

『VERA入来局単一鏡観測による、OH/IR星のH2O,SiOメーザーのモニタリング』

大島夕佳 k4163449@kadai.jp 中島和也 k0151814@kadai.jp 鹿児島大学理学部物理科学科4年

中川亜紀治 守田篤史 濱田翔太 橋本真雄

概要

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 VLBI 観測を行い、距離を決定しようと考えている。OH/IR 星とは OH メーザーが存在し、100~3000 日の変光周期を持つ AGB 星である。変光周期の長い天体は質量が 3~4 M_{\odot} と考えられ、従って年齢は 1 億年程度と考えられる。そのため、渦状腕との相関が期待でき距離を決定することは銀河の腕構造の解明に近づく。VLBI 観測を行うにあたり、天体からのメーザーを検出することが必須となるため、その前段階として VERA 入来局のアンテナを利用して OH/IR 星のサーベイ観測を行っている。また、VLBI 観測の時期を適切に決定すること及びメーザー強度の周期性を見つけて変光周期を決定する目的で、単一鏡でのメーザー探査と並行してモニタリング観測も行っている。2020年11月現在、データ点かなり増え、いくつかの天体において、新たに変光周期を決定できた。

導入

1.OH/IR 星

OH/IR 星は OH メーザーが存在し、約 100-3000 日の変光周期を持つ漸近巨星分岐星 (AGB 星) であり、脈動や質量放出が行われていることが主な特徴である。質量は 0.8 [M_{\odot}] から 8 [M_{\odot}] で、質量放出率は 10^{-7} [$M_{\odot}\text{yr}^{-1}$] から 10^{-5} [$M_{\odot}\text{yr}^{-1}$] に及ぶ。AGB 星では光球周囲に主に内側から SiO、H₂O、OH メーザーが存在している。

2.目的

変光周期が長く重い星は銀河の渦状腕構造と位置的な相関があ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腕構造を解明するにおいて重要である。そこで我々のグループでは1000日以上長い変光周期を持つOH/IR星に注目してVLBI観測を行い、年周視差を計測することで距離を決定しようと考えている。VLBI観測にあたり天体のメーザー検出が必須であるため2016年から現在までVERA入来局で単一鏡サーベイ観測を行ってきた。Engels et al.(2012)でOH/IR星に付随するOHメーザーの強度変化から変光周期が決定されたことを踏まえ、H₂O,SiOメーザーも変光周期を決定できると考え、モニタリング観測も並行して行っている。

単一鏡観測

1.観測天体の選出

Database of Circumstellar Masers上にある全天体をリストアップし、それらのObject Typeを SIMBAD で調べ、"OH/IR"と"MASER"表記の天体のみを抜き出す。次に"Nancyay 1612Mhz monitoring of OH/IR star"上の天体を追加、さらに様々な論文からOH/IR星や Mira型変光星を追加した。最後はそれらの中で重複している天体や入来局から見えない天体 (Dec. が -40° 以南のもの) を除外し、1158 天体のリストを作成した。

2.観測

望遠鏡：国立天文台VERA20m望遠鏡
観測周波数：22GHz(H₂Oメーザー)
43GHz(SiOメーザー)
観測期間：2016年~2020年10月
積分時間：10分
解析ソフト：JavaNewstar
※メーザーの検出の基準は、S/N比が3以上であることとした。

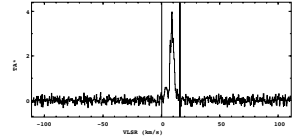


図1 検出されたスペクトルの例(WX-Psc)

結果

今回は、メーザーの積分強度でライトカーブを描き、周期を得ることを目的に三角関数によるフィッティングを行った。数ある天体の中で、フィッティングの結果、もっともらしい周期を得られたものを取り上げた。また、GaiaDR2、東京大学木曾観測所のシュミット望遠鏡のデータについても、メーザーでのライトカーブの比較対象として取り上げた。ライトカーブ(図2~図37)の横軸は日付、縦軸は積分強度 ($\text{Jy} \cdot \text{km/s}$) である。フィッティングには、python3を用いた。 $y = y_{ave} + a \sin(2\pi(x+b)/c)$ という式を与え、a(振幅),b(位相),c(周期)を求めた。 * y_{ave} とは、積分強度の平均値である

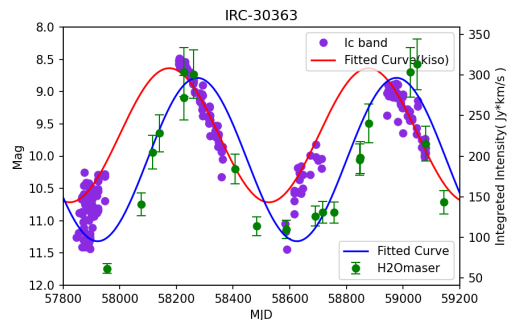
表1 取り上げた天体の周期をまとめたもの

緑色のセルの天体は周期が長く、変光のサイクルが1周期分見えていない天体である。これらの天体の周期の決定には、これからも観測が必要であるが、現段階での周期を載せている。

天体名	他のデータベースでの周期	木曾	Gaia	メーザーでの変光周期		
				H ₂ O	SiO(v=1)	SiO(v=2)
IRAS21544+6204	1280日	—	—	—	1904日	
IRC-30363	720日(AAVSO)	717日	786日	690日	—	
IRC+10322	—	581日	631日	592日	—	
IRC+40156	517日(1m)	—	—	529日	540日	
IRC+40483	—	—	612日	—	619日	
IRC+60154	—	488日	—	490日	498日	
IW-Hya	639日(1m)	628日	—	656日	799日	
NSV17351	—	1099日	1309日	—	1252日	
NSV25875	1535日	—	—	—	1536日	
OH83.4-0.9	1497日	—	—	1417日	1436日	
OH127.8+0.0	1994日, 1380日	—	—	—	2082日	
OH231.8+4.2	551日(VSX)	—	—	582日	—	
OH26.2-0.6	1181日	—	—	—	1456日	
RAFGL1686	500日(VSX)	—	—	441日	504日	
RAFGL1822	—	—	—	—	678日	
RAFGL2445	—	—	—	673日	—	
WX-Psc	650日	—	—	649日	—	

考察：可視光とメーザーの変光位相差

- 今回、取り上げた天体に関して、メーザーでの変光周期と他のデータベースでの変光周期を比べてまだ周期決定とまでは言えないが、これからも観測を続けることで精度の良い周期を決めることができる。
- IRC-30363に関しては、木曾のデータとH₂Oメーザーのライトカーブを重ね、変光の位相差を比べた。位相差を比べるにあたり、変光周期を同じにする必要があるため、木曾の変光周期とH₂Oメーザーの変光周期の平均を取った704日を変光周期とした。その結果、位相差は約90日となった。H₂Oメーザーが星から100AU離れた場所に存在したと仮定し、星の脈動に伴い何らかの物理状態の伝播によりH₂Oメーザーが励起されると考えると、その伝播速度は $2 \times 10^3 \text{ km/s}$ となった。



IRC-30363

H₂Oメーザーと木曾のライトカーブを重ねたもの
赤：木曾 青：H₂Oメーザー

今後の展望

- 周期が長く変光周期の1サイクルも見えていない天体は、さらに観測を続け、より正確な周期の決定を行う。
- データが少なく、今回はフィッティングを行うことができなかった天体の観測を行いデータ点を増やしていく。
- 天体リストにあるがまだ観測されていない天体の観測を行う。
- 他のデータベースのライトカーブと、メーザーでのライトカーブを重ねてみる。一位相のずれの確認
- OHメーザーとのスペクトル形状や視線速度の比較を行う。

参考文献

- 「VERA入来局単一鏡観測を用いたOH/IR星のSiO,H₂Oのメーザー探査とモニタリング」(山本由希 2017年度卒業論文)
- 「OH/IR星のH₂O,SiOメーザー単一鏡観測」(田中理央 2018年度卒業論文)
- 「VERA入来局単一鏡観測によるOH/IR星のH₂O及びSiOメーザーのモニタリングとメーザーによる変光周期の決定」(稲永大地 2019年度卒業論文)
- http://cdn.gea.esac.esa.int/Gaia/gdr2/light_curves/csv/
- <http://kws.cetus-net.org/~maehara/V5data.py>
- <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>