

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. Imai¹, A. Sobolev², A. Alakoz³, T. An⁴, Y. Asaki⁵, W. Baan⁶, A. Bartkiewicz⁷, F. Colomer⁸, A. de Witt⁹, S. Ellingsen¹⁰, J.-F. Gomez¹¹, M. Gray¹², C. Henkel¹³, S. Kalenskii³, V. Kostenko³, S. Kurtz¹⁴, E. Lekht¹⁵, L. Matveyenko¹⁶, J. McCallum¹⁰, V. Migenes¹⁷, K. Menten¹³, J. Moran¹⁸, S. Parfenov², M. Pashchenko¹⁵, A. Richards¹², R. Rizzo¹¹, G. Rudnitskij¹⁵, V. Samodourov¹⁹, V. Strel'nitski²⁰, A. Tolmachev¹⁹, H. van Langevelde²¹, and M. Voronkov²² (CSIRO)

¹ Kagoshima University, Japan

² Ural Federal University, Russia

³ Astro Space Center, Lebedev Physical Institute, Russia

⁴ Shanghai Astronomical Observatory, China

⁵ Chili Observatory, National Astronomical Observatory of Japan

⁶ ASTRON, the Netherlands

⁷ University of Torun, Poland

⁸ Observatorio Astronómico Nacional, Spain

⁹ Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory, South Africa

¹⁰ University of Tasmania, Australia

¹¹ Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Spain

¹² University of Manchester, the United Kingdom

¹³ Max Planck Institute for Radio Astronomy, Germany

¹⁴ Universidad Nacional Autónoma de México

¹⁵ Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Russia

¹⁶ Space Research Institute, Russia

¹⁷ Brigham Young University, the United States of America

¹⁸ Center for Astrophysics, Harvard University, the United States of America

¹⁹ Pushchino Radio Astronomy Observatory, Lebedev Physical Institute, Russia

²⁰ Maria Mitchell Observatory, Russia

²¹ Joint Institute for VLBI in Europe, the Netherlands

²² Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia

H₂Oメーザー源に対するロシアスペースVLBIミッション RadioAstronによる観測状況

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 Observation Time Programの枠で2つの観測提案

1. フリンジ検出の再試行(上記と同じ)

2. メーザー源撮像(W3 IRS5, W51M): 約50分×数スキャン+校正天体2スキャン

フォローアップ: VERA astrometry (for W3 IRS5, 2013年2月—2016年1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

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。

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	Effelsberg (Ef)
	2.0 x ED	Yebes (Ys)
Cepheus A HW2, HW3d	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

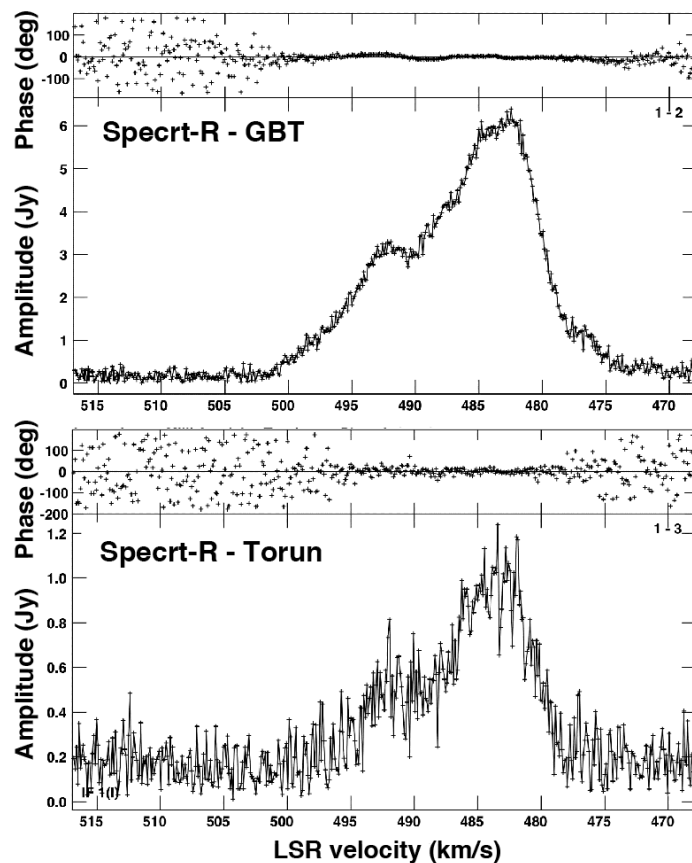


Figure 1 NGC 4258水メーザー(系統速度成分)で見られたフリンジ。位相のばらつきが非常に小さく、非常に薄い(~20AU)円盤からの放射を示唆する。

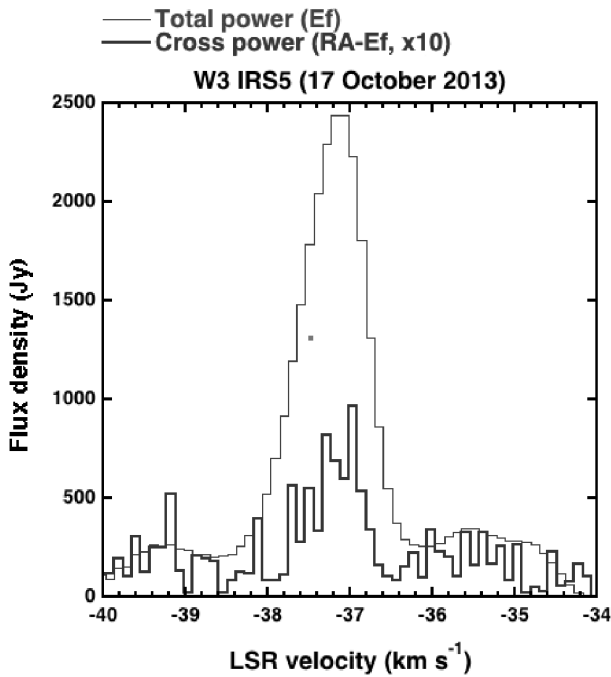


Figure 2 W3 IRS5水メーザーのパワースペクトル。クロスパワーの振幅の観測時間内での変動は2桁にも及ぶ。非常に早いフリンジ位相の回転によるものと思われる。

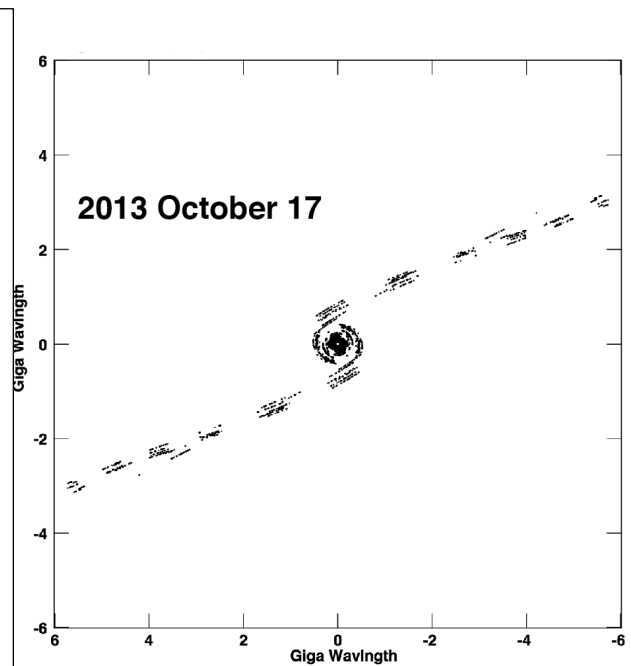


Figure 3 W3 IRS5水メーザーの RadioAstron 観測 (撮像試行) 時における(u, v)平面。Natural weighting像合成では、宇宙空間基線のデータが無視される。Uniform weightingでは非常に細長い合成ビームになってしまう。

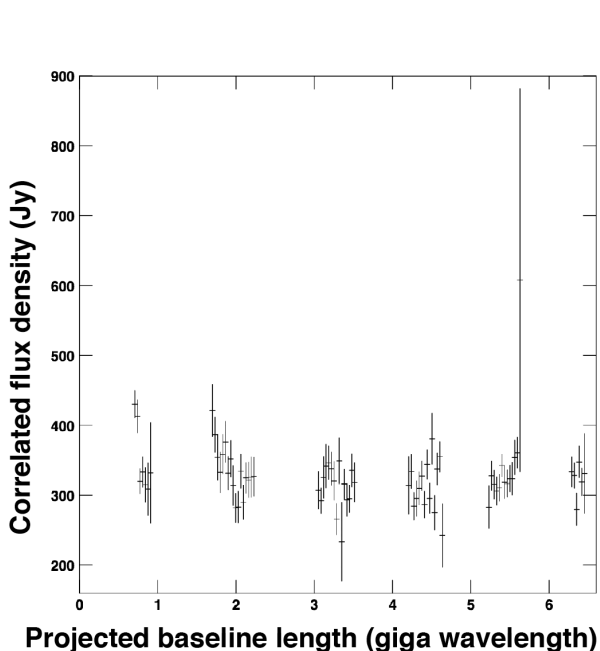


Figure 4 投影基線長毎のメーザースポット 相関フラックス密度。地上基線から宇宙空間基線にわたりほぼ一定値を保つ。スポットは空間分解されない「コア」と(スポット自身の広がった空間成分と星間散乱のために)淡く広がった「ハロー」から成り立つことが示唆される。

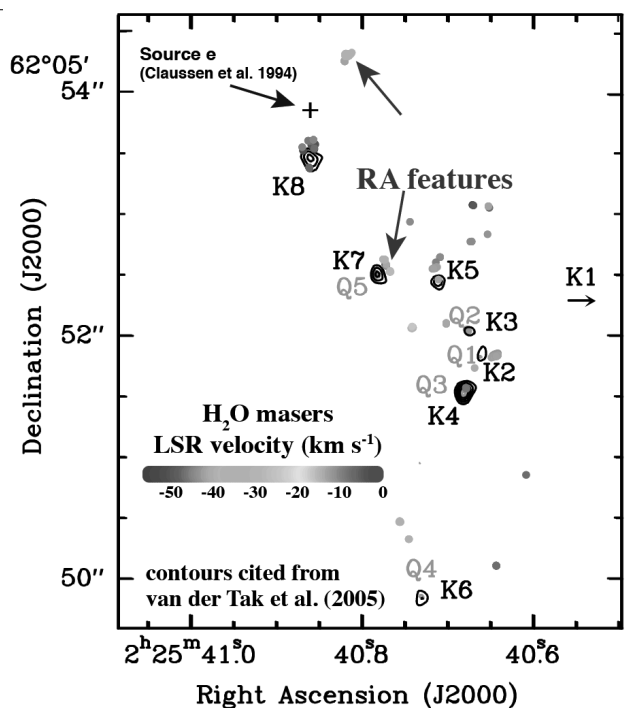
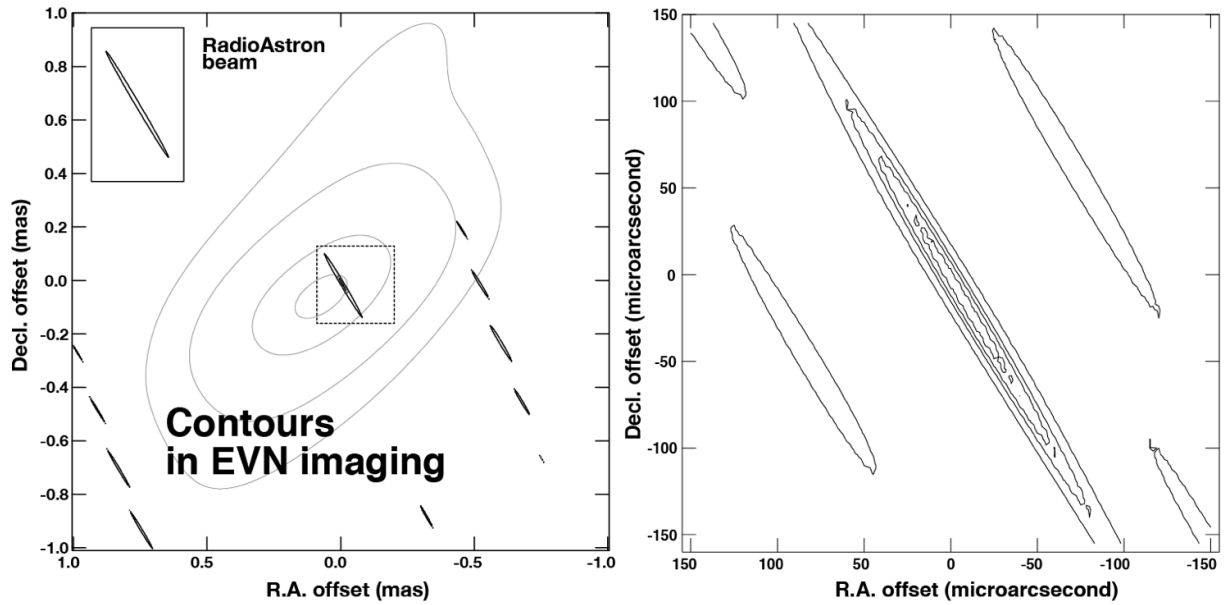


Figure 5 RadioAstron観測の37日前に行われたVERAによるW3 IRS5 H₂Oメーザーの広域撮像+絶対座標計測。Imai et al. (2000)では特定できなかったアウトフロー発生源を複数新たに特定した。また RadioAstronで検出されたメーザースポットが、アウトフローの根元の速度勾配が非常に大きい(>1 km/s/mas)領域に付随していることが判明した。



Contour map with RA-GRT baselines:
0.2, 0.32 Jy/beam
 Contour map with GRT baselines:
 3, 5, 7, 7.6 Jy/beam

Zoom-up contour map with RA-GRT
baselines: 0.10, 0.20, 0.25, 0.30 Jy/beam

Figure 6 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)。