

RadioAstron 観測で検出された宇宙で最も輝度温度の高い水メーザー

H. Imai (Kagoshima Univ.), A. Sobolev (Ural Fed. Univ.), A. Alakoz (ASC LPI), T. An (SHAO), Y. Asaki (NAOJ), W. Baan (ASTRON), A. Bartkiewicz (Univ. of Torun), F. Colomer (OAN), A. de Witt (HartRAO), S. Ellingsen (UTAS), M. Gaylard (HartRAO), J.-F. Gomez (INTA/CSIC), M. Gray (Univ. of Manchester), C. Henkel (MPIfR), S. Kalenskii (ASC LPI), V. Kostenko (ASC LPI), S. Kurtz (UNAM), E. Lekht (SAI MSU), L. Matveyenko (Space Research Inst.), J. McCallum (UTAS), V. Migenes (Brigham Young Univ.), K. Menten (MPIfR), J. Moran (CfA), S. Parfenov (Ural Fed. Univ.), M. Pashchenko (SAI MSU), A. Richards (Univ. of Manchester), R. Rizzo (INTA/CSIC), G. Rudnitskij (SAI MSU), V. Samodourov (PRAO LPI), V. Strelitski (Maria Mitchell Obs.), A. Tolmachev (PRAO LPI), H. van Langevelde (JIVE), M. Voronkov (CSIRO)



Table 1
水メーザーが検出された天体及び検出時の基線長

Source	Baseline with detection	Used telescope
W51M/S	1.3 x ED	Ef, Ys
	2.0 x ED	Yebes (Ys)
Cepheus A	3.2 x ED	Ys
	1.0 x ED	Ef
W3 IRS5	5.4 x ED	Ys
	5.3 x ED	Torun (Tr)
	3.8 x ED	Ef, Ys
	5.6 x ED	Ef, Ys
Orion KL	3.5 x ED	Ys
	3.3 x ED	Tr
	1.9 x ED	HartRAO (Hh)
W49N	3.0 x ED	Ef
	9.6 x ED	Ef, Ys
W3 OH	3.9 x ED	Ef, Ys
NGC 4258	2.0 x ED	GBT, Tr

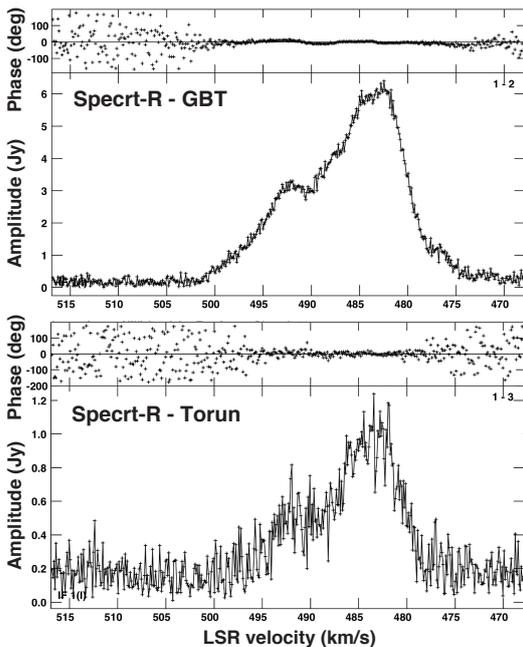


Figure 1 NGC 4258 水メーザー（系統速度成分）で見られたフリンジ。位相のばらつきが非常に小さく、非常に薄い (~20AU) 円盤からの放射を示唆する。

RadioAstron による水メーザースポット検出についての考察とその科学的意義

超高輝度スポット: 「コヒーレントメーザー」?
検出されたスポットは $T_b \sim 10^{15} K$ 程度。
 $T_b \sim 10^{16} K$ に達していれば地上実験室のものと同じ波の位相が揃ったメーザーになっている可能性があると考えられる。

星間乱流のエネルギー変換 & 散逸現場?
アウトフローとの相互作用で作られた乱流が、断熱非圧縮ガスの条件の中で大きなスケールから小さなスケールへと伝播し（スポット空間分布の二点相関関数の形状から示唆される）、メーザースポットのスケールで渦状構造を形成した上で、エネルギー変換されて散逸していると推察される。

今後チャンネルマップの合成に成功すればこの仮説を検証でき、メーザー励起の物理環境・条件やその時間推移について理解が深まるはず。

RadioAstron 観測状況

2012--2013 年: **Early Science Program**
宇宙空間電波望遠鏡 **Spectr-R** と地上大口径望遠鏡 (**EVN, GBT**) との間のフリンジ検出試行 (約 20 天体、10 分間 × 数スキャン)
群遅延時間残差校正なし (校正に使えるコンパクト天体が不明)
地球直径 (**ED**) を遥かに超える基線で水メーザースポットフリンジの初検出 (**Table 1; Figure 1**)、ただし、星形成領域とメガメーザーのみ

W3 IRS5 で撮像挑戦 (**Figure 2-6**)

2014 年以降: **General Observaton Time Program (2 つ)**

フリンジ検出の再試行 (上記と同じ)
メーザー源撮像 (**W3 IRS5, W51M**): ~50 分 × 数スキャン + 校正天体 2 スキャン
VERA astrometry (for W3 IRS5, 2013 年 2 月 --2015 年 9 月)
年周視差計測: **W3 OH(H₂O)** と同じ距離 (**2.0 kpc**) ?
RadioAstron 検出水メーザースポットの絶対座標計測

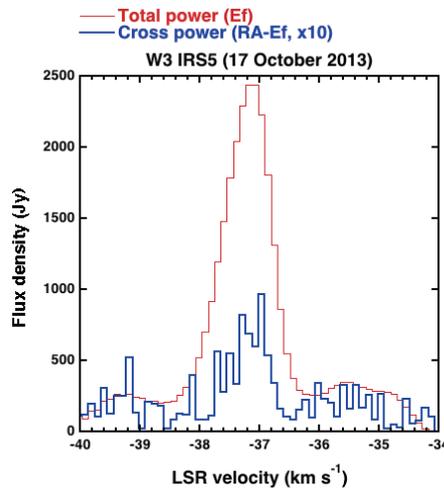


Figure 2 W3 IRS5 水メーザーのパワースペクトル。クロスパワーの振幅の観測時間内での変動は2桁にも及ぶ。非常に早いフリンジ位相の回転によるものと思われる。

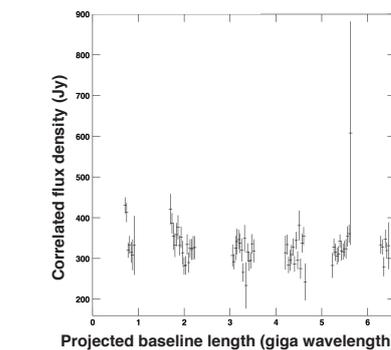


Figure 4 投影基線長毎のメーザースポット相関フラックス密度。地上基線から宇宙空間基線にわたりほぼ一定値を。スポットは空間分解されない「コア」と(星間散乱のために?) 淡く広がった「ハロー」から成り立つことが示唆される。

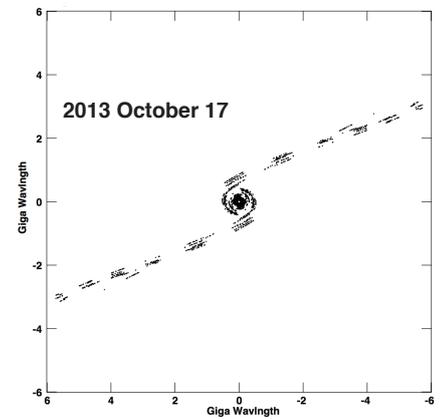
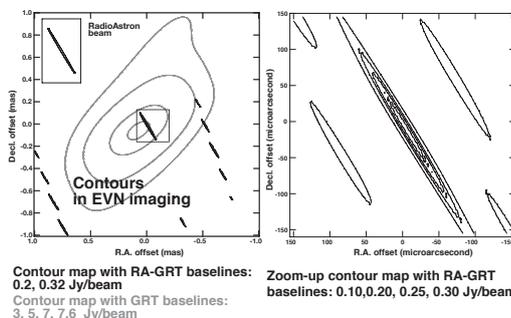


Figure 3 W3 IRS5 水メーザーの RadioAstron 観測 (撮像試行) 時における (u, v) 平面。Natural weighting 像合成では、宇宙空間基線のデータが無視される。Uniform weighting では非常に細長い合成ビームになってしまう。

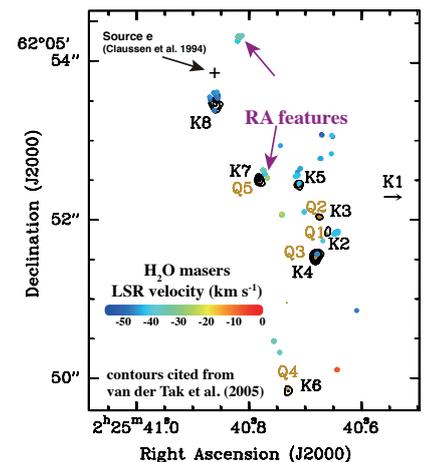


Figure 5 (上図) RadioAstron 観測の 37 日前に行われた VERA による W3 IRS5 水メーザーの広域撮像 + 絶対座標計測。Imai et al. 2000) では特定できなかったアウトフロー発生源を複数新たに特定した。また、RadioAstron で検出されたメーザースポットが、アウトフローの根元の速度勾配が非常に大きい (>1 km/s/mas) 領域に付随していることが判明した。

Figure 6 (左図) 最も明るい水メーザースポットに対する RadioAstron 撮像。Fringe fitting は基線毎に独立して行った。群遅延時間残差補正ができないので、チャンネルマップを作ることができない (2-3チャンネル離れるとスポットが見えなくなる)。