

水メーザー観測による晩期型星 PZ Casの星周ガスの運動の測定

総合研究大学院大学 楠野 こず枝

ISAS/JAXA 朝木 義晴, 村田 泰宏



目次

1.概要

2.PZ Casについて

3.観測

VERAの観測諸元

4.結果

メーザーの空間分布、固有運動

5.まとめ



概要

VERAのアーカイブデータからPZ Casの解析を行い水メーザーのマップを初めて出した

膨張モデルを仮定し最小二乗フィッティングを行い、星周ガスの内部運動におけるメーザーの固有運動の算出と中心星の位置を推定した

年周視差計測のため位相補償の解析を行った



PZ Cassiopeiae

赤色超巨星、semi regular variable

光度変動間隔: 925 day

Spectrum type: M2-M4 I a

過去の H_2O , OHメーザーの観測ではスペクトルのみでマップは出ていない

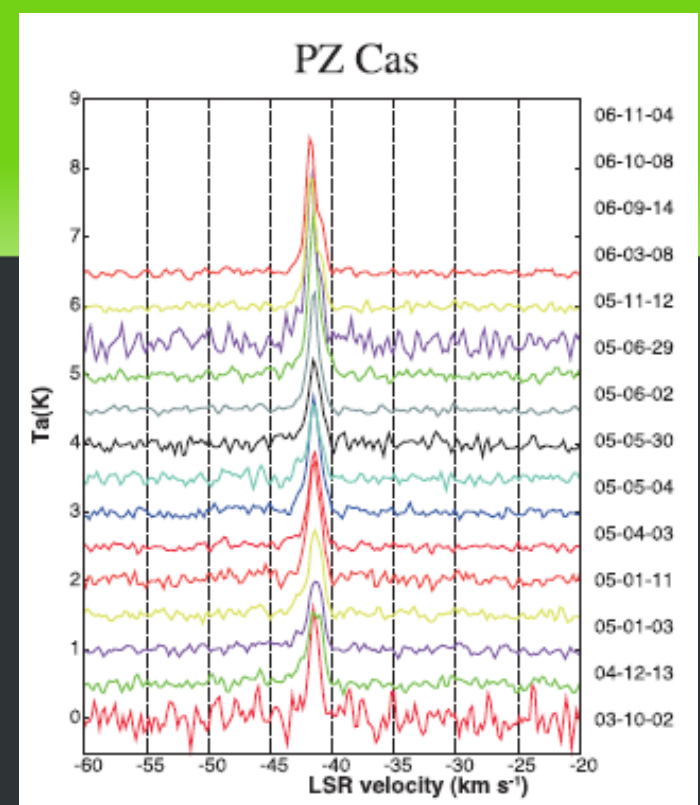
CAS OB5に属していると考えられている星

PZCasとCASOB5のsystemic velocityが近いことため距離2.5kpcを仮定した。

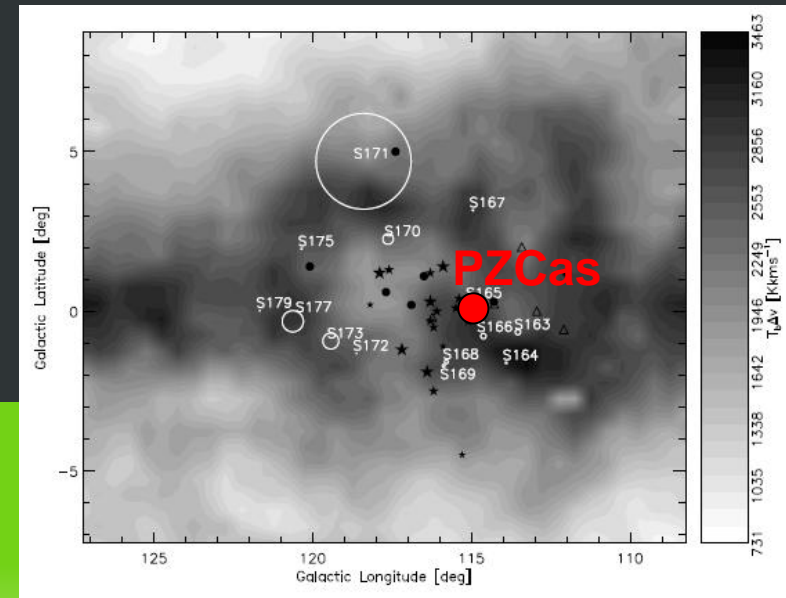
HIPPARCOS: 年周視差 -0.18 [mas]

固有運動 $\mu_\alpha = -3.52$ 、 $\mu_\delta = -3.55$

距離測定は行われていない状態



Shintani et al.(2008)



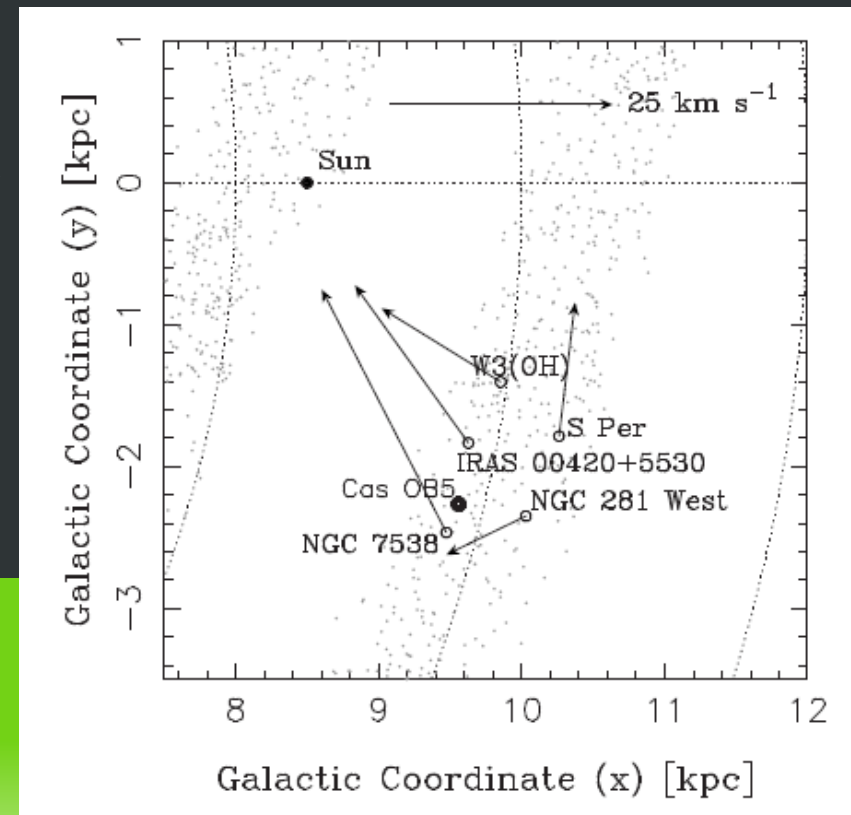
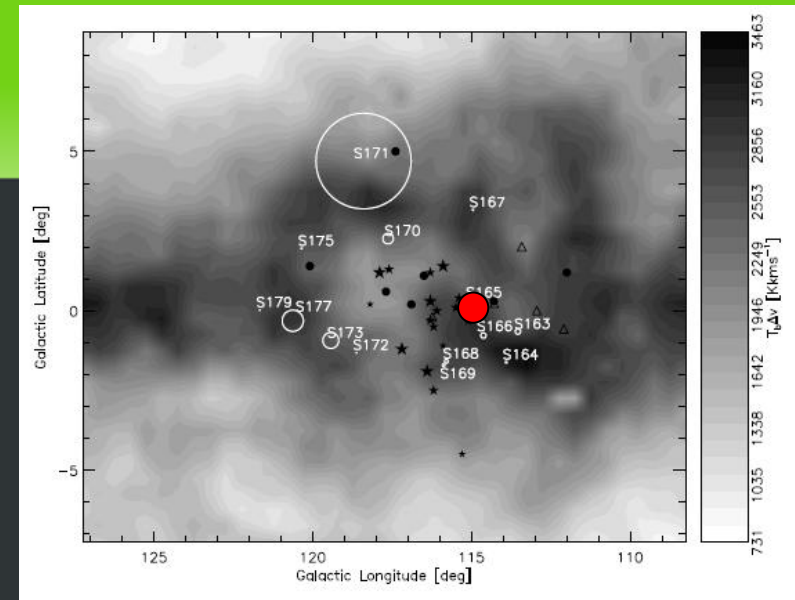
Moor&Kiss et al.(2003)

PZ Cassiopeiae

PZ CasがCas OB5に属しているなら Moor&Kiss et al. (2003)で見出されたsupershellに起因するような膨張運動が星の固有運動として観測することができる。

Asaki et al. (2010), Sato et al. (2008)と同様にペルセウスアーム上での特異運動を出すことができる。

そのためにも、PZ Casまでの距離と固有運動を出すことは重要



観測



観測諸元

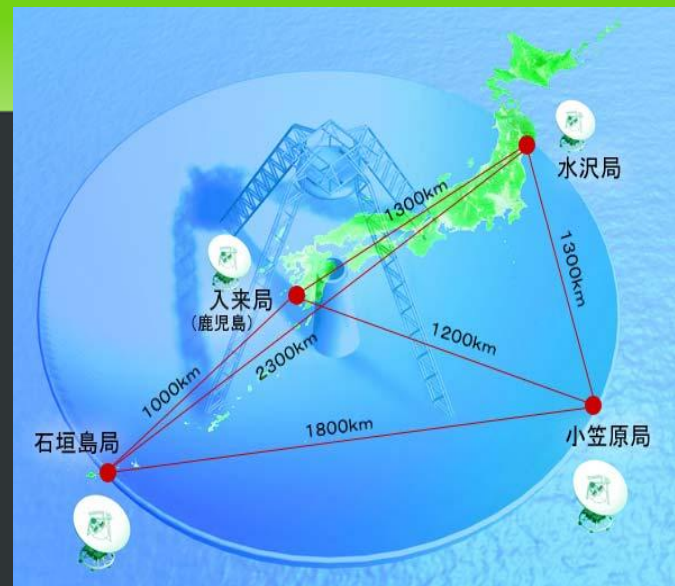
VERA:2ビーム 位相補償観測

2007年3月~12月 計6epoch

H₂O 6₁₆→5₂₃ transition

水メーザー源:PZ Cas

参照電波源:J2339+60 (離角:1.7°)



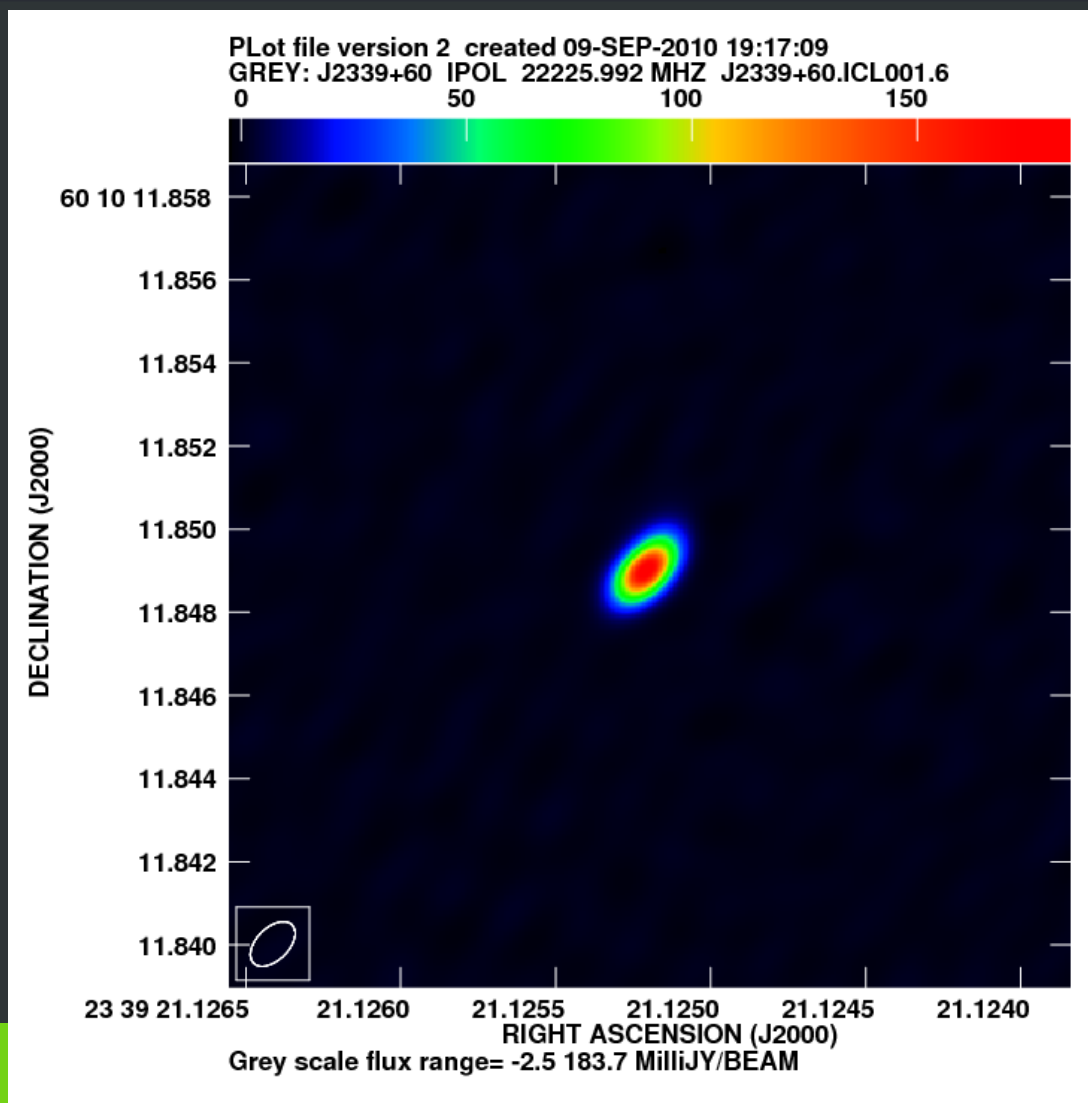
Epoch	Day	Duration[hr]	Beam size [mas]	P.A.[°]	使用データ	備考
A	Mar 22	8	1.42x0.74	-37.59	○	—
B	Apr 02	10	1.40x0.76	-53.04	○	—
C	Jul 25	10	-	-	×	参照天体のSNが悪い
D	Sep 19	10	-	-	×	入来局のデータがないため
E	Nov 07	10	1.53x0.78	-38.68	○	—
F	Dec 22	10	1.33x0.85	-39.48	○	—

参照電波源：J2339+60

163~183 [mJy/beam]

(SNR=309~411)

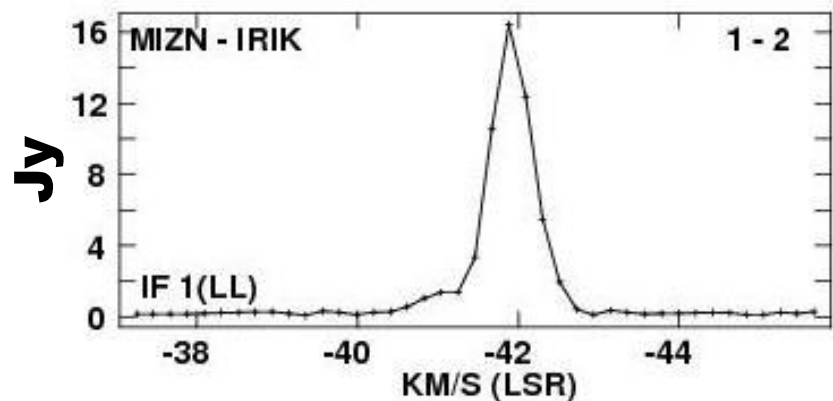
構造は非常にコンパクト



結果



メーザーの空間分布

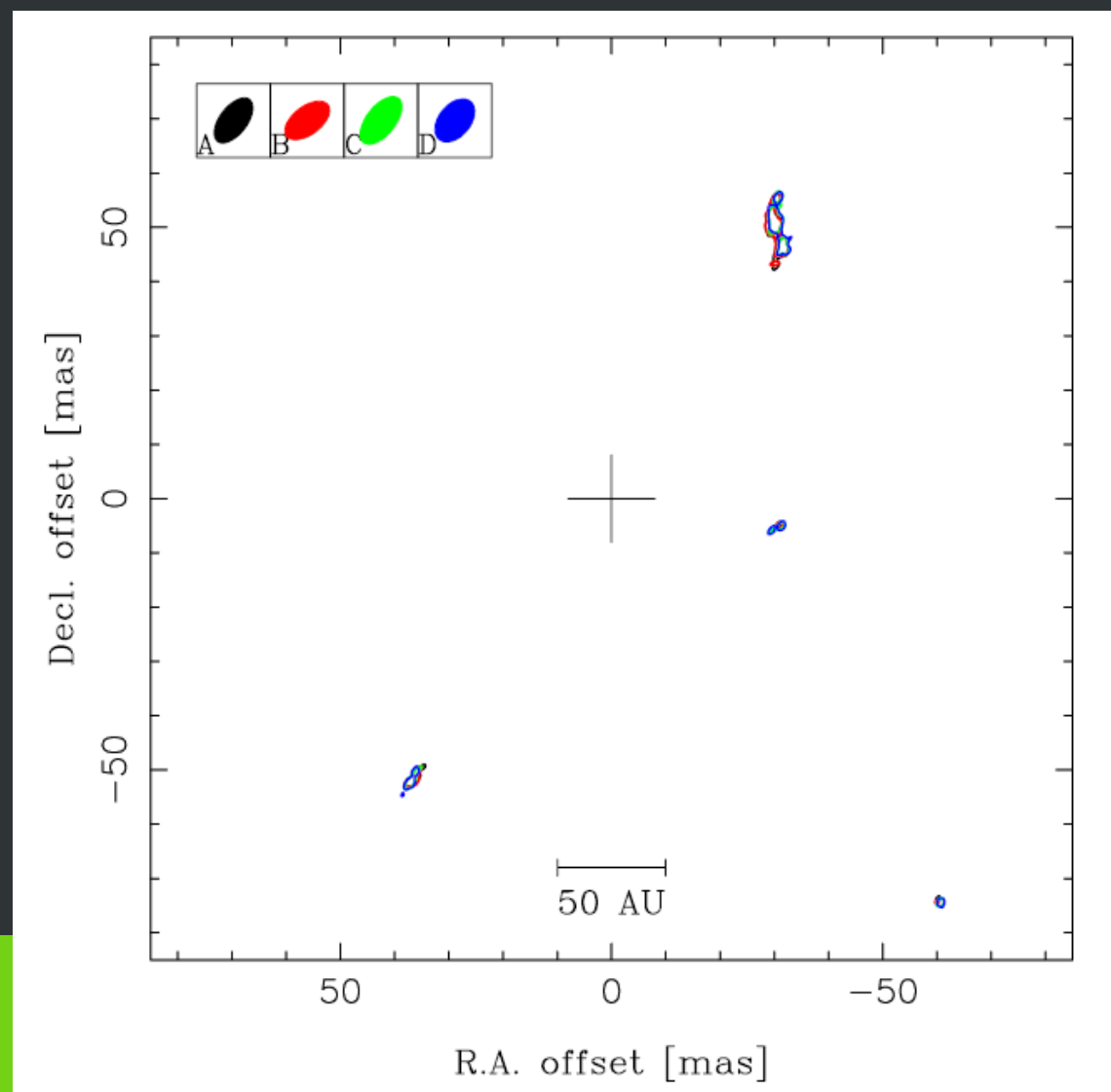


視線速度：-40～-43 km/s

主だったメーザーは北西と南東に分布しており、他のメーザーは弱い

フィーチャー：8～11個

50AUはPZ Casまでの距離2.5kpcを仮定したときのlinear scale



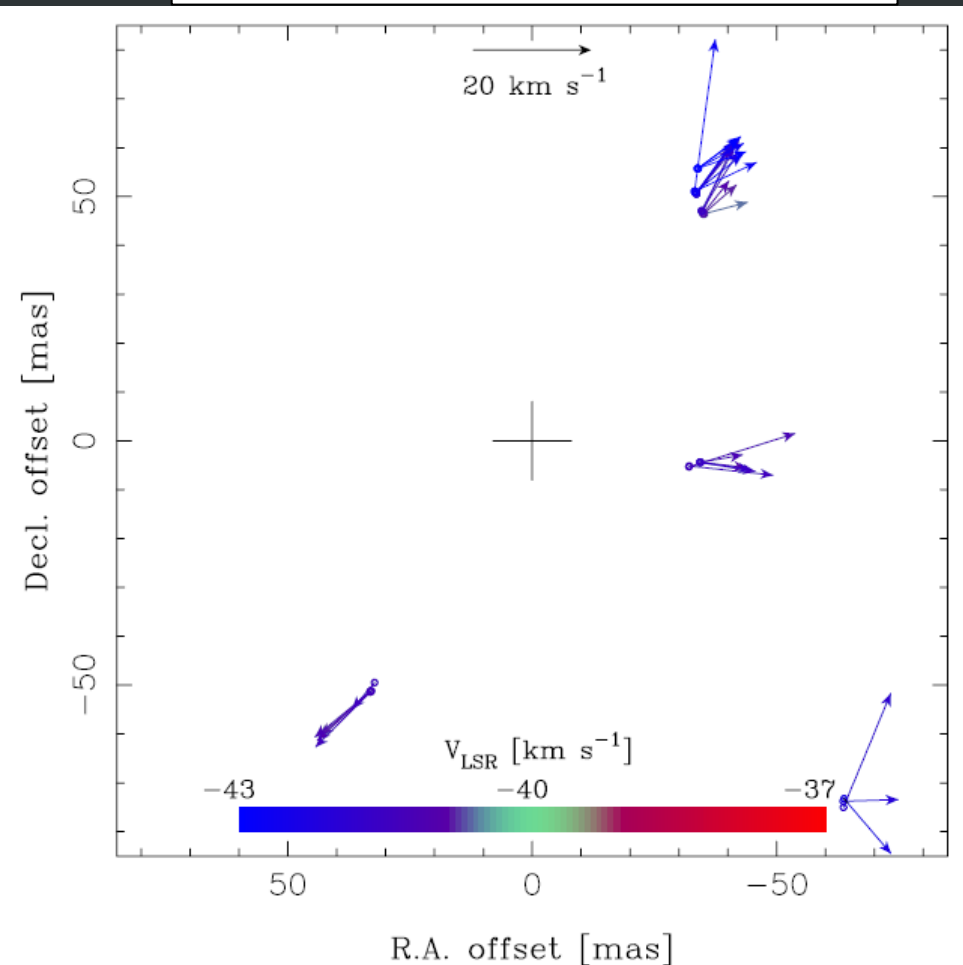
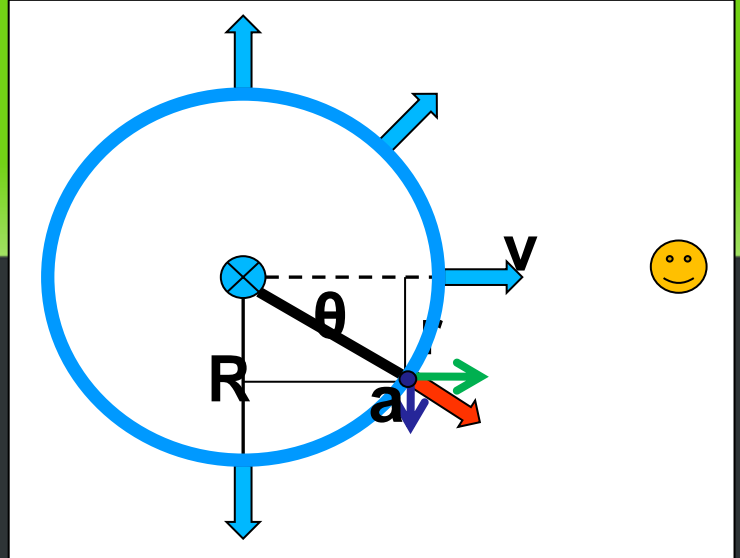
モデルフィット

中心星から等方的に膨張しているシェルを仮定し最小二乗フィッティングを行った

➤膨張シェルの最外殻で起こっているメーザー放射を見ていると考えられる

固有運動 : 0.3~24.1 km/s

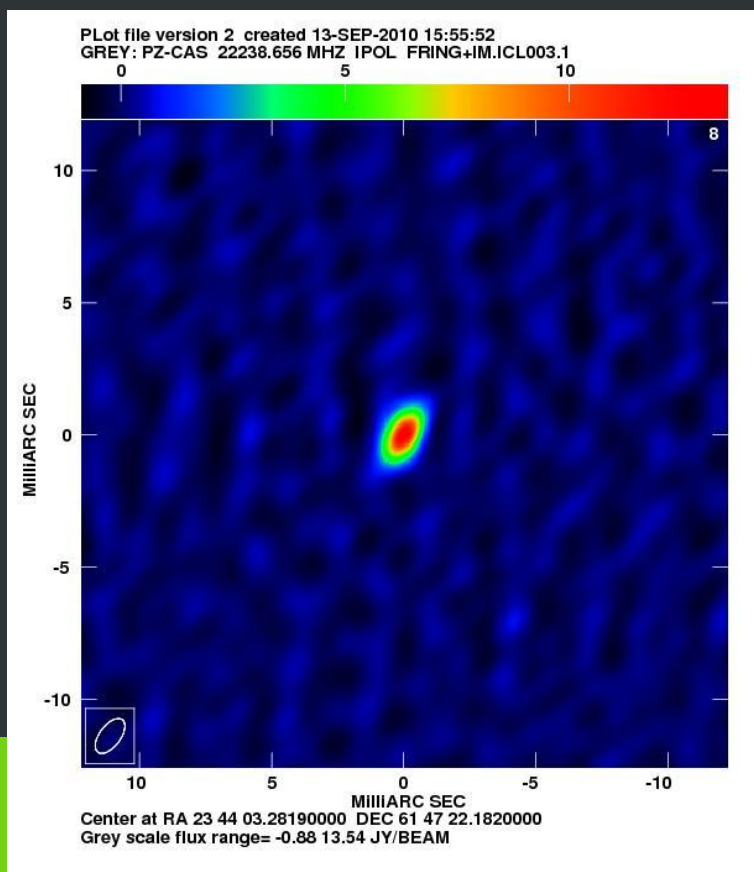
➤メーザーの視線速度が星のsystemic velocity($V_{\text{sys}}=-40$ km/s)付近の速度を持っており、膨張シェルにおいてtransverse方向の速度が最大となる



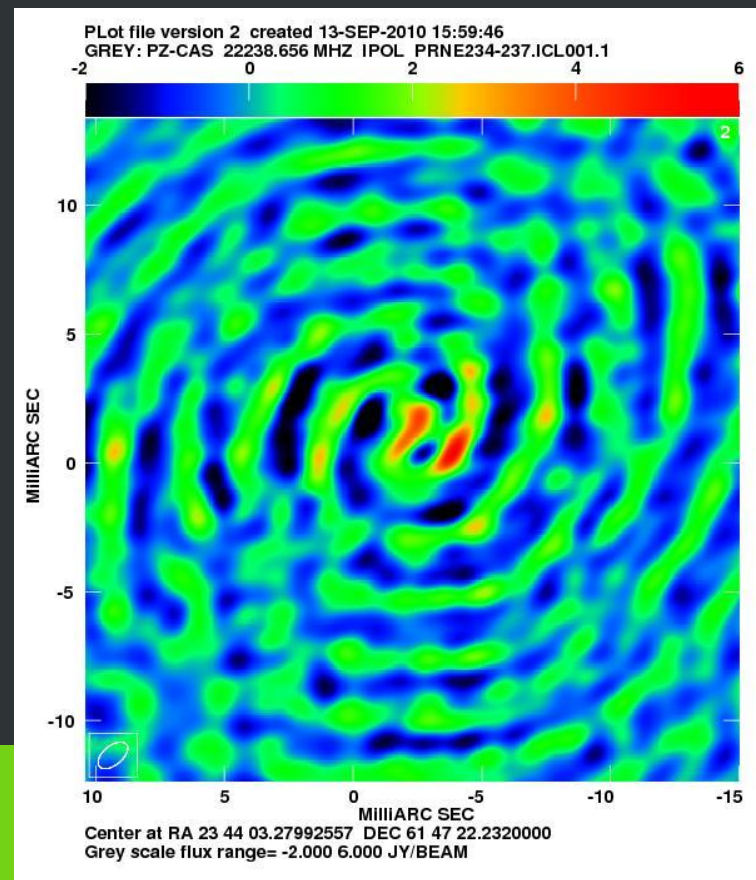
位相補償解析

年周視差計測のために位相補償解析を行ったが、恐らく、システムティックな遅延エラーを完全に補正出来ていないためイメージの強度分布が散らばる。

E epoch

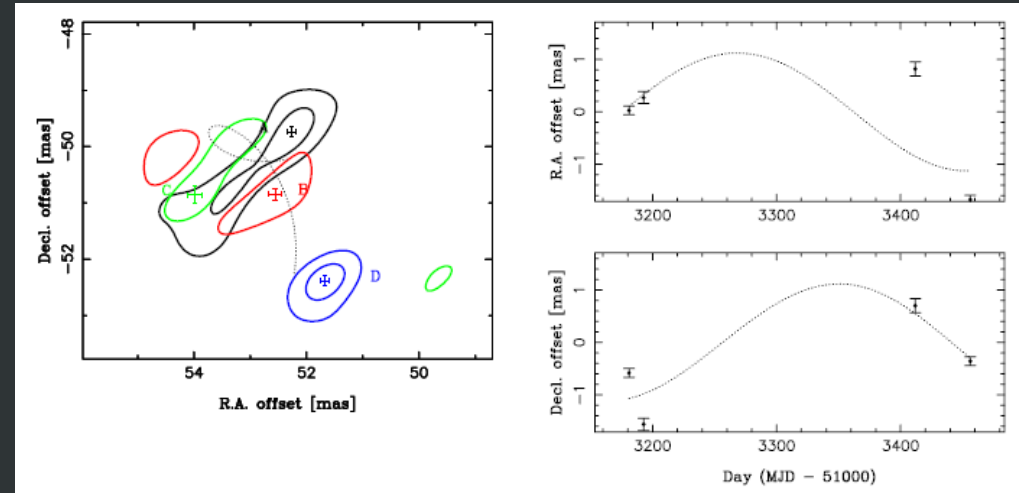
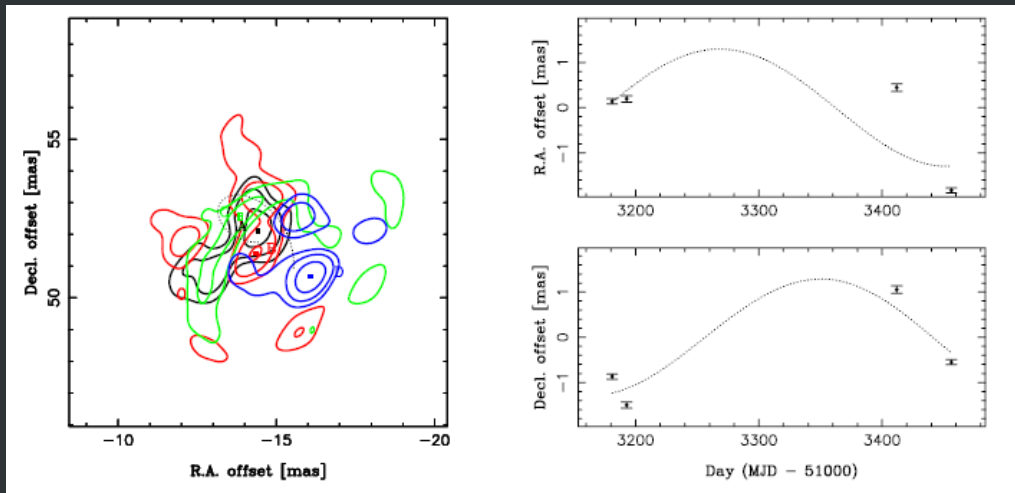


メーザーの参照スポットでフリンジフィットをしたマップ



位相補償解析を行ったマップ

位相補償解析



北西spot 1st cont.は 6σ ($1\sigma=0.19$ Jy/beam)

南東spot 1st cont.は 6σ ($1\sigma=0.11$ Jy/beam)

年周視差から距離を算出したが上手くいかなかった

年周視差 : 0.12~1.74 mas

距離 : 0.57~3.94 kpc (速度チャンネル毎計算した値)



まとめ

VERAのアーカイブデータからPZ Casの解析を行いマップを作成
膨張モデルを仮定しメーザーの固有運動を最小二乗フィッティングから求めた

→分布は晩期型星に見られる膨張シェル之最外殻を示唆

→メーザーの視線速度が V_{sys} 付近であり膨張シェルにおいてtransverse方向の速度が最大

位相補償解析からPZ Casの年周視差と固有運動を求めようとしたが算出できなかった

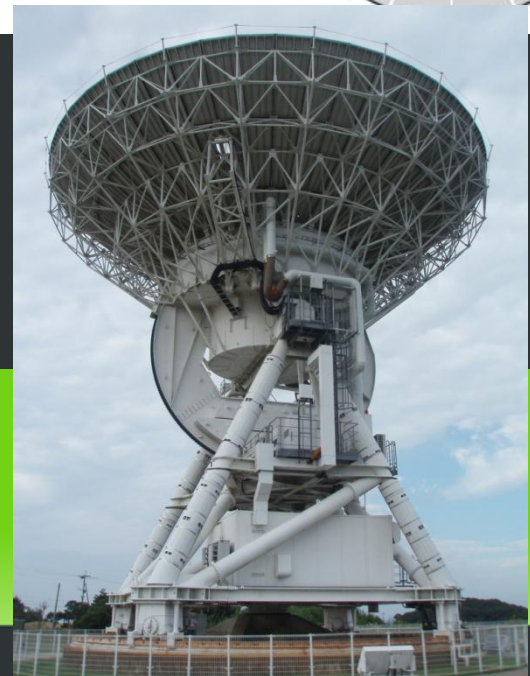
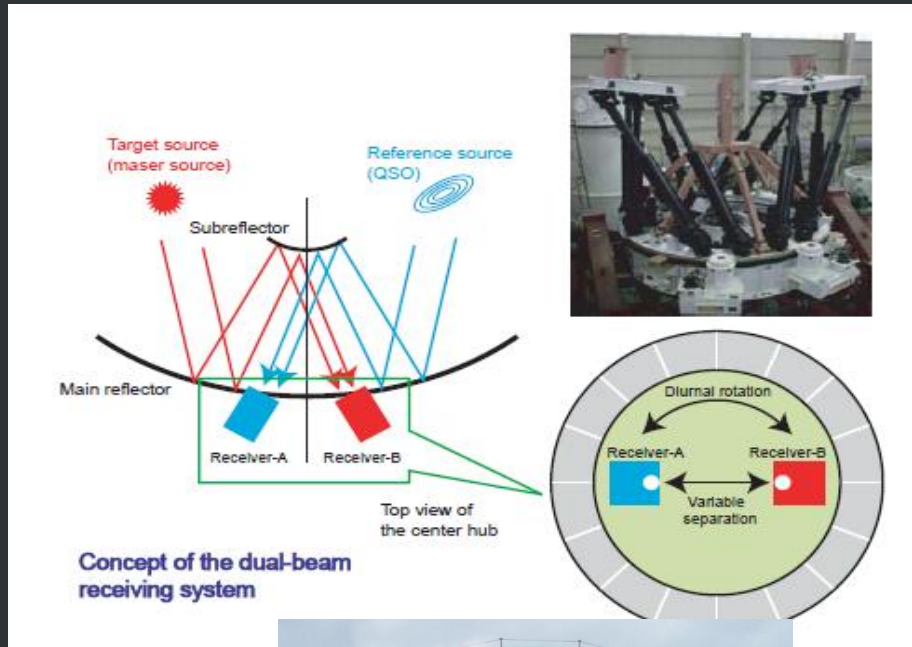
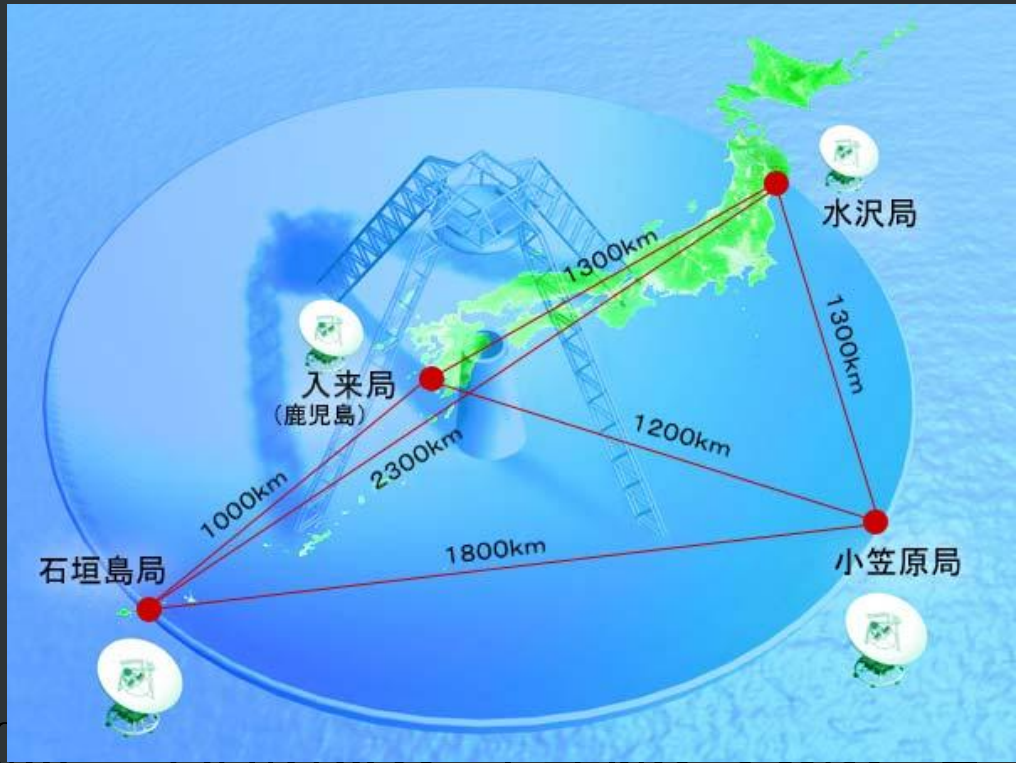


プロジェクト観測で行われている天体でもあるので、もう一度VERAで観測を試みるといいと思います。



VERA

(VLBA Exploration of Radio Astrometry)



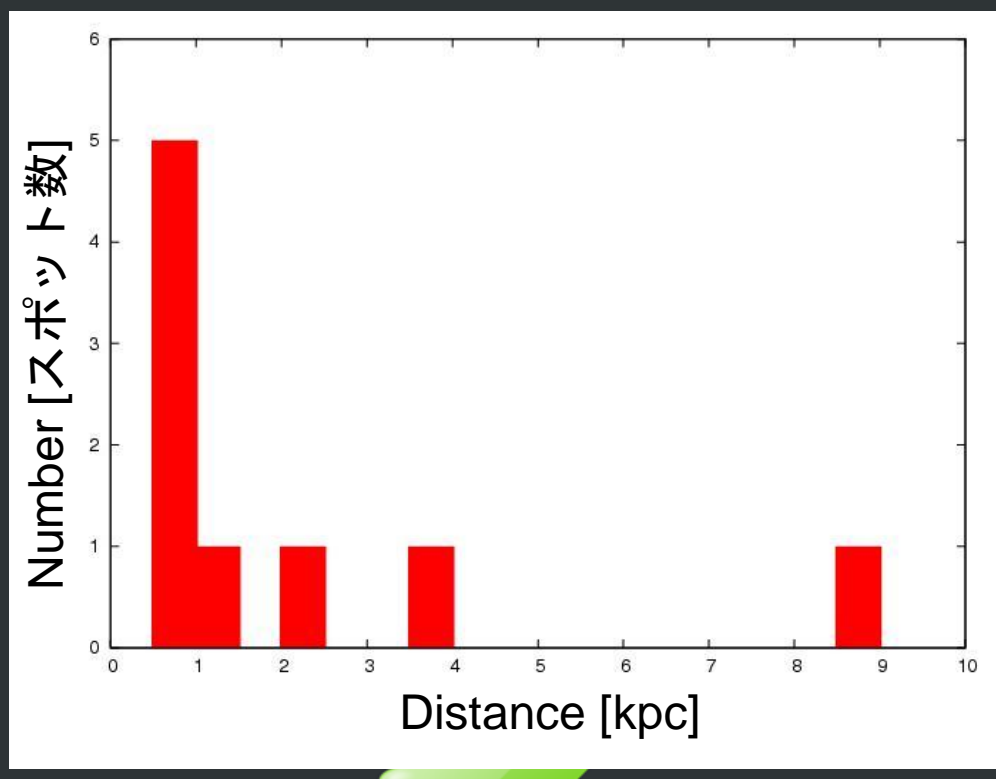
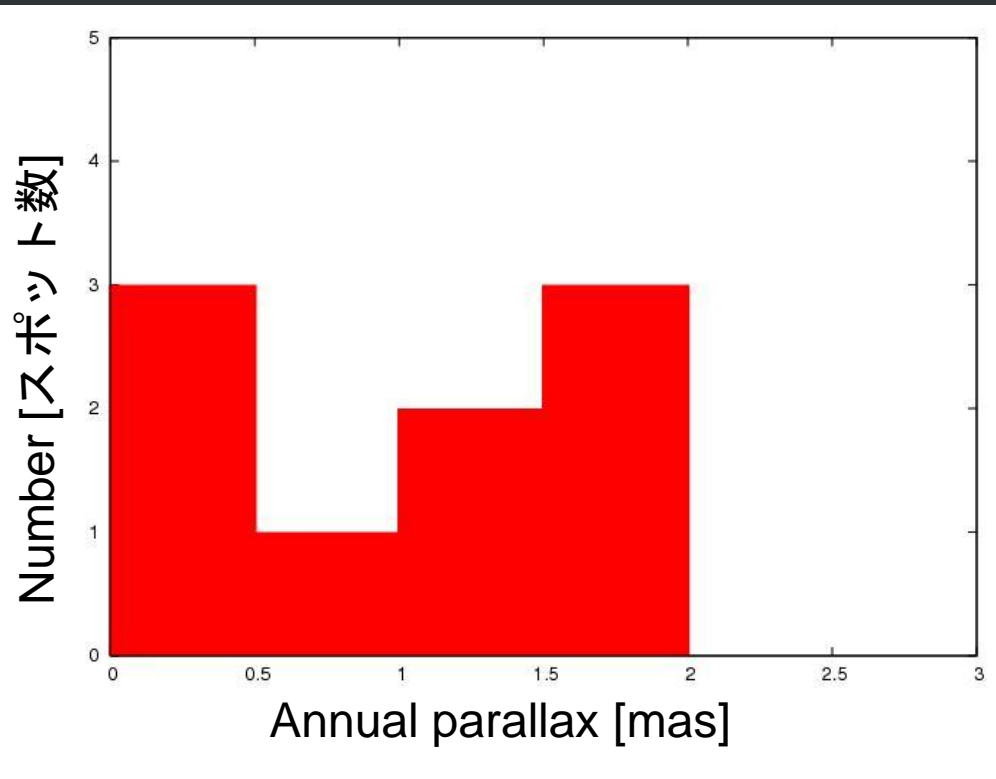
20 (2000年10月15日現在)

最大基線長：2300km (水沢-石垣)

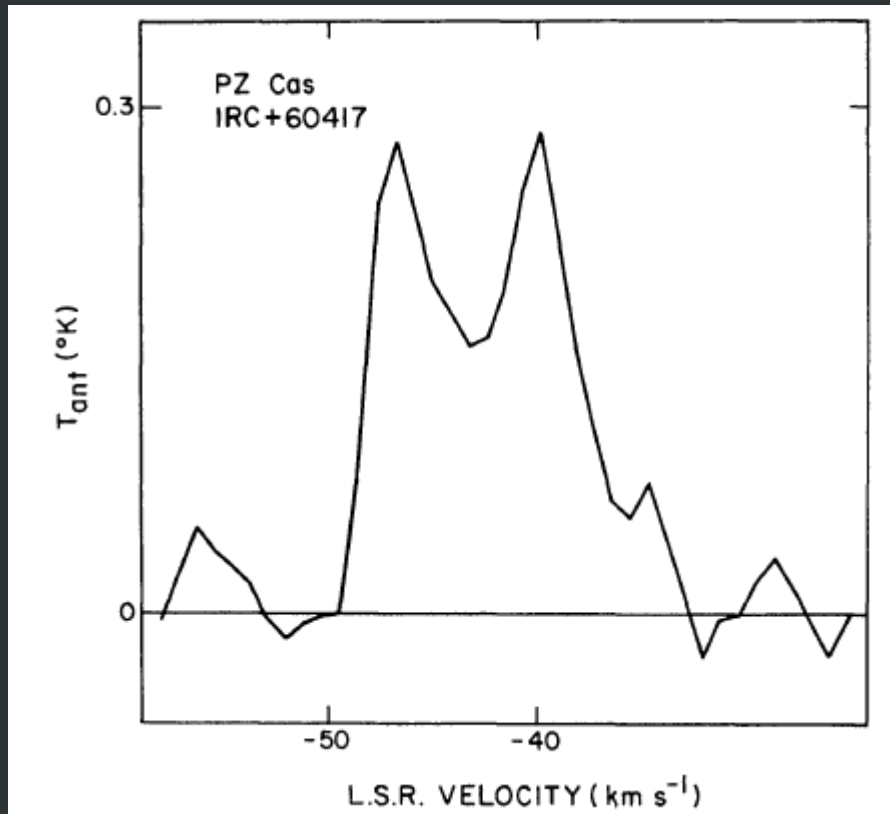
1.17[mas]@22GHz

2ビーム同時受信(離角:0.3-2.2°)@22,43GHz

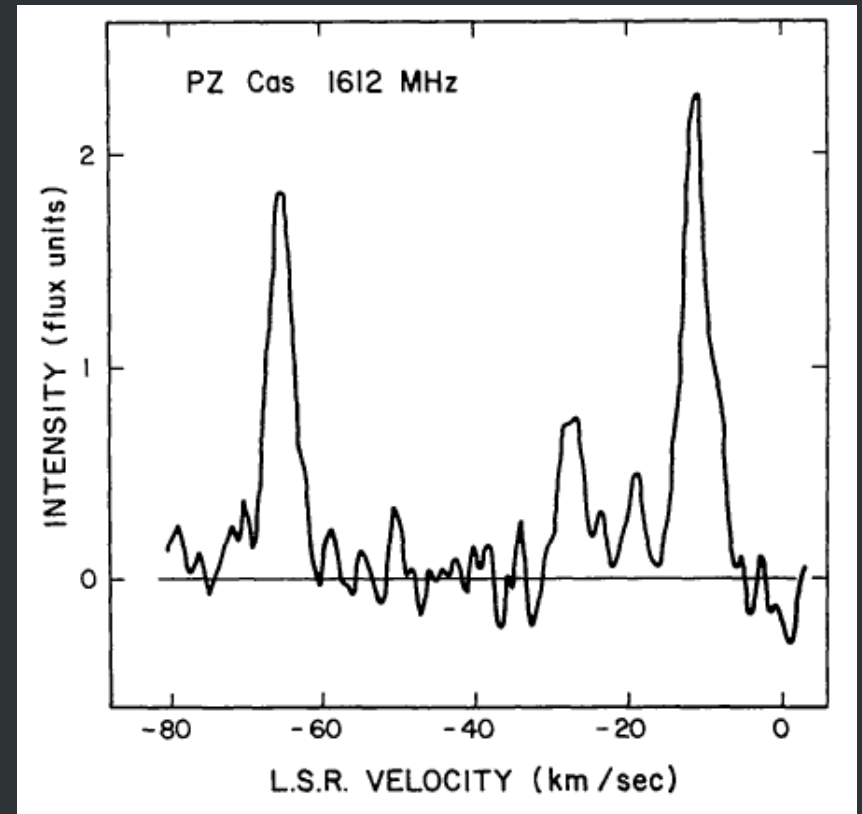
1ビーム 2GHz,8GHz



PZ Casのスペクトル



H₂O maser spectrum
Dickinson (1976)

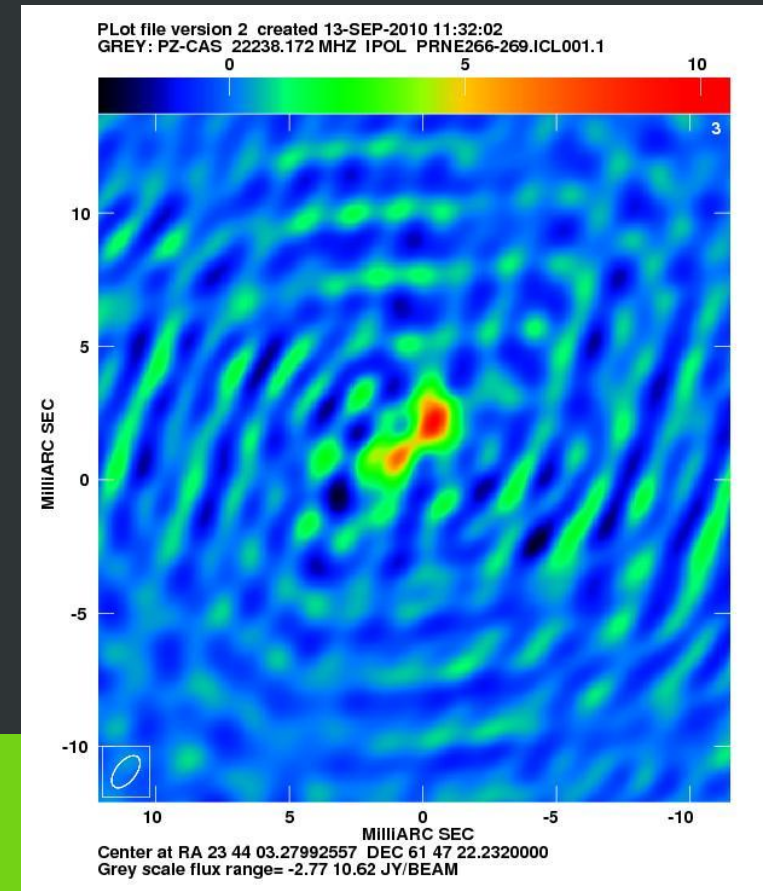
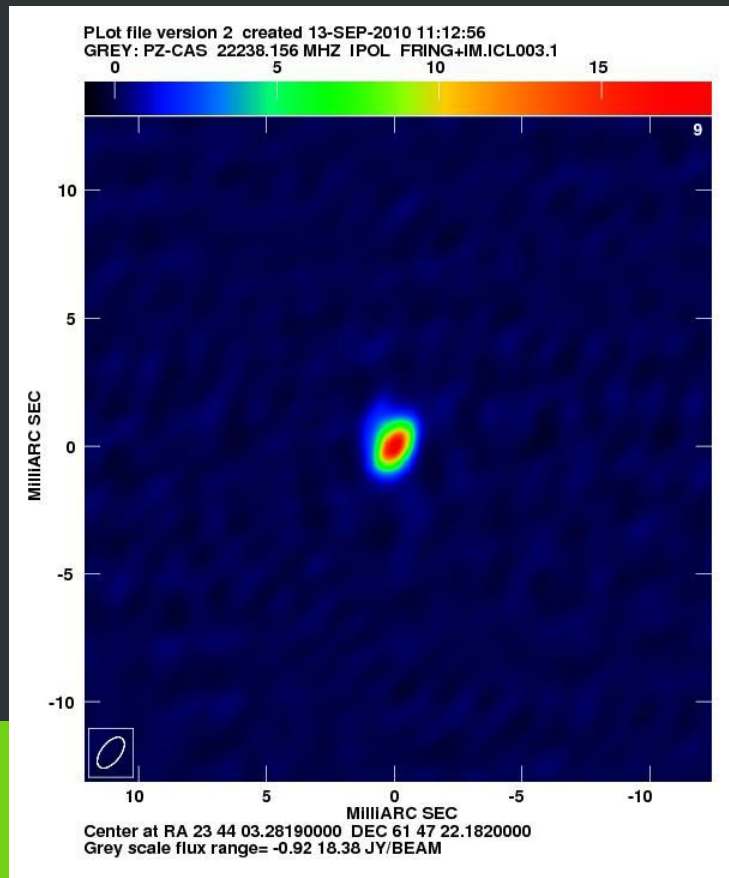


OH maser spectrum
Dickinson&Chaisson (1973)

位相補償解析

年周視差計測のために位相補償解析を行ったが、恐らく、システムティックな遅延エラーを完全に補正出来ていないためイメージの強度分布が散らばる。

A epoch



メーザーの参照スポットでFRINGフィットを行ったマップ

位相補償解析を行ったマップ



Epoch	Day	Time range[UT]	Beam size [mas]	P.A.[°]
A	81	00:21:00-08:16:59	1.42x0.74	-37.59
B	122	18:51:00-04:39:59	1.40x0.76	-53.04
C	206	13:29:01-23:03:59	-	-
D	262	10:20:01:20:09:59	-	-
E	311	07:20:01-17:09:59	1.53x0.78	-38.68
F	356	04:25:00-14:14:59	1.33x0.85	-39.48



モデルフィット

中心星から等方的に膨張している
シェルを考える

視線方向の速度 : $v \cos \theta$

横方向の速度 : $v \sin \theta = \frac{r}{R} \cdot v$

R : 球の半径、r : aまでの距離

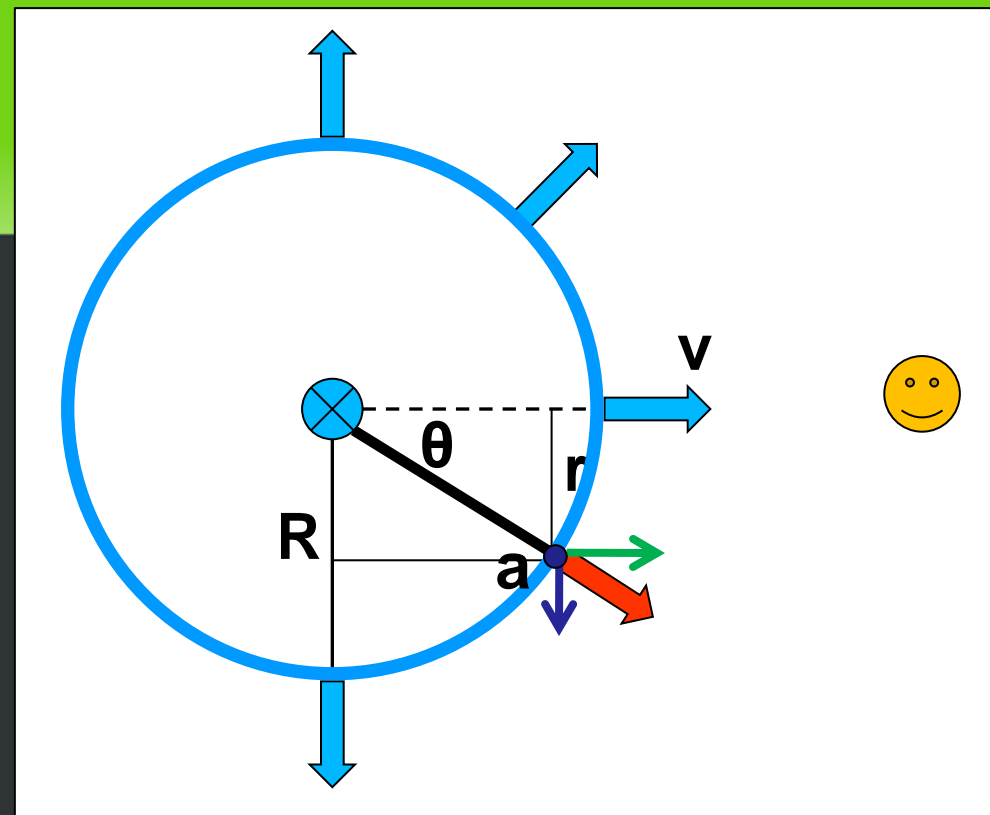
θ : なす角、v : 膨張速度

最小二乗に用いられる式は

$$\sigma_i^2 = \sum_j \sum_i \left\{ \left[\frac{\sqrt{(x_{ij} + V_x T_j - x_0)^2 + (y_{ij} + V_y T_j - y_0)^2}}{R} \cdot \frac{x_{ij} + V_x T_j - x_0}{R} \cdot v - v_{iobsx} \right]^2 + \left[\frac{\sqrt{(x_{ij} + V_x T_j - x_0)^2 + (y_{ij} + V_y T_j - y_0)^2}}{R} \cdot \frac{y_{ij} + V_y T_j - y_0}{R} \cdot v - v_{iobsy} \right]^2 \right\}$$

(x_0, y_0) : 中心星の位置、(V_x, V_y) : 中心星の固有運動、i ; メーザースポットのラベル

j:エポック数、 T_j ; エポックからの経過時間



モデルフィット

等方的に広がっていく膨張モデル(膨張速度一定)を仮定し最小二乗で、運動速度とflow中心をフィッティングした。

$$S^2 = \frac{1}{3N_m - N_p} \sum_i \left\{ \frac{[\mu_{xi} - w_{xi}/(a_0 d)]^2}{\sigma_{ix}^2} + \frac{[\mu_{yi} - w_{yi}/(a_0 d)]^2}{\sigma_{iy}^2} + \frac{[u_{zi} - w_{zi}]^2}{\sigma_{iz}^2} \right\}$$

パラメータの説明

算出されたメーザーの運動速度は星の Systemic velocityから大きく外れていない

星を示唆するような速度は得らなかった

Systemic velocity **-38.5km/s**

晩期型星によくみられる星周ローブの最外殻で起こっているメーザー放射を見ている可能性は高い

この図は後で
差し替え

