

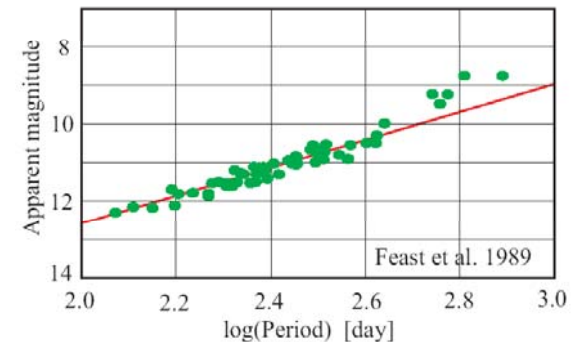
# Mira型変光星プロジェクト 現状とKVNの利用

A.Nakagawa, T.Kurayama (Kagoshima University)

- Mira Project Observation
- Current Status
- KVN + VERA

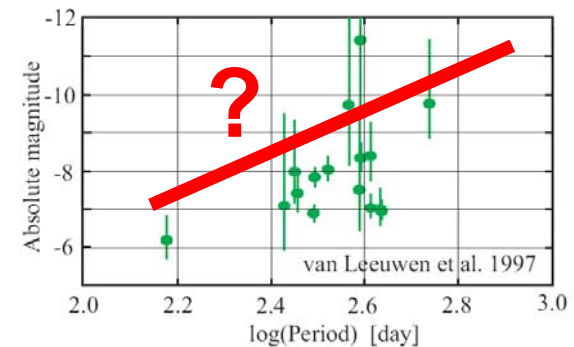
## 大マゼラン雲(LMC)のミラ型変光星周期光度関係

- 実視等級を元に得られた関係
- 距離に対してLMCの厚みは小さくすべて同じ距離にあるとみなせるため実視等級を利用できる
- 精度よくPL関係が得られている



## 銀河系のミラ型変光星周期光度関係

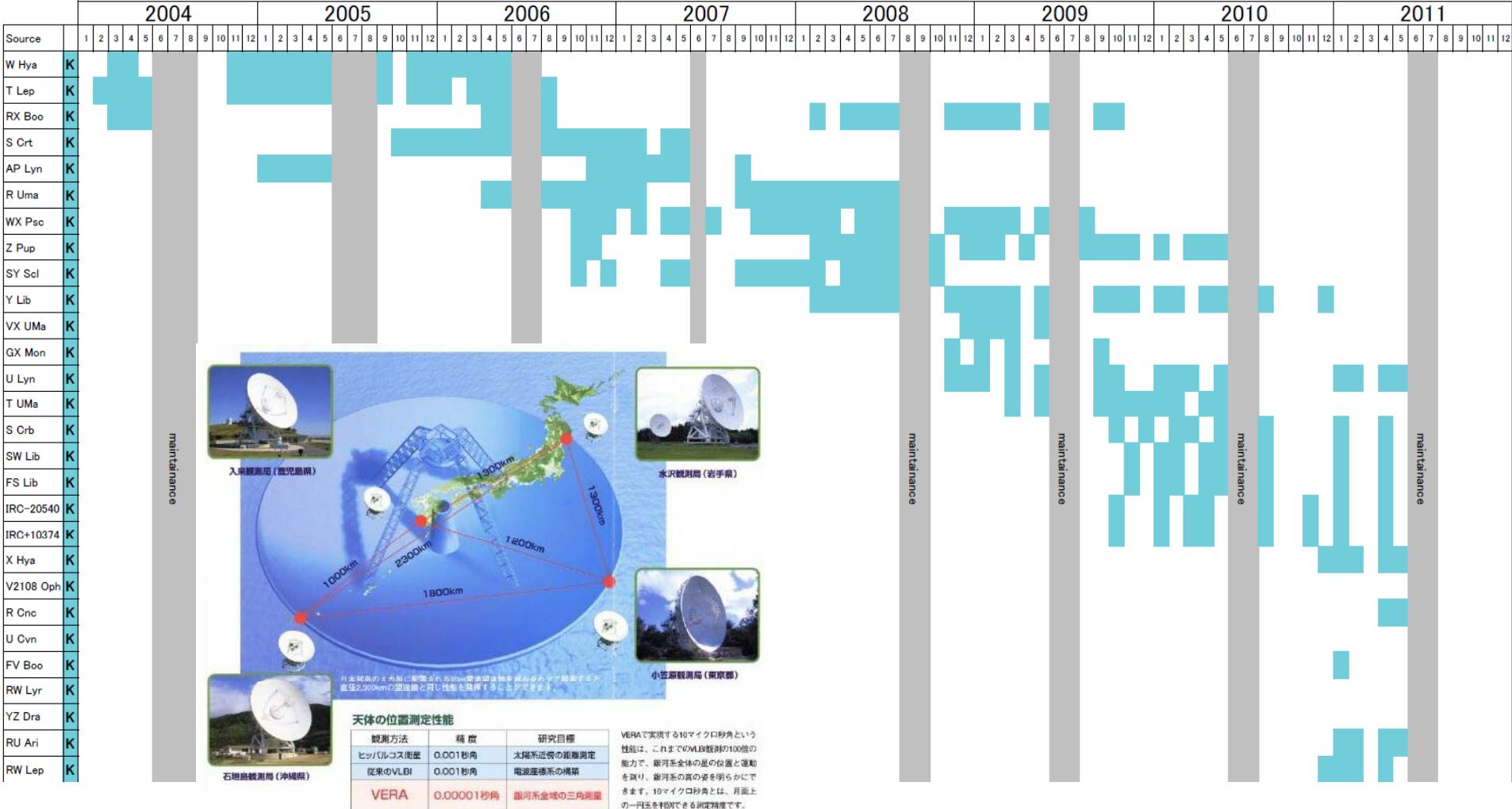
- HIPPARCOS衛星による年周視差計測を元に実施等級を見積もっている。
- 距離の誤差が大きいため、絶対等級誤差が大きい。
- 結果として精密な周期光度関係が得られない。



# Observations with VERA

- Phase referencing observation of H<sub>2</sub>O and SiO maser
- Typical monitoring duration 1.5~2 yr

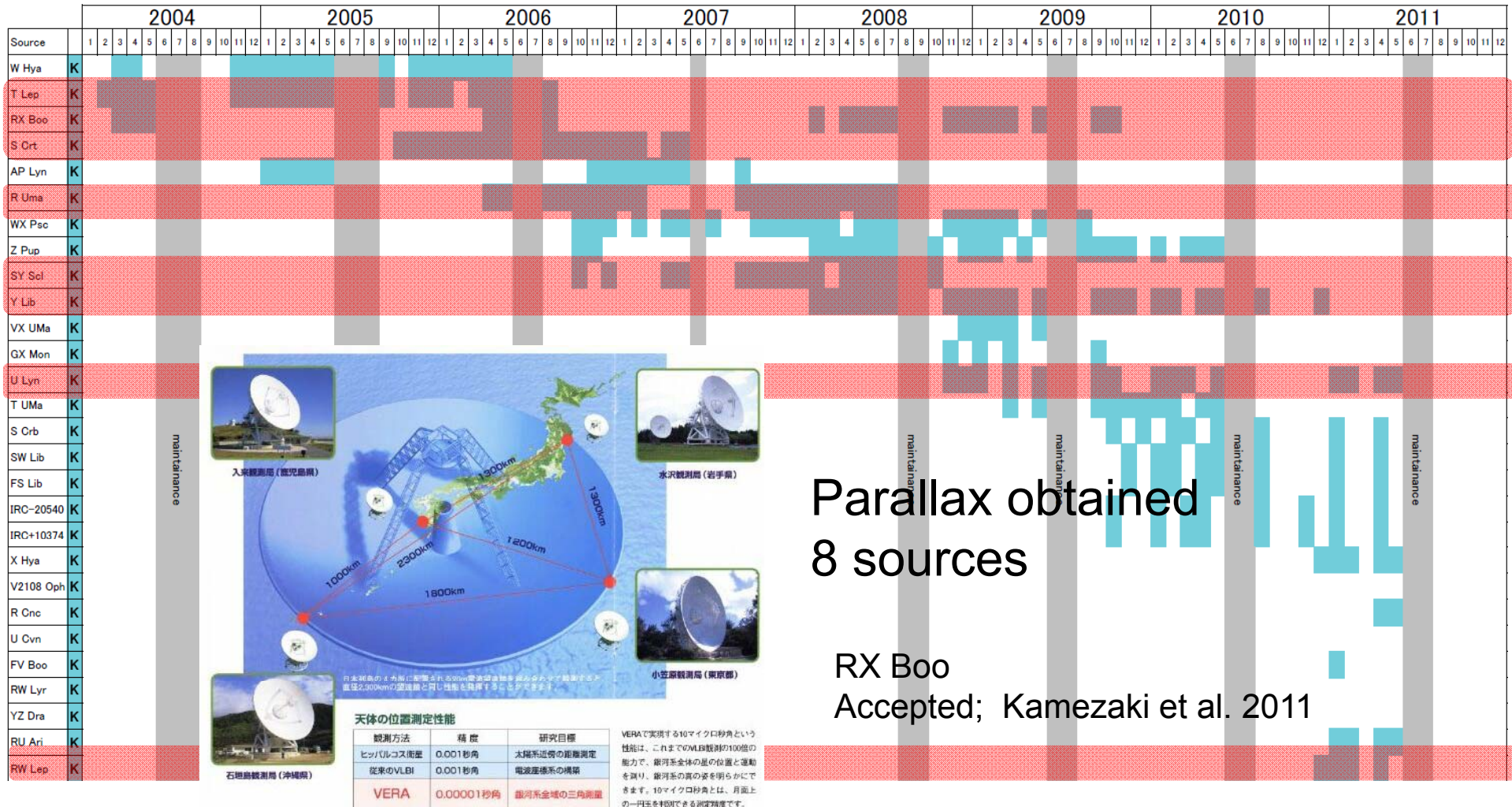
VLBI Observations of AGB stars with VERA (2004~)



# Observations with VERA

- Phase referencing observation of H<sub>2</sub>O and SiO maser
- Typical monitoring duration 1.5~2 yr

VLBI Observations of AGB stars with VERA (2004~)



Parallax obtained  
8 sources

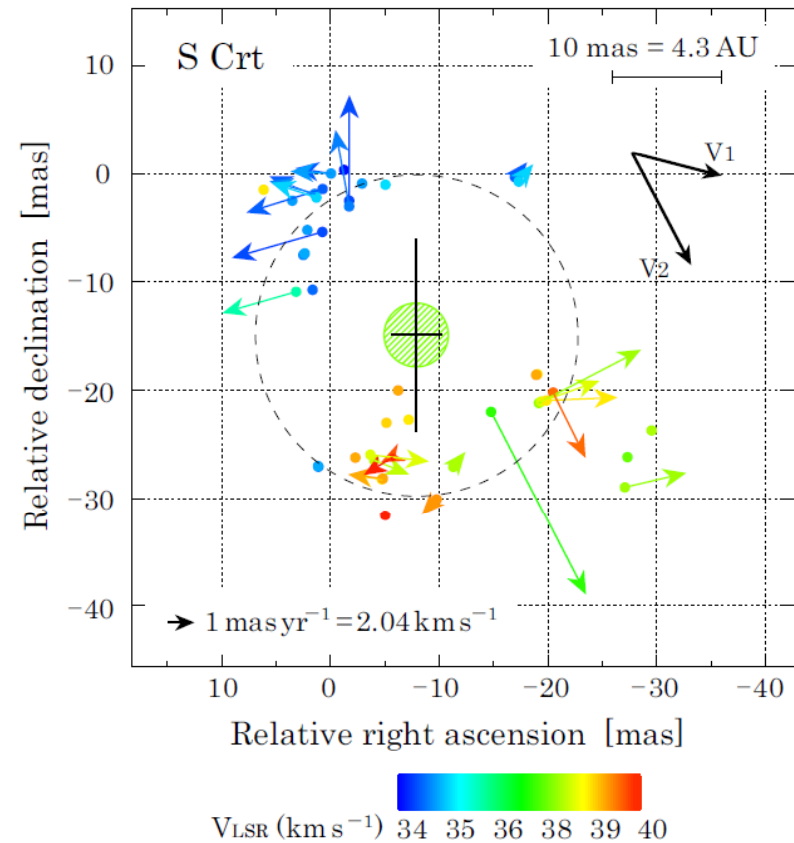
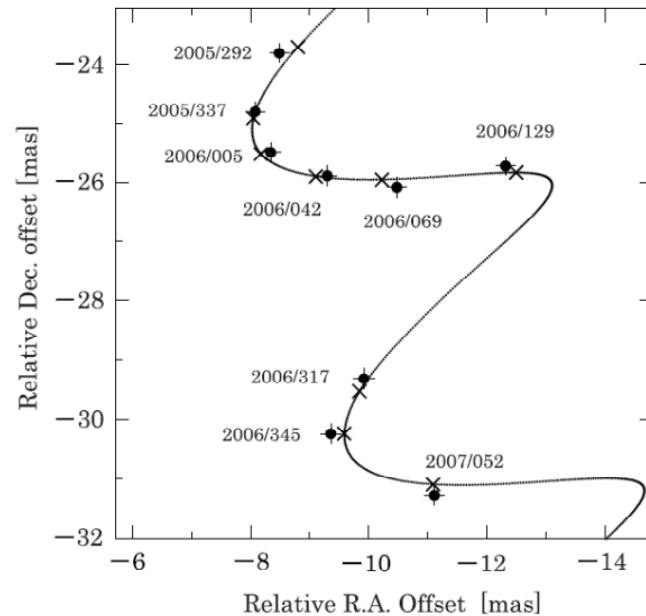
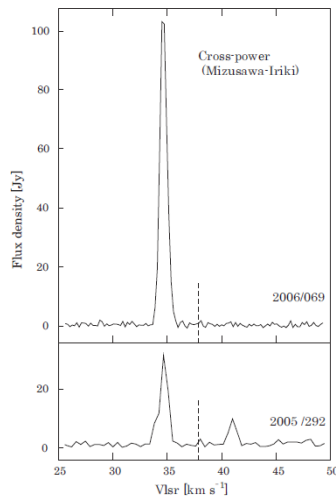
RX Boo  
Accepted; Kamezaki et al. 2011

# First Results; S Crt

Nakagawa et al. 2008

- Bipolar Outflow
- Inclination angle of flow axis =  $43^\circ$
- Photosphere  $260 \pm 20 R_\odot$   
 $\sim$  Lower limit of Mira size
- Maser distribution  $9 \sim 10 \text{ AU}$

- Parallax  $2.33 \pm 0.13 \text{ mas}$
- Distance  $430 + 25 - 23 \text{ pc}$



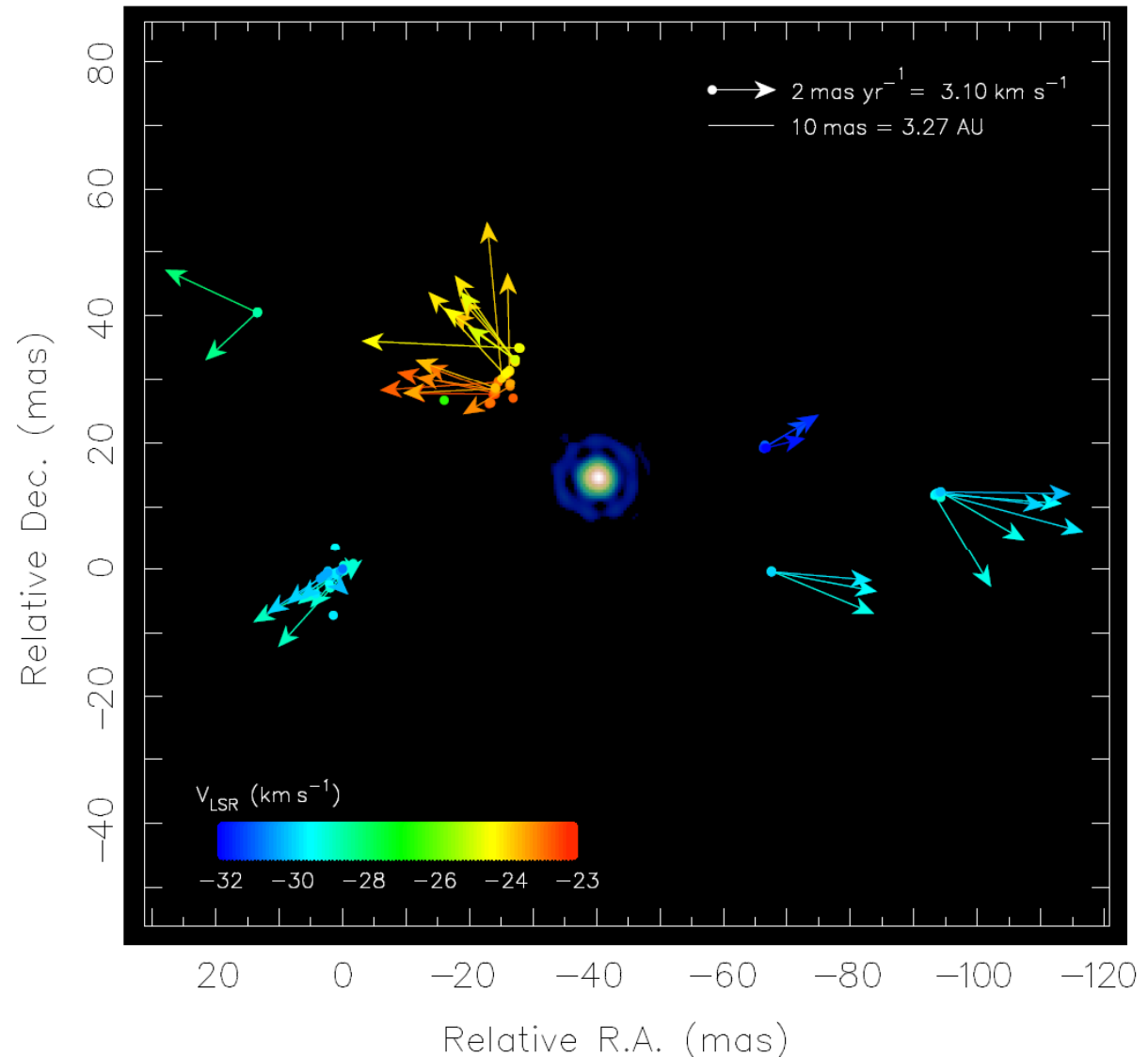
# Kinematics of circum stellar masers in T Lep

- Superposition

1.76 $\mu\text{m}$  image  
+  
VLBI (VERA)

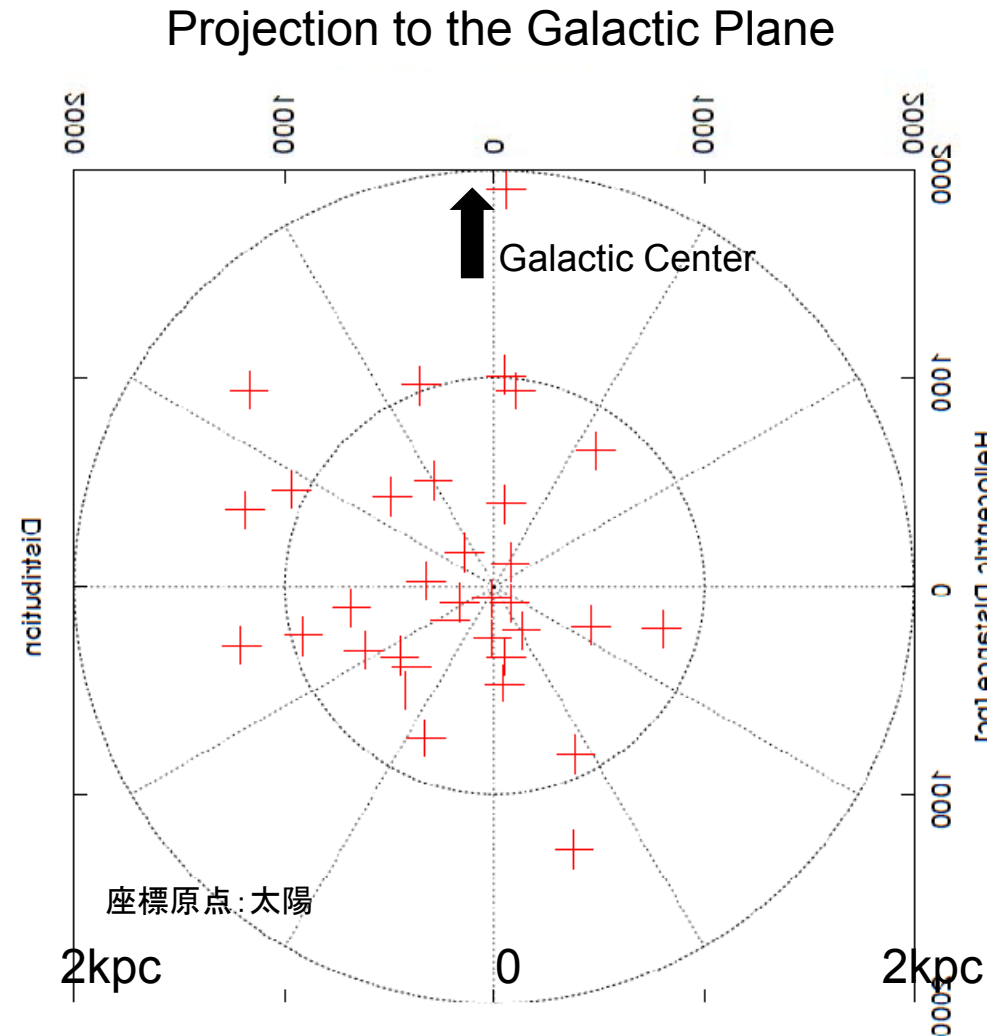
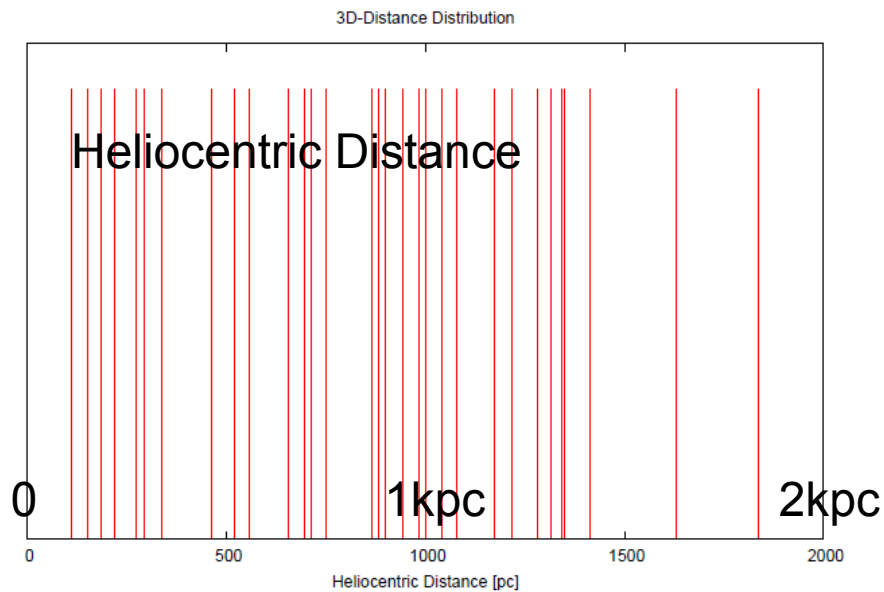
Le Bouquin et al. 2009  $\rightarrow$  VERA

- Central star  
1AU (208 $R_{\odot}$ )  $\rightarrow$  2.5AU (475 $R_{\odot}$ )
- Molecular layer  
2.5AU (520 $R_{\odot}$ )  $\rightarrow$  5.7AU (1080 $R_{\odot}$ )



# Distance and Spacial Distribution of Project Sources

- ~40 Mira Type Variables
- Distance < 2kpc
- Single dish monitoring of H<sub>2</sub>O maser at IRK





# Parallax measurements

- ~40 Mira Type Variables
- Distance < 2kpc
- Single dish monitoring of H<sub>2</sub>O maser at IRK

## 8 sources

### <Mira>

T Lep 327 pc

R Uma 553 pc

SY Scl 1390 pc

Y Lib 1350 pc

U Lyn 919 pc

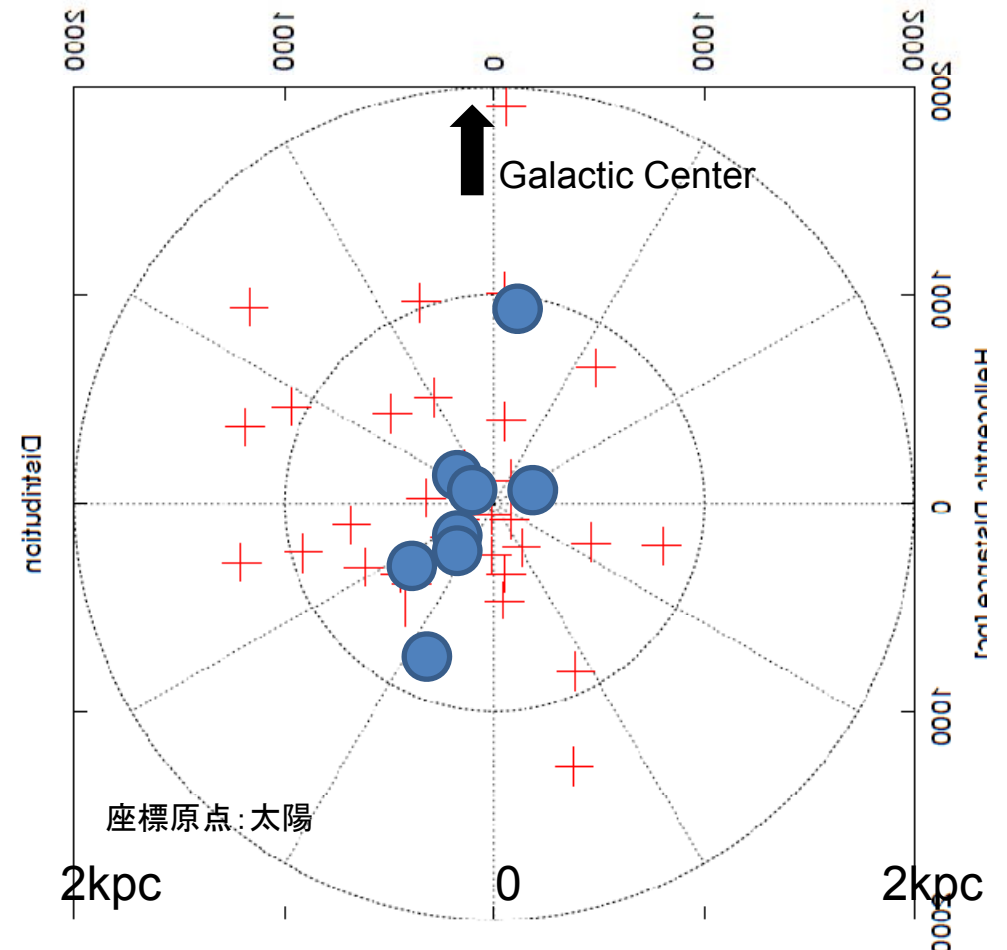
### <SR>

RX Boo 137 pc

S Crt 429 pc

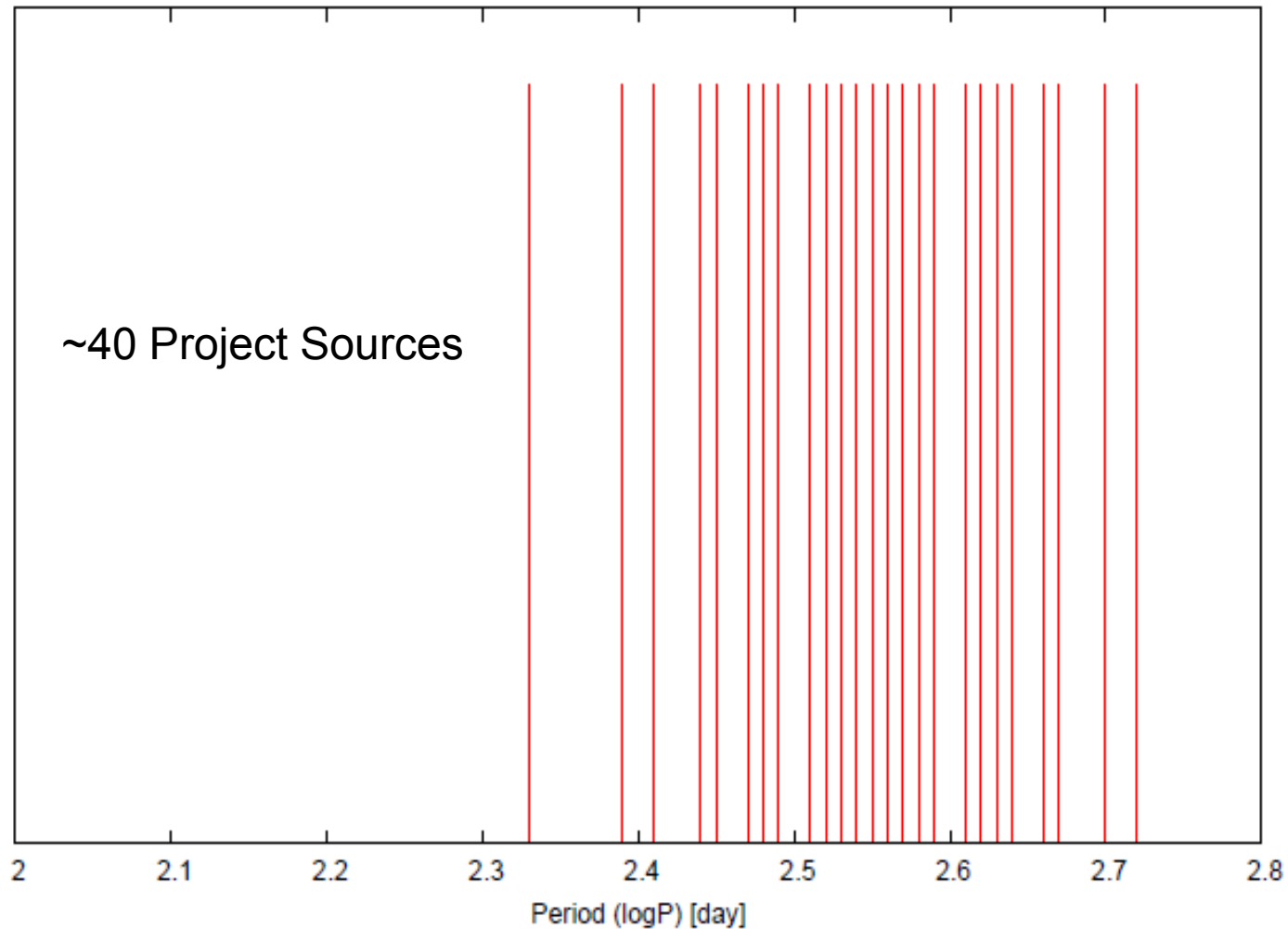
RW Lep 510 pc

## Projection to the Galactic Plane



# Period Distribution of Target Sources

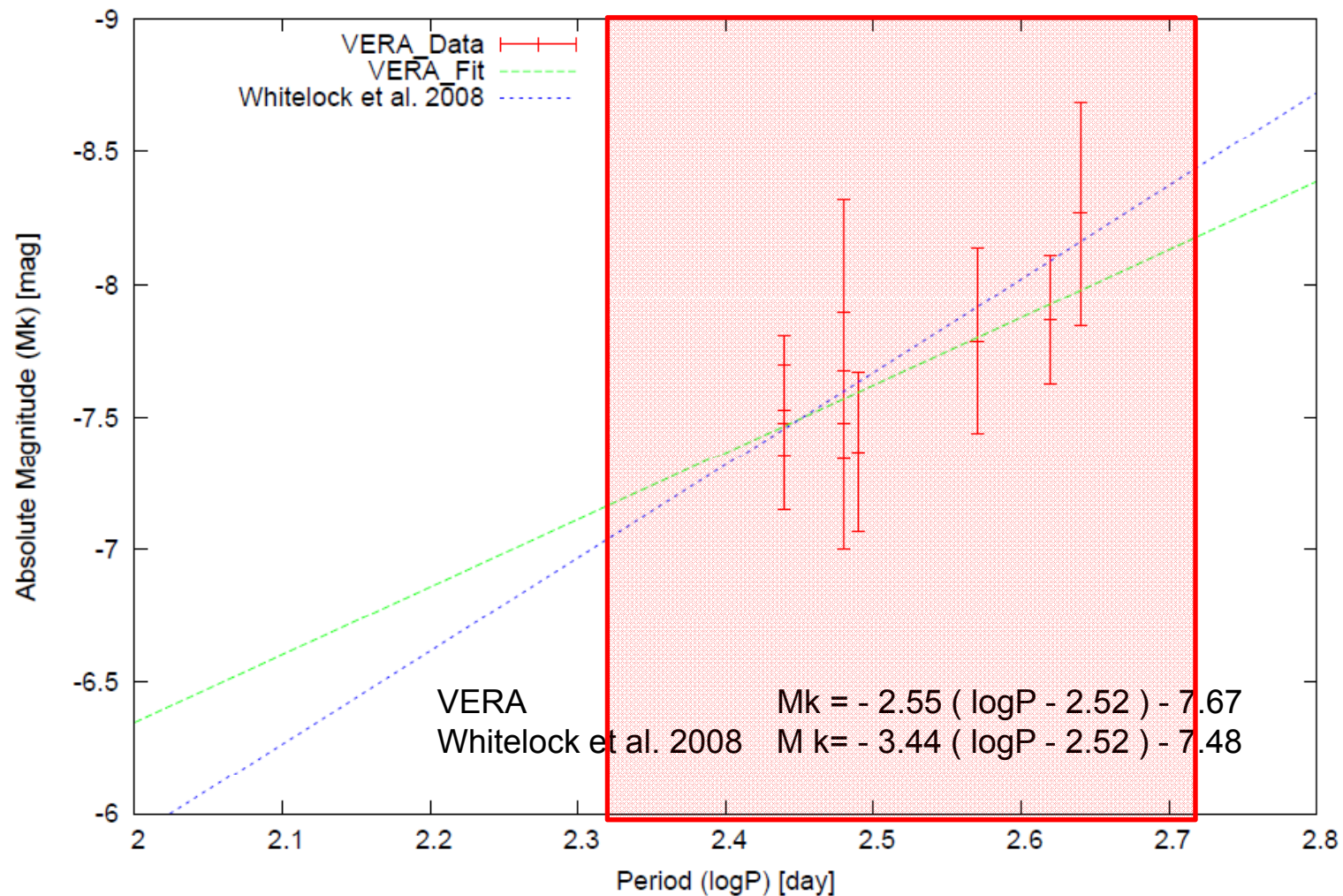
- Pulsation Period 210~520日





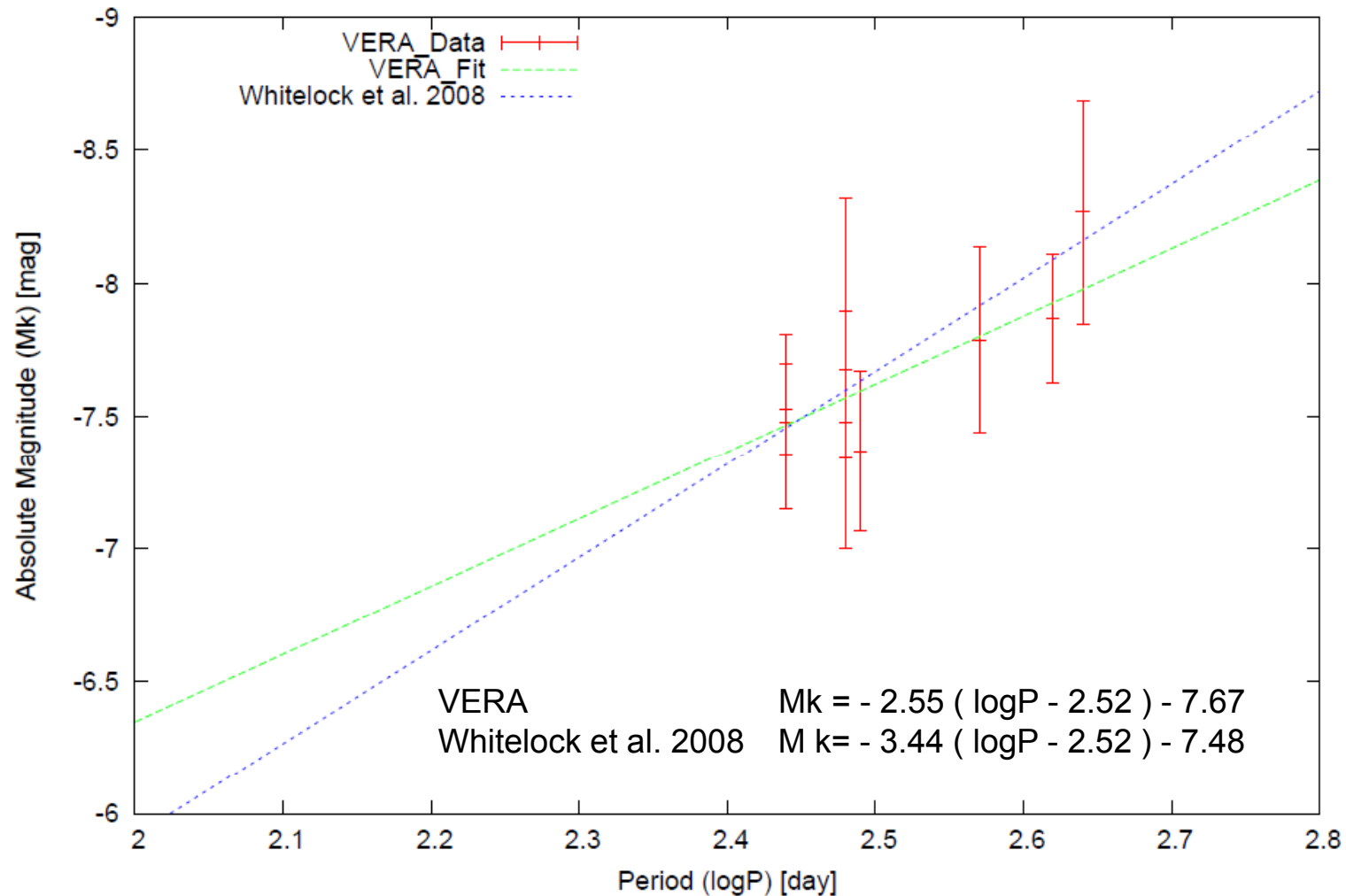
# PLR of the Galactic AGB variables

- Mira + SemiRegular ; 8 sources



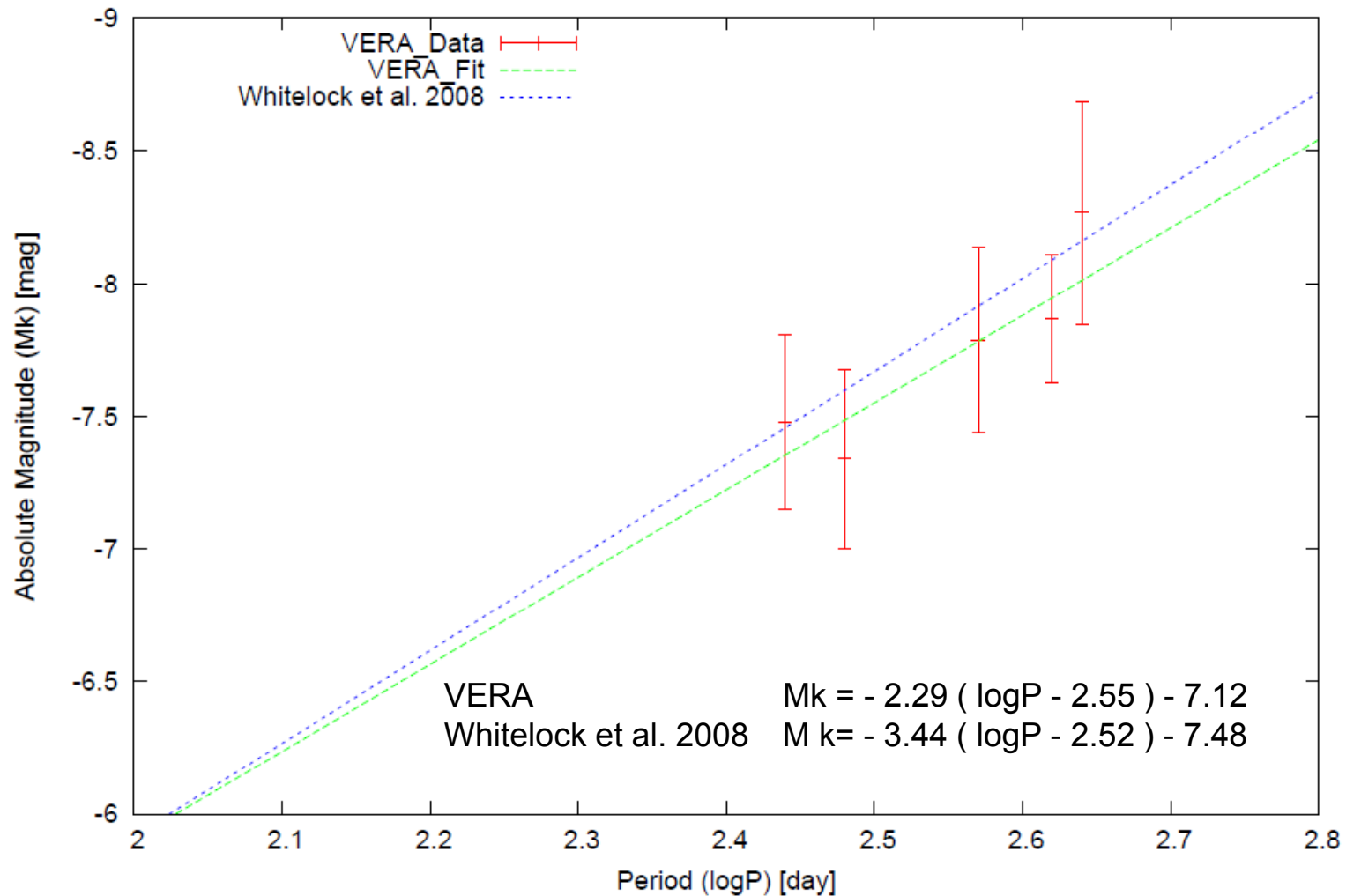
# PLR of the Galactic AGB variables

- Mira + SemiRegular ; 8 sources



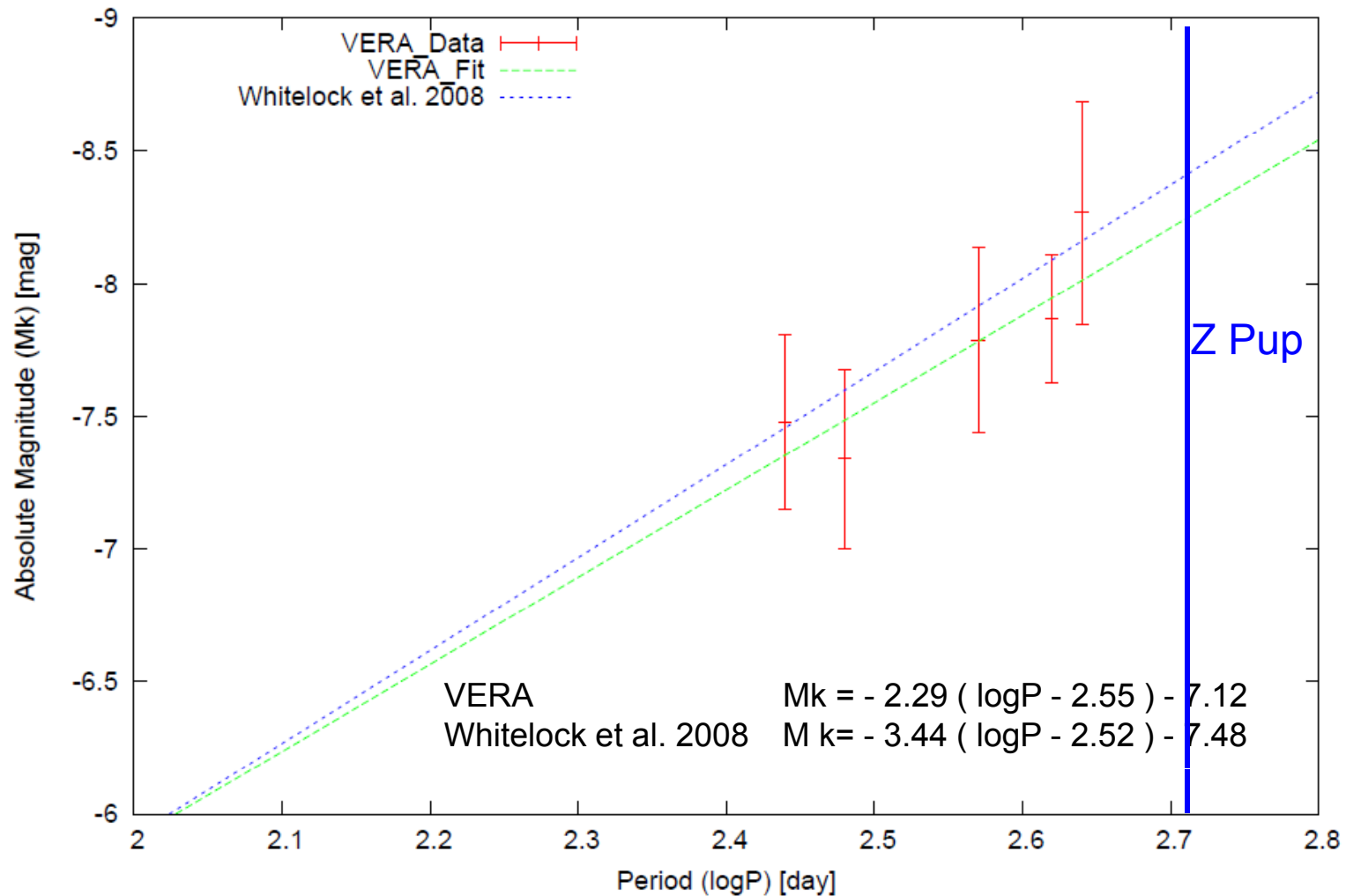
# PLR of the Galactic AGB variables

- Mira ; 5 sources



# PLR of the Galactic AGB variables

- Mira ; 5 sources

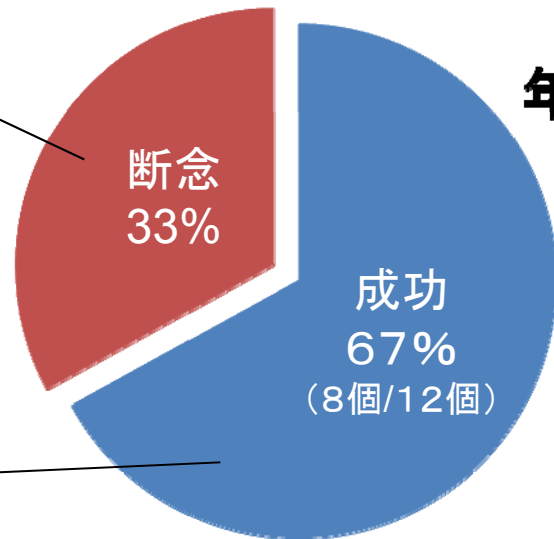


# 年周視差計測の困難

- ・24天体のミラ型星含むAGB星を観測(一部は現在も観測中)
- ・12天体が観測終了
- ・8天体(7割弱の歩留まり)で年周視差の計測に成功
- ・4天体は下記のいずれか、または複合的な理由で計測が困難
  - ・メーザー強度の時間変化による困難
  - ・淡く広がったメーザーの非検出
  - ・暗いメーザーの非検出
- ・参照電波源の検出の困難(いわゆる逆位相補償の困難もある)  
→技術開発に期待

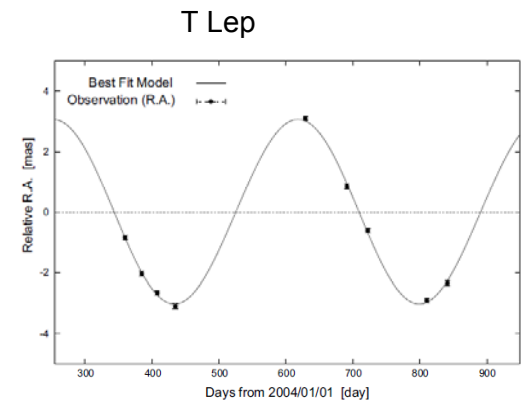
W Hya ,  
AP Lyn (解析中),  
WX Psc ,  
GX Mon

T Lep,  
RX Boo,  
S Crt,  
R UMa,  
SY Scl,  
Y Lib,  
U Lyn,  
RW Lep,  
R Aqr



## 年周視差計測の成功率

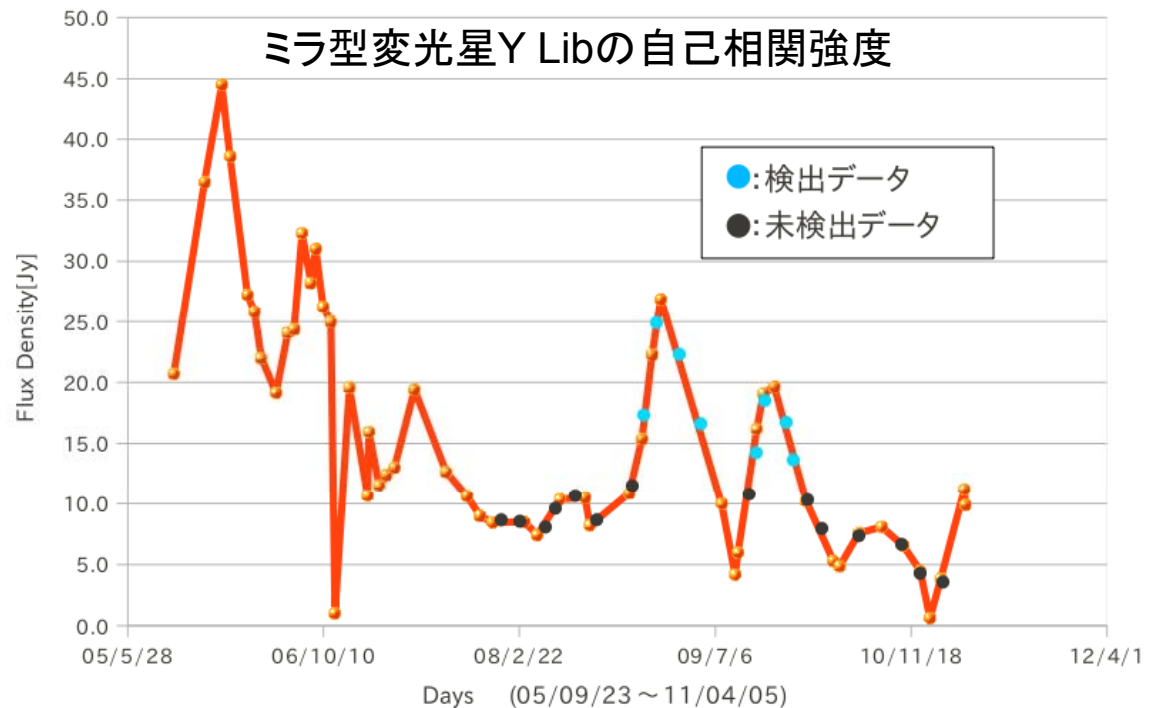
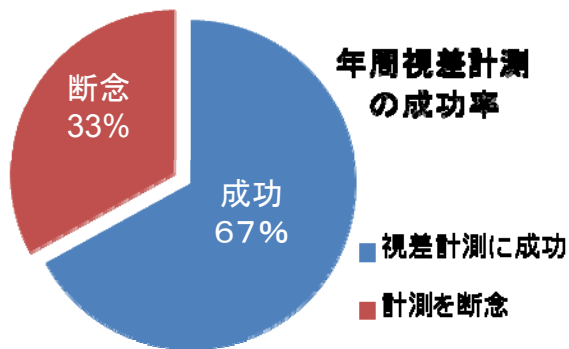
- 視差計測に成功
- 計測を断念



# 例：強度の時間変化による困難

- ・ミラ型変光星Y Libの自己相関強度
- ・VLBI位相補償解析による検出・非検出の状況
- ・メーザーの強度の時間変化が激しい
- ・Y Libでは約10Jyが年周視差計測の成功の境目

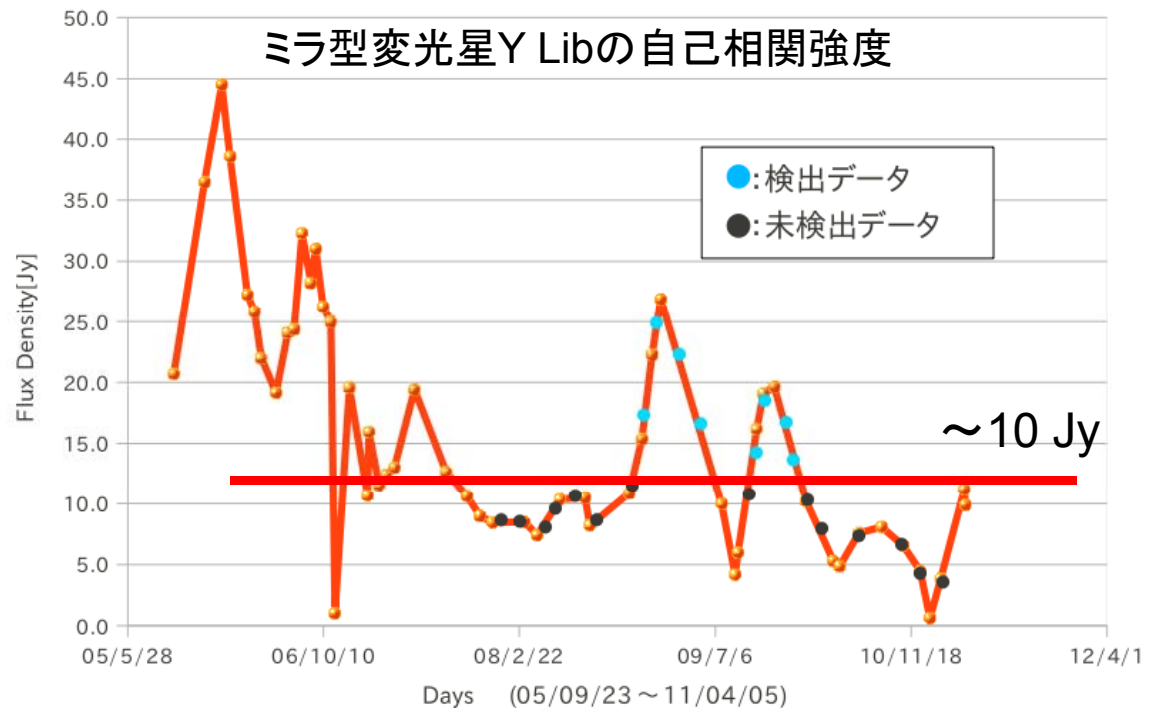
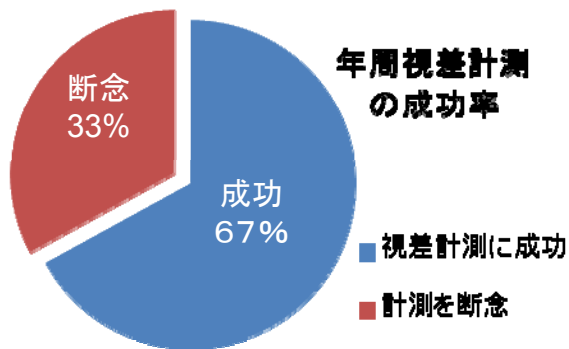
- メーザー強度の時間変化による検出の困難
- GX Mon



# 例：強度の時間変化による困難

- ・ミラ型変光星Y Libの自己相関強度
- ・VLBI位相補償解析による検出・非検出の状況
- ・メーザーの強度の時間変化が激しい
- ・Y Libでは約10Jyが年周視差計測の成功の境目

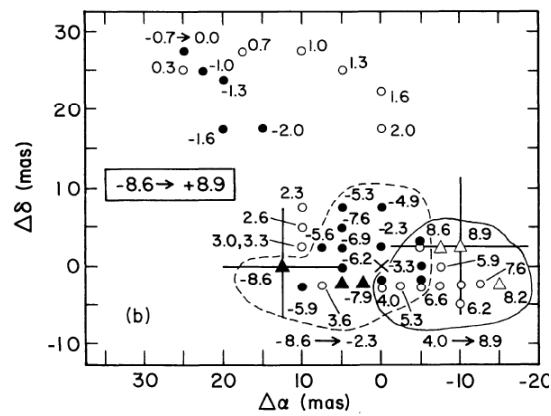
- メーザー強度の時間変化による検出の困難
- GX Mon



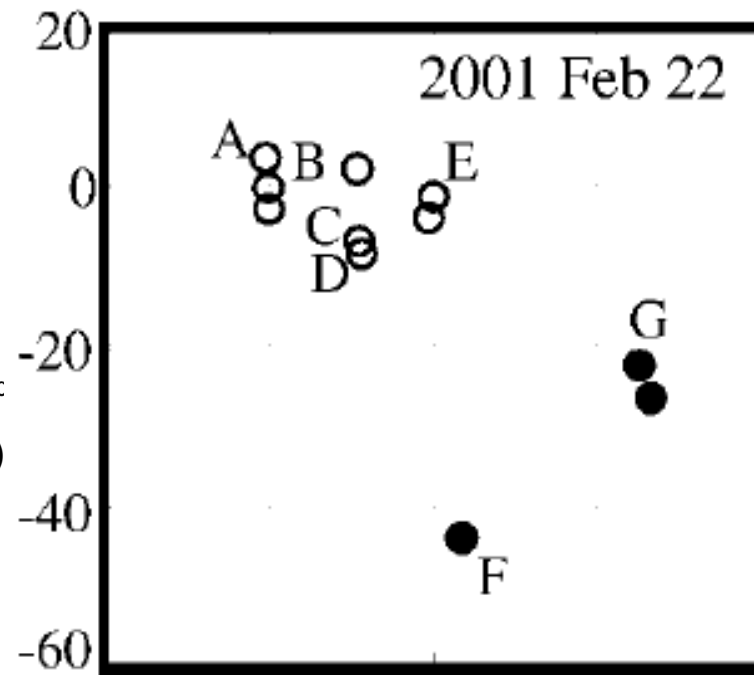


# 例：分解による困難

- Diffuse maser emission in UX Cyg
- W Hya, WX Psc



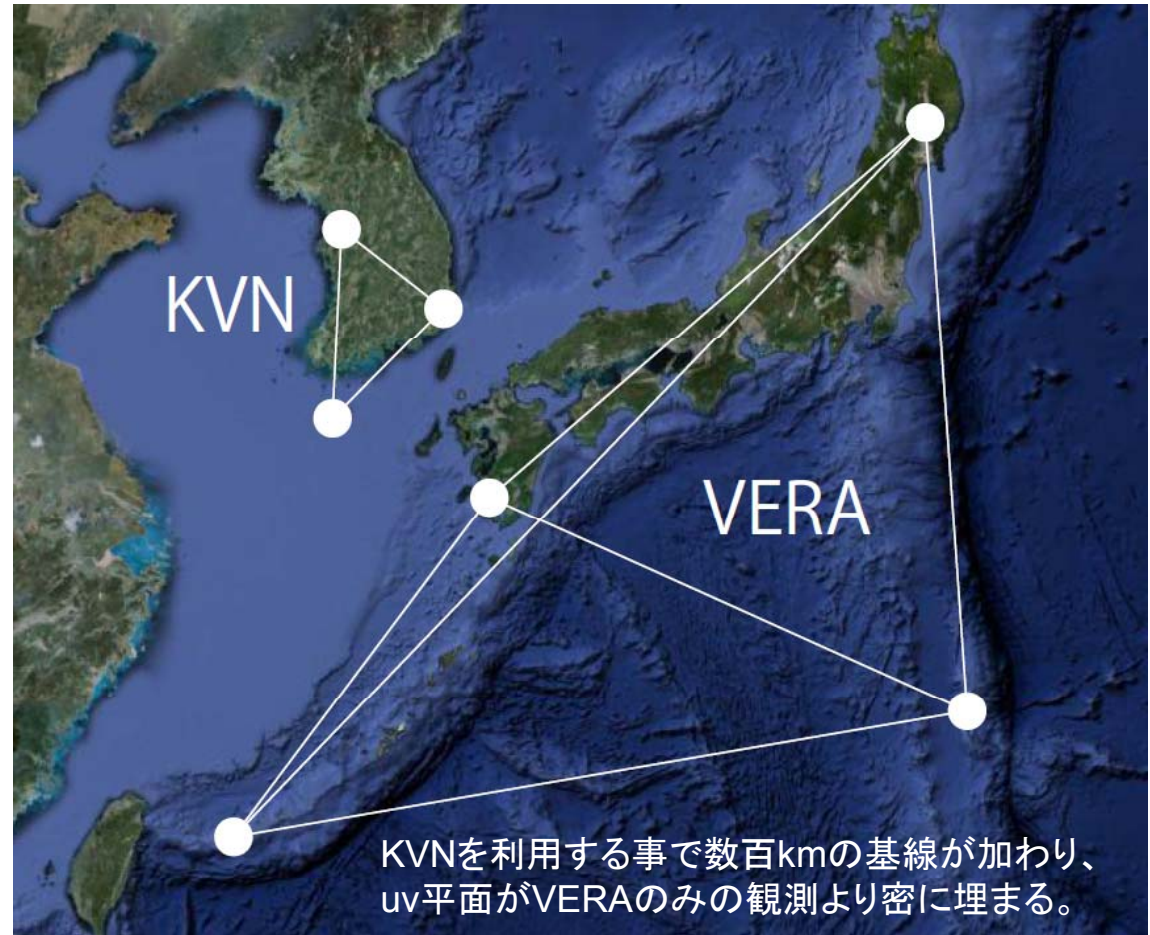
VLA : Bowers et al. (1994)



VLBA : Kurayama et al. (2005)

# Advantage of KVN+VERA

- Dense Array
- Short Baselines
  - VERA: 1000 - 2300km
  - KVN: 200-300 km



VLA  
~30 km

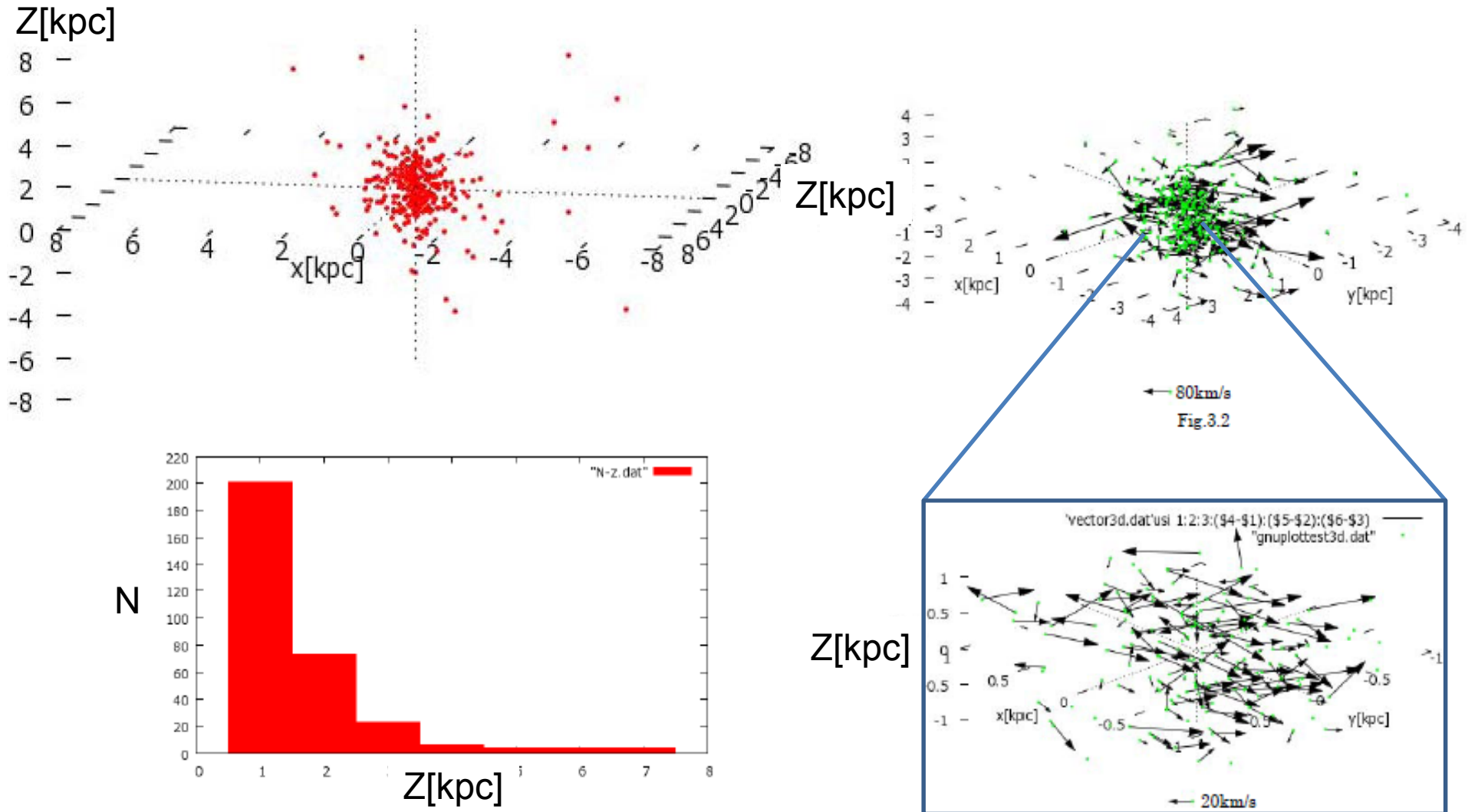
**KVN**  
**300-480 km**

VERA  
1000-2300 km



# Motions of Nearby (<few kpc) Miras

- 312 Sources
- Proper Motion,  $V_{lsr}$ , Period,  $m_k$



# まとめ

- Mira型変光星プロジェクトのVLBI観測を継続中
- Kバンド、Qバンドで進行中(Kバンド観測が多い)
- 12天体の観測を終了、8天体(Mira 5, SR 3)で年周視差、4天体で計測が困難
- 晩期型星の質量、サイズなど基本的な物理量決定など恒星物理への波及効果
- 銀河面に対し鉛直方向に広く分布→銀河Disk以外の銀河系動力学の研究
- 初回の周期光度関係の結果の公表を検討

- 観測を継続し、周期光度関係の精密化を進める
- 観測困難な天体への対応
  - 装置開発
  - KVNの利用により淡く広がった近い星のメーザーを観測できる

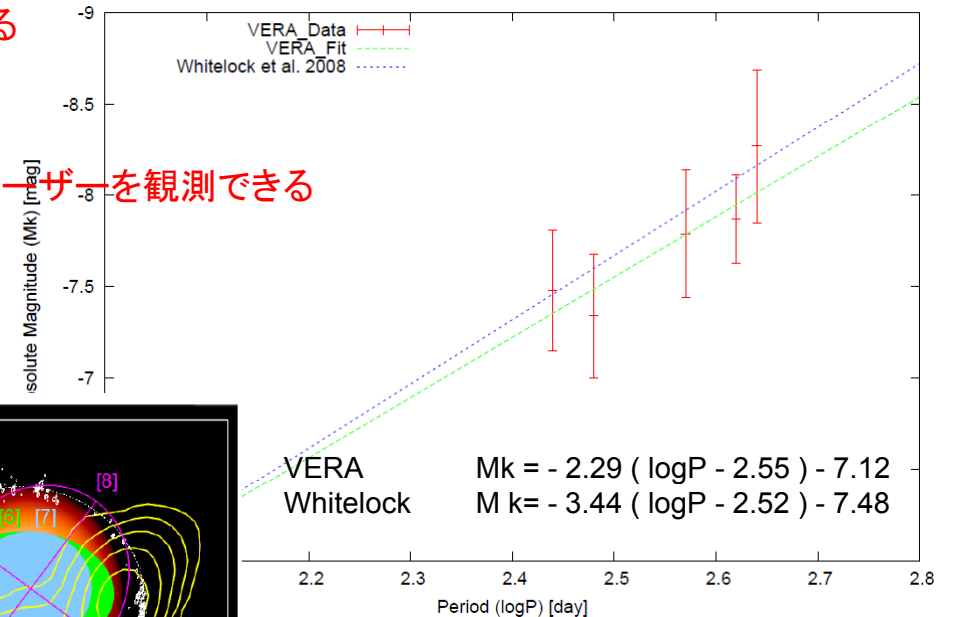
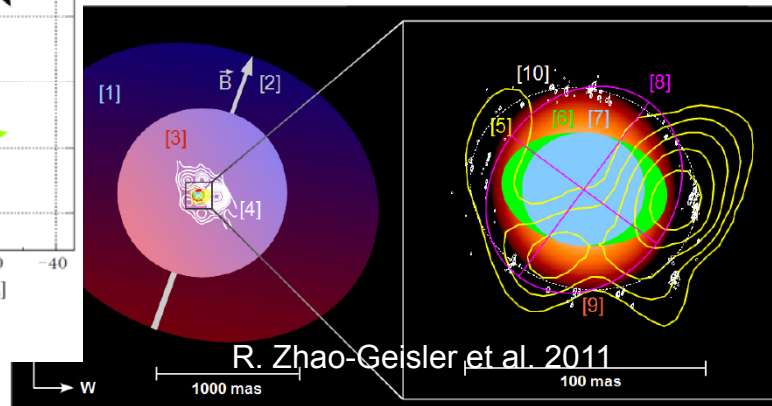
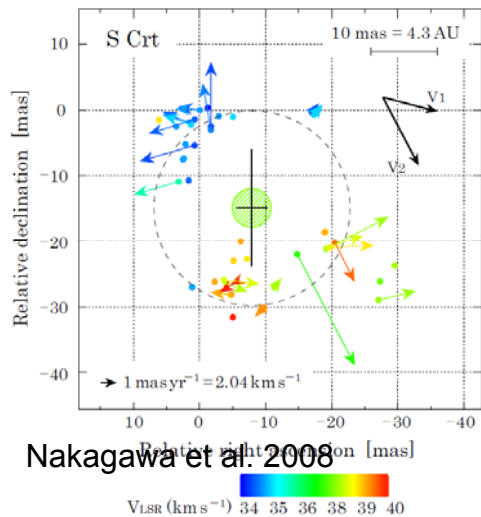


Fig. 11. Asymmetry and maser measurements of W Hya reported by various authors. See Table 4 for references and text for explanation.