

VERAによるAGN水メーザー 観測

山内 彩、中井直正 (筑波大学)
小山友明 (水沢VERA観測所)

VERAユーザーズミーティング
2007年11月12日(月)-13日(火)

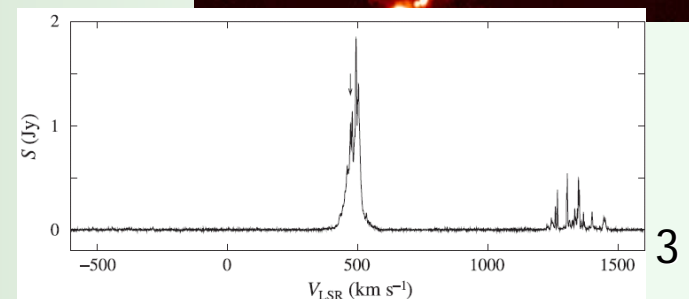
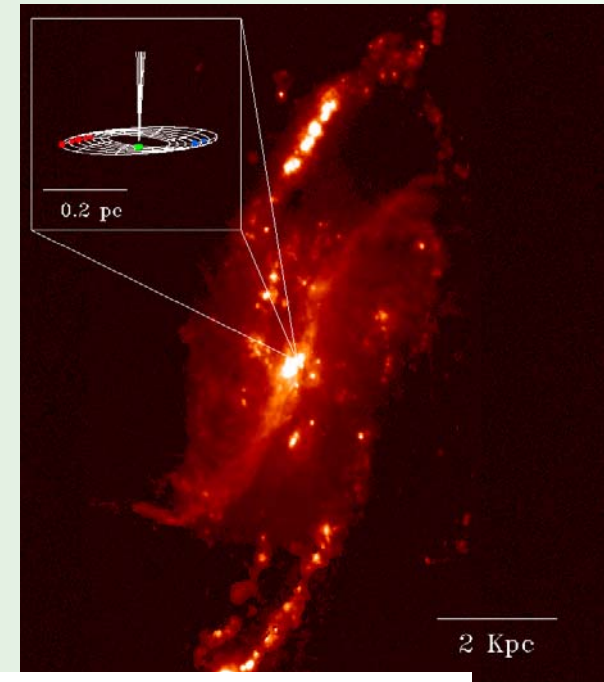
概要

- 2005年4月に、VERA試験的共同利用で、銀河 NGC 3079を2ビーム観測した。
 - 目的: NGC 3079中心部の水メーザーと、22 GHz連続波成分の間隔を測定。
- 参照天体がフリンジ検出できなかったため、シングルビームとしてリダクション。
 - VLBA Calibrator Searchの値が違っていたせい。
- 水メーザーの一番強い成分は検出できたが、連続波が検出できない。
 - 目的を達成できていません。すみません。

AGN水メーザー

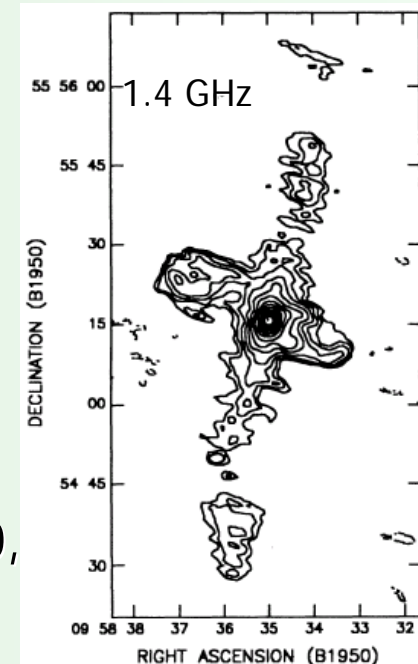
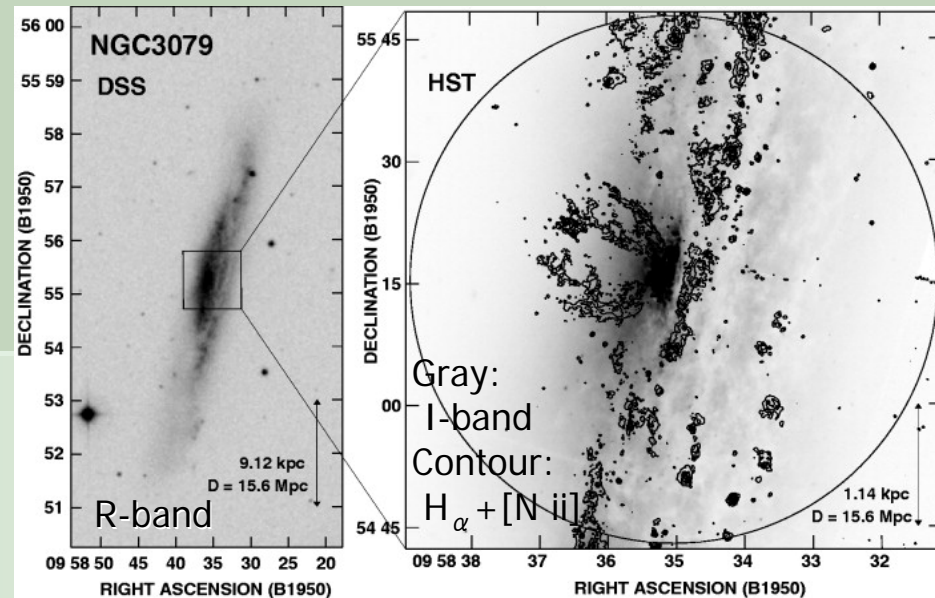
天体	ピーク強度
Circinus Galaxy	~10 Jy
NGC 4945	~8 Jy
NGC 3079, NGC 4258	1~5 Jy
NGC 1068	~0.6 Jy

- 現在、60天体以上で検出。
- 代表例: NGC 4258
 - Miyoshi et al. 1995
 - 半径0.14-0.28 pc、回転速度 $770-1080 \text{ km s}^{-1}$ の、ほぼエッジオンの円盤
 - 中心に質量 $M = 3.9 \times 10^7 M_{\text{sun}}$ のブラックホール
- 強い天体から、VLBI観測されている。



NGC 3079

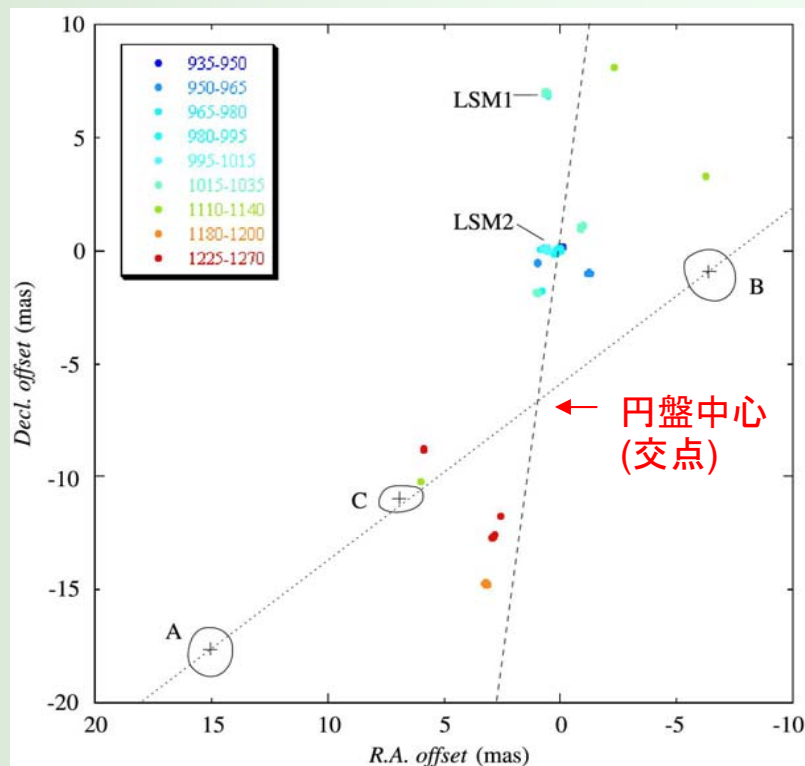
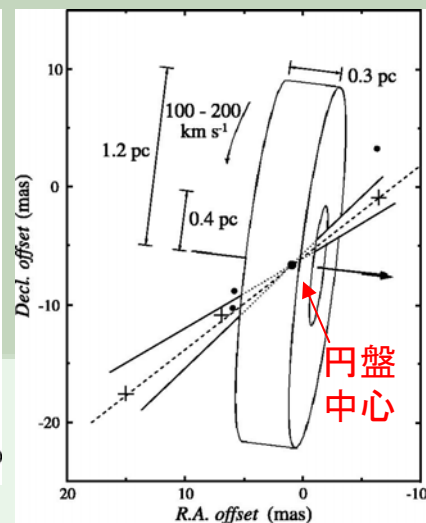
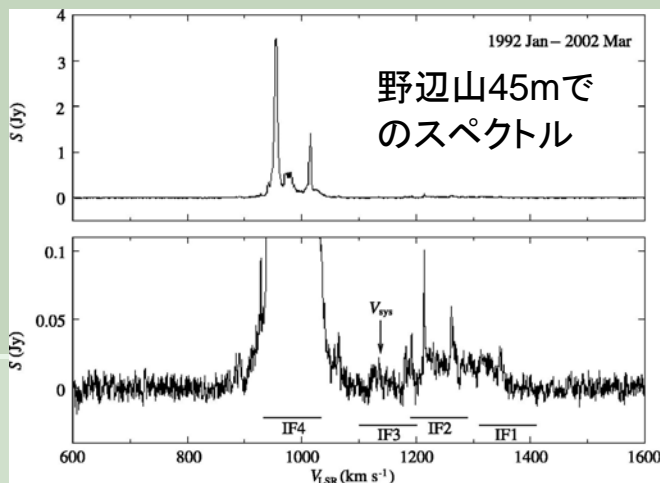
- Seyfert 2
- PA = 166°
- $i = 84^\circ$
- $V_{\text{sys}} = 1142 \pm 3 \text{ km s}^{-1}$ (radio, LSR)
- $D = 17.3 \text{ Mpc}$
- 電波、 $H\alpha$ 、X線などで、銀河単軸方向に kpcスケールのアウトフロー
- AGN水メーザー $L_{\text{iso}} \sim 500 L_{\text{solar}}$
- 水メーザー、複数回のVLBA観測あり
 - Trotter et al. 1998, Sawada-Satoh et al. 2000, Yamauchi et al. 2004, Kondratko et al. 2005



観測目的

■ NGC 3079 水メーザーのVLBA観測

- Yamauchi et al. 2004
- 観測 2001/12/17
- PA = -8° に沿った水メーザースポットと、連続波成分A、B、Cを検出
- 銀河円盤にほぼ平行な、エッジオンに近い分子ガス円盤モデルを提案
- 連続波はジェットと解釈

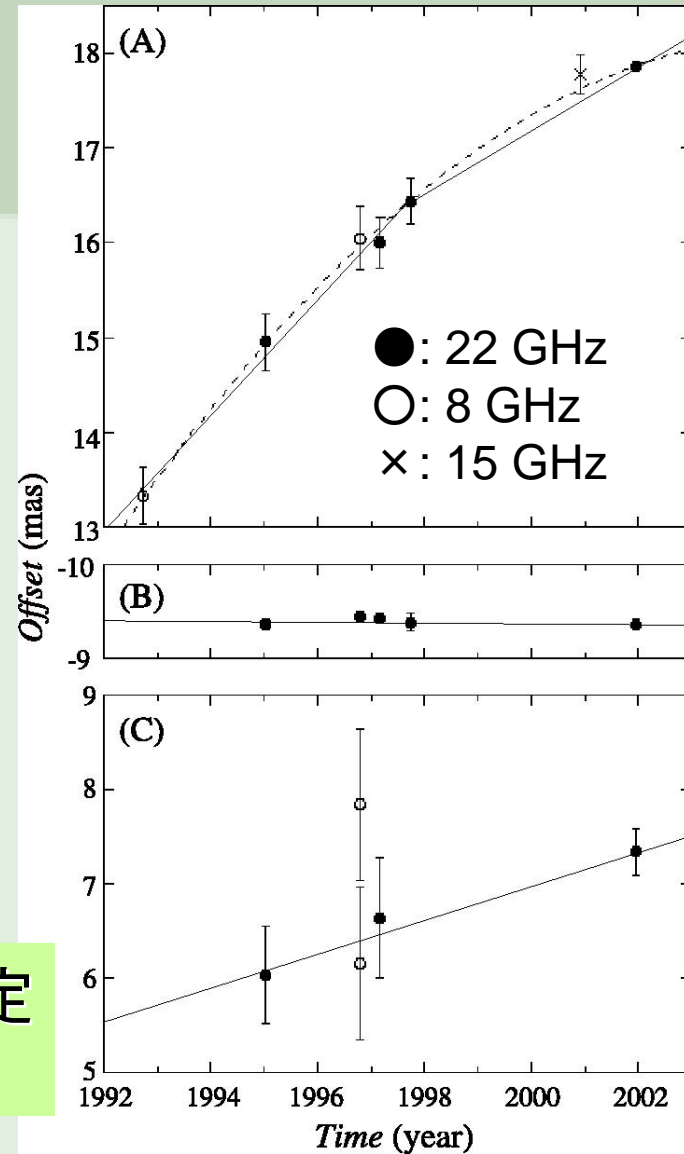


観測目的(続き)

- モデルの円盤中心に対する、連続波の位置変化 (中心→Aの方向を正)
 - A (1992-2001年): $0.12 \pm 0.01c$
 - B (1995-2001年): $-0.001 \pm 0.002c$
 - C (1995-2001年): $0.05 \pm 0.02c$

 - A (1992-1997年): $0.17 \pm 0.02c$
 - A (1997-2001年): $0.09 \pm 0.02c$
- 同じ方向に出ているAとCで速度が違う
- Aの速度が、1997年以前/以後で変化

水メーザー成分と連続波の間隔を測定
Aは本当に減速しているか？

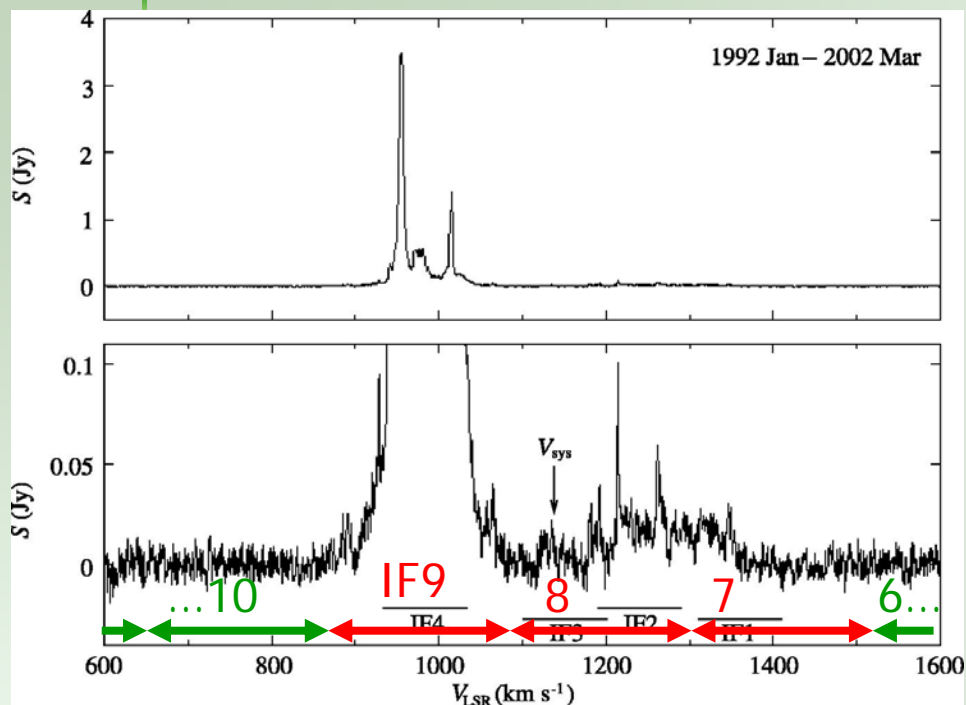


観測諸元

- 観測日：2005/4/12 (r05102a) 14時間
- 観測局：VERA 4局
- 観測周波数：Kバンド
- レコーダ：DIR2000
- デジタルフィルタ：VERA7 (16MHz、1+15IF)
 - Aビーム - 参照天体 (1IF)
 - Bビーム - 水メーザー (3IF)、連続波 (12IF)
- 128点分光 ⇒ メーザー速度分解能 1.6 km s^{-1}

天体	RA (J2000)	Dec (J2000)	離角 (°)
(A) 0957+553	09h57m38.2s	+55d22m57.8s	
(B) NGC 3079	10h01m57.8s	+55d40m47.1s	0.68

観測諸元(続き)



積分時間	Aビーム	Bビーム
6分	4C39.25	ダミー
6分	ダミー	4C39.25
1時間 4分	0957+553	NGC 3079

基本的にこの繰り返し

- NGC 3079の全観測時間: 10時間22分

参照天体0957+553

■ プロポーザル投稿時

- VLBA Calibrator Search 8.4 GHz (1.545 Jy)、The VSOP 5 GHz Continuum Survey (2.3 Jy)から外挿
⇒ 0.7 Jy @ 22 GHzと見積もり

■ 観測後

- VLBA Calibrator Searchの値が変わっていた！
0.27 Jy @ 8.6 GHz ⇒ 外挿、**0.007 Jy** @ 22 GHz

■ VERA7、Aビームの最小検出感度

- $T_{\text{sys}} = 200 \text{ K}$ 、積分時間120 s、帯域幅16 MHzのとき
 $\sigma_{\text{bl}} = \mathbf{0.065 \text{ Jy}}$

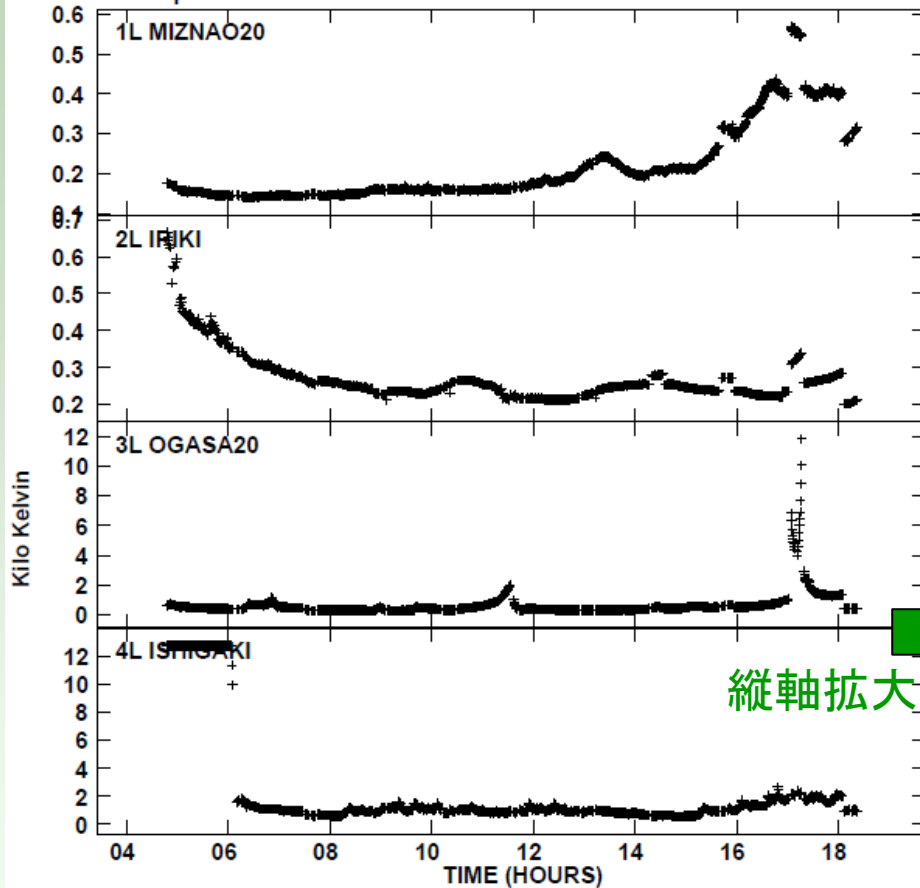
⇒ 0957+553のFRINGE検出不可能...

リダクション

- Bビームのみで、AIPSでリダクション
 - サンプリングバイアス補正 (ACCOR)
 - 強度較正 (APCAL)
 - フリンジフィッティング1 (FRING):
4C39.25、delay & rate
 - バンドパス較正 (BPASS): 4C39.25
 - ドップラートラッキング (CVEL)
 - フリンジフィッティング2 (FRING):
メーザーピーク (IF9 77ch)、rateのみ、solint 1分
 - FRING2の解を使って、IF9 77chをイメージング
 - IF9 77chでセルフキャリブレーション

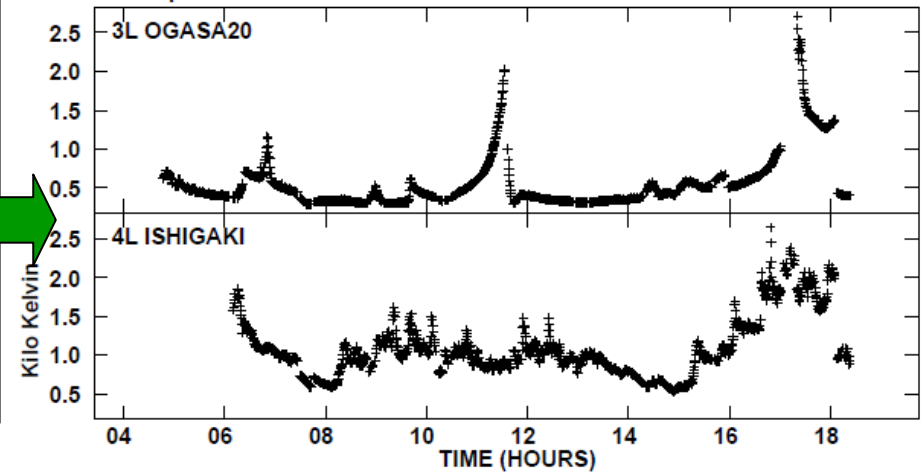
観測当日の T_{sys} (Bビーム)

Plot file version 1 created 07-NOV-2007 16:25:30
Tsyst vs UTC time for R05102A_B.DBCON.2
TY 1 Lpol IF 1



- 水沢、入来: ~ 200 K
- 小笠原: ~ 500 K
- 石垣島: ~ 1000 K

Plot file version 2 created 07-NOV-2007 16:42:43
Tsyst vs UTC time for R05102A_B.DBCON.2
TY 1 Lpol IF 1



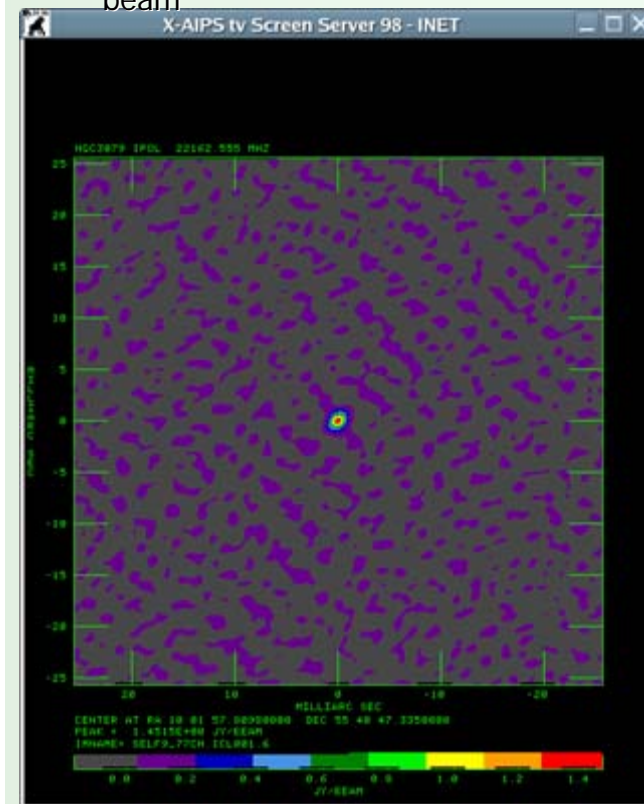
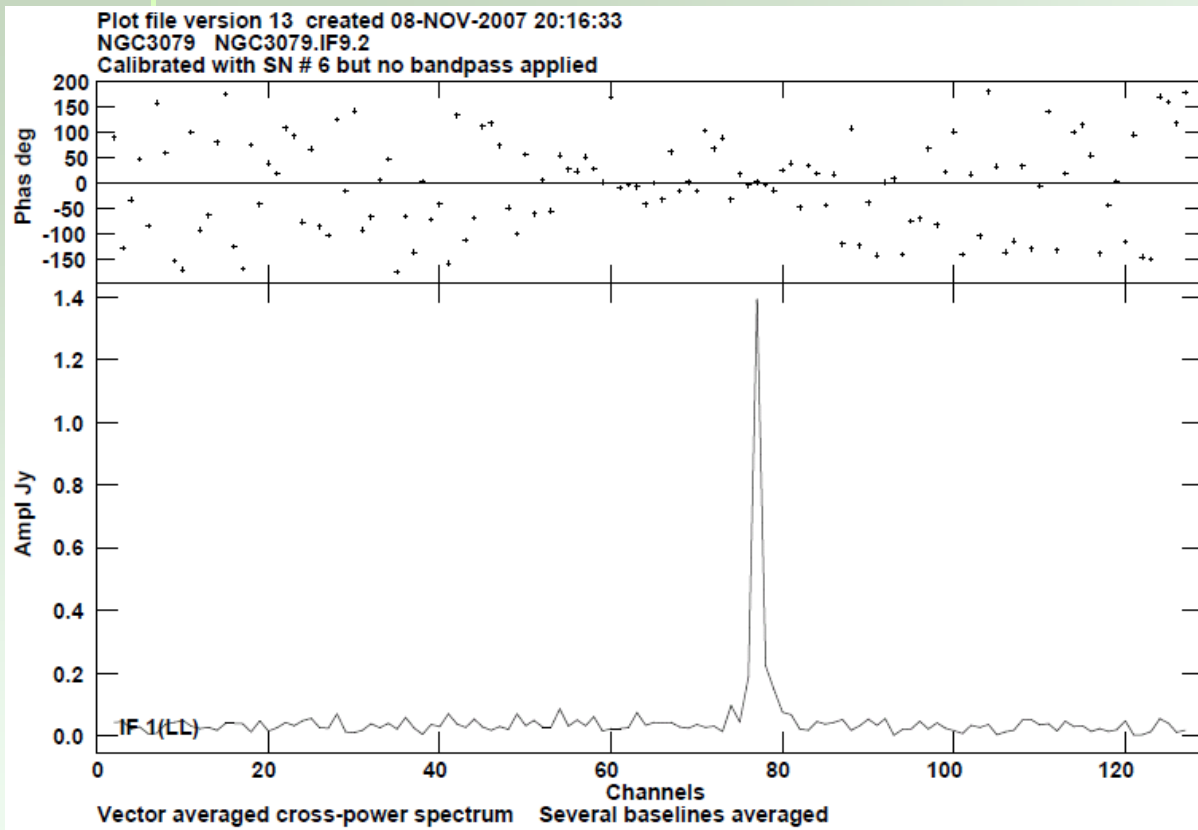
セルフキヤル後

Peak $1.4515 \text{ Jy beam}^{-1}$

Rms $0.037 \text{ Jy beam}^{-1}$

SNR ~ 39

$\theta_{\text{beam}} = 1.22 \times 0.90 \text{ mas}$



リダクション(続き)

■ メーザー

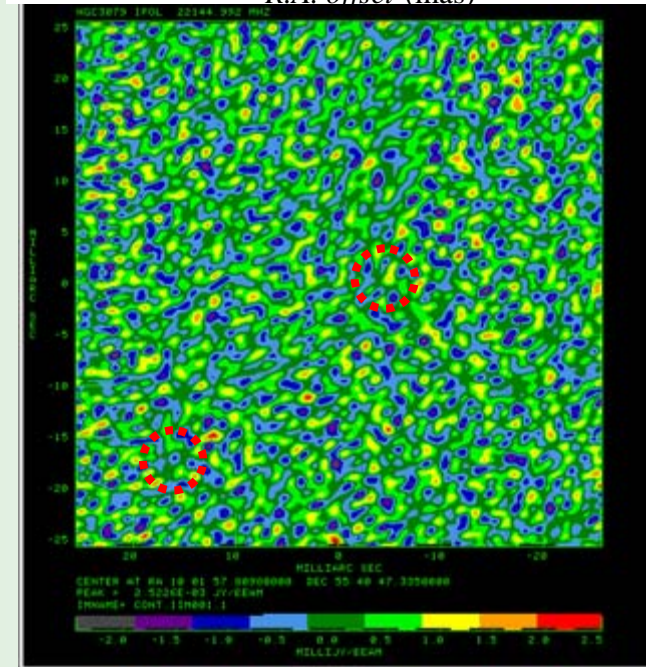
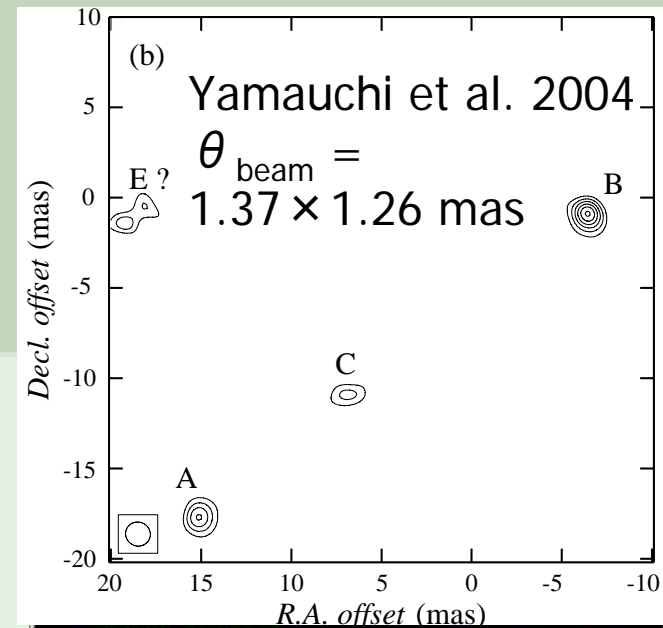
- セルフキャルでできたIF9のSNテーブルをIF7、8にそれぞれコピーして、3ch積分でイメージング。
- IF7、8ではメーザーは検出できなかった。

■ 連続波

- IF1-15の全128chをSPLITで平均。
- セルフキャルでできたIF9のSNテーブルをコピーしてイメージング。
- 連続波成分が見つからない。
 - 2001年のA、Bは赤丸のあたり。

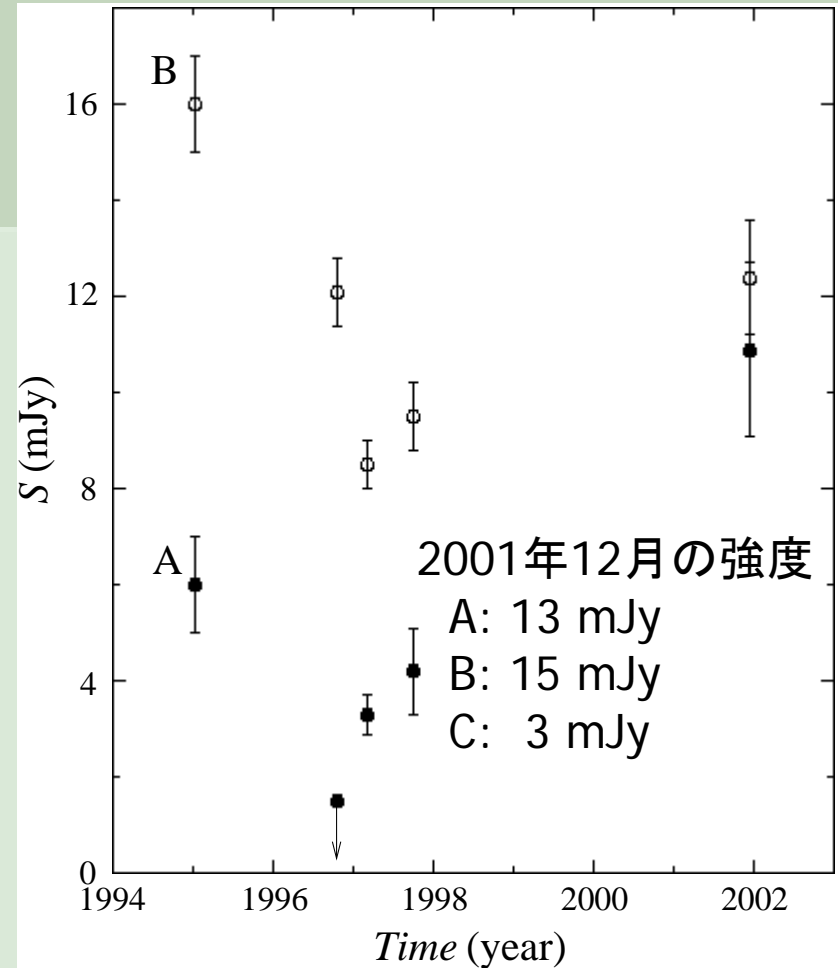
15IF, 128ch

Rms $0.61 \text{ mJy beam}^{-1}$, $\theta_{\text{beam}} = 1.22 \times 0.90 \text{ mas}$ 13



22 GHz連続波

- 位置変化
 - 2001年の観測から2.3年
 - A: ~ 0.4 mas/年
 - B: < 0.1 mas/年
 - 2001年の位置から ~ 1 masにはある筈。
- 強度変動
 - 観測時にちょうど弱かった可能性が、なくはない。
 - しかし、Bはこれまで常に > 8 mJy....。



イメージング感度

- $T_{\text{sys}} = 200, 200, 500, 1000 \text{ K}$ 、 $\tau = 36000 \text{ s}$ (10時間)として、イメージング感度(1σ)を見積もり。
 - 概ね理論値まで、Rmsは下がっている。
 - IF7、8のメーザーはもともと弱いので、Rms ~ 15 mJyでは検出できなくても納得 (野辺山45mでのスペクトル参照)。
 - 連続波、 $< 3 \text{ mJy}$ (5σ)まで落ちた？

	帯域幅 (MHz)	理論値 (mJy)	実際 (mJy)
IF7/8/9 3ch (メーザー)	0.375	16	~15
IF1-15 128ch (連続波)	240	0.64	0.61

その他

- NGC 3079の離角 2.2° 内にあるキャリブレータは、0957+553のみ。
 - VERA 7モード (参照天体16MHz)での2ビーム観測は困難。
 - VERA 1モード (参照天体128MHz)での2ビーム観測も困難。
- 野辺山45m鏡と鹿島34m鏡も使えば、水メーザーの他の成分も検出できる。
 - 今回は連続波の検出が目的で、DIR2000の帯域幅が必要だったため、VERA 4局で観測しています。
- VERA 4局とも $T_{\text{sys}} = 200 \text{ K}$ なら、水メーザーの他の成分も検出できる。
 - 冬期なら、石垣島や小笠原の気象条件も良いか？