

VERA入来局単一鏡を用いたOH/IR星の

H₂O、SiOメーザー 単一鏡観測

鹿児島大学理学部物理科学科4年 山本由希 yamamotoyuki0614@gmail.com
中川亜紀治 大山まど薫 甲斐彩香 井上颯太 加世田大地 守田篤史 山下茜 湯田晶斗

概要

OH/IR星は、OHメーザーが存在し、約100~3000日の変光周期をもつ漸近巨星分岐星(AGB星)である。我々のグループではOH/IR星の中でも1000日以上長い周期を持つ天体に注目してVLBI位置天文観測を行い、距離を決定しようと考えている。VLBI観測にあたり、天体からのメーザー検出が必須であるため、私たちは観測の前段階としてVERA入来局の単一鏡を用いてSiO、H₂Oメーザーのサーベイ観測を行っている。また、VLBI観測の適切な時期を決定すること及びメーザーの周期性を見つけ星の変光周期を決定することを目的として、メーザーのサーベイ観測と並行でモニタリング観測も行っている。2016年11月から2017年12月現在までの約1年間の観測で得られた結果より、60天体のOH/IR星についてSiO、H₂Oのいずれか、または両方のメーザー検出を確認した。また、いくつかの天体ではSiO、H₂Oメーザーのそれぞれについてライトカーブを描くことができた。

導入

1、研究の目的

変光周期が長く重い星は銀河の渦状腕構造をトレースしていると考えられるため、そのような星の距離を決定することは銀河の構造研究にとって重要である。そこで我々のグループはOH/IR星の中でも1000日以上長い周期を持つ変光星に注目してVLBI位置天文観測を行い、年周視差を計測することでOH/IR星の距離を決定しようと考えている。

VLBI観測にあたり天体からのメーザー検出が必須であるため、我々のグループではOH/IR星に付随するH₂O、SiOメーザーについて、2016年11月から現在までVERA入来局での単一鏡サーベイ観測を行ってきた。またメーザーの強度は数日~数100日といった短い期間でも大きく変動するため、VLBI観測の時期を適切に決めるにあたって、メーザーの強度を長期間定期的に監視することが必要である。

加えて、Kim, J et al. (2014)では、Mira型変光星W HyaのH₂O、SiOメーザーと星の変光周期とが関係していることが明らかにされた(図1)。そこでOH/IR星のメーザーでもそのような周期性を見つけることができれば星の変光周期の決定にもつながると考えた。これらにより、H₂O、SiOメーザーのサーベイと並行してモニタリングも行っている。

2、OH/IR星

OH/IR星は、OHメーザーが存在し、約100~3000日の変光周期をもつ漸近巨星分岐星(AGB星)である。AGB星は中小質量星の進化段階の晩期にあたり、質量放出が行われていることや脈動しながら変光していることが特徴である。星周にはH₂O、SiOの各メーザーも存在する。質量は0.8M_☉~8M_☉で、10⁻⁵~10⁻⁴M_☉yr⁻¹(Cho et al.2017)もの質量放出が行われているため、周囲は非常に厚いダストで覆われており、赤外波長で明るく可視光で暗い。

VLBI観測で観測するのは、光球の周りに存在するメーザーである。AGB星では主にSiO、H₂O、OHの各メーザーが存在する。図2のように、SiOメーザーが光球にもっとも近く、その外側にH₂Oメーザー、さらにその外側にOHメーザーが存在する。SiOメーザーは光球半径の約2~5倍、H₂Oメーザーは約20~50倍、OHメーザーは約200~500倍の所に存在する。

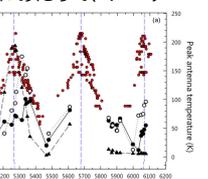


図1 Kim, J et al. (2014)より KVN(Korea VLBI Network)でのSiO・H₂Oメーザーのサーベイとモニタリングを行なっている。赤丸で示されているoptical magnitudeはAAVSOのもので、W-Hyaの変光周期は390日である。

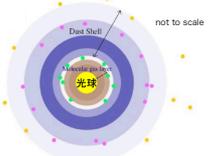


図2: AGB星に付随するメーザーの分布 (Matsumoto et al.2008 編集)

単一鏡観測

1、観測した天体

Database of Circumstellar Masers^[1]上にある全天体の分類をSIMBAD^[2]で調べ、"OH"(OH/IR星)と、"Mas"(メーザー天体)表記の天体のみを抜き出した。次にNançay 1612MHz monitoring of OH/IR star^[3]上にある天体と、参考文献^{[3]~[7]}のOH/IR星や1000日以上長い周期を持つMira型変光星を追加した。そしてそれらの中から重複している天体やDec.が-40°以南のものを除外し、1158天体の観測天体リストを作成した。

2、単一鏡観測

望遠鏡 国立天文台VERA入来局20m電波望遠鏡(図3)

観測周波数帯 H₂Oメーザー: Kバンド(22GHz帯)

SiOメーザー: Qバンド(43GHz帯)

観測期間 2016/10/18~2017/12/15

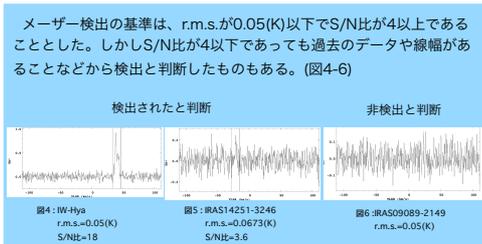
積分時間 10分

解析ソフト JNewstar

ノイズレベル 0.05[K](-1Jy)



図3: VERA入来局/鹿児島県薩摩川内市入来町



結果

図7-12はモニター観測の結果から作成したライトカーブである。横軸は日付、縦軸はアンテナ温度に19.6をかけた信号強度Flux Density(単位:Jy)に計算しなおしたものである。メーザーが長期間強い天体があれば、VLBI観測が可能となる。

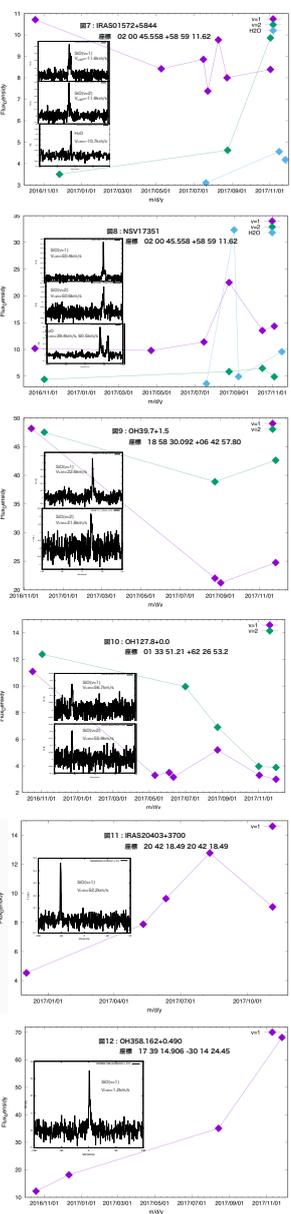


表1にメーザーが検出された計60天体についてまとめた(2017/12/15現在)。天体の周期は参考文献^{[8]~[23]}より引用した。フラックスの表記については、非検出の場合は"x"、未観測の場合は "-" としている。複数回検出された天体については過去の最大フラックスを用いた。表中の黄色マスの天体は43GHz帯にて現在VLBI位相補償観測中である。表から分かるように、SiOのみを検出、H₂Oのみを検出、またはその両方を検出など、様々である。

表1: 入来局での単一鏡サーベイ観測でメーザーが検出された天体

天体名	Period (Day)	Coordinate		v=1 (Jy)	v=2 (Jy)	H ₂ O
		RA α	Dec. δ			
IRAS23580+5633	-	00 00 34.5	+56 50 15	x	x	6.86
OH127.8+0.0	1380.1994	01 33 51.21	+62 26 53.2	11.1	12.4	x
IRAS01572+5844	-	02 00 45.558	+58 59 11.62	10.7	9.9	4.6
OH138.0+7.2	1410	03 25 08.406	+65 32 07.06	11.1	7.8	x
NSV16214	-	05 00 24.60	+12 56 06.6	12.0	8.5	x
IRC+60154	-	05 19 52.103	+63 15 55.70	27.6	9.5	6.8
IRC+40156	-	06 33 15.786	+40 42 51.38	9.4	10.5	-
RAFGL5201	-	06 34 28.057	-05 03 42.83	x	x	16.9
NSV17351	-	07 07 49.382	-10 44 05.95	22.5	6.5	32.3
OH231.8+4.2	-	07 42 19.947	-14 42 50.20	x	x	11.1
Caswell OH240.316+00.071	-	07 44 53.2	-24 07 39	x	x	43.9
Caswell OH263.250+00.514	-	08 48 47.80	-42 54 28.8	-	-	4.3
OH509027-2758	-	09 04 51.841	-28 10 35.73	5.0	x	3.1
IRAS09089-2149	-	09 11 10.4	-22 02 12	8.0	6.7	x
IW-Hya	-	09 45 15.24	-22 01 45.3	18.0	23.8	x
RAFGL1886	-	14 11 17.600	-07 44 49.76	16.0	16.5	-
IRAS14251-3246	-	14 28 29.828	-33 00 03.5	5.3	6.8	-
RAFGL1822	-	16 06 08.363	-30 49 33.99	6.2	-	-
IRAS16091-1855	-	16 11 59.85	-17 03 14.2	x	x	4.8
IRAS16486-3014	-	16 51 49.4	-30 19 50	17.6	11.4	x
OH17122-2707	-	17 15 22.9	-27 10 39	12.3	-	-
OH349.96-0.02	1392	17 19 29.3	-37 21 35	5.6	7.9	x
OH358.162+0.490	1507	17 39 14.906	-30 14 24.45	68.1	36.3	x
IRC-30363	-	18 08 51.98	-26 12 21.0	11.0	-	13.9
IRAS1807+347P08	-	18 09 24.68	+34 46 19.3	x	5.6	-
IRAS18176-1848	-	18 20 36.7	-18 47 09	26.6	-	-
OH26.5+0.6	1589	18 37 32.51	-05 23 59.2	20.1	25.8	-
OH26.2-0.6	1181	18 41 14.33	-06 15 00.7	9.5	9.4	-
OH30.9+0.2	-	18 46 58.8	-01 43 47	7.0	-	-
OH30.1-0.7	2170.853	18 48 41.949	-02 50 28.85	4.4	-	x
OH32.0+0.54	1520	18 51 26.2	-01 03 51	4.5	-	x
OH31.7-0.8	510	18 52 01.45	-01 26 46.4	3.3	-	-
OH40.1+2.4	-	18 55 56.967	+07 30 30.27	5.5	-	-
OH35.6-0.3	840	18 57 27.472	+02 12 16.97	4.4	-	-
OH39.7+1.5	1260.1424	18 58 30.092	+06 42 57.80	48.2	47.5	-
OH38.10-0.13	-	19 01 20.05	+04 32 31.6	3.1	x	-
RAFGL2362	-	19 18 14.67	+23 49 27.9	13.3	-	-
NSV12009	-	19 24 59.077	+36 01 42.0	29.7	x	x
IRAS19252+2420	-	19 27 17.93	+24 26 58.1	16.9	-	-
OH51.8-0.1	1162	19 27 42.04	+16 37 24.0	x	5.2	x
IRAS1928+293P09	-	19 30 50.33	+29 29 57.4	6.8	-	-
IRAS19333+1918	-	19 35 30.78	+19 25 06.5	16.5	-	-
RAFGL2445	-	19 44 07.00	+35 14 08.2	31.8	15.3	9.3
IRAS19425+3323	-	19 44 29.96	+33 30 38.4	3.5	-	-
IRAS19441+44520	-	19 45 43.5	+45 27 40	4.3	-	-
OH65.5+1.3	-	19 51 21.20	+29 13 01.3	6.3	-	-
IRAS19494+2701	-	19 51 29.41	+27 08 59.0	3.8	-	-
IRAS19508+2659	-	19 52 57.86	+27 07 44.7	5.1	-	-
IRAS20043+2653	-	20 06 22.74	+27 02 10.6	x	5.2	-
IRAS20095+2726	-	20 11 36.078	+27 35 59.46	x	4.8	-
IRAS20234-1357	440	20 26 13.236	-13 47 58.48	13.2	-	-
IRAS20403+3700	-	20 42 18.49	+37 11 41.0	12.8	9.8	6.1
OH83.4-0.9	1497.1153	20 50 57.7	+42 48 04	16.0	14.3	23.5
*nu. Del	-	21 02 06.98	+18 10 38.8	3.4	-	-
IRAS21079+1822	-	21 10 17.16	+18 34 40.6	3.3	-	x
IRAS21554+6204	1280	21 56 58.195	+62 18 46.02	5.2	19.9	x
NSV25875	1535	22 19 27.48	+59 51 21.7	8.1	16.5	x
IRC+40483	-	21 27 28.295	+36 41 55.74	4.5	8.0	-
Tr-Peg	929.3	22 03 59.51379	+28 20 54.2474	3.6	x	-
NSV14347	-	22 53 20.38	+36 30 26.2	x	x	7.8

参考文献

[1] <http://www.hsu.uni-hamburg.de/~et2b102/masersdb/> [2] <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/> [3] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [4] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [5] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [6] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [7] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [8] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [9] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [10] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [11] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [12] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [13] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [14] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [15] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [16] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [17] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [18] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [19] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [20] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [21] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [22] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html [23] http://www.hsu.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Engels/engels/nrt_monitoring/index.html