

変光周期1000日を超える OH/IR星 NSV17351の位置天文観測

鹿児島大学大学院 理工学研究科 1年 守田 篤史

中川亜紀治(鹿児島大学)、倉山智春(帝京科学大学)、須藤広志(岐阜大学)、
加世田大地、松野雅子、湯田晶斗(鹿児島大学)、VERAプロジェクト

今までVLBI観測例のない長周期サンプル → OH/IR星

▶ OH/IR星とは？

- 中小質量星($0.8\sim 8M_{\odot}$)の進化末期(AGB段階)
- 惑星状星雲段階移行の直前の瞬間(te Lintel Hekkert+1991; Etoka&Diamond 2006)
- 質量放出率は激しいもので $10^{-4}M_{\odot}\text{yr}^{-1}$ (te Lintel Hekkert+1991)
- 星周に H_2O 、 SiO 、OHメーザーが付随
- 変光周期1000日を超える天体が多数確認

目的

ミラ型変光星→OH/IR星

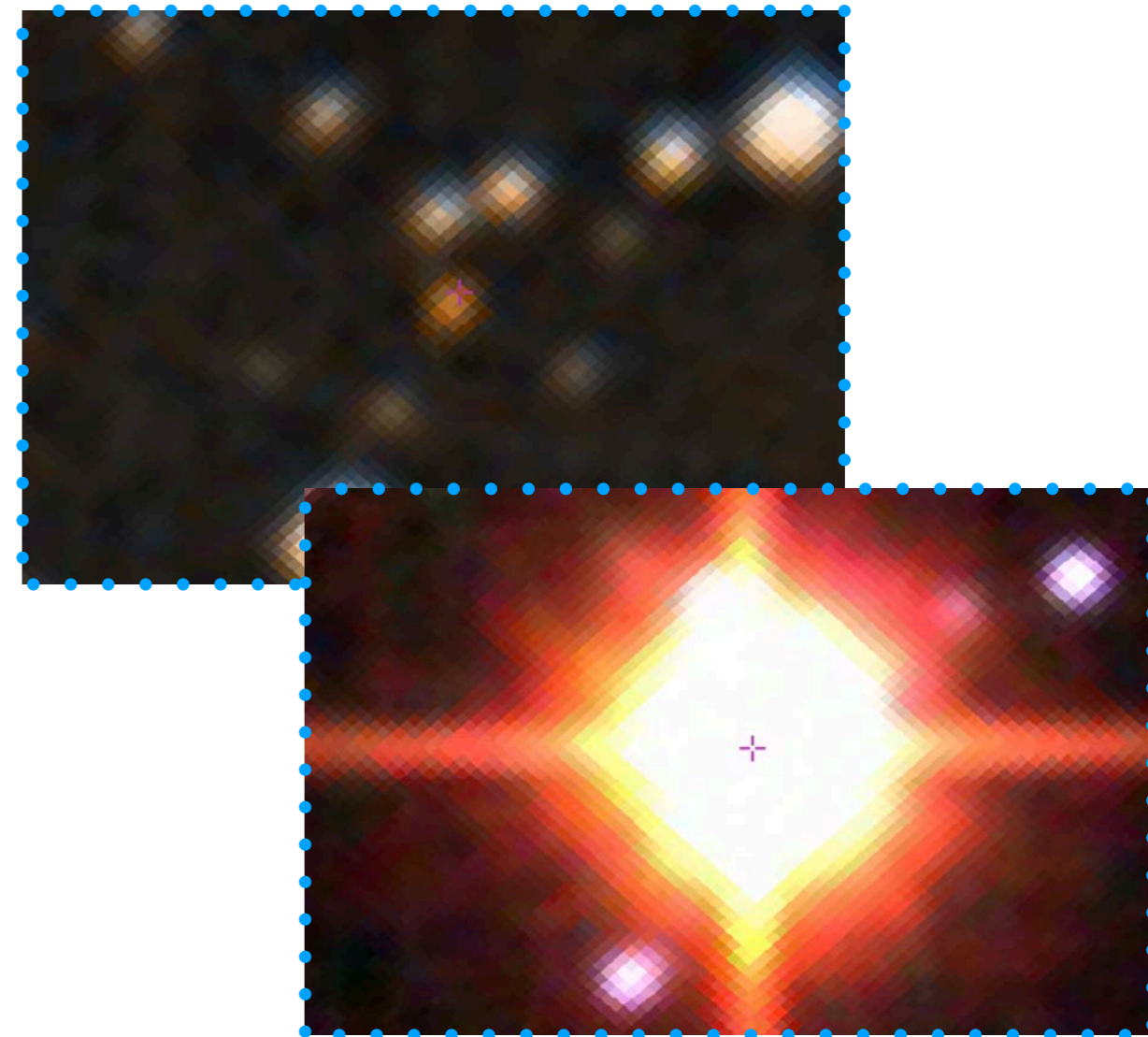
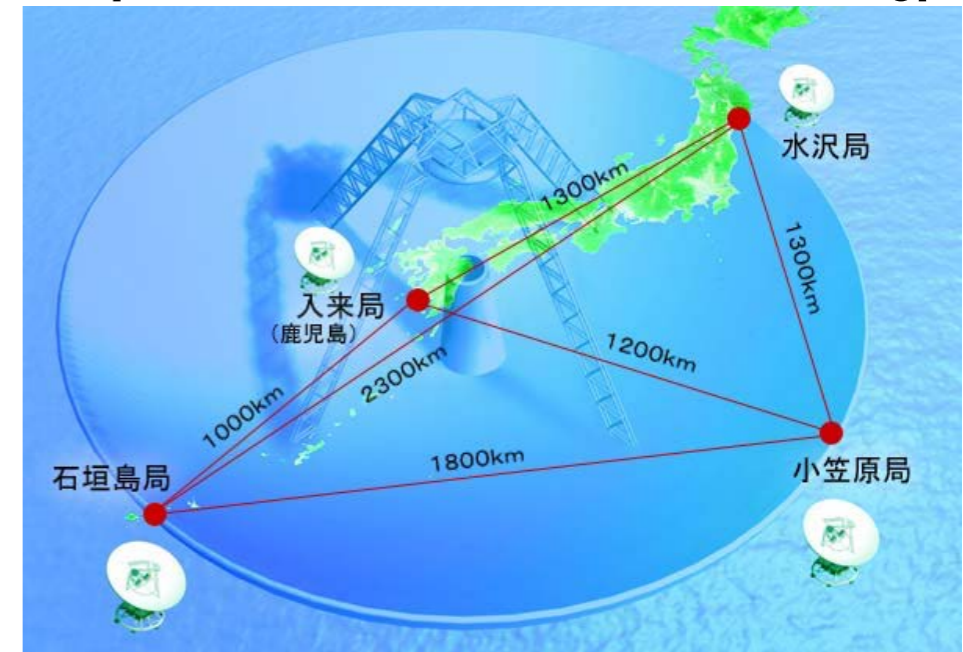
恒星進化の理解について、メーザー分布及び、メーザーのスペクトル、変光周期から迫る

VLBI観測

- ・望遠鏡 : VERA4局
- ・観測天体 : **NSV17351 & J0709-1127**
- ・観測周波数 : 22GHz(水メーザー)
- ・観測期間 : 2018年4月~2019年6月
- ・速度分解能 : 0.42 km s^{-1}
- ・観測回数 : 11観測

単一鏡観測

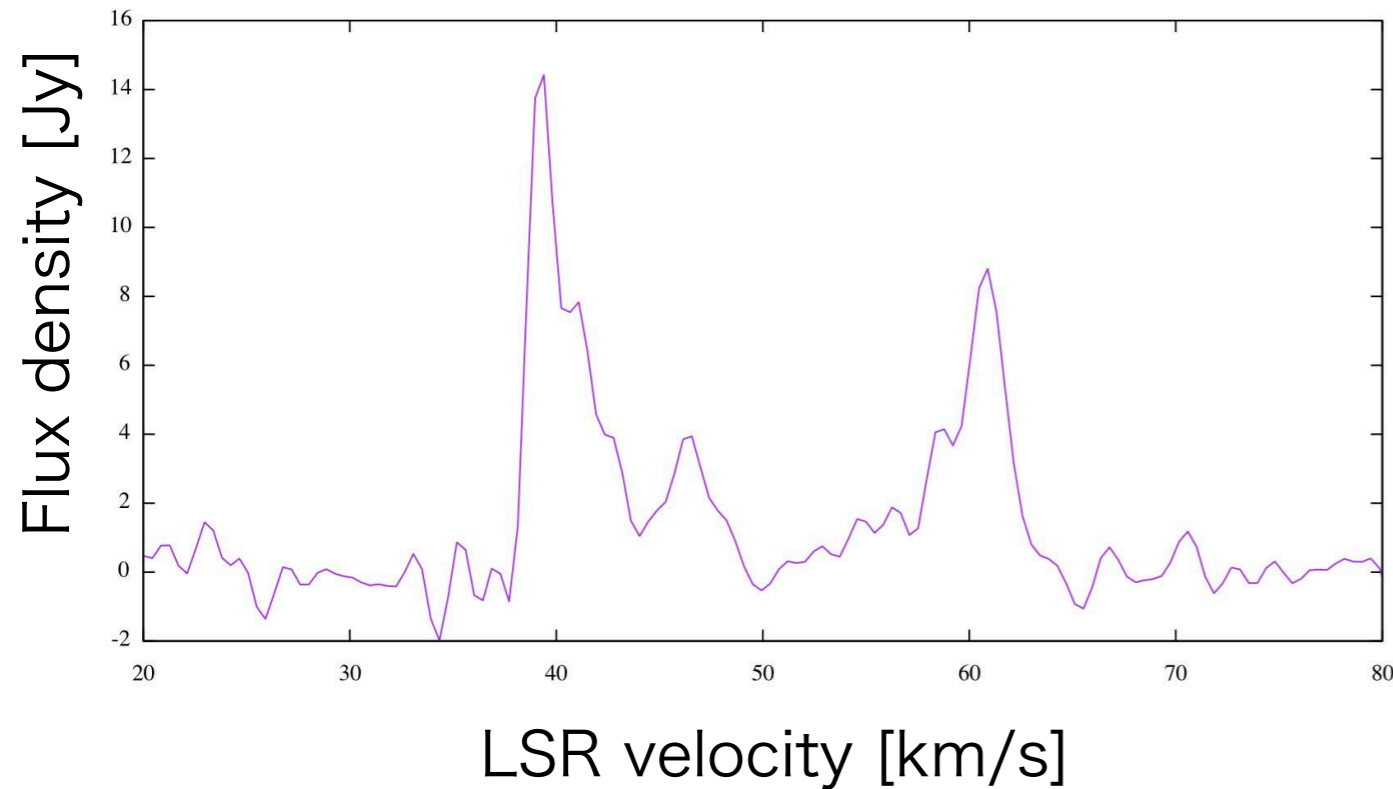
- ・望遠鏡 : VERA入来局20m電波望遠鏡
- ・観測周波数 : 22GHz(水メーザー)
- ・速度分解能 : 0.42 km s^{-1}
- ・ 1σ ノイズレベル : 0.05 K (1 Jy)
- ・観測頻度 : およそ1ヶ月に1回
- ・目的
 - (i)NSV17351水メーザー強度のモニター
 - (ii)変光周期の見積もり



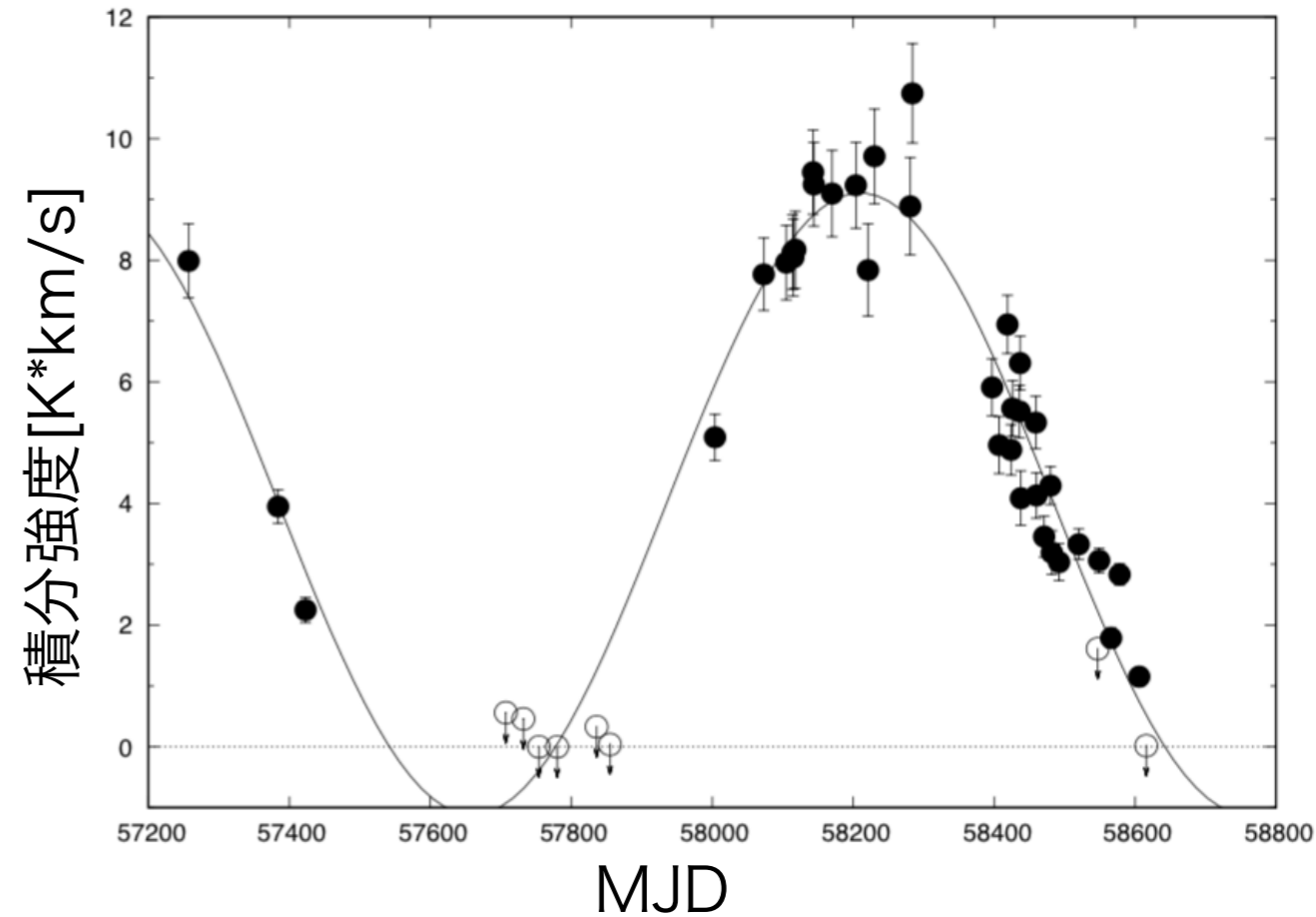
NSV17351を可視光で見た画像(上図)と
近赤外で見た画像(下図)

単一鏡観測

2018年4月22日観測の水メーザースペクトル



水メーザー積分強度の時間変動



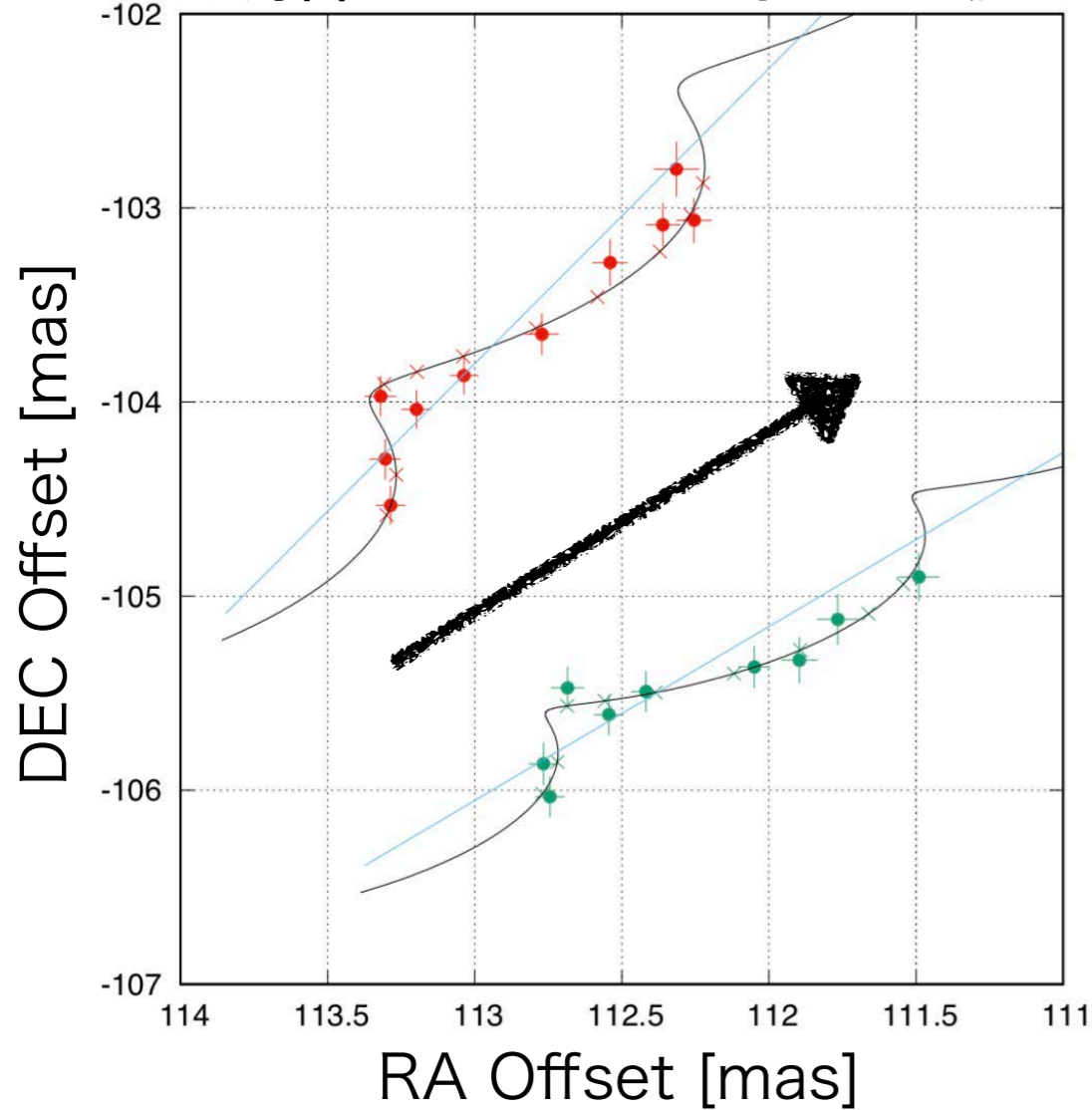
- $V_{\text{LSR}} = 40\text{km/s}$ 、 60km/s に代表的な成分を示すダブルピーク
- 水メーザー積分強度の時間変動をsin関数でフィッティング



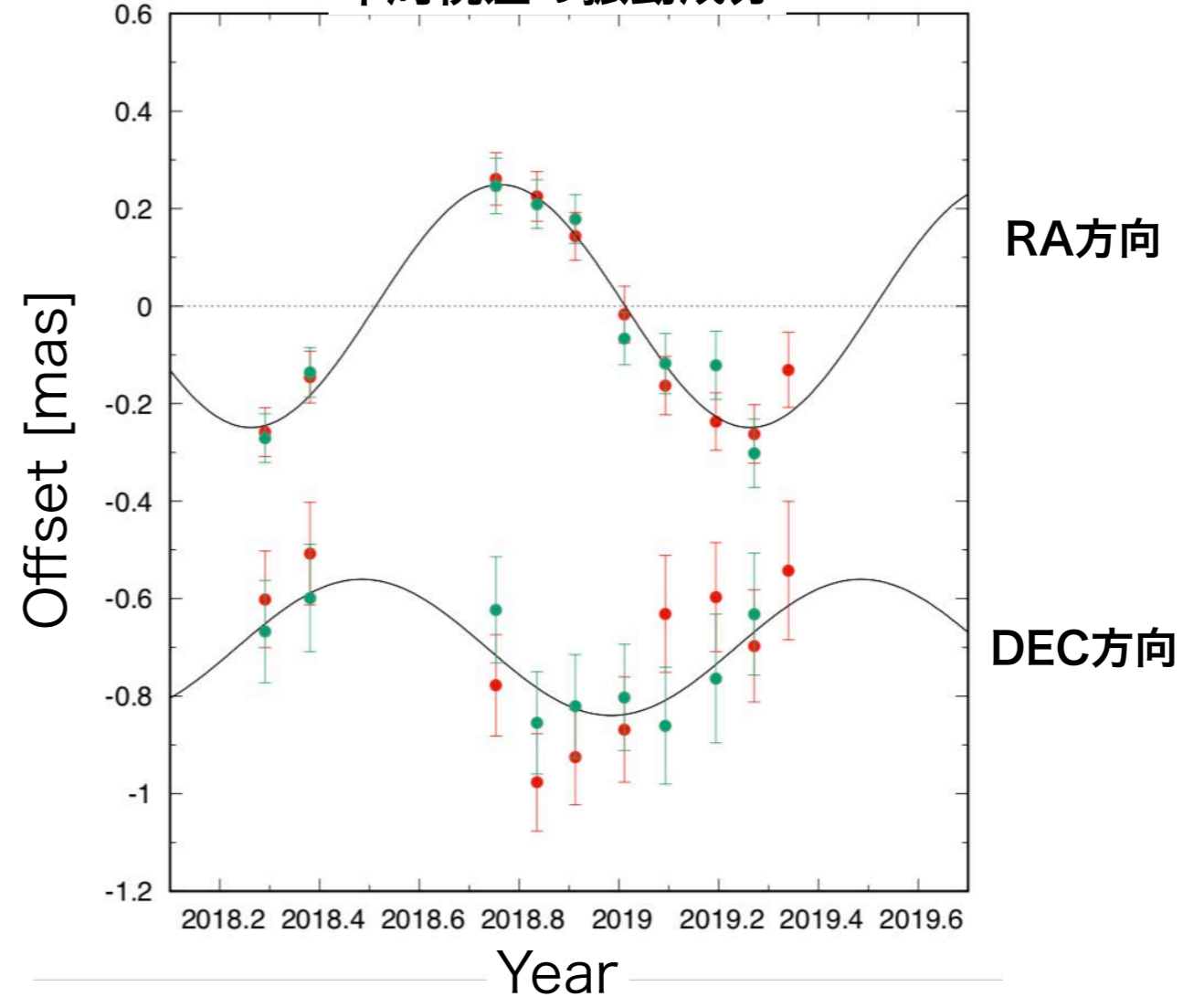
周期 = 1100日

Results(2) : VLBI observations

天球面上でのメーザースポットの動き



年周視差の振動成分



Parallax : $\pi = 0.251 \pm 0.014$ [mas]

Distance : $D = 3.98^{+0.24}_{-0.21}$ [kpc]

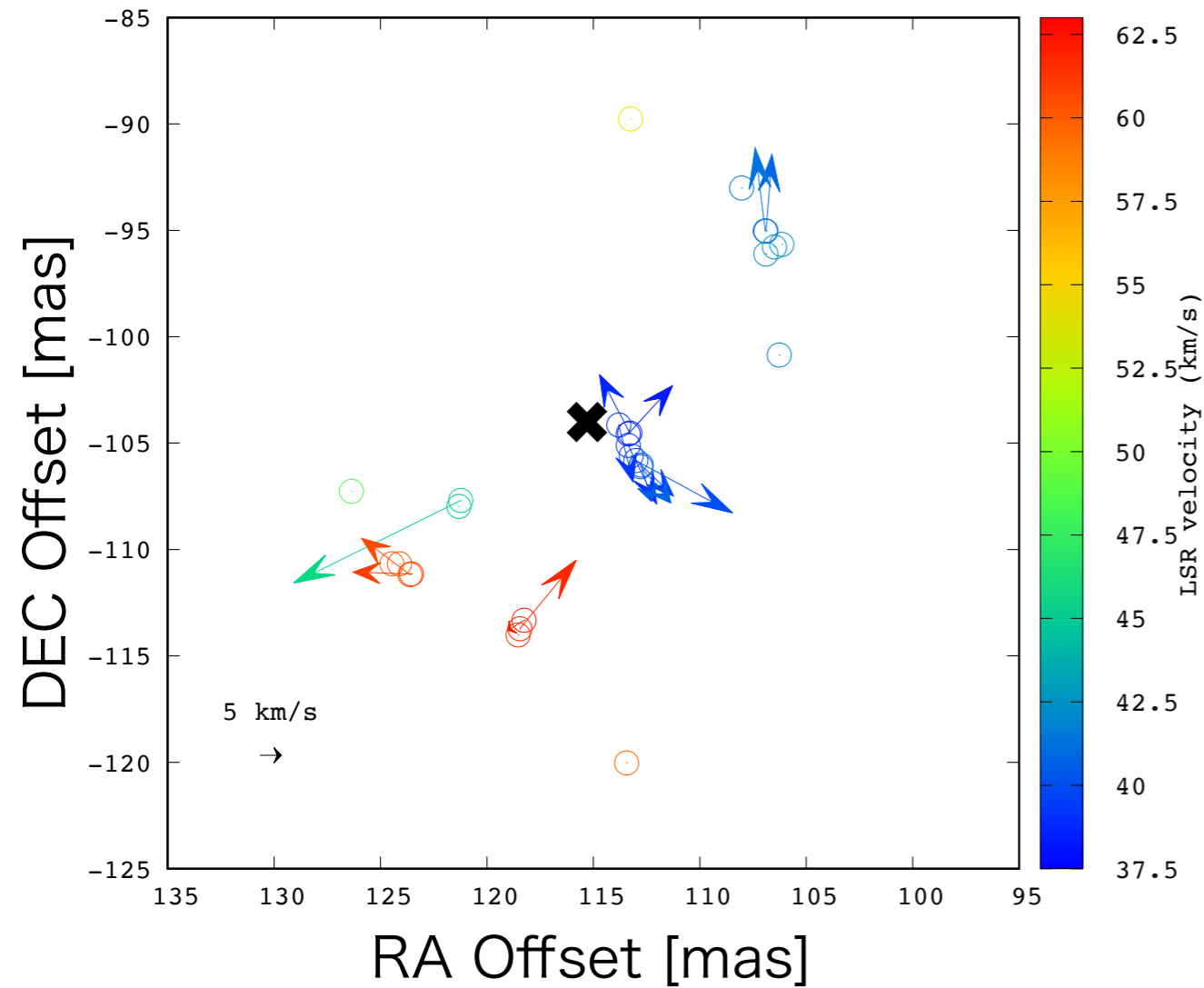
メーザーの平均運動

$\mu = (-1.20 \pm 0.12, 1.30 \pm 0.18)$ [mas/yr]

● -> $V_{\text{LSR}} = 38.73$ km/s
 ● -> $V_{\text{LSR}} = 40.41$ km/s

Results(3) :

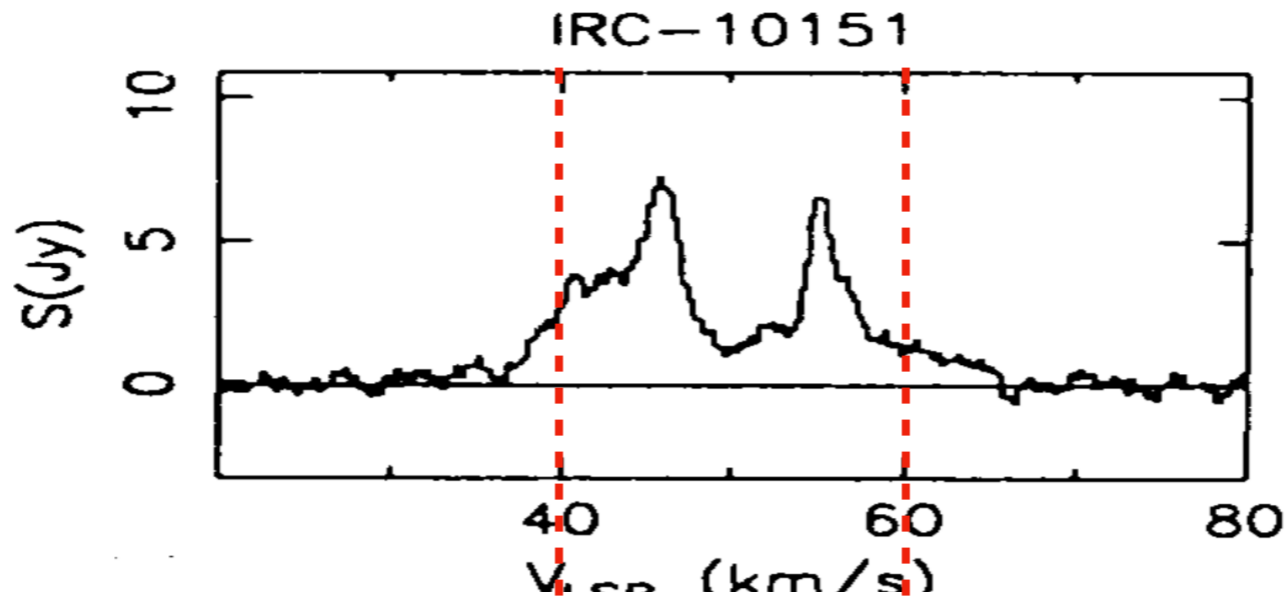
maser distributions & internal motions



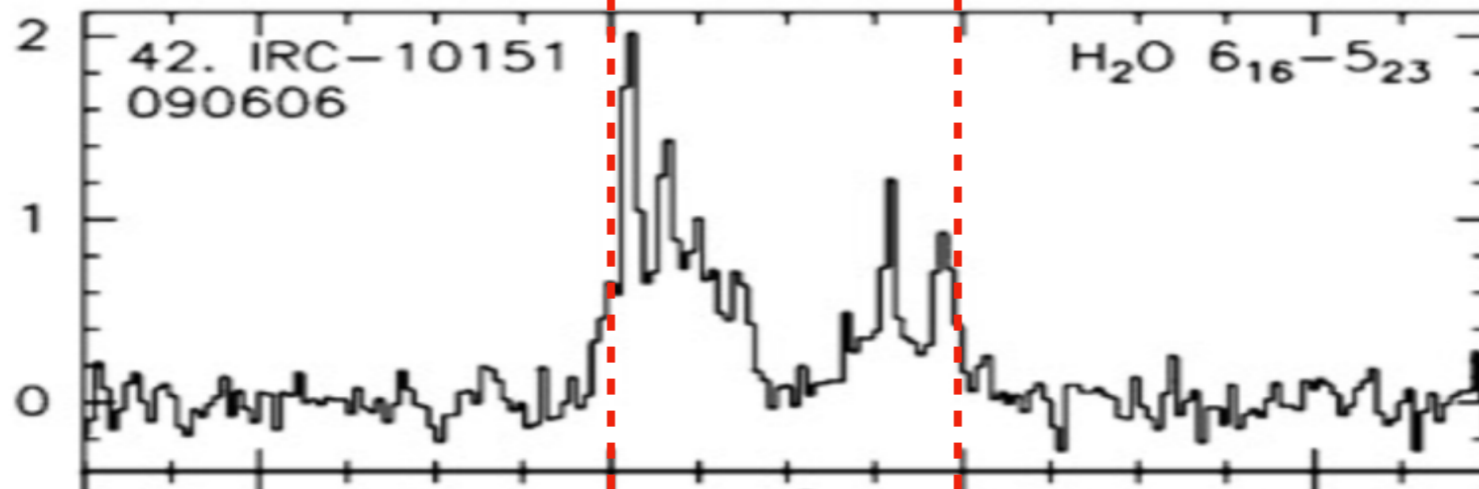
- 全観測で27個のメーザースポットを検出
- **×印は分布から予測した中心星の位置**
- **半径50AU程度で分布**
 - **中心領域に最も青方偏移するメーザー**
 - それ以外はその周りに散在
- **平均7km/sの拡がるような運動**
→典型的なミラ型変光星と同様 (Bowers & Johnston 1994)

天球面上の水メーザーの分布と
平均固有運動に対するメーザーの運動

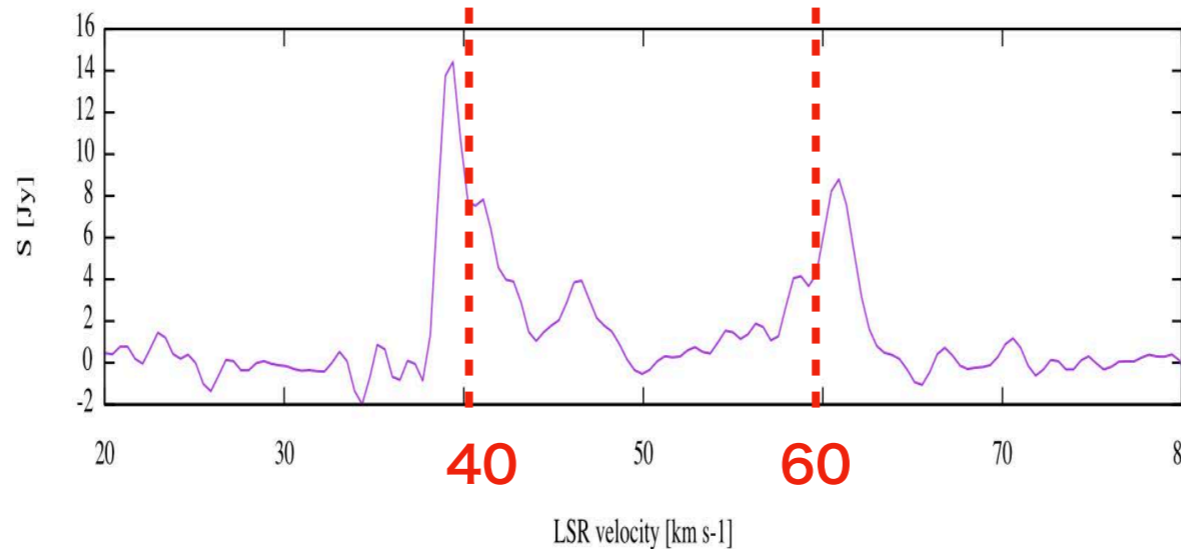
Discussion(1) : acceleration of water maser



1991年 鹿島34m
(Takaba+1994)



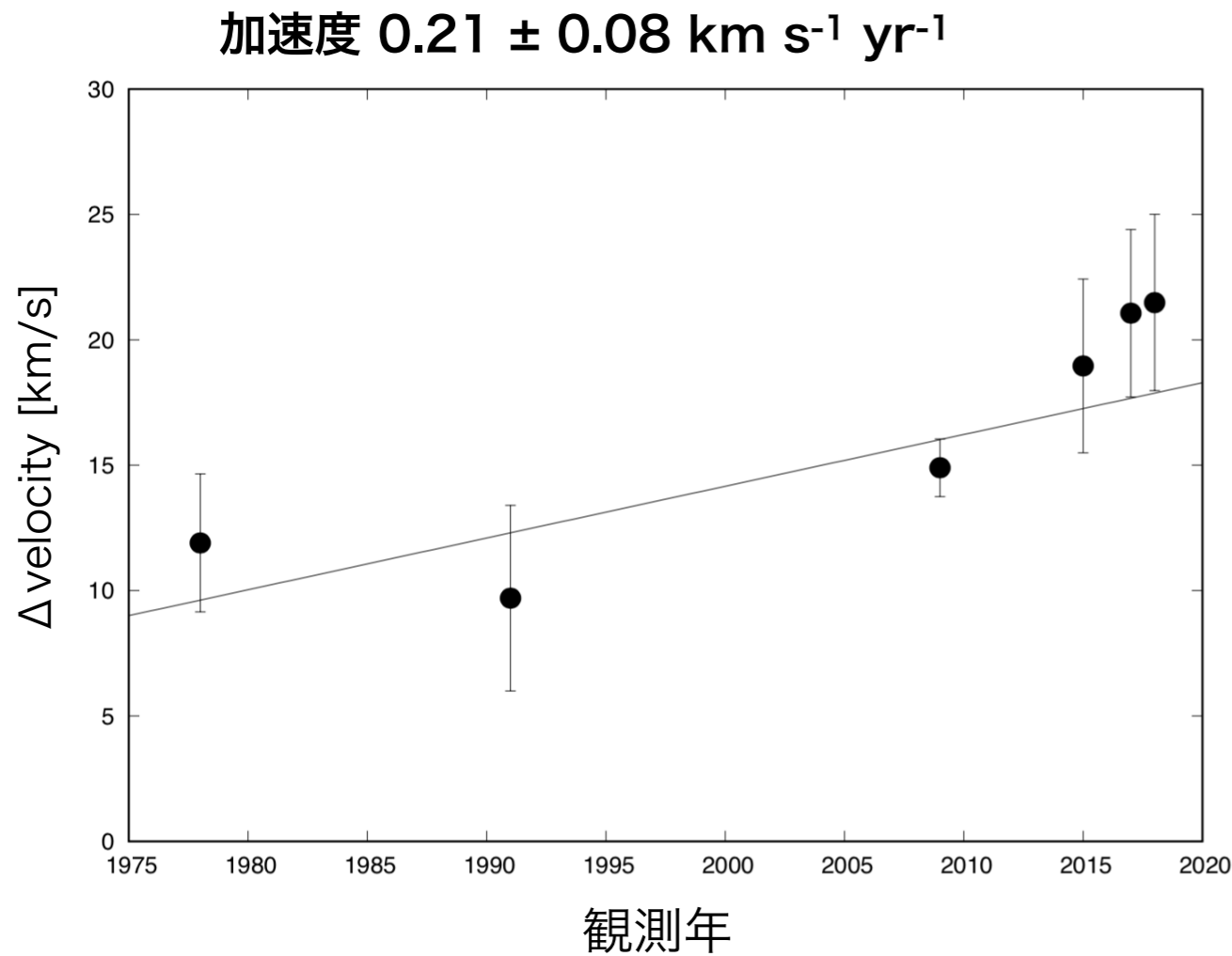
2009年 KVN21m
(Kim+2010)



2018年 VERA IRIKI20m
(our result)

Discussion(1) : acceleration of water maser

blueshift成分とredshift成分の速度差の時間変化を調査



$$\Delta V = |V_{\text{blue}} - V_{\text{red}}|$$

約40年間で ΔV がどの程度変化したか調査

加速度 $0.21 \pm 0.08 \text{ km s}^{-1} \text{ yr}^{-1}$

→→→加速を捉えた！！

▶ 加速現象の解釈

星の物理状態の変化

輻射圧の増大 → mass-loss 増加

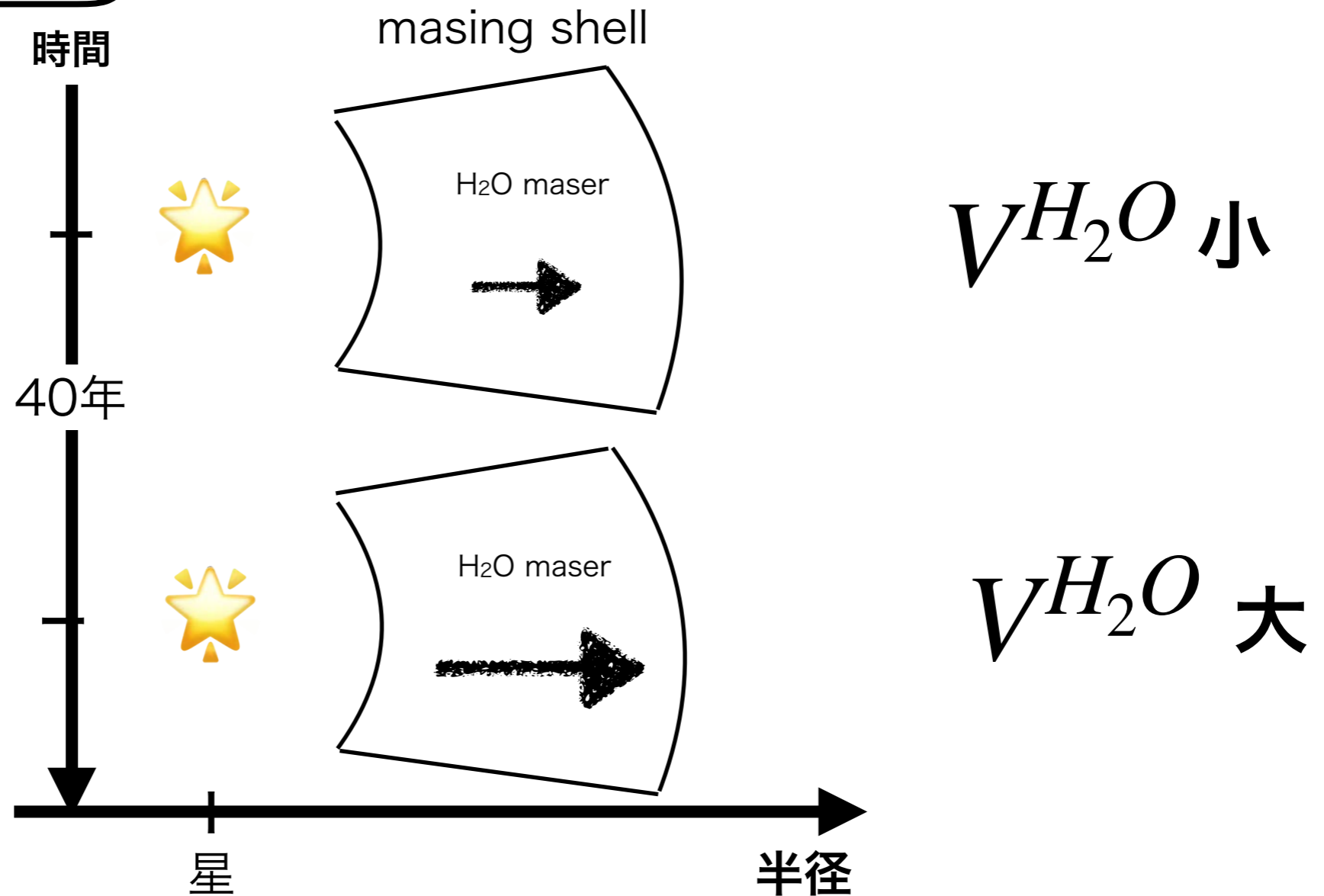
が原因で

メーザー放射領域の速度場が加速を起こした

Discussion(1) :

acceleration of water maser

40年間の加速現象のイメージ



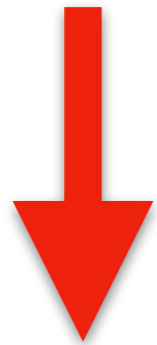
- 同じメーザーが加速される様子が見え続けたのかどうか。
 - **メーザーの寿命と強度変動の様子からは考えにくい**
 - **メーザーシェルの速度場の変化**を、スペクトルを通して捉えたと推測

Discussion(1) :

evolutionary phase for NSV17351

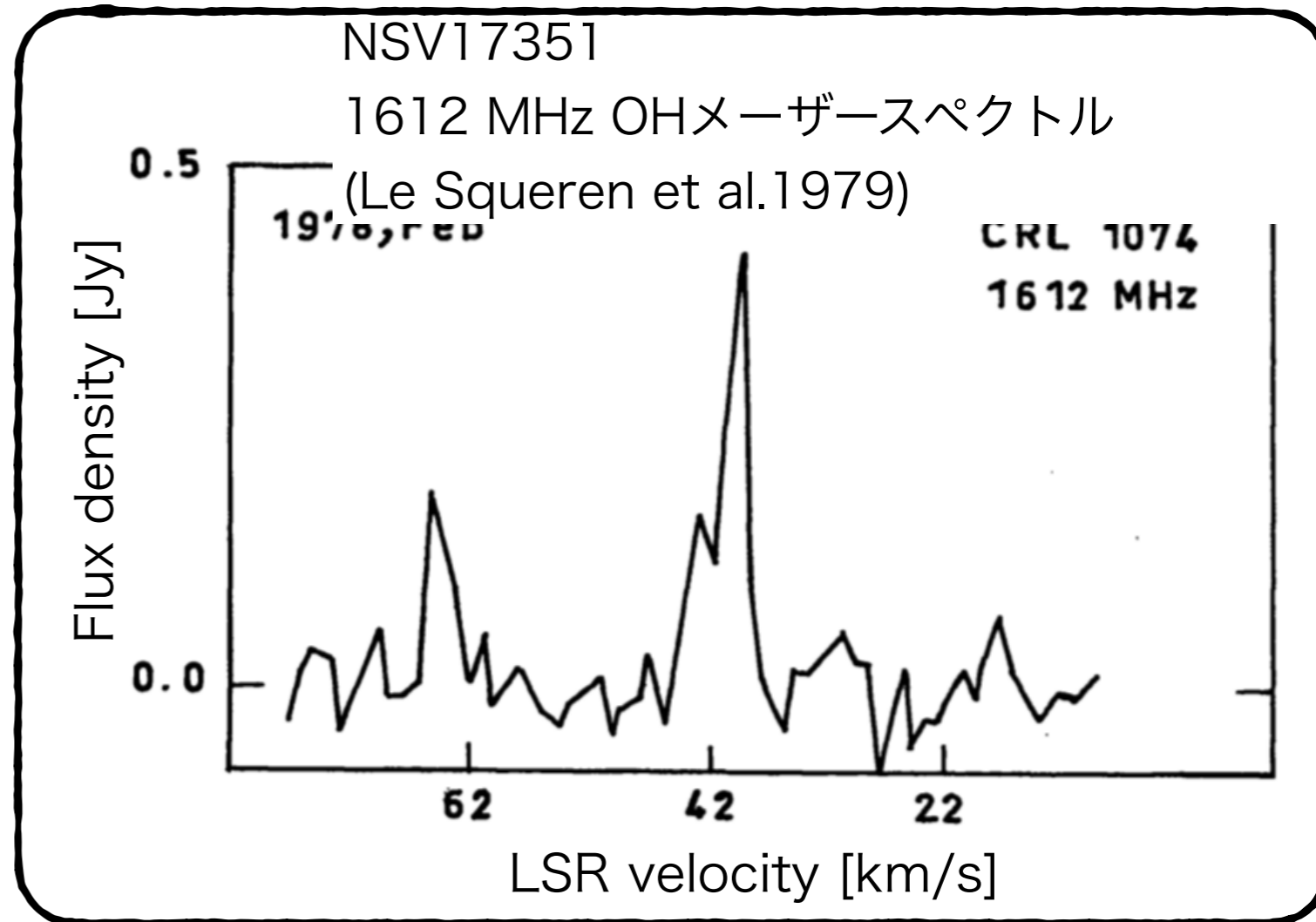
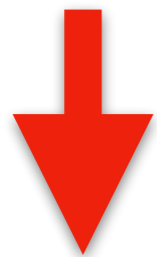
OHメーザー

1978年 400mJy



仮説
星の物理状態が変化

OHメーザー強度増大の可能性

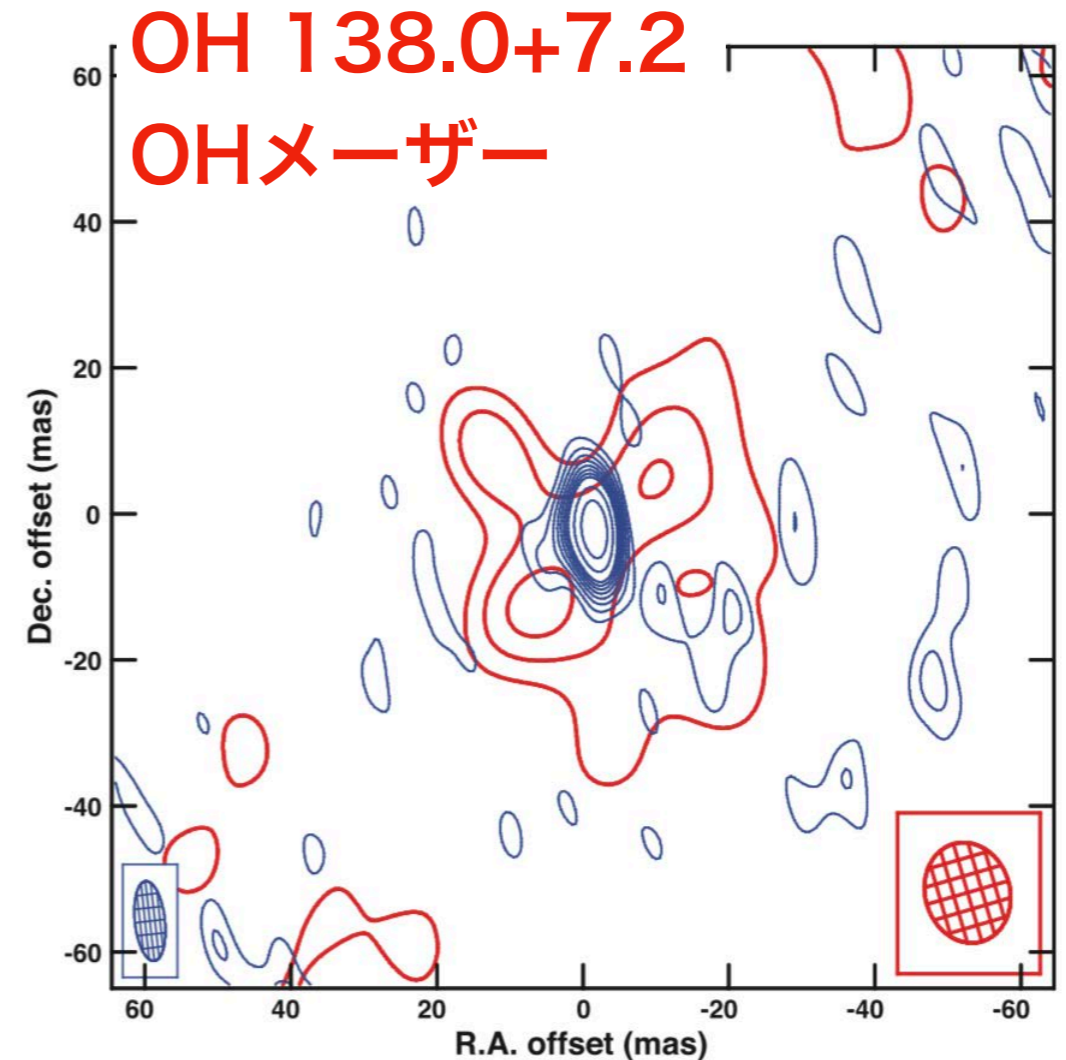
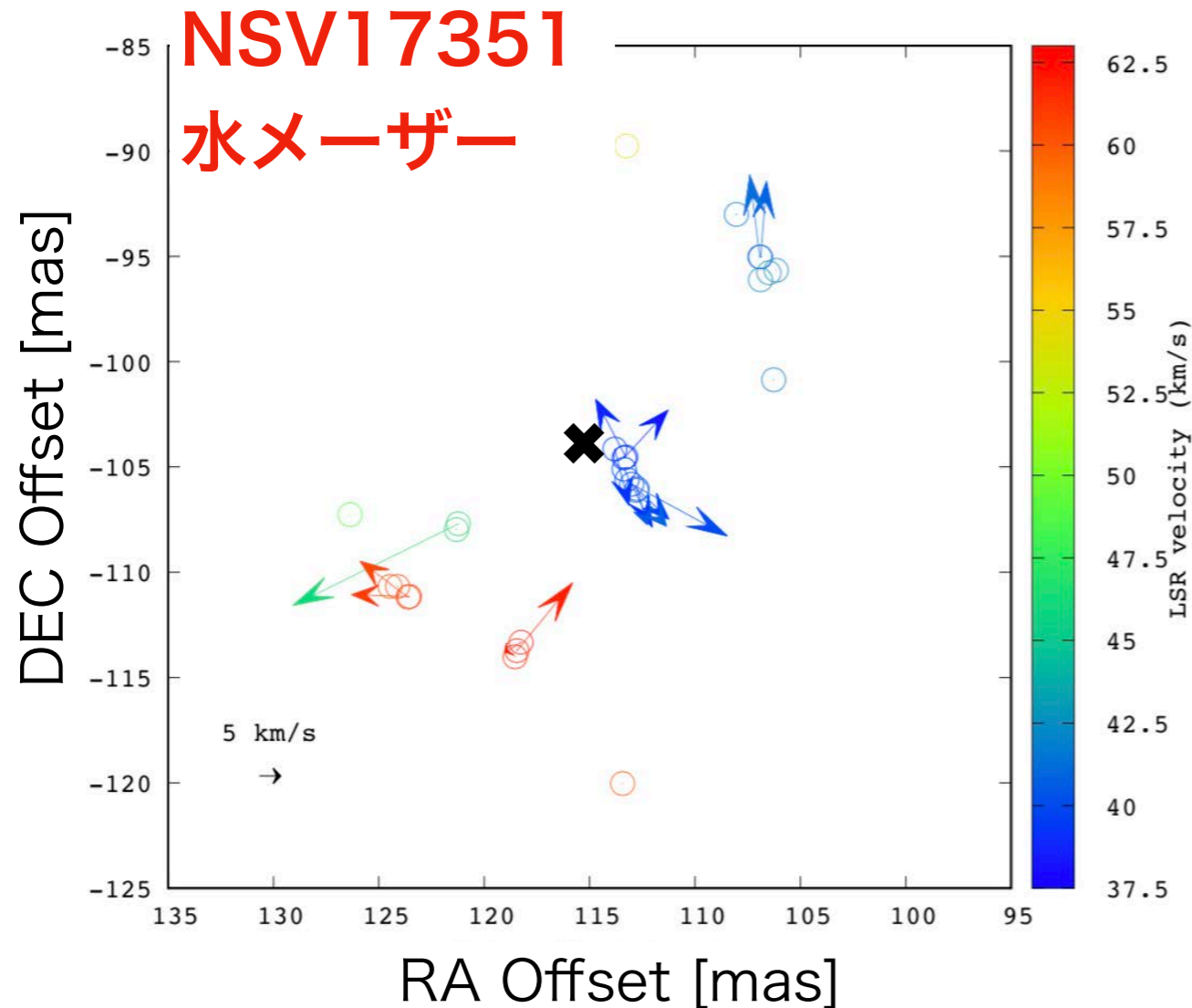


・ミラ型変光星からOH/IR星の段階へ移行した可能性
→AGBの進化理解に重要

OHメーザーの観測で確かめていく必要あり

Discussion(2) :

similarity with OH : ①maser distribution



- 中心星の位置付近に最も青方偏移する水メーザー
- それ以外のスポットは、その周りに散在
- 青方偏移成分と赤方偏移成分が、星の手前と奥に存在、視線方向に重なっている。

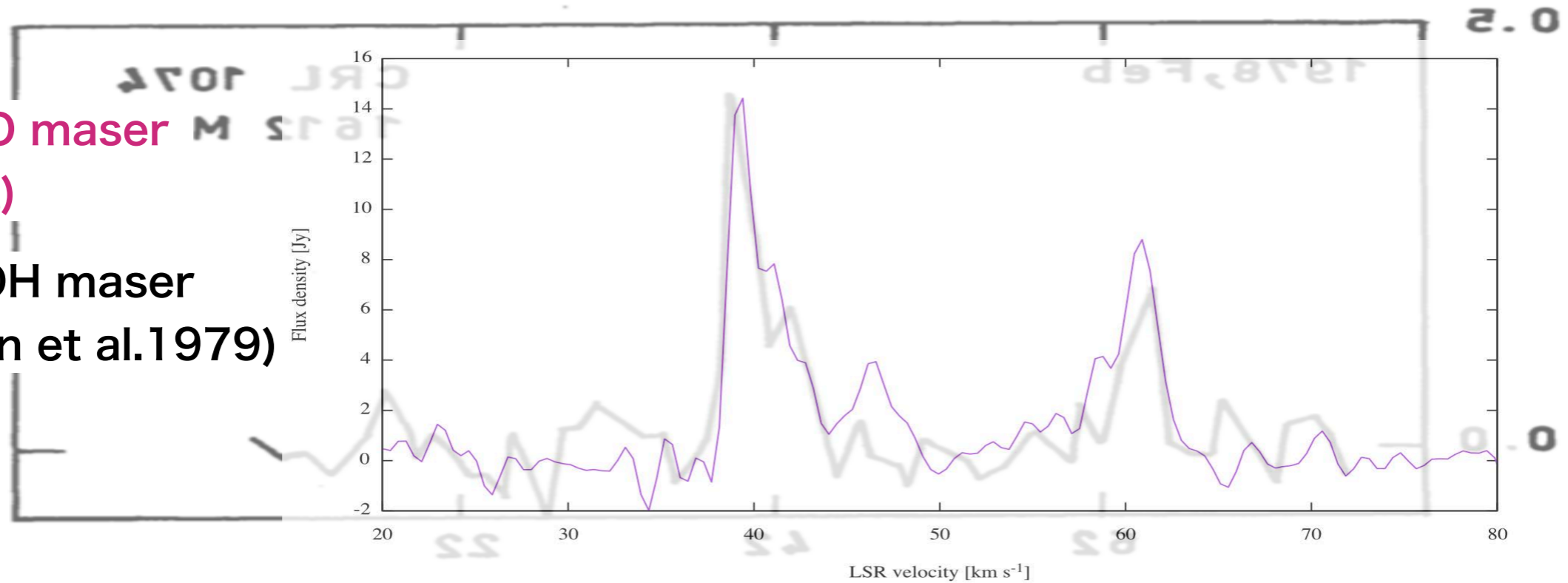
→ 1612MHz OHメーザーの分布と似ている

Discussion(2) :

similarity with OH : ②shape of spectrum

22GHz H₂O maser
(our result)

1612GHz OH maser
(Le Squeren et al.1979)



- NSV17351の水メーザースペクトルとOHメーザースペクトルを重ねてみる
 - 形状が酷似
 - エミッションが切り立った形状
 - U字型の窪み
 - 水メーザーがOHメーザーと同じような状態にあると予測される

最も青方偏移するメーザーの運動については未解決・・・

Summary

- VERAを用いてNSV17351の年周視差を計測
- メーザーはおよそ半径50AU内で等方的に分布、ある点から外側に広がるような運動
 - 水メーザーの空間分布がOHメーザーの空間分布と似ていることが示唆された
- NSV17351の水メーザー強度変動モニタリングから周期1100日と推定
 - まだ1フェーズしか捉えられていないので引き続きのモニター観測
- 40年間で水メーザーの速度が増大、加速度 $0.21 \pm 0.08 \text{ km s}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ を得た
 - メーザーシェルの速度場が変化→星周の物理状態の変化(質量放出、進化段階)を示唆
 - ミラ型変光星からOH/IR星への進化の証拠となるサンプルである可能性

ご静聴ありがとうございました

