

FLASHING

—Finest Legacy Acquisitions of SiO- and H₂O-maser Ignitions by Nobeyama Generation—

濱江勇希、今井裕、甘田溪、宇野有理 (鹿児島大学)、Gabor Orosz (新疆天文台/タスマニア大学)、José F. Gómez (アンダルシア天体物理学研究所)、Lucero Uscanga (グアナフアト大学)、Daniel Tafoya (オンサラ天文台)、Ross Burns (国立天文台/韓国天文研究院)

導入

「宇宙の噴水」天体 (water fountain, WF)は漸近巨星分枝 (AGB)星から後AGB星への進化する段階の星であり、高速の双極ジェットを出している(図1)。このジェットに付随するH₂Oメーザーは寿命が100年未満と短いため、定期的に観測することによってジェットの進化を実時間で追跡できると期待されている。

FLASHINGの目的は、WFそしてその前駆体の候補のジェット(表1)に付随しているH₂OやSiOメーザーのスペクトルに見られる周期的・連続的な変化を野辺山45m電波望遠鏡を使って発見し、このようなジェット進化の追跡を行うことである。

FLASHINGでは、22GHz/43GHz同時観測システム(Okada et al., 2020, PASJ, 71, 7)と広帯域を分光できる分光計(SAM45)を搭載している45m鏡を使って観測している。(表2)

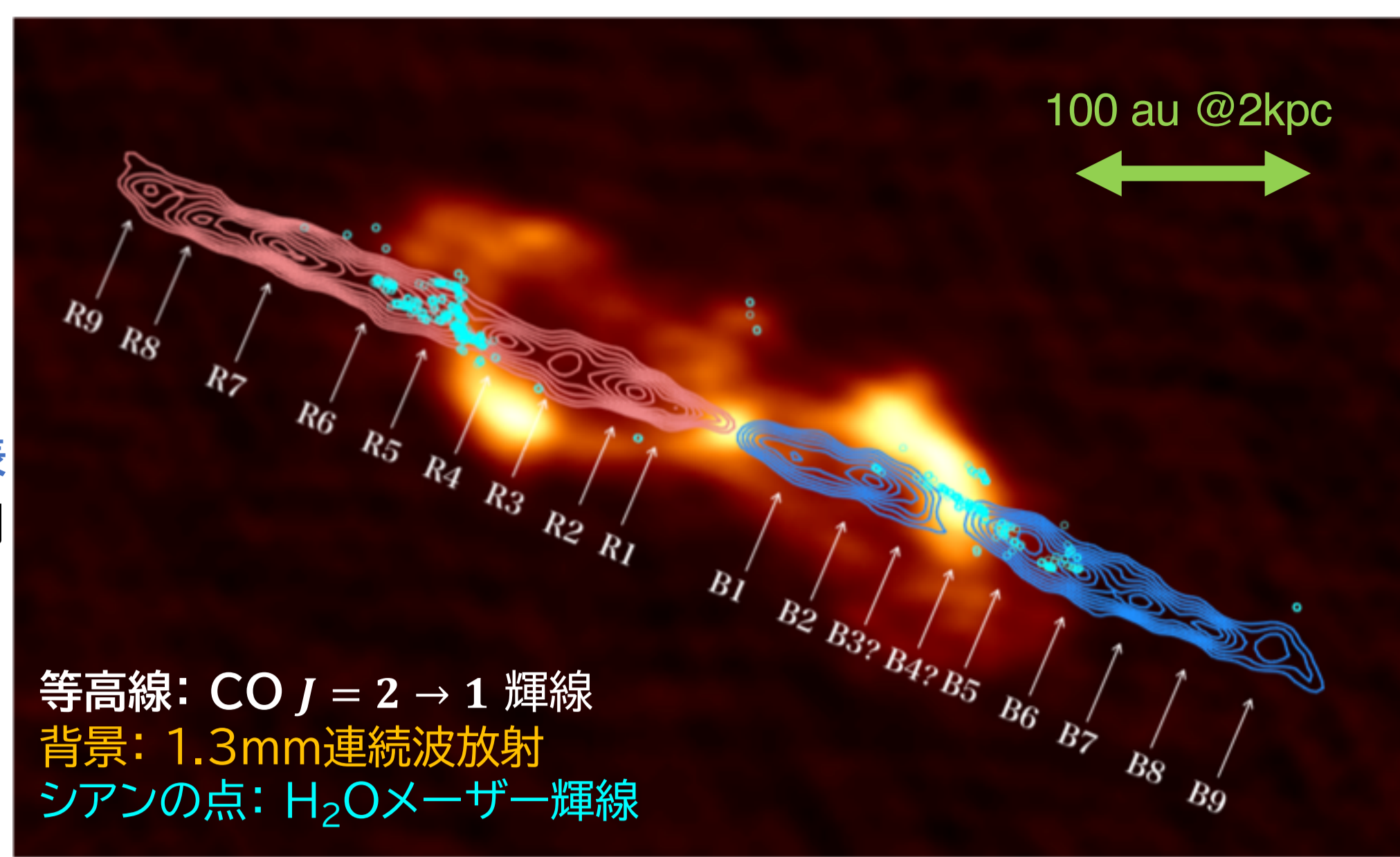


図1 「宇宙の噴水」天体のW43Aの中心部(Tafoya et al. 2020, ApJL, 890, L14)。COの双極ジェット(図の赤と青の等高線。赤色等高線が観測者から遠ざかっている成分で青色等高線が観測者に近づいている成分。)が約200km/sの速度で噴出している。このジェットと星周外層が衝突しているところでH₂Oメーザーが光っており、約150km/sで移動している。図中の白字のラベルは、ジェットに付随するCO輝線放射の輝度ピークを表しており、3~5年周期でジェットを出している事が分かる。また、背景の1.3mm連続波放射は星周外層を表しており、その一部はCO輝線で見えるジェットで破壊されていることが分かる。この天体では過去にH₂Oよりも星に近い部分でSiO($J=1 \rightarrow 0, v=1$)輝線が検出されており(Imai et al. 2005, ApJL, 622, L125)、現在は消えている。

表2 観測諸元

使用観測装置	野辺山45m電波望遠鏡 +22GHz帯・43GHz帯を同時観測可能な準光学系	
観測周波数	輝線	観測帯中央周波数 (GHz)
	H ₂ O(H ₂ O $J_{K_{-}K_{+}} = 6_{12} \rightarrow 5_{23}$) (Red Shift)	22.23508
	(Blue Shift)	22.205080
	SiO($J=1 \rightarrow 0, v=0$)	43.423798
	SiO($J=1 \rightarrow 0, v=1$)	43.122027
	SiO($J=1 \rightarrow 0, v=2$)	42.820539
	SiO($J=1 \rightarrow 0, v=3$)	42.51934
	²⁹ SiO	42.87985
観測期間	2018年12月~2019年5月(260時間、Backup観測) 2019年12月~2020年4月(80時間) 2020年12月~2021年4月(継続)	
観測天体数	38天体(内WF 12天体、表1参照)	
受信機	H22LHCP, H22RHCP	H40LHCP
Spectral windows	4+4 for RHCP/LHCP ±820 km/s	8 for LHCP ±420 km/s
周波数分解能	0.4km/s	0.4km/s
ビームサイズ (FWHM)	73~74" (K/Q同時観測)	39" (K/Q同時観測)
平均的なノイズレベル	RMS~0.02K	RMS~0.03K

表1 FLASHINGの主な観測天体

天体名	種類*	観測回数
IRAS16552-3050	WF	11
IRAS18043-2116	WF	8
IRAS18056-1514	WF	8
IRAS18113-2503	WF	6
IRAS18286-0959	WF	17
IRAS18455+0448	WF	8
IRAS18460-0151	WF	14
IRAS18596+0315	WF	12
IRAS19134+2131	WF	15
IRAS19190+1102	WF	15
IRAS19356+0754	WFC	9
OH 16.3-3.0	WFC	13
OH12.8-0.9	WF	8
W43A	WF	22

*表中のWFは「宇宙の噴水」天体を、WFCはWF候補を表す。

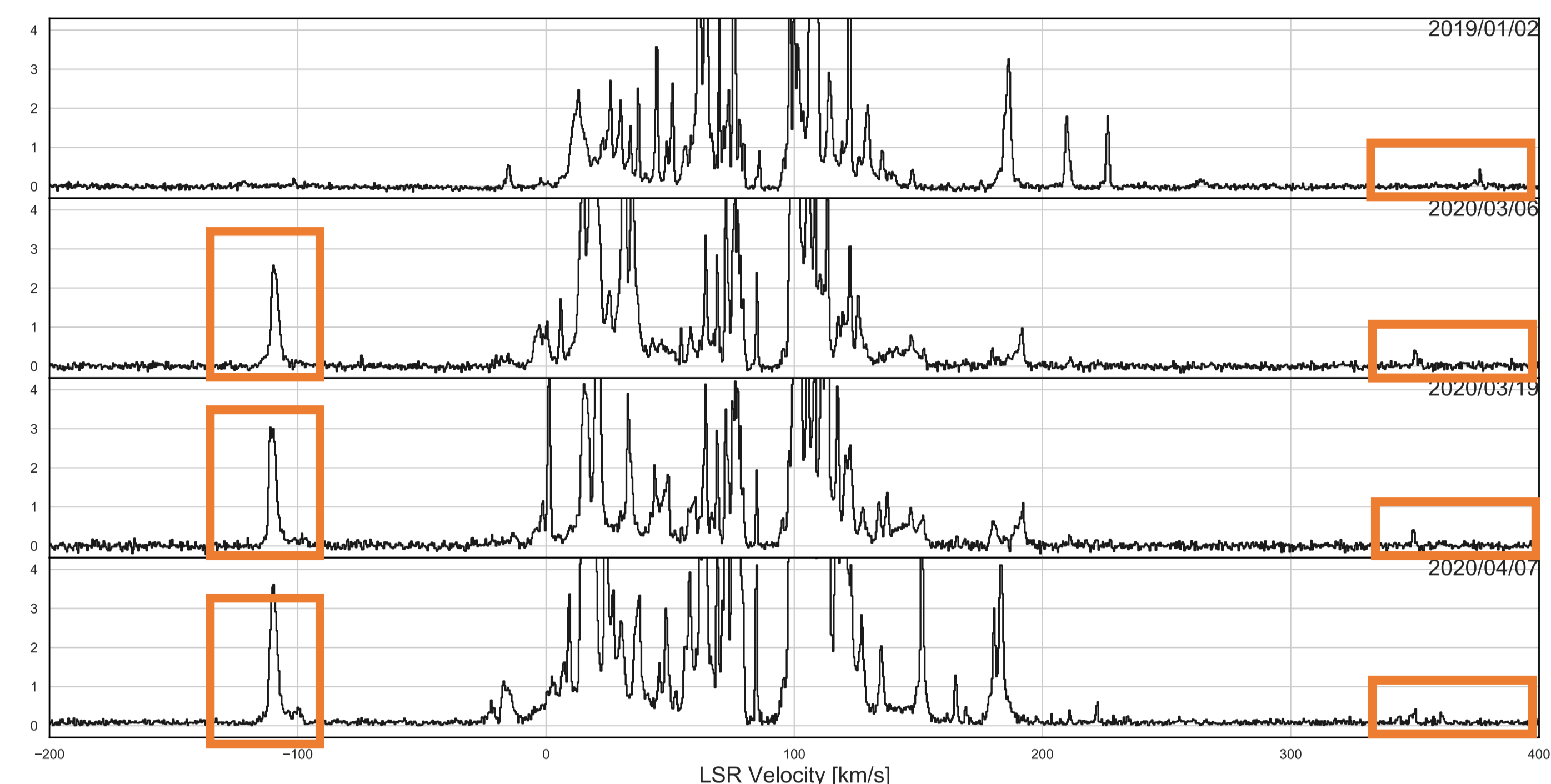


図2 IRAS 18043-2116のH₂Oメーザーのスペクトル。オレンジ色で囲まれた部分がFLASHINGで新たに検出された高速度成分。これらの成分が発見されたため、この天体はWFの中で2番目に速いジェットの成分を持つ天体になった。

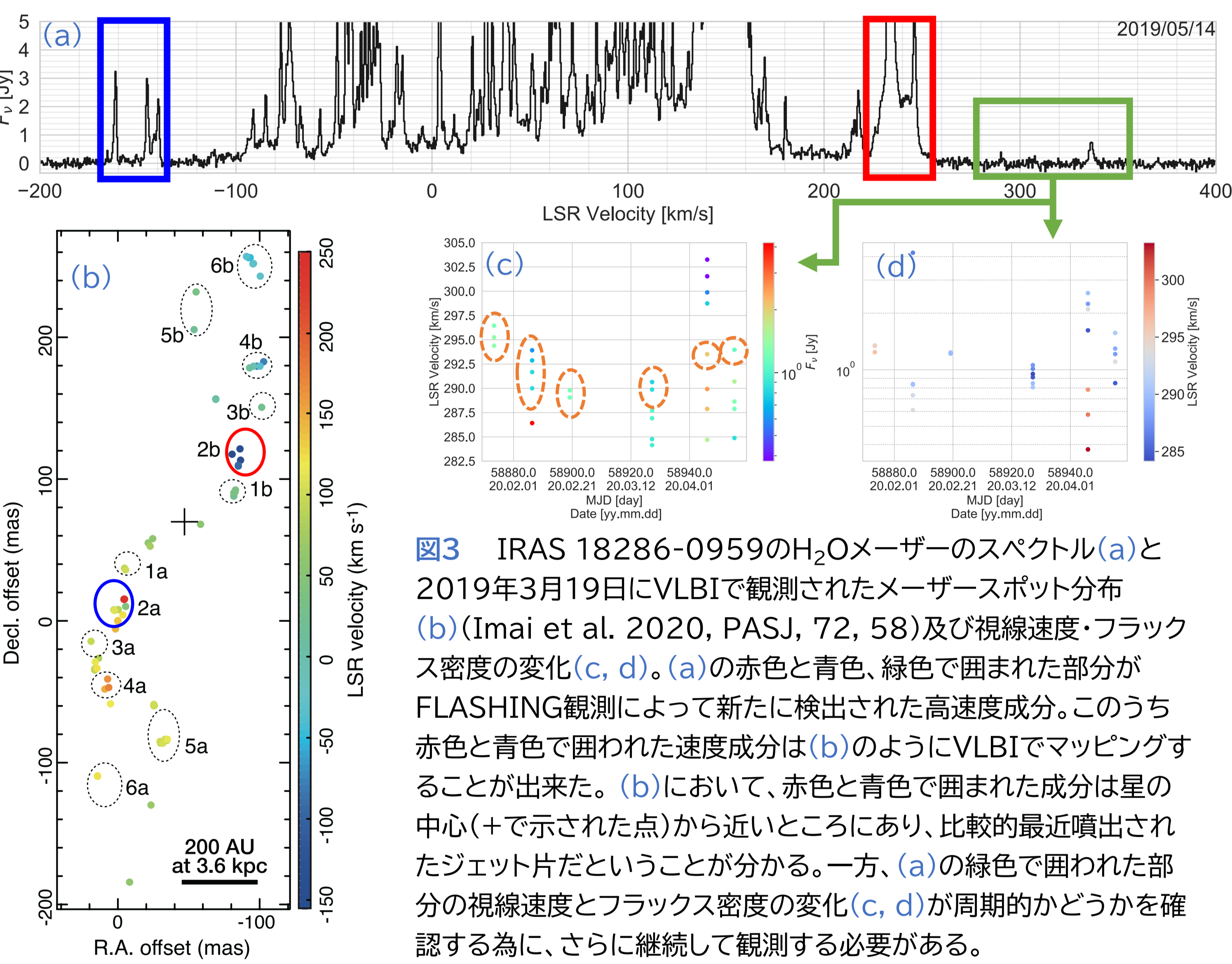


図3 IRAS 18286-0959のH₂Oメーザーのスペクトル(a)と2019年3月19日にVLBIで観測されたメーザースポット分布(b)(Imai et al. 2020, PASJ, 72, 58)及び視線速度・フラックス密度の変化(c, d)。(a)の赤色と青色、緑色で囲まれた部分がFLASHING観測によって新たに検出された高速度成分。このうち赤色と青色で囲まれた速度成分は(b)のようにVLBIでマッピングすることが出来た。(b)において、赤色と青色で囲まれた成分は星の中心(+で示された点)から近いところにあり、比較的最近噴出されたジェット片だということが分かる。一方、(a)の緑色で囲まれた部分の視線速度とフラックス密度の変化(c, d)が周期的かどうかを確認する為、さらに継続して観測する必要がある。

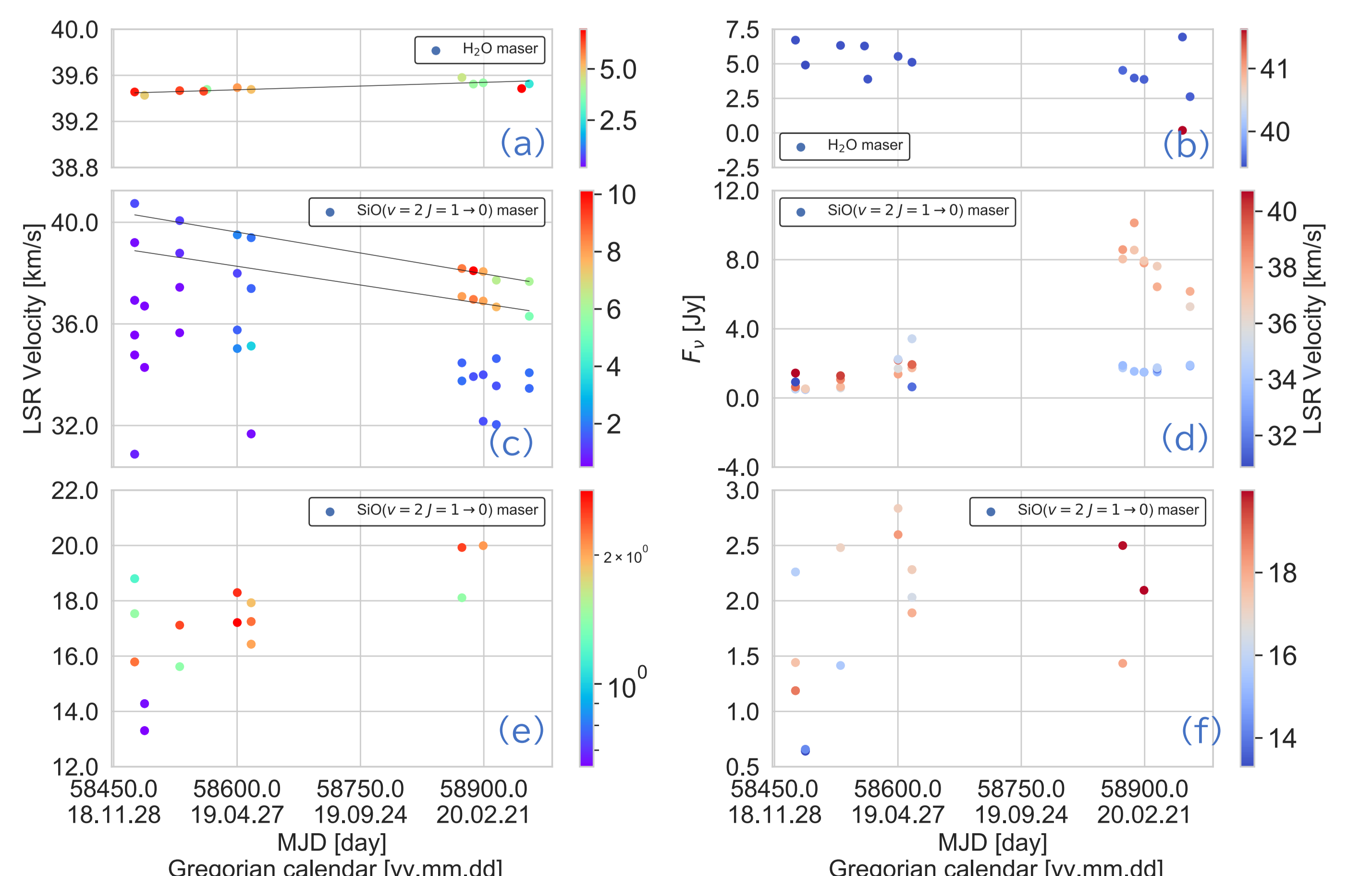


図4 OH16.3-3.0のメーザーの視線速度とフラックス密度の変化。H₂Oメーザーは視線速度・フラックス密度ともに安定しているように見える(a, b)。しかし、SiOメーザーでは視線速度が減少しているものが見つかった(c)。この天体の系統視線速度は約34km/s(Yung et al. 2014, ApJ, 794, 81)であるので、減速していると見られる。また、SiOメーザーに見られるフラックス密度の系統的变化(d, f)は、星の脈動によるものである可能性が高い。

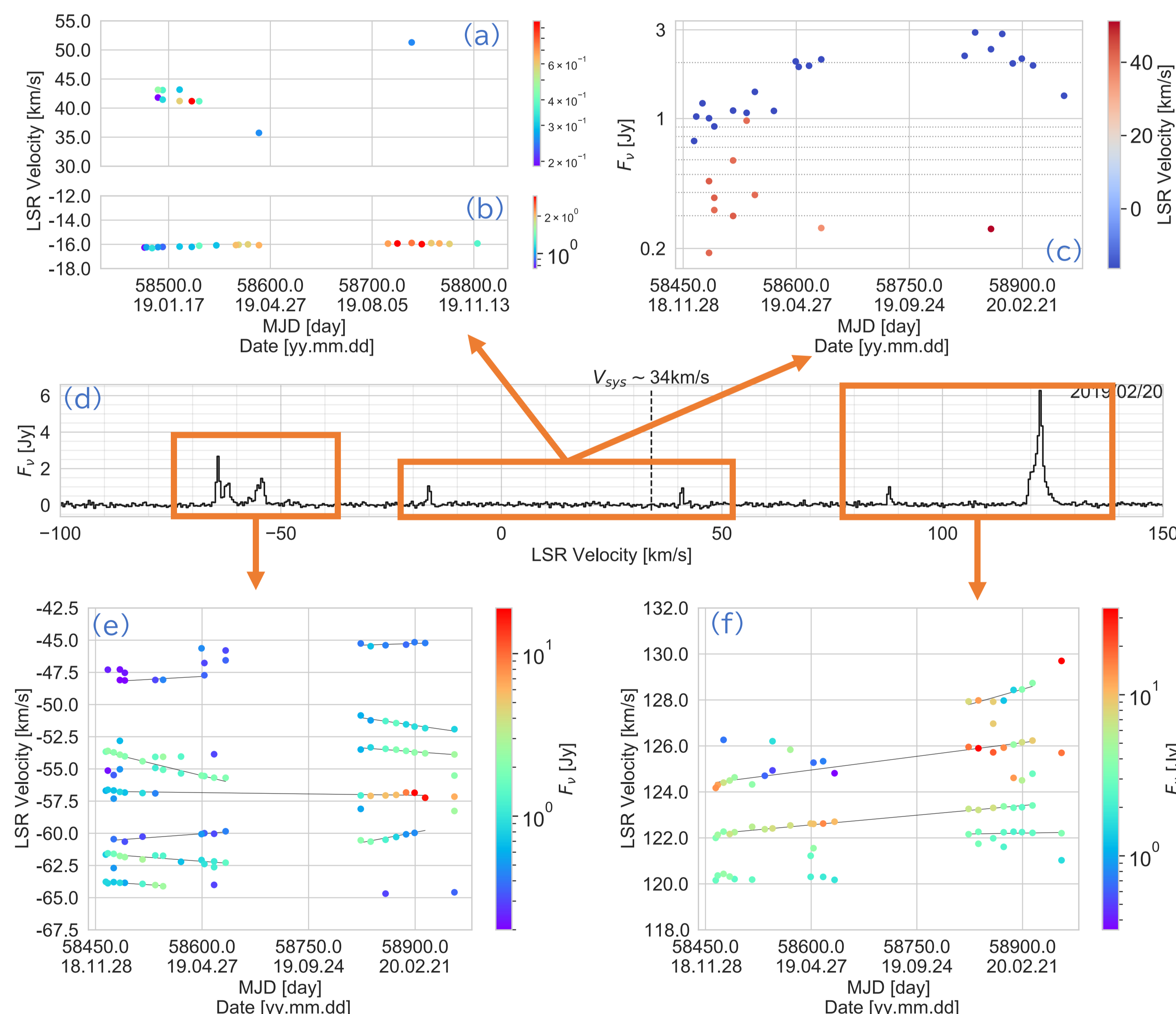


図5 W43AのH₂Oメーザーのスペクトル(d)と視線速度(a, b, e, f)・フラックス密度(c)の時間変化。ジェットの中心速度($V_{sys} = 34$ km/s, Yung et al. 2014, ApJ, 794, 81)に近い成分(-30 km/s $\leq V_{LSR} \leq 60$ km/s) (a, b)では視線速度の系統的变化は見られなかったが、フラックス密度に系統的变化が見られた(c)。今後、変化のスピードや周期を求めると、継続して観測する必要がある。一方、視線速度が-70から-40km/sの成分(e)と118から130km/sの成分(f)においては、ジェットの中心速度から離れる向き、つまり加速している傾向が見られた。(黒色実線) これらの変化は、ジェットが星周外層と衝突することにより速度が減速させられた代わりに、この星周外層の一部が加速し、そこでメーザーが光っている為だと考えられる。

まとめ・今後の展望

- 12天体中2天体で新たに最高速度のジェット片が検出された。(図2、図3-a)。特に、IRAS 18043-2116についてはこれからVLBI観測をする必要がある。
- H₂OメーザーとSiOメーザーの系統的变化とフラックス密度の変化(図4、図5)を検出できた。これらの変化はジェットと星周外層との相互作用によってもたらされ、ジェットが星から噴出する過程で星周外層を巻き込みながら削っていき、惑星状星雲形成の初期段階へと進化する可能性がある。また、視線速度やフラックス密度の変化率を算出することによって、これらの現象の進化スピードを推定することが出来るようになる。
- これらWFに付随するH₂Oメーザー源に対して得られた数十年前の観測データと比較することによって、ジェットの進化を追跡することが出来る。実際に、OH 12.8-0.9ではジェットの速度が上昇している可能性が高いことが分かった。一方で、W43AのSiO($J=1 \rightarrow 0, v=1$)メーザーはここ15年ほど検出されておらず、退化・消滅したと考えられる。