

ミラ型変光星の周期光度関係 —VERAによる位置天文観測—

中川亜紀治、倉山智春、面高俊宏、今井裕、松井真、西田芳郎、
亀崎達也(鹿児島大学)、柴田克典(国立天文台)、VERAグループ

- Introduction ; PL-relation of Mira variables
- Observations
- Results (Parallax)
- Discussion, Future Works
 - Difficulties in the projects
 - Application of our result

Introduction

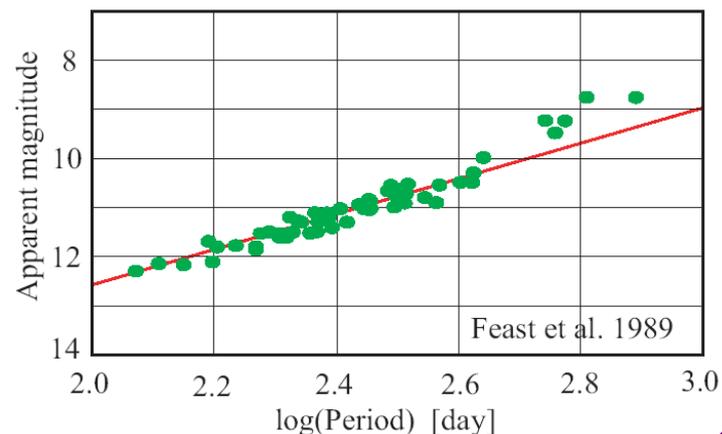
- ミラ型変光星
- 質量: 1~8太陽質量
- 変更周期: 300~1000日の周期で変光
- 進化段階の末期
- AGBフェーズにとどまるのは10万年ほど
- スペクトル型はM,N,R,Sなどと低い表面温度を反映
- 水メーザーやSiOメーザーを伴う
 - 高い輝度温度を示し、VLBIのよい観測対象

Introduction

周期光度関係

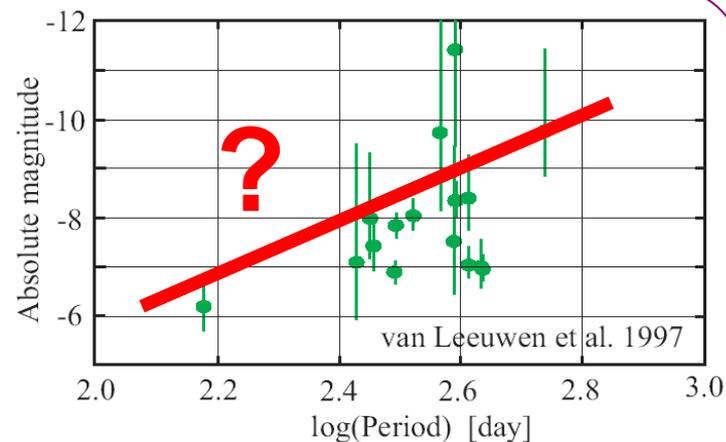
大マゼラン雲(LMC)のミラ型変光星周期光度関係

- ・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

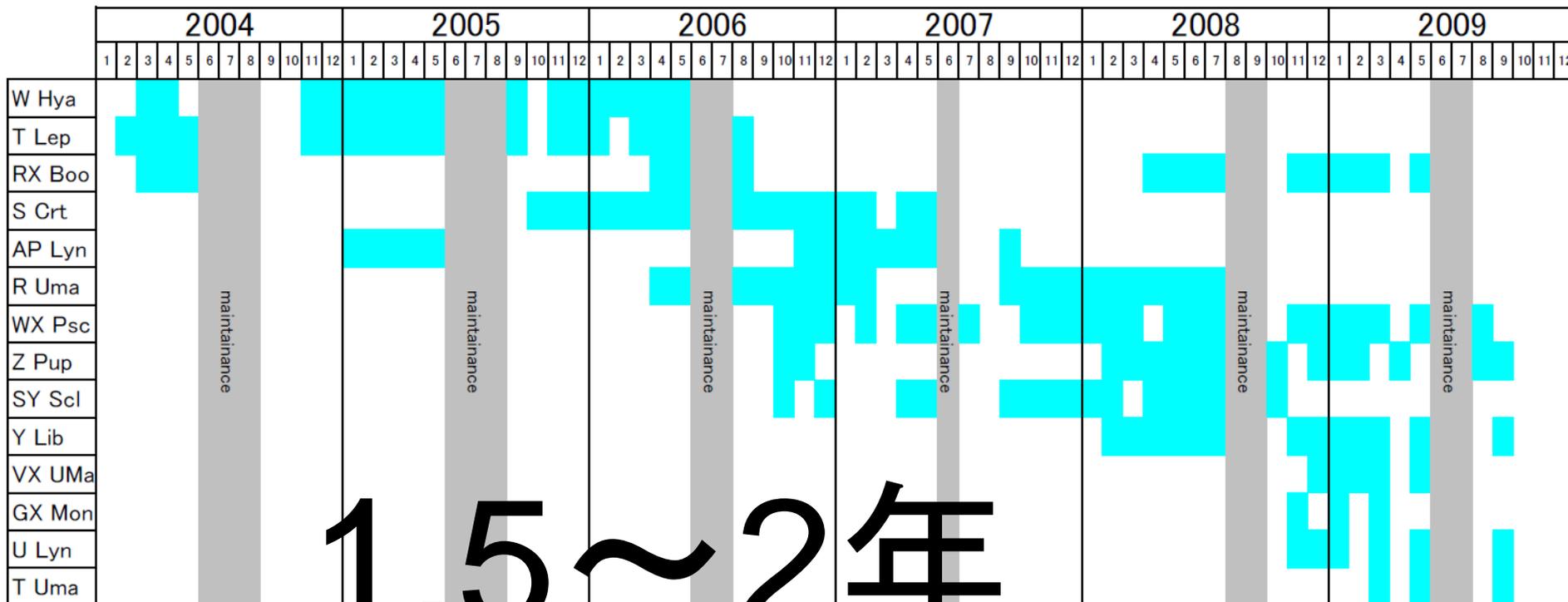
- ・HIPPARCOS衛星による年周視差計測を元に実施等級を見積もっている。
- ・距離の誤差が大きいため、絶対等級誤差が大きい。
- ・結果として精密な周期光度関係が得られない。



Observation (22GHz)

- 観測天体と観測実施状況。青色は観測が行われた月を示す。
- 1m望遠鏡で赤外線(J,H,Kバンド)測光観測の並行して実施

VLBI Observations of AGB stars with VERA (2004~)

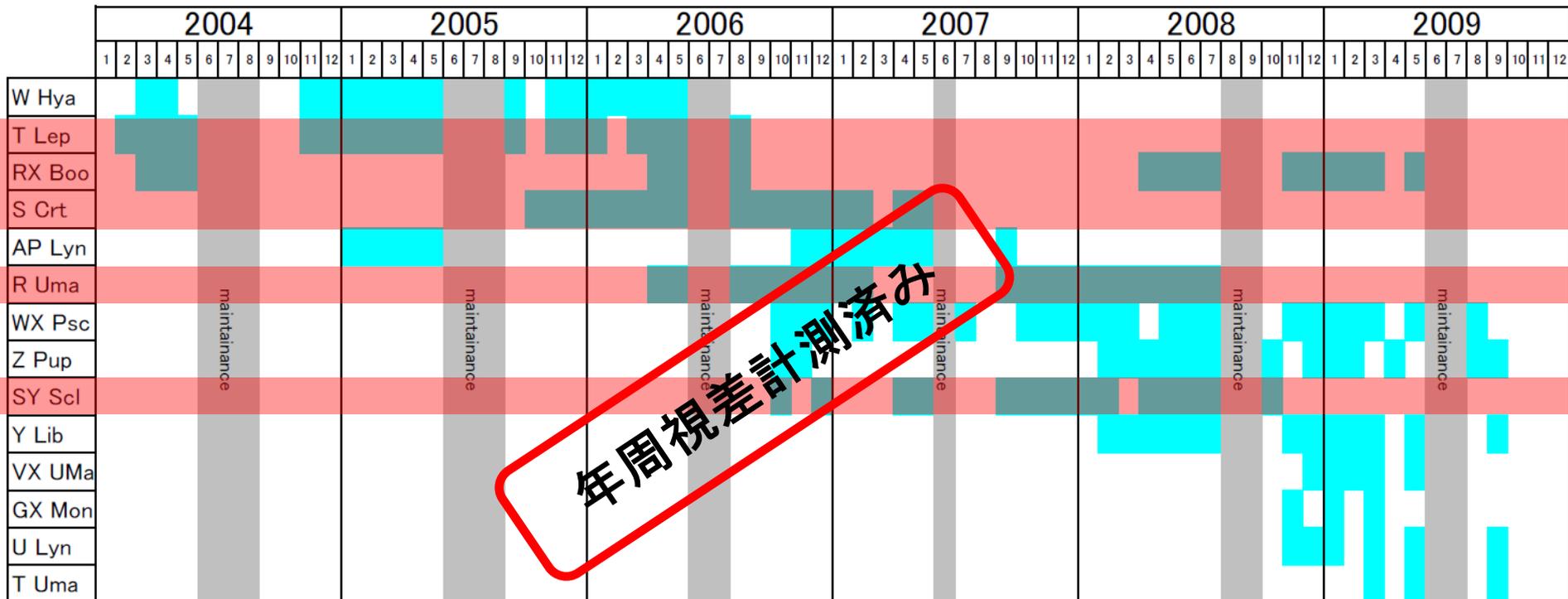


1.5~2年

Observation (22GHz)

- 観測天体と観測実施状況。青色は観測が行われた月を示す。
- 1m望遠鏡で赤外線(J,H,Kバンド)測光観測の並行して実施

VLBI Observations of AGB stars with VERA (2004~)

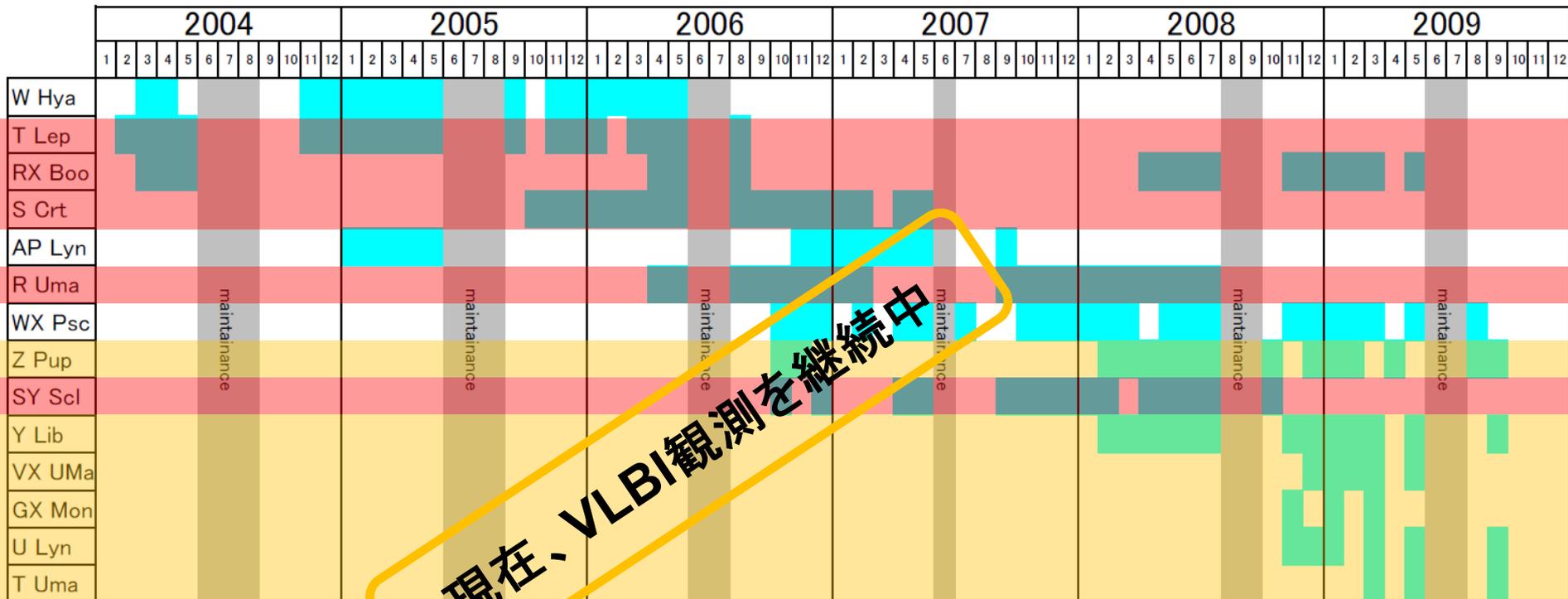


年周視差計測済み

Observation (22GHz)

- 観測天体と観測実施状況。青色は観測が行われた月を示す。
- 1m望遠鏡で赤外線(J,H,Kバンド)測光観測の並行して実施

VLBI Observations of AGB stars with VERA (2004~)



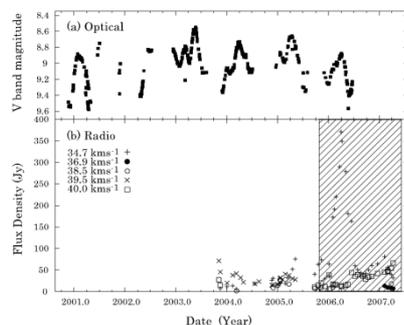
現在、VLBI観測を継続中

Parallax of S Crt (Semiregular : SRa)

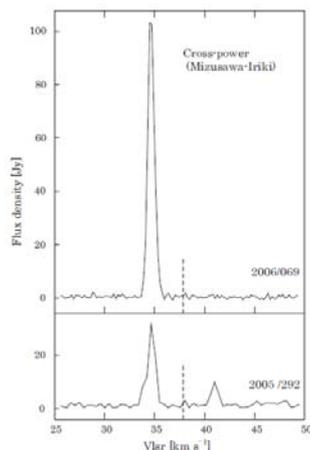
- Parallax
 2.33 ± 0.13 mas



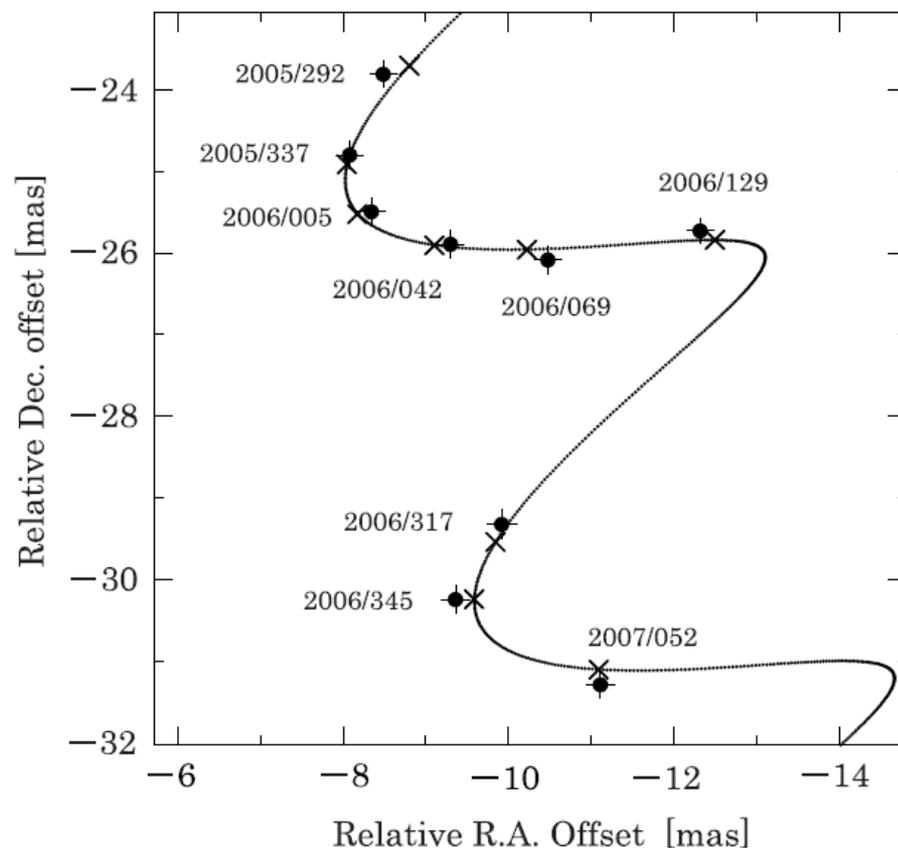
- Distance
 $430 + 25 - 23$ pc



S Crtの可視光(Vバンド)と水メーザーのライトカーブ



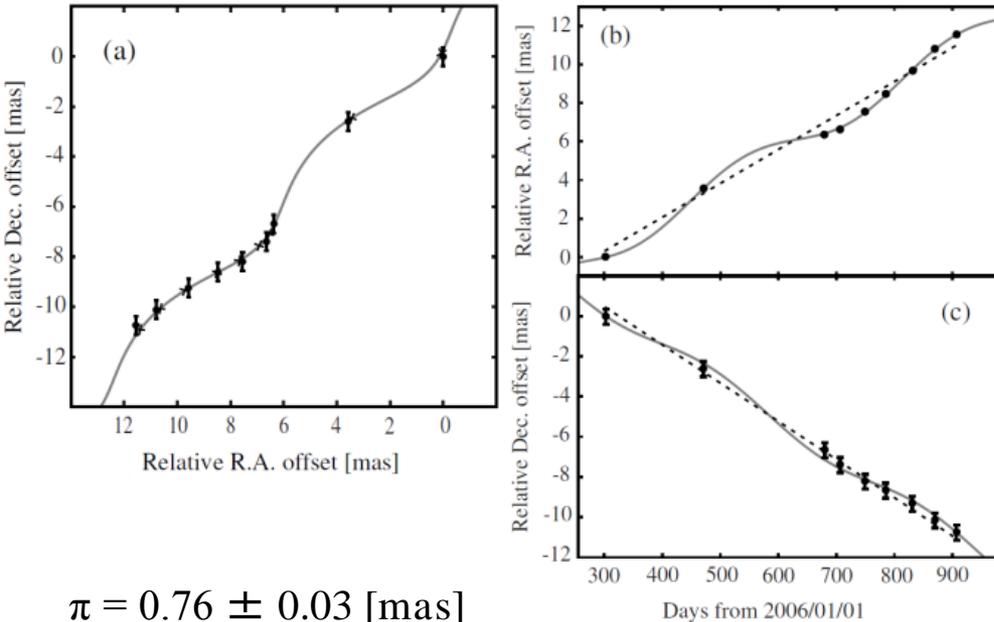
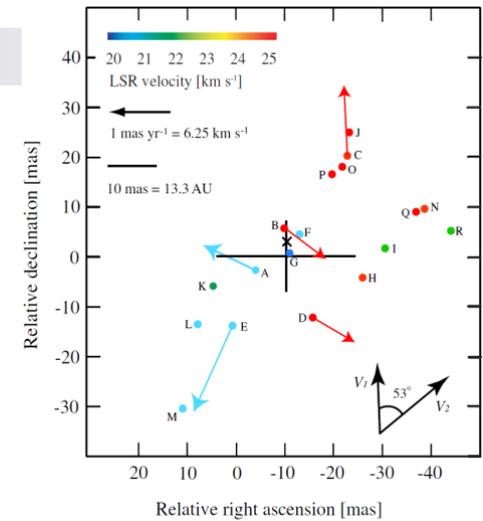
S Crtの水メーザースペクトル



Parallax of SY Scl

■ ミラ型変光星SY Sclの観測結果

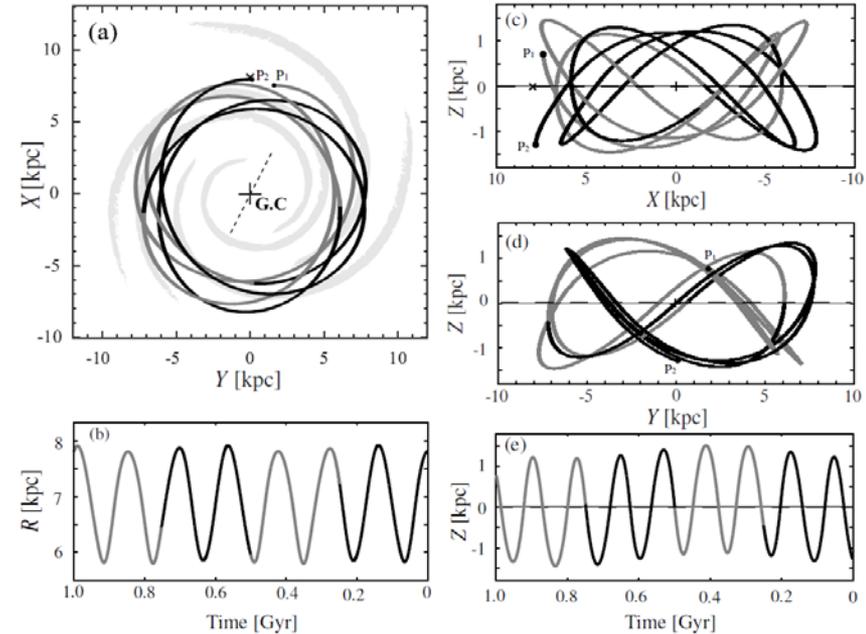
- 内部固有運動と年周視差を示す(左上下の図)
- 銀河系内での運動を過去十億年遡って計算



$$\pi = 0.76 \pm 0.03 \text{ [mas]}$$

$$D = 1.319^{+0.047}_{-0.043} \text{ [kpc]}$$

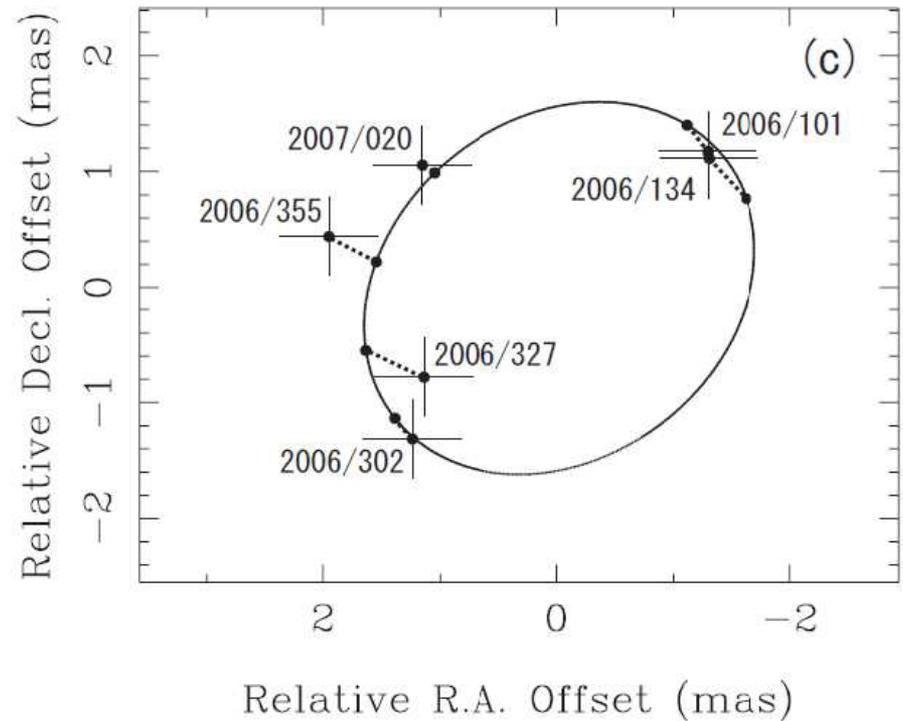
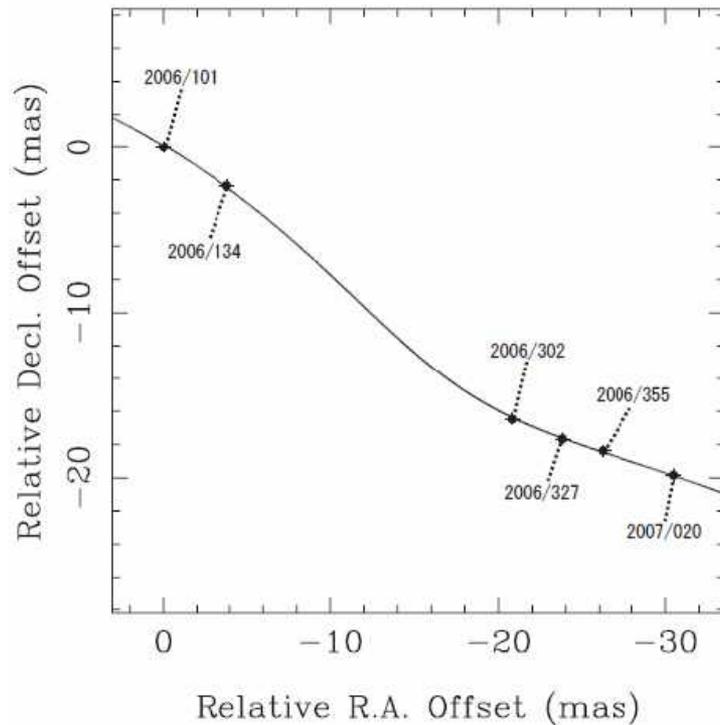
$$(\mu_x, \mu_y) = (6.41, -6.90) \text{ [mas/yr]}$$



銀河系内でのSY Scl(黒)と太陽(灰色)の動き

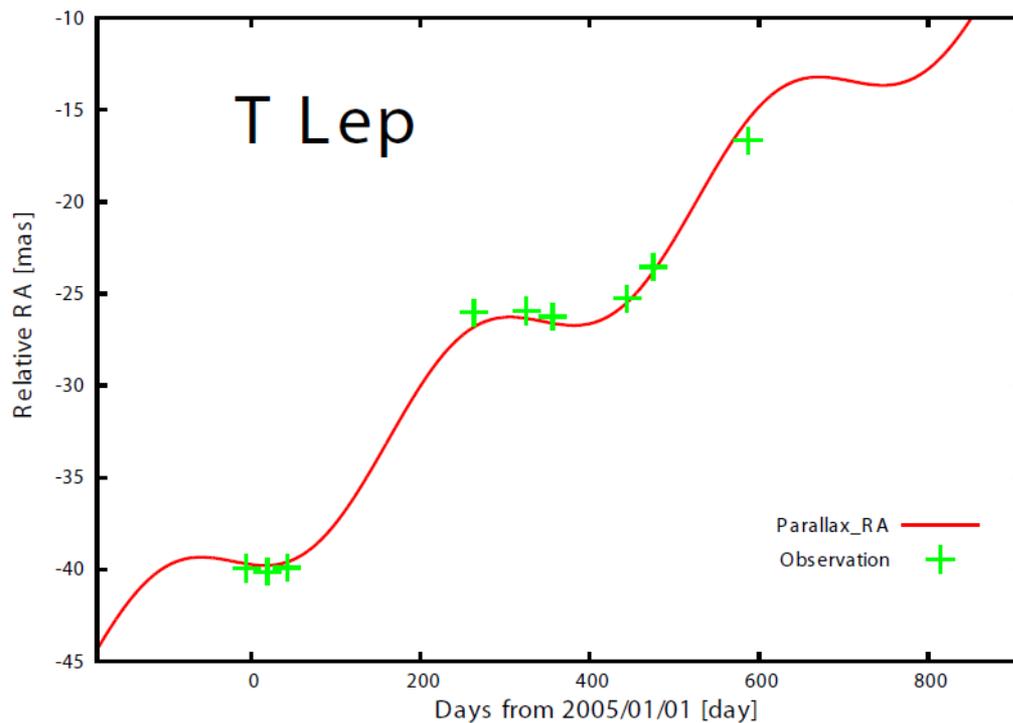
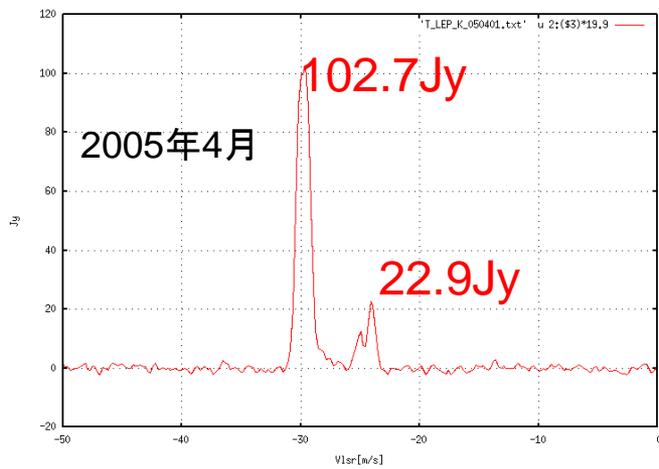
Parallax R UMa

- 変光周期 301日 (LogP=2.48)
- 年周視差 $1.72 \pm 0.09 \text{ mas}$ (予備的結果)
- 1m望遠鏡による赤外線ライトカーブも得られている



Parallax of T Lep

- Parallax
 2.62 ± 0.33 mas
- ↓
- Distance
 381 ± 48 pc
- Pulsation period 368d
($\text{Log}P=2.57$)



検出された運動の赤経成分

Parallax RX Boo

■ 2008年4月より10観測を実施

・メーザー源: RX-Boo

ra = 14h24m11.6206s;
dec = +25d42'12.909";

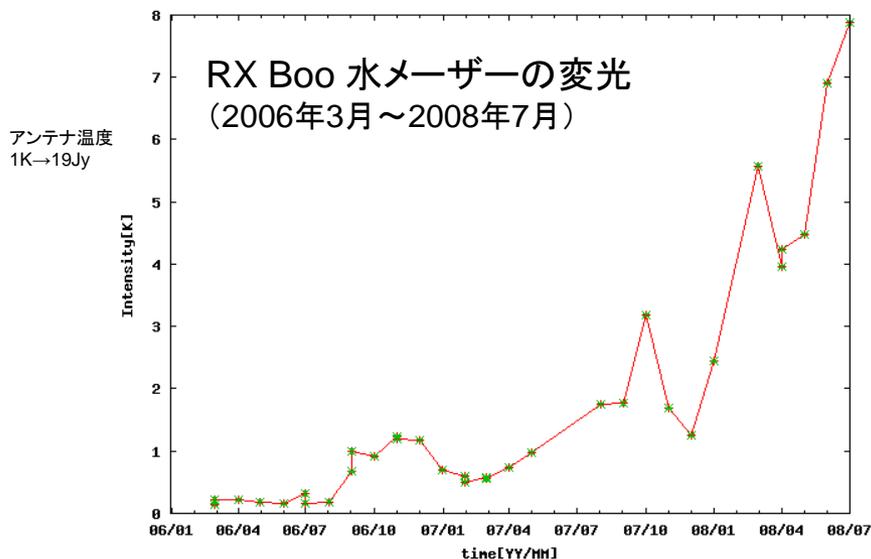
・参照電波源: J1419+2706

ra = 14h19m59.297092s;
dec = +27d06'25.55295";

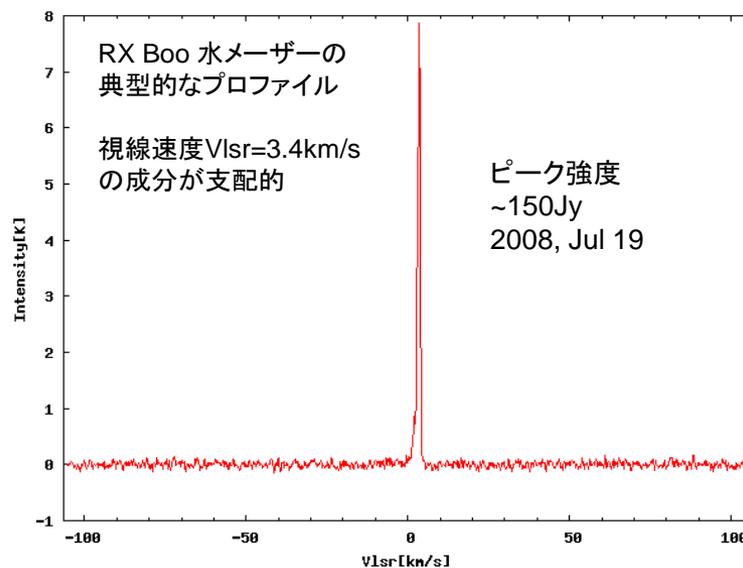
・離角 1.69度

#	code	yr	Mon	Day
01	r08121a	2008	Apr	30
02	r08149a	2008	May	28
03	r08162a	2008	Jun	10
04	r08197a	2008	Jul	15
05	r08315b	2008	Nov	10
06	r08342b	2008	Dec	7
07	r09010b	2009	Jan	10
08	r09035a	2009	Feb	4
09	r09071c	2009	Mar	12
10	r09125a	2009	May	5

H2O maser's Light Curve



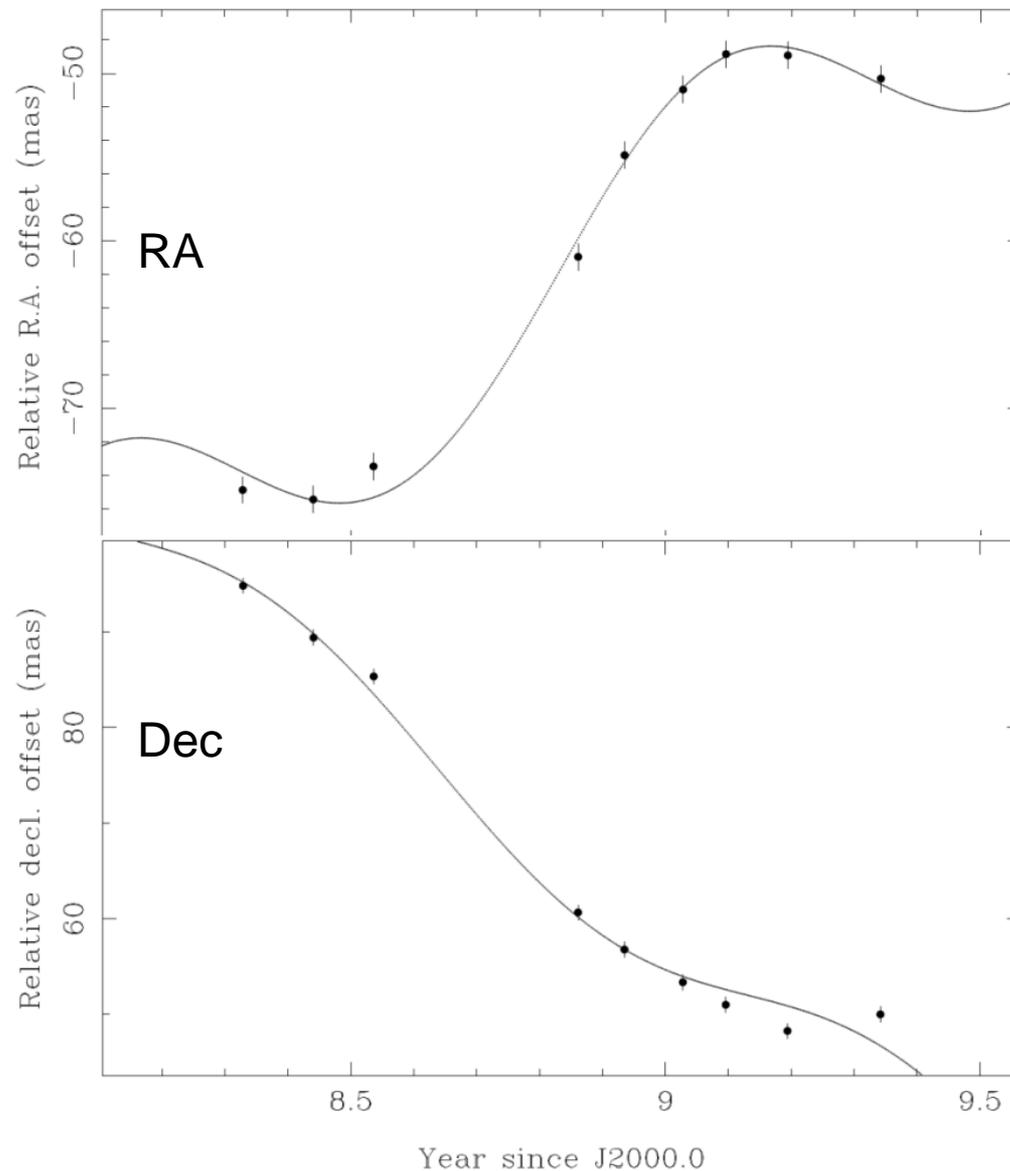
H2O Maser's Spectrum of 2008/07/19



Parallax RX Boo

- Parallax = 7.14 ± 0.38 mas
- Distance = 140.0 ± 7.4 pc
- 固有運動 (μ_x, μ_y)
= $(23.4 \pm 0.9, -48.0 \pm 0.8)$ mas/yr
- Hipparcosカタロの固有運動 (μ'_x, μ'_y)
= $(21.7 \pm 0.9, -49.7 \pm 0.5)$ mas/yr

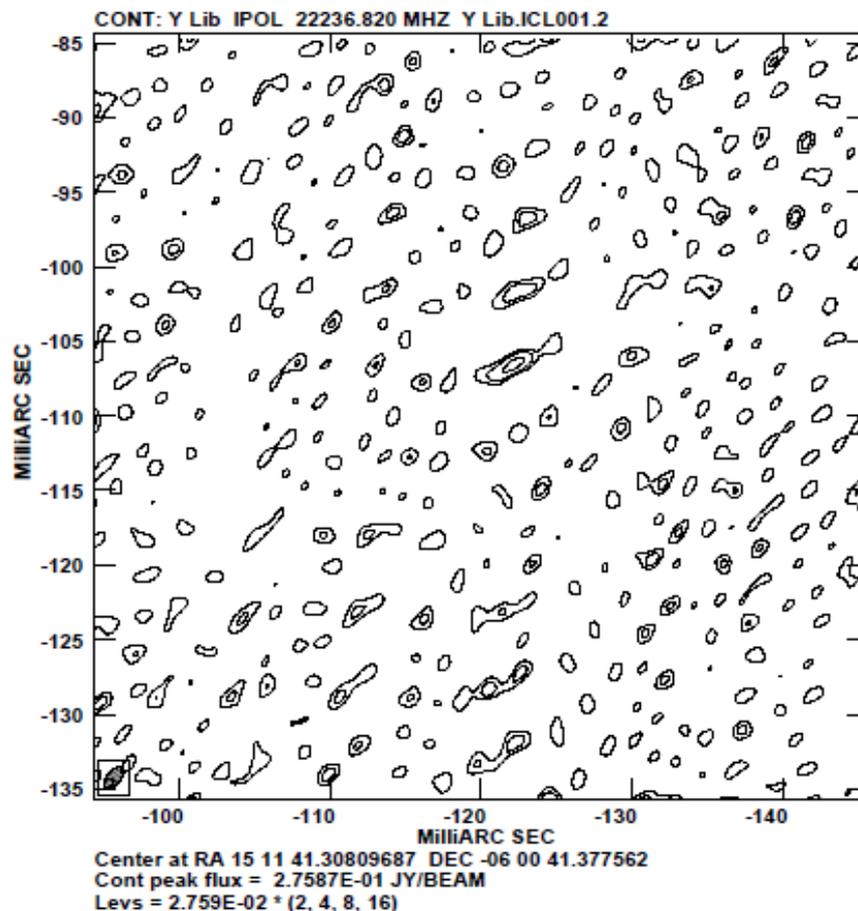
- メーザーの内部固有運動はまだ評価していないが、誤差の範囲内でVERAとHipparcosの固有運動計測結果は一致している。



その他 位相補償イメージ

- Y Lib
- Period 276d (LogP=2.44)
- Peak = 280mJy/beam

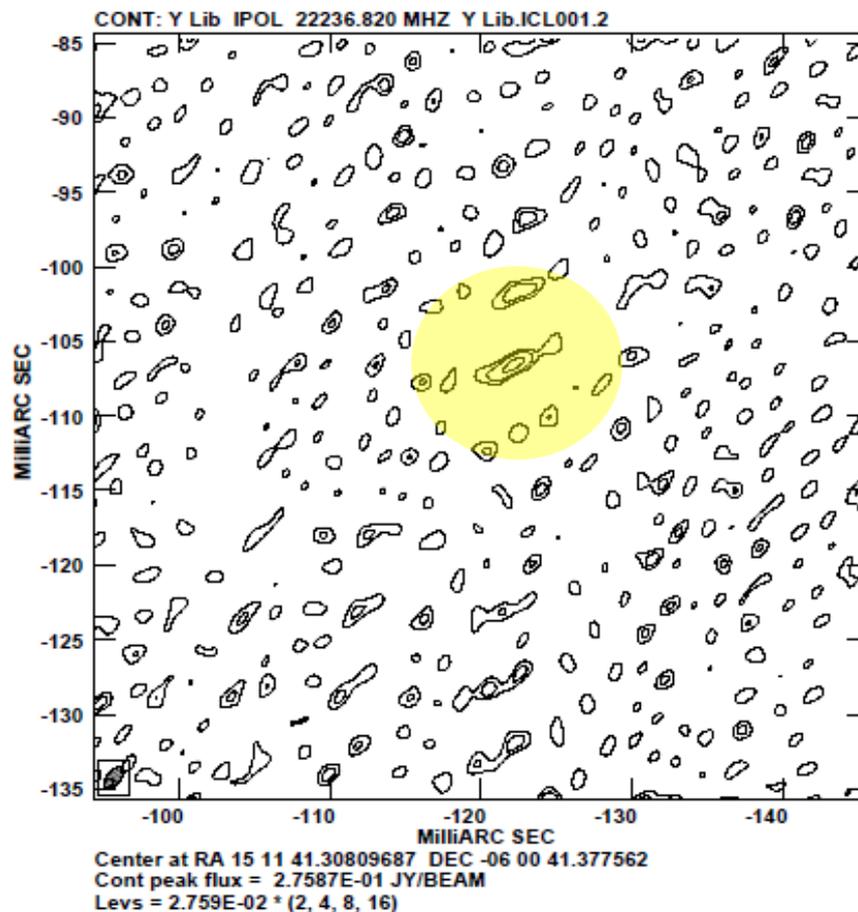
r08043b 08/02/12
r08067b 08/03/07
r08095b 08/04/04
r08127a 08/05/06
r08160a 08/06/08
r08195a 08/07/13
r08312b 08/11/03
r09008a 09/01/08 7.25E-01
r09034a 09/02/03 1.6315E+00
r08069b 09/03/09 2.2997E+00
r09144b 09/05/24 3.3053E+00



その他 位相補償イメージ

- Y Lib
- Period 276d (LogP=2.44)
- Peak = 280mJy/beam

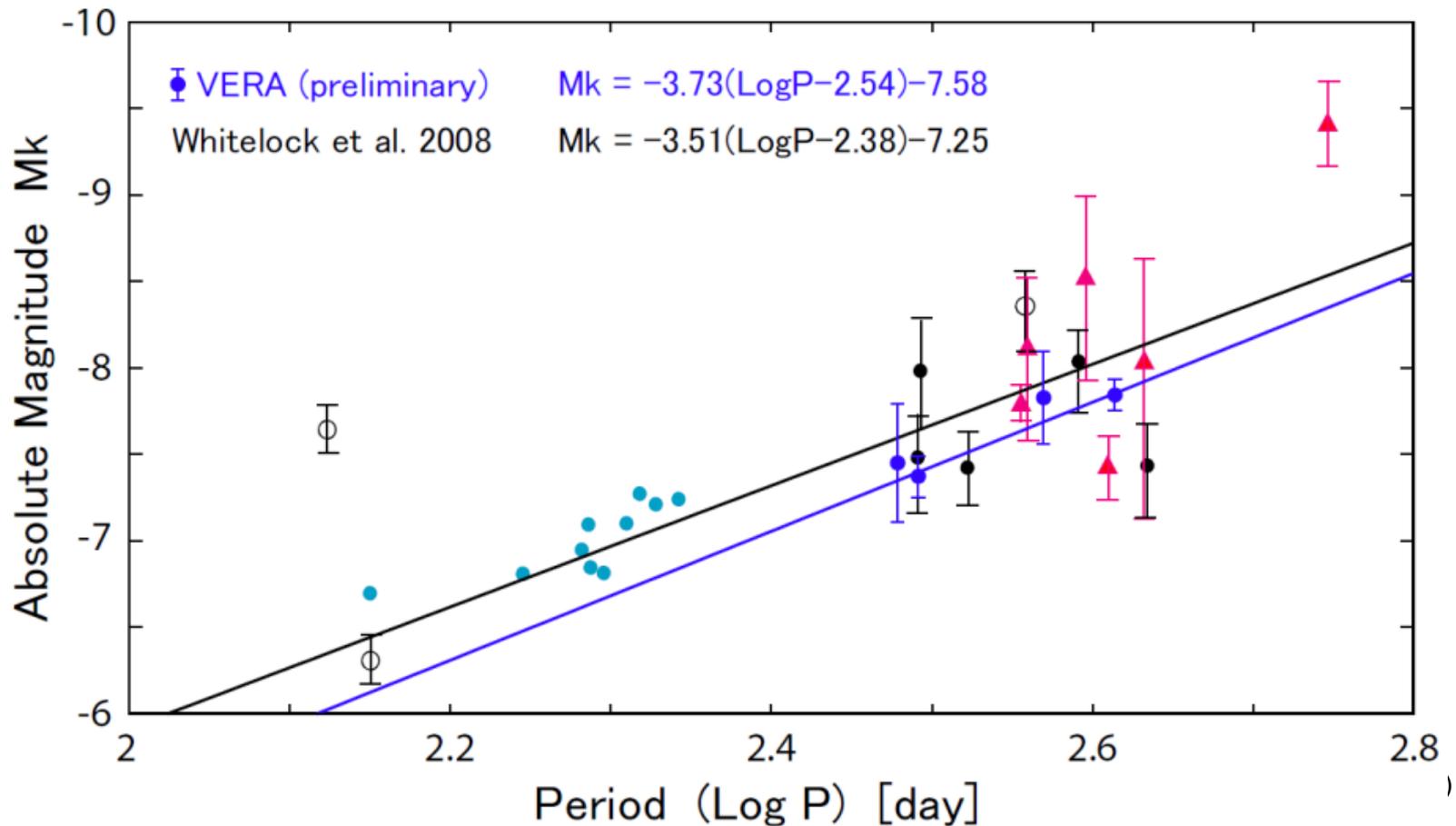
r08043b 08/02/12
r08067b 08/03/07
r08095b 08/04/04
r08127a 08/05/06
r08160a 08/06/08
r08195a 08/07/13
r08312b 08/11/03
r09008a 09/01/08 7.25E-01
r09034a 09/02/03 1.6315E+00
r08069b 09/03/09 2.2997E+00
r09144b 09/05/24 3.3053E+00



PL-relation of the Galactic Mira variables

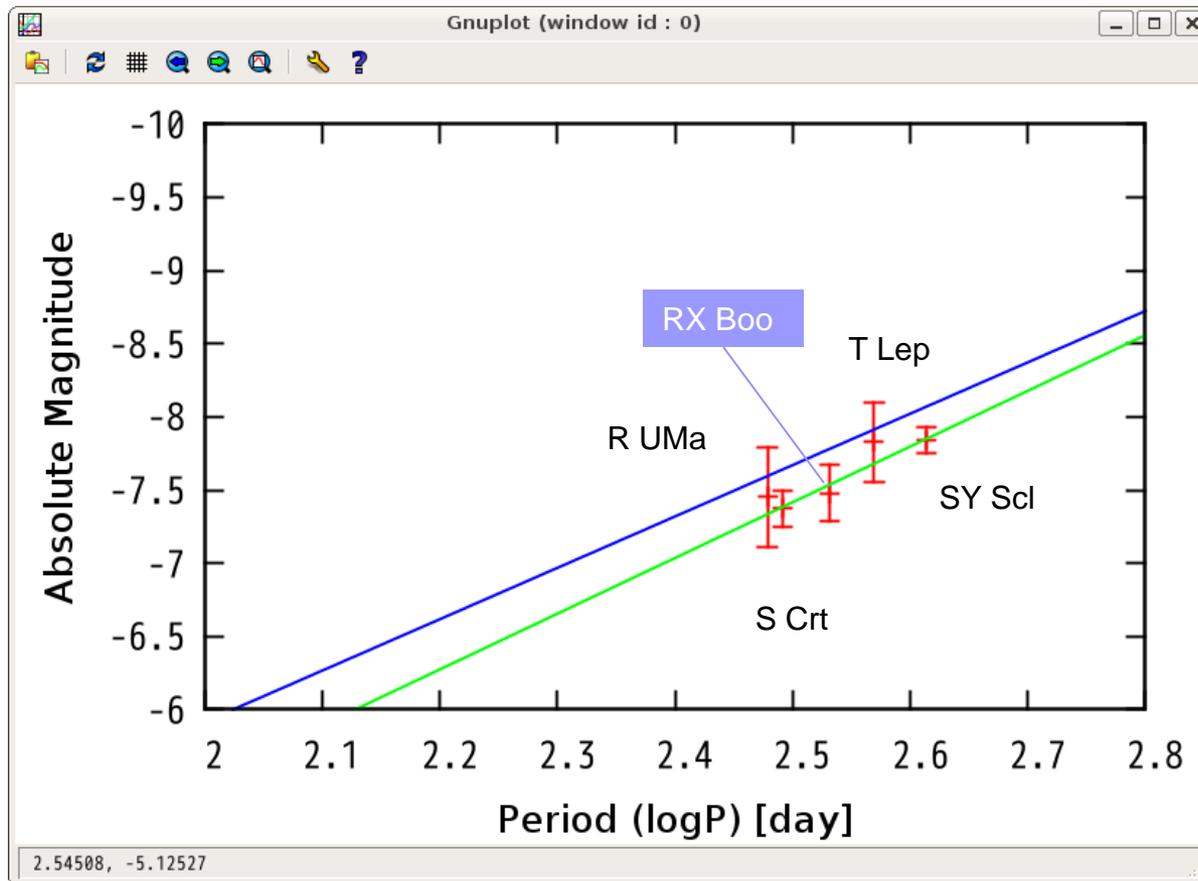
(preliminary, Weighted least-squares fit)

- Source : SY Scl, T Lep, R UMa, S Cr^t* (* Semiregular)



PL-relation of the Galactic Mira variables (preliminary, Weighted least-squares fit)

- Source : **RX Boo**, SY Scl, T Lep, R UMa, S Crt



Miras in VERA Catalog

■ VERA catalog (~300 Galactic sources)

- 昨秋、VERAでは今後5年で周視差計測を行う天体をVERAカタログとして定義
- 40天体のミラ型変光星を含んでいる
- 観測周波数は22GHz; 水メーザー
- サンプル中の変更周期は 215 日 (LogP=) ~ 654 日 (LogP=) をカバーしている。

< 40 Mira Variables >

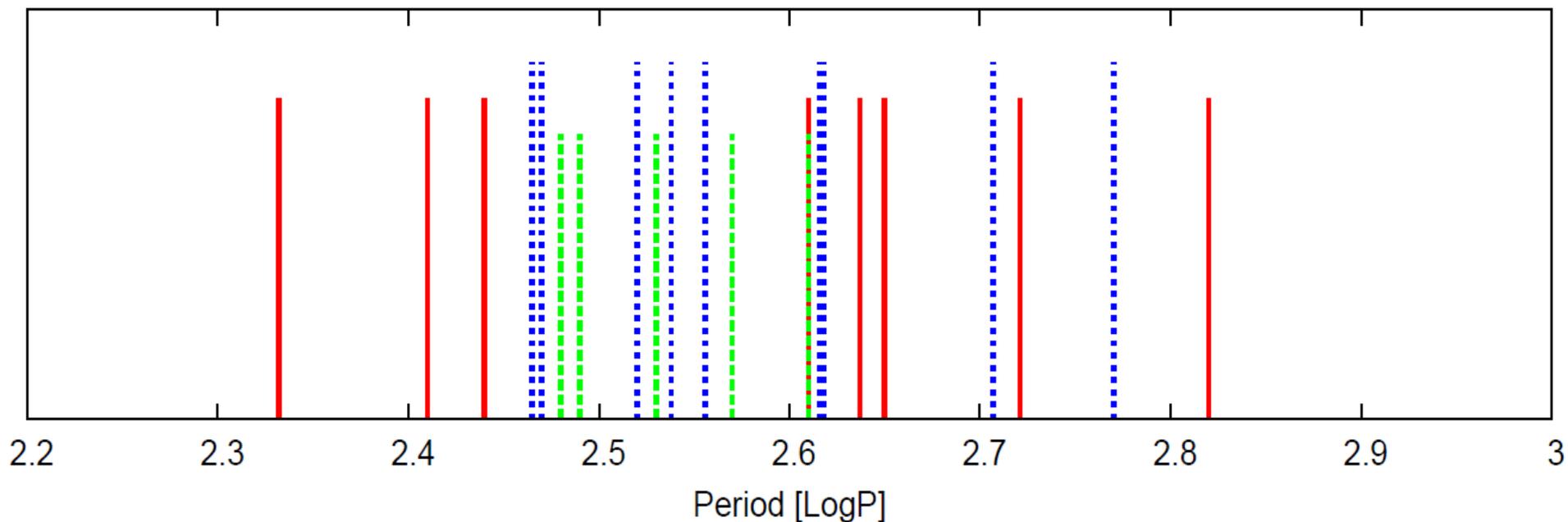
Y Cas, V524 Cas, omi Cet, IK Tau, R Tau, U Ori,
GX Mon, S Gem, X Hya, VX UMa, T UMa,
V2108 Oph, AH Oph, RW Lyr, R Aql, YZ Dra, RT Aql,
BR Del, UU Peg, KZ Peg, R Cas, V Cam, U Lyn,
R Cnc, IW Hya, R Leo, U Cvn, T Com, RU Hya,
RS Vir, S Crb, S Ser, WX Ser, SW Lib, FS Lib,
R Dra, IRC+10374, IRC-20540, R Peg, RY And

(赤字は08年から09年にかけて新規に観測を開始した天体)

New Observations 2009.Sep~

- Period Distribution of AGB stars

Period distribution of AGB project sources (A.Nakagawa_090818)



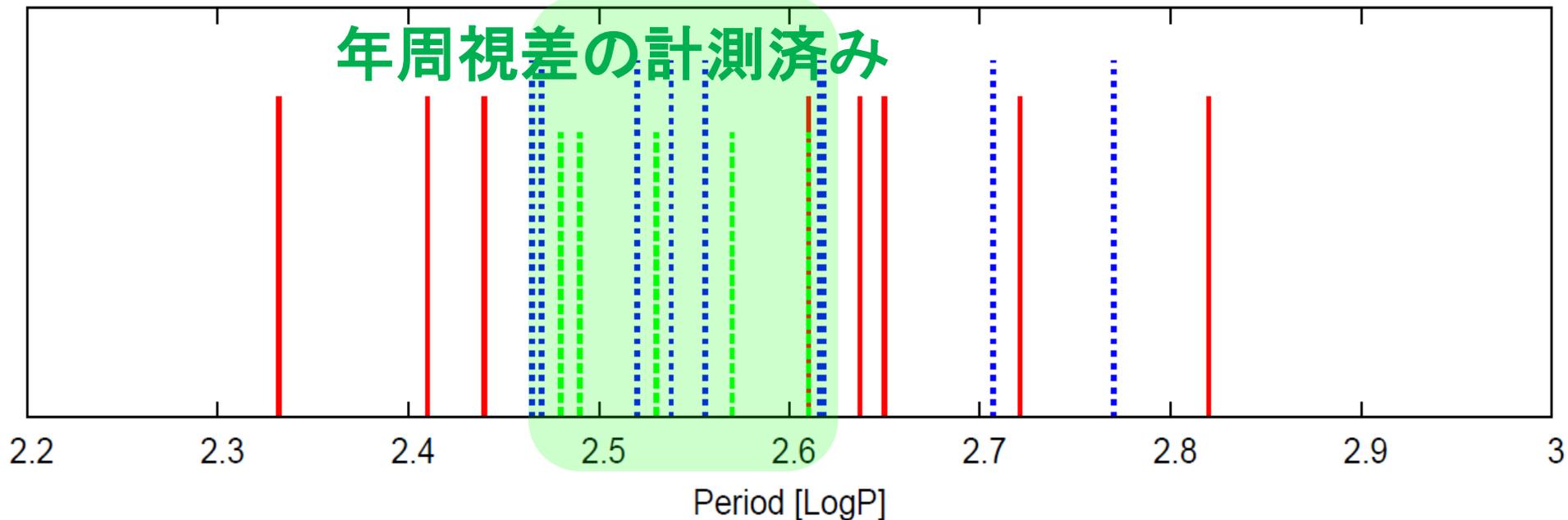
"mira_analysis.dat" u 8:3 — 解析中
"mira_done.dat" u 8:3 - - 視差計測済み
"mira_new.dat" u 8:3 . . . 新規観測

New Observations 2009.Sep~

■ Period Distribution of AGB stars

Period distribution of AGB project sources (A.Nakagawa_090818)

年周視差の計測済み

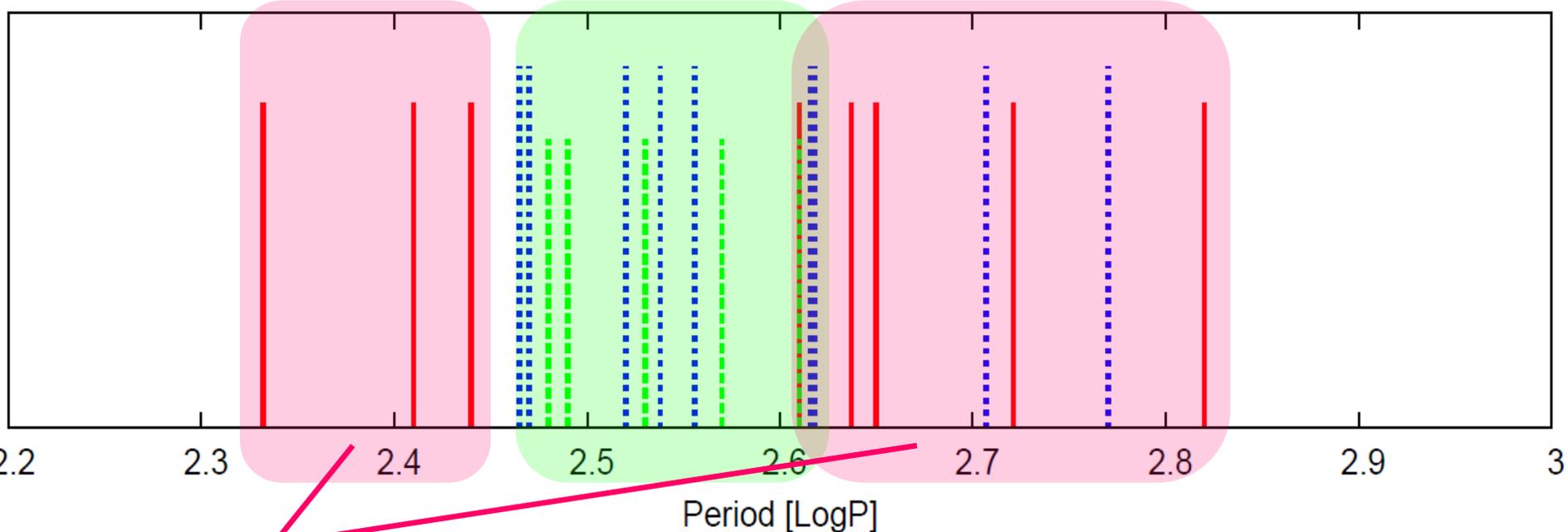


"mira_analysis.dat" u 8:3 — 解析中
"mira_done.dat" u 8:3 - - - 視差計測済み
"mira_new.dat" u 8:3 . . . 新規観測

New Observations 2009.Sep~

■ Period Distribution of AGB stars

Period distribution of AGB project sources (A.Nakagawa_090818)



データ解析中

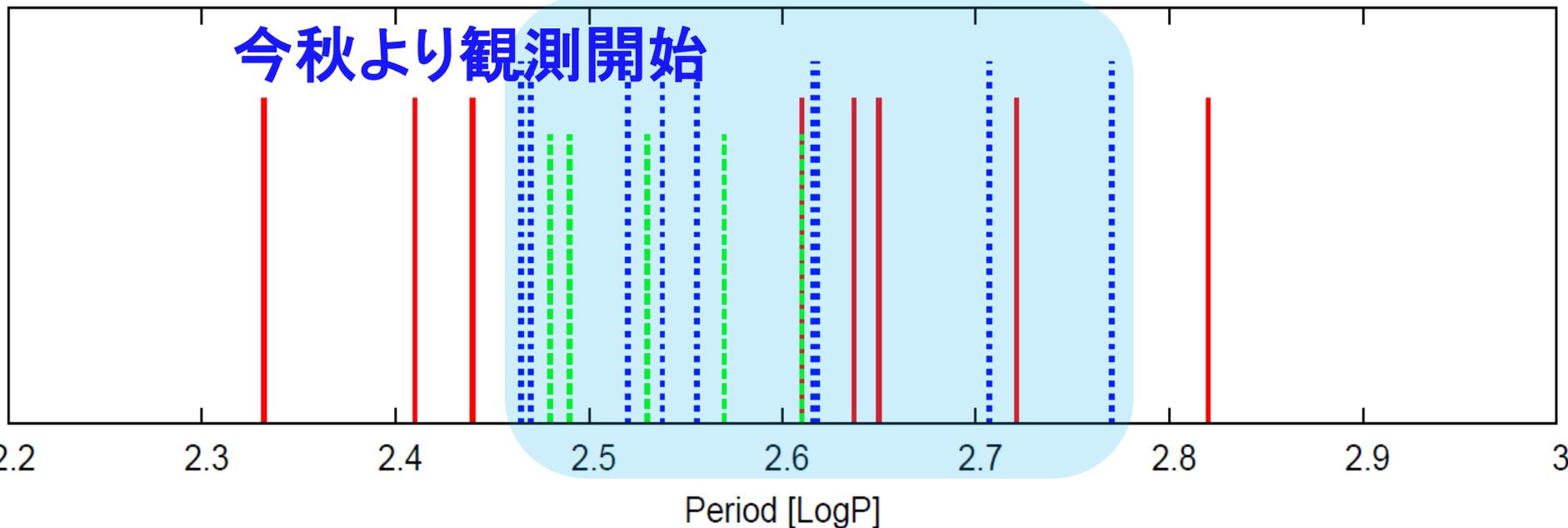
"mira_analysis.dat" u 8:3 — 解析中
"mira_done.dat" u 8:3 - - - 視差計測済み
"mira_new.dat" u 8:3 . . . 新規観測

New Observations 2009.Sep~

■ Period Distribution of AGB stars

Period distribution of AGB project sources (A.Nakagawa_090818)

今秋より観測開始



"mira_analysis.dat" u 8:3 — 解析中
"mira_done.dat" u 8:3 - - 視差計測済み
"mira_new.dat" u 8:3 . . . 新規観測

Discussion、Future Work

< Difficulties in parallax determination >

■ Parallax measurement

- メーザーの寿命：~1month
- 構造の変化と運動の切り分け → 内部運動から評価
- メーザーが持つ加速運動の扱い → 内部運動から評価
- 解析のスピードアップ → VEDAの活用
- SiOメーザーの利用(43GHz 観測)

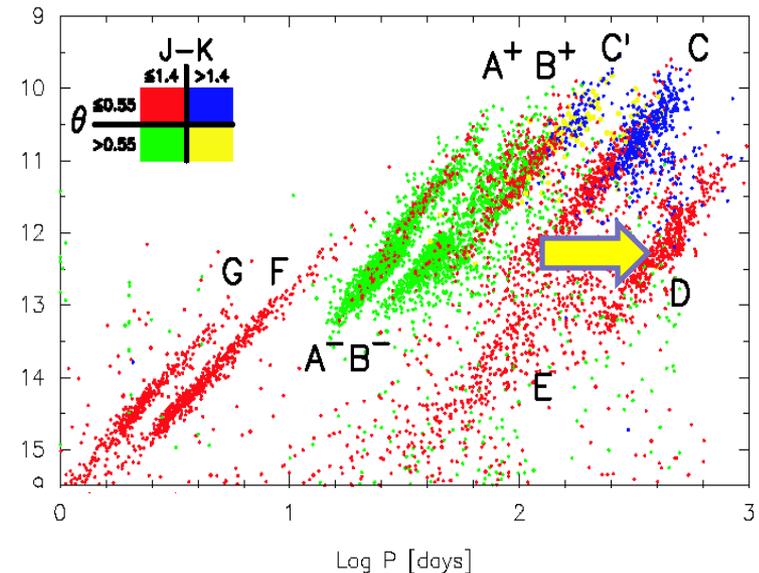
■ Apparent magnitude

- 減光の補正
- 実施等級 m_k の誤差

Discussion、Future Work

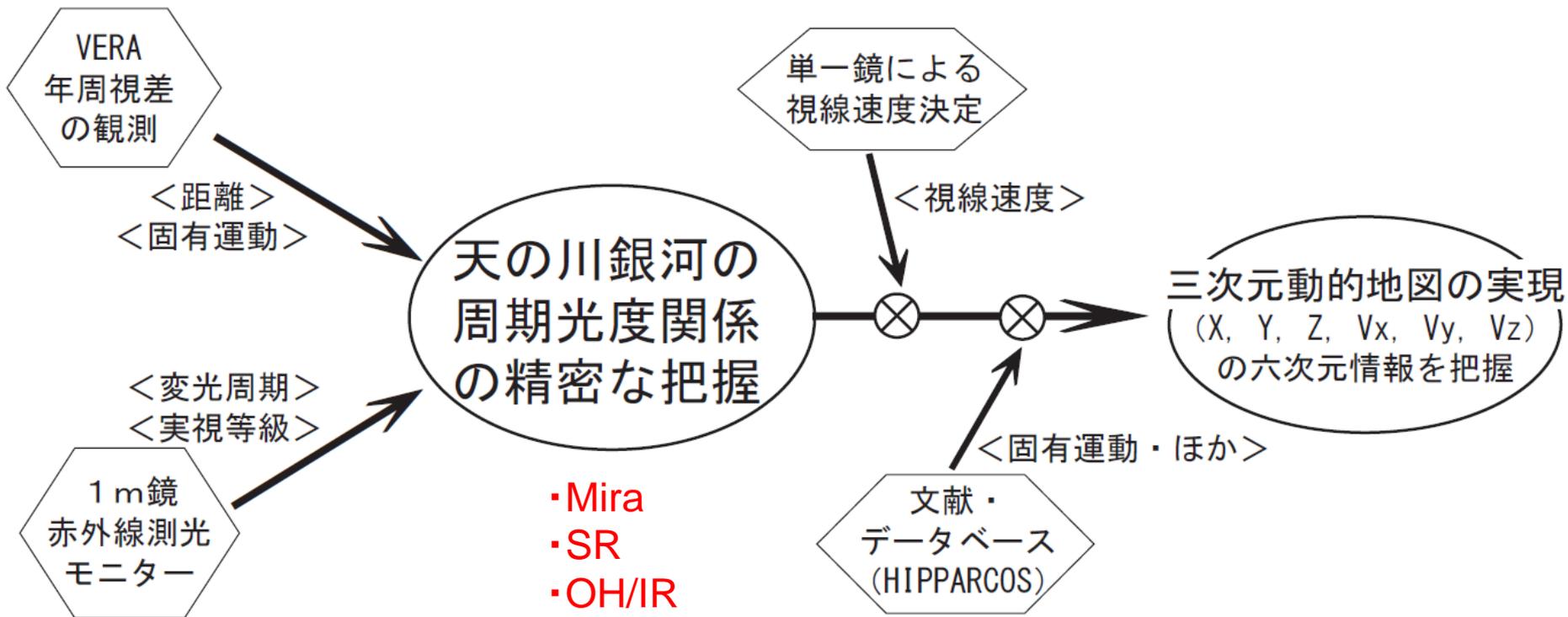
< Scientific application >

- Calibration of the distance ladder
- Distance estimator using SR & OH/IR star masers
- Stellar evolution : SR \rightarrow Mira ???
 - Kinematics from revised HIPPARCOS catalog
 - Semiregular variables have masers



Discussion、Future Work

■ 3-D Velocity Field of AGB Stars



Revised Hipparcos Catalog

- 12万天体
- 7000天体の変光星
- 固有運動と年周視差
- 衛星の姿勢等の扱いを改良
 - 固有運動、年周視差の精度改善
- AGB星
 - Mira ~230天体
 - SR ~210天体
 - OH/IR —

