

## 非常に長い周期を持つ変光星の位置天文観測の検討

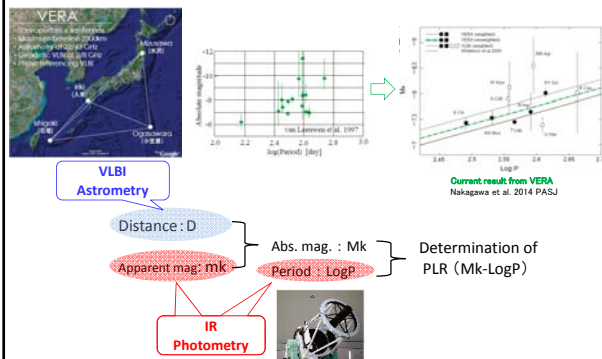
中川亜紀治 (Kagoshima university)  
nakagawa@sci.kagoshima-u.ac.jp

- ・天の川銀河のミラ型変光星に対する周期光度関係 (Period-Mk relation)
- ・電波干渉計VERAを用いた位置天文VLBI観測
- ・直接の観測対象は星周の水メーザー (及びSiOメーザー)
  - 10天体の計測に基づいた周期光度関係 (Period-Mk relation)
- ・500日を超える長い変光周期の周期光度関係 (Period-Mk relation)
- ・LSP天体やOH/IR星に対する水メーザー探査
  - 例: OH/IR星 QX Pup の観測
  - ・水メーザーの位置天文観測
  - ・Kバンド測光モニター → 変光周期の検出



## Current purpose: 天の川銀河ミラ型変光星 周期光度関係の確立

位置天文に基づいたミラ型変光星の周期光度関係の確立

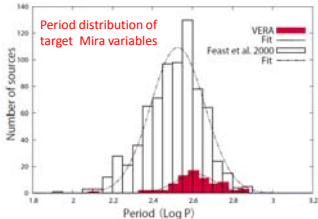


## VERAを用いたVLBI 位置天文

Measurement of annual parallax using water maser emission.



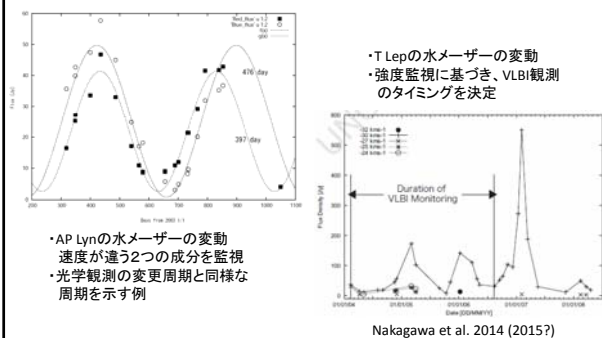
- ・Single-dish monitoring and surveys at IRIKI.
- ・VLBI monitoring using with VERA.



Name	P	LogP	Type
SV Scl	415	2.62	Mira
WX Psc	660	2.82	Mira
RU Ari	354	2.55	SR
T Lep	368	2.57	Mira
BW Cam	---	---	Mira
RW Lep	150	2.18	SR
BX Cam	454	2.66	Mira
U Ori	368	2.57	Mira
AP Lyn	450	2.65	Mira
U Lyn	434	2.64	Mira
GX Mon	527	2.72	Mira
Z Pup	509	2.71	Mira
QX Pup	---	---	Mira
R Cnc	362	2.56	Mira
X Hya	301	2.48	Mira
R UMa	302	2.48	Mira
S Crv	155	2.19	SR
VX UMa	215	2.33	Mira
T UMa	257	2.41	Mira
RS Vir	354	2.55	Mira
FV Boo	340	2.53	SR
W Hya	361	2.56	Mira
RX Boo	278	2.44	SR
Y Lib	276	2.44	Mira
S CyB	360	2.56	Mira
SW Lib	292	2.47	Mira
FS Lib	415	2.62	Mira
IRC+10374	---	---	Mira
IRC-20540	510	2.71	Mira
SV Aql	356	2.55	Mira
SV Peg	145	2.16	SR
R Aqr	390	2.59	Mira

## VERA入来局での単一鏡モニター観測

- ・H2O メーザーの長期監視
- ・観測頻度 ~1ヶ月間隔



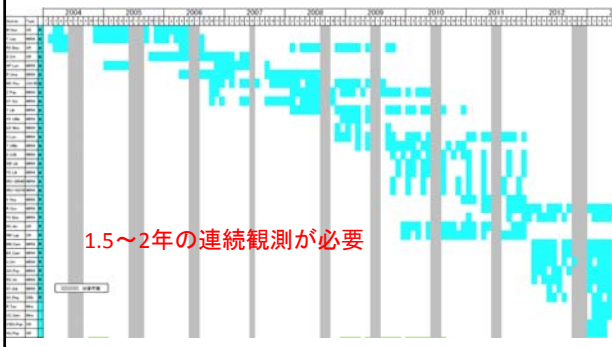
- ・AP Lynの水メーザーの変動 速度が違う2つの成分を監視
- ・光学観測の変更周期と同様な周期を示す例

- ・T Lepの水メーザーの変動
- ・強度監視に基づき、VLBI観測のタイミングを決定

Nakagawa et al. 2014 (2015?)

## VERAによるモニターVLBI観測

- ・Phase referencing observation of H2O and SiO maser
- ・Typical monitoring duration 1.5~2yr



1.5~2年の連続観測が必要

## VLBIによる星周ガスの計測例:T Lep

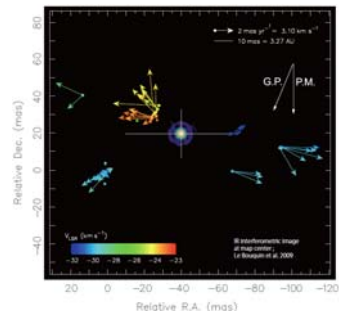
<年周視差 3.06 mas;VERA>

- ・星の半径  
2.9 mas → 0.95 AU (205 R<sub>0</sub>)
- ・分子シエルの半径  
7.5 mas → 2.45 AU (527 R<sub>0</sub>)

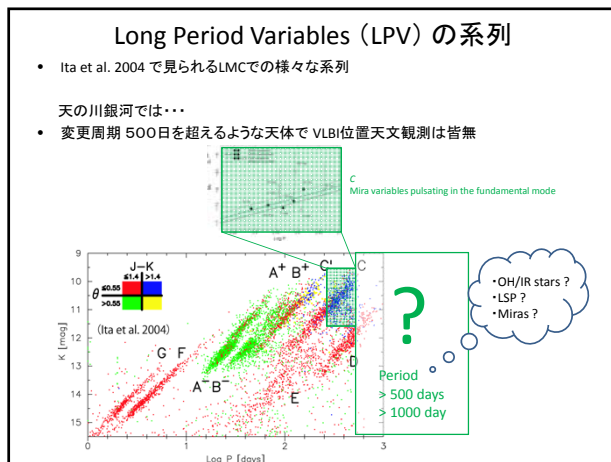
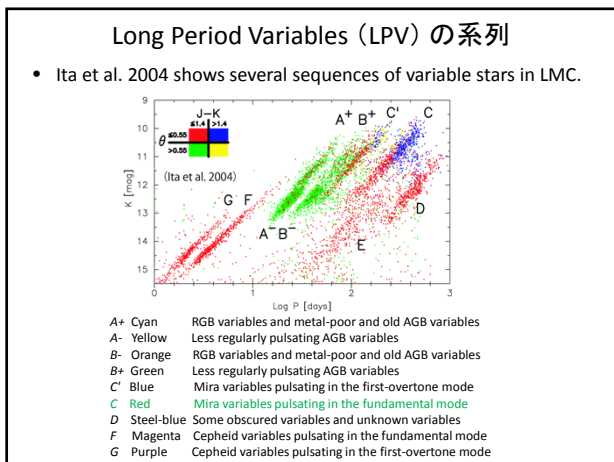
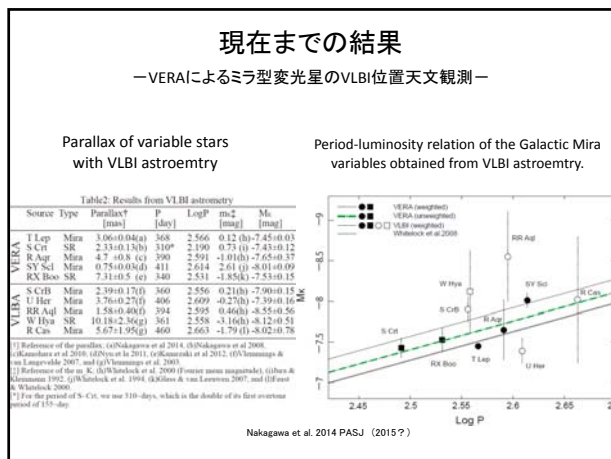
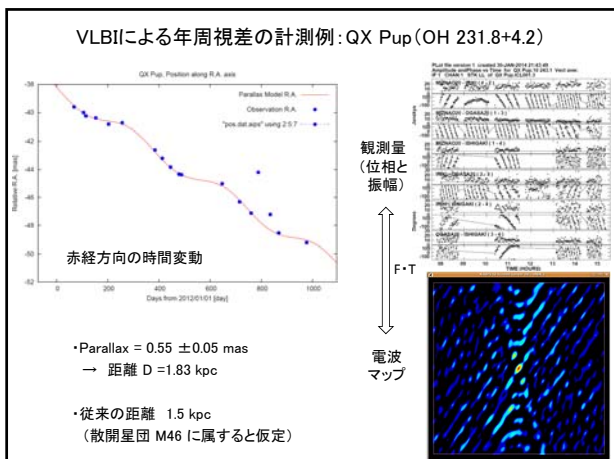
Le Bouquin et al. 2008

- <年周視差 5.95 mas, Hipparcos>
- ・星の半径  
2.9 mas → 0.5 AU (100 R<sub>0</sub>)
- ・分子シエルの半径  
7.5 mas → 1.25 AU (270 R<sub>0</sub>)

※ Hipparcosによる年周視差 1.37 ± 1.44 mas



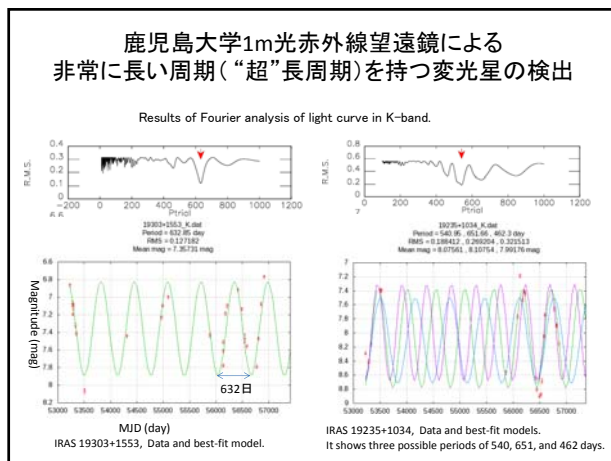
T Lepのメーザー分布と運動 (Nakagawa et al. 2014 (2015?))



### 観測的研究の検討

- OH/IR 星は長い周期を示す傾向
- 変光周期が分かっていない多くの OH/IR 星  
stars whose pulsation period are not determined.
- 同じ年周視差(距離)が分かっていない多くの OH/IR 星
- それらは周期光度関係を示すのだろうか
- 周期が1000日を超えるような領域の関係は
- Long secondary period (LSP) の原因
  - Reason of the periodicity
    - Pulsation? ...What kind of pulsation mode, mechanism?
    - Binary system? (Red giant with a low-mass companion, interaction with circum stellar matters.)
    - Symbiotic system?
    - Spotted star? (Dark spot on their photosphere.)

⇒ Parallax measurements of the stars give distances, free from any assumption of their properties, and it helps to deduce accurate physical parameters.



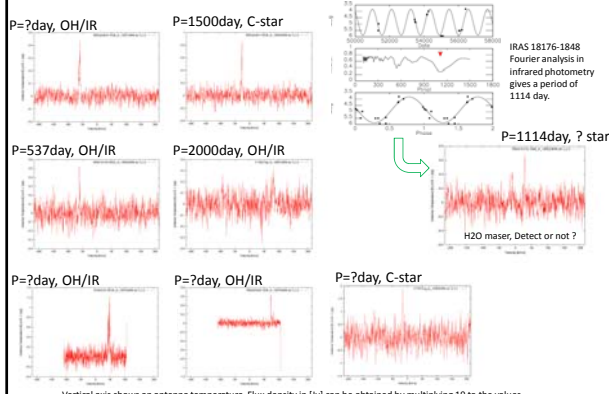
### 入来局での“超”長周期変光星水メーザーの探査

- ~280 candidate sources. (OH/IR, Carbon star, Mira, SR, LSP, IR source, ...)
- K-band variable star with period of ~1500 day found from 1m Kagoshima telescope.
- H<sub>2</sub>O maser survey at 22 GHz.
- Detection criterion : ~3 Jy
- Vlsr range : -200 < Vlsr < +200 km/s

ID	Name	Coordinate (J2000)	Name?	Comment	Period (day)	Intensity	Catalog
19	AK Tau	05 47 30.22 +27 08 12.4	SR	IRAS 05443+2707	568	6.5Jy	www.hawaii-hamburg.de
26	NGV 17351	07 07 49.38 +10 44 05.9	SRAS07054+1038	隠いけだ種出H2011年, OH/IR	15Jy		www.hawaii-hamburg.de
200	AK-Sun	17 14 17.82114 +32 19 30.7132	SRAS 17060+3215	SRAS 17060+3215, SRAS 17060+3215	714	20.5Jy	www.hawaii-hamburg.de
27	OH 355.857-0244	17 42 35.02 +30 05 41.9	入来星-隠いけだ種出, エンローにはある。(OH)SRAS 17-0244	13Jy		Kim et al 2010	
186	OH 12.3-02	18 13 08.8 +18 27 51	MSXCG 00122118-002307	Max.	26Jy		Kim et al 2010
30	SRAS18179-1848	18 20 36.7 +18 47 09	SRAS 18179-1848	SRAS 18179-1848	1114	15Jy	Kim et al 2013
4	OH 20.1-07	18 48 41.9 +05 50 39.3	V1302 Ag	SRAS 18480+0254, Mir/SMBAD1, NonDetectedOVO#2013	2000	12.0Jy	山P
13	OH 41.8-23	19 21 36.52 +09 27 56.5	SRAS 19192+0922	Maser/SMBAD1, NonDetectedOVO#2006	537	38Jy?	Ohtaka 2013
251	OH 57.5+1.88	19 31 45.8 +22 33 43	OH 57.5+1.88	Max.			Ohtaka 2013
86	V778 Cys	20 38 07.402 +40 05 28.15	OH 20 38 07.402	+40 05 28.15, CAJ&J 106 1			Oh 2010
40	SRAS 20403+3700	20 42 18.49 +37 11 41.0	20 42 18.49 +37 11 41.0	12 9 観測日2013年2月, 9Jy	126Jy		Oh 2010
256	OH 80.8-19	20 46 25.54 +40 06 59.4	NAL_Cys, V1489 Cys, IRC+4046E, Vn, M7-8		8Jy		CatalinaSurvey (CSDR2)
117	OH 83.4-09	20 50 57.7 +42 48 04	SRAS 20491+4238	Carbon Star/SMBAD1, OVOエンロー-隠い	1500	36Jy	www.hawaii-hamburg.de
134	CGS J212104+110912	21 31 04.10 +11 09 12.3	V+1137	PH495.00, Ansr243, UJ1 Peg	14Jy		www.hawaii-hamburg.de
18	OH And	23 19 58.880 +47 14 24.54	OH 23 19 58.880	+47 14 24.54, H, 82, 0	300Jy		www.hawaii-hamburg.de

15 detection

### “超”長周期変光星からの水メーザーの検出

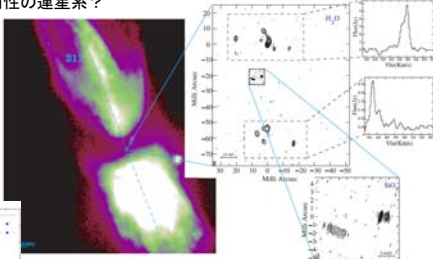


Vertical axis shows an antenna temperature. Flux density in Jy can be obtained by multiplying 19 to the values.

### QX Pup (OH 231.8+4.2) の電波と光による観測

- OH, SiO, H<sub>2</sub>O の各種メーザーの存在
- ダストやガスの双極流
- ミラ型変光星と主系列性の連星系?
- ショック領域
- 分子輝線
- 距離 1.5kpc で議論

Desmurs et al. 2007



VERAIによる観測  
Parallax  
= 0.55 ± 0.05 mas  
→ 距離 D = 1.83 kpc

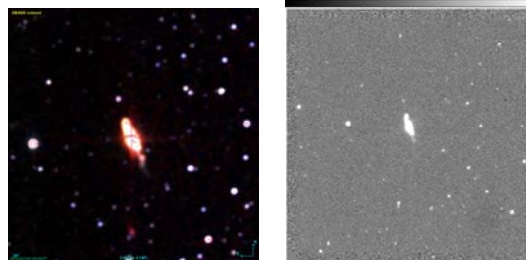
メーザーの運動を追跡、双極流の根元の様子を探る

size: 30" → 54500 au → 0.26 pc → 0.86 ly

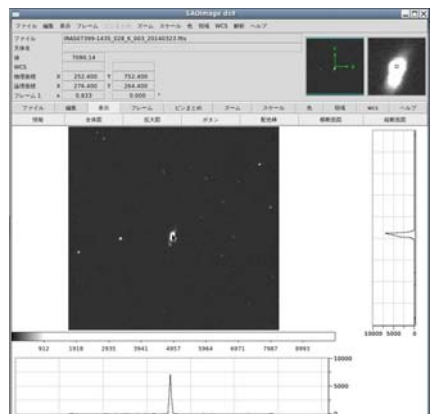
### QX Pup (OH 231.8+4.2) の電波と光による観測

- 変光周期得られていない。
- 鹿児島大学1m光赤外線によるKバンド測光モニター
- 星を分離できない
- ダストを丸ごと測光

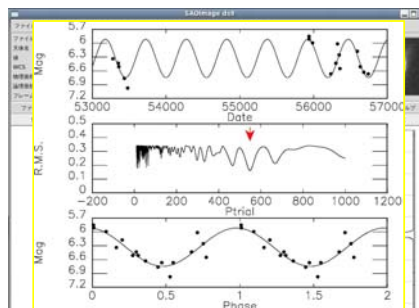
鹿児島大学1m鏡



### QX Pup (OH 231.8+4.2) の電波と光による観測



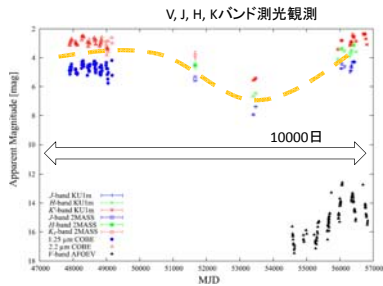
### QX Pup (OH 231.8+4.2) の電波と光による観測



- 変光周期 = 548 日
- 中心のミラ型変光星の脈動による変光が見えている?

ミラ型変光星 FV Boo のVLBI観測

- VERAにより年周視差が得られた
- 脈動周期 340日 のミラ型変光星
- これを大きく超える緩やかな変動  
→ 原因は？



まとめ

- <進めている活動>
- 天の川銀河のミラ型変光星に対する周期光度関係
  - 電波干渉計VERAを用いた位置天文VLBI観測
    - 10天体の計測に基づいた周期光度関係
    - 今後も継続、精度向上とPLRをベースとした展開
    - ミラ型変光星の銀河内分布、LMCの距離

- <検討中の内容>
- 500日を超える長い変光周期の周期光度関係
  - このような星の脈動(変光)の原因
  - LSP天体やOH/IR星に対する水メーザー探査と測光モニター
    - 新たな水メーザーの検出
    - OH/IR星 QX Pup の観測
      - 水メーザーの位置天文観測
      - Kバンド測光モニター → 変光周期の検出
  - VLBI位置天文の新たな観測対象

