

# VERAを用いたミラ型変光星BX Camの観測的研究

鹿児島大学大学院理工学研究科物理・宇宙専攻

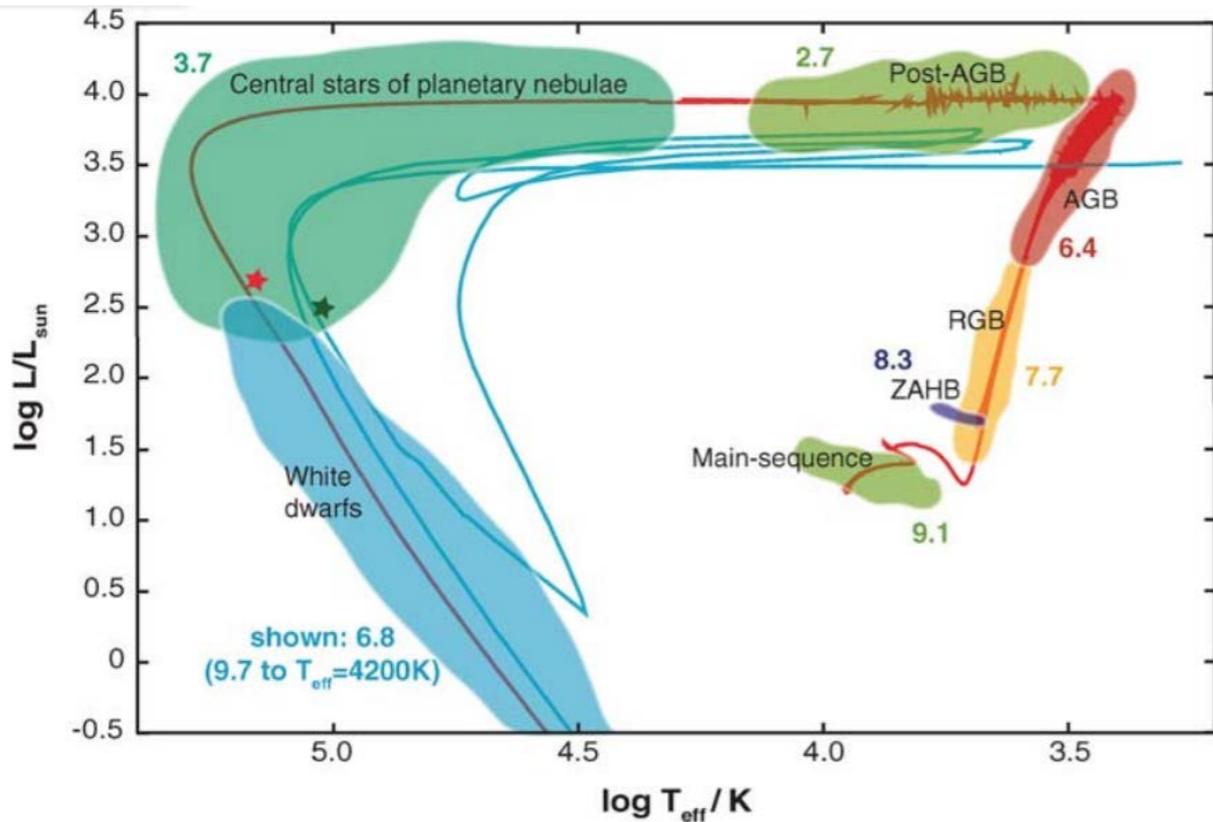
修士2年 松野雅子

中川亜紀治 守田篤史 湯田晶斗 加世田大地 橋本真雄(鹿児島大学)

VERAプロジェクト

# 1.Introduction

## 1.1 AGB星/ミラ型変光星



Herwig 2005より

- 中～小質量星(0.8～8[M<sub>⊙</sub>])の進化段階末期の星  
→最終的に白色矮星へ
- 10<sup>-8</sup>～10<sup>-6</sup>[M<sub>⊙</sub>/yr]程の質量放出があり、  
外層に厚いダスト層や分子ガスが存在

100～800日の長い変更周期

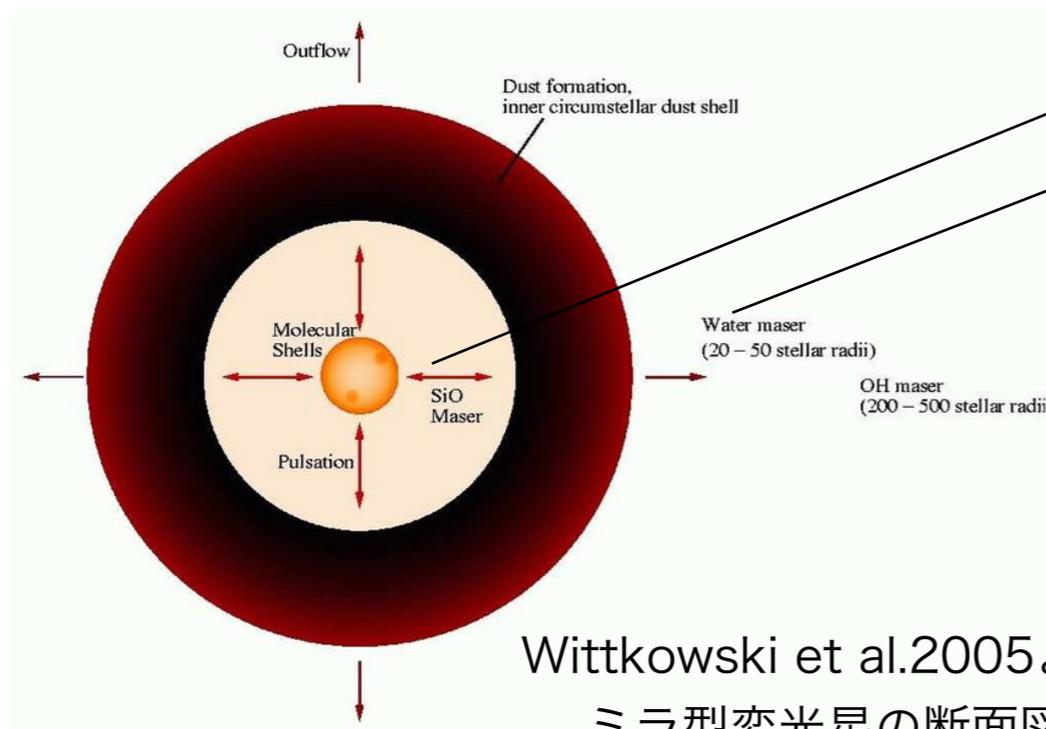
SiO・H<sub>2</sub>O・OHメーザーを付随



VERAを使った位置天文観測の  
対象となる

||

AGB星の星周構造や進化、  
アウトフロー性質の理解

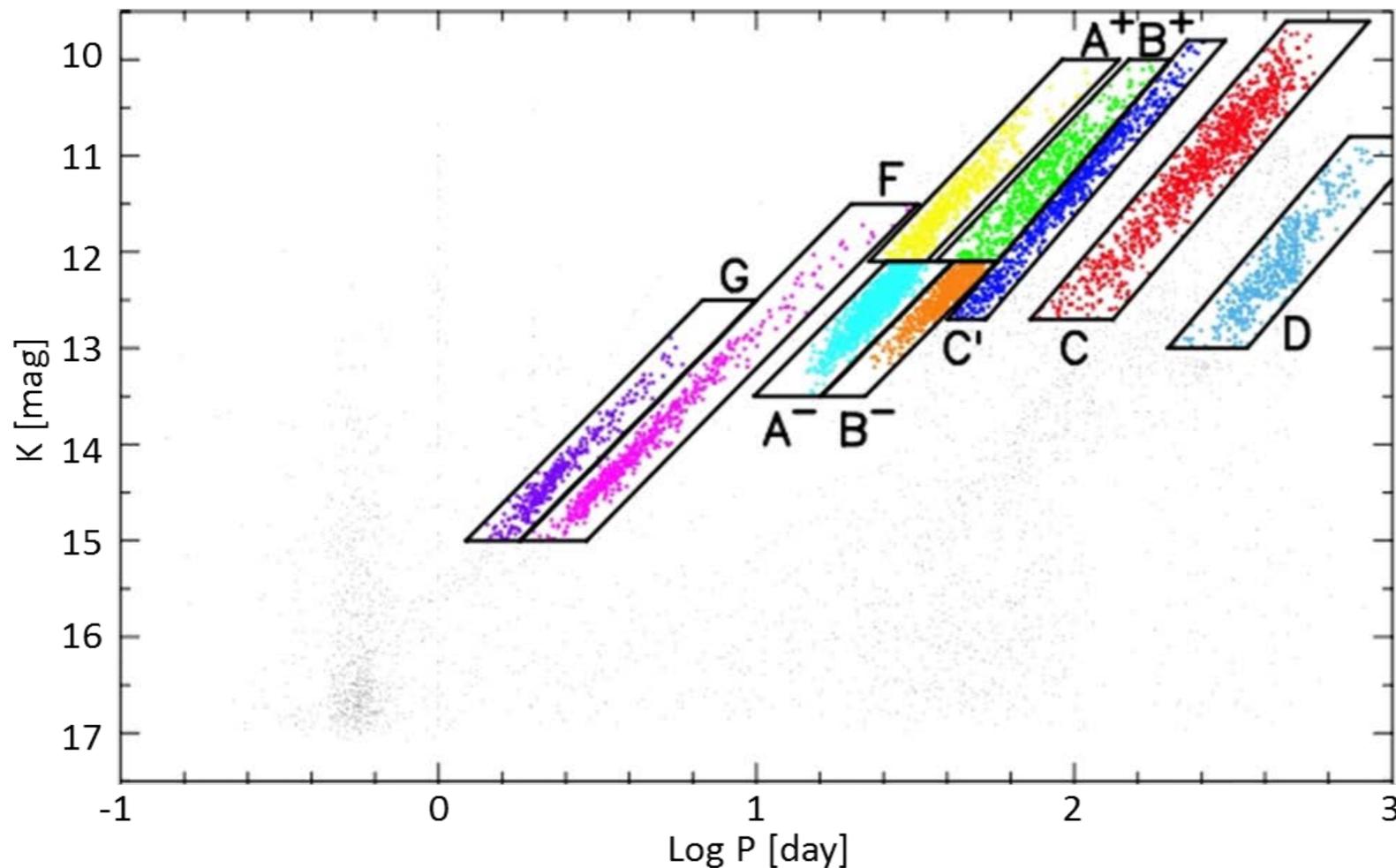


Wittkowski et al.2005より  
ミラ型変光星の断面図

# 1.Introduction

## 周期光度関係(PLR:Period-Luminosity Relation)

||  
変光星において変光周期・絶対等級との間に成り立つ  
比例関係



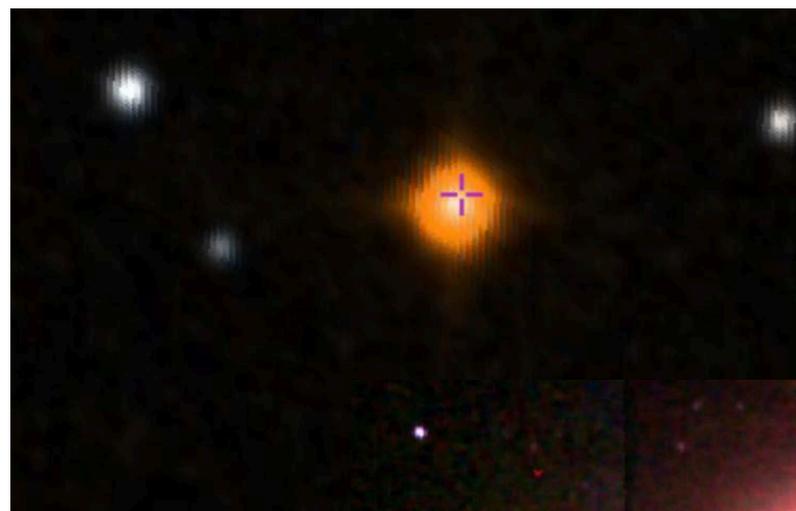
LMC内の天体で構築されたPLR  
C、C' がミラ型変光星

Ita et al. 2004より

**天の川銀河でもPLRの構築をめざす**

## 2.Observation & Reduction

### 2.1 Target



可視光(DSS)での画像



近赤外(2MASS)での画像

- SiOメーザー(Zuckerman et al.1979)
- H<sub>2</sub>Oメーザー(Crocker et al.1983)
- OHメーザー(Ukita et al.1984)

が確認されている**O-rich Mira**で、Spectral typeは**M9.5**(Solf et al.1978)

- Period 486[day] (AAVSO)
- Parallax  $4.13 \pm 0.25$ [mas] (Gaia DR2)
- Proper motion
  - $\mu_x$   $15.53 \pm 0.32$ [mas/yr]
  - $\mu_y$   $-33.66 \pm 0.32$ [mas/yr] (Gaia DR2)

### BX Cam

きりん座に位置する  
ミラ型変光星

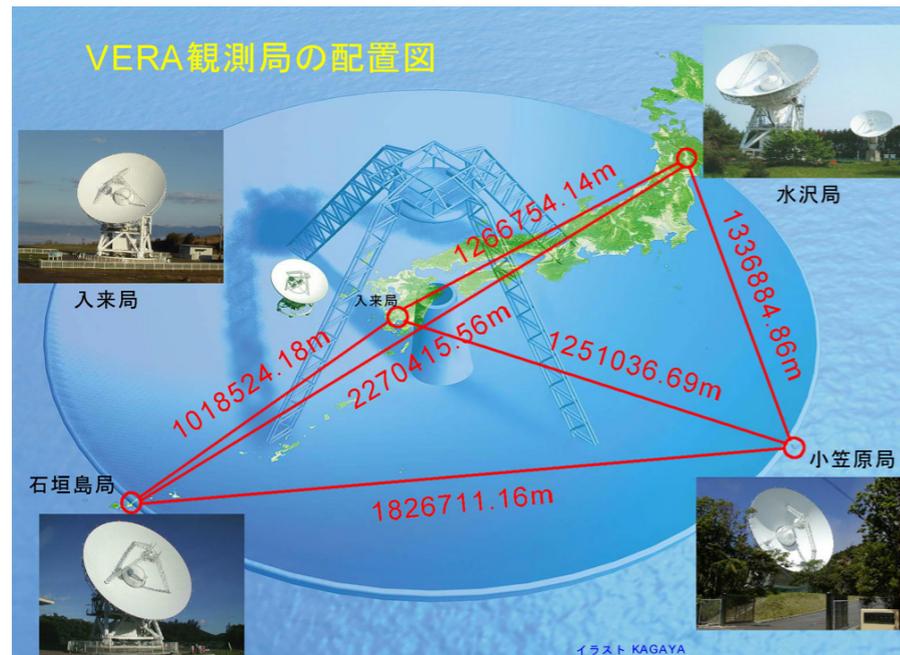
Coordinate

R.A 5h46m44.4080s

Dec +69d58'24.3250''

## 2.Observation & Reduction

### 2.2 VLBI Observation and single dish observation



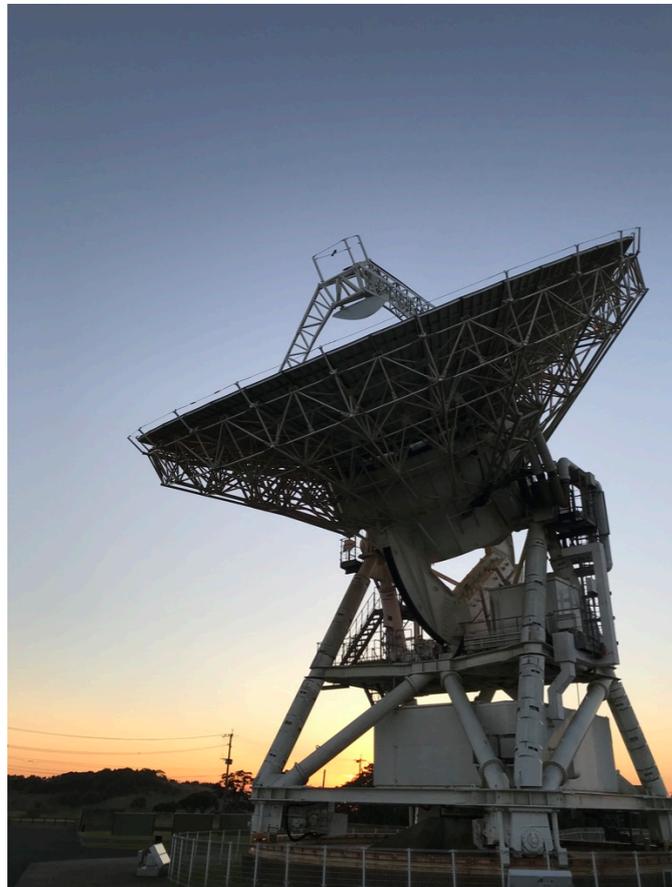
VERA4局

#### VLBI observation

- ・ 望遠鏡 : VERA4局
- ・ 観測周波数 : 22[GHz]帯
- ・ 観測対象 : BX Cam and J0554+6857
- ・ 観測期間 : 2012/2/10~2014/11/24
- ・ 観測回数 : 24観測

#### Single dish observation

- ・ 周波数 : 22[GHz] H<sub>2</sub>O maser  
43[GHz] SiO maser (v=1,v=2)
- ・ 観測期間 : 2009年11月~2019年3月(H<sub>2</sub>O)  
2018年6月~2019年10月(SiO)
- ・ 速度分解能 : 0.42[km/s] (H<sub>2</sub>O)  
0.21[km/s] (SiO)
- ・ 積分時間 : 10分

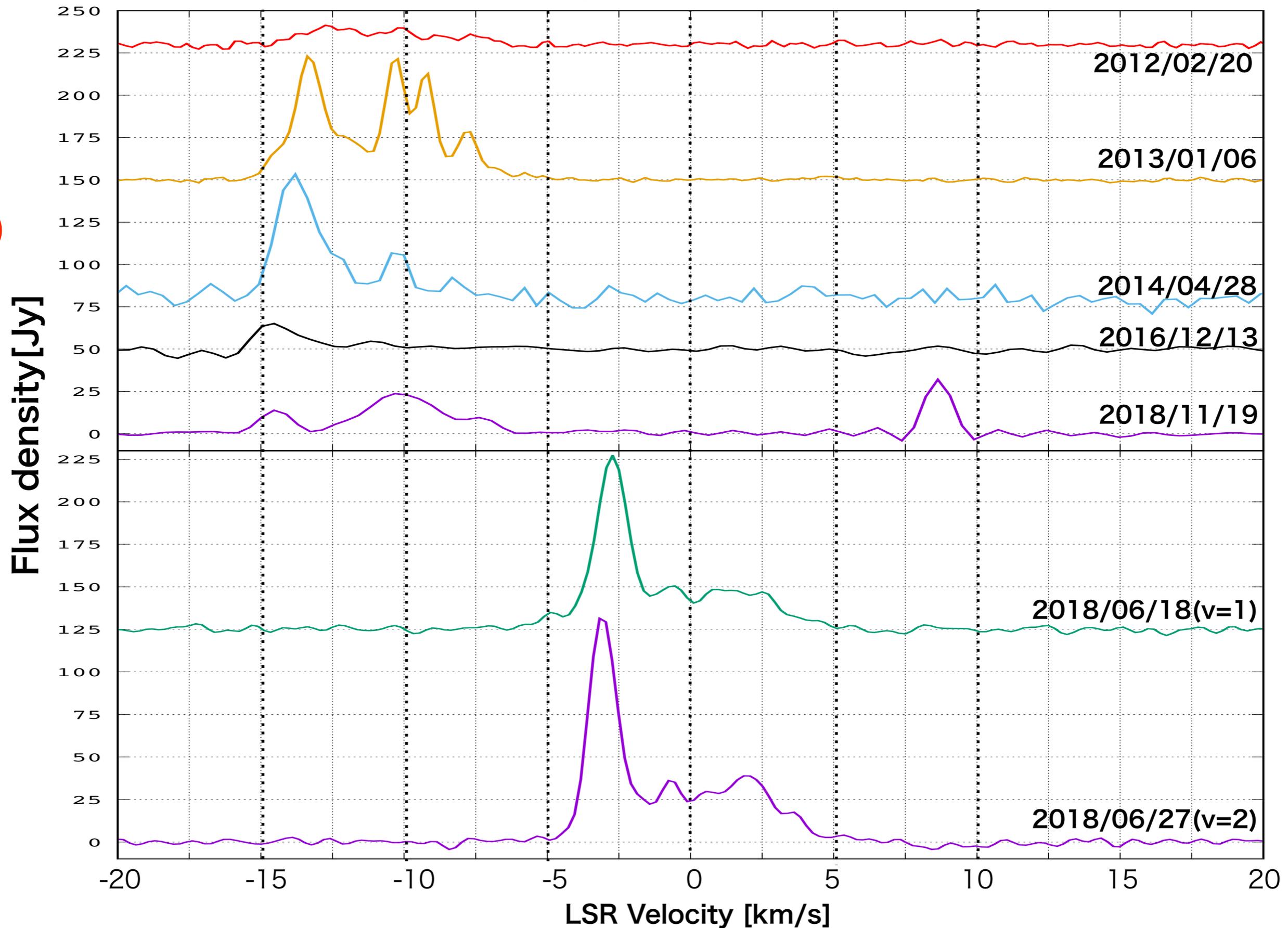


VERA入来局20mアンテナ

# 3.Results and Discussion

## 3.1 Single dish

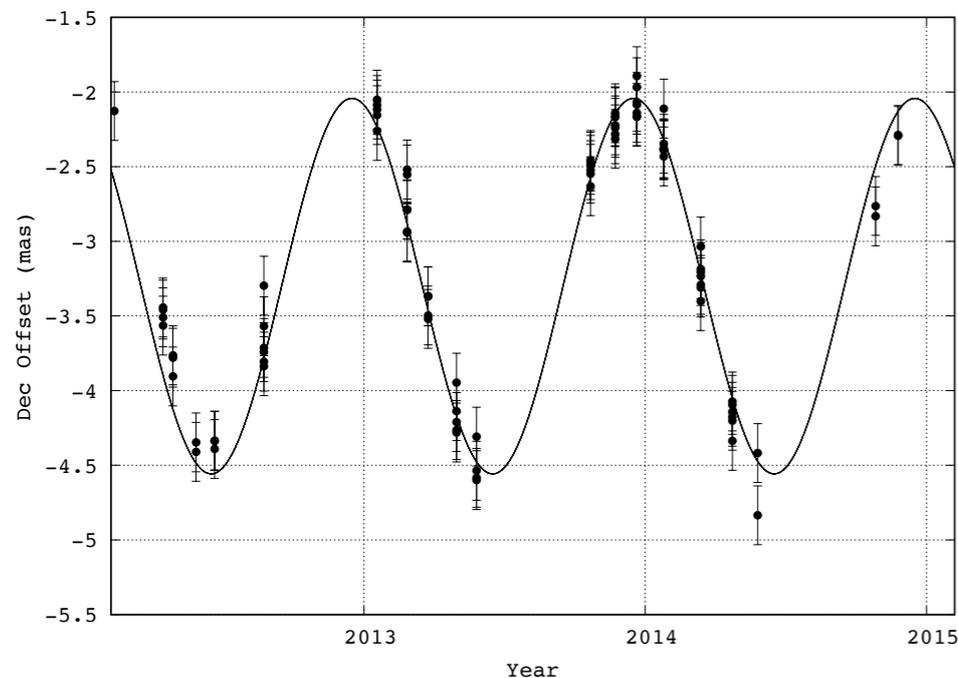
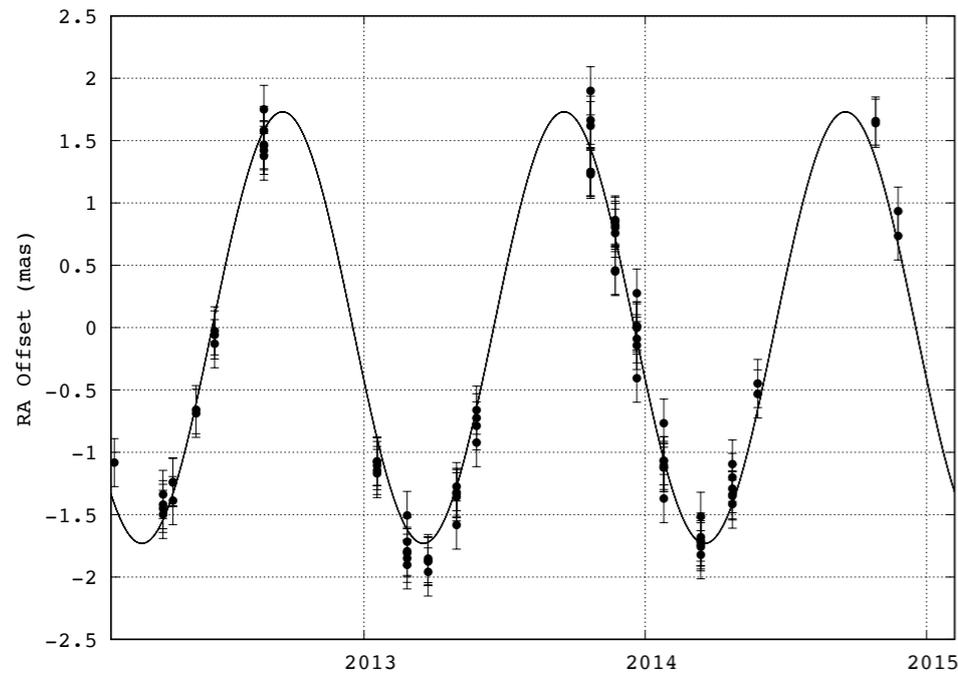
H<sub>2</sub>O



SiO

# 3.Results and Discussion

## 3.2 Parallax and Stellar Property



R.A(上)/Dec.(下)の  
年周視差振動成分

位相補償解析により、21観測で水メーザー検出  
(視線速度：-7.70~-15.69[km/s])  
→視線速度-9.81~-14.43[km/s]で検出された  
7つのスポットを使用し、年周視差を導出



年周視差  $\pi = 1.73 \pm 0.03$  [mas]

距離  $D = 0.58 \pm 0.01$  [kpc]



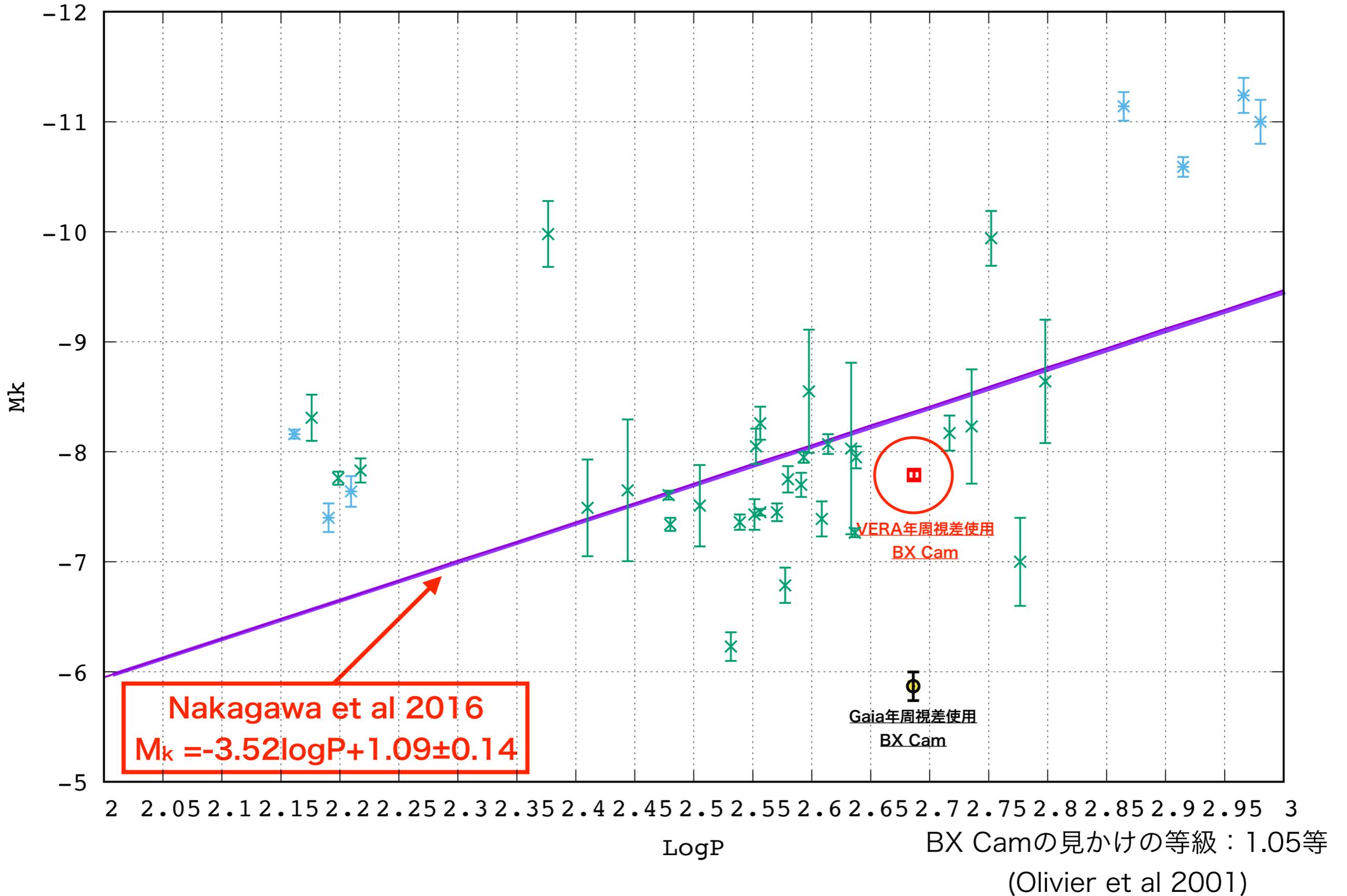
Gaia DR2

年周視差  $\pi = 4.13 \pm 0.25$  [mas]

距離  $D = 0.24 \pm 0.04$  [kpc]

# 3.Results and Discussion

## Period Luminosity relation in Milky Way



# 3.Results and Discussion

## 3.3 Parallax and Stellar Property

### Stellar Luminosity $L^*$

星の光度と放射等級には、

$$\text{絶対放射等級 } M_{\text{bol}} = 4.74 - 2.5 \log(L^*/L_{\odot})$$

が成り立つ

Vband見かけ等級 : 15.00[mag] \*(AAVSO)

Kband見かけ等級 : 1.05[mag] \*(Olivier et al.2001)

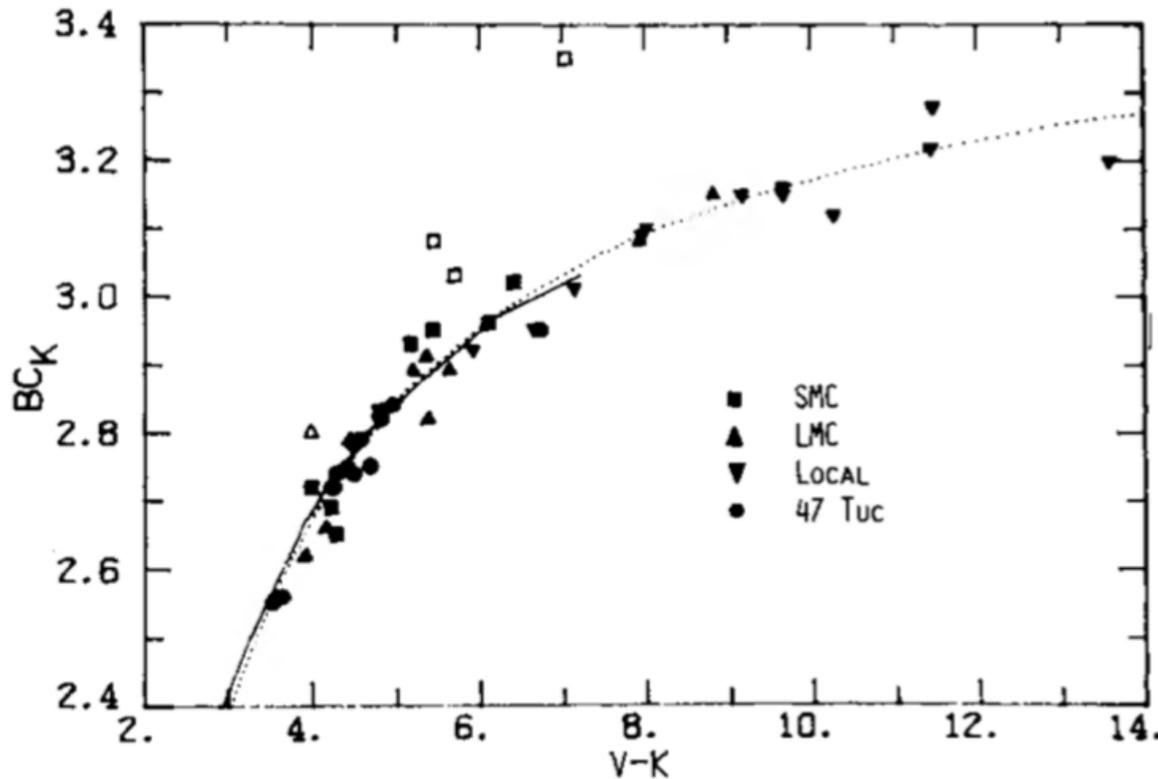


(V-K)の色 = 13.95、 $BC_K = 3.26$

$$BC_{\lambda} = m_{\text{bol}} - m_{\lambda} = M_{\text{bol}} - M_{\lambda}$$

見かけ放射等級  $m_{\text{bol}} = 4.31$

絶対放射等級  $M_{\text{bol}} = -4.46$



Bessell & Wood et al.1984より

(V-K)に対する放射補正関係式

$$BC_K = 20.66 - 19.2 \times (V-K) / 1.0 - 5.5 \times (V-K)$$

$$\text{Log}(L^*/L_{\odot}) = 2.94$$

$$L^* = 866[L_{\odot}]$$

(Gaia年周視差使用)

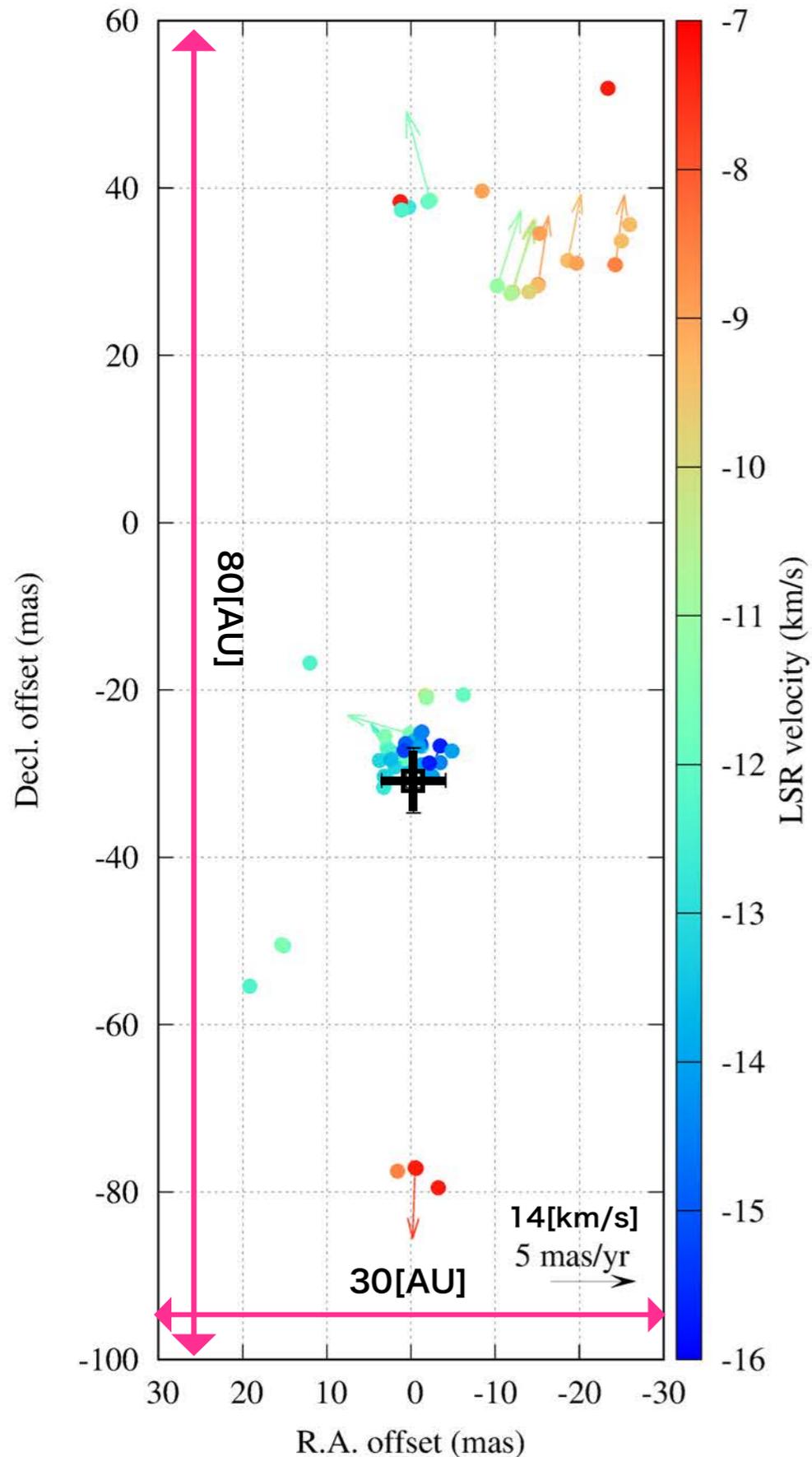
$$\text{Log}(L^*/L_{\odot}) = 3.68$$

$$L^* = 4800[L_{\odot}]$$

(VERA年周視差使用)

# 3.Results and Discussion

## 3.3 Maser Distribution and proper motion



21回のVLBI観測により、計68個の水メーザースポットを検出

### 固有運動

3つの領域の運動の平均を取り、系の平均運動を導出

$$\mu_x = 13.50 \pm 0.15 [\text{mas/yr}]$$

$$\mu_y = -34.34 \pm 0.16 [\text{mas/yr}]$$



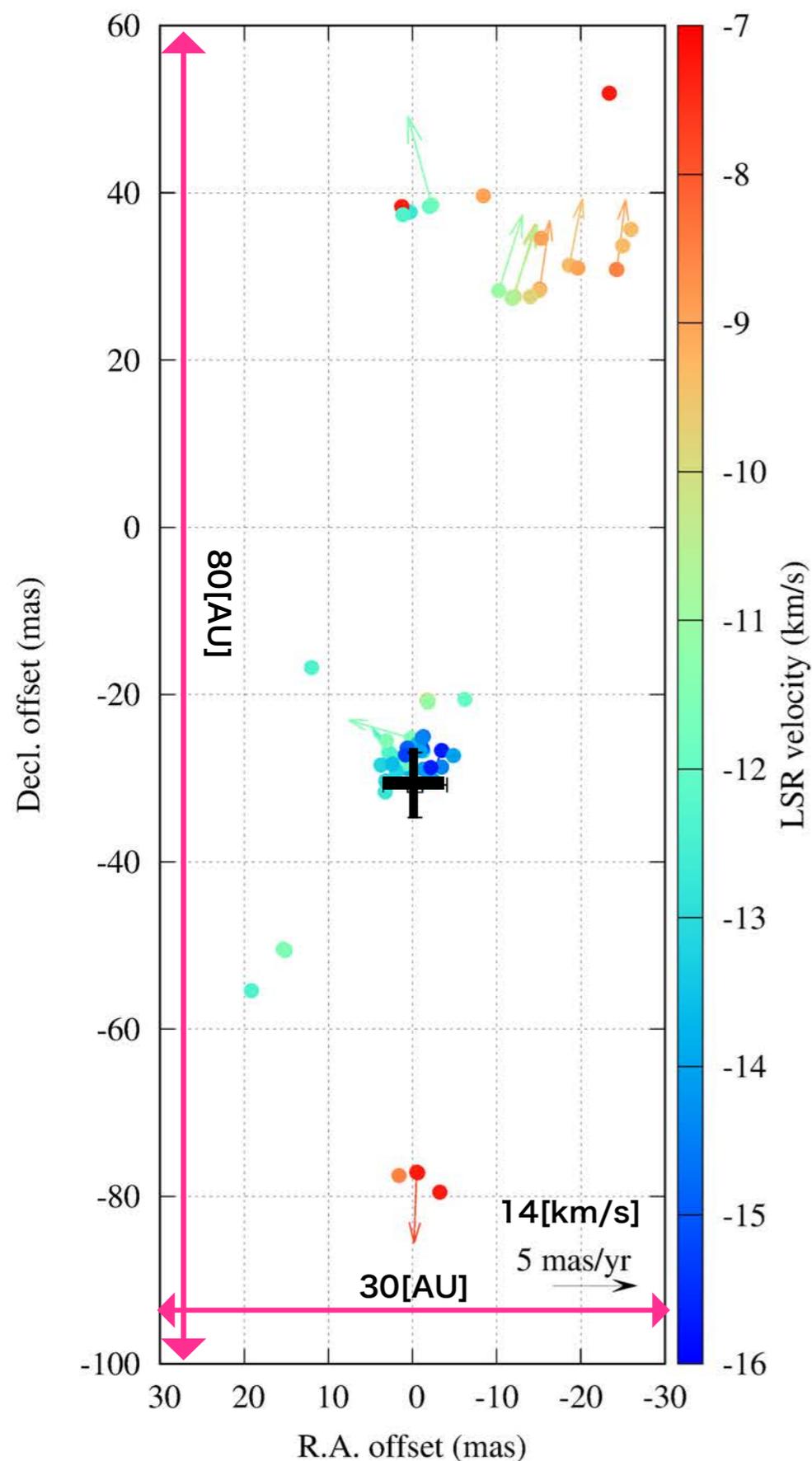
### Gaia DR2

$$\mu_x = 15.53 \pm 0.32 [\text{mas/yr}]$$

$$\mu_y = -33.66 \pm 0.32 [\text{mas/yr}]$$

# 3.Results and Discussion

## 3.3 Maser Distribution and proper motion



### メーザースポットの運動

各メーザーク群の天球面での運動

内部運動[mas/yr]

内部運動[km/s]

	R.A	Dec.	R.A	Dec.
北	-0.45	4.34	-1.29	11.89
中央	-0.001	-0.035	-0.003	-0.097
南	0.45	-4.29	1.25	-11.78



双極流的アウトフローの様子

# 4. Conclusion

## 4.1 Conclusion

- 2012年から2014年に及ぶVLBI観測により、BX Camの年周視差  $\pi = 1.73 \pm 0.01$  [mas]、距離  $D = 0.58 \pm 0.01$  [kpc]と、高精度で測定することができた。
- VLBIで得られた年周視差を使用して光度を求めたところ、 $4800L_{\odot}$ 、Gaia DR2の値だと $866L_{\odot}$ であり、VERAで得られた年周視差が信頼できるとした
- 水メーザーは南北80[AU]、東西30[AU]で4つのメーザー群に分かれ分布しており、南北に向かって広がる双極流的アウトフローの様子を示した。
- 絞られていたアウトフローが見えているため、symbiotic starなどの考察も検討  
→現状ではデータのエントリーなし(UV,X-Ray,etc…)

おわり



# 3.Results and Discussion

Mira-spectra-2color-diagram

