

変光星周期位相と一酸化珪素メーカー分布 の相関関係

親泊美哉子¹ 今井裕¹ 永山匠² 小山友明² 松本尚子² 中島淳一³ S.-H. Cho⁴

¹鹿児島大学; ²国立天文台; ³Ural Fed. Univ.; ⁴KASI KVN

目的

- ❖ 漸近巨星枝段階にある脈動変光星（特にO-rich Stars）の星周では、SiOレーザーが検出される。SiOレーザーは星半径1-2倍の近傍星周で生じることから、質量放出によるガスの運動や中心星変光に伴う物理環境の変化に影響されると考えられるが、SiOレーザーの励起機構の解明は十分ではない。
- ❖ SiOレーザー複数輝線の相対分布から励起機構の推察が可能であることから、SiO $v=3$ $J=1 \rightarrow 0$ レーザーをプローブとして励起機構を解明できないか。

Summary

- ❖ 脈動変光星12天体に対して $v=2,3$ $J=1 \rightarrow 0$ の観測を行い、4天体において $v=2,3$ 合成マップを作成

✓ $v=2,3$ メーザー相対分布の様子にはバリエーションがある

W Hya, WX Psc, R Leo : 衝突励起が優勢な励起機構

T Cep : H_2O-SiO line overlappingが優勢な励起機構

✓line overlappingが優勢となるのは、中心星の赤外放射が強くなる変光周期 $\Phi \sim 0.2$ (0.0, 1.0でlight maximum) : 仮説

- ❖ さらなる観測を実施

✓変光周期 $\Phi \sim 0.2$ での観測であったが、相対分布は予測とは異なり衝突励起がと思われる相対分布を示した

R Leo, R Cas : 衝突励起が優勢な励起機構

→ line overlappingが優勢となるのは、変光周期の中でごくわずかな期間
なのではないか

Pumping mechanism

- 衝突励起

水素分子とSiO分子との衝突によって励起する

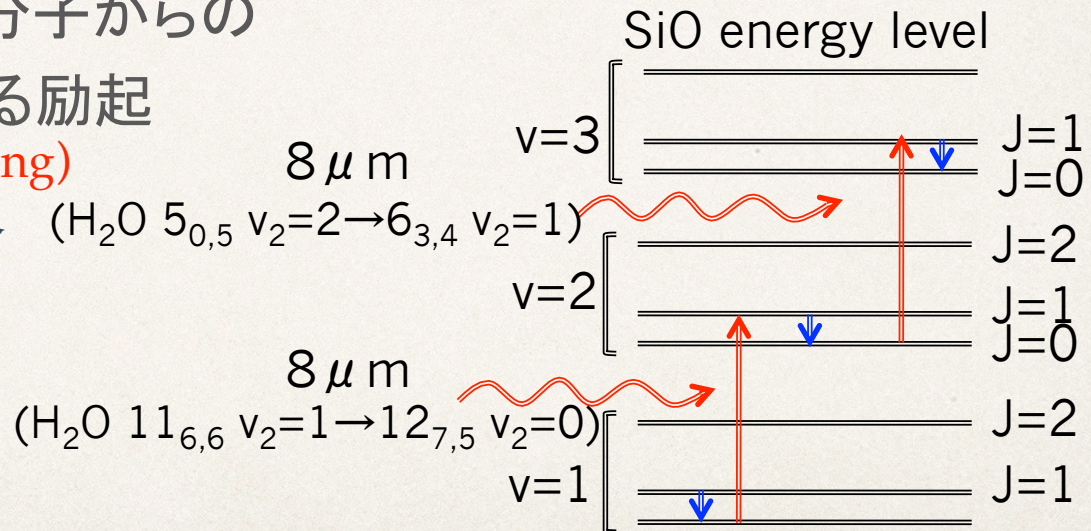
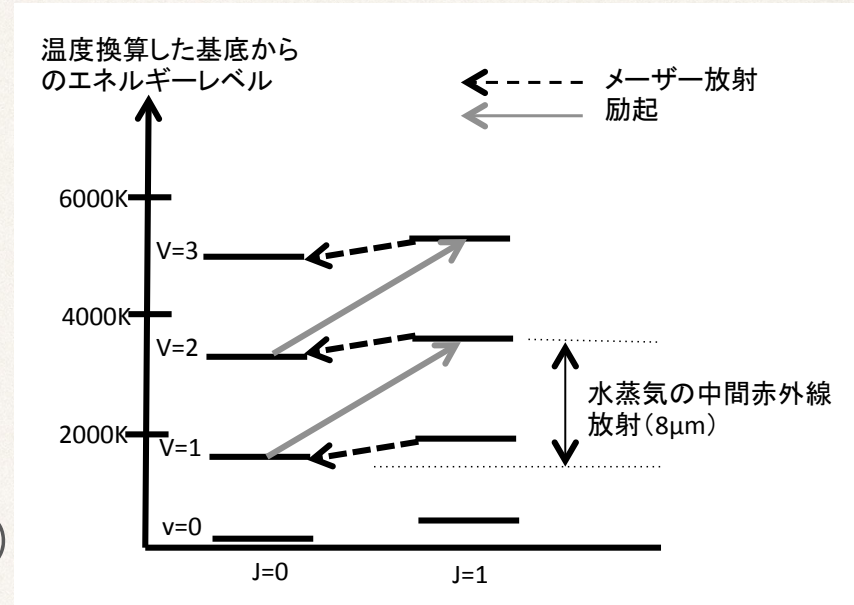
- 放射励起

- 中心星からの赤外放射によって励起。(v=3 J=1への励起は?)

- 星周にある水蒸気分子からの中間赤外線線による励起

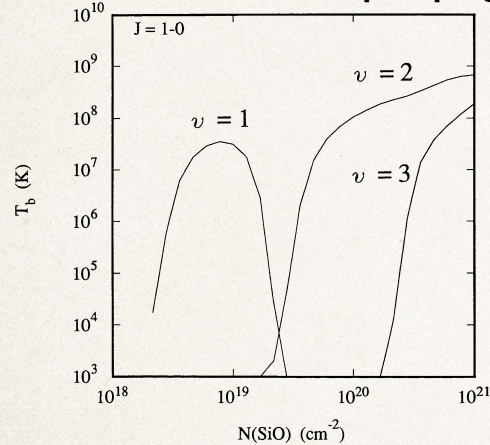
(H₂O -SiO line over lapping)

1. 水蒸気分子から~8μmの赤外線放射
2. 赤外線放射によりSiO分子が励起: v=1 J=0 → v=2 J=2
3. v=2 J=1-0レーザー放射増
4. 赤外線放射によりSiO分子が励起: v=2 J=0 → v=3 J=2
5. v=3 J=1-0レーザー放射増



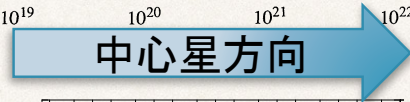
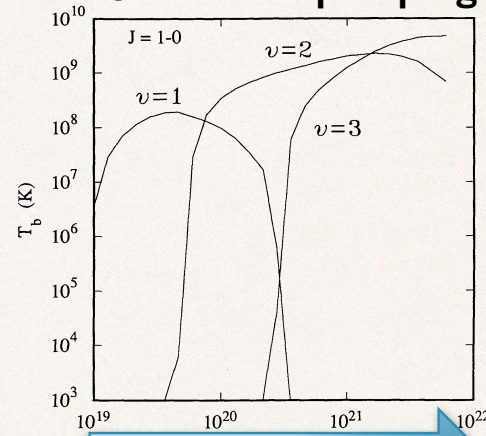
SiO $v=1,2,3$ $J=1 \rightarrow 0$ メーザの相対分布からメーザ励起機構を推察する

□ Stellar Radiative pumping



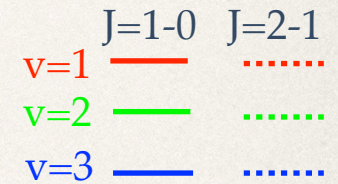
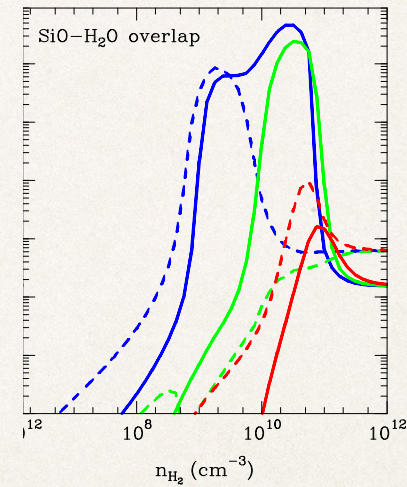
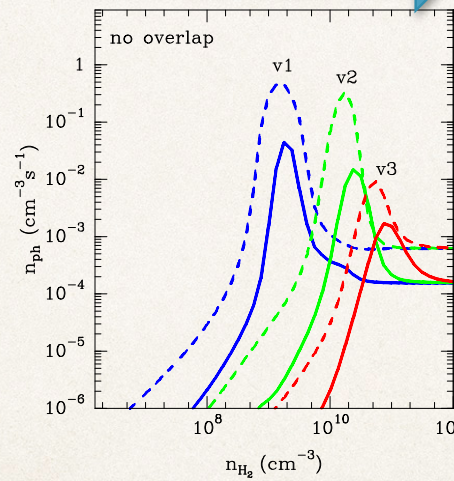
(Lockett & Elitzur, 1992)

□ Collisional pumping



□ H₂O-SiO Line overlapping

(J.-F. Desmurs, 2014)

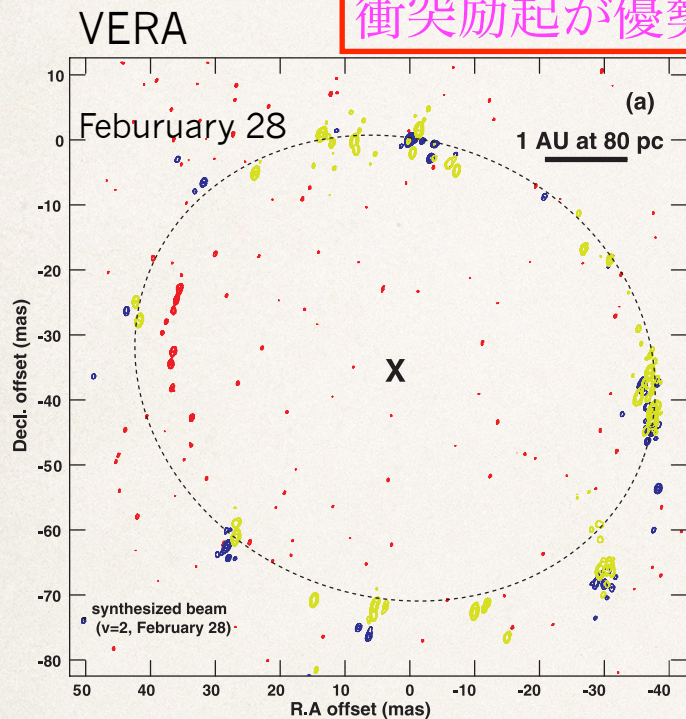


$v=3$ $J=1 \rightarrow 0$ は
メーザ励起機構を推
察する良いプローブにな
る！！

SiOメーザーの相対分布は変光周期に依存するのか？

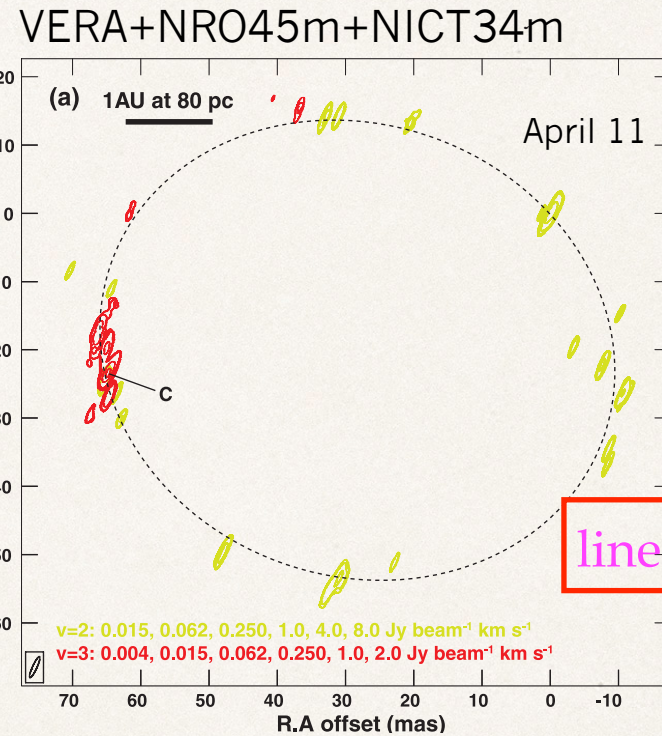
W Hya

Blue : $v=1 J=1-0$
 Green: $v=2 J=1-0$
 Red : $v=3 J=1-0$



衝突励起が優勢

42 days



line-overlapping優勢

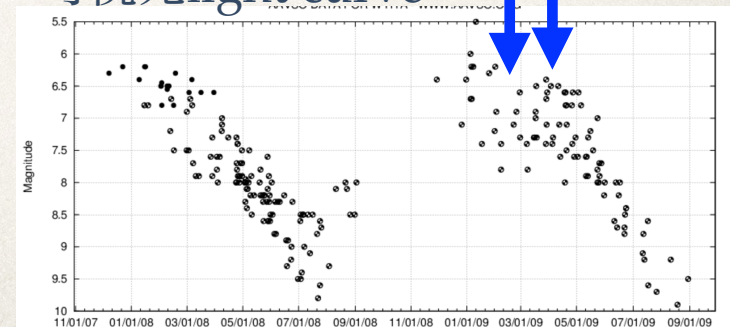
(Imai, et al. 2010)

仮説

1. 中心星からの赤外線放射増
2. 星周水蒸気分子からの8 μ m放射増
3. line overlapping が優勢になる

epoch1
epoch2

可視光light curve



Observations

① Telescopes: VERA+NRO45

Target: 12天体(右表)

lines: $v=2, 3$ $J=1-0$

Date: 2012年3月, 5月

4つの天体で $v=2,3$ 合成マップ
作成

② Telescopes: VERA(+NRO45)

Target: R Leo, (TX Cam)

lines: $v=1,2,3$ $J=1-0$

Date: 2014年12月~2015年1月
(2週間間隔3epoch)

$v=3$ データはVERAのみ

③ Telescopes: VERA+NRO45 +Kashima34

Target: R Cas

lines: $v=0,1,2,3$ $J=1-0$

^{29}SiO $v=0$ $J=1-0$

Date: 2015年3月1日

(Poster 03 by H.Imai)

Parameters of observations

Source name	Scan (hr) *1	ϕ *2	observation date *3	$v=3$ maser
WX Psc	2.6	N/A	B	detected
U Ori	0.8	0	A	
AP Lyn	1.3	N/A	B	
VY CMa	2.4	0	A	
R Leo	3.8	0.15	B	detected*4
W Hya	2.8	0	B	detected
RS Vir	0.9	0.1	B	
RU Her	1.6	0.7	A	
U Her	1.7	0.2	A	
V4120 Sgr	2.8	N/A	B	detected*5
V1111 Oph	2.3	N/A	A	
T Cep	2.6	0.2	B	detected

*1 Total integration time in hour

*2 Light curve phase (0.0 and 1.0 at the light maximum)

*3 A: March 24-25 in 2012; B: May 21-22 in 2012

*4 We could not obtain a meaningful composite map due to a too small number of the $v=2$ and $v=3$ maser spots to find a ring-shaped structure.

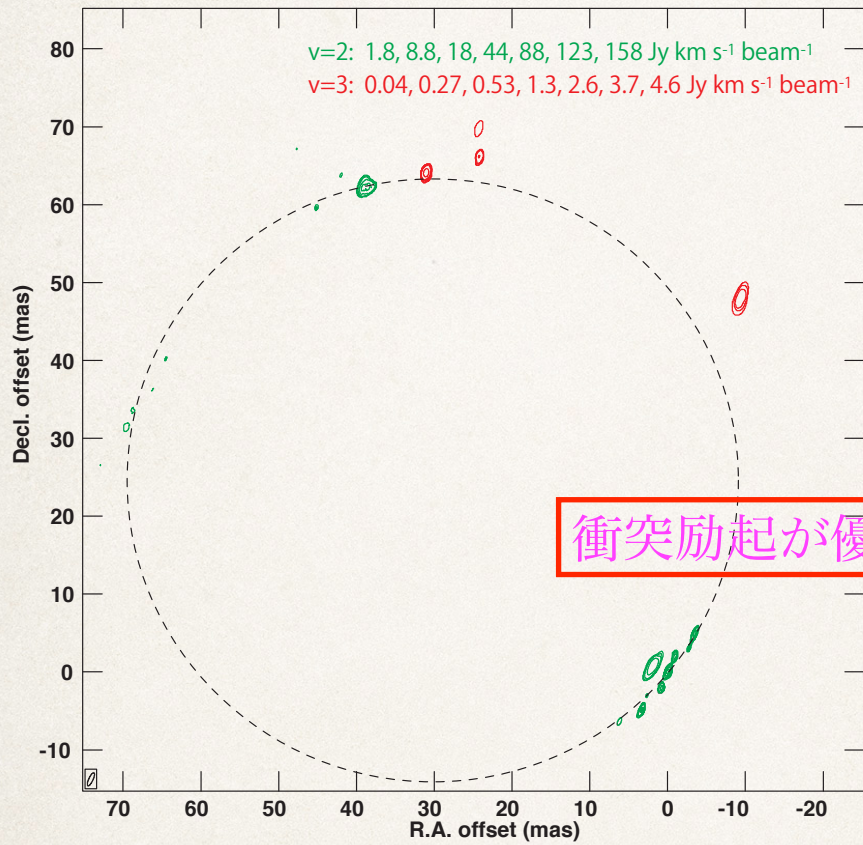
*5 There was only one maser spot detected.

W Hya $v=2, v=3$ J=1-0, VERA+NRO45m

緑: $v=2$

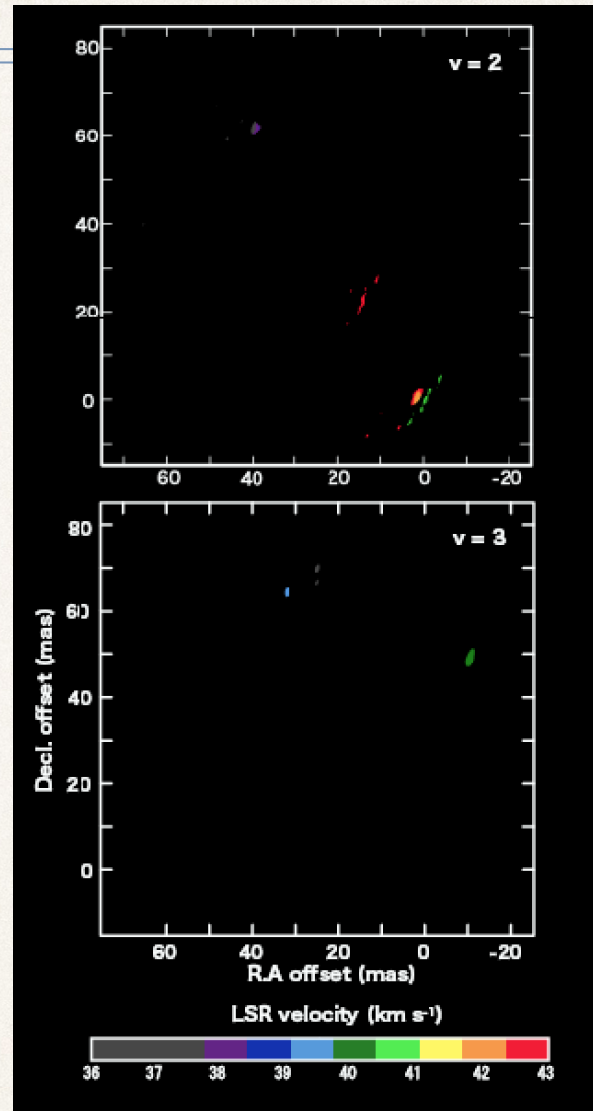
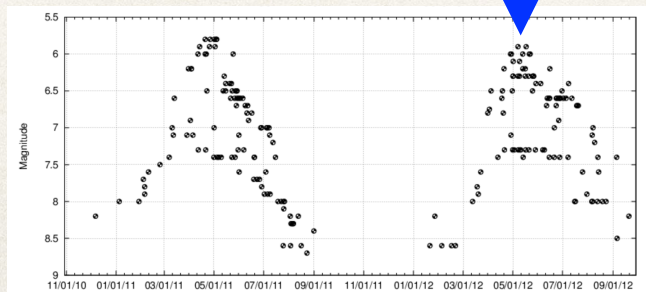
赤: $v=3$

W Hya



衝突励起が優勢

$\Phi \sim 0.0$



$v=2$

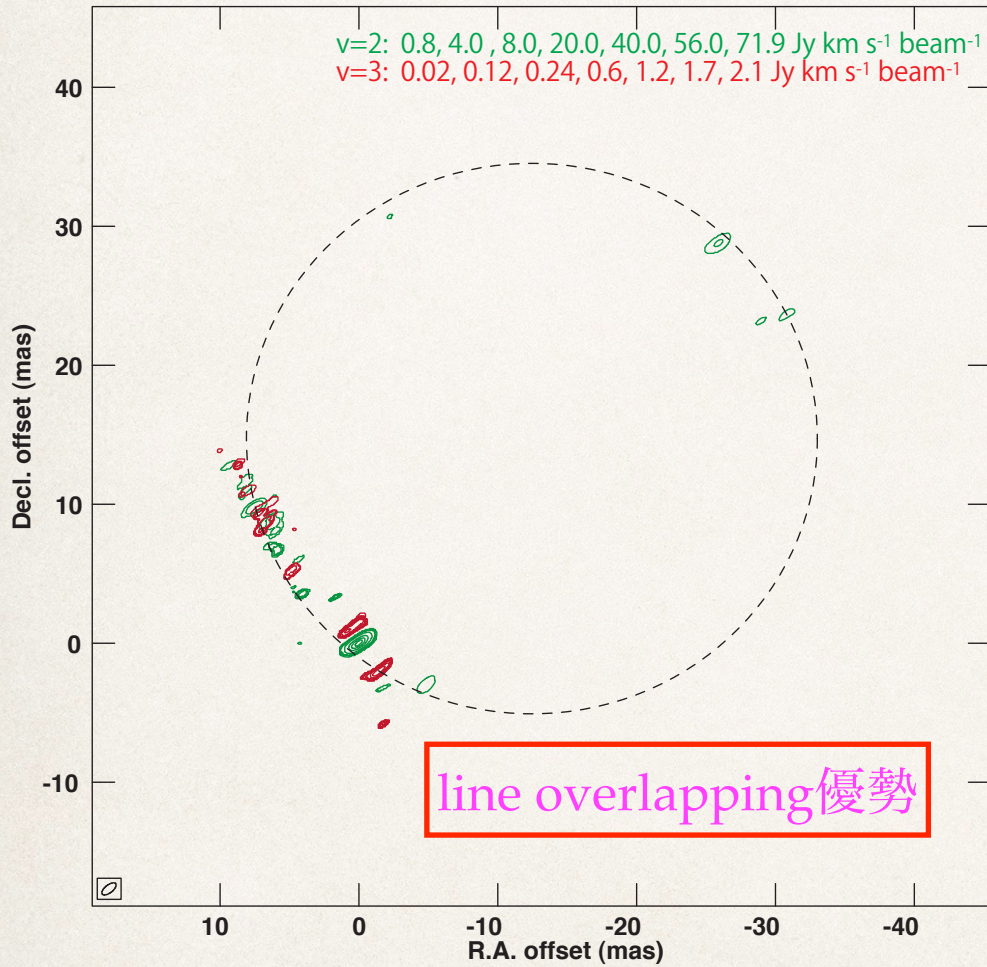
$v=3$

T Cep $v=2, v=3$ J=1-0 VERA+NRO45m

T Cep

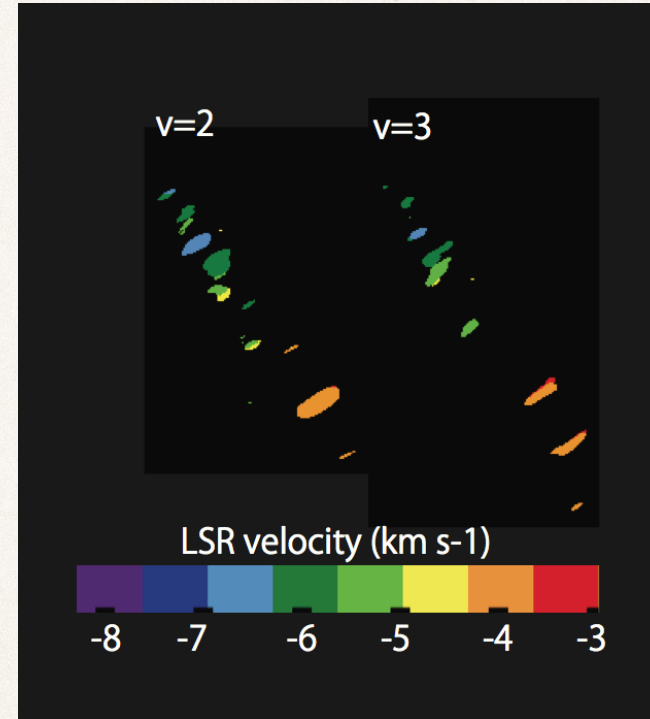
緑: $v=2$

赤: $v=3$

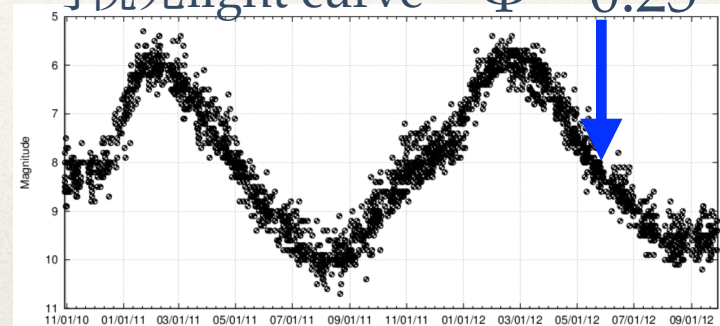


$v=2$

$v=3$

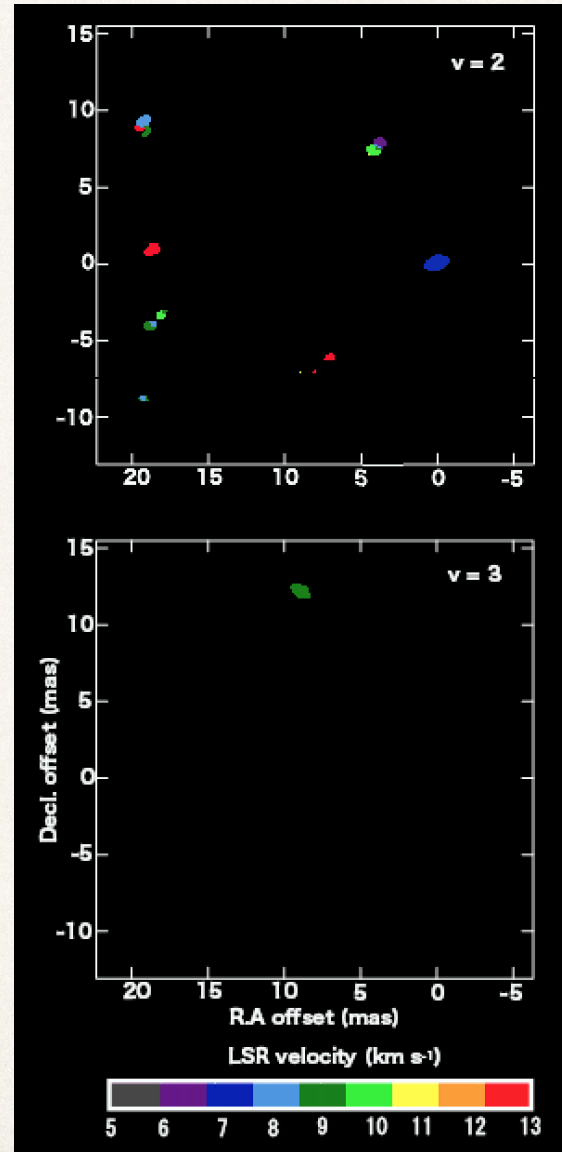
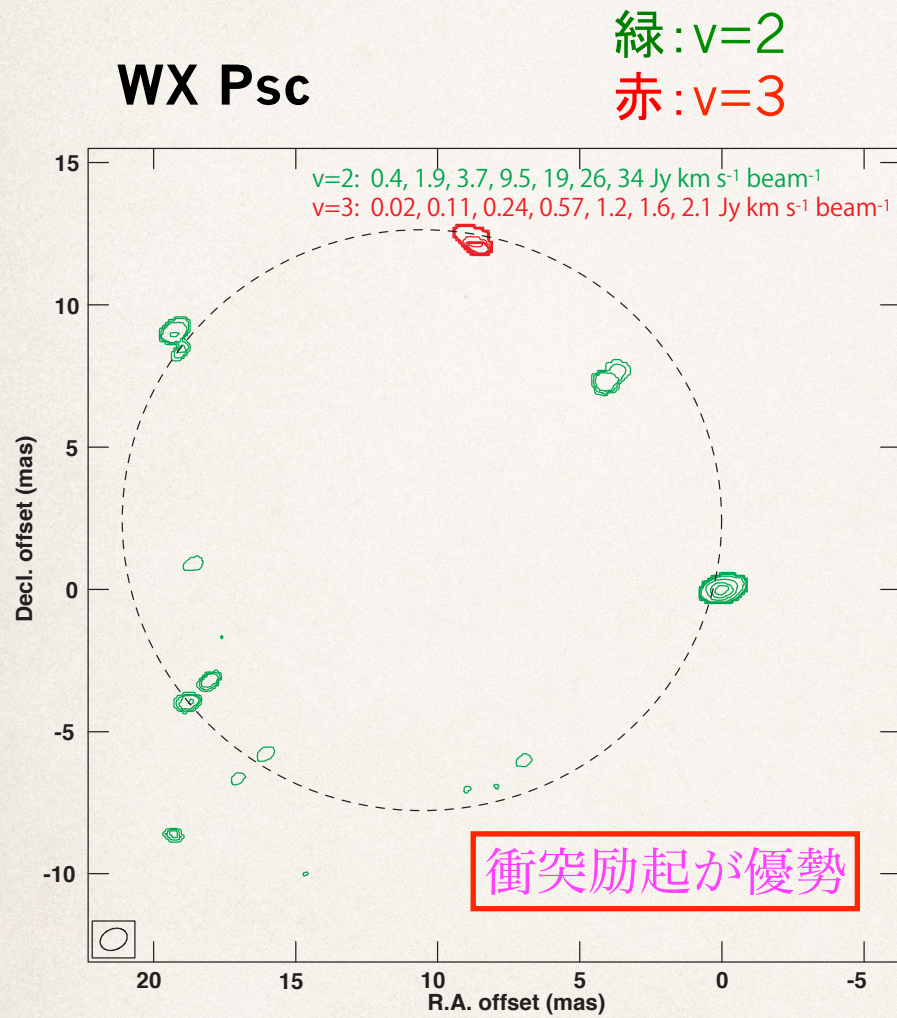


可視光light curve $\Phi \sim 0.25$



点線円は $v=2$ レーザーが星を中心にリング状に分布していると仮定して目測で描いた

WX Psc $v=2, v=3$ J=1-0 VERA+NRO45m



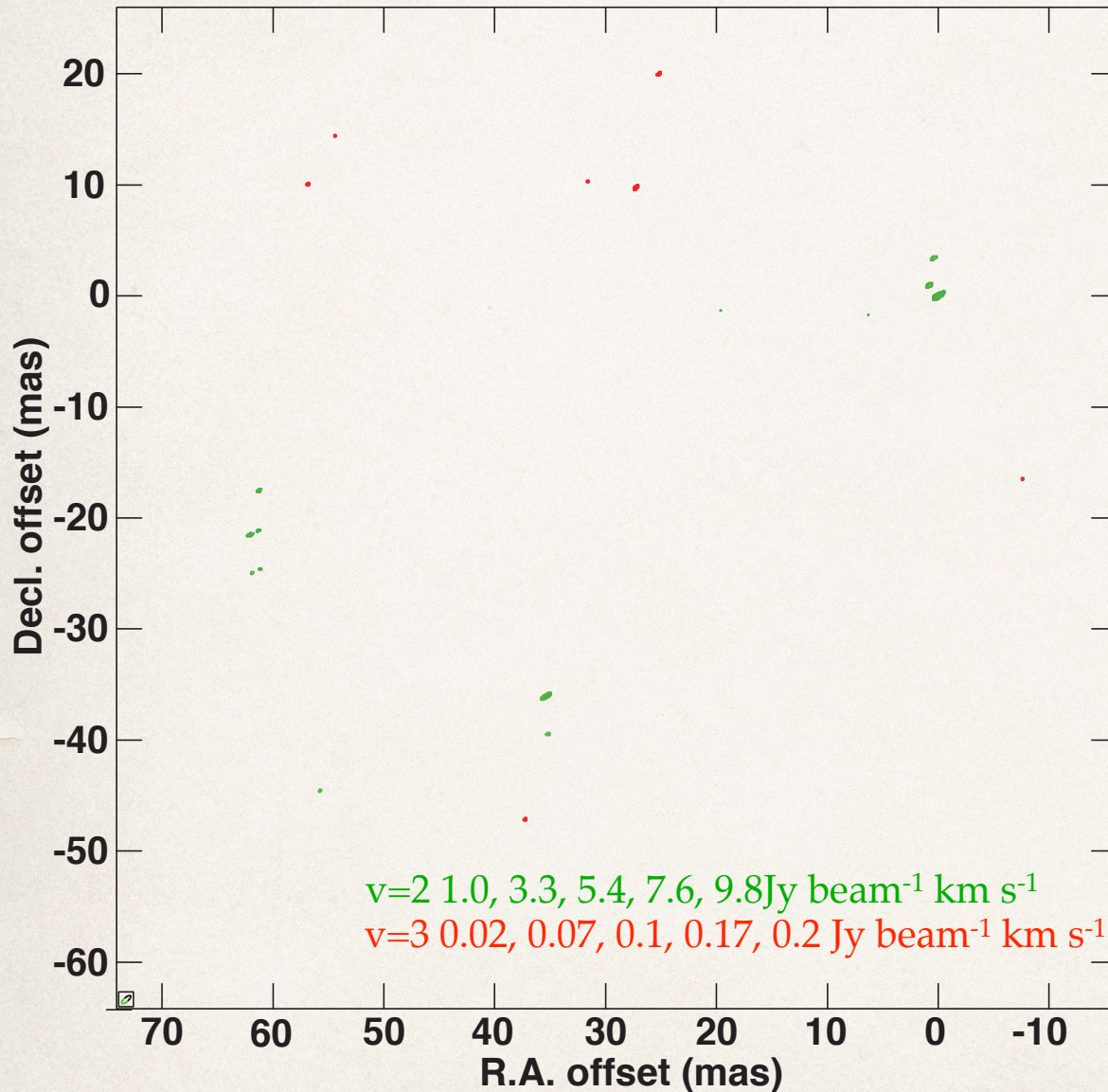
$v=2$

メーザーの
速度分布

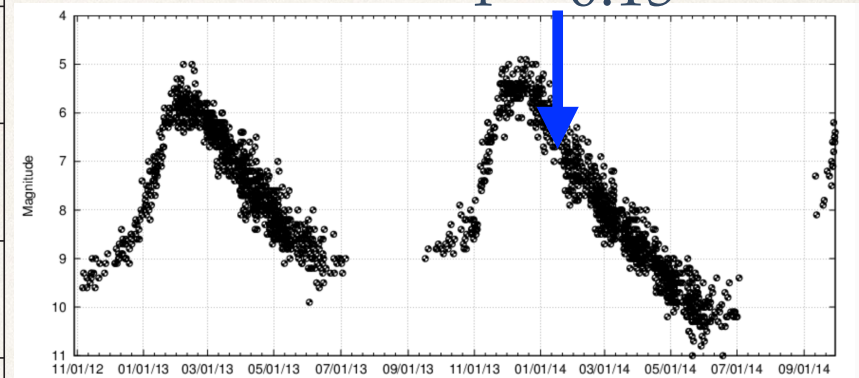
6 - 13 km/s

$v=3$

R Leo $v=2, v=3$ J=1-0 VERA



可視光light curve
 $\Phi \sim 0.15$

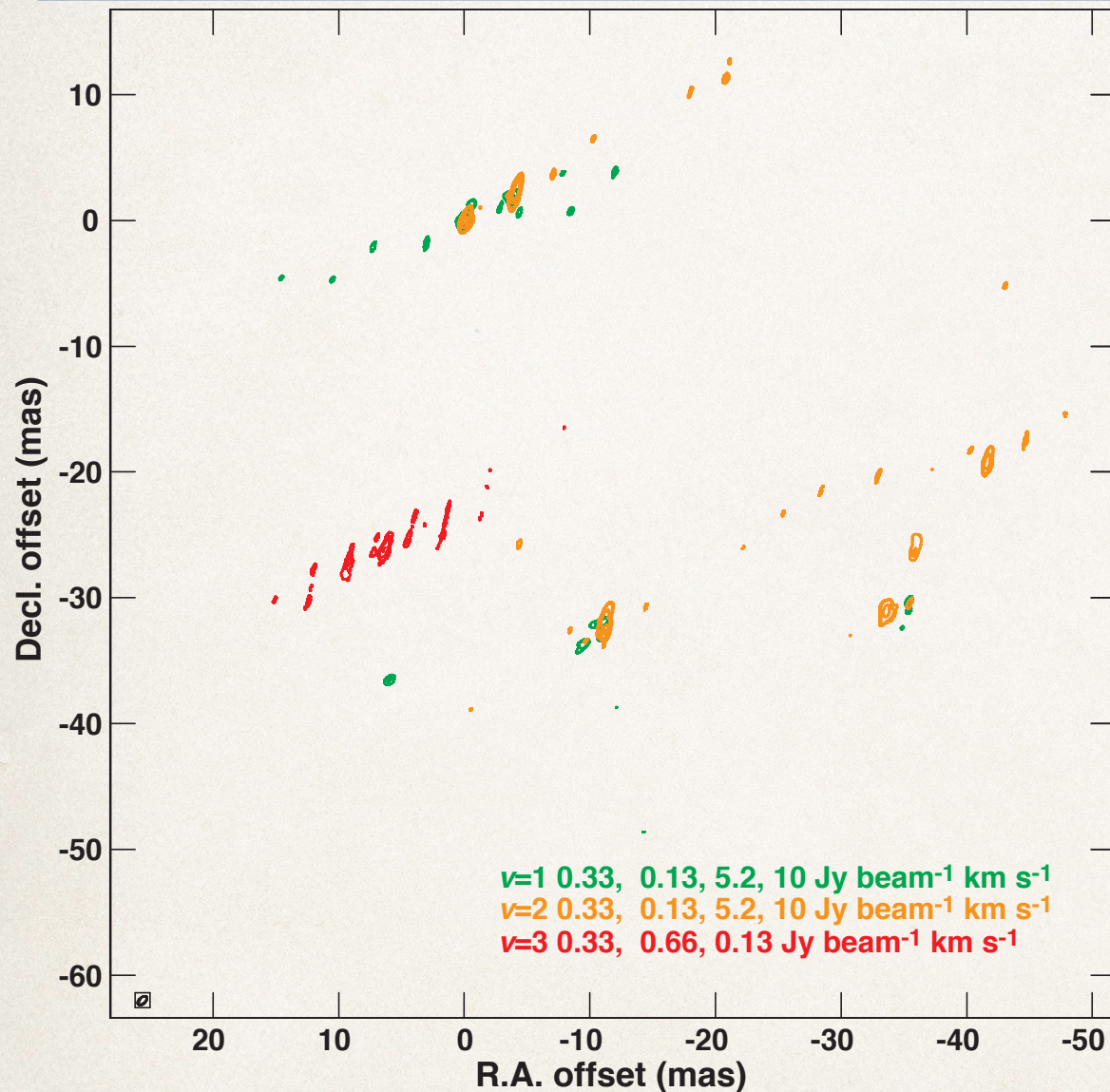


<https://www.aavso.org/lcg>

$v=3$ メーザー領域は
 $v=2$ の領域と異なっている

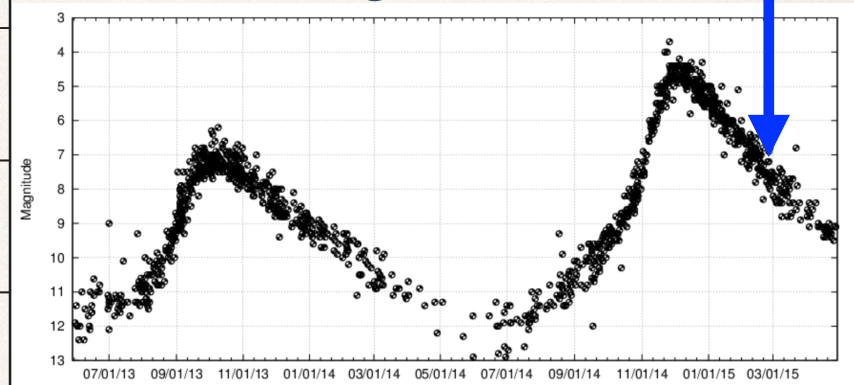
衝突励起が優勢

R Cas $v=1,2,3$ J=1-0 VERA+NRO45m+Kashima34m



(Poster 03 by H.Imai)

可視光light curve $\Phi=0.23$



<https://www.aavso.org/lcg>

$v=3$ レーザー領域は
 $v=1, v=2$ の領域と異なっている

衝突励起が優勢

Summary

- ❖ 脈動変光星12天体に対して $v=2,3$ $J=1 \rightarrow 0$ の観測を行い、4天体において $v=2,3$ 合成マップを作成

✓ $v=2,3$ メーザー相対分布の様子にはバリエーションがある

W Hya, WX Psc, R Leo : 衝突励起が優勢な励起機構

T Cep : H_2O-SiO line overlappingが優勢な励起機構

✓line overlappingが優勢となるのは、中心星の赤外放射が強くなる変光周期 $\Phi \sim 0.2$ (0.0, 1.0でlight maximum) : 仮説

- ❖ さらなる観測を実施

✓変光周期 $\Phi \sim 0.2$ での観測であったが、相対分布は予測とは異なり衝突励起がと思われる相対分布を示した

R Leo, R Cas : 衝突励起が優勢な励起機構

→ line overlappingが優勢となるのは、変光周期の中でごくわずかな期間
なのではないか