

# 59T VERA石垣島観測局20 m電波望遠鏡を用いた未発見の22 GHz水メーザーの探索

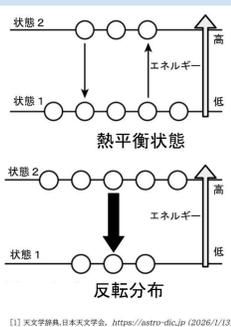


【美ら星研究体験隊2025】柴田 浩志郎(中等4)【神戸大学附属中等教育学校】、有賀 千尋(高2)【山梨英和高等学校】、栗原 佳大(高3)【三重県立四日市高等学校】、櫻井 稀(高1)【愛知県立豊田西高等学校】、佐藤 希望(高3相当)【所属なし】、品川 優香(高2)【立正大学付属立正高等学校】、下平 竜佑(高2)【麻布高等学校】、田中 舞帆(高2)【兵庫県立姫路西高等学校】、寺原 直希(高2)【川口市立高等学校】、中田 瑛斗(高1)【郁文館高等学校】、弘中 美海(高2)【福岡県立筑紫丘高等学校】、山谷 剛瑠(高専3)【福島工業高等専門学校】、林 楽洋(高1)【渋谷教育学園幕張高等学校】、井上 紫、塩澤 樹季(高1)【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、北越 春乃、白保 夢叶(高1)、内原 妃茉莉、東 友優、富本 日和(高2)【沖縄県立八重山高等学校】

## 1. 背景

**水メーザー:**  
電波でおこるレーザー  
(水分子やメタノール分子から放射)

指向性が高く強度が強いため、  
星間吸収に強い  
→遠方の天体も観測可能



原始星/巨星などの低温な恒星において、外層の高エネルギー状態の水分子が22 GHzの水メーザー[1]を放出。

- 原始星→双極流による強い衝撃波領域から水メーザーを放射している可能性が高い
- 巨星→厚い大気が中心星に加熱され水メーザーを放射している可能性が高い

## 2. 研究の目的

VERA20m電波望遠鏡を用いた  
未発見の水メーザーの検出

- 恒星の形成/進化への理解
- 位置天文学の対象星を増やす

## 3. 研究方法

### (1) 観測天体の選定

原始星のリスト(※1)[2]と巨星のリスト[3]を用いて、以下の基準により観測天体の選定を行った。

#### 8月20日

- メタノールメーザーが検出されている(※2)
- 質量降着率が高い
- アウトフローがある可能性が高いと考えられる
- ATLASGALで観測されている

#### 8月21日

- メタノールメーザーが未検出(※3)
- ATLASGALで検出されている
- 初日の候補天体かつ未観測

【原始星】29天体 【巨星】6天体

※1 赤外線観測衛星WISEによる、双極流をもつ可能性の高い原始星リスト  
※2 メタノールメーザーは大質量原始星にのみ付随するため星形成活動が活発であることの指標となる  
※3 メタノールメーザーが検出済ならば水メーザーも検出されており新天体である可能性は低いと考え、1日目と異なる選定方法をとった。

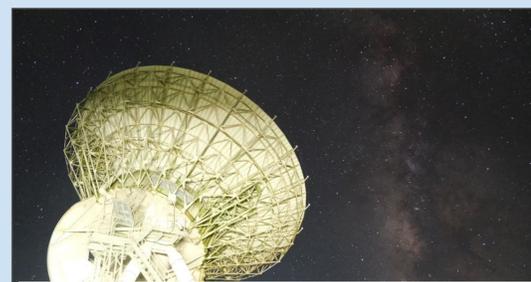
### (2) 観測・解析方法

下記の手法で対象天体の電波観測を行った。

【観測日時】2025年8月20日~22日

【観測機器】VERA石垣島観測局20 m電波望遠鏡

【解析方法】電波解析ソフトnewstarを用いて、電波スペクトル(図1,2,3)を得た。



VERA石垣島観測局20 m電波望遠鏡

## 4. 結果

① 観測した29個の原始星のうち、G059.783+00.065 (図1)とG030.788+00.203(図2)の2天体から水メーザーが検出された。しかし、これらはいずれも既知の水メーザー天体であった[4]。

② ①の2天体を除く天体では過去に水メーザーが検出されていたものの、今回の観測では検出されなかった。(例:G019.008-00.029(図3))

③ これまで水メーザーの検出報告がなかったG357.553-00.548から、21日に水メーザーらしき電波が検出された。しかし、22日に行った再観測の結果、水メーザーではなく、偶然大きく検出されたノイズであったことが確認された。

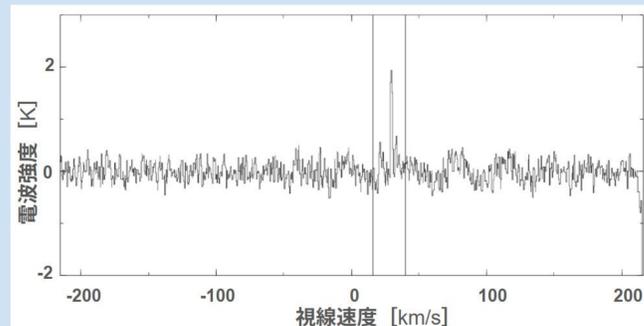


図1 観測されたG059.783+00.065の電波スペクトル

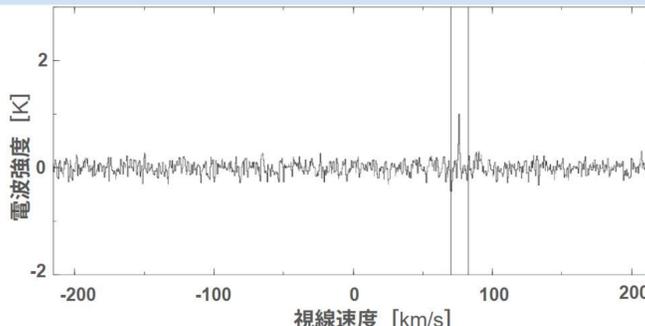


図2 観測されたG030.788+00.203の電波スペクトル

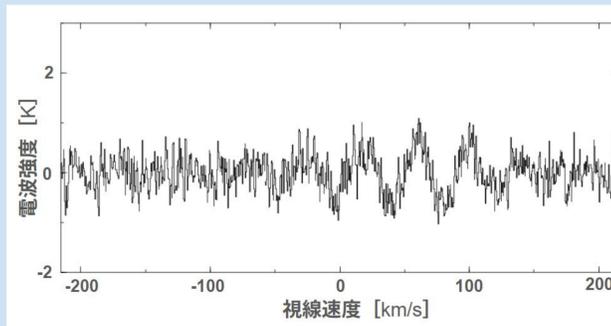


図3 観測されたG019.008-00.029の電波スペクトル

## 5. 考察

・今回の観測では新たな水メーザー天体発見には至らなかった。しかし今回の積分時間において検出された信号比は7以上で十分に高かったため、今後の観測において積分時間を短くして観測天体数を増やしたいと考える。

・過去に水メーザーが観測されたものの今回は観測されなかった既知天体(G019.008-00.029)は、2010年以降の観測では水メーザーが検出されていないため、水メーザー天体ではない可能性がある。

### 【参考文献】

- [1]水メーザー--天文学辞典,日本天文学会,<https://astro-dic.jp/water-maser/>。(2026年1月13日閲覧)
- [2]Zhang, C. et al. 2023, ApJS, 264, 24.
- [3]Gigoyan, K., S. et al. 2025, MNRAS, 539, 223.
- [4]Maser data base,<https://maserdb.net/>。(2026年1月13日閲覧)

### 【謝辞】

本研究は、JSPS科研費ひらめき☆ときめきサイエンス25HT0065(美ら星研究体験隊「新しい星を見つけよう!」)の補助を受けて行われました。また、主催していただいた国立天文台水沢の皆様、ならびに、観測等の支援をいただいた教員の皆様にも、この場を借りて深く御礼申し上げます。

## 解析

観測で得られたデータから、電波解析ソフトnewstarにより各天体のスペクトルを得た(図1)。そして各スペクトルの中に、強度が突出したピークがないかを目視で確認した。メーザーと疑われる信号がみられた天体のスペクトルにはベースライン補正を行い、その信号の信号雑音比を求めた。

## 観測・解析

赤外線観測衛星WISEによる先行研究[2]で双極流を持つ可能性が高いと考えられる原始星のリストが作成されている。また、他の先行研究[3]で、晩期型星のリストが作成されている。3班に分かれてこれらのリストの中から観測する天体を選定し、2025年8月20日から22日の間、VERA石垣島観測局20 m電波望遠鏡を用いて、これらの天体の電波観測を行った。

## 観測

### 原始星

・・・双極流をもつ原始星は水メーザーを放射している可能性が高い

### M型巨星

・・・酸素が豊富で水メーザーを放射している可能性が高い

### 参考データ

1. Methanolメーザーの検出実績
2. ATRASGALサブミリ波の検出実績

◎WISEによる双極流をもつ可能性の高い原始星のリスト／Gigoyanらによる巨星のリストから観測天体を選定

## 〈A班〉

### 〔仮説・選定方法〕

#### 1日目

- ・Methanolが検出されている
  - ・ATLASGALで観測されている
- 計5天体観測した

#### 2日目

- ・ATLASGALで検出されている
  - ・WISE Green ObjectsのGroup I(アウトフローと考えられるような構造が観測されている天体)に分類されている
  - ・メーザーデータベースに水メーザーの観測が記録されていない
- 計7天体観測した

## 〈B班〉

### 〔仮説・選定方法〕

#### 1日目

- 次の順に優先度をつけ、観測天体を決定した
- ・質量降着率が高い
- ・Methanolメーザーが未検出である
- ・アウトフローがある可能性が高い

#### 2日目

- ①初日の観測候補天体かつ未観測のもの
  - ②SIMBADで、可視光で天体像が見られないもの
  - ③Methanolメーザーが未検出である
- ・①,②,③を満たす天体を選出
  - ・↑この中で(Mdot/dist)の値が大きい6天体
- 観測天体 とした。

## 〈C班〉

### 〔仮説・選定方法〕

#### 1日目

恒星周囲の水を構成するO原子とH原子の存在が保証されるため、メタノールメーザーが観測されている原始星を観測対象に選定。

#### 2日目

メタノールメーザーが検出済の天体は水メーザーの有無も調査されている可能性が高いため、未知の水メーザー天体を検出するために、Group Iに属し、かつメタノールメーザー、水メーザーが共に検出されていない天体を観測対象に選定。

	Mdot	Methanol	Group	該当数	観測数
A	$300 \leq x$	無視	無視	3	2
B	$100 \leq x \leq 300$	未検出	I,II	1	1
C	$100 \leq x \leq 300$	未検出	III	3	2
D $\alpha$	$90 \leq x \leq 100$	未検出	I,II	3	1
D $\beta$	$70 \leq x \leq 90$	未検出	I,II	1	0

## 【考察と展望】

- ・今回の観測における積分時間は12分であった。この積分時間においてもベースライン補正が成功すれば、図2のようにノイズ幅は0.2K以内に抑えられた。そのため積分時間を伸ばすよりは、多数の天体を観測した方が未検出の水メーザーの発見につながる可能性が高いと考えられる。
- ・図3のようにベースライン補正を正しく行えていないものを減らすため、今後はデータの補正方法について検討したい。
- ・既知のメーザーが検出できなかったのは、ベースライン補正が正しく行えていない可能性や、観測時の大気状態が悪かった可能性が挙げられる。

### 観測の結果

- ・未発見の水メーザーは検出されなかった
- ・既知の水メーザーの検出を2天体において成功した

目的の達成には選定手法／観測時間に検討が必要か

## 観測・解析

赤外線観測衛星WISEによる先行研究[2]で双極流を持つ可能性が高いと考えられる原始星のリストが作成されている。また、他の先行研究[3]で、晩期型星のリストが作成されている。3班に分かれてこれらのリストの中から観測する天体を選定し、2025年8月20日から22日の間、VERA石垣島観測局20 m電波望遠鏡を用いて、これらの天体の電波観測を行った。

```

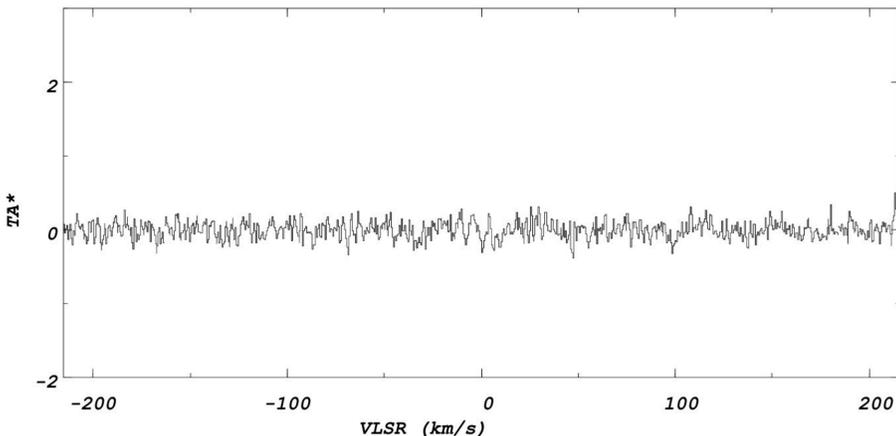
FITSP      MG-a
Comments
Spectrum-id = 00022 ( ) : D A T E ( M D Y ) = 08 21 25
Ref. coordinate = RA,DEC : B.00Ad. =
Offset +00d00'00.0" DEC : R A ( 2 0 0 0 ) = +05h08m46.4s l = 143.899D : b =
offset +00d00'00.0" : D E C ( 2 0 0 0 ) = +67d33'23.4" 919D : X =
Center freq. = 22.235090 (GHz) : A R Y - F 1 : +00d00'00.0" : Y =
r.m.s. = 0.1150 (K) : I n t e g t i m e ( O N ) = 00h22m00s+00d00'00.0"
Baseline order = 10 : S c a l i n g f a c t o r =

```

```

no. peak T x of peak half width integ. int.

```



```

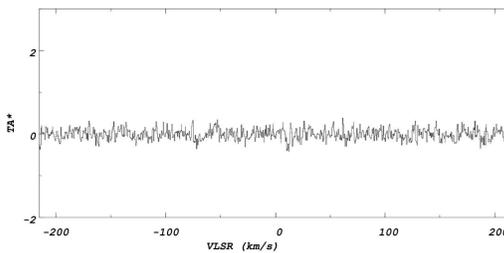
FITSP      MG-3
Comments
Spectrum-id = 00020 ( ) : D A T E ( M D Y ) = 08 20 25
Ref. coordinate = RA,DEC : B.00Ad. =
Offset +00d00'00.0" DEC : R A ( 2 0 0 0 ) = +03h36m20.4s l = 155.567D : b =
offset +00d00'00.0" : D E C ( 2 0 0 0 ) = +37d37'50.3" 579D : X =
Center freq. = 22.235090 (GHz) : A R Y - F 1 : +00d00'00.0" : Y =
r.m.s. = 0.1276 (K) : I n t e g t i m e ( O N ) = 00h24m00s+00d00'00.0"
Baseline order = 10 : S c a l i n g f a c t o r =

```

```

no. peak T x of peak half width integ. int.

```



```

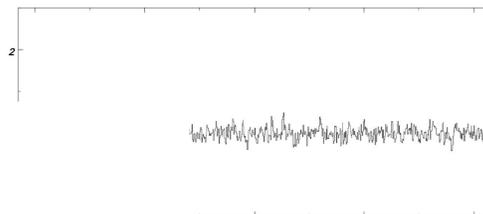
FITSP      MG-2
Comments
Spectrum-id = 00017 ( ) : D A T E ( M D Y ) = 08 20 25
Ref. coordinate = RA,DEC : B.00Ad. =
Offset +00d00'00.0" DEC : R A ( 2 0 0 0 ) = +03h30m39.4s l = 154.671D : b =
offset +00d00'00.0" : D E C ( 2 0 0 0 ) = +37d34'14.3" 301D : X =
Center freq. = 22.235090 (GHz) : A R Y - F 1 : +00d00'00.0" : Y =
r.m.s. = 0.1331 (K) : I n t e g t i m e ( O N ) = 00h24m00s+00d00'00.0"
Baseline order = 10 : S c a l i n g f a c t o r =

```

```

no. peak T x of peak half width integ. int.

```



```

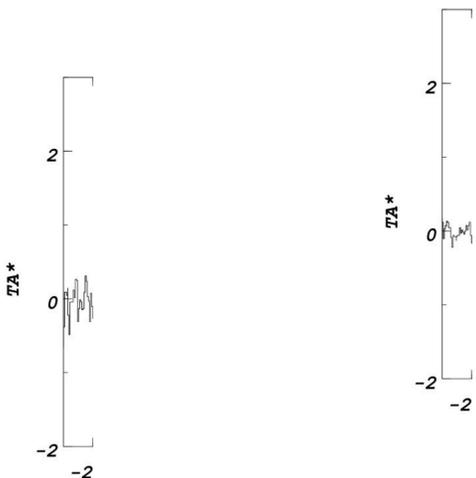
FITSP      MG-8
Comments
Spectrum-id = 00015 ( ) : D A T E ( M D Y ) = 08 20 25
Ref. coordinate = RA,D : B.00Ad. =
Offset +00d00'00.0" DI : R A ( 2 0 0 0 ) = +06h00m20.4s l = 165.178D : b =
offset +00d00'00.0" : D E C ( 2 0 0 0 ) = +47d33'05.1" 750D : X =
Center freq. = 22.235 (GHz) : A R Y - F 1 : +00d00'00.0" : Y =
r.m.s. = 0.1620 (K) : I n t e g t i m e ( O N ) = 00h24m00s+00d00'00.0"
Baseline order = 10 : S c a l i n g f a c t o r =

```

```

no. peak T x of peak half width integ. int.

```



```

FITSP      A3-070
Comments
Spectrum-id = 00008 ( ) : D A T E ( M D Y ) = 08 20 25
Ref. coordinate = RA,DEC : B.00Ad. =
Offset +00d00'00.0" DEC : R A ( 2 0 0 0 ) = +06h00m20.4s l = 165.178D : b =
offset +00d00'00.0" : D E C ( 2 0 0 0 ) = +47d33'05.1" 750D : X =
Center freq. = 22.235 (GHz) : A R Y - F 1 : +00d00'00.0" : Y =
r.m.s. = 0.1107 (K) : I n t e g t i m e ( O N ) = 00h24m00s+00d00'00.0"
Baseline order = 10 : S c a l i n g f a c t o r =

```

```

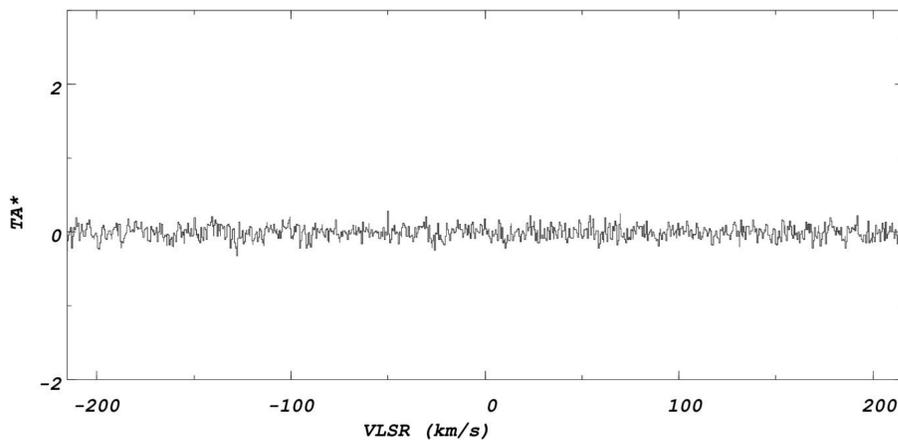
FITSP      A2-080
Comments
Spectrum-id = 00006 ( ) : D A T E ( M D Y ) = 08 20 25
Ref. coordinate = RA,DEC : B.00Ad. =
Offset +00d00'00.0" DEC : R A ( 2 0 0 0 ) = +18h45m51.6s l = 30.972D
offset +00d00'00.0" : D E C ( 2 0 0 0 ) = -01d29'14.0" = 0.563D
Center freq. = 22.235090 (GHz) : A R Y - F 1 : X = +00d00'00.0" :
r.m.s. = 0.0888 (K) : I n t e g t i m e ( O N ) = 00h12m00s+00d00'00.0"
Baseline order = 10 : S c a l i n g f a c t o r =

```

```

no. peak T x of peak half width integ. int.

```



```

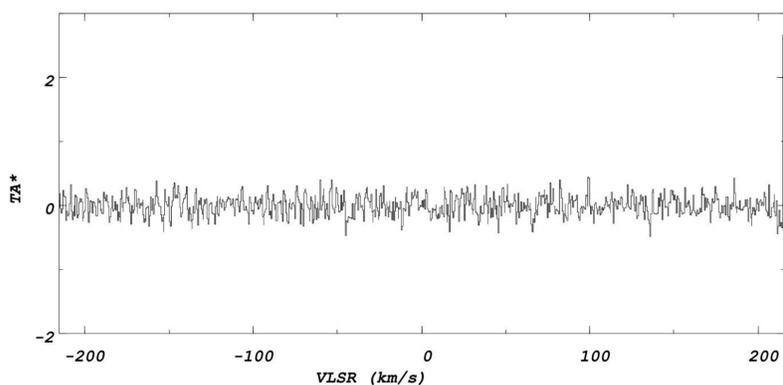
FITSP      MG-5
Comments
Spectrum-id = 00018 ( ) : D A T E ( M D Y ) = 08 20 25
Ref. coordinate = RA,DEC : B.00Ad. =
Offset +00d00'00.0" DEC : R A ( 2 0 0 0 ) = +06h00m20.4s l = 165.178D : b =
offset +00d00'00.0" : D E C ( 2 0 0 0 ) = +47d33'05.1" 750D : X =
Center freq. = 22.235090 (GHz) : A R Y - F 1 : +00d00'00.0" : Y =
r.m.s. = 0.1531 (K) : I n t e g t i m e ( O N ) = 00h24m00s+00d00'00.0"
Baseline order = 10 : S c a l i n g f a c t o r =

```

```

no. peak T x of peak half width integ. int.

```



```

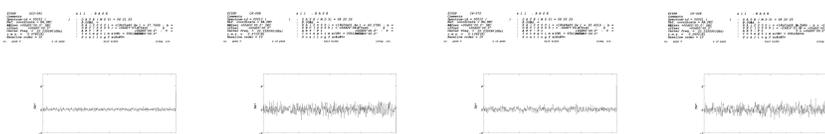
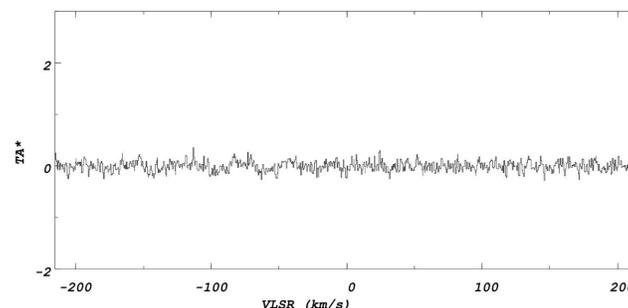
FITSP      MG-4
Comments
Spectrum-id = 00021 ( ) : D A T E ( M D Y ) = 08 20 25
Ref. coordinate = RA,DEC : B.00Ad. =
Offset +00d00'00.0" DEC : R A ( 2 0 0 0 ) = +03h40m52.6s l = 154.775D : b =
offset +00d00'00.0" : D E C ( 2 0 0 0 ) = +40d02'38.3" 128D : X =
Center freq. = 22.235090 (GHz) : A R Y - F 1 : +00d00'00.0" : Y =
r.m.s. = 0.0954 (K) : I n t e g t i m e ( O N ) = 00h24m00s+00d00'00.0"
Baseline order = 10 : S c a l i n g f a c t o r =

```

```

no. peak T x of peak half width integ. int.

```



[https://docs.google.com/document/d/14-gtfufie2J1Y-spo5se940hAcCIM19niAyr\\_c6ufWg/edit?tab=t.0](https://docs.google.com/document/d/14-gtfufie2J1Y-spo5se940hAcCIM19niAyr_c6ufWg/edit?tab=t.0)

