

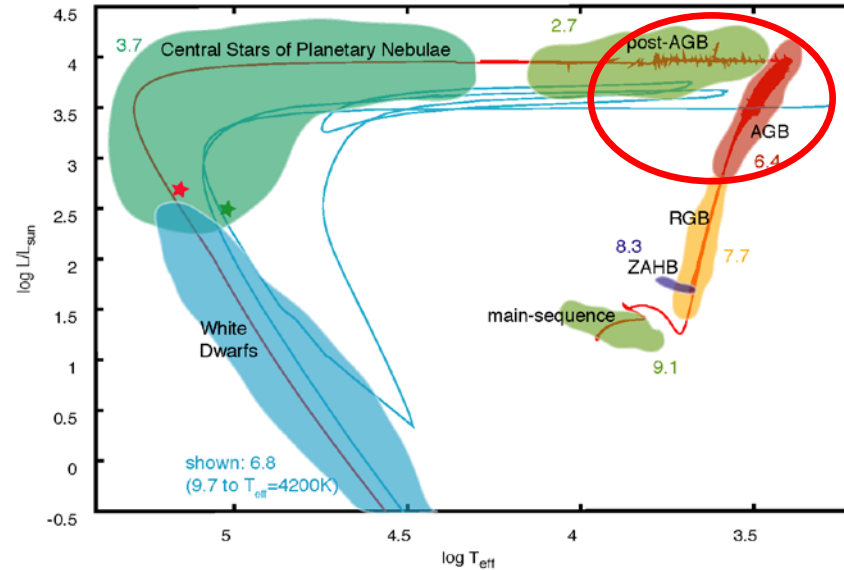
# VERAを用いた長周期OH/IR星の観測的研究

中川亜紀治, 守田篤史, 橋本真雄, 大島夕佳, 中島和也 (1), 倉山智春(2), 須藤広志(3), 小山友明(4)

(1)鹿児島大学 (2)帝京科学大学 (3)岐阜大学 (4)国立天文台

## これまで… Mira型変光星を中心とした研究と成果

- ・天の川Miraの周期光度関係の確立
- ・星周物質運動の構造と多様性 (速度分布と異方性・等方性)



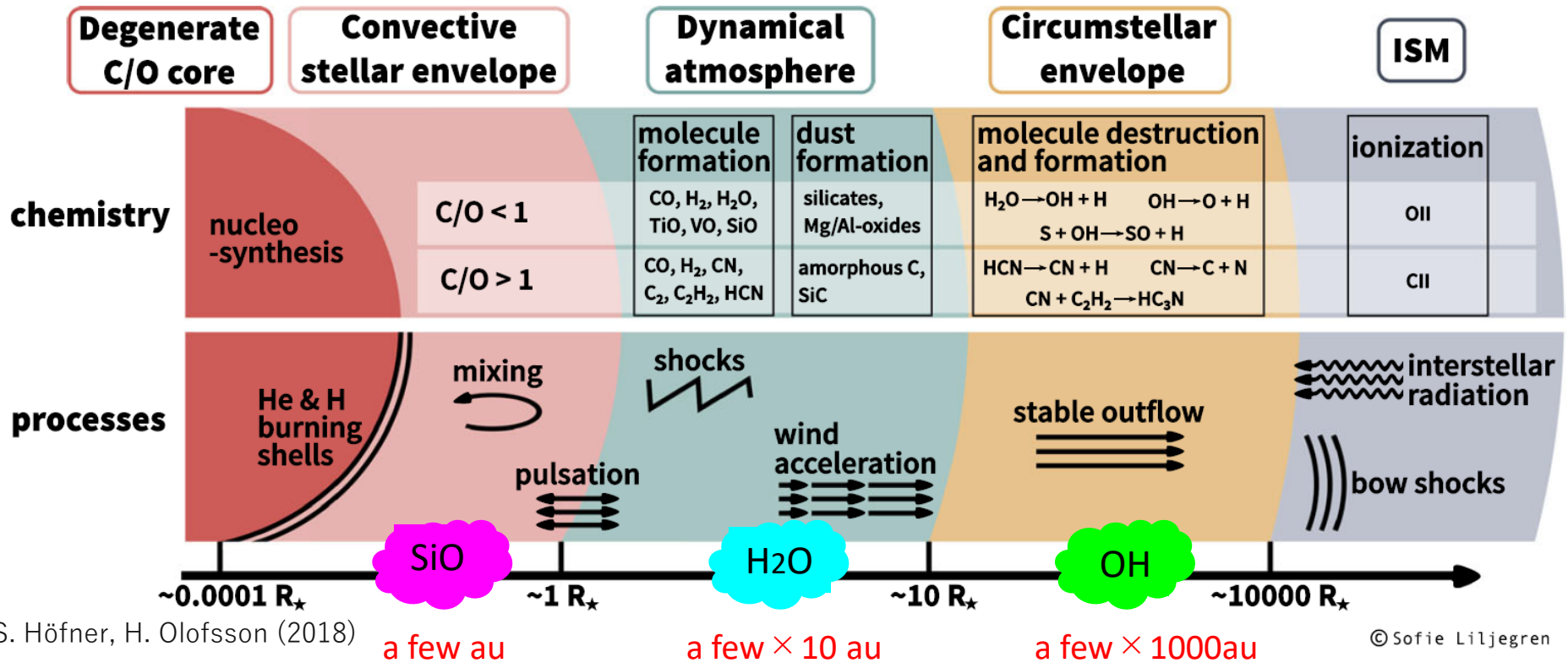
HR diagram ( $2 M_{\odot}$ )

Herwig (2015)

## これからは… より若く重いExtreme-OH/IR starsを中心とした研究

- ・長周期領域で新たな周期光度関係を確立
- ・Mira→OH/IR→Post-AGBへの進化の描像
- ・銀河系動力学研究への寄与と場所によるAGB星の特性の理解
- ・他の位置天文計画(Gaia, Small-JASMINE)との相補性

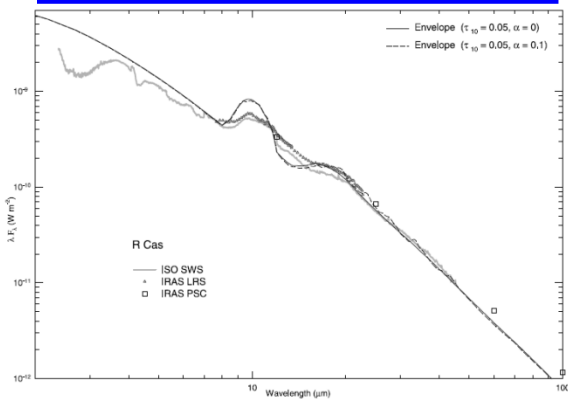
# AGB星の星周構造とメーザー



- AGB stars; 1~8 M<sub>⊙</sub> (Typical Mira: 1~2.5 M<sub>⊙</sub>)
- C/O-core, He-shell, H-rich envelope → O-rich/C-rich
- Period 100~1000 d, P > 1000 d
- High mass loss ratio → Chemical evolution
- P-M relation → Distance estimator

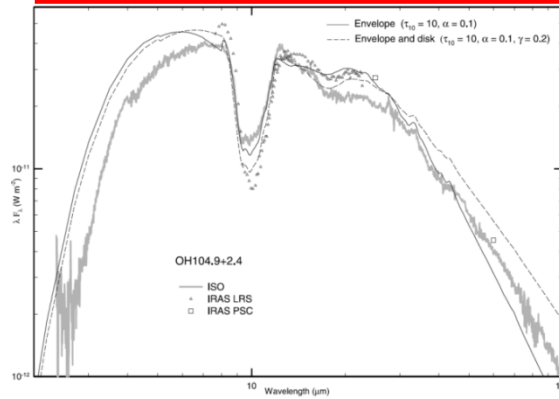
# SED of Miras and extreme-OH/OR stars

## Mira variable

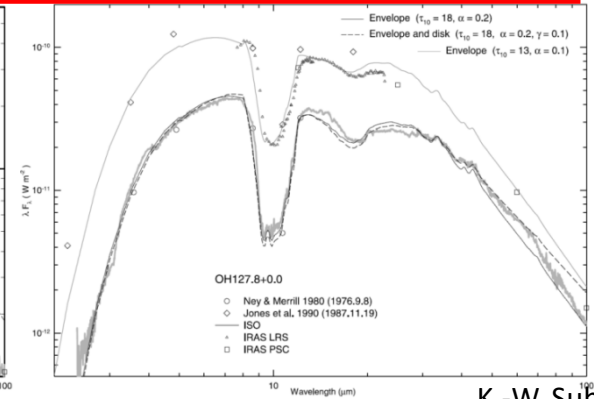


R Cas

## OH/IR star



NSV25875 (OH104.9+2.4)



OH127.8+0.0

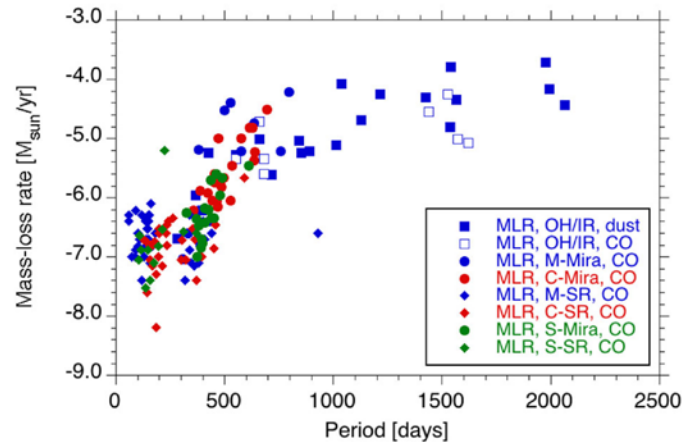
K.-W. Suh 2002

## Mira

- 周期300日前後)
- 質量1~2.5 M<sub>☉</sub>
- 年齢 数十億年

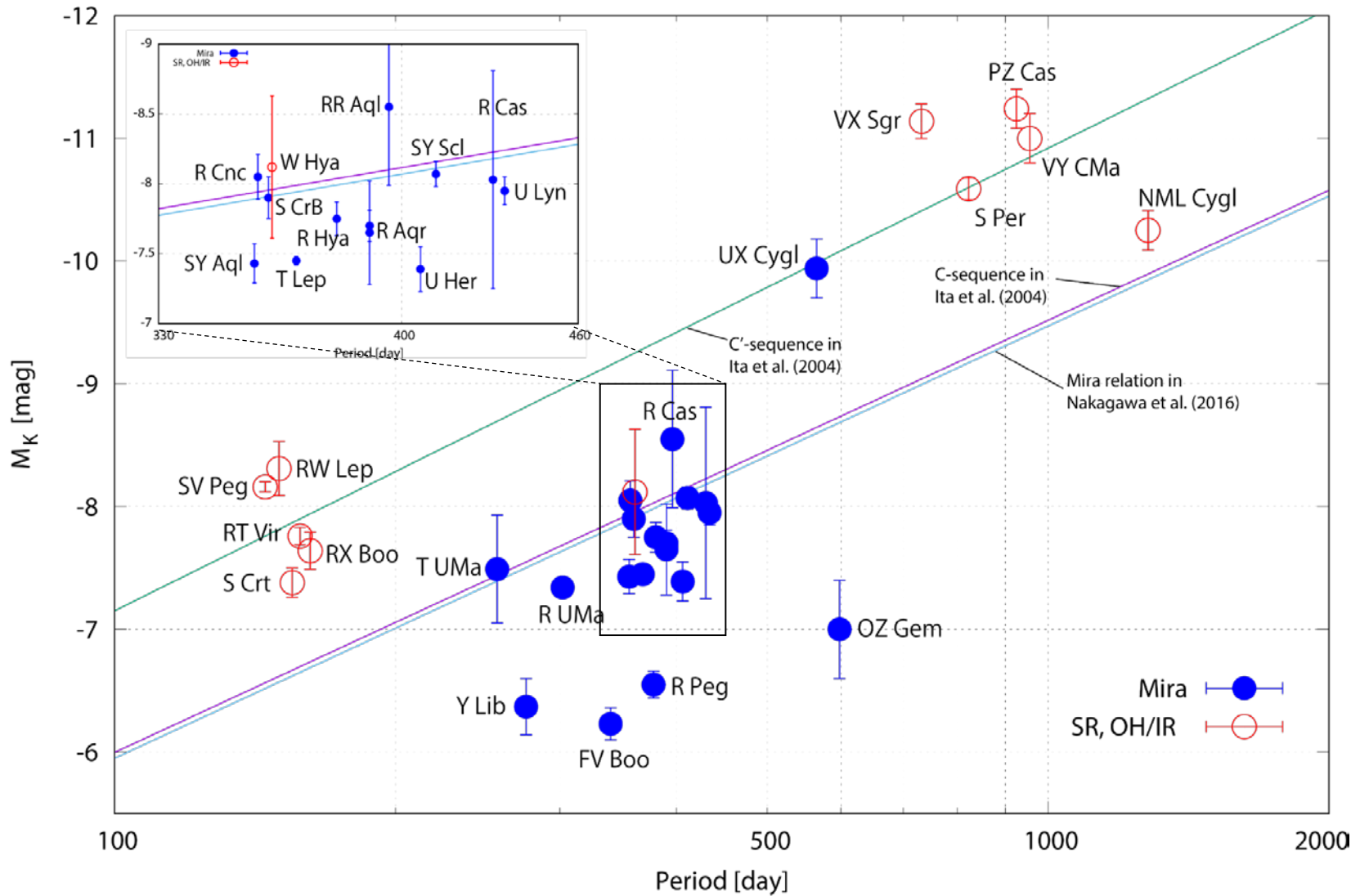
## Extreme-OH/IR stars

- 周期1000日~
- 質量3~4 M<sub>☉</sub>
- 年齢 1~2億年 ~ 数億年
- 厚いダストシェルによる可視光の遮蔽とダストからの赤外域再放射の卓越
- 高い質量放出率 (Super wind)
- Gaiaでは観測困難、Small-JASMINEとの協力関係



S. Höfner, H. Olofsson (2018)

# Period-M<sub>K</sub> diagram of Miras in the Galaxy



# Mira型変光星 BX Cam の観測

図はすべてVERA特集号の  
Matsuno et al. (2020)に集録

- 松野雅子さん (2020年3月卒業)

- Mira型変光星 BX Cam

- 変光周期 486日

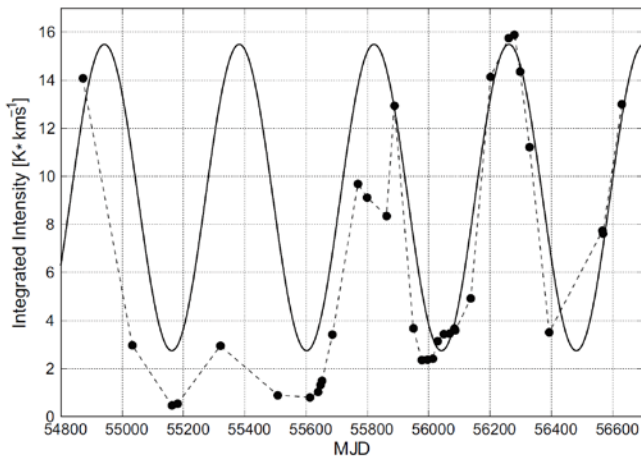
- 年周視差

- VERA  $1.73 \pm 0.03 \text{ mas}$
- GaiaDR2  $4.13 \pm 0.25 \text{ mas}$

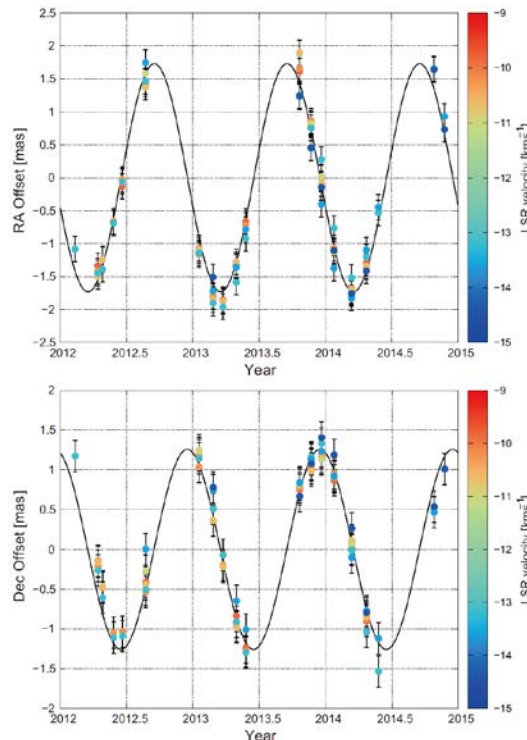
} **240%の違い**

➡ GaiaによるAGB星年周視差計測の困難さを示唆

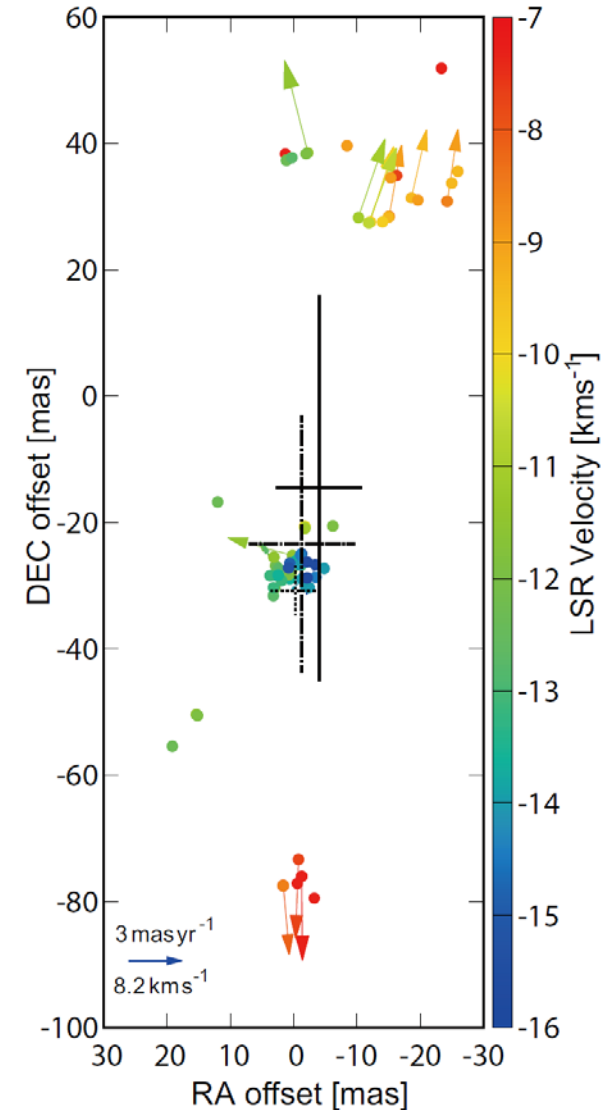
- 南北方向に大きく絞られた双極流



Vバンド周期(Solid curve)と  
H2Oメーザーの変動(Filled circle)



RA, Dec方向の年周視差振動

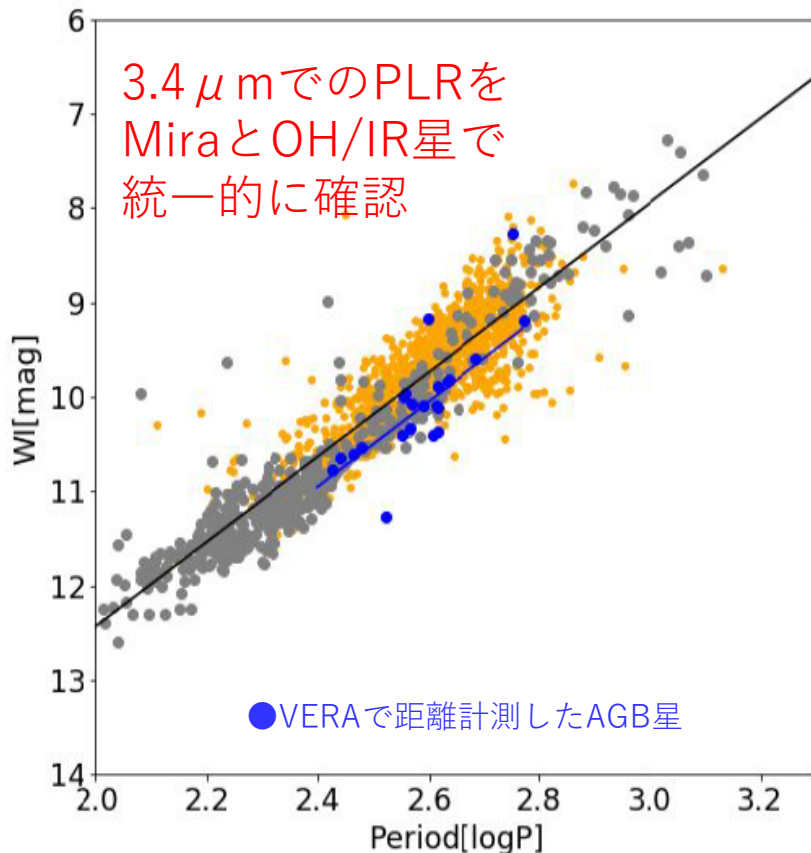


H2Oメーザーの分布と運動

# 天の川 Mira $3.4 \mu\text{m}$ の周期光度関係

- 浦郷陸さん(鹿児島大学PD) 2020天文学会秋季年会

- $3.4\mu\text{m}$ のPLRがずれている
- MWのPLRを構築 ( $2.4 < \log P < 2.7$ )



明るさにオフセットがある

VERAの星はOH/IR星である

→対応する天体がLMCにない(周期500日のOH/IR)  
これらの星が暗くなっている

## MWとLMCのPLRの違い

$2.4 < \log P < 2.7$ の範囲

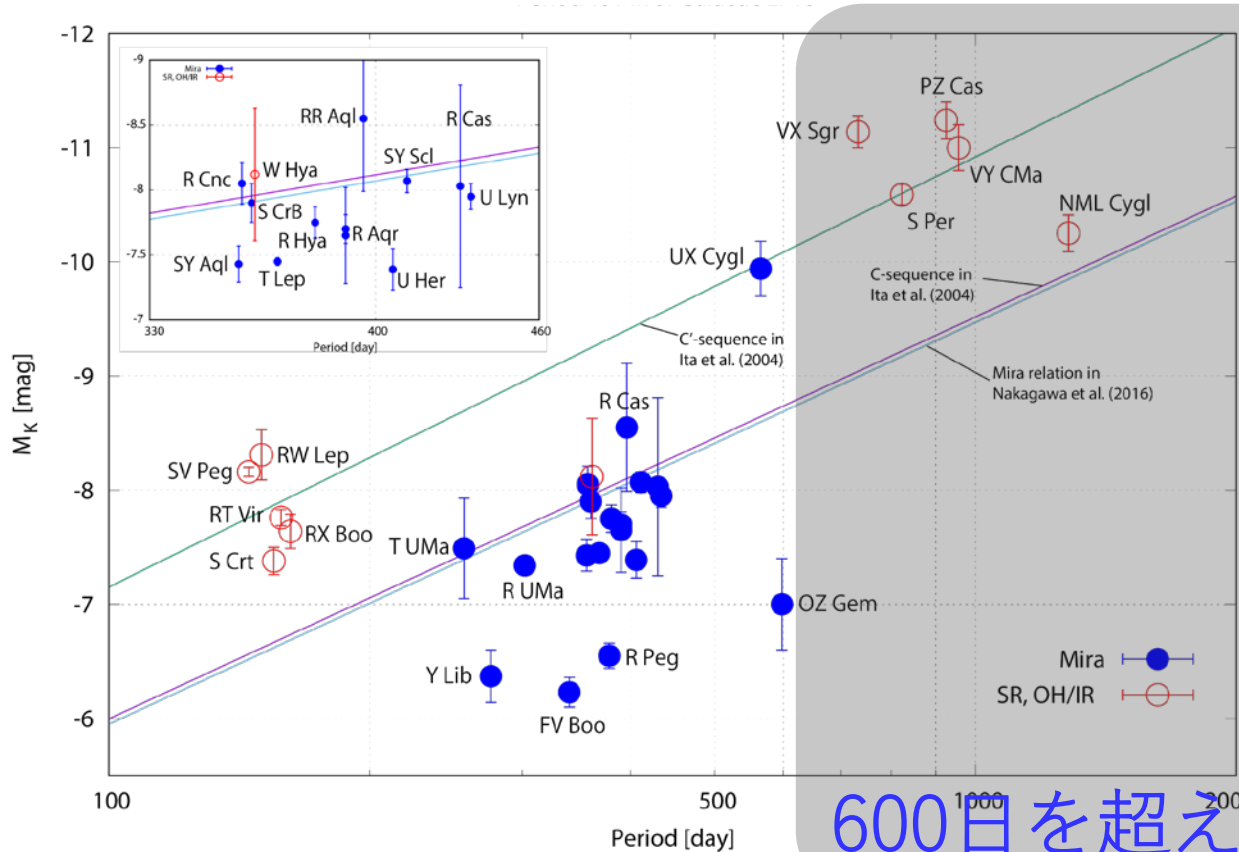
VERAのみを用いてフィッティング

# より長い周期のAGB星

科学的関心

- ・ 長周期領域で新たな周期光度関係を確立
- ・ Mira→OH/IR→Post-AGBへの進化の描像
- ・ 銀河系動力学研究への寄与
- ・ 他の位置天文計画(Gaia, Small-JASMINE)との相補性

➡ Extreme – OH/IR星に着目



- ・ 周期光度関係が未確認
- ・ 重い星  
→ 長周期の星  
→ 若い星

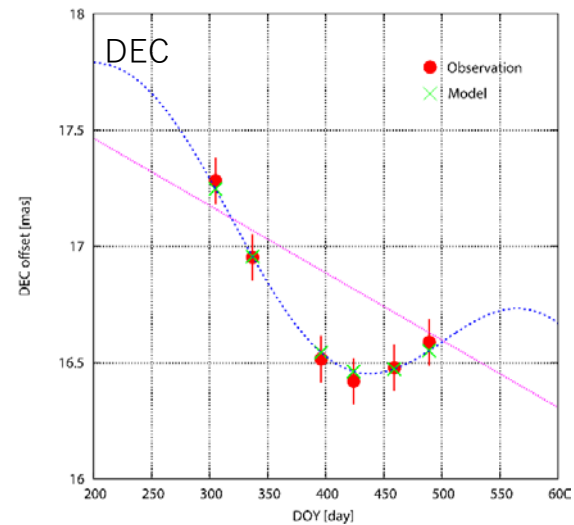
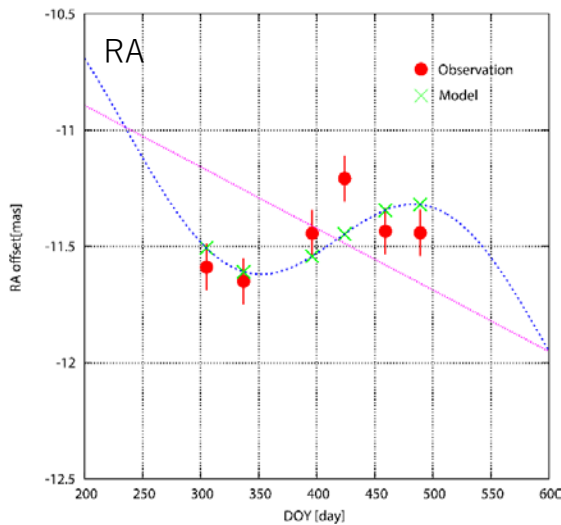
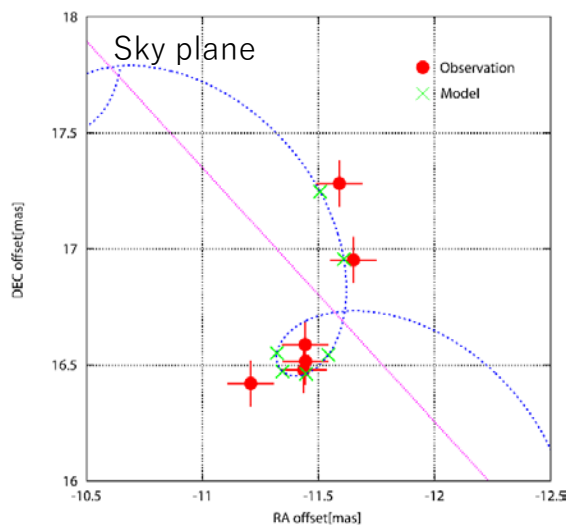
600日を超える長い周期



# VERAによる位相補償観測 @43GHz, 2Gbps (512MHz BW for QSO)

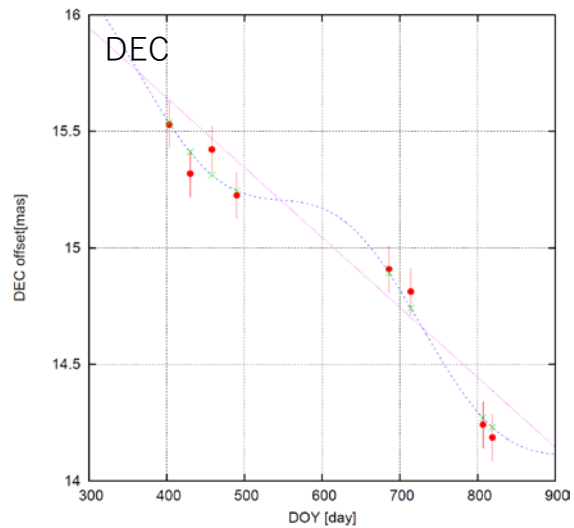
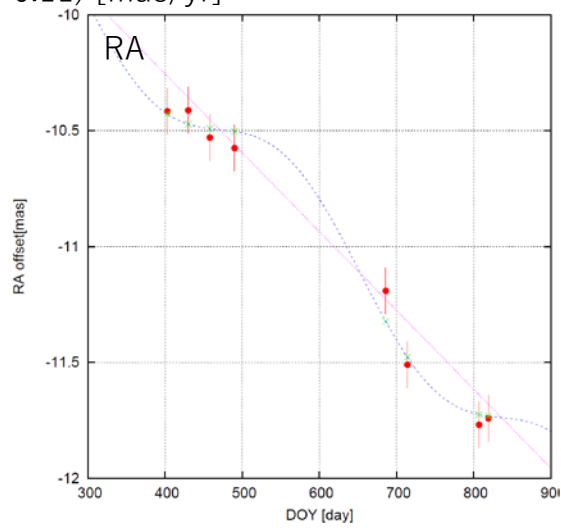
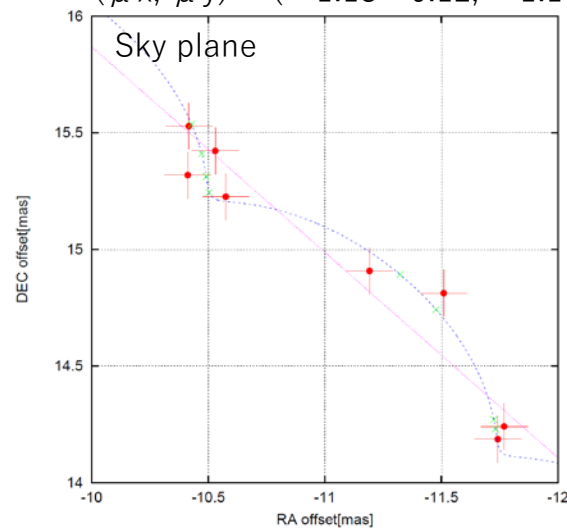
NSV25875

Parallax =  $0.38 \pm 0.13$  mas,  $D = 2.60 \pm 0.85$  kpc



OH127.8+0.0

Parallax =  $0.22 \pm 0.08$  mas,  $D = 4.54 \pm 1.14$  kpc  
( $\mu_x, \mu_y$ ) = ( $-1.18 \pm 0.12, -1.10 \pm 0.11$ ) [mas/yr]

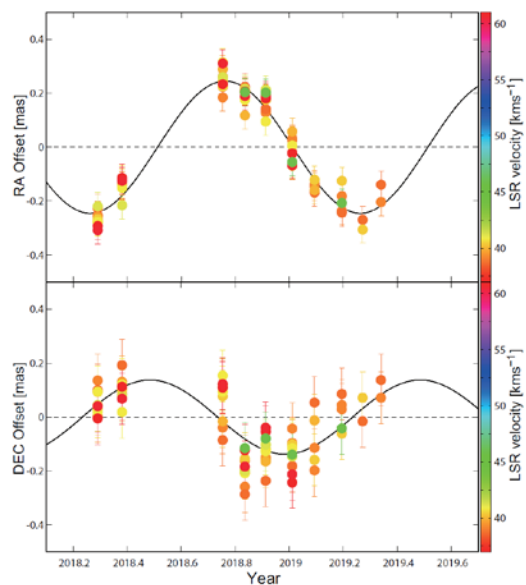




# Extreme-OH/IR星 NSV17351

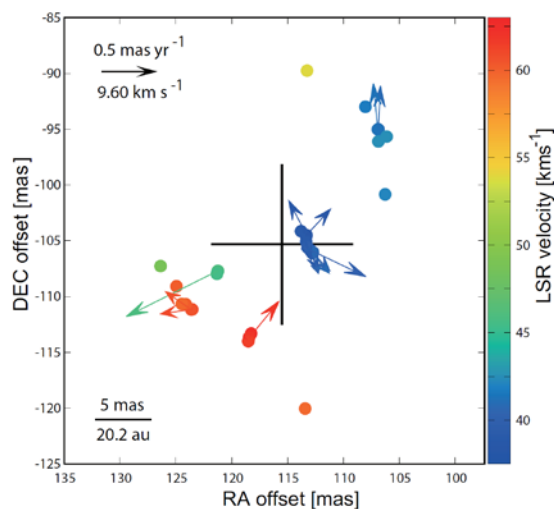
## VERAによる位相補償観測 @22GHz, 2Gbps

図はすべてMorita et al. (in prep.)

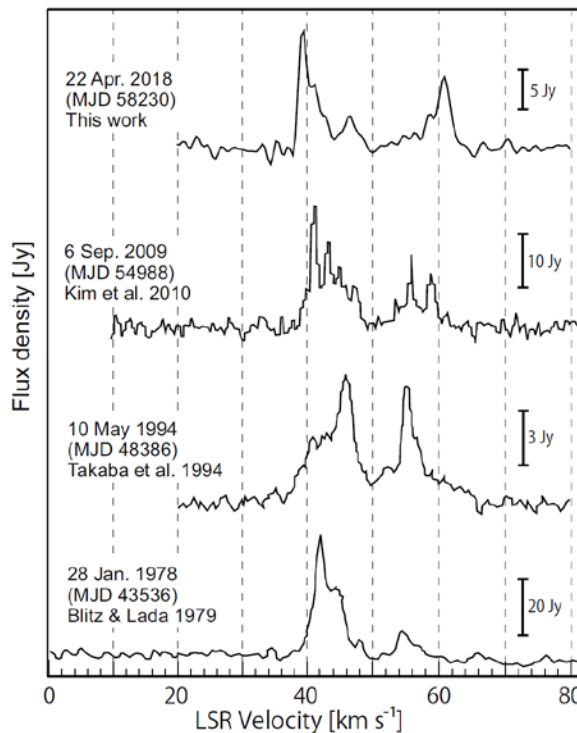


RA, Dec方向の  
年周視差振動

年周視差  
 $0.247 \pm 0.010$  mas  
(距離  $4.05 \pm 0.16$  kpc)

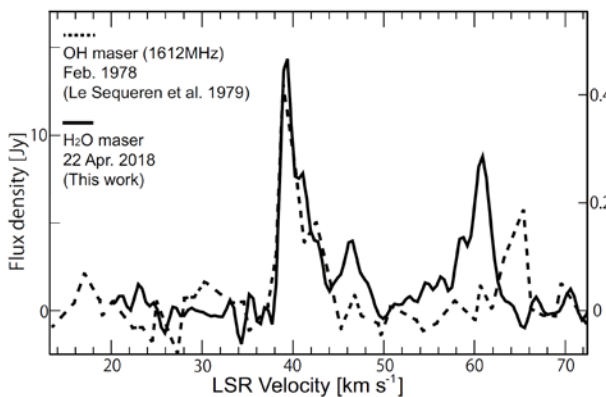


H2Oメーザー  
の分布と運動



H2Oメーザー  
40年のスペクトル変化

膨張速度の加速

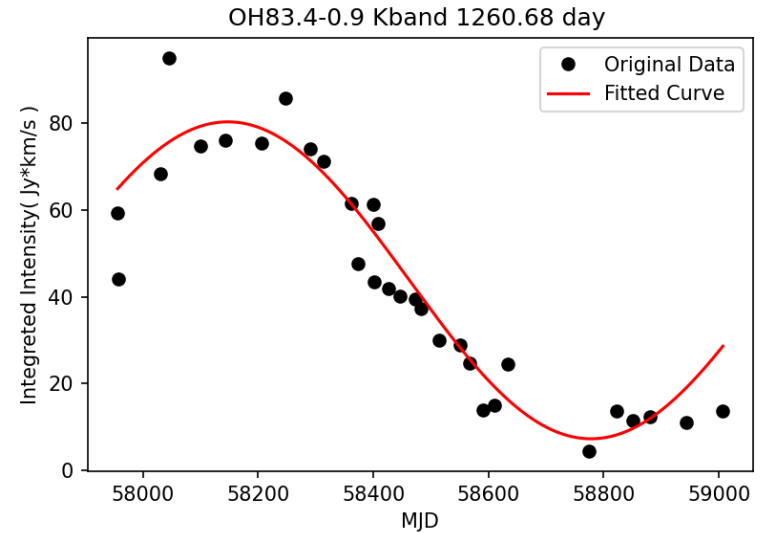


最新のH2Oメーザー形状  
はOHメーザーの特徴と非  
常に良く似ている

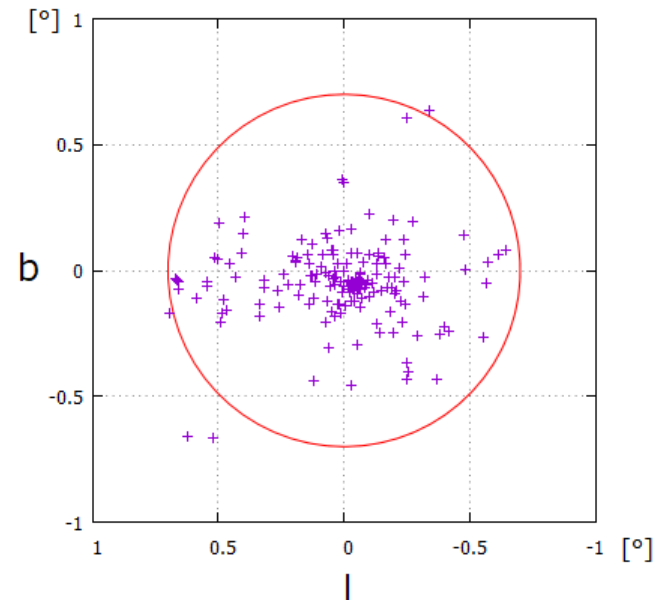
終端速度に近づくH2O  
メーザーを捉えている

# Extreme-OH/IRのH2O, SiOメーザー探査と モニターによる周期の決定

- 独自に変光周期を決定  
単一鏡モニター@入来局  
H2Oメーザー(22GHz)

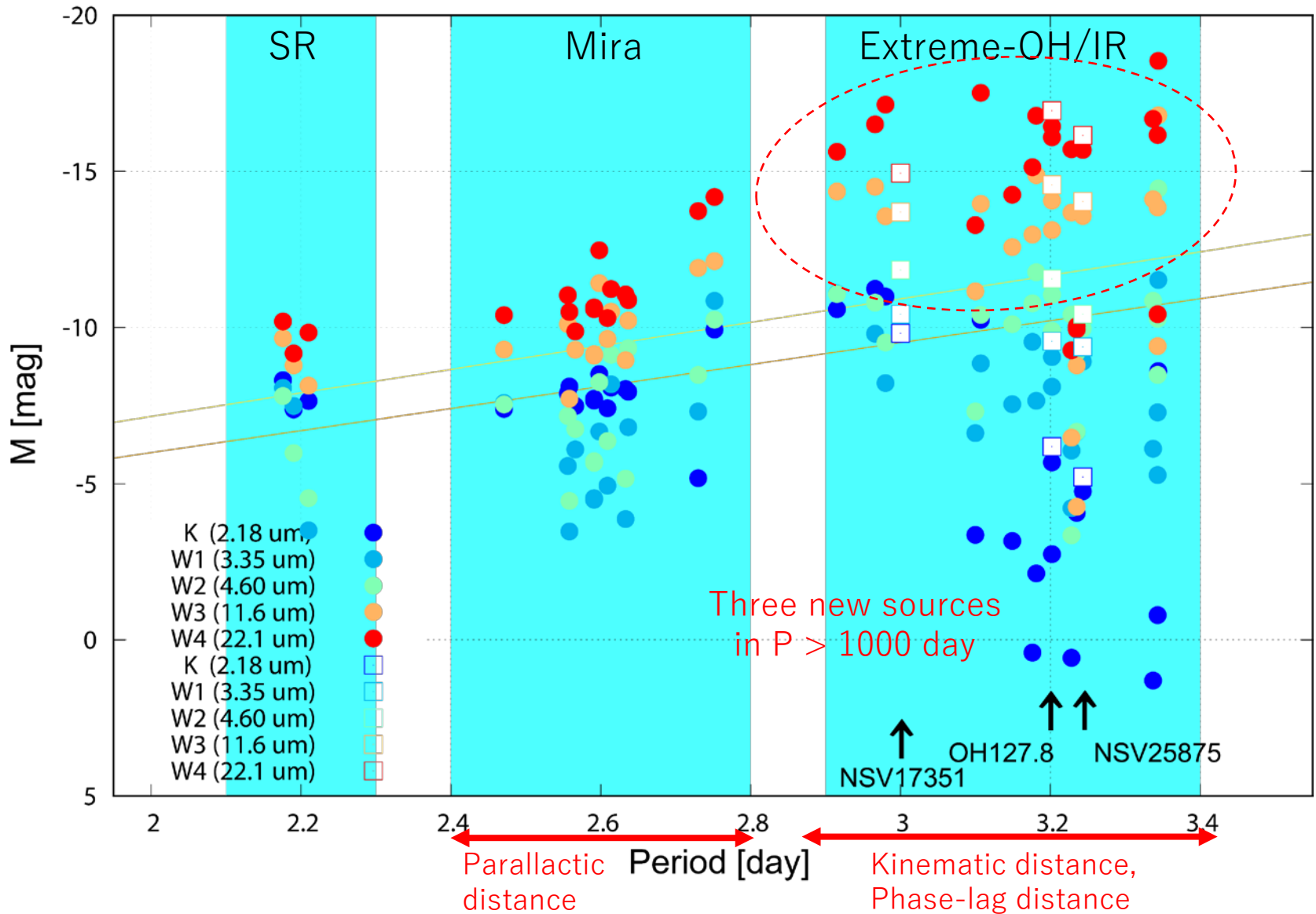


- Small-JASMINE領域のメーザー探査



# Extreme-OH/IR星位置天文観測 準備研究

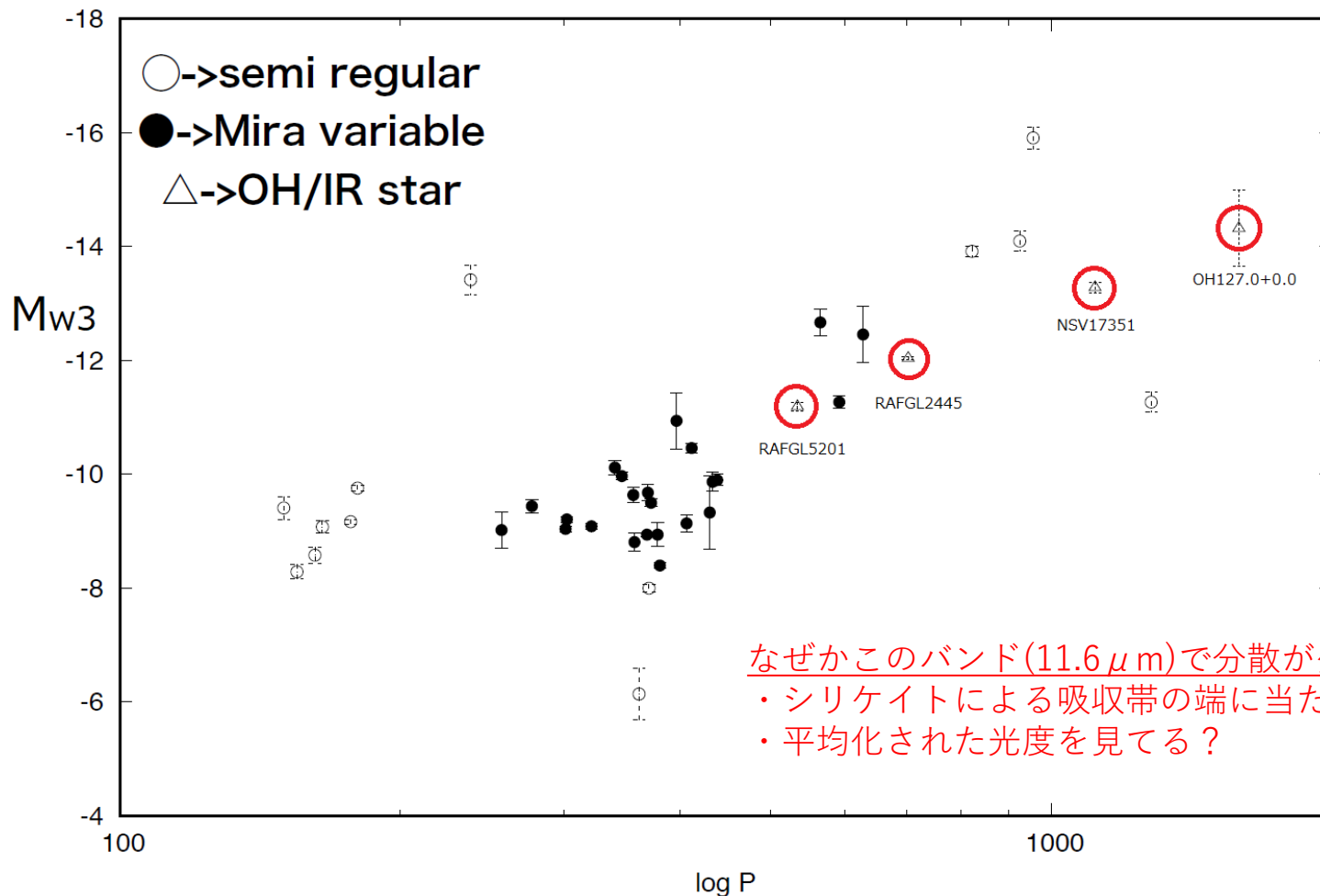
準備研究：中間赤外線で周期光度関係が期待できそう？



# Extreme-OH/IR星位置天文観測の近況

## → 11.6 $\mu\text{m}$ 周期光度関係の存在が示唆される

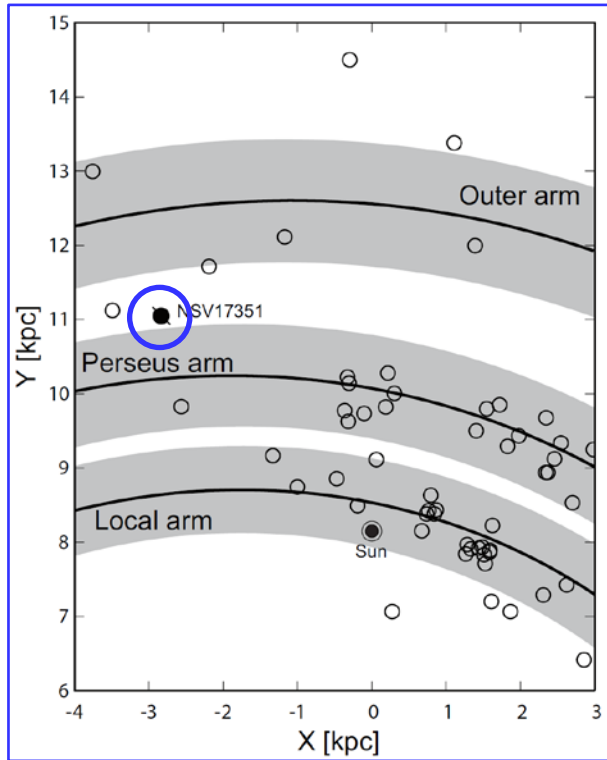
- WISE W3(11.6  $\mu\text{m}$ )バンドの観測等級を利用
- 距離はVERAによる年周視差計測に基づく
- 等級誤差には距離の誤差を利用
- 変光振幅や変光フェーズは考慮していない



# Extreme-OH/IR星位置天文観測の近況

## → 天の川銀河での星の位置

VLBIより求められた  
銀河系の構造(Reid et al.2019 より再現)



Perseus arm と Outer arm の間に位置

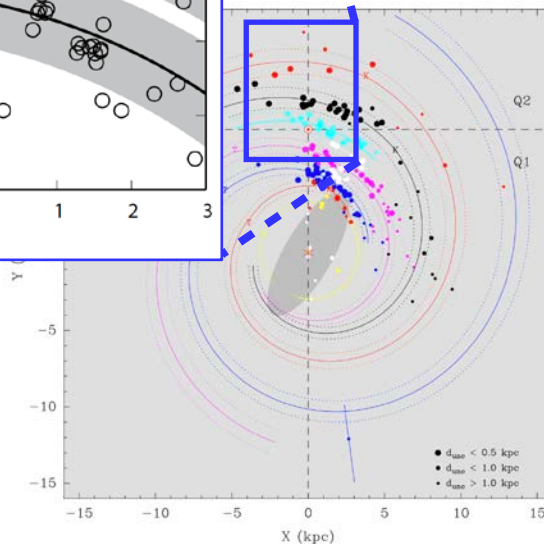
(X,Y,Z)=

$$(-2.83 \pm 0.12, 11.05 \pm 0.12, -0.09 \pm 0.00) \text{ kpc}$$

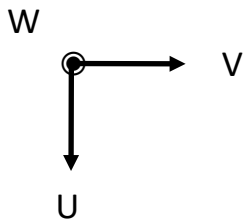
銀河回転からのずれ(非円運動)

(U, V, W) =

$$(-2 \pm 2, -8 \pm 3, -4 \pm 3) \text{ km/s}$$



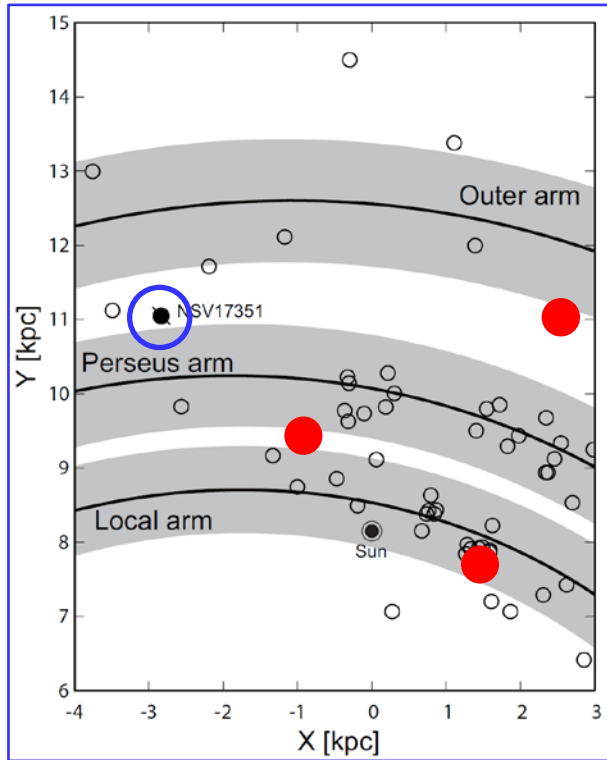
銀河系の薄いディスク内に存在し、  
銀河回転からのずれは小さい



# Extreme-OH/IR星位置天文観測の近況

## → 天の川銀河での星の位置

VLBIより求められた  
銀河系の構造(Reid et al.2019 より再現)



Perseus arm と Outer arm の間に位置

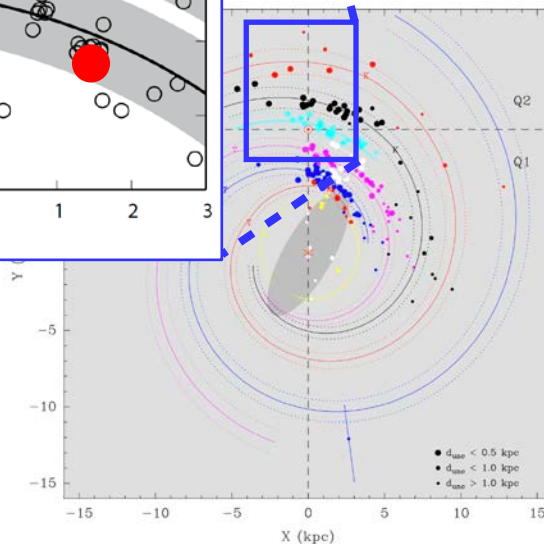
(X,Y,Z)=

$$(-2.83 \pm 0.12, 11.05 \pm 0.12, -0.09 \pm 0.00) \text{ kpc}$$

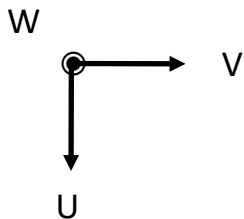
銀河回転からのずれ(非円運動)

(U, V, W) =

$$(-2 \pm 2, -8 \pm 3, -4 \pm 3) \text{ km/s}$$



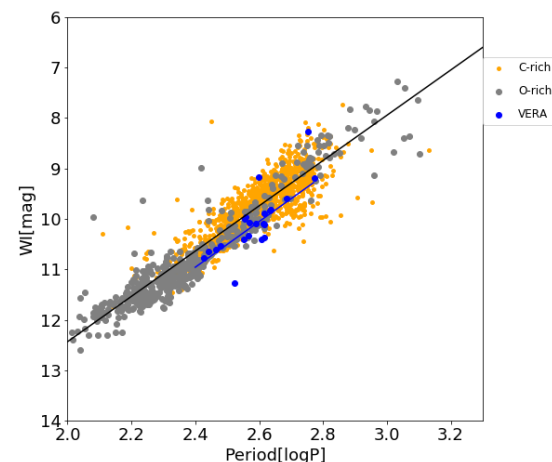
銀河系の薄いディスク内に存在し、  
銀河回転からのずれは小さい



# Summary:

## (1) Mira型変光星を中心とした研究と成果

- 長年に及ぶ22, 43GHzでの位置天文観測を実施
- Mira, OH/IR星の統一的な周期光度関係  
近赤外線( $3.4 \mu\text{m}$ )での等級を利用
- 星周物質の分布と運動
- Gaia位置天文に対する優位性



## (2) より若く重いExtreme-OH/IR starsを中心とした研究

- Extreme-OH/IR星の選定と位置天文VLBI観測の実施
- これまでに4天体の年周視差を決定  
長周期領域での中間赤外線( $11.6 \mu\text{m}$ )周期光度関係  
の存在を示唆
- 銀河系動力学研究への寄与
- Gaia DR2のカタログエントリーすらない天体が複数ある
- Small-JASMINE視野のメーザー探査
- 単一鏡観測から独自に周期を決定

