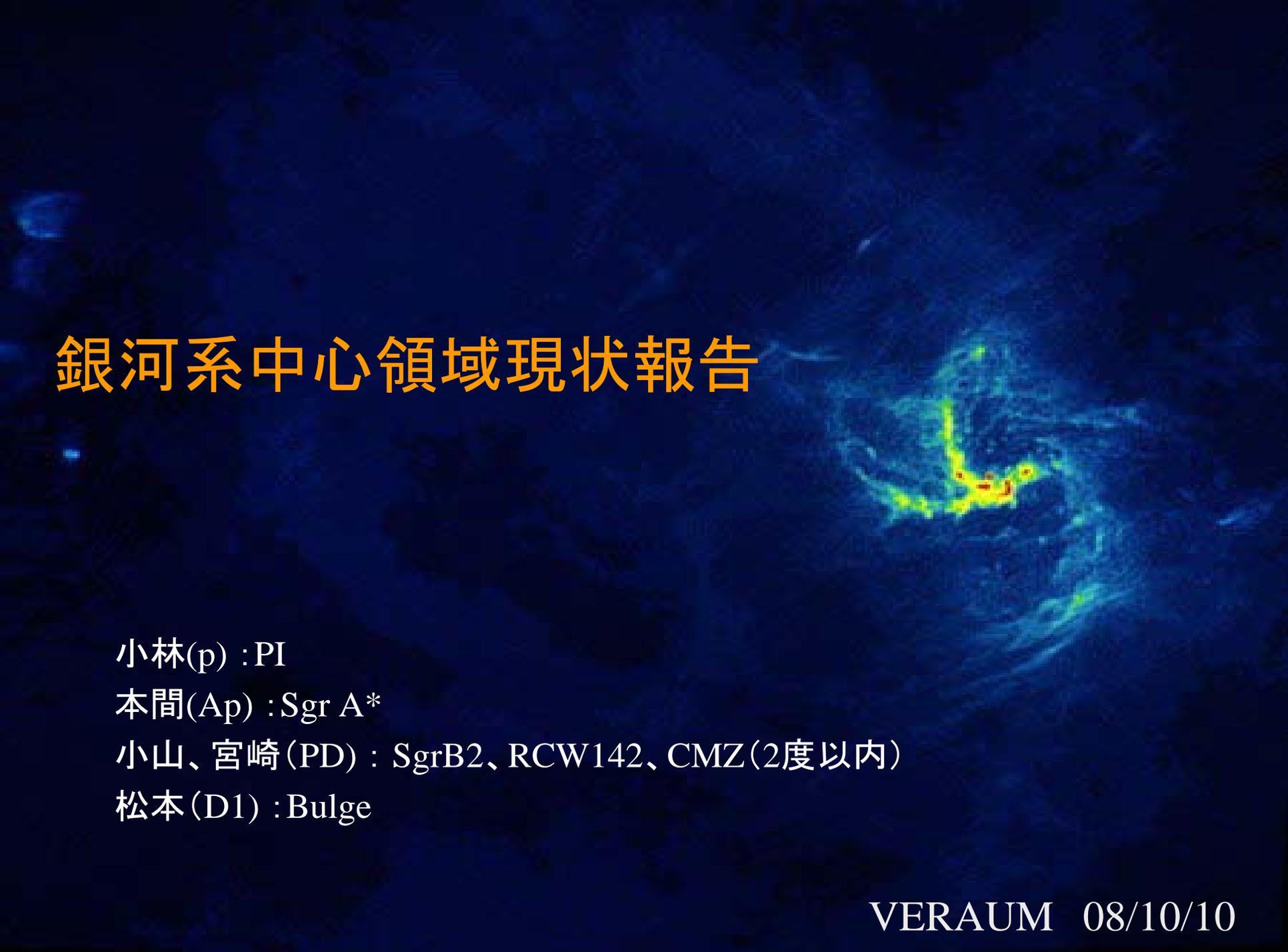


銀河系中心領域現状報告



小林(p) : PI

本間(Ap) : Sgr A*

小山、宮崎(PD) : SgrB2、RCW142、CMZ(2度以内)

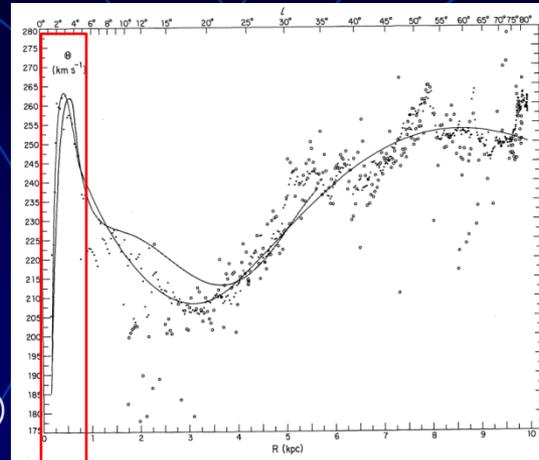
松本(D1) : Bulge

サイエンスターゲット (Sgr A*近傍)

- 固有運動と距離 (Sgr A*、Sgr B2)
R0, θ_0 : fundamental constants
+ α flux & image monitor (宮崎), etc
- Sgr A*の特異運動: Binary?、Dark Mass?
 - Sgr A*の固有運動計測以外の方法により θ_0 を計測し比較 (精度 10 km/s以内必須)
 - 太陽運動精密計測 (5 km/s以内)
 - Sgr A*とは独立に銀河系重心の運動を計測し比較 (銀河系中心星団)

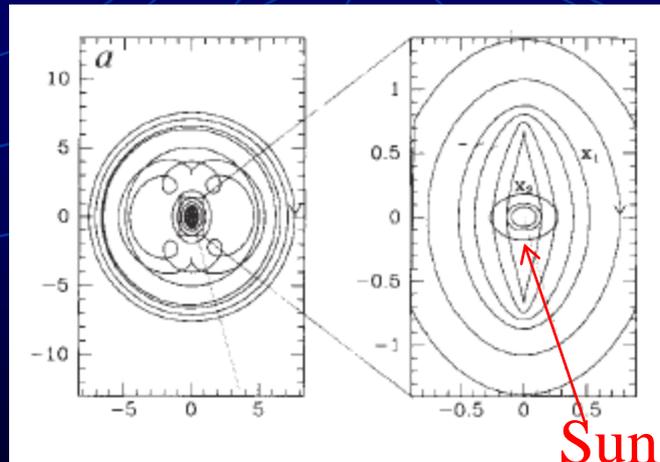
銀河系中心部動力学

- RC
- OLR, ILR (X2) SgrB2
- A pair of arms?
- CND
- CMZ
- 質量降着(中心星団、SMBHの起源?)
Bar(数kpc) → bar(数100pc)
→ nucleus(数10 pc)



Burton et al

- 分子雲との比較 (ALMA)
- 速度分散方向依存性
(距離、年齢)



Blitz et al. 1993

Sawada et al. 2004

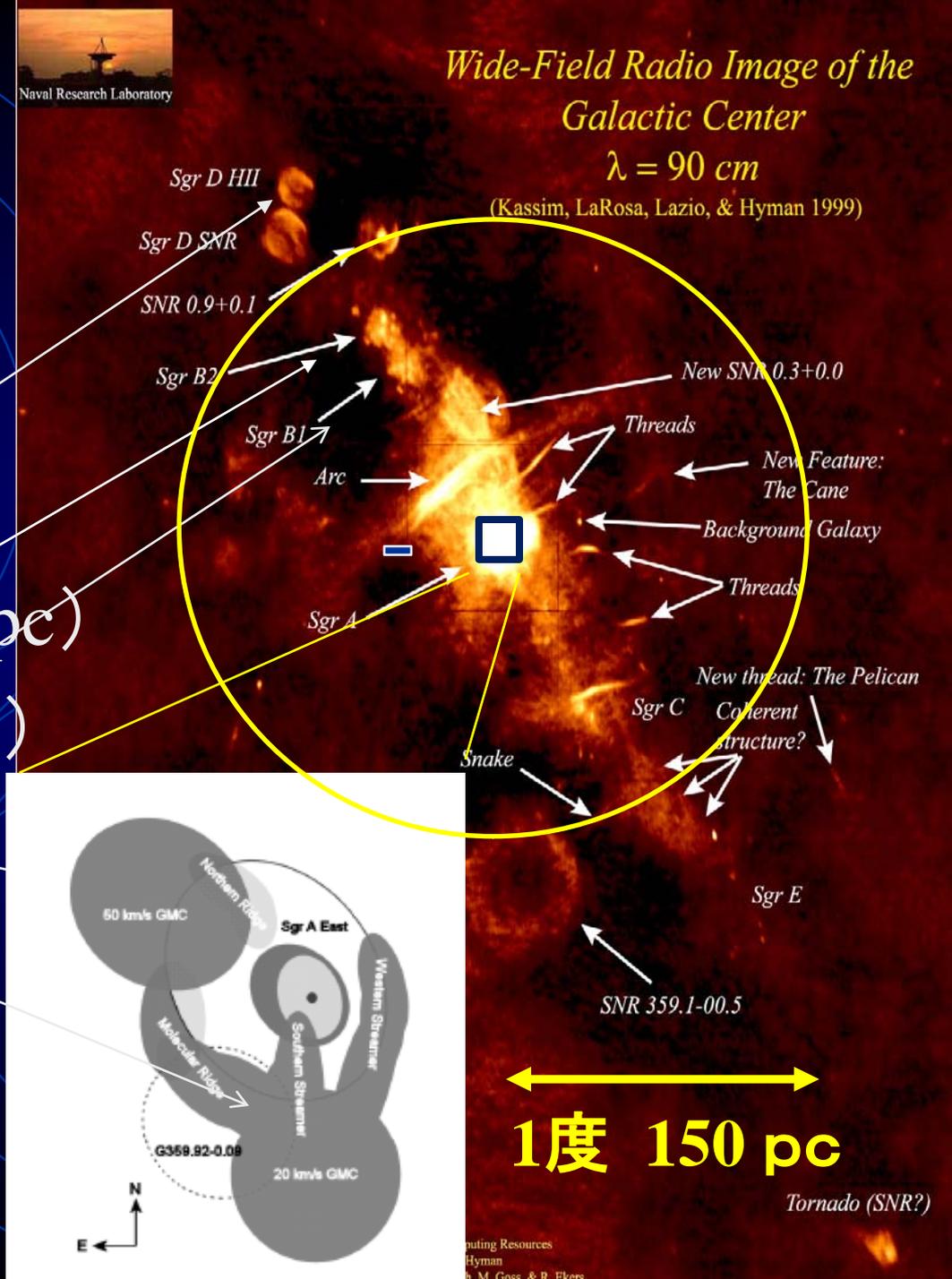
ガスではなく星の運動から計測！ 中心への質量降着

銀河中心領域 (星形成メーザー源)

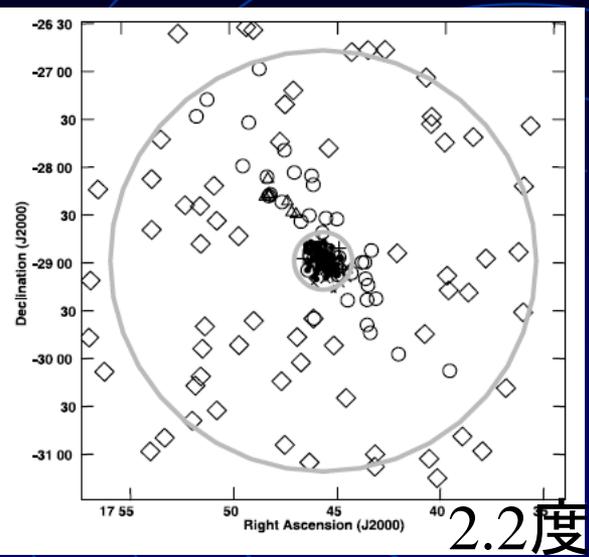
- Sgr D (~10Jy、100 pc)
- Sgr B2 (~100Jy、100 pc)
- Sgr B1 (0.3 Jy、100 pc)
- Sgr A east (0.4 Jy)
- M-0.13-0.08 (1-2Jy)
(20 km/s 分子雲)



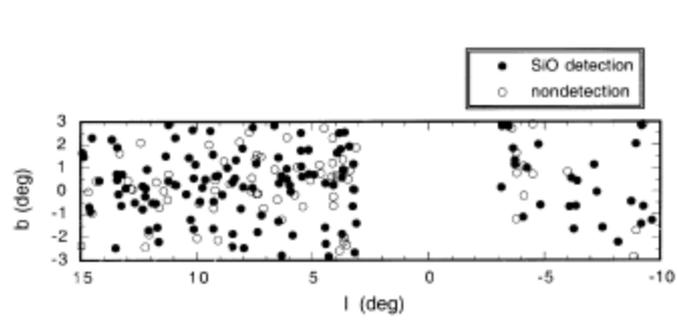
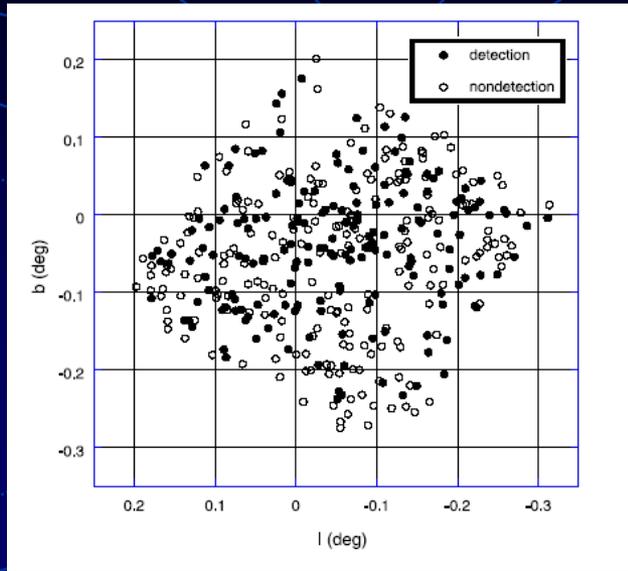
Naval Research Laboratory



銀河系中心SiOメーザー分布



2.2度



約300個@2.5度以内

deguchi、Sjouwerman et al 2004

約180個@0.25度以内

Deguchi et al 2004

約124個@-10<l<15

Deguchi et al 2000

- ・ 0-0.3° (switching or In beam, maserreference)
- ・ 0.3-2° (VERA)
- mini spiral (2 pc)
- CND (3-10 pc)
- CMZ (~300 pc、2度以内)
- Bulge (~1kpc)

銀河系中心領域 VLBI電波源分布

1745-283 (系外電波源)

Sgr B2 (0.6667 -0.0362)

1748-291 (系外電波源)

OH0548-0059 (Super Giant)

RCW142 (0.5545 -0.8500)
(大質量星形成領域)

Sgr A

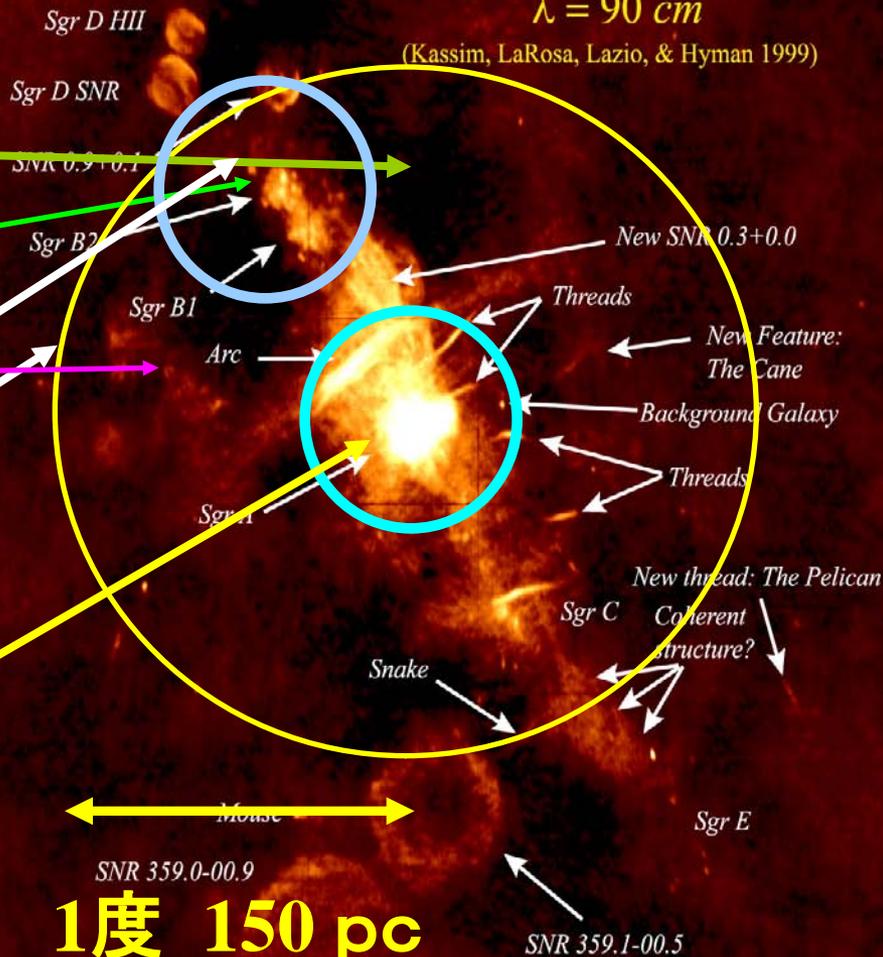


Naval Research Laboratory

Wide-Field Radio Image of the Galactic Center

$\lambda = 90 \text{ cm}$

(Kassim, LaRosa, Lazio, & Hyman 1999)



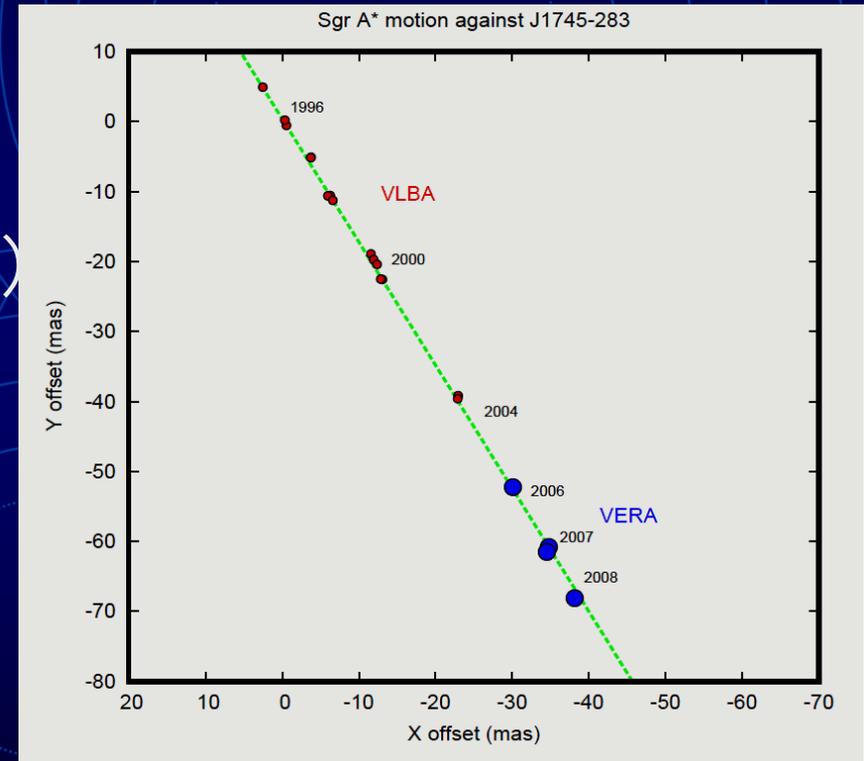
1度 150 pc

~0.5°
~75 pc
~240 light years

半径0.3度 (VERA 最小離角) from Sgr A*
半径0.3度 (VERA 最小離角) from Sgr B2
半径 1度
Tornado (SNR?)

銀河系中心観測(本間)

- Sgr A*
固有運動は検出、VLBA
(Reid et al.)とconsistent
視差は難しい(感度、低仰角)
- Sgr B
銀河回転+特異運動?
(preliminary ...)



初期ターゲット (Sgr B2)

- 三角視差 (銀河系中心までの距離指標としても重要)

IAU 8.5kpc

(平均) → 8 kpc (Reid 1993)

(極近傍星の軌道) → 7.92 kpc (Eisenhauer 2003)

→ 7.62 kpc (Eisenhauer 2005)

→ 8.6 ± 0.3 kpc (2005 Keck)

→ 7.39 ± 0.22 kpc (2006 VLT)、 7.36 ± 0.21 Kpc (2006 Keck)

(Red Clump星) → 7.53 ± 0.45 kpc (Nishiyama 2006)

(極近傍星の軌道) → 8.0 ± 0.6 、 8.4 ± 0.4 kpc (Ghez et al 2008)

(Reid 2006年9月よりVLBAでparallax測定開始)

- 統計視差 (Sgr B2 N, M, S 比較)

過去の観測 Sgr B2 (N) (7.1 ± 1.5 kpc) Reid et al 1988

- Sgr B2の固有運動を計測

⇒ Sgr B2の銀河系中心での位置、回転運動計測 (テストケース)

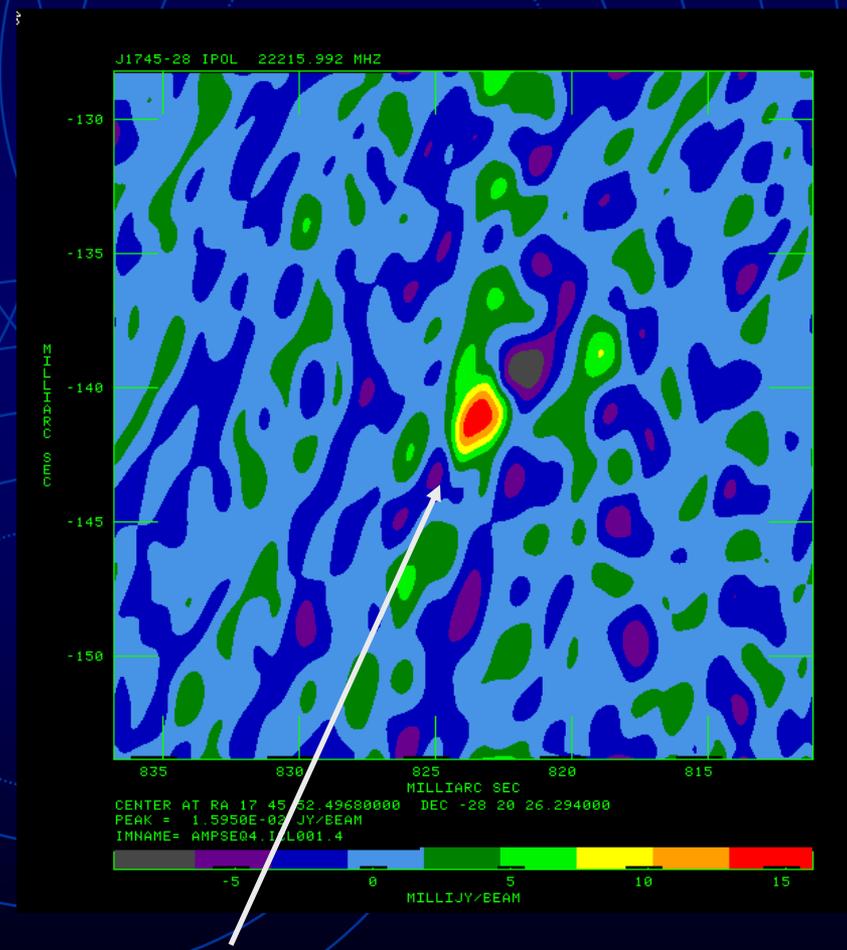
(c.f.、XRN Sgr A*の過去の活動性、ILR、X2軌道)

微弱連続波電波源 (J1745-28) 検出成功 (maser reference、r05289am)

- メーザーをレファレンス
- 連続波14IF使用
- アプリオリ再計算適用 (Peak Flux 1.3倍)
- 20-30 mJy 微弱連続波電波源 (J1745-28)

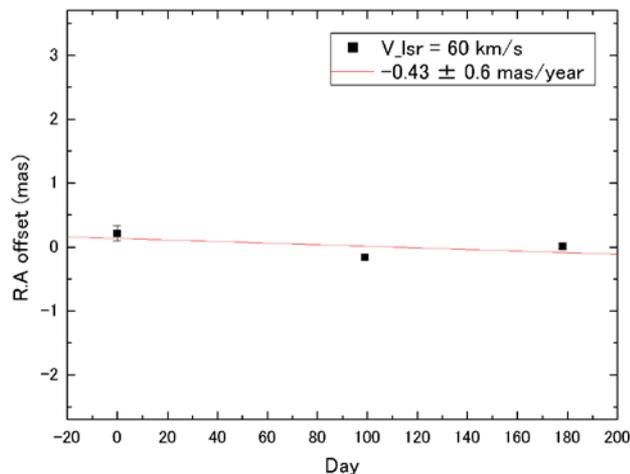
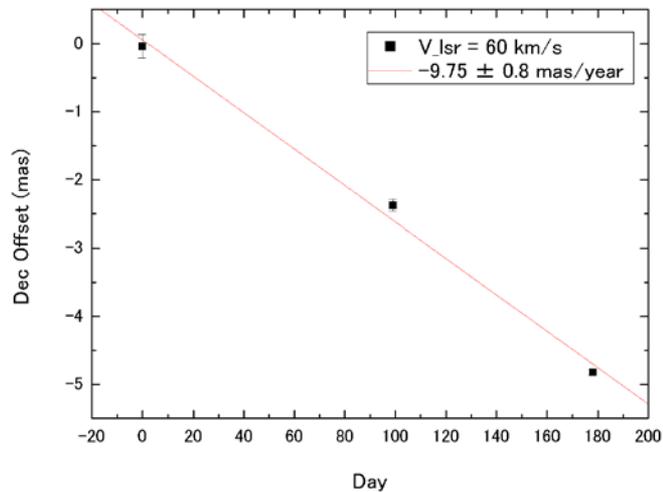
課題

- QSOペア or 両ビーム検出ペアで確認要
- Delayの許容精度
- 微弱天体解析手法の検証
- ・クロージャー位相による構造確認不可
(クリーンコンポーネントどこに置く?)
- ・天頂大気残差サーチ時、位相参照不可



16 mJy/beam、31 +/- 5 mJy 15

絶対固有運動の検出に成功



Sgr B2M ($V_{lsr} 60 \text{ km/s spot}$)

R.A.: $-0.43 \pm 0.6 \text{ mas/year}$

Dec: $-9.75 \pm 0.8 \text{ mas/year}$

Sgr A* (Reid et al. 2004)

R.A.: $-3.151 \pm 0.018 \text{ mas/year}$

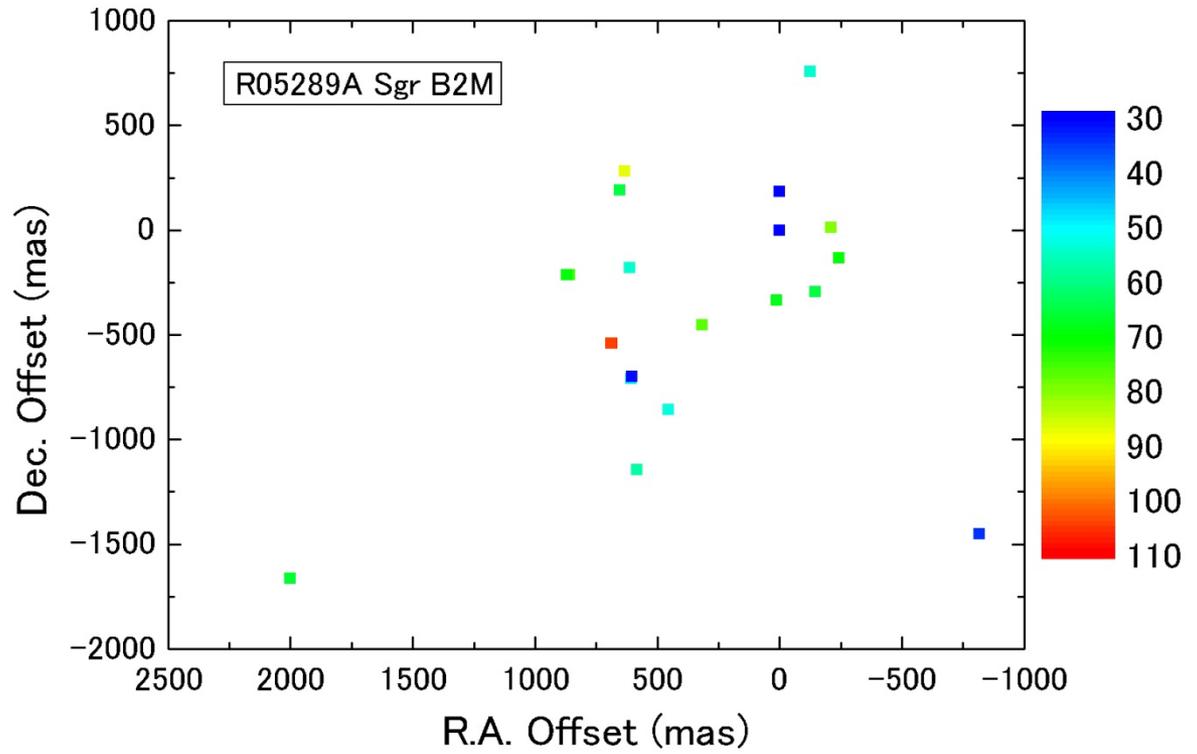
Dec: $-5.547 \pm 0.026 \text{ mas/year}$

⇒円運動を仮定すると、
銀河系中心より奥に存在
する事を示唆
(従来、 $7.1 \text{ kpc} \pm 1.5 \text{ kpc}$)

☆内部運動の影響を取り除き、
重心の運動を導く必要あり

Sgr B2M (1beam Map)

r05289	sgr	x arcsec	y arcsec	Vlsr(km/s)
1		686.4	-541.6	109.3
2		688.8	-541.6	104.3
3		633.6	282.4	87.8
4		-208.8	11.2	80.2
5		317.6	-451.2	77.7
6		858.4	-213.6	75.2
7		-243.2	-132	72.2
8		869.6	-212.8	69.7
9		-243.2	-132	70.5
10		13.6	-332.8	68.9
11		2000.8	-1663.2	66.3
12		-146.4	-295.2	65.1
13		654.4	192	65.5
14		0	0	60
15		584.8	-1142.4	57.5
16		612	-180	54.5
17		455.2	-857.6	53.7
18		-124.8	756.8	54.1
19		608	-708.8	48.6
20		-816	-1449.6	34.3
21		603.2	-698.4	31.3
22		0.8	185.6	30.5



内部運動 (Sgr B2M)

Sgr B2 maser internal proper motion results obtained from r05289, 06032, 06111										
ID	V_LSR	X(max)	Y(mas)	Vx	Vy(mas/yr)	epoch	σ_X	σ_Y		
1	109.3	-0.735	4.002	0.351	-0.578	3	0.003	0.038		
2	87.8	-1.136	4.465	-0.093	0.264	3	0.012	0.007		
3	80.2	-1.242	4.622	1.973	-0.409	3	0.11	0.07		
4	69.7	-1.289	4.826	-0.126	-0.066	3	0.056	0.09		
5	69.7	0.518	5.435	-0.148	-0.97	3	0.092	0.043		
6	70.5	-1.243	5.014	0.647	0.659	3	0.032	0.077		
7	68.9	-1.377	4.36	0.277	0.031	3	0.005	0.042		
8	66.3	-1.351	4.152	0	0	3	0.052	0.029		
9	65.1	-0.897	4.823	0.519	-0.596	3	0.003	0.049		
10	57.5	-1.253	4.616	0.308	-0.192	3	0.009	0.004		
11	53.7	-1.547	4.895	-0.35	0.415	3	0.227	0.076		
12	54.1	-1.22	4.625	0.399	-0.504	3	0.007	0.014		
13	34.3	-0.927	4.662	-0.008	-1.003	3	0.055	0.046		
14	60			0.637	-0.938					
mean proper motion				Vx(mas/yr)	Vy(mas/yr)					
				0.313286	-0.27764					
statistic distance										
σ_V				σ_X	σ_Y	σ_{XY}			D (kpc)	estimated error (1/sqrt(N))
stdev	18.05919 km/s			0.570788	0.524517	0.548141	mas/yr	6.95 (+/-)		1.93 kpc
		3.812071 AU/yr								

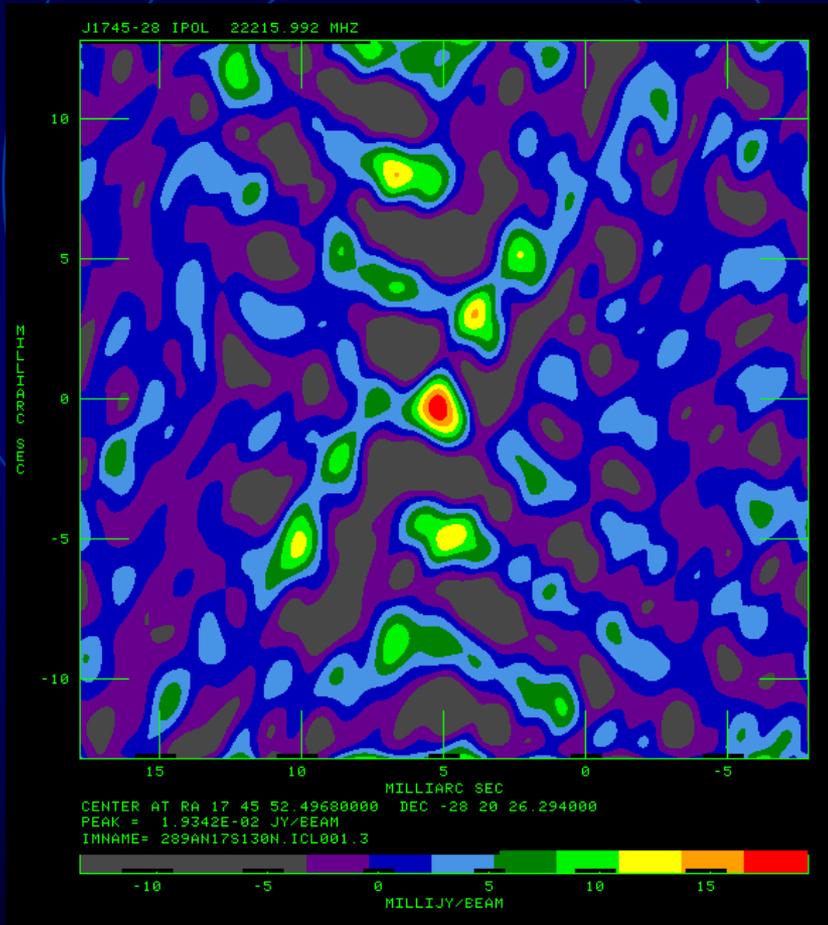
Mean Proper Motion: R.A 0.31 mas/y

Dec. -0.28 mas/y

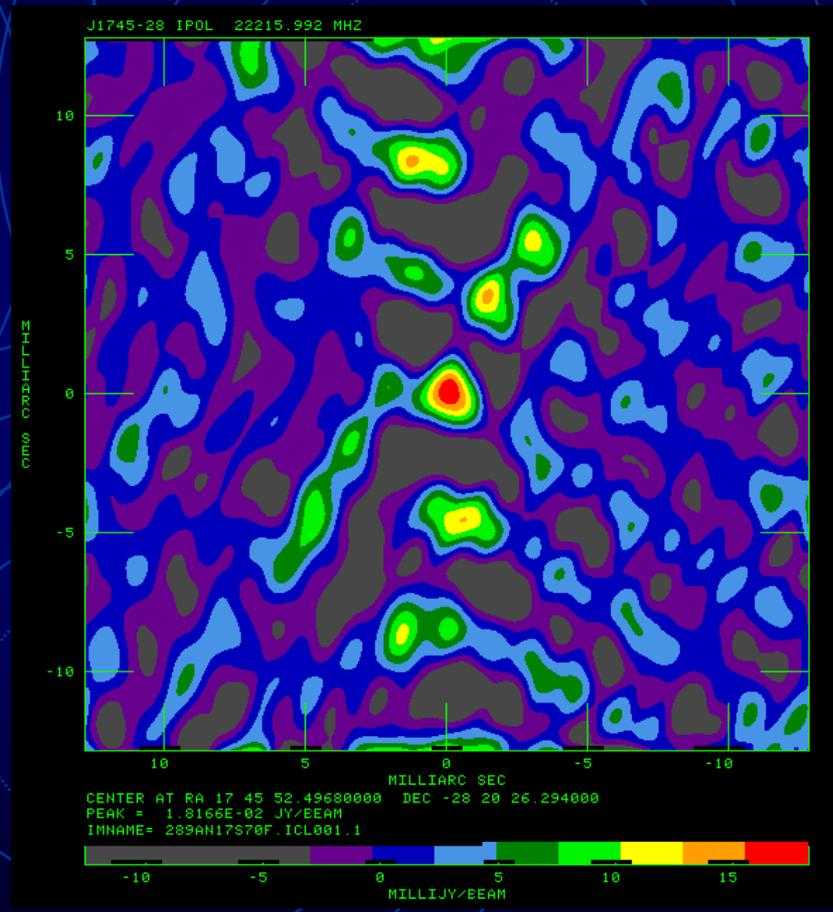
Statistic Distance : 6.95 ± 1.93 kpc

Sgr-B2N-J1745-28

位相補償成功 (r05289an)

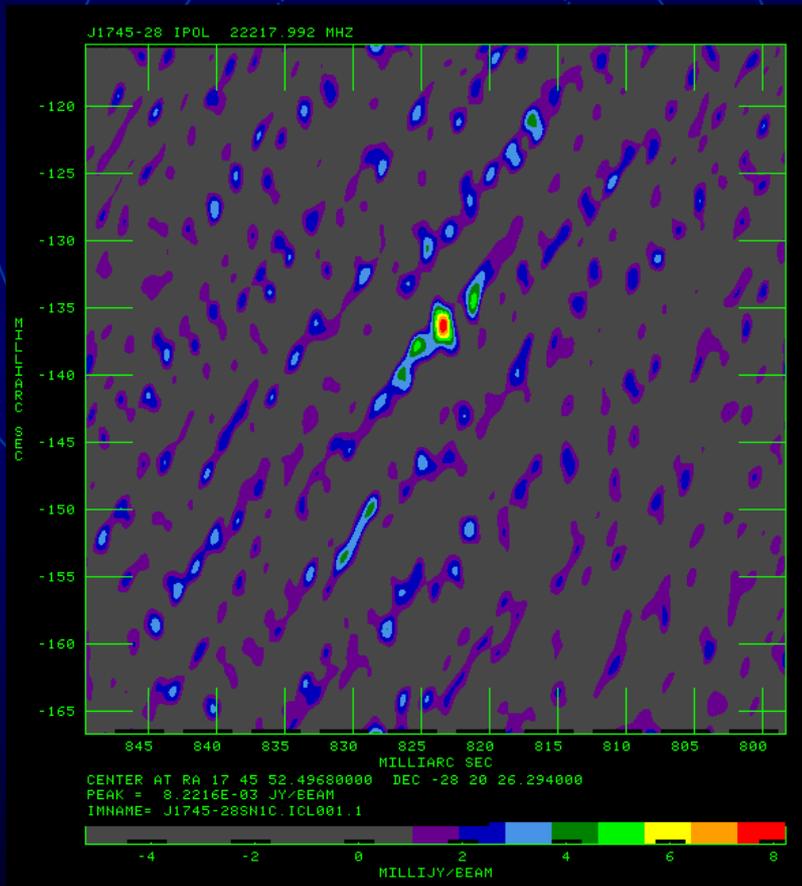


J1745-28 using SgrB2N (newdap)

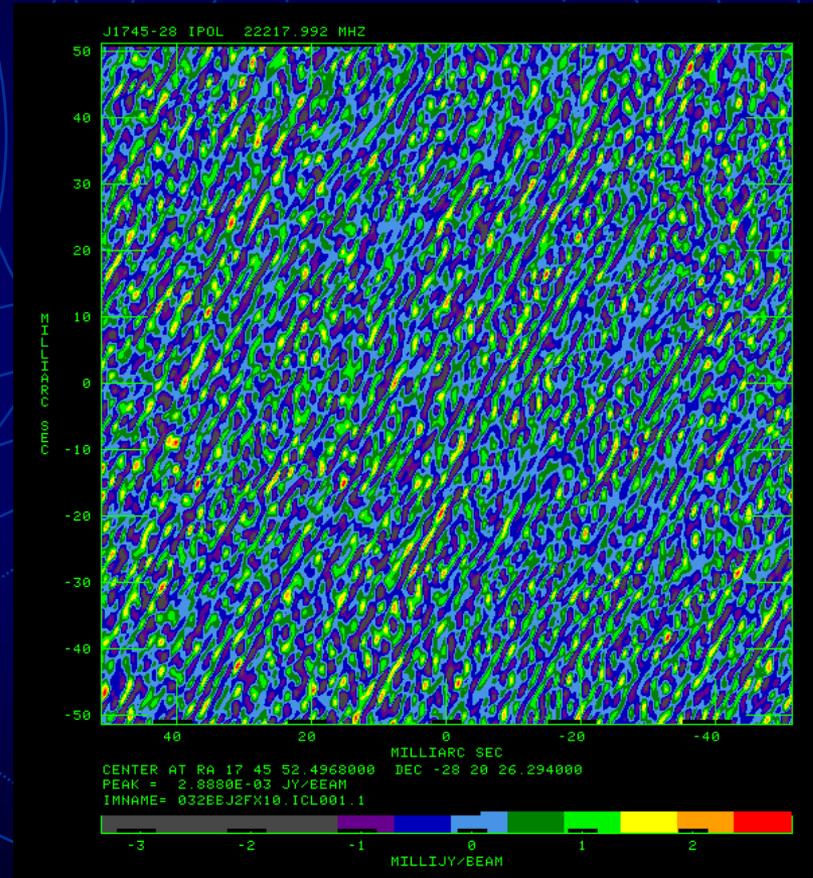


J1745-28 using SgrB2N (fxcalc)

位相補償失敗？(r06032bn)

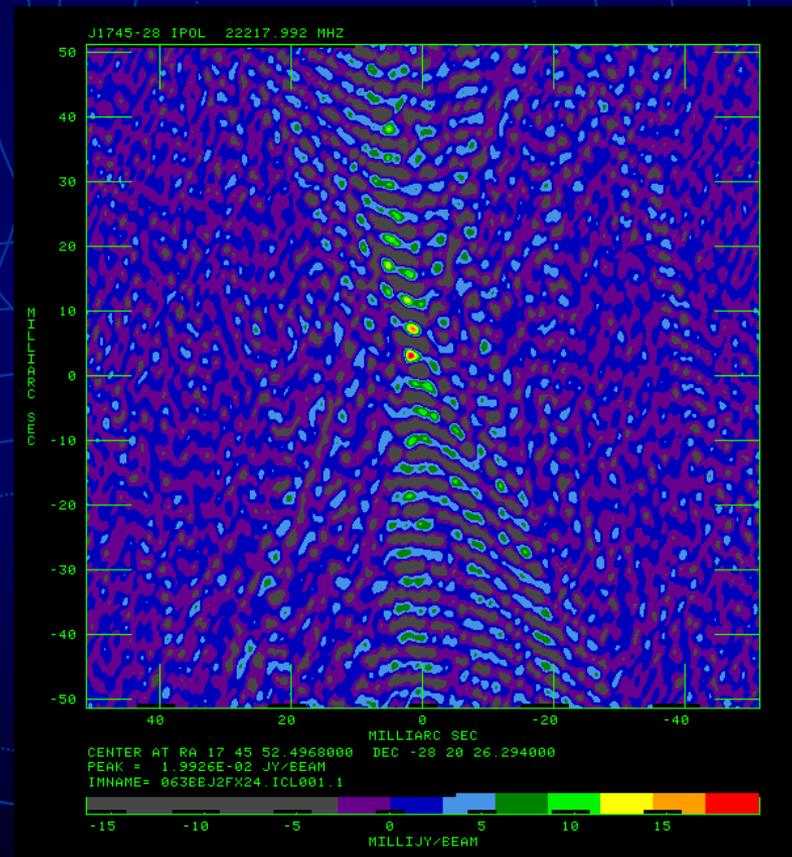
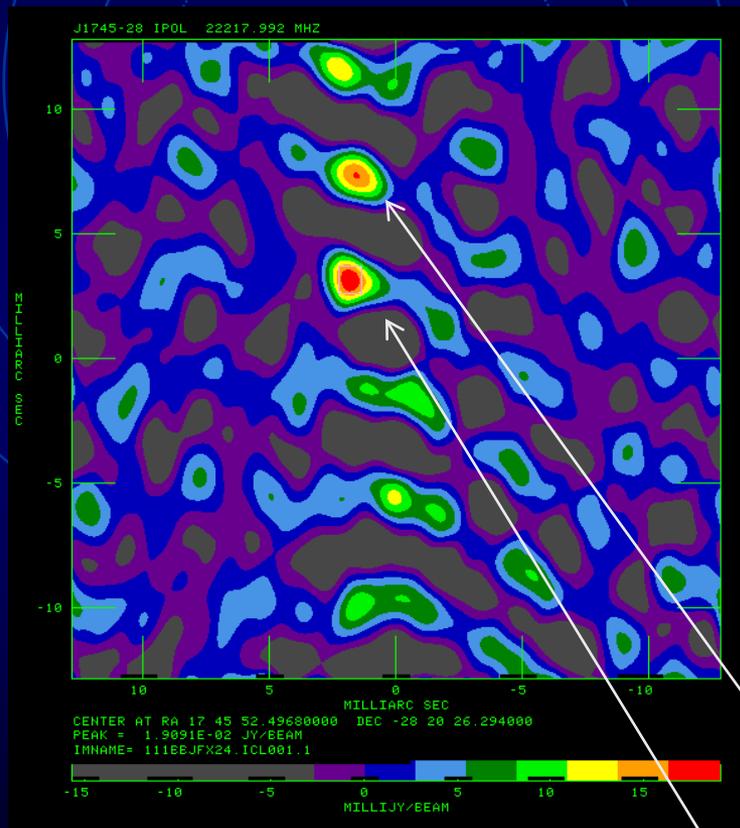


J1745-28 using SgrB2M (newdap)



J1745-28 using SgrB2N (fxcalc)

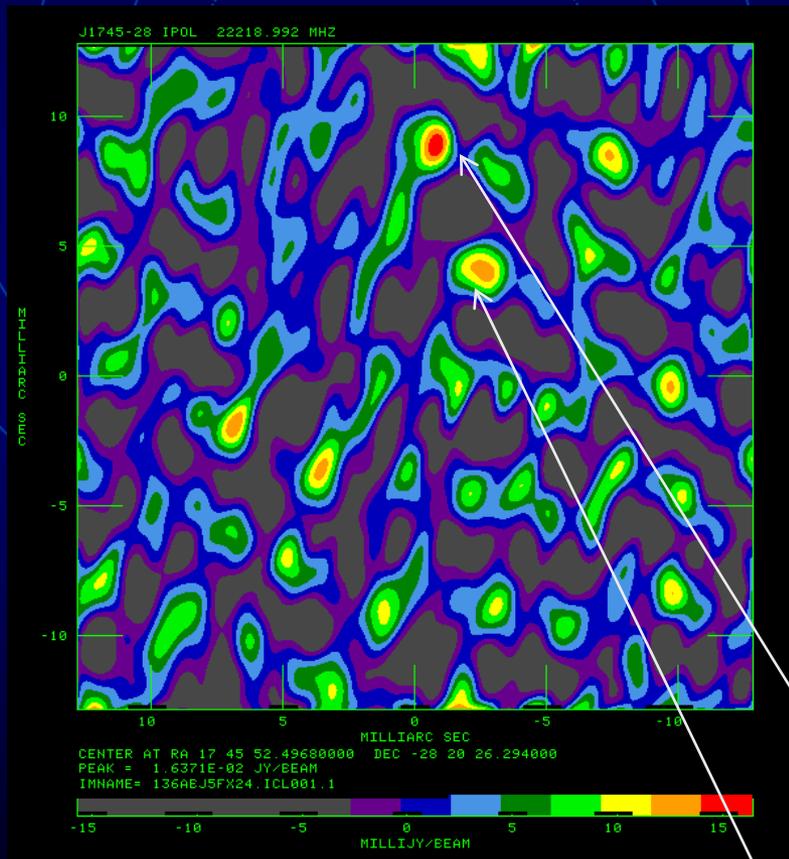
r06111bn



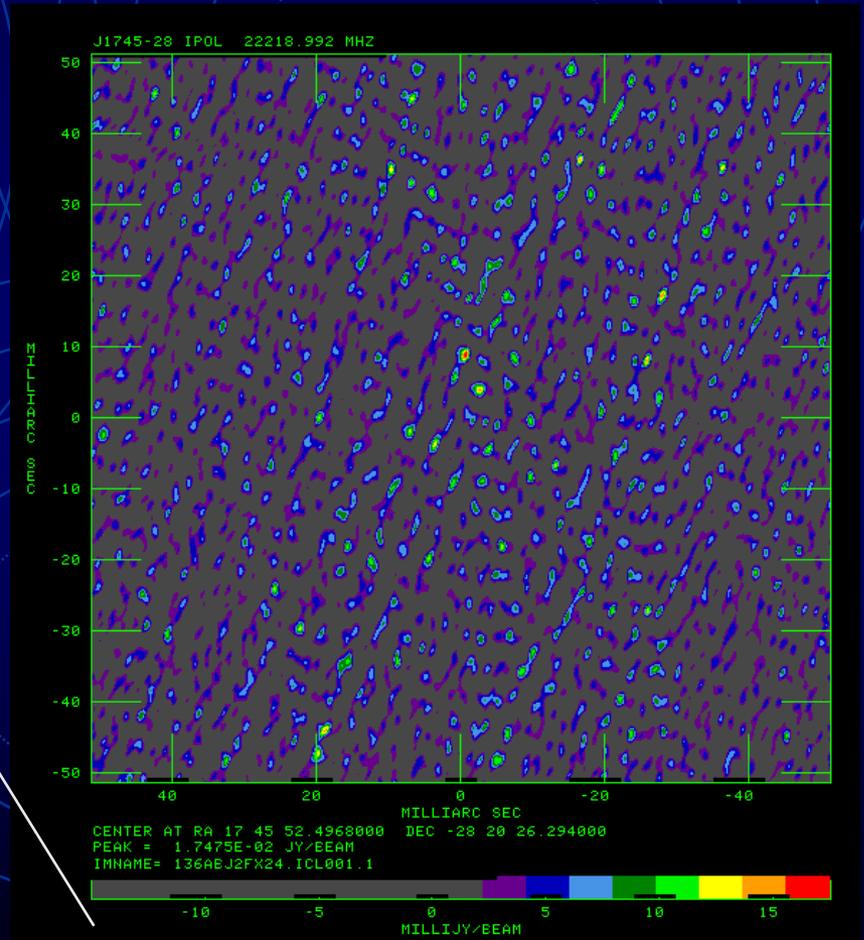
①

②

r06136an

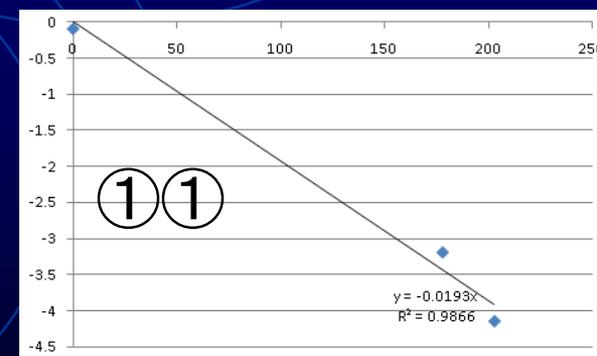
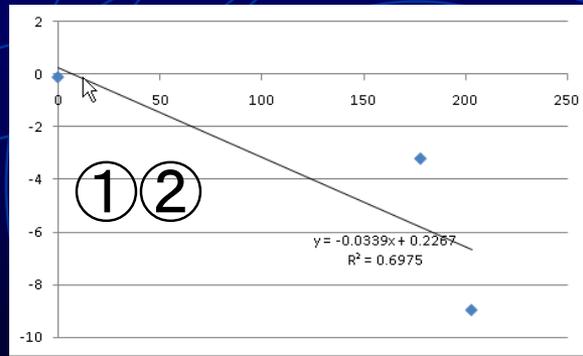
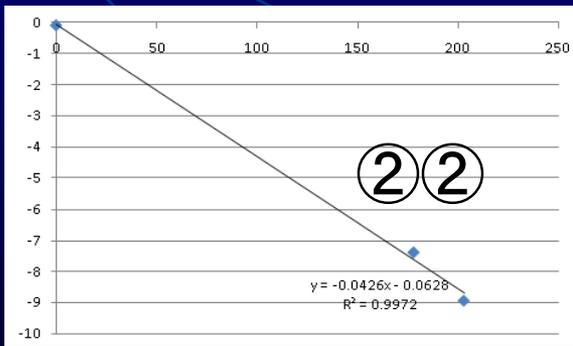
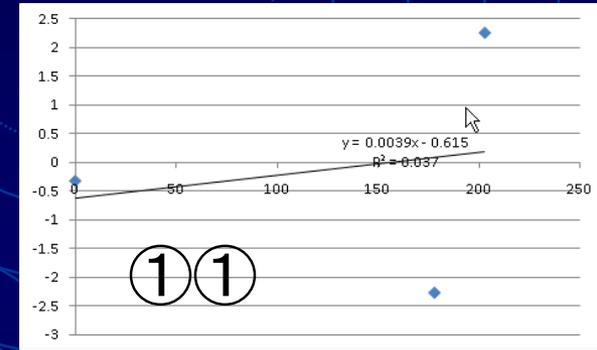
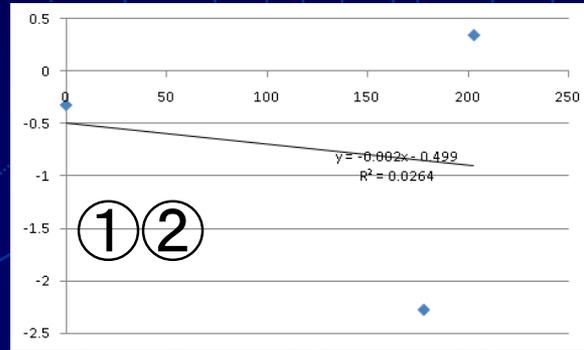
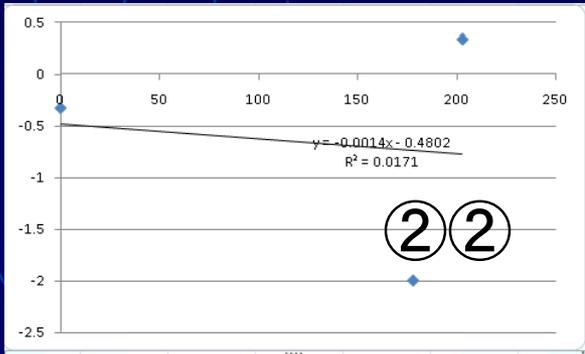


①



②

Absolute Proper Motion (SgrB2-N 68 km/s)



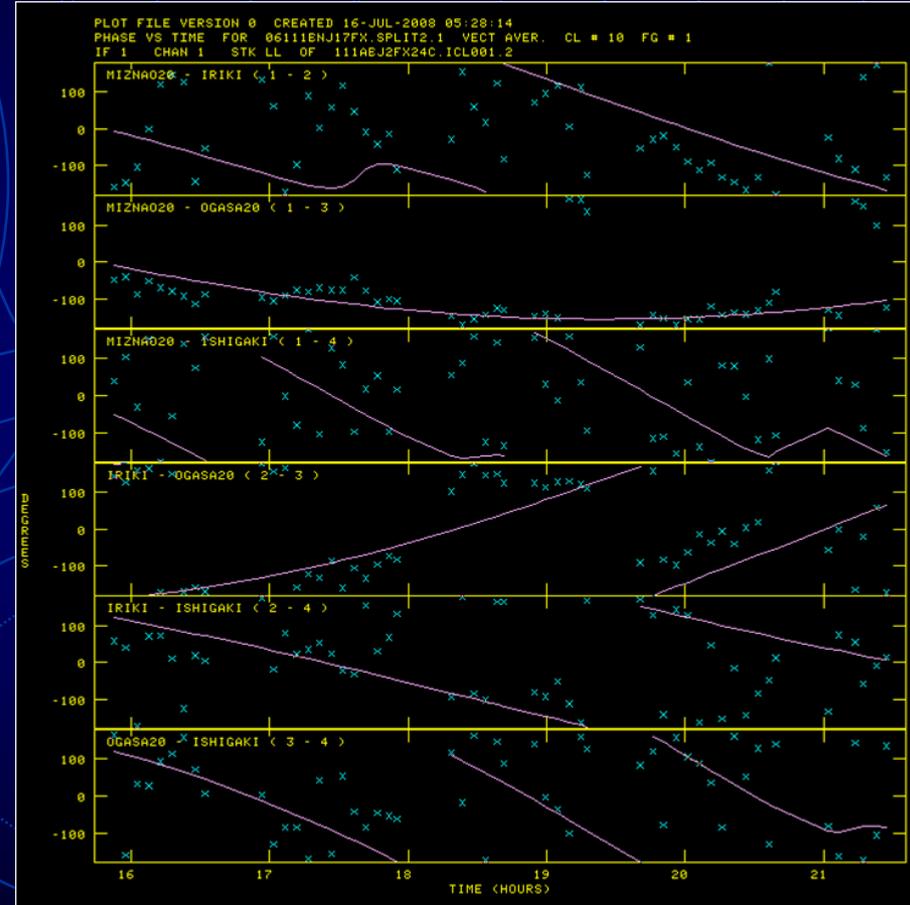
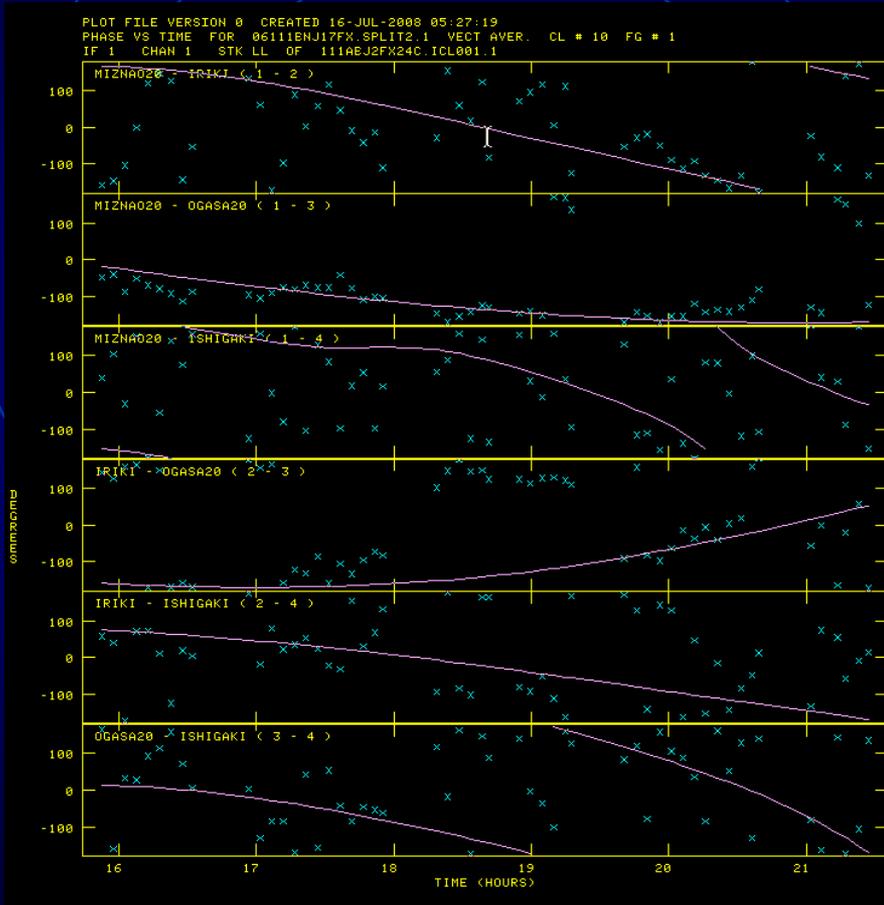
R.A -0.511 mas/y
Dec -15.549 mas/y

R.A 0.73 mas/y
Dec -12.374 mas/y

R.A 1.423 mas/y
Dec -7.045 mas/y

J1745-28 visibility phases after phase referencing

Which model is truth? (R06111bn)



Model: Below Component (1st peak)

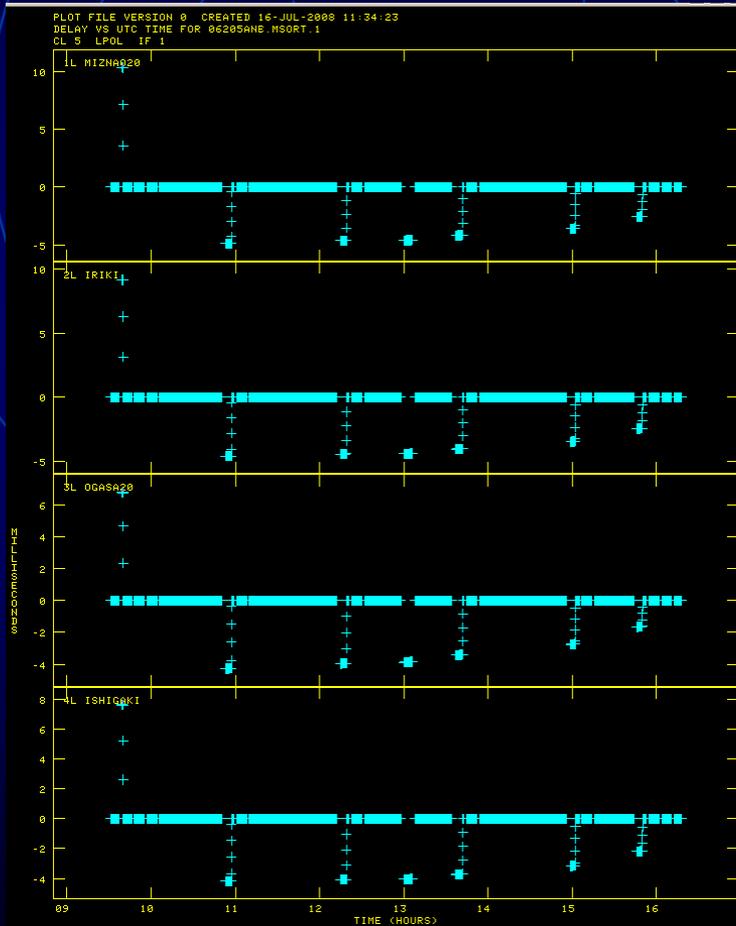
Model: Upper Component

Summary

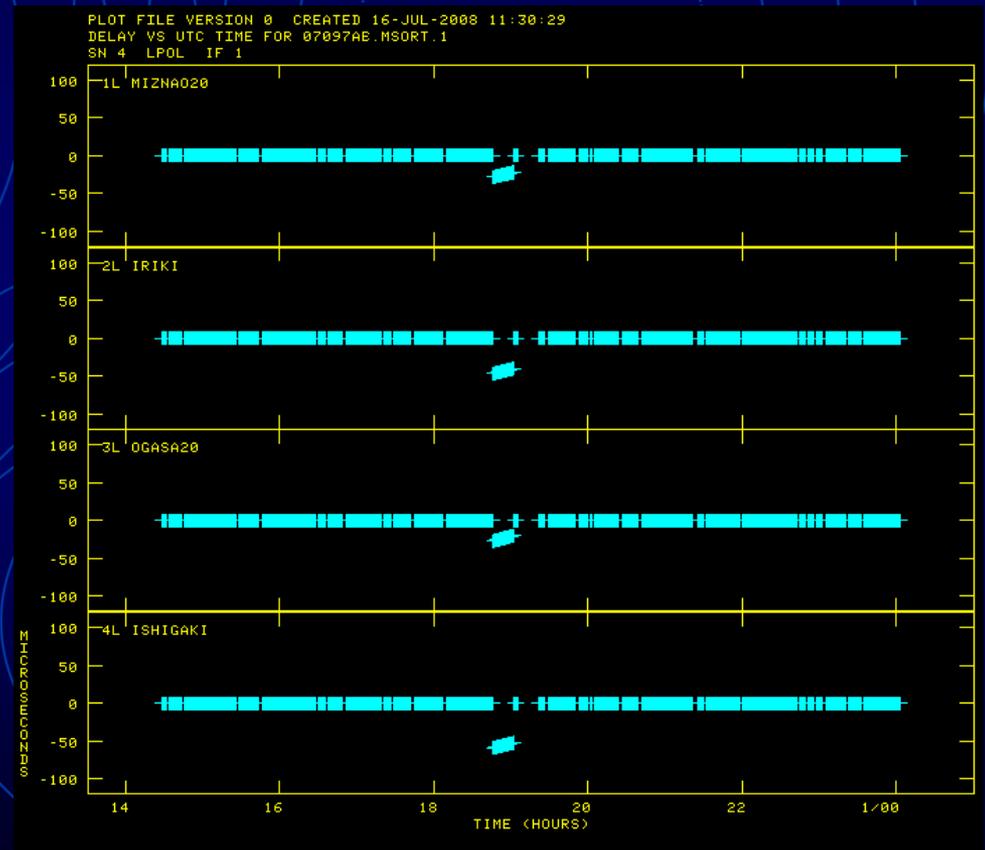
- 位相補償イメージ分散、位置オフセット
 - レファレンスマーザーの構造変化
 - Data Flaggingの方法検討
 - apr再計算テーブル調査 (msec、 μ secの異常値)
 - UVW再計算要？
 - QSOペア、測地観測による補正、検証
- 今後の方針
 - 1beam解析はsystem velocity導出のみに用いる
 - Sgb-2Nの位相補償解析検討 (他のスポット、)

• Fxcalc再計算テーブル調査 (msec、 μ secの異常値)

- Calibrator に多い(FRINGE検出できなくなる)
- まれにターゲットでも起きる(μ sec)
- 同じスケジュールの場合エポックが異なっても同じ場所で起こる



R06205B (Bbeam)



R06205B (Bbeam)

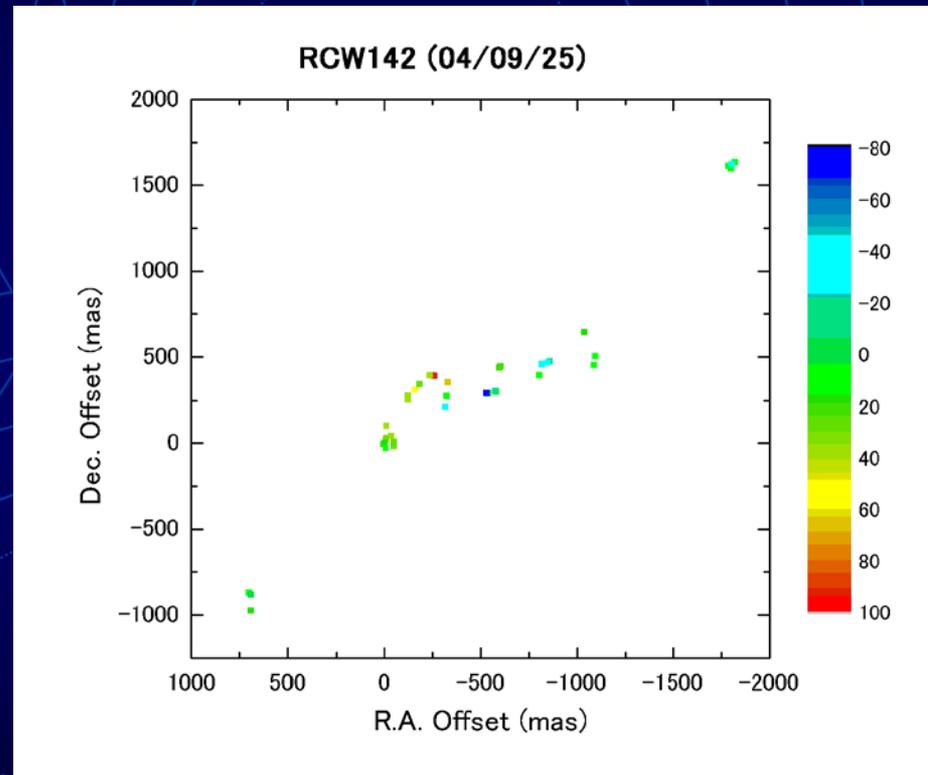
RCW142-J1745-28 (SgrB2M)

Motivation (Technical)

- 銀河系中心レファレンスマーザー
- Sgr B2M、J1745-28をターゲット
-Maser-Maserアストロメトリのテスト

Motivation (Sci)

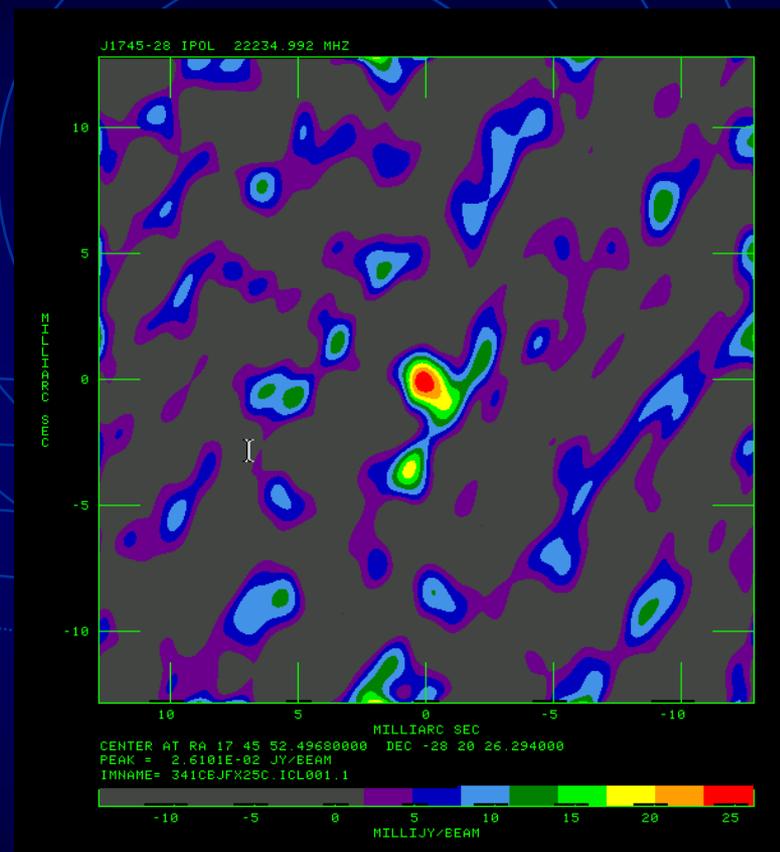
- 距離不確定性除去
2 or 18 kpc (OH-maser) Forster et al. 1999
9.1 kpc (methanol Maser) Walsh et al. 1997, Buizer 2005
- A bipolar flow+ring or disk model needed
An early expansion phase (Forster 1990)



RCW142

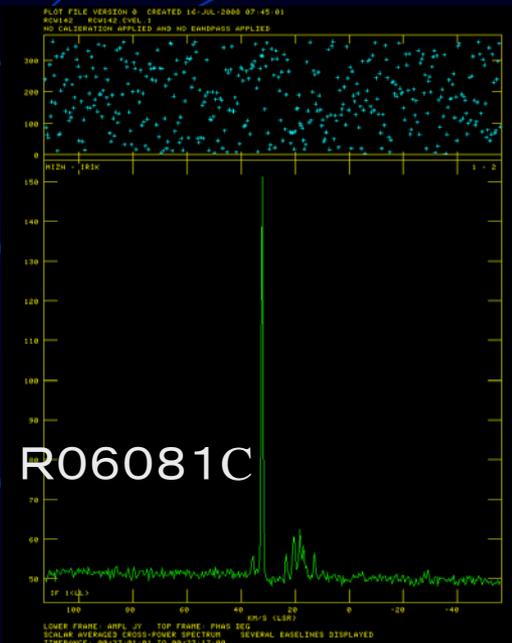
観測状況

- R06301A アプリ再計算異常
- R06341C
- R07019B
- R07097A (OG雨)
- R07134B
- R07257A (OG アンテナトラブル)
- R07356B (IRK ODSエラー)
- R08063B
- R08155B 相関処理未

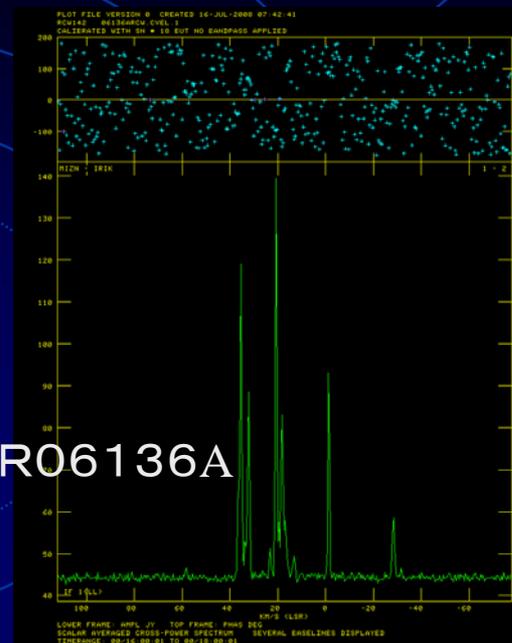


J1745-28: after PR
R06341C

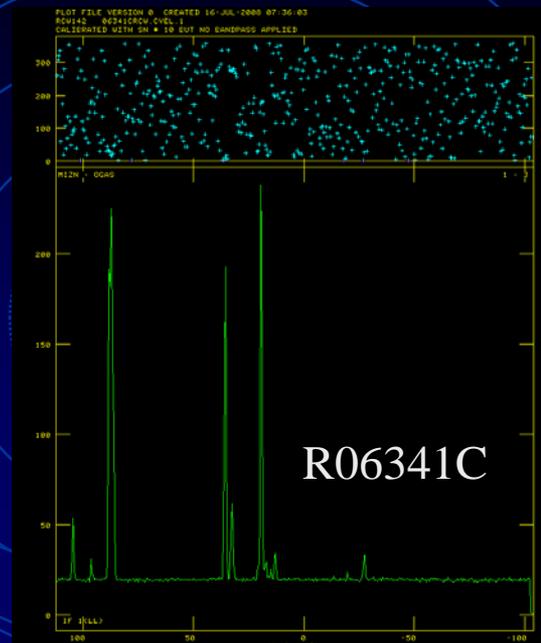
スペクトルの変化



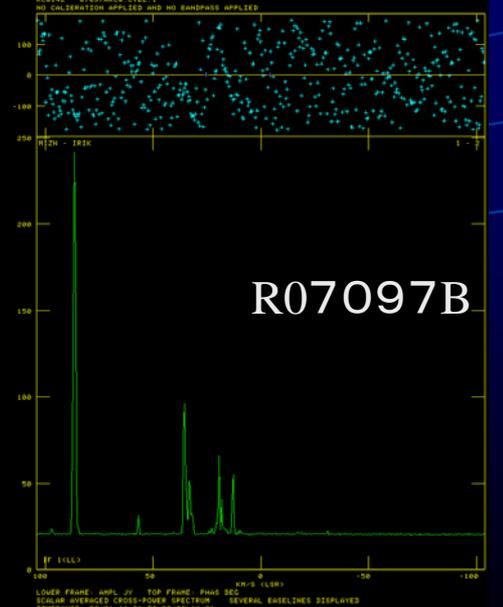
R06081C



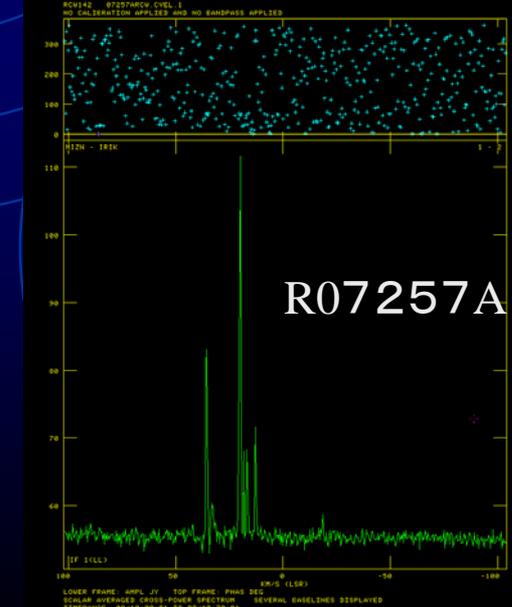
R06136A



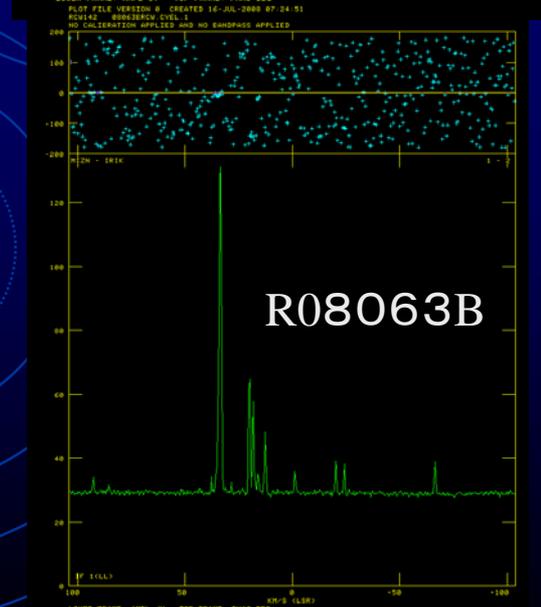
R06341C



R07097B



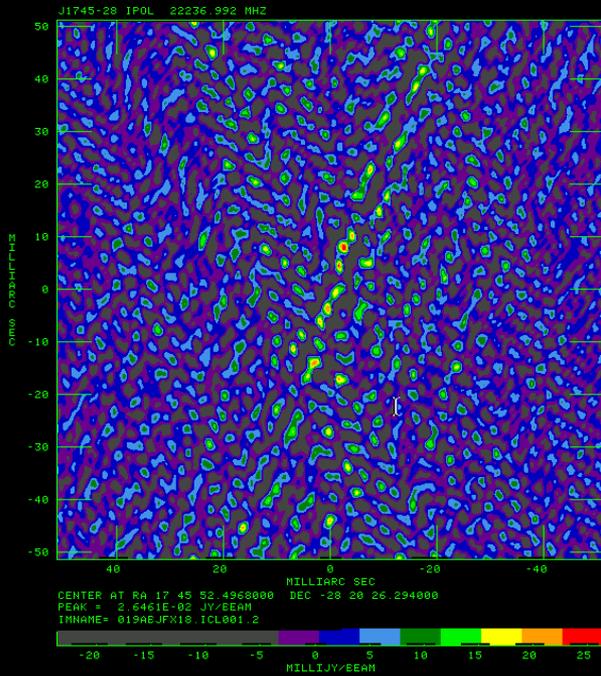
R07257A



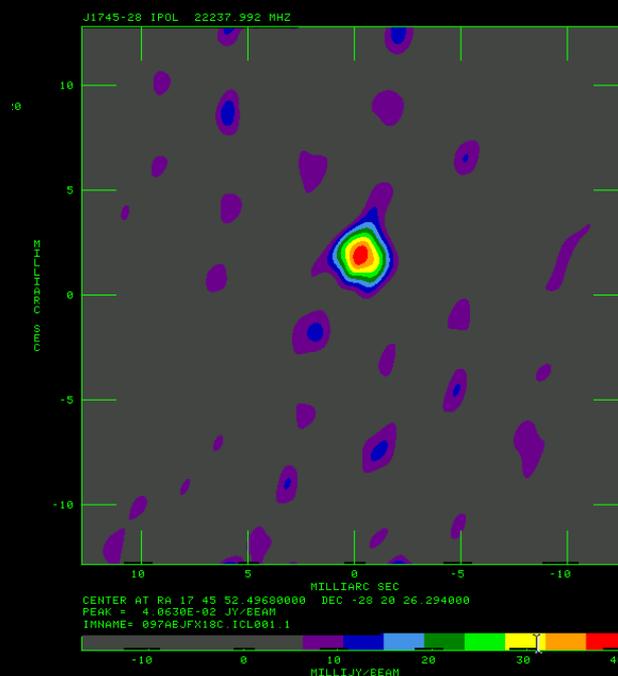
R08063B

J1745-28 (after phase referencing)

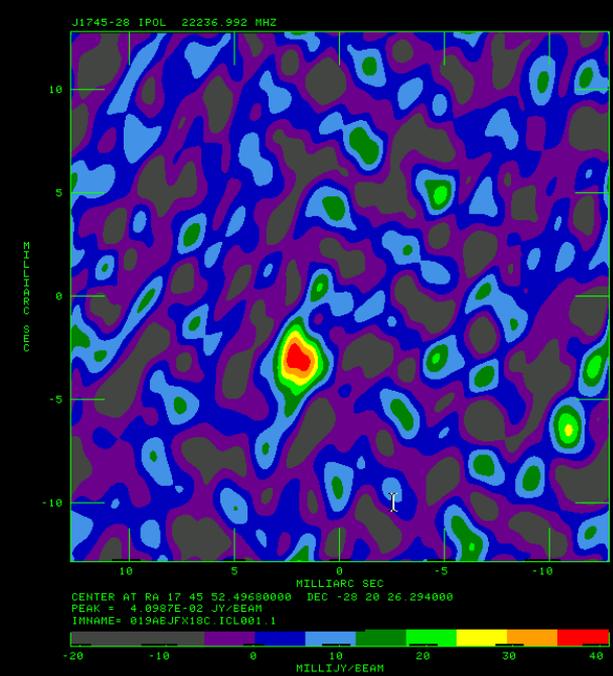
19.5 km/s component ref



R07019B



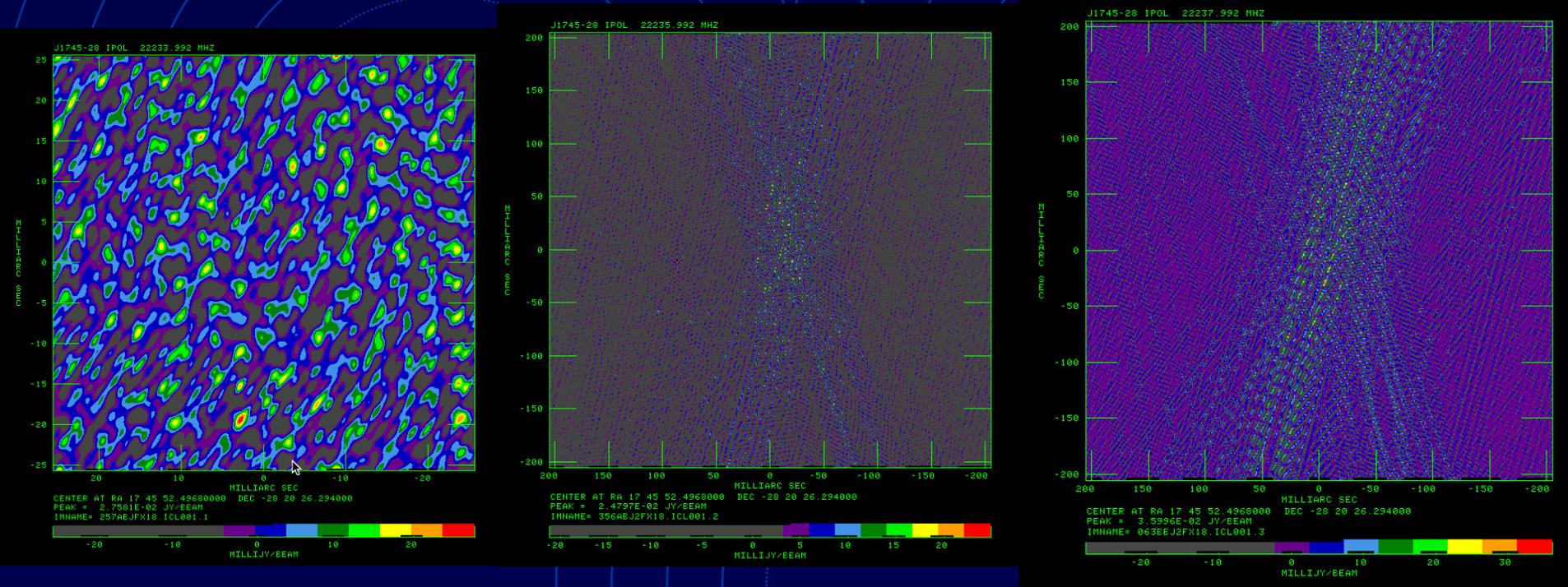
R07097A



R07134B

J1745-28 (after phase referencing)

19.5 km/s component ref

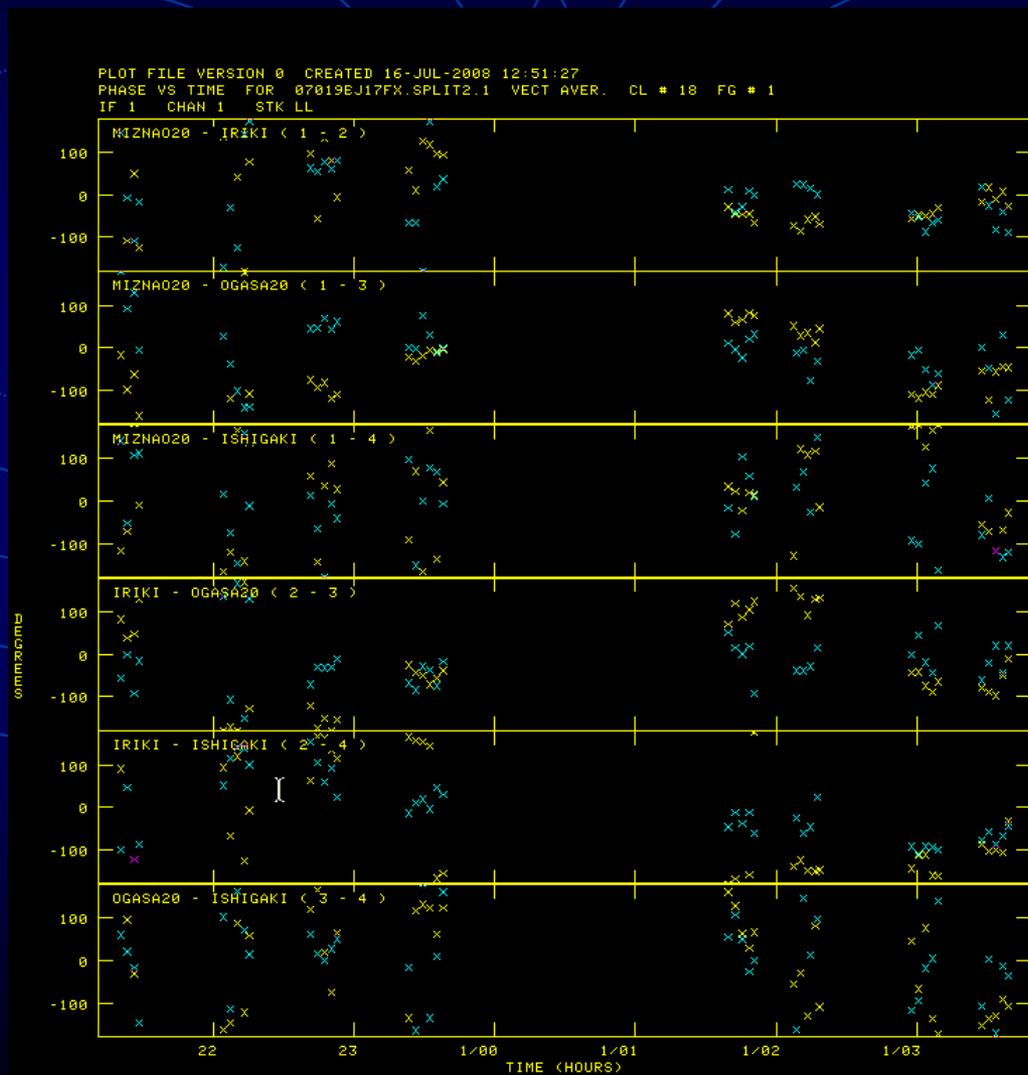


R07257A

R07356B

R08063B

Visibility Phase (R06341C, R07019)



Summary

- 位相補償イメージ分散、位置オフセット
 - レファレンスマーザーの構造変化
 - Data Flaggingの方法検討
 - apr再計算テーブル調査 (msec、 μ secの異常値)
 - UVW再計算要？
 - 離角依存性 (SgrB2- J1745=0.3度、RCW-J1745=1.1度)
 - QSOペア、SgrB2M、測地観測による補正、検証
- 今後の方針
 - Sgr B2同様解析手法の確立
 - 観測頻度上げる (まだ手探り状態で本格観測でない)

Fringe Check

SiO Maser

Motivation

- Reference Maser Survey(within 3 deg from Sgr A)
- Targets : Deguchi et al. 2000, Sjouwerman et al 2004、2Jy 以上 30天体程度
- Obs : R07297A、R08113A実施
- Results : OH0548-0059 検出(30Jy)、SG

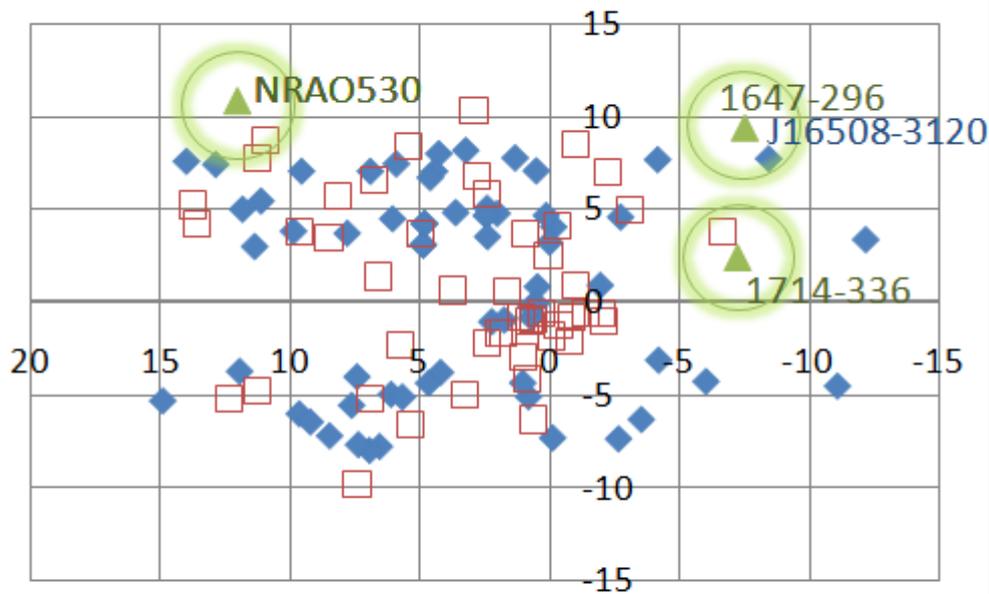
H2O Maser

Motivation

- CMZ、CND領域(銀河面上)
- Target : SgrD、SgrB1、SgrA East、M-0.13-0.08
- Obs : R07307A、R08112A
- Result : Sgr D検出(10Jy)

リファレンス候補天体の Q-band FCの結果

(l,b)プロット

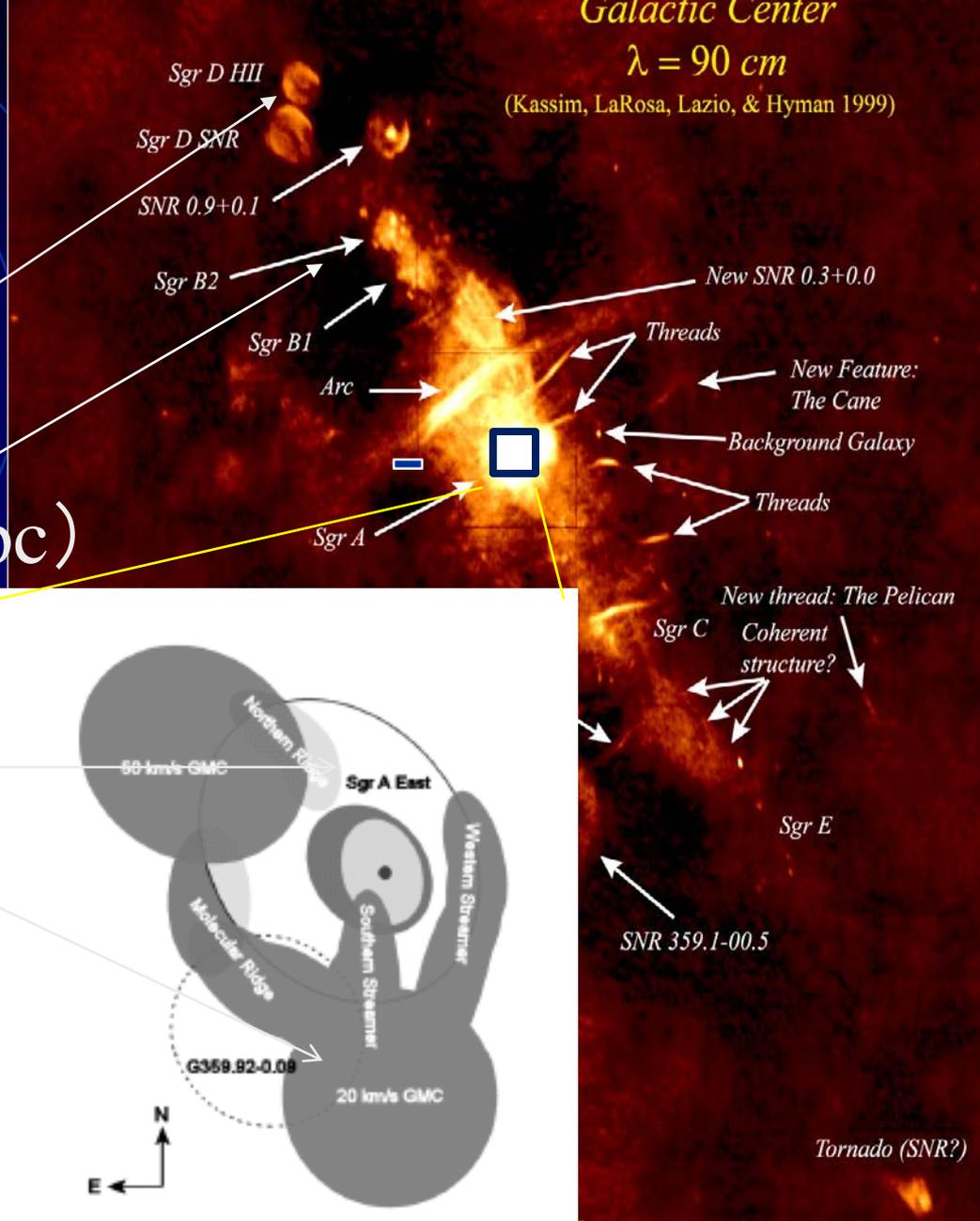


- ◆ SiOメーザー源
- VERA Q-bandで未検出のQSO
- ▲ VERA Q-bandで検出のQSO

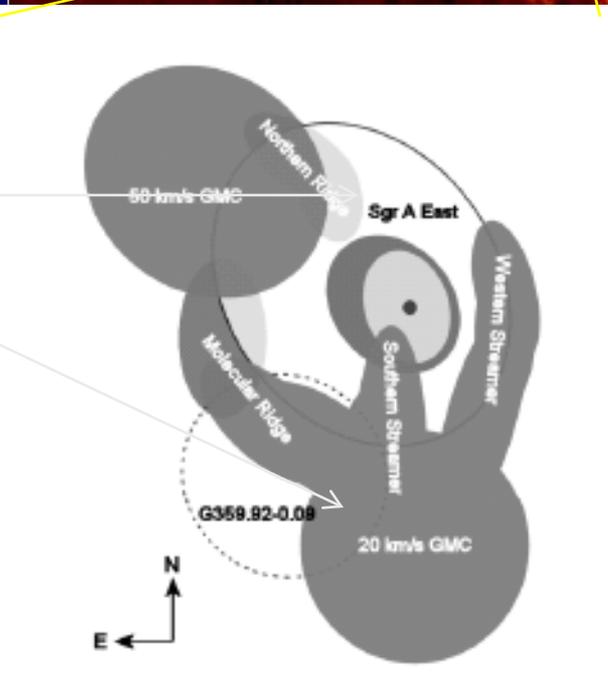
- r07273c/r07288b/r07297b

2/64天体検出

銀河中心領域 (星形成メーザー源)



- Sgr D (~10Jy、100 pc)
- Sgr B2 (~100Jy、100 pc)
- Sgr B1 (0.3 Jy、100 pc)
- Sgr A east (0.4 Jy)
- M-0.13-0.08 (1-2Jy)
(20 km/s 分子雲)



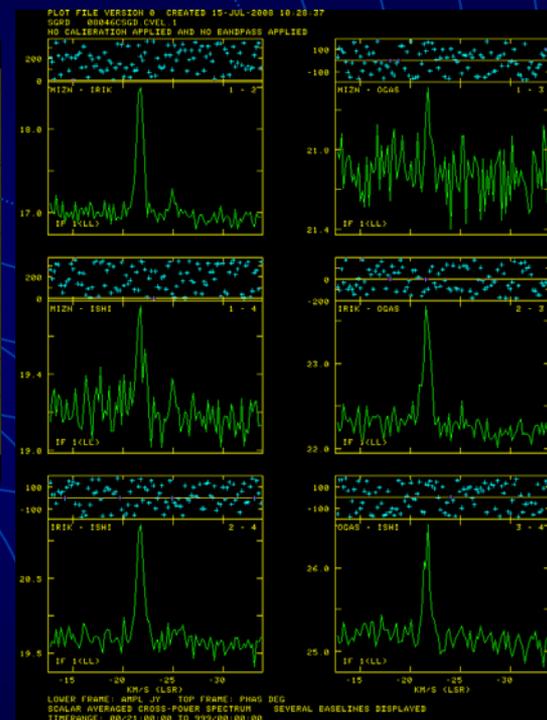
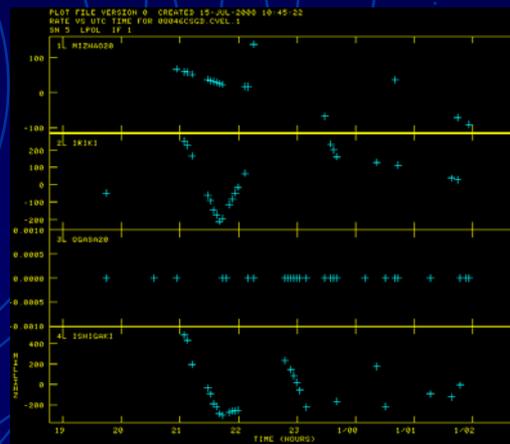
Sgr D-J1745-28

Observations

- R08046C (座標ずれ)
- R08088C (座標ずれ)
- R08111B (座標ずれ)
- R08148A (相関処理時修正)
- R08187A (観測時修正)

Results

- 1) フリンジ全基線検出
- 2) VLAで計測された位置と異なる？ (100秒程度)
→ 単一鏡観測にて計測済み
- 3) 3 epoch目から修正し観測実行中



OH0548-0059 — J1745-28, Sgr A*

Motivation

- SiO Maser reference astrometry
- Super Giant (Lindqvist 1992)

Observations

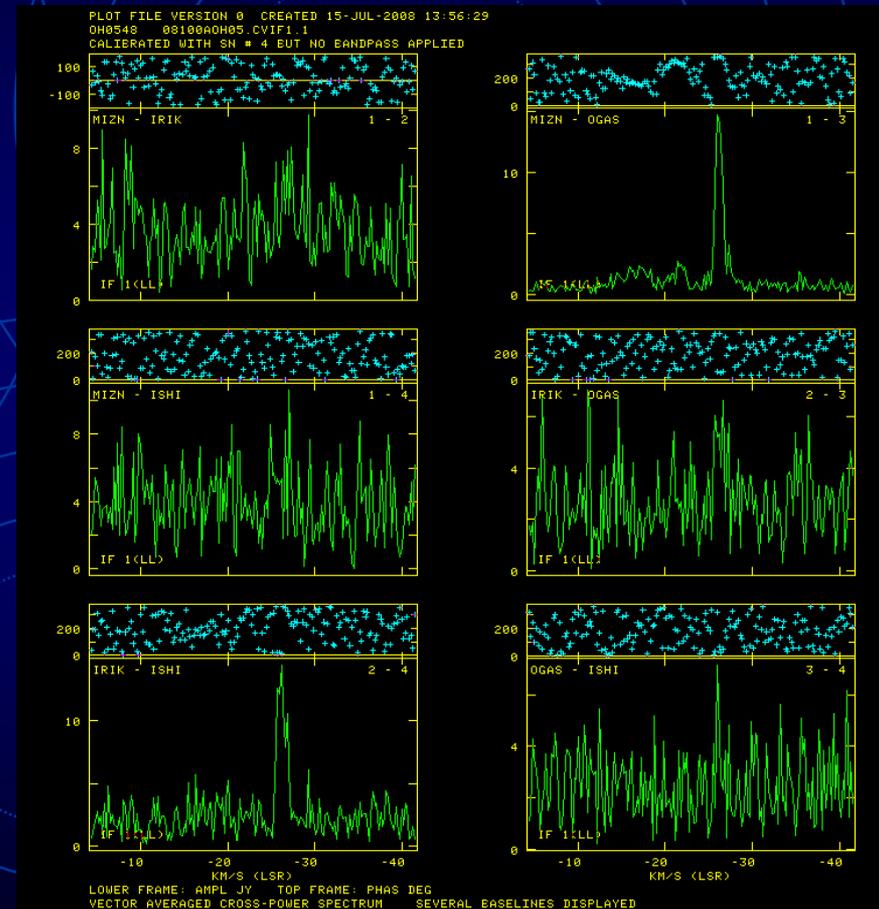
- R08031C (石垣ODSTトラブル)
- R08100C (入来雨)
- R08147A (未相関)

Results

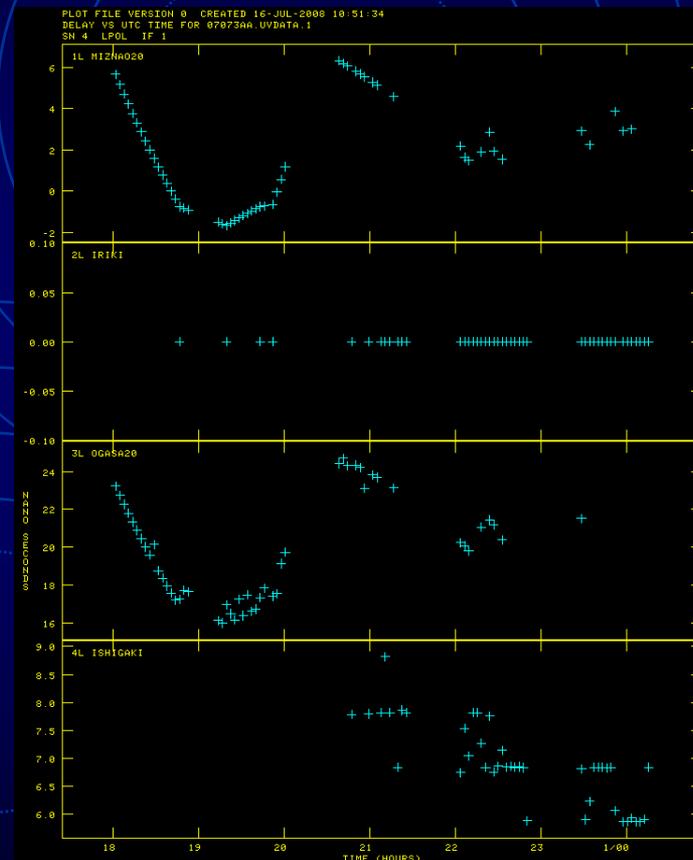
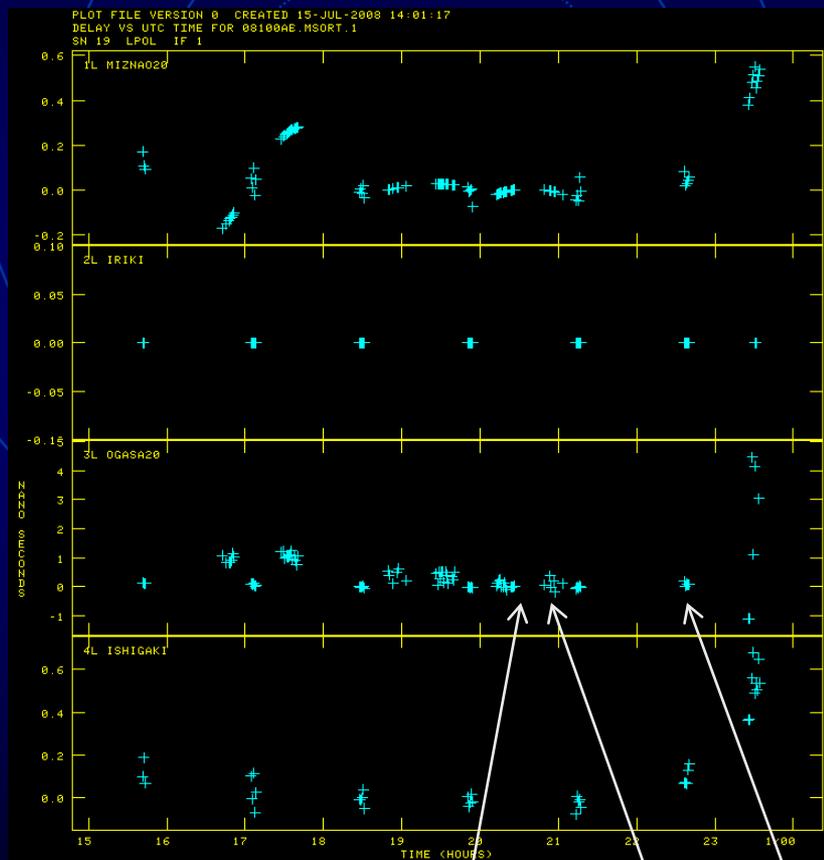
- 1) MIZ—OGA、IRK-ISG基線のみ検出
- 2) 自己相関 40Jy

→VERA単体でreferenceとして用いるのは困難？

鹿島、野辺山、KVN or 他のソース



J1745-28、Sgr A* FS (43GHz)



R08100C
 入来雨

J1745-28

SgrA*

NRAO530

R07073

全局晴れ、SgrA*

Sgr A, B2、銀河系中心領域の課題

◇参照源、対象天体のFluxが低い

- ・Sgr A*でも。。。 (分解、0.7mas@Q、3mas@K)
- ・系外参照源も弱い **100 mJy以下**
- ・メーザーSgrB2、RCW142以外はほとんど**1Jy程度以下**、
(SiOメーザーで参照源になるようなものはなし)

1) Maser (Sgr B2, RCW142)を参照源とした相対VLBI観測手法確立 (AIPS)

バンド幅合成

2) 鹿島、野辺山、山口、筑波、KVN等の短基線追加

(#5記録等)

3) 広帯域、高感度観測 (**桁でなく、ファクター!**)

感度2/4倍@K/Q = 50 mJy: 連続波

感度2倍@Q=300-600 mJy: メーザー

(超高速サンプラー、光結合 (#5含む)、

高密度記録、高感度受信機、両偏波化他)

	基線 (mJy)	Image (mJy)	
K (maser)		500	5 hour 0.1 MHz
Q (maser)		1000	5 hour 0.1 MHz
K (cont)	100	11	180K 3 min 240MHz
Q (cont)	200	21	350K 3 min 240MHz

能率、K=0.43、Q=0.4にて計算

Summary

- 鹿島、KVN短基線重要
- メーカーレファレンス位相補償方法検討
 - UVW再計算
- 装置開発優先？（広帯域、高感度観測）

微弱天体で大丈夫か？→条件さえ揃えば (Oyama et al. 2008)
克服すべき共通課題
(特にこの領域において)

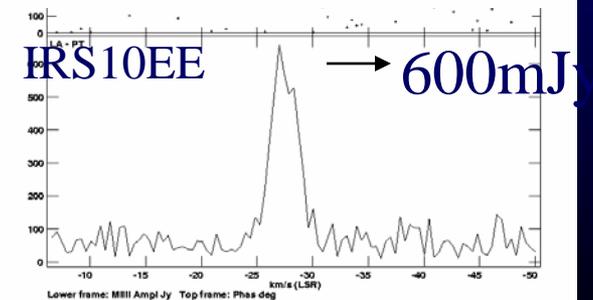
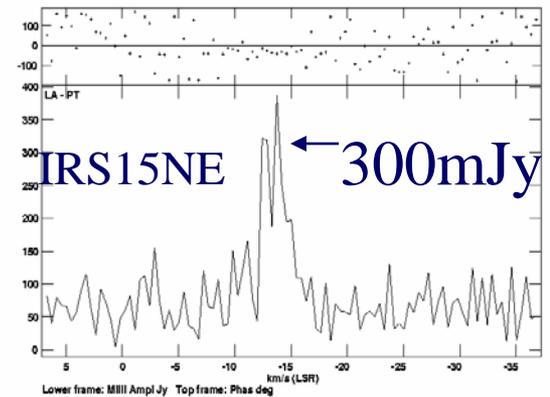
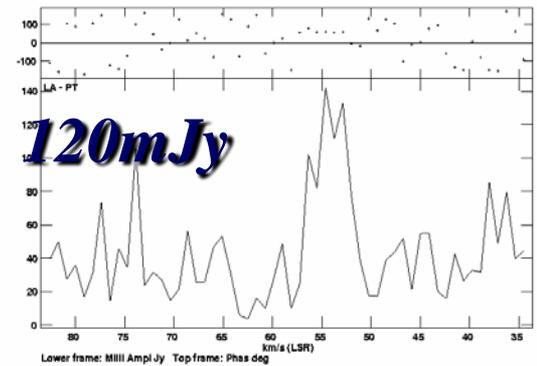
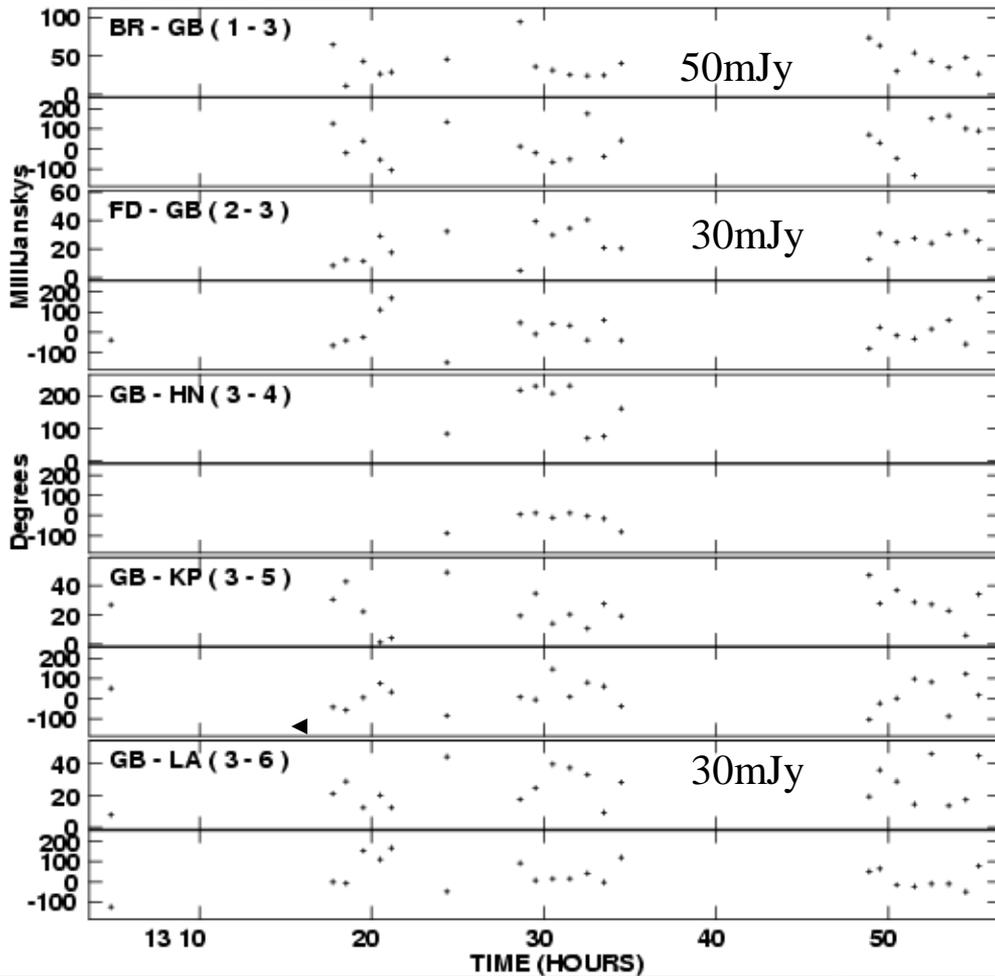
- Target Maser大部分は1Jy程度 (Sgr B2、RCW142、OH0548、IRAS17482-2824除く)
- J1745-28唯一の系外参照源 (50 mJy)
- Sgr A* は1Jyだが分解されreferenceとする事は可能？ (全基線全時間検出は困難であろう)
(またもし使えてもSgr A* 0.3度以内はできない！のでJ1745-28も必須)
- 43 GHz SiOメーザーをreferenceとして用いる事ができるか？ (分解される？)

→メーザーを参照源とする位相補償方法確立 (まずは強い水メーザーを用いて)
最終的には強いメーザー (ref)- 微弱メーザー (target)か？
(Sgr B2 (H₂O)、RCW142 (H₂O)、OH0548 (SiO) 観測で検証中)

→Sgr A*、OH0548 (SiO)等の2000 kmベースラインで分解されてしまうソースでは
鹿島、野辺山、KVN等の参加。装置開発感度向上 (ファクターで良い！)
- 1ビーム+2ビームでのアストロメトリ精度は？ (QSOペアにて検証中)
- 鹿島、野辺山光結合 or DISK BufferにてGbit観測可能 (試験観測済み)
→鹿島43GHz低ELでのポインティングどうする？

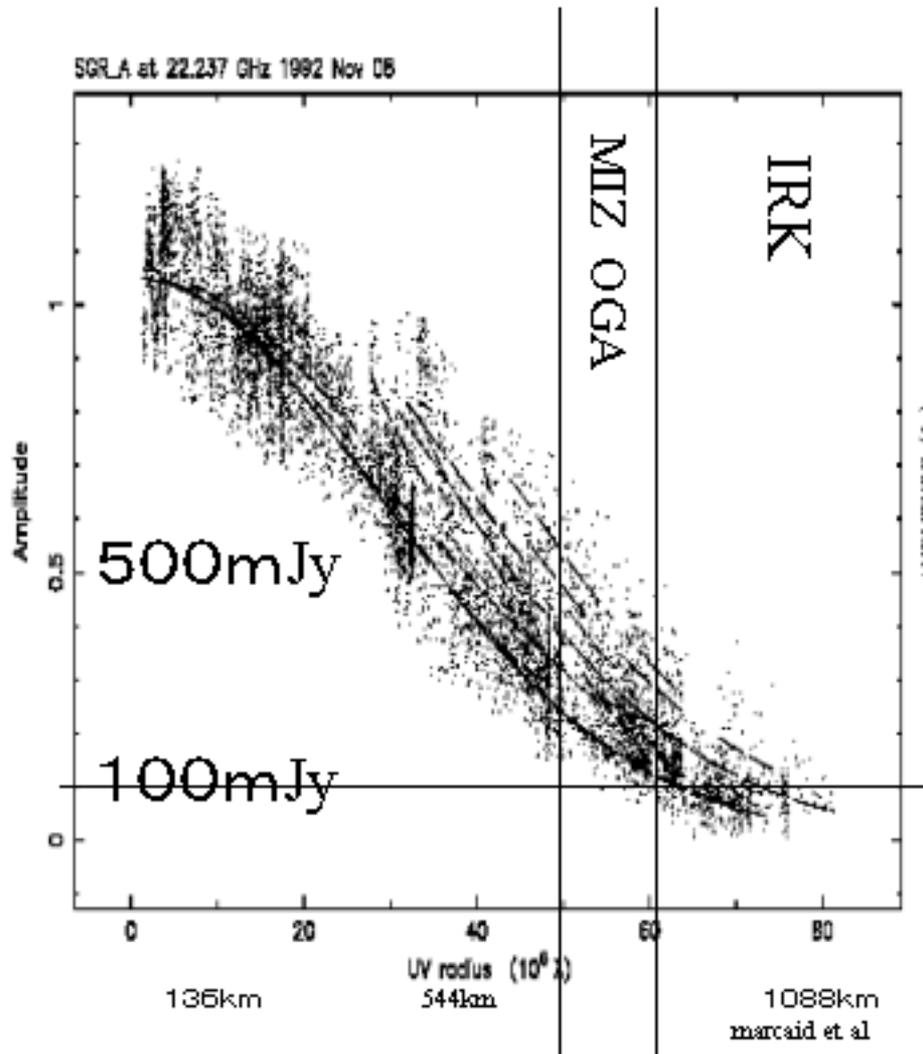
Sgr A* 相關強度 (2000 km 以上)

Plot file version 1 created 18-JUL-2006 10:07:57
Amplitude and Phase vs Time for 131C3SGAAVS.SGRA.1 Vect aver.
IF 1 CHAN 1 STK LL



SgrA*の相関フラックス

K band



Q band

