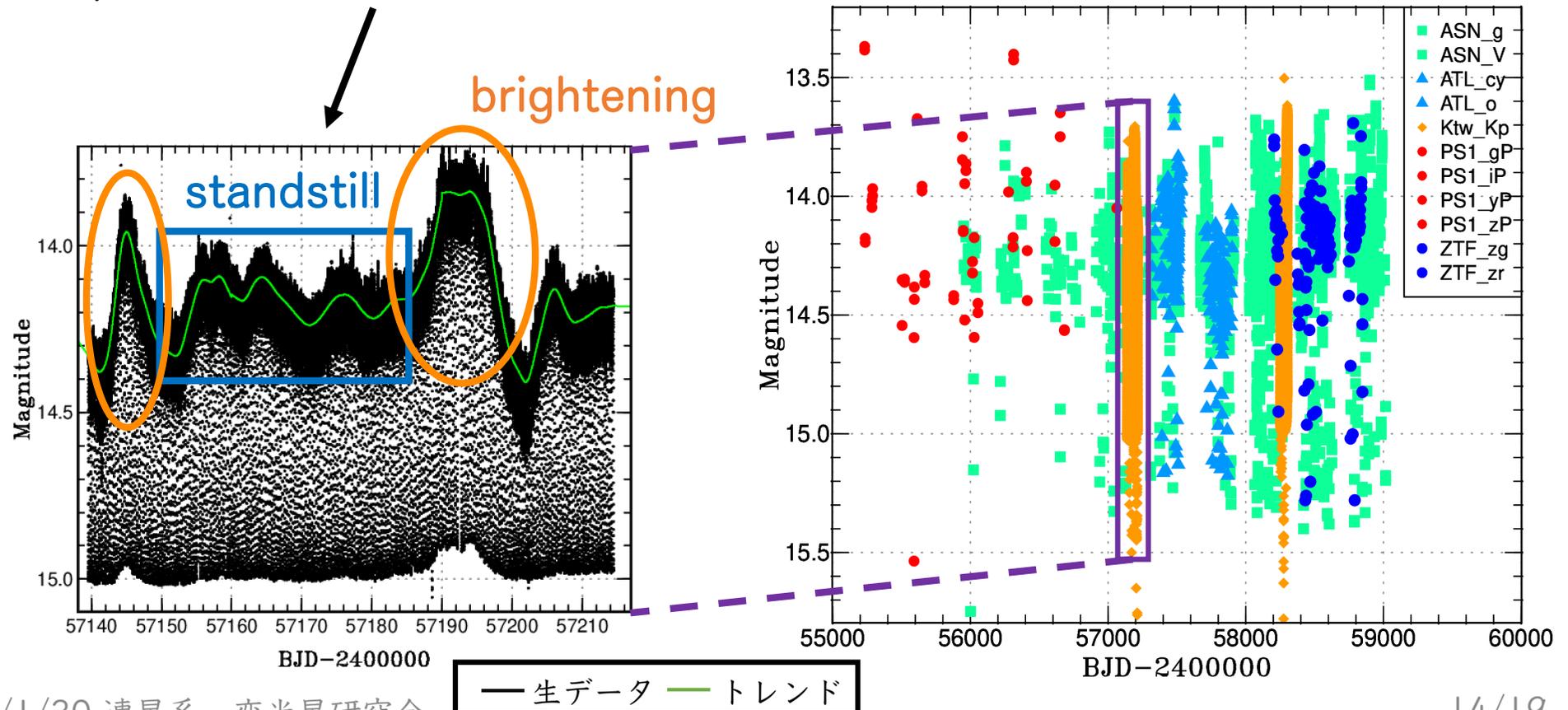
→ 定性的な R の変化を観察

➤ MCMC: マルコフ連鎖モンテカルロ法

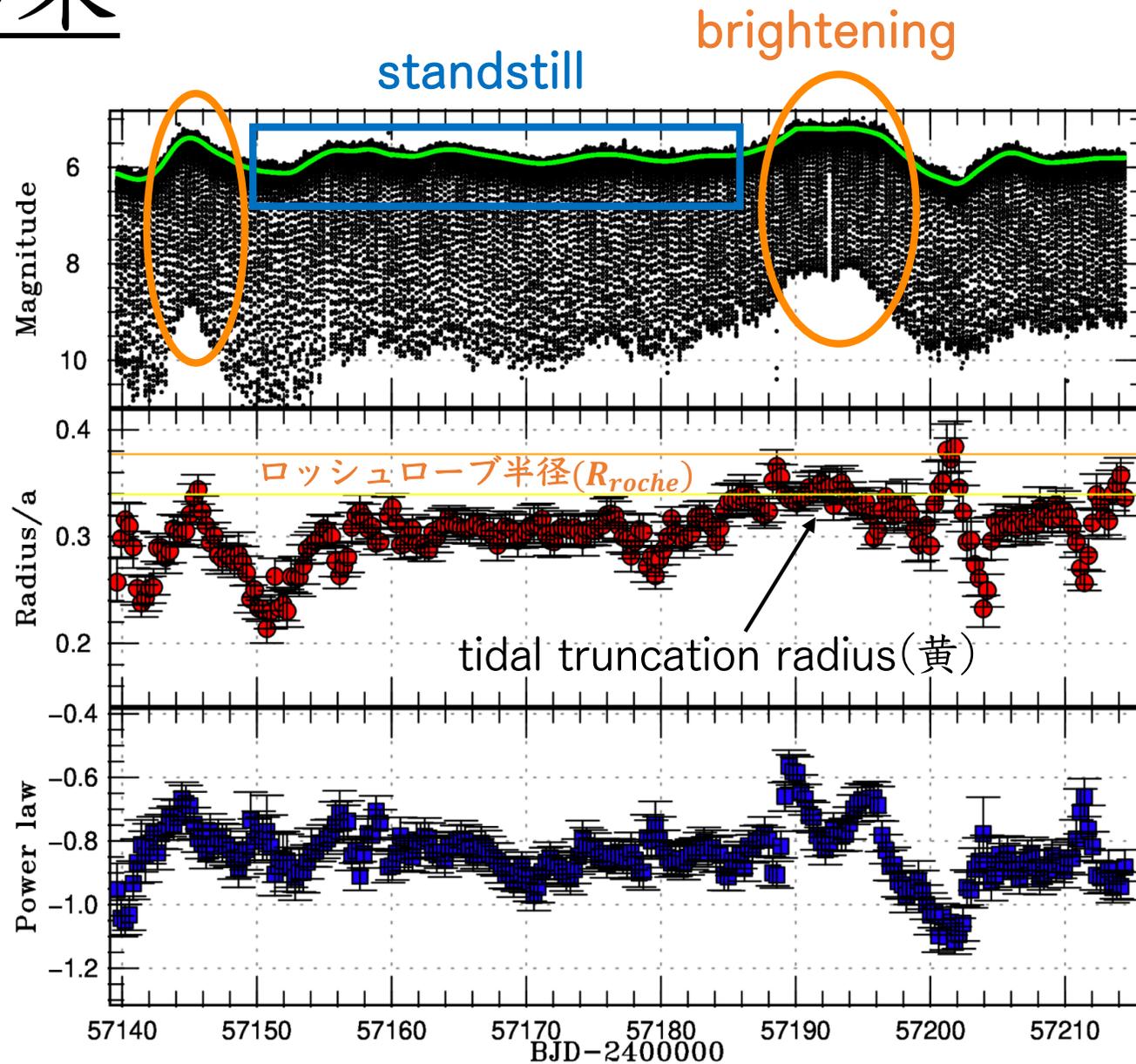


解析天体：AC Cnc

- 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



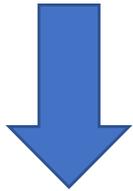
結果



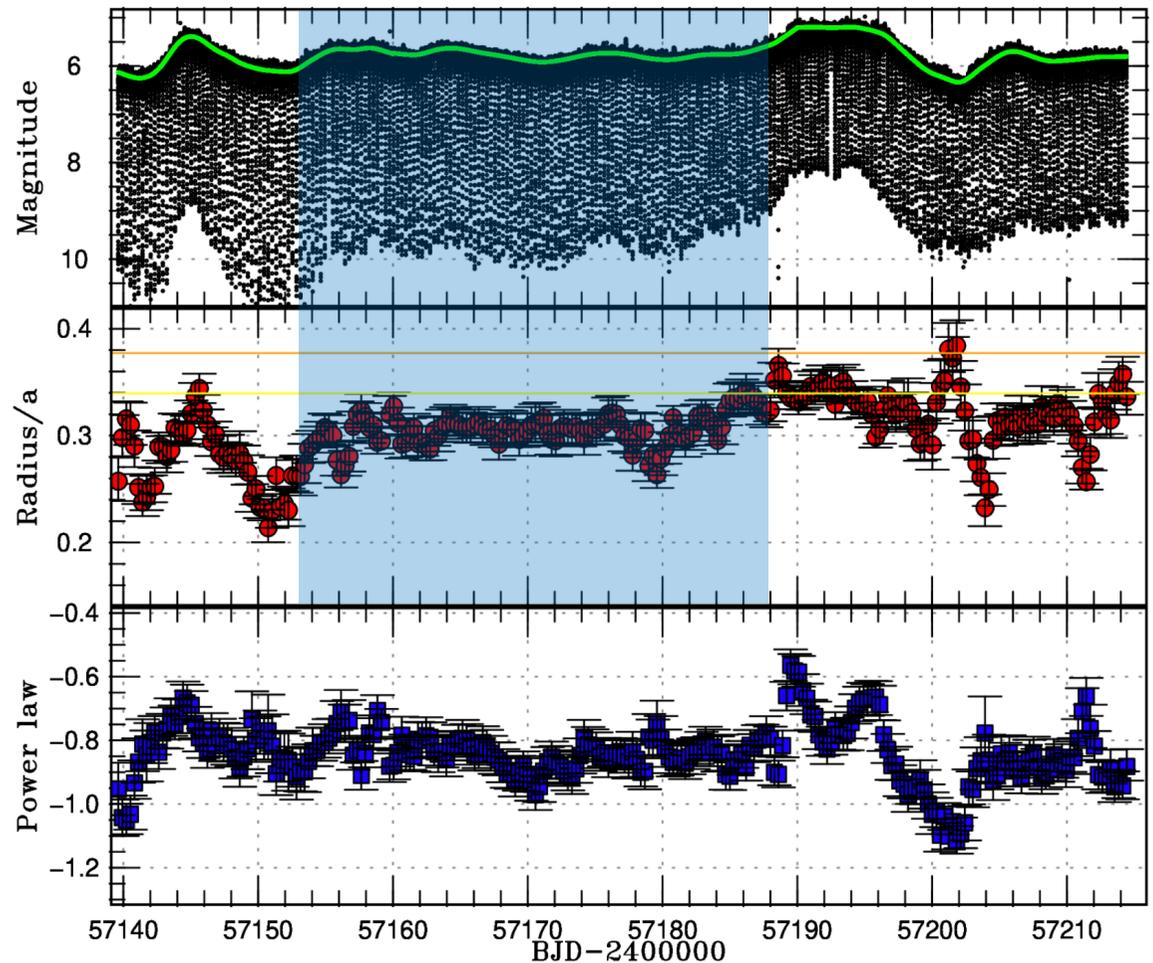
考察

- 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

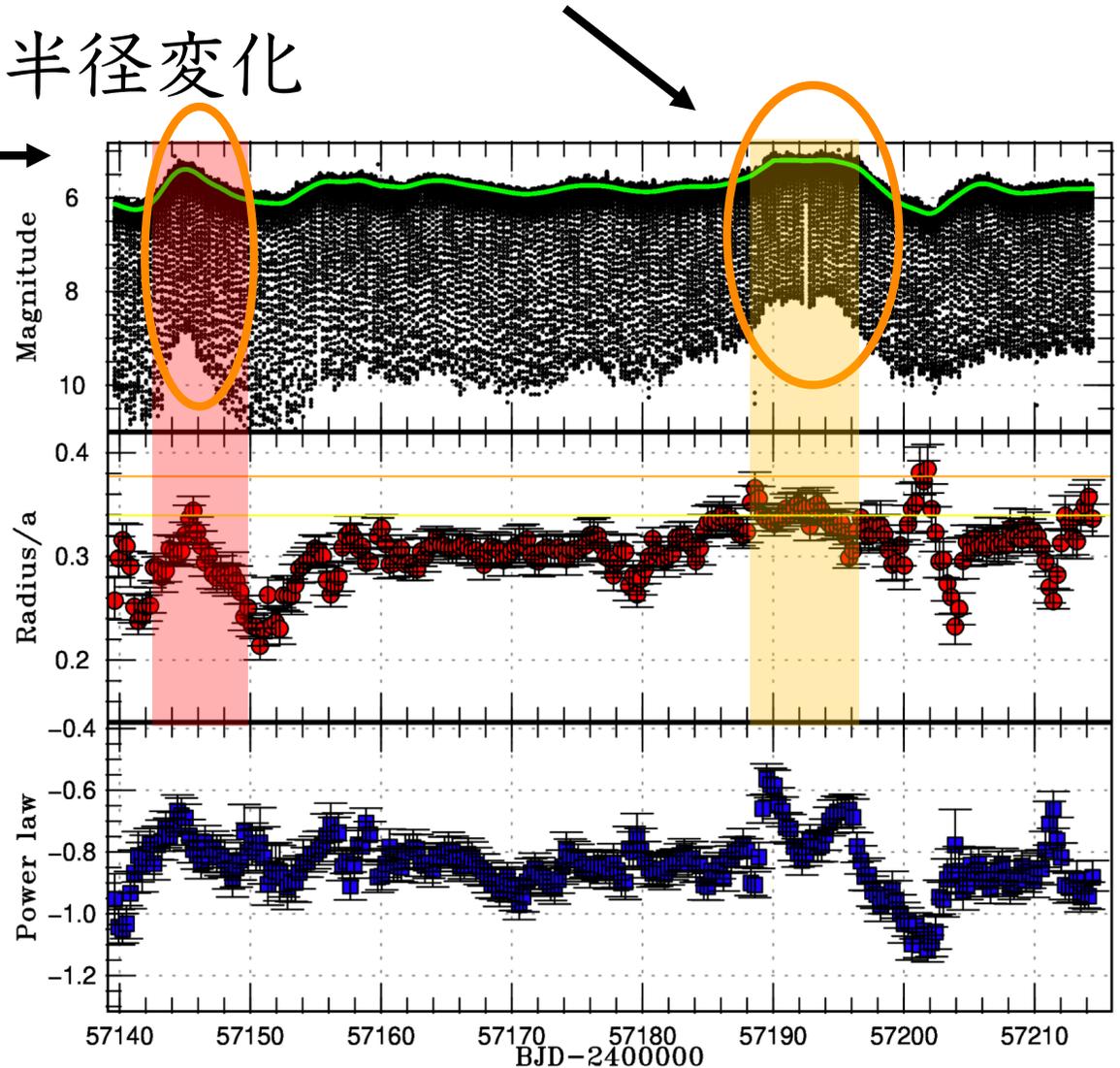
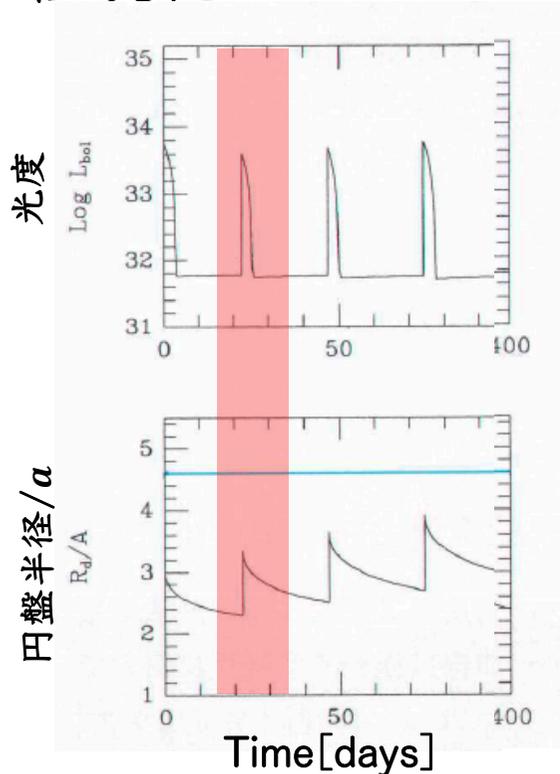
Flat-topped outburst

: 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