

VERAによるAGN水メーザー 観測(3)

山内 彩 (水沢VLBI観測所)
中井直正 (筑波大学)
柴田克典 (水沢VLBI観測所)

VERAユーザーズミーティング
2009年9月2日(水)-3日(木)

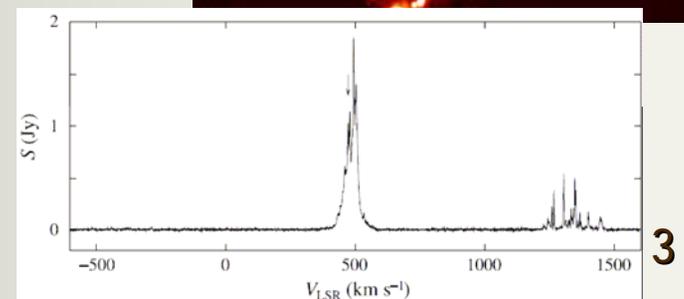
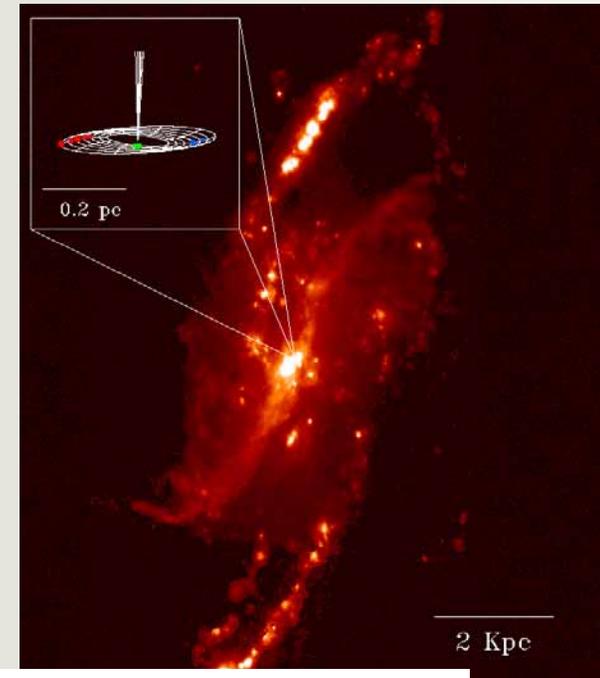
概要

- 2006年2月に、VERA試験的共同利用(PI山内)で、銀河NGC 4258を2ビーム観測した。
 - 目的: 将来NGC 4258の精密距離測定をするため、まず参照天体を検出できるか確認する。
- AIPS解析: NGC 4258メーザーは検出できた。NGC 4258連続波は検出確認できなかった。参照天体は解析途中。
- VEDA解析: 参照天体は検出できた(が弱い)。NGC 4258メーザーも検出。

AGN水メーザー

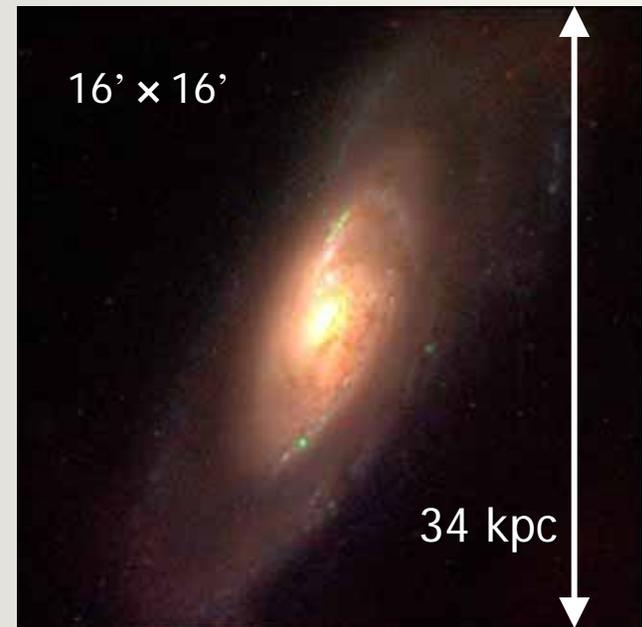
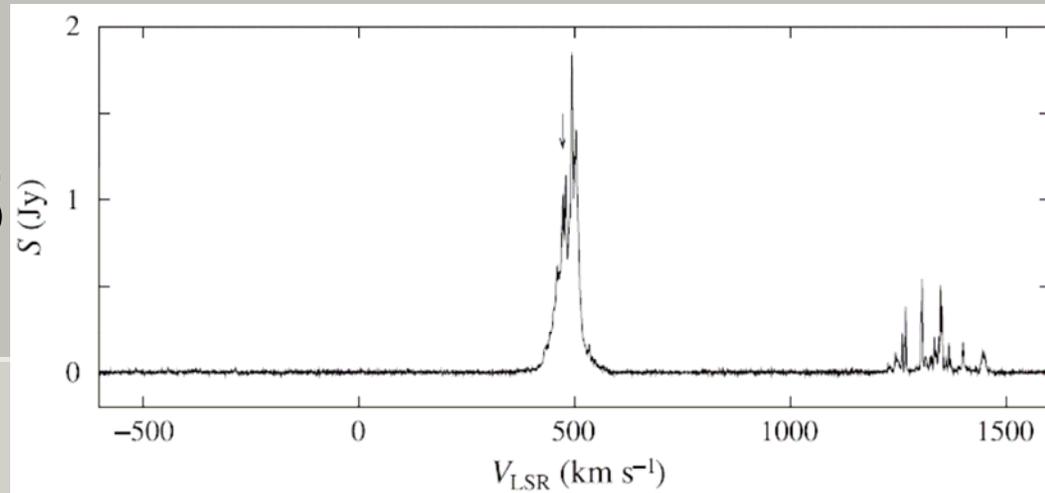
天体	ピーク強度
Circinus Galaxy	~10 Jy
NGC 4945	~8 Jy
NGC 3079, NGC 4258	1~5 Jy
NGC 1068	~0.6 Jy

- 現在、70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 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。



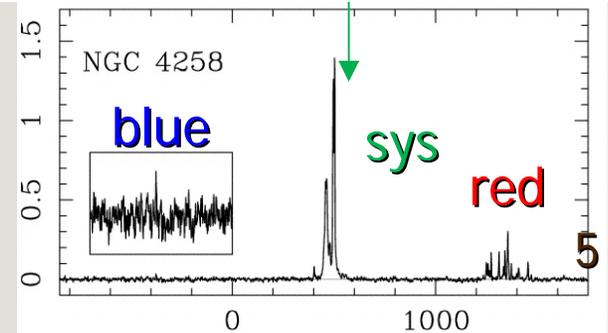
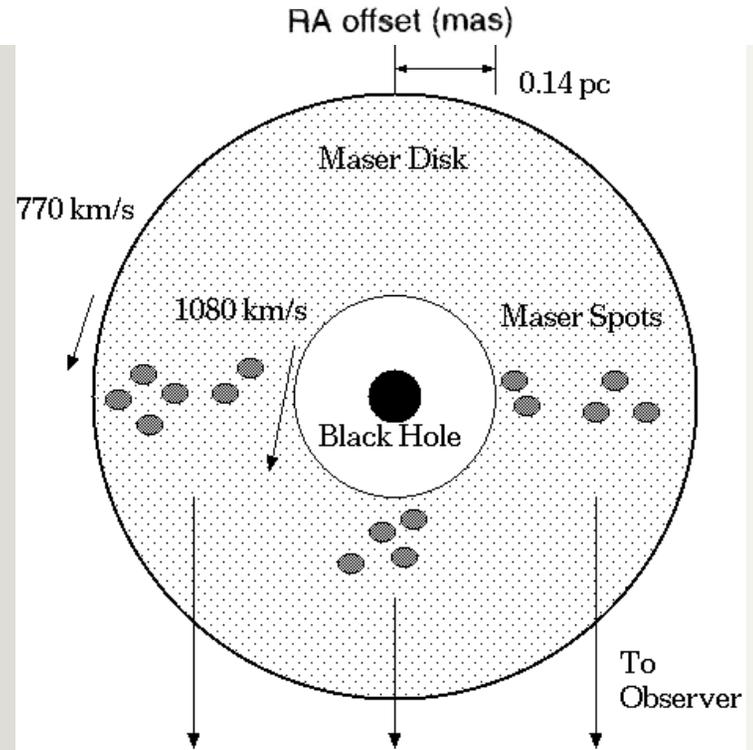
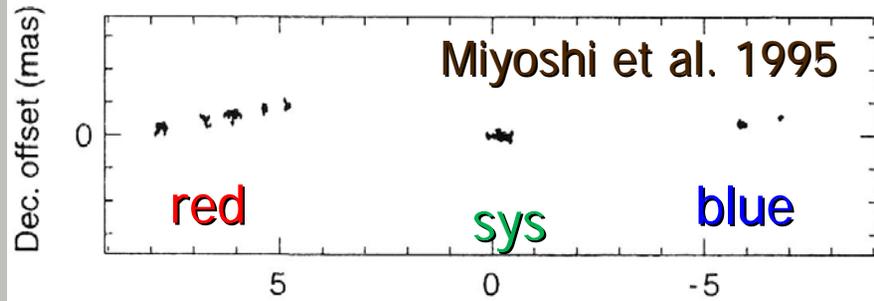
NGC 4258

- LINER
- $PA = 150^\circ$
- $i = 72^\circ$
- $V_{\text{sys}} = 472 \text{ km s}^{-1}$ (rad, LSR)
- $D = 7.2 \text{ Mpc}$ $1'' = 35 \text{ pc}$
- AGN水メーザー
 $L_{\text{iso}} \sim 85 L_{\text{solar}}$
- 水メーザー、VLBI観測多数
- 精密距離測定



NGC 4258

- VLBIによる超高空間分解能観測
- ほぼ真横の円盤
- 銀河後退速度 (V_{sys}) 付近の中心成分
- 円盤が、770-1080 km s^{-1} で高速回転
- 赤方・青方偏移成分 (高速度成分)



NGC 4258精密距離測定

- Caputo et al. 2002
 - HST, セファイド周期光度関係
 - 7.9 ± 0.6 Mpc or 7.6 ± 0.6 Mpc (メタリシティに依存)
- Herrnstein et al. 1999 (H99)
 - VLBA, 3年, 4エポック
 - 中心成分の速度変化 $dv/dt = 9.3 \pm 0.3 \text{ km s}^{-1} \text{ yr}^{-1}$
 - 中心成分の固有運動 $d \ /dt = 31.5 \pm 1 \ \mu \text{ as yr}^{-1}$
距離 $D = 7.2 \pm 0.3 \text{ Mpc}$
- Argon et al. 2007 (CfAグループ)
 - VLBA, 3年, 18エポック (うち6エポック +VLA+EB)
 - 目標: H99の2倍の精度で距離を求める
 - 継続中

観測目的

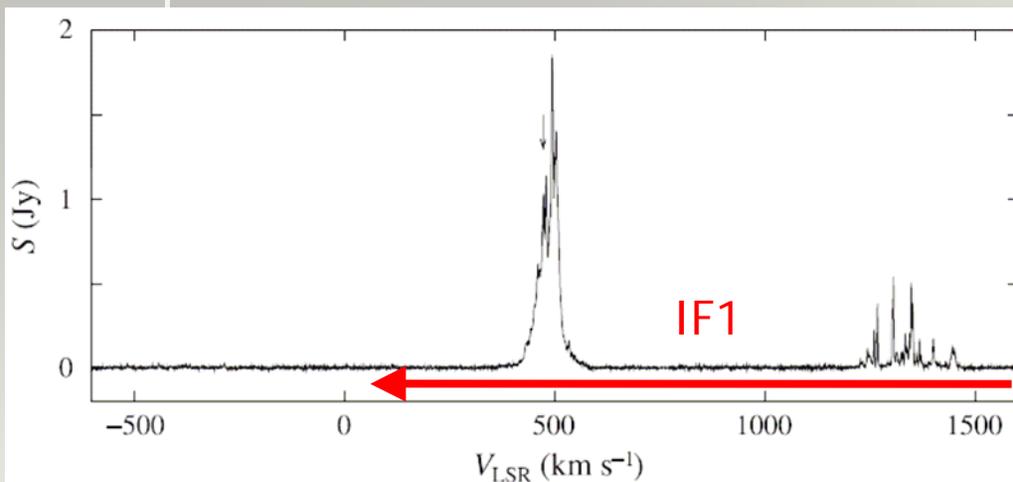
- H99の観測は3年より長期のモニターで、精度良く距離を求める
- VLBAは帯域が狭いため、メーザーを全成分同時に観測していない VERA7 Bビーム (16 MHz × 15ch)なら可能
 - この場合、参照天体はVERA7 Aビーム(16 MHz × 1ch)で観測
- 但し、参照天体候補の22 GHz強度が不明
今回はVERA1(帯域幅128 MHz)で試験

観測諸元

- 観測日：2006/2/20 (r06051a) 15時間
- 観測局：VERA 4局 (水沢、入来、小笠原、石垣島)
- 観測周波数：Kバンド
- レコーダ：DIR2000
- デジタルフィルタ：VERA1 (128MHz、1+1IF)
 - Aビーム - 参照天体 (1216+487)
 - Bビーム - 本天体 (NGC 4258)
- 1IF1024点分光 メーザー速度分解能 1.68 km s^{-1}

天体	RA (J2000)	Dec (J2000)	離角 (°)
NGC 4258	12h18m57.5046s	+47d18m14.303s	
1216+487	12h19m06.4147s	+48d29m56.165s	1.20

観測諸元(続き)

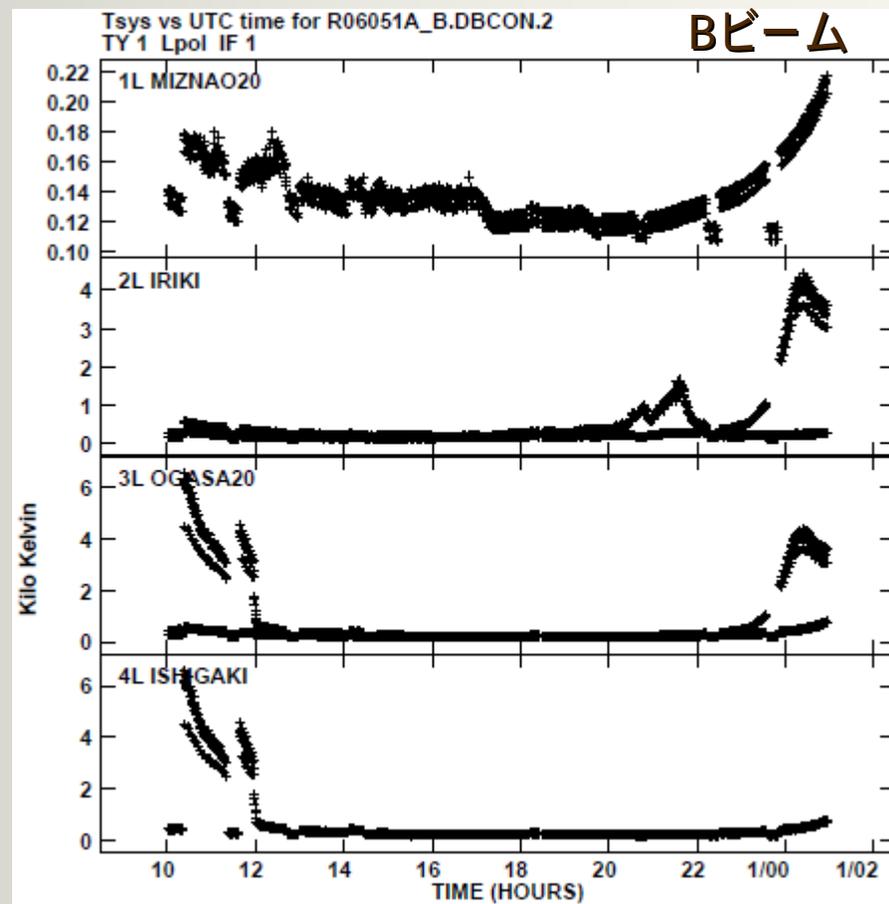
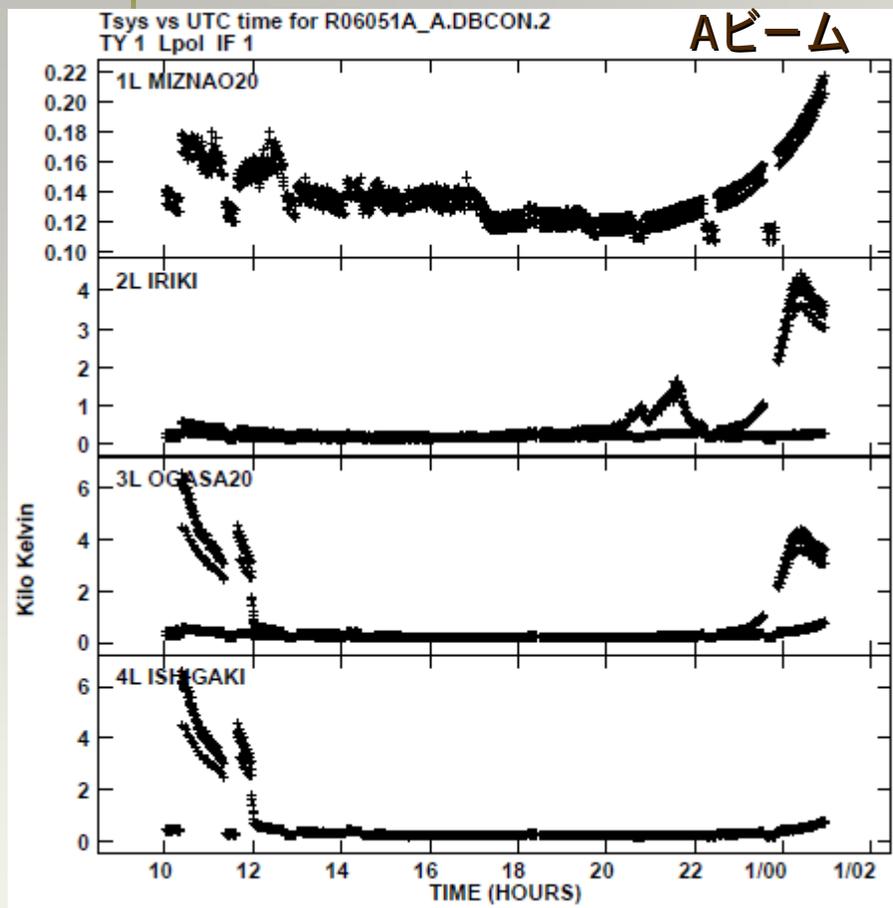


積分時間	Aビーム	Bビーム
6分	4C39.25 or 3C345	ダミー
6分	ダミー	4C39.25 or 3C345
1時間 4分	1216+487	NGC 4258

基本的にこの繰り返し
4C39.25は途中で沈み、
3C345が上ってくる

- NGC 4258の全観測時間: 11時間12分

観測当日の T_{sys}



リダクション:AIPS (1)

■ Aビーム (参照天体)

- サンプリングバイアス補正 (ACCOR)
- 強度較正 (APCAL)
- UV再計算 (TBIN)
- フリンジフィッティング 1 (FRING): 4C39.25 & 3C345、delay & rate、solint 1分
- バンドパス較正 (BPASS): 4C39.25

■ Bビーム (メーザー)

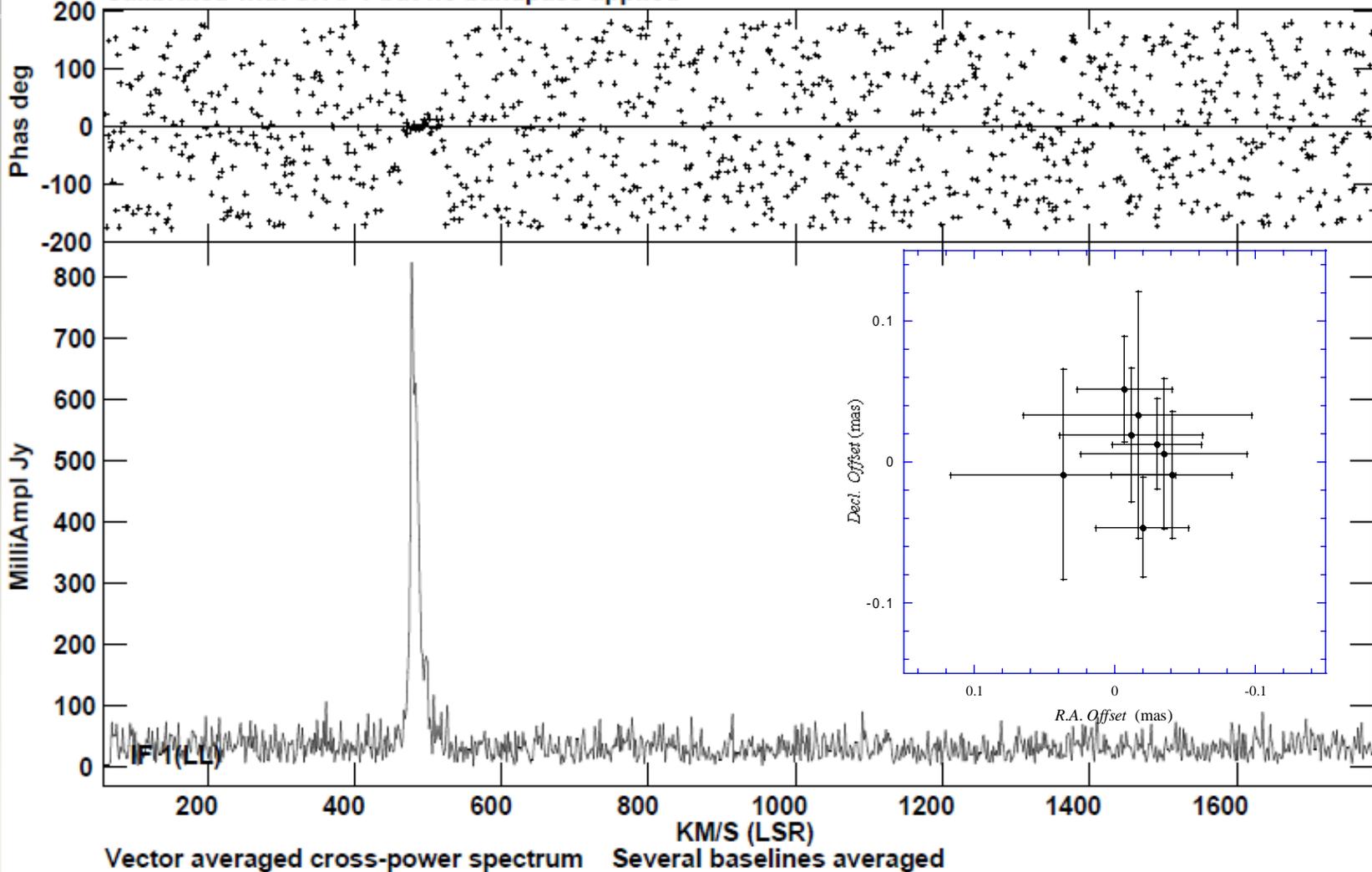
- サンプリングバイアス補正 (ACCOR)
- 強度較正 (APCAL)
- UV再計算 (TBIN)
- フリンジフィッティング 1 (FRING): 4C39.25 & 3C345、delay & rate、solint 1分
- バンドパス較正 (BPASS): 4C39.25

リダクション:AIPS (2)

- Aビーム (参照天体)
 - 2ビーム較正(TBIN)
 - 1216+487切り出し (SPLIT): 1IF1ch
 - 逆位相補償(TACOP)
 - 連続波検出できず
- Bビーム (メーザー)
 - ドップラー補正 (CVEL): NGC 4258
 - NGC 4258切り出し (SPLIT): 1IF1024ch
 - フリンジフィッティング 2 (FRING): NGC 4258, delay & rate, solint 1分
 - メーザー検出
 - 現在、中心成分のみ₁₂

NGC 4258メーザー

Plot file version 1 created 06-AUG-2009 11:50:30
NGC4258 NGC4258.SPLITB.3
Calibrated with SN # 1 but no bandpass applied

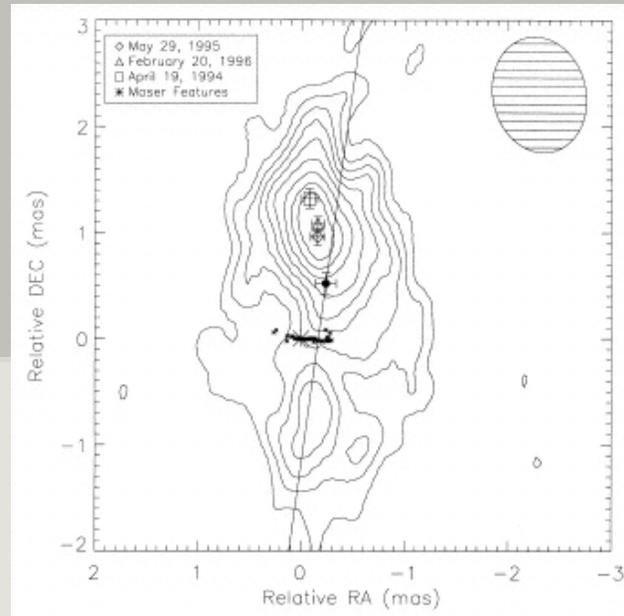
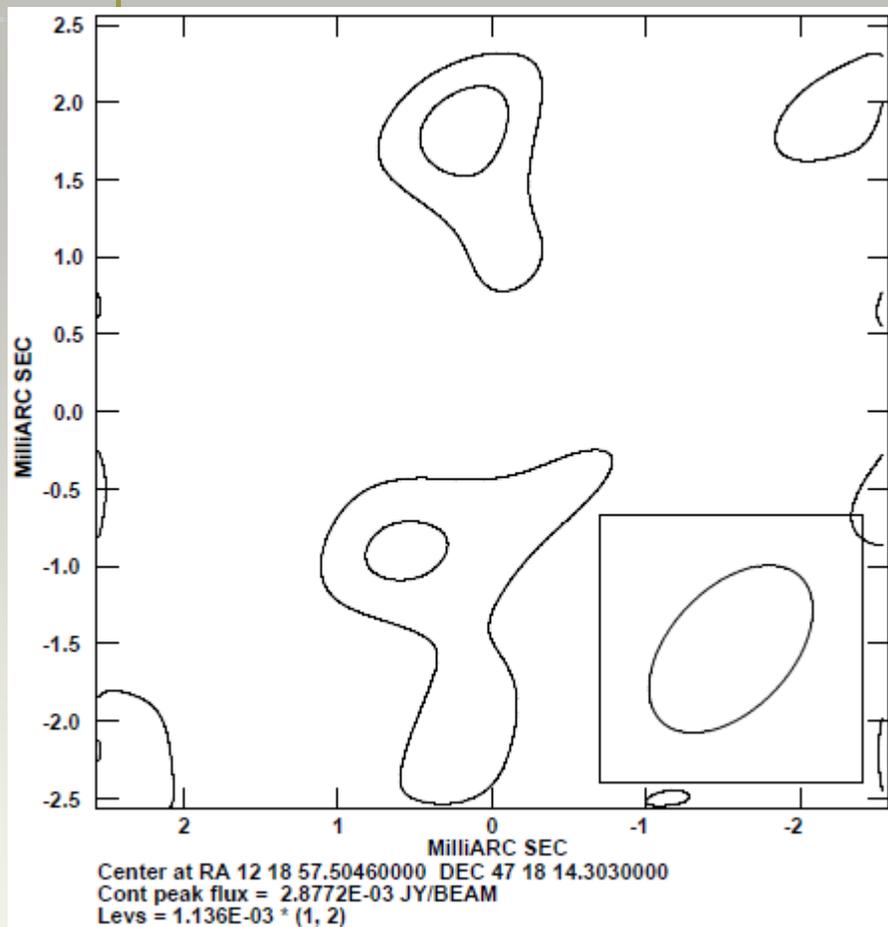


NGC 4258連続波

- Bビーム (メーザー)
 - メーザーchをフラッグ(UVFLG): 750-790
 - フラッグ以外全chでイメージング(次頁)
 - $1 \sim 1.1 \text{ mJy beam}^{-1}$
- imaging感度見積り
 - $B = 123 \text{ MHz}$
 - $\tau = 40320 \text{ s (672分)}$
 - $T_{\text{sys}} = 200, 300, 300, 300\text{K}$ と仮定
 - $1 \sim 0.7 \text{ mJy beam}^{-1}$

Peak ~ 3 mJy @
Herrnstein et al. 1997

NGC 4258連続波



- Dirty Map
 - Peak < 3 mJy, SNR < 3
- 連続波検出確認できず
 - Herrnstein et al. 1997の Peakは~ 3 mJy

リダクション: VEDA

■ Aビーム (参照天体)

- 遅延追尾再計算 (rundap, getapr)
- データ積分(Integ): time 4, channel 4
- バンドパス・振幅較正 (AmpCal): 3C345
- フリンジサーチ1 (fringe): 3C345
- フリンジサーチ2 (fringe): 1216+187
- セルフキャリ1 (selfcal): 1216+187、位相のみ
- セルフキャリ2 (selfcal): 1216+187、位相&振幅

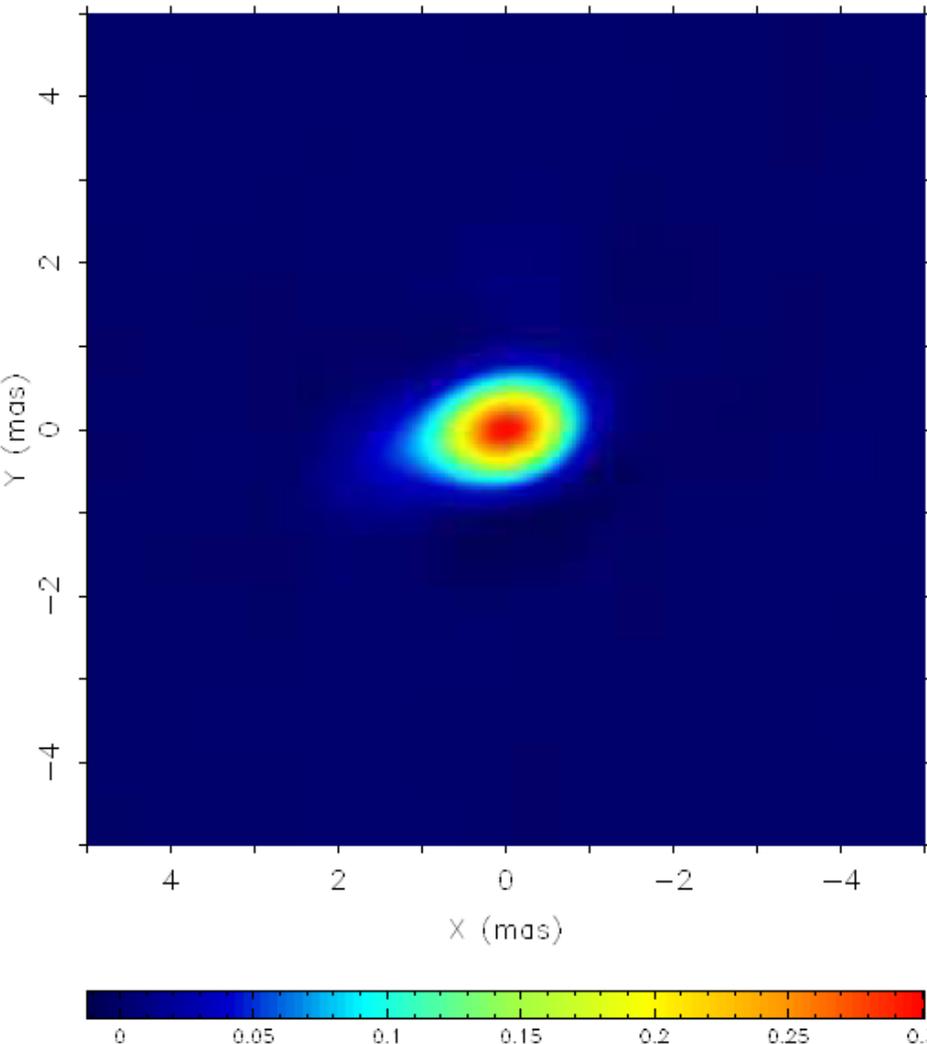
次頁

■ Bビーム (メーザー)

- 遅延追尾再計算 (rundap, getapr)
- データ積分(Integ): time 4, channel 1
- バンドパス・振幅較正 (AmpCal): 3C345
- ドップラー補正 (Doppler): NGC4258
- 位相補償積分 (refringe): NGC4258
- マッピング(mapping): NGC4258
 - 現在、中心成分のみ

1216+487 (VEDA)

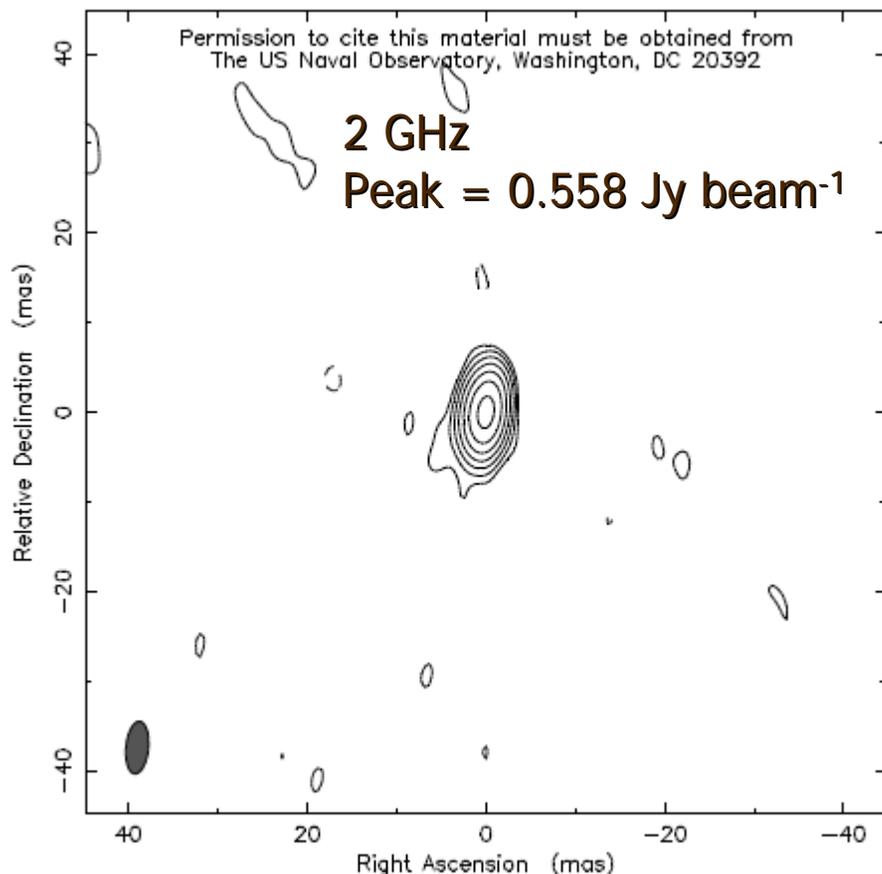
CLEAN map for r06051a-no1 (1216+487)



- ピーク強度 ~
0.3 Jy beam⁻¹
- VERA7 Aビーム
(16 MHz)で検出
するのは困難?
 - $T_{\text{sys}} = 200 \text{ K} \times 2,$
= 120秒で
基線感度 7^{bl}
= 455 mJy必要

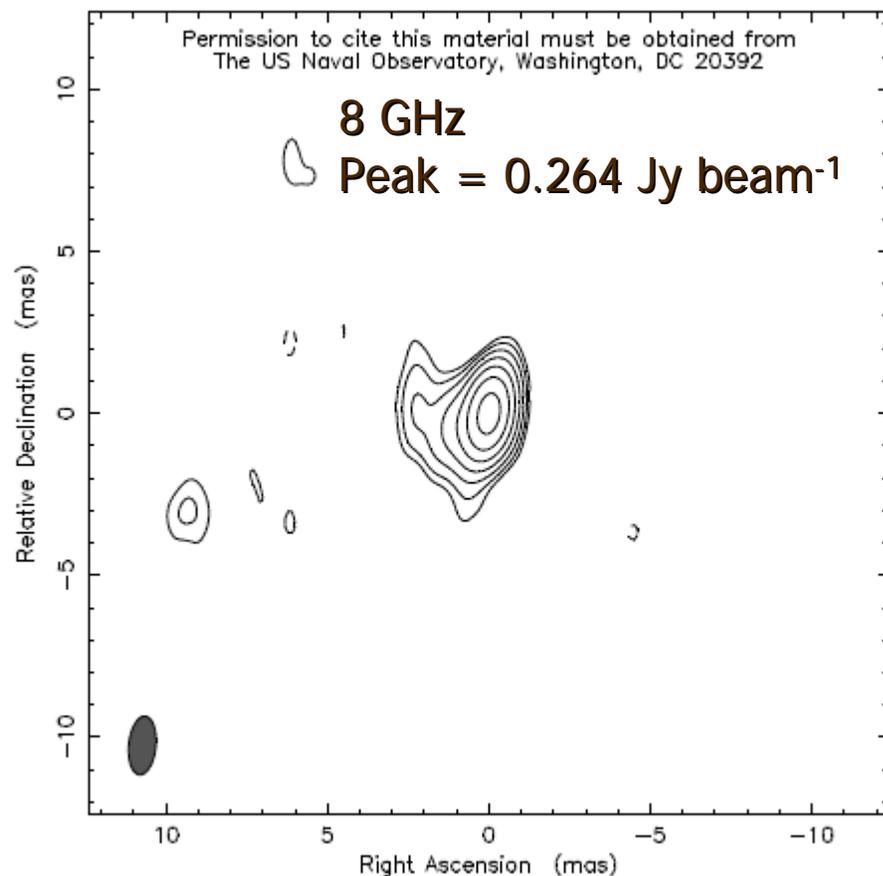
1216+487 (RRFID)

Clean RR map. Array: BFHKKLMNOPSWWT
1216+487 at 2.309 GHz 2007 Jan 24



Map center: RA: 12 19 06.415, Dec: +48 29 56.165 (2000.0)
Map peak: 0.558 Jy/beam
Contours: $0.00672 \text{ Jy/beam} \times (-1 \ 1 \ 2 \ 4 \ 8 \ 16 \ 32 \ 64)$
Beam FWHM: $5.87 \times 2.53 \text{ (mas)}$ at -5.45°

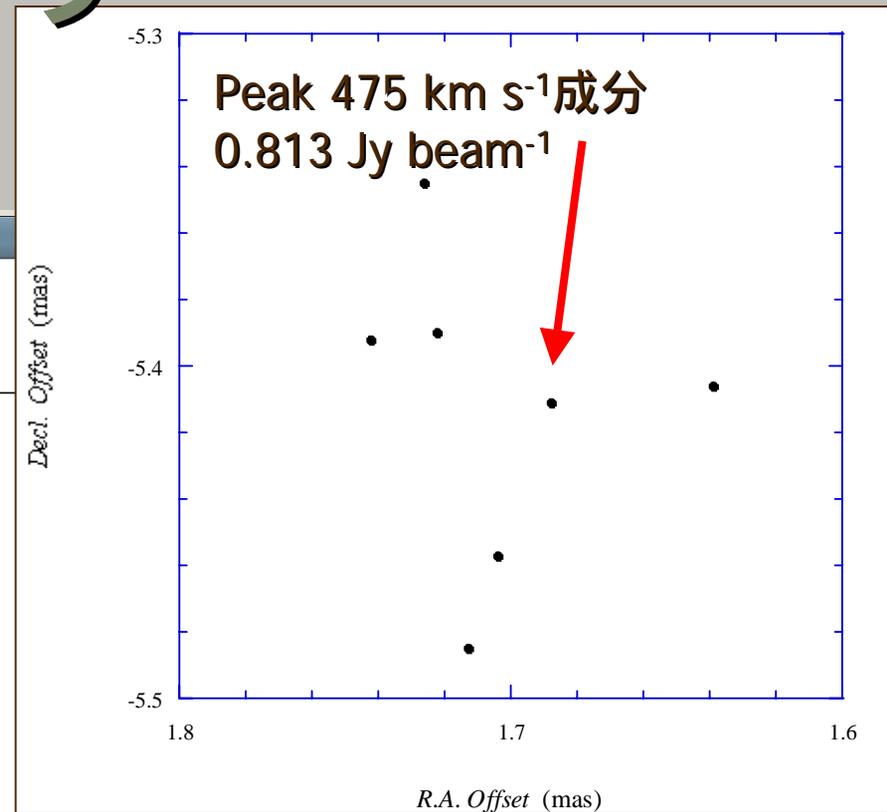
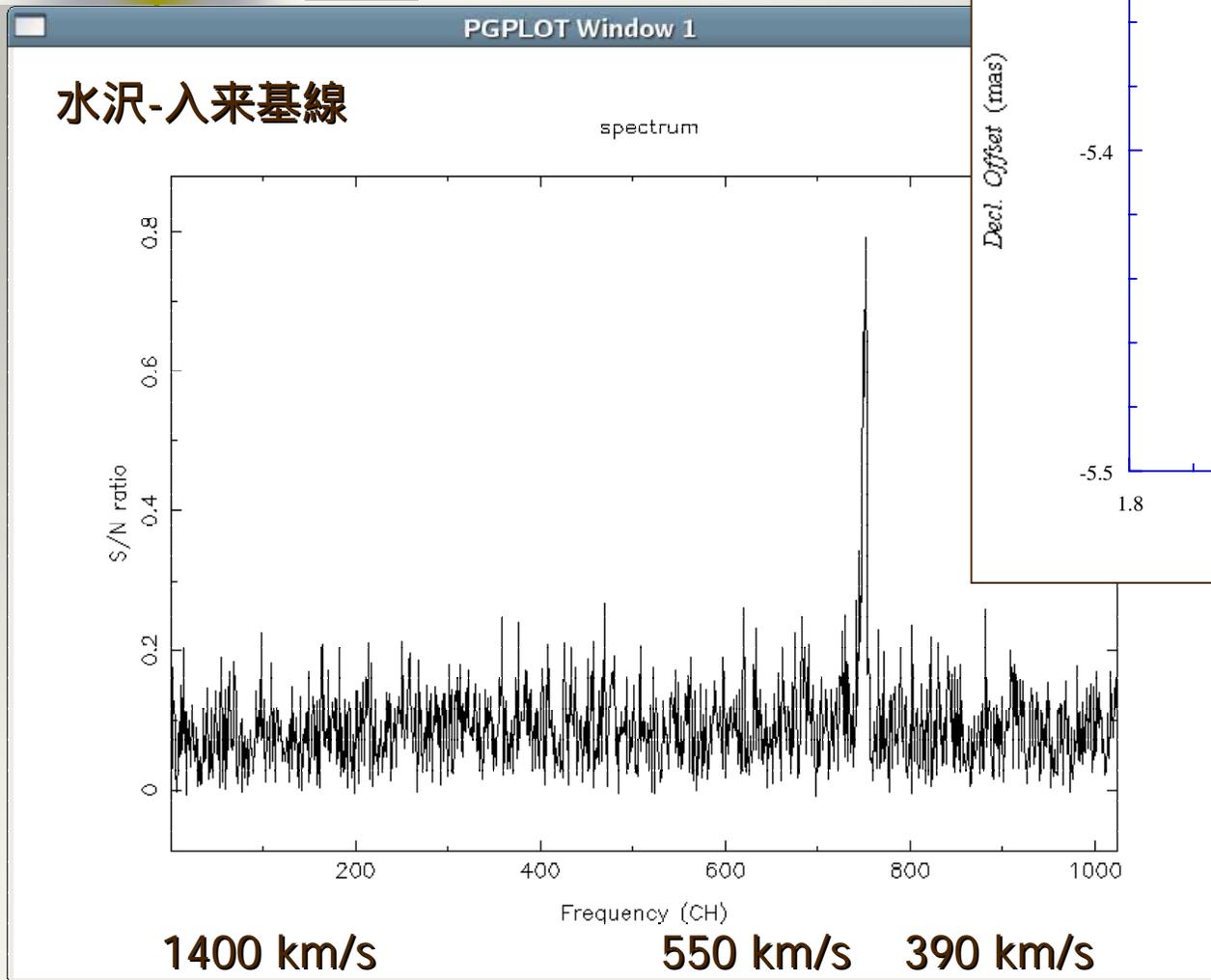
Clean RR map. Array: BFHKKLMNOPSWWT
1216+487 at 8.646 GHz 2007 Jan 24



Map center: RA: 12 19 06.415, Dec: +48 29 56.165 (2000.0)
Map peak: 0.264 Jy/beam
Contours: $0.00299 \text{ Jy/beam} \times (-1 \ 1 \ 2 \ 4 \ 8 \ 16 \ 32 \ 64)$
Beam FWHM: $1.81 \times 0.841 \text{ (mas)}$ at -5.58°

- 22 GHzと8 GHzのピーク強度がほぼ同等?

NGC 4258メーザー (VEDA)



今後

- VEDAで参照天体を検出できた以上、AIPSでも参照天体を検出できる筈 解析続行
- AIPS、VEDAともにメーザー赤方偏移成分の検出を目指す 解析続行
- 但し、1216+487を参照天体として使う限り、VERA7での全メーザー同時観測は困難
 - VERA1で観測継続?(メーザーは分割)
 - 他の参照天体候補を探す?
- スイッチング観測なら、離角 $>2.2^\circ$ でも可
 - VLBAはJ1310+3220(1308+326)を使っている模様(離角 $\sim 18^\circ$).....

参照天体候補?

Clean RR map. Array: BFHKLMNOPS
1150+497 at 23.944 GHz 2007 Mar 30

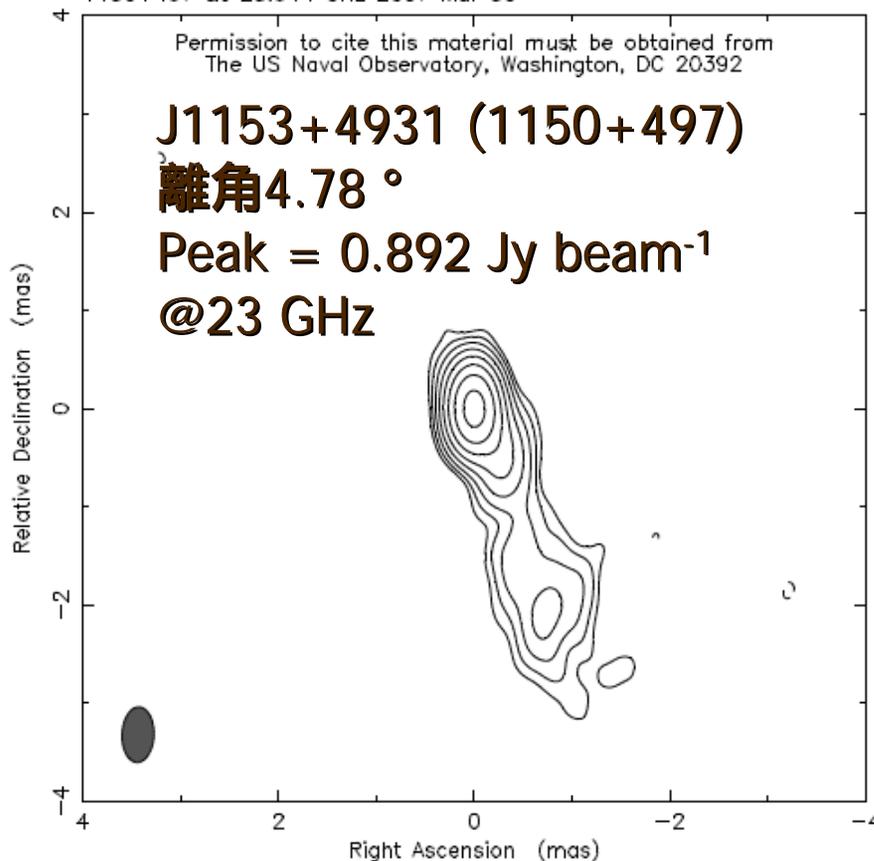
Permission to cite this material must be obtained from
The US Naval Observatory, Washington, DC 20392

J1153+4931 (1150+497)

離角 4.78°

Peak = $0.892 \text{ Jy beam}^{-1}$

@23 GHz



Map center: RA: 11 53 24.467, Dec: +49 31 08.830 (2000.0)
Map peak: 0.892 Jy/beam
Contours: 0.00527 Jy/beam \times (-1 1 2 4 8 16 32 64
Contours: 128)
Beam FWHM: 0.564×0.327 (mas) at -2.23°

Clean RR map. Array: BFHKLMNOPST
1144+402 at 23.944 GHz 2004 Dec 14

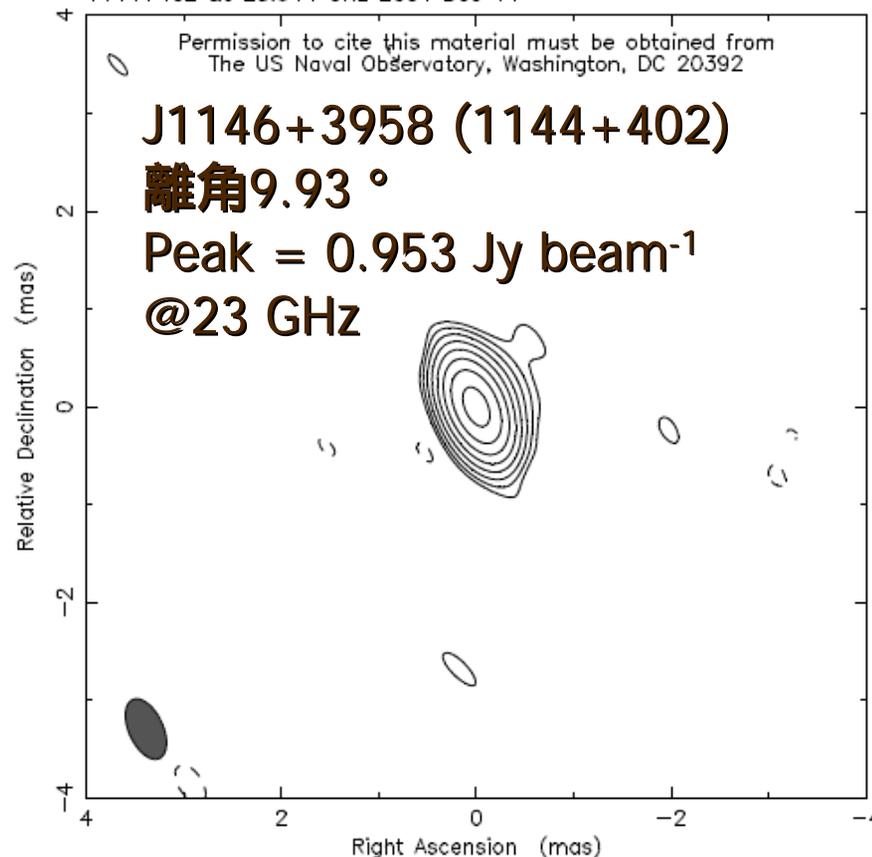
Permission to cite this material must be obtained from
The US Naval Observatory, Washington, DC 20392

J1146+3958 (1144+402)

離角 9.93°

Peak = $0.953 \text{ Jy beam}^{-1}$

@23 GHz



Map center: RA: 11 46 58.298, Dec: +39 58 34.305 (2000.0)
Map peak: 0.953 Jy/beam
Contours: 0.00562 Jy/beam \times (-1 1 2 4 8 16 32 64
Contours: 128)
Beam FWHM: 0.659×0.351 (mas) at 24.6°