



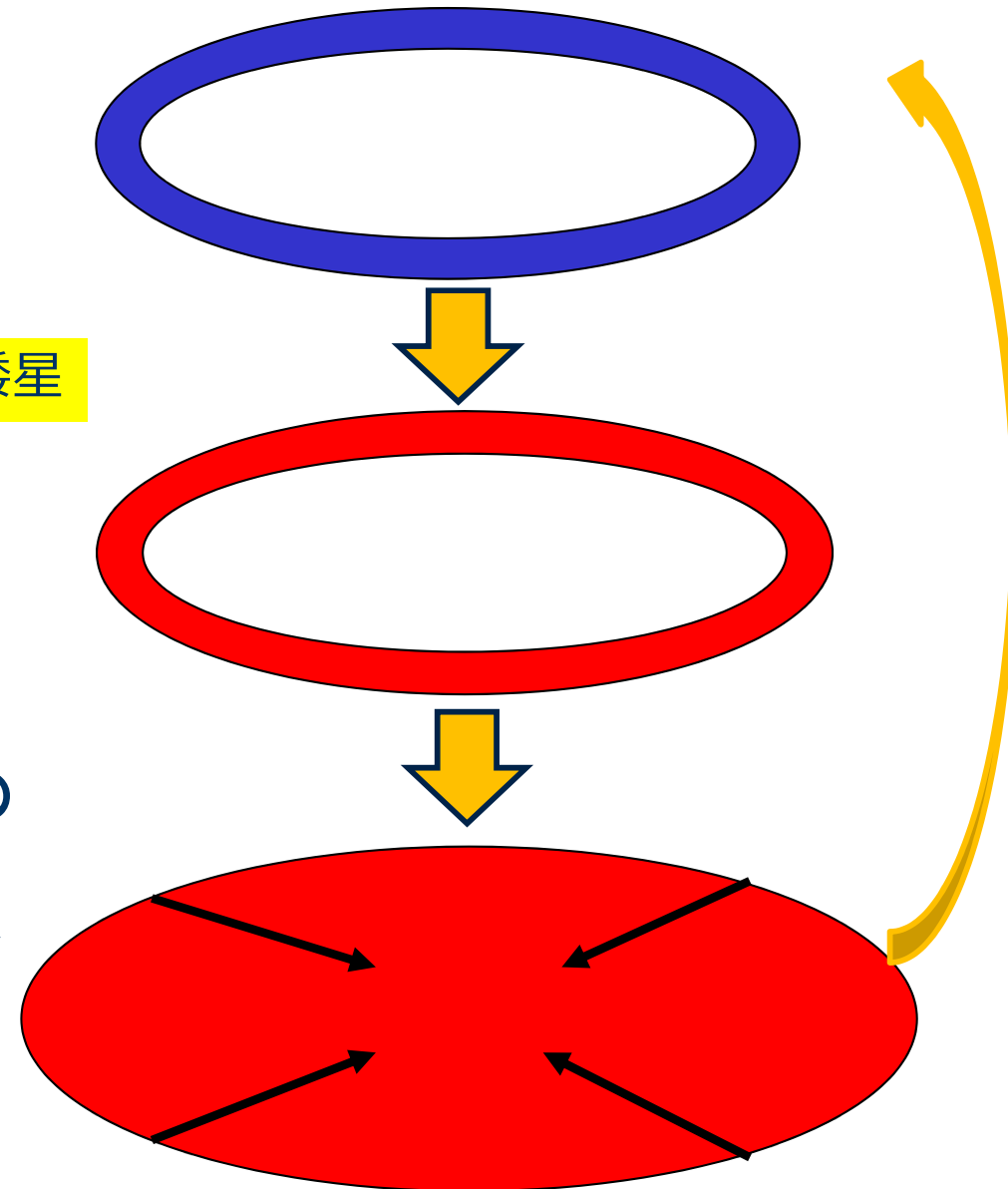
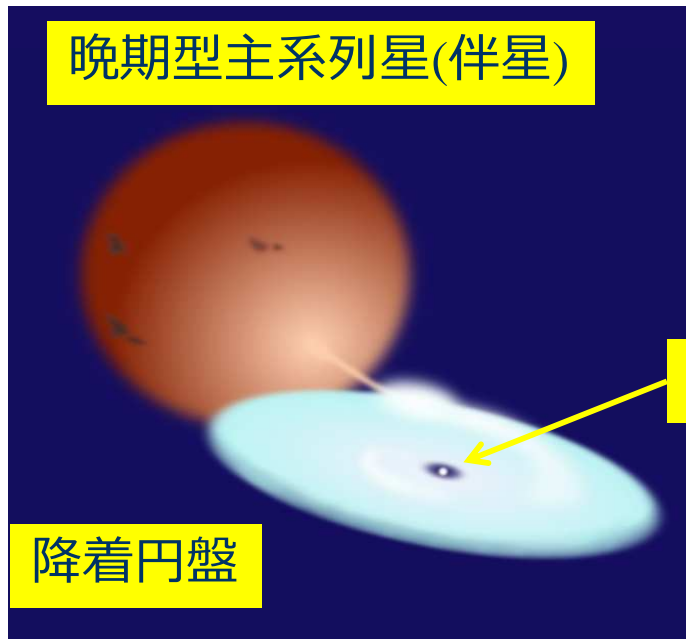
光・赤外線天文学大学間連携での 矮新星観測の狙い

野上大作 (京都大学)

大島誠人、中田智香子、磯貝桂介、加藤太一 (京都大学)、
植村誠 (広島大学)、前原裕之 (東京大学)、今田明 (元国立
天文台)、ほか大学間連携激変星観測グループ

イントロダクション

激変星(矮新星)とアウトバースト



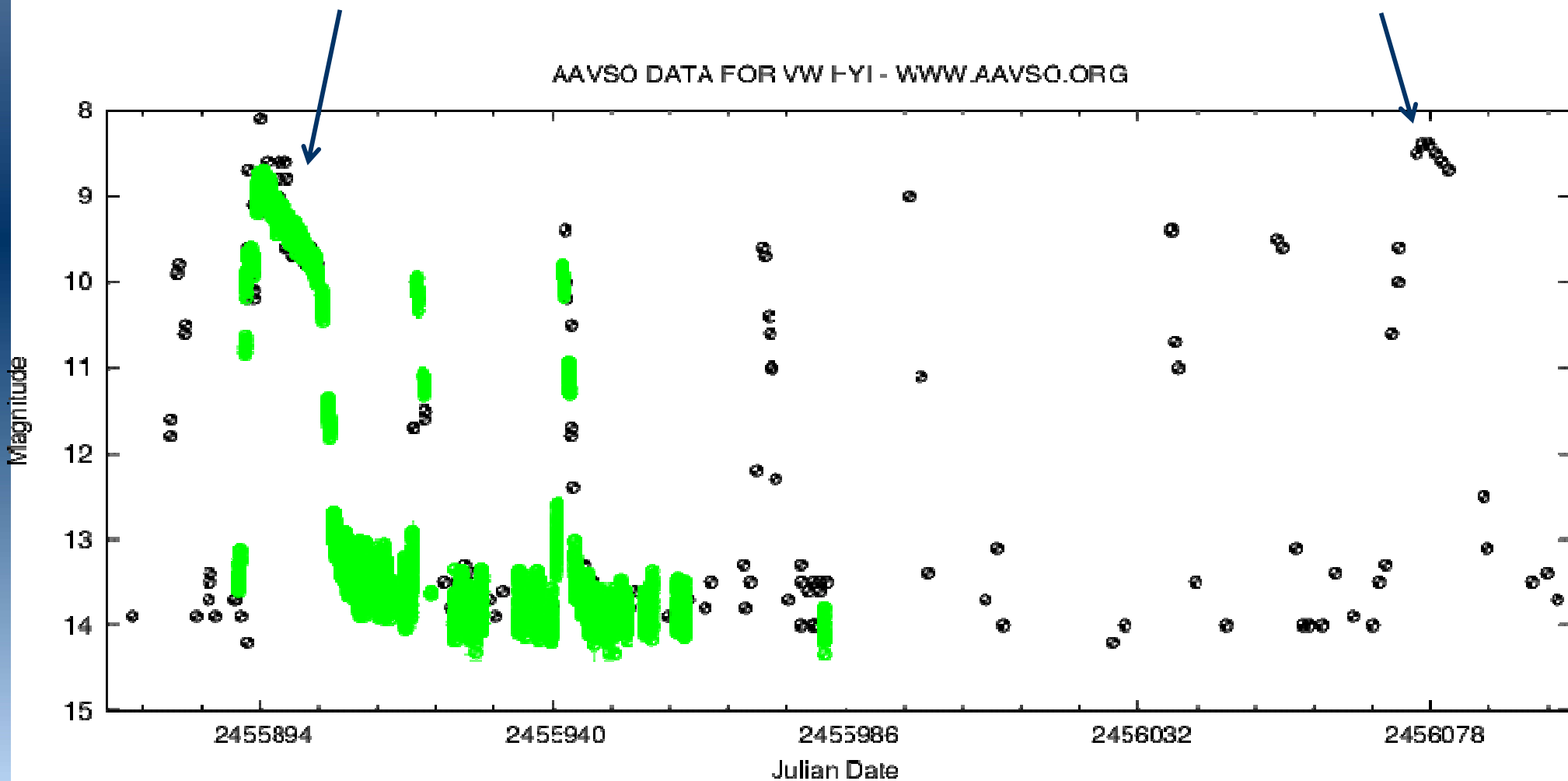
矮新星：激変星のうち降着円盤起源の増光を起こすもの。降着円盤の活動性の実験場。

アウトバースト：数十日間隔で数日だけ、数十倍くらい明るくなる(in可視光)。間欠的な質量降着。

SU UMa型矮新星

スーパーアウトバースト (通常のアウトバーストより明るく長い)

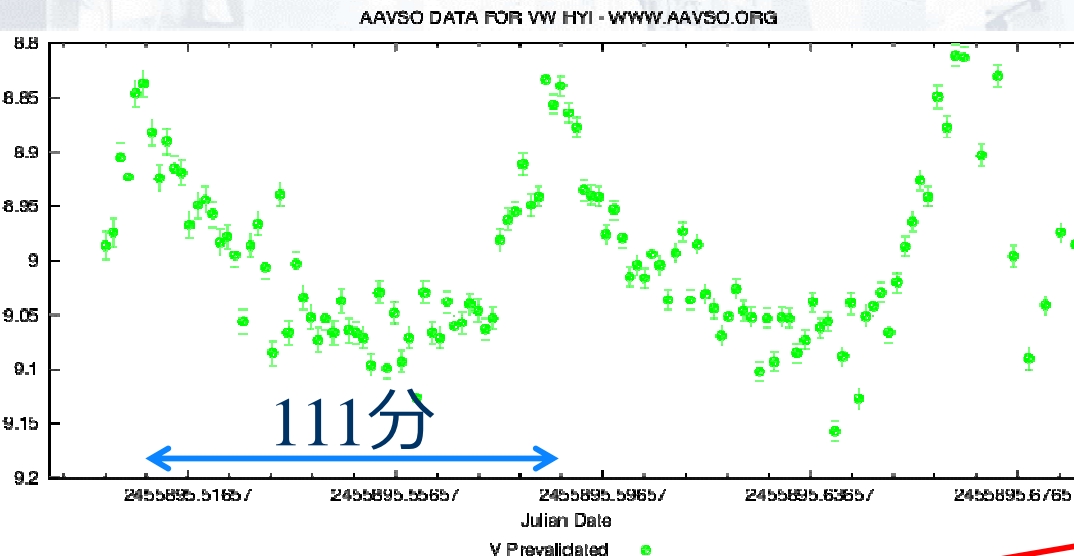
AAVSO DATA FOR VW HYI - WWW.AAVSO.ORG



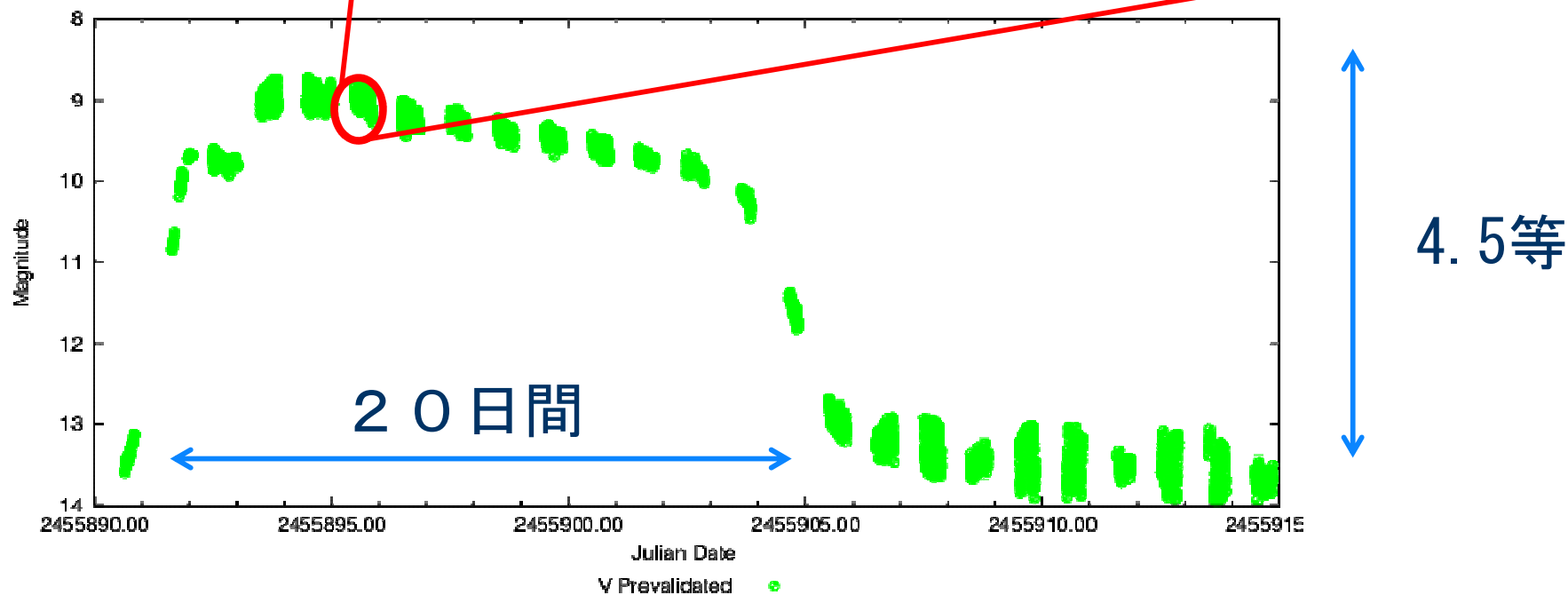
スーパーアウトバースとスーパーハンプ

軌道周期より
数%長い微小
振動

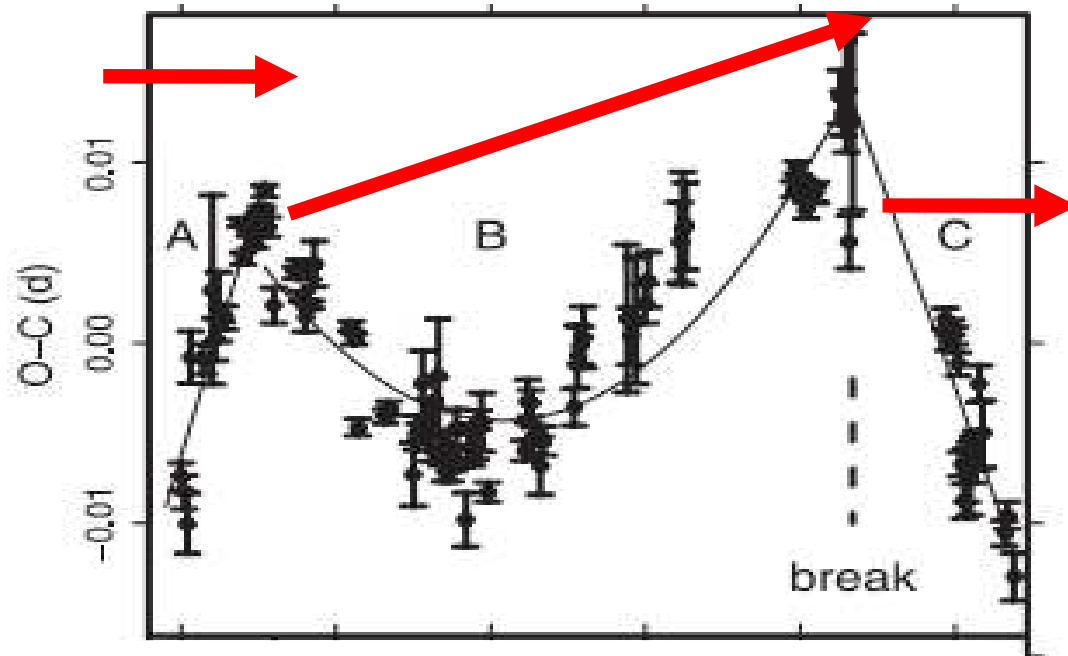
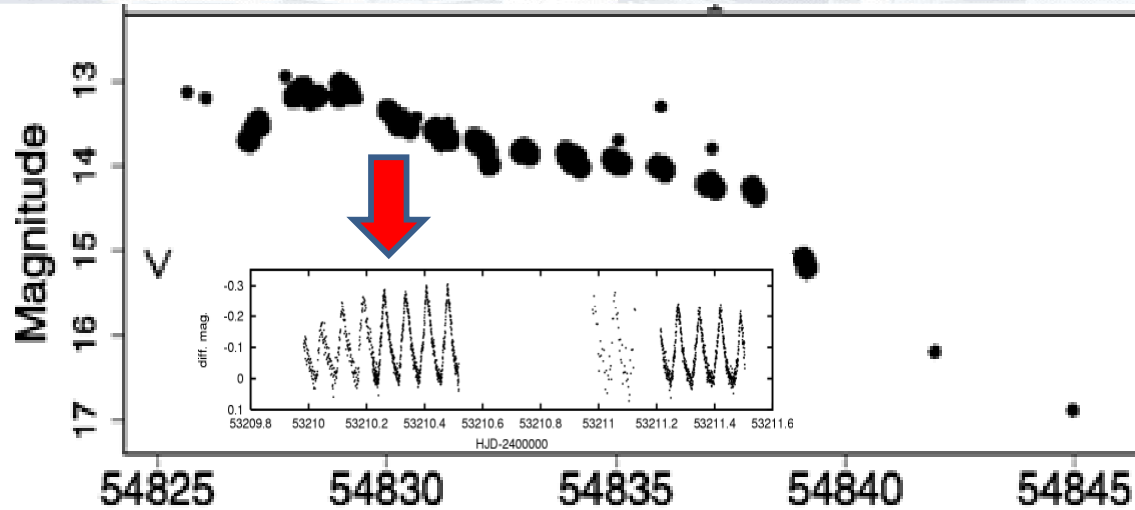
0.25等



AAVSO DATA FOR VW HYI - WWW.AAVSO.ORG



スーパーハンプの周期変化



近年スーパーハンプ周期
の変化が明らかになった

- 長い周期で一定

(stage-A)

- 一旦短くなり、長くなっていく

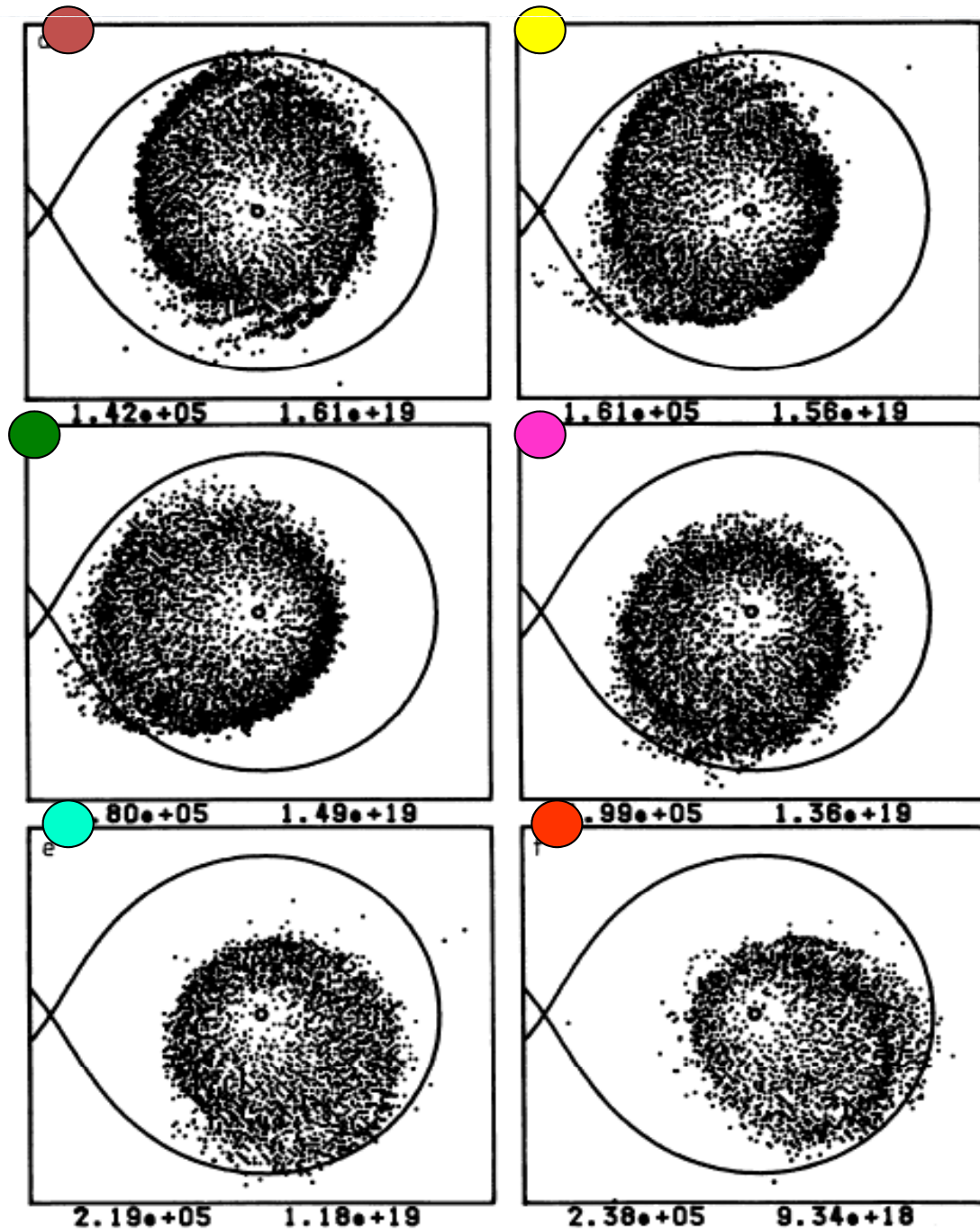
(stage-B)

- 短くて一定

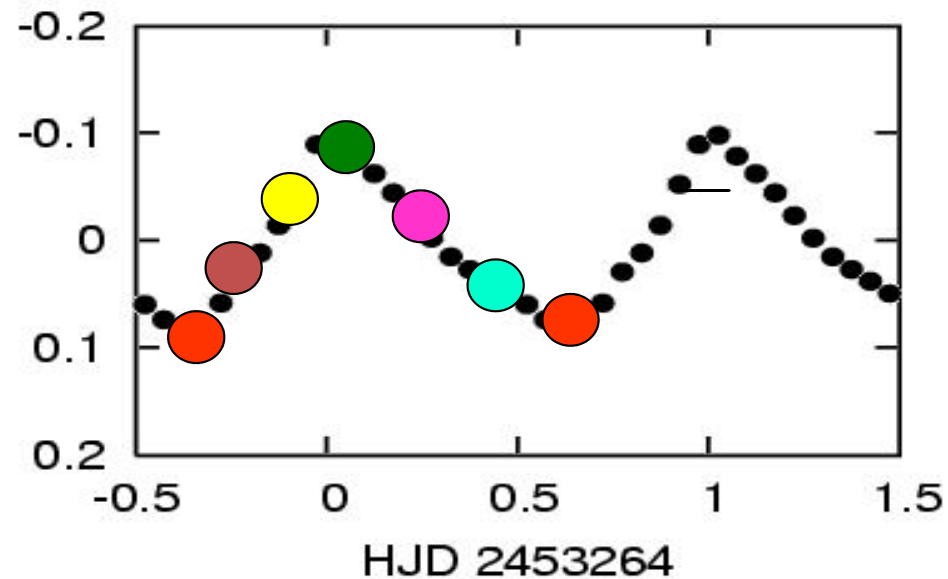
(stage-C)

Kato+ 2009

スーパーハンプの理論的解釈



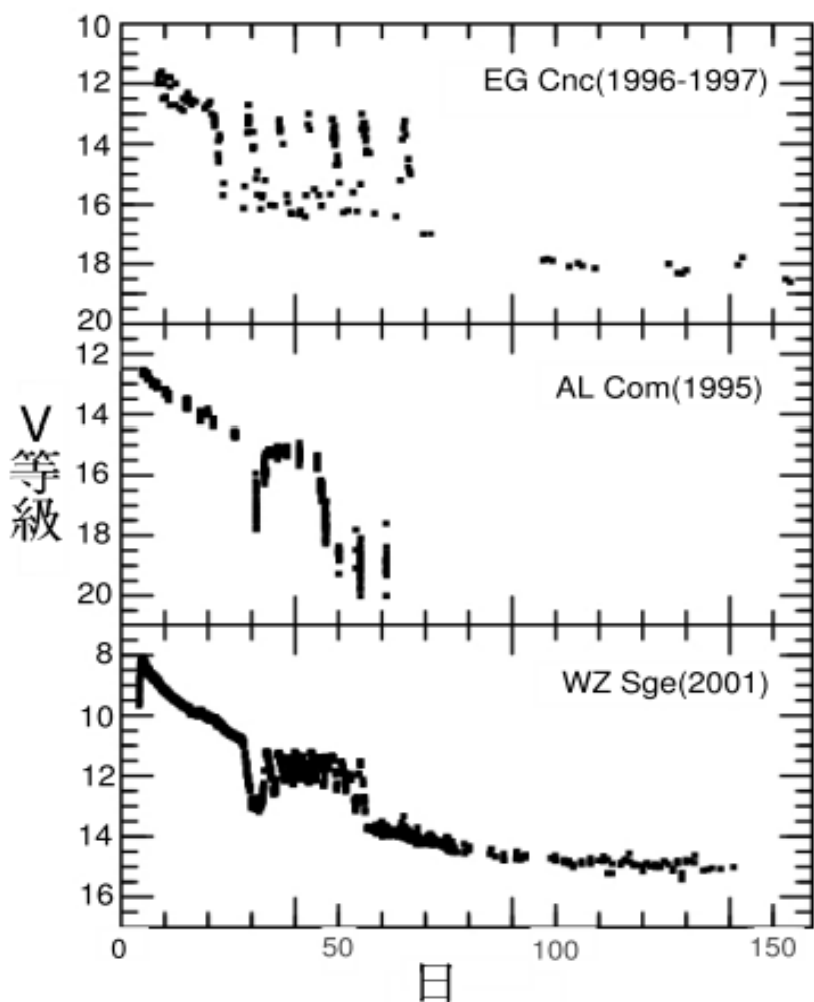
- 歳差運動をする楕円円盤の歳差周期と軌道運動の邂逅周期 → スーパーハンプ周期
- 最近の研究 (Osaki & Kato 2013) では、stage A のスーパーハンプ周期と軌道周期から正確に質量比が求められることがわかった！



Murray (1998)

WZ Sge型矮新星の特徴と謎

SU UMa型矮新星だが、10年程度おきにしかアウトバーストしない



- スーパーアウトバースト最初期に観測される、(ほぼ)軌道周期の2コブの微小振動: **初期スーパーハンプ**

→ これは何を見ている?

- **再増光**を起こすものが多い。

→ そのエネルギーはどこから?

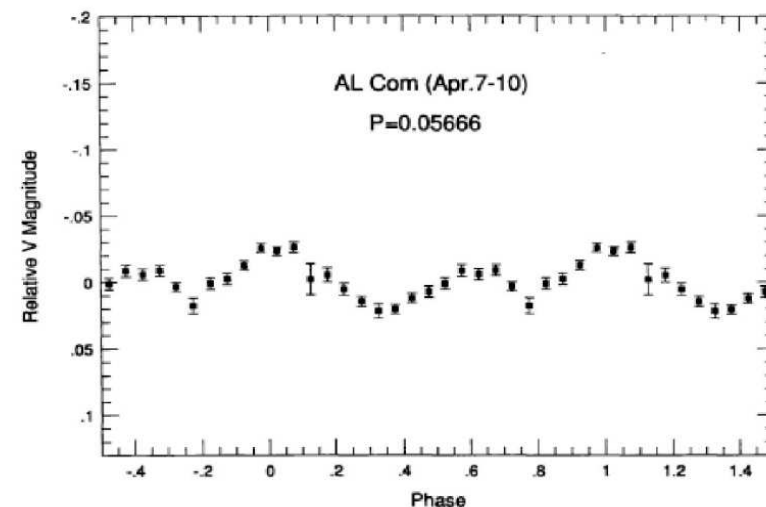
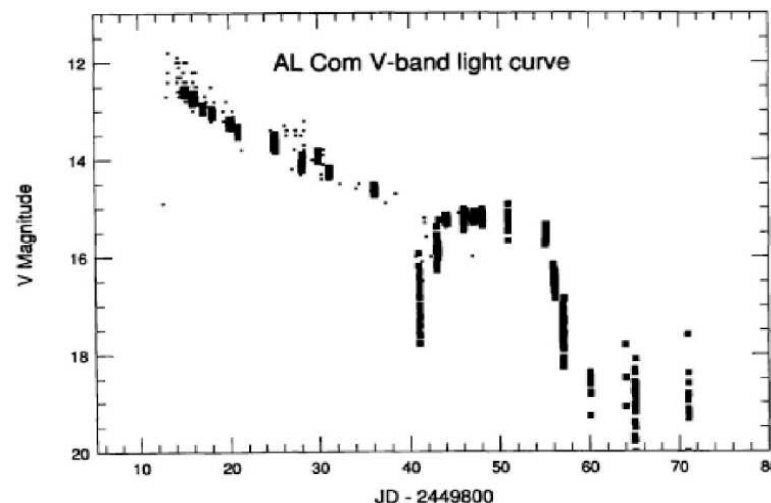
- 初期スーパーハンプ + stage A

スーパーハンプ周期 → **質量比!**

→ '標準' 進化モデルの検証

連携観測の狙い: 初期スーパーハンプ

- WZ Sge型
矮新星の
増光初期に
だけ現れる

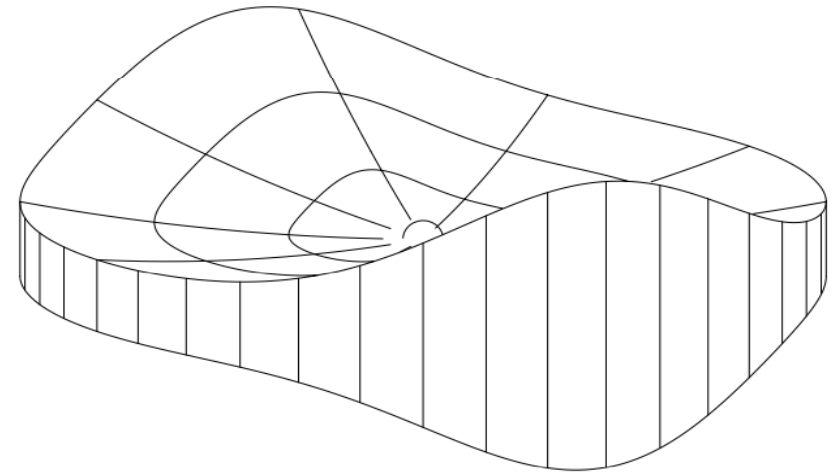


ほぼ軌道周期を持つ2コブの微小変動。徐々に弱くなり、普通のスーパーハンプが現れる。

- 2:1共鳴に関係がある？ (Osaki & Meyer 2001; Ogilvie 2002; 他)

初期スーパーハンプのモデル

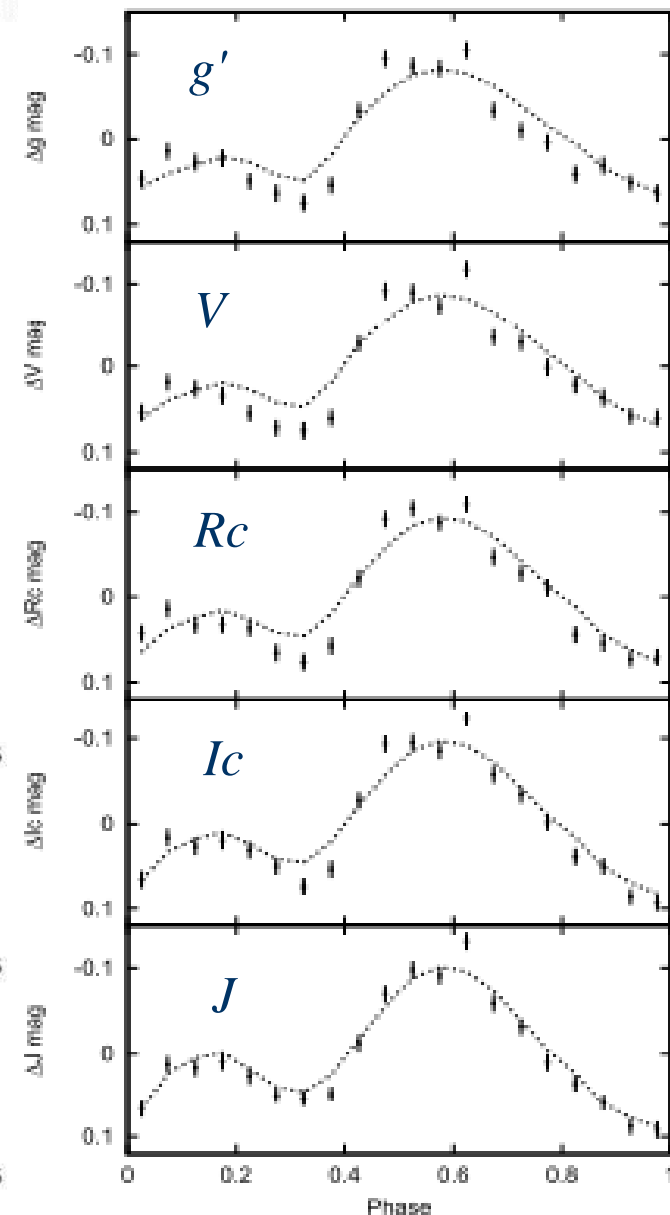
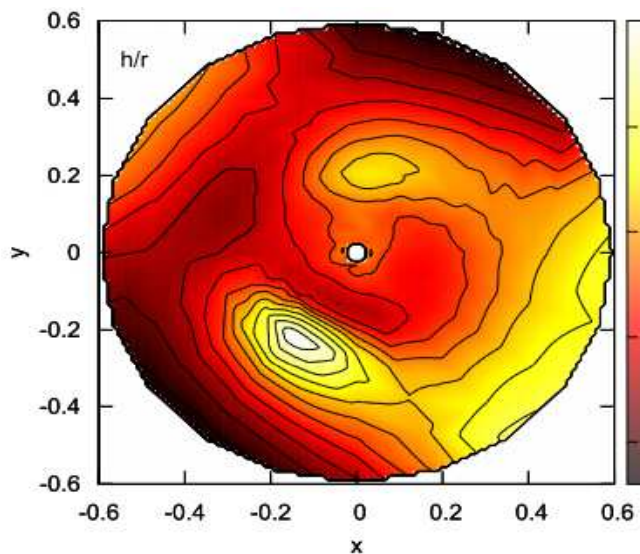
- 降着円盤の厚みが場所によって異なり、円盤の内側を隠すことで明るさが変わる？ (Nogami et al. 1997他)
- pole-on の GW Lib のスーパーアウトバーストでは初期スーパーハンプは観測されなかった。



多色測光による降着円盤の再構成

- 初期スーパーハンプの多色測光による光度曲線を、降着円盤の厚みによる「食」とする解析で厚みや温度の分布を調べる手法を開発(Uemura et al. 2012)。

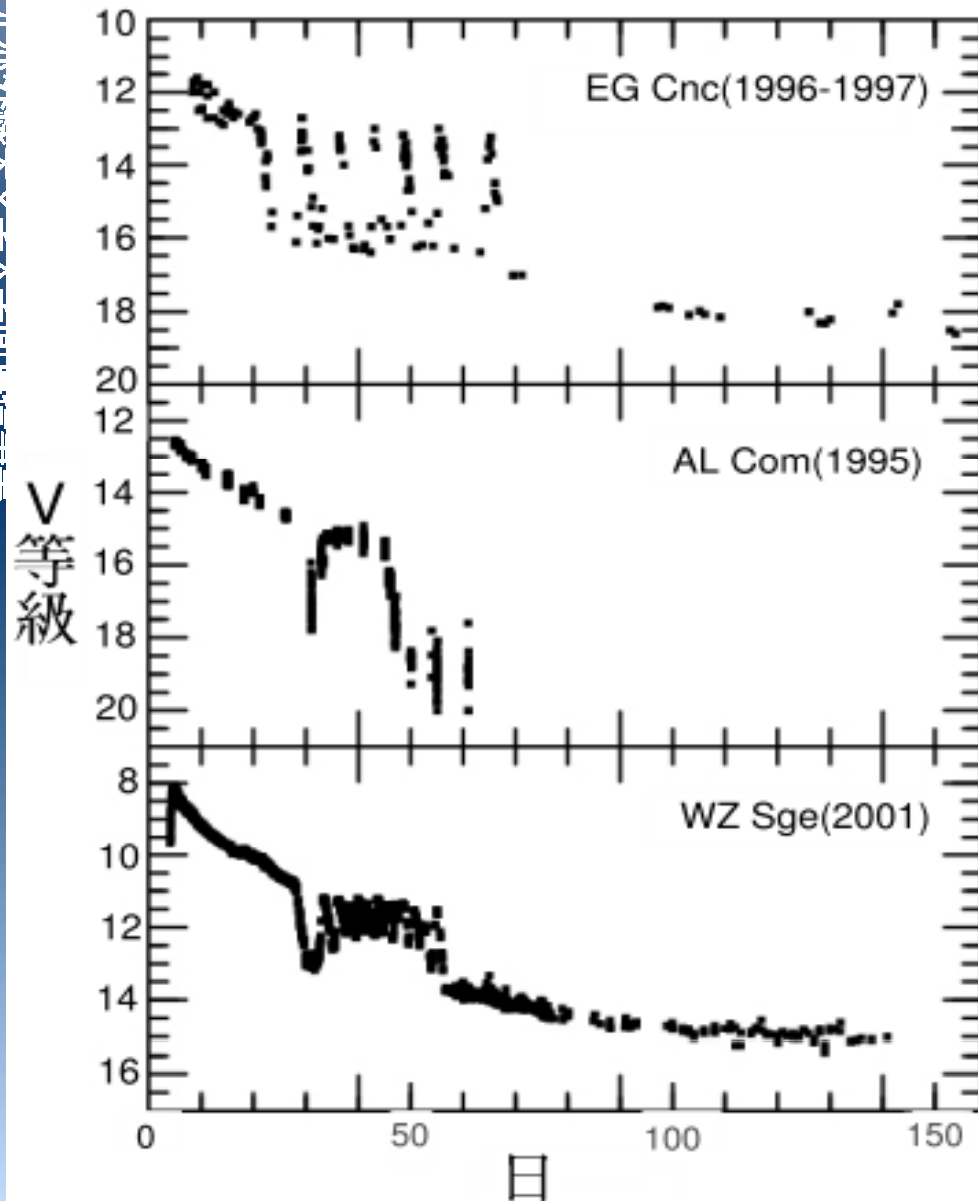
右図：V455 And の2007年のスーパーアウトバースト中の初期スーパーハンプの多色測光結果と厚み(h/r)分布(Uemura et al. 2012より)。



連携観測で

- 明るいWZ Sge型矮新星の初期スーパーハンプ現象を、可視～近赤での多色測光観測することで、降着円盤の構造(厚みや温度の分布)とその変化を調べる。
- $V < 13.5$ で増光開始1週間以内と判断される場合に観測開始。初期スーパーハンプから通常のスーパーハンプに移行すれば観測終了。4分以下のcadenceで0.01等程度以下のエラーに。
- 分光観測の輝線プロファイルの変化による降着円盤の構造を調べる方法も準備中。(なるべく)8分以下のcadenceで $S/N > 10$ となるように。

連携観測の狙いII: WZ Sge型矮新星の再増光

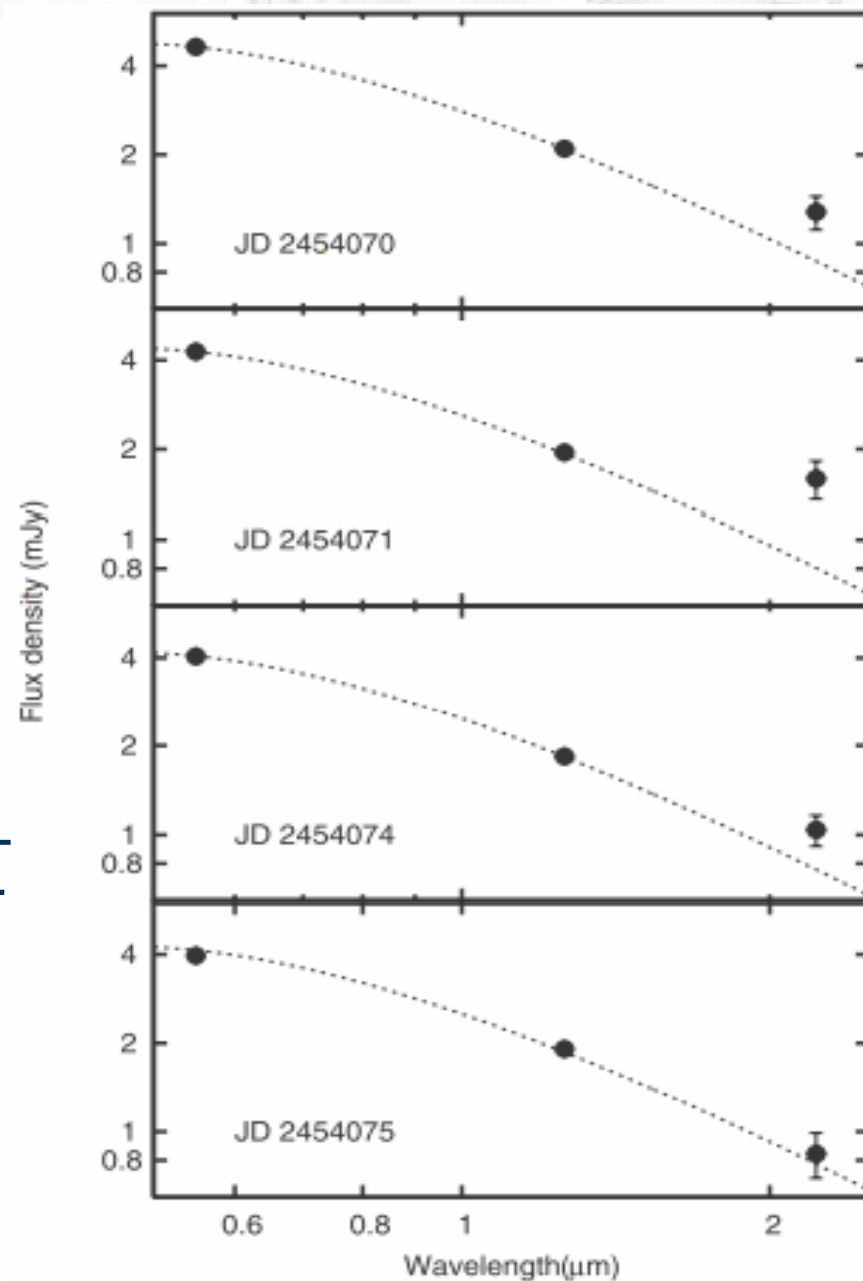
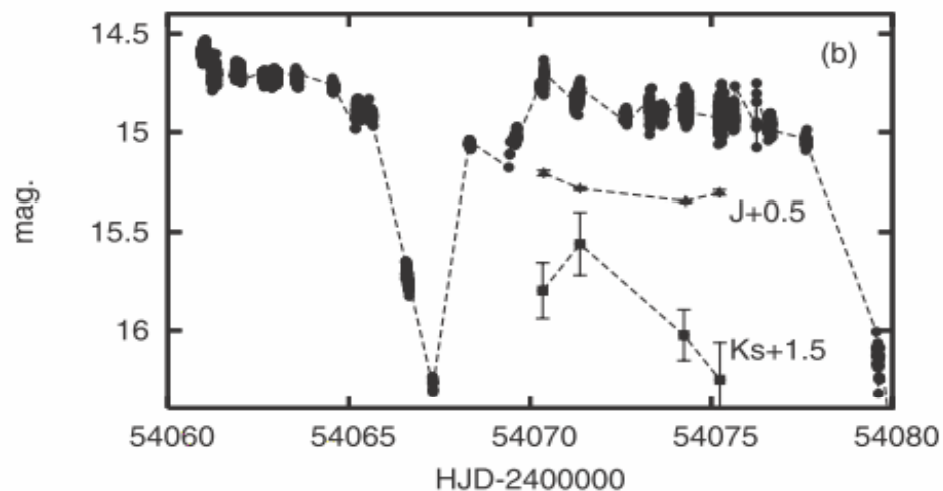


- WZ Sge型矮新星では、様々な再増光現象を示すものがある。
- スーパーアウトバーストが終わるのは、降着円盤中に十分な質量がなくなったからだと思われるのに、すぐに再増光を起こせるのはなぜ？

- 増光中に強く照らされた伴星が、熱平衡状態を外れて質量輸送率が急増する？
- 増光が一旦終わっても、粘性が治まる率が低く、次の増光を起こしやすい状態になっている？
- 明るい降着円盤の外側に冷たい質量が残っている？

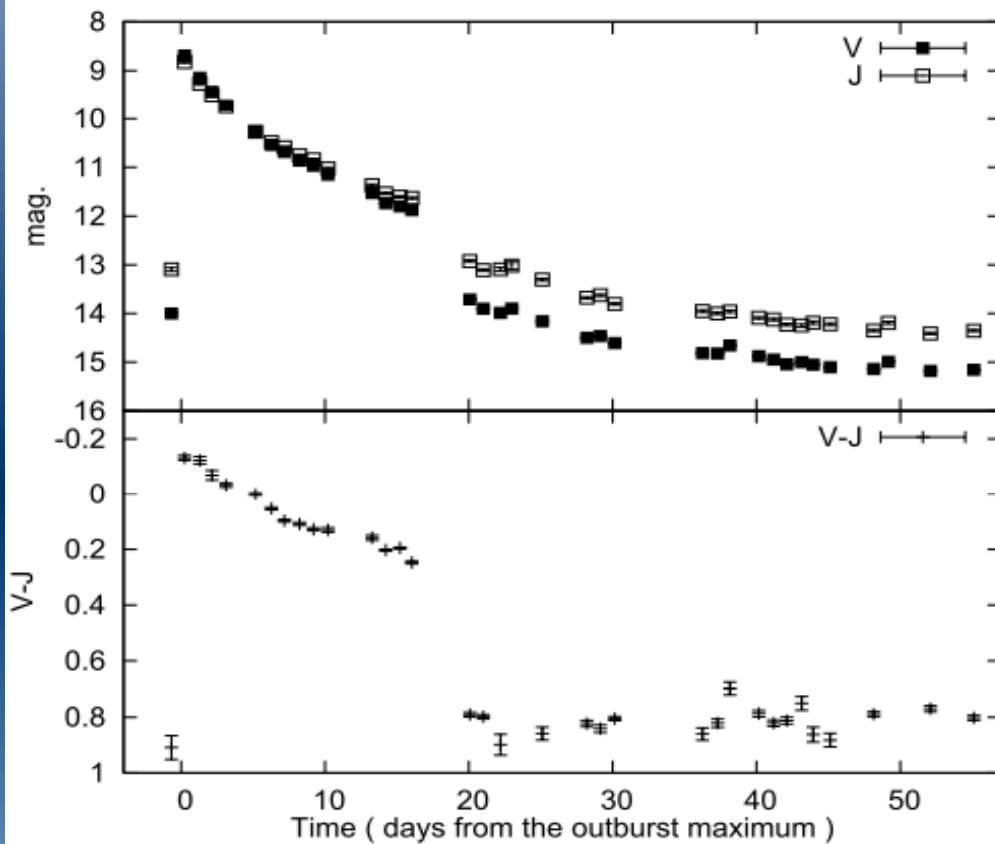
再増光中の可視－近赤外線測光観測

Uemura et al. (2008)

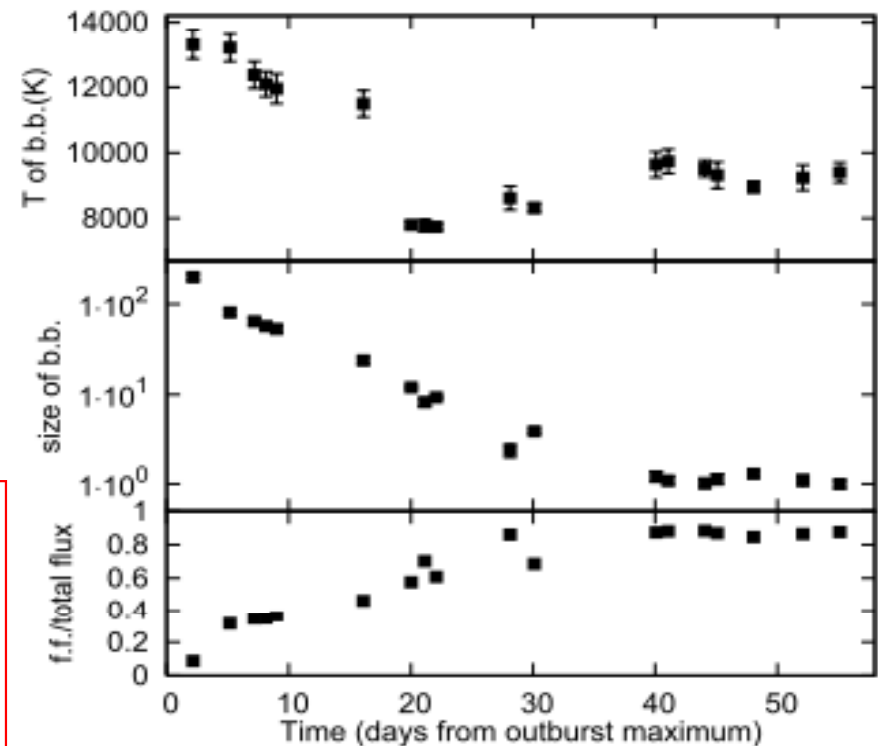
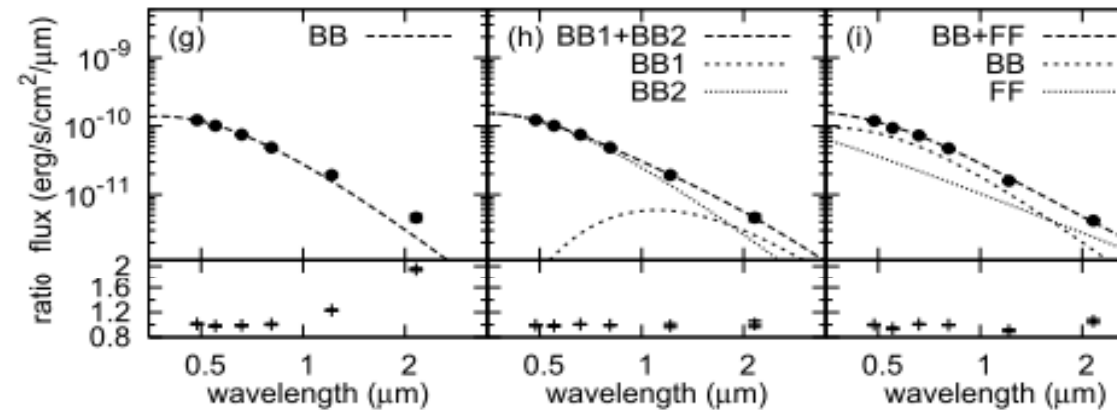


- SDSS J102146+234926の再増光中では、Jはほぼ一定なのに、Ksで一旦明るくなり、その後暗くなっている。
- 円盤の外側に低温成分？

Kanata/HowPOLで



V455 And: Matsui et al. (2010)より



SEDを黒体輻射+f-fで
フィット。残っているBB成
分が再増光の質量供給源？

連携観測で

- 可視－近赤外線測光観測で、WZ Sge型矮新星のスーパーアウトバースト中のSEDの変化を調べる→再増光のエネルギーの元を探る。
- スーパーハンプなどの変動があると思われるので、1周期(~80分)以上のデータの平均を用いるのがよい。時間分解能は不要。
- 分光観測ができることも望ましい。輝線プロファイルから、低音成分からの輝線成分を調べることができる？

連携観測の狙いIII: 質量比の測定

- WZ Sge型矮新星は初期スーパーハンプが観測される。
→軌道周期
- Stage A スーパーハンプが観測できれば、質量比 ($q=M2/M1$)が求められる！

$$q = -0.0016 + 2.60\epsilon^* + 3.33(\epsilon^*)^2 + 79.0(\epsilon^*)^3,$$

where

$$\epsilon^* \equiv \omega_{pr}/\omega_{orb} = 1 - P_{orb}/P_{SH}.$$

See Kato & Osaki (2013)

- この方法は低質量X線連星やAM CVn型連星でも適用可能

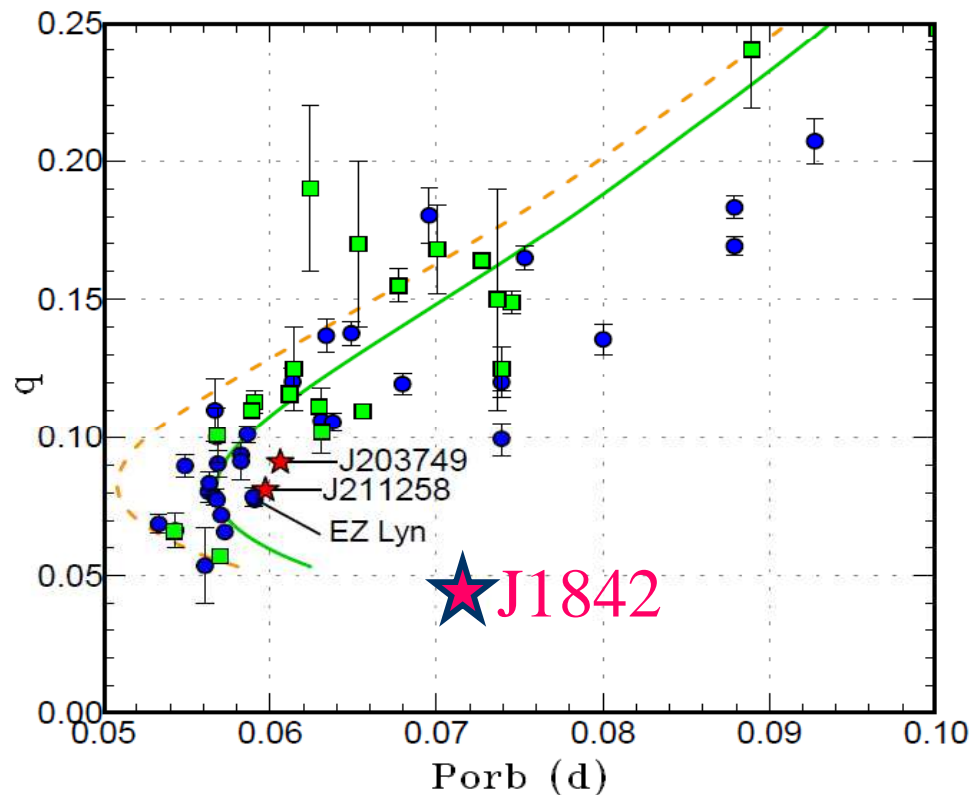
最近見つかってきたperiod bouncers

これまで確実な証拠がなかったperiod bouncer候補が最近見つかっている

SSS J122221.7-311523

(Kato et al. 2013c)

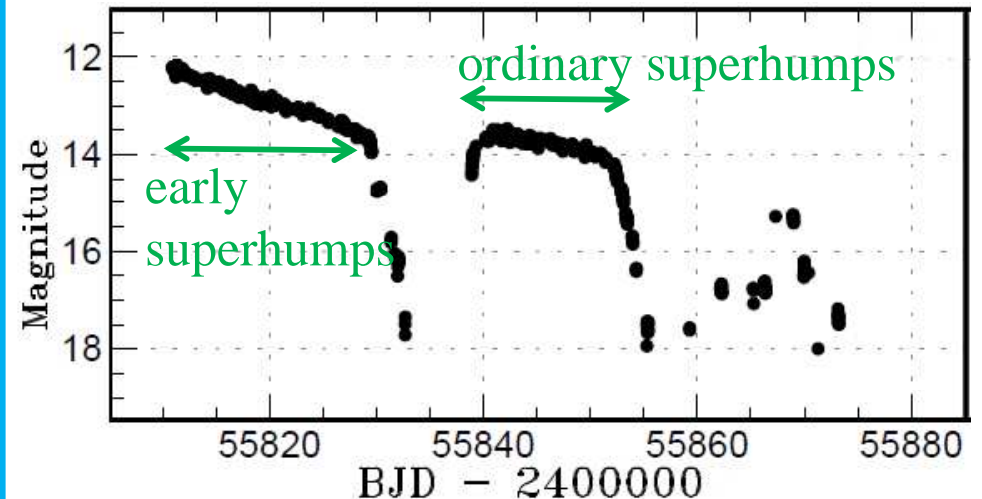
- 質量比がとても小さい $q=0.045$
- 軌道周期が長い (> 0.07 d)



OT J184228.1+483742

(Kato, Osaki 2013)

- 質量比がとても小さい $q=0.042(3)$
- 軌道周期が長い 0.07168 d
- double outburstsを示した



- SU UMa-type (mass ratio from eclipse)
- SU UMa-type (mass ratio from stage A)

大学間連携で行った観測

- これらの狙いから、これまでに大学間連携で3つのWZ Sge型矮新星の観測を行ってきた。
- GR Ori: 1916年発見時のアウトバースト以来、100年ぶりのアウトバーストが2013年2月に観測された。しかし、初期スーパーハンプが観測されず空振り。
- PNV J19150199+0719471: 2013年5月に板垣さんが発見。早期スーパーハンプが測光・分光観測で観測され、現在解析中。Stage Aスーパーハンプについては観測が不十分か。
- BW Scl: 2013年10月にアウトバースト。PI大島。現在解析中。

3.8m望遠鏡ができると

- 明るい時期の時間分解能連続分光観測
- 明るい時期の準周期的振動(QPOs; $P \sim$ 数秒 \sim 数百秒)の測光。場合によっては分光観測？
- 暗くなってから(>18 等)のスーパーハンプの観測

