

# JVNによるIC 2560 8 GHz 連続波観測

山内 彩 (水沢VLBI観測所)  
中井直正 (筑波大学)

水沢VLBI観測所ユーズミーティング  
2011年9月28日(水)-29日(木)

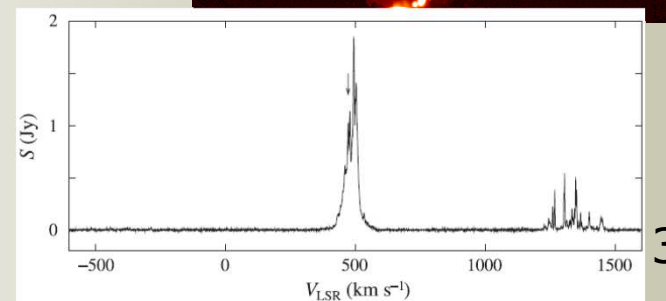
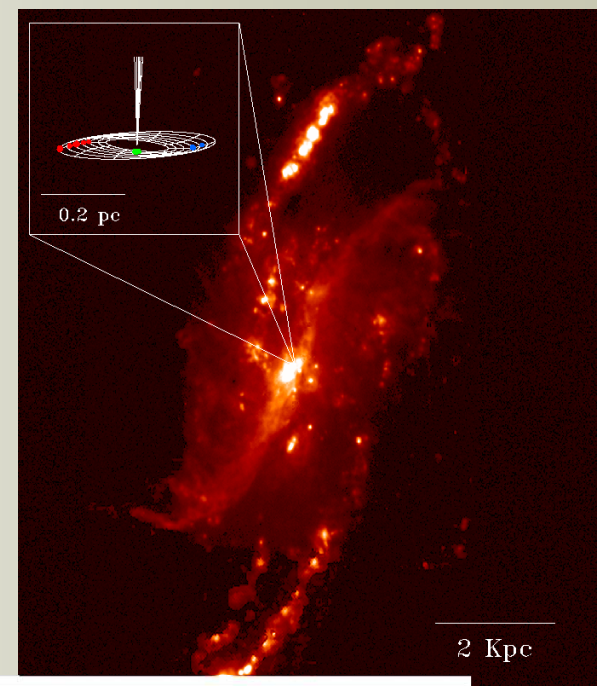
# 概要

- 2009年7月に、大学連携VLBI網 (Japanese VLBI Network; PI山内)にて、AGN水メーザー天体IC 2560のX帯連続波を観測した。
  - 目的: 過去にVLBA K帯観測で一度検出した連続波がリアルか確かめるため。
- AIPSで、相対振幅較正法を用いてリダクション。
  - <http://www.astro.sci.yamaguchi-u.ac.jp/~kenta/jvnhp/reduction/relativeampcalib.html> を参照。
- 参照天体は検出できたが、IC 2560連続波は検出確認できなかった。

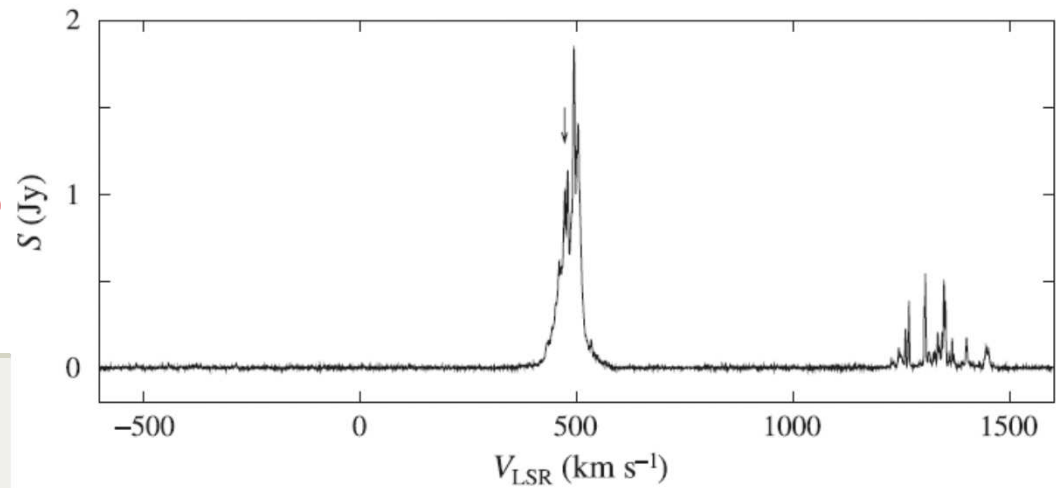
# AGN水メーザー

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

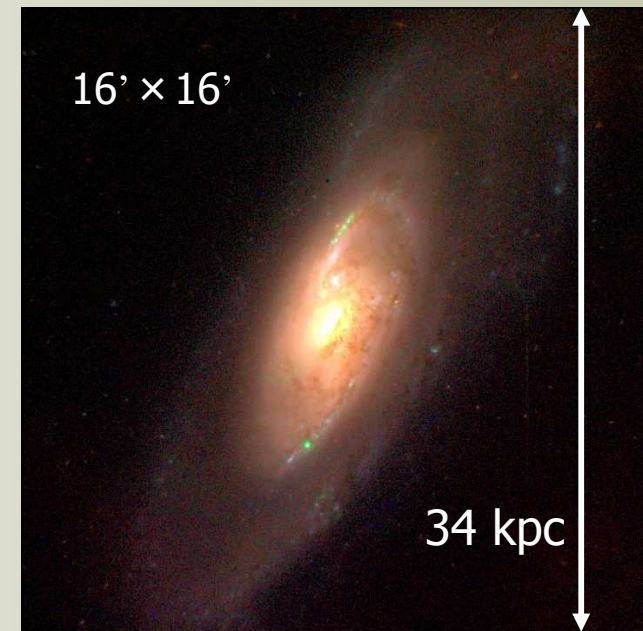
- 現在、100天体以上で検出。
- 代表例: NGC 4258
  - Miyoshi et al. 1995
  - 半径0.14-0.28 pc、回転速度770-1080 km s<sup>-1</sup>の、ほぼエッジオンの円盤
  - 中心に質量 $M = 3.9 \times 10^7 M_{\text{sun}}$ のブラックホール
- 強い天体から、VLBI観測されている。



# NGC 4258



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



# NGC 4258

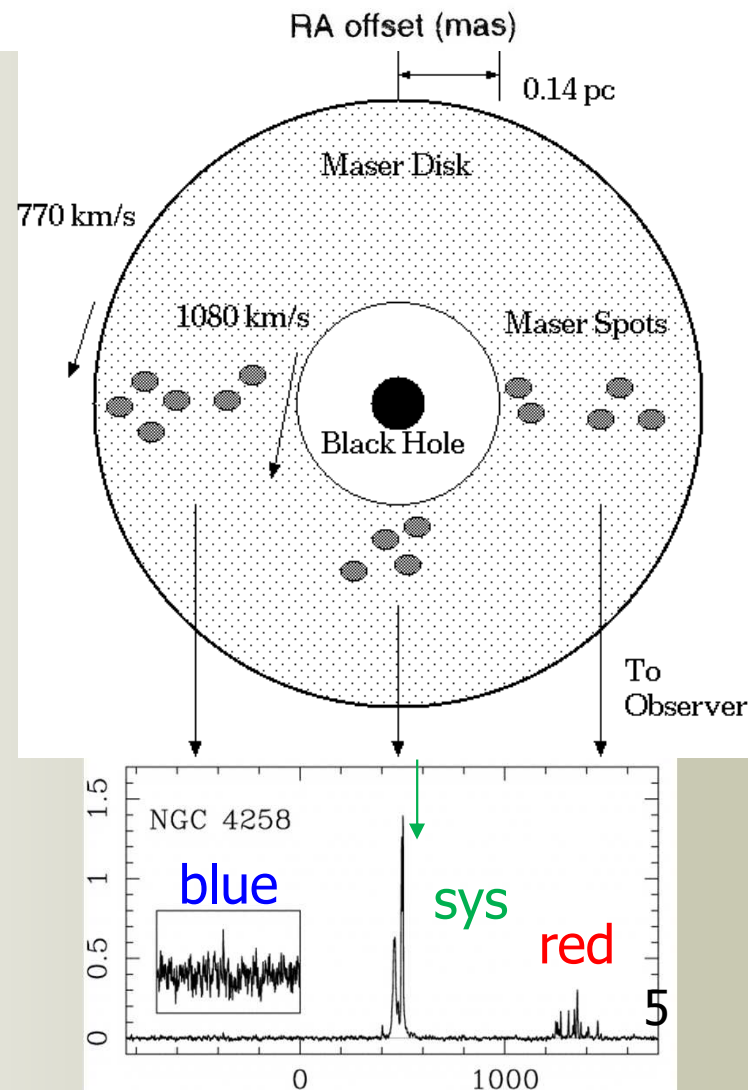
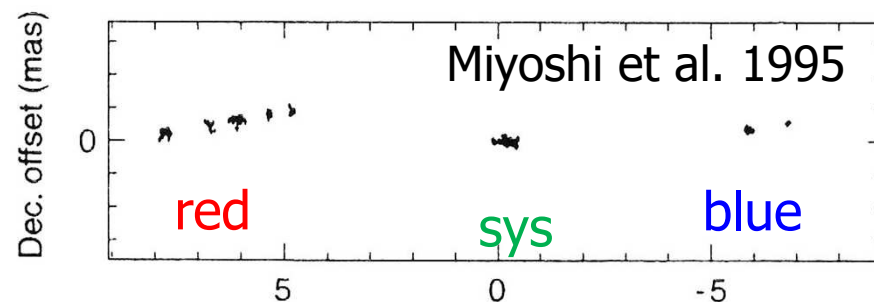
## ■ VLBIによる超高空間分解能観測

⇒ ほぼ真横の円盤

– 銀河後退速度 ( $V_{\text{sys}}$ )  
付近の中心成分

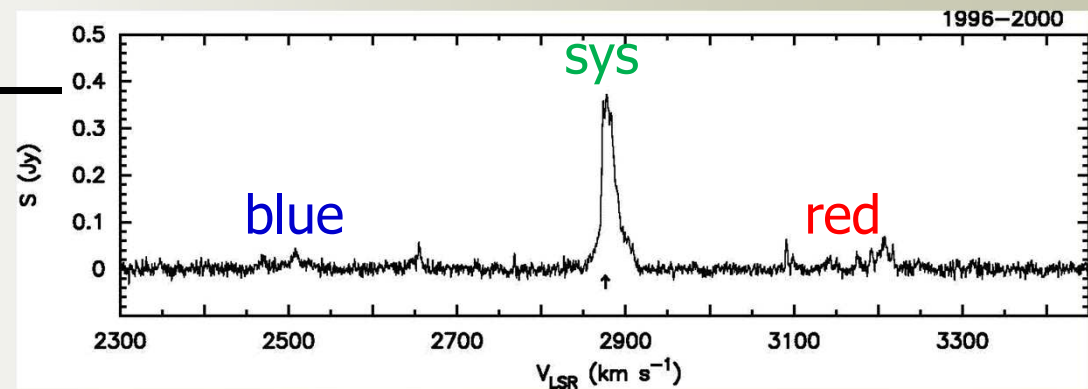
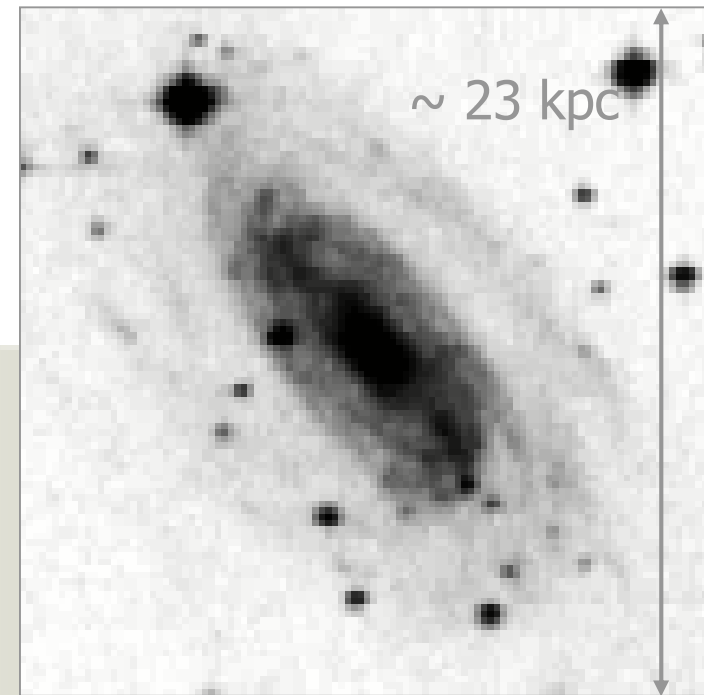
– 円盤が、770-1080 km  $s^{-1}$ で高速回転 ⇒

赤方・青方偏移成分  
(高速度成分)



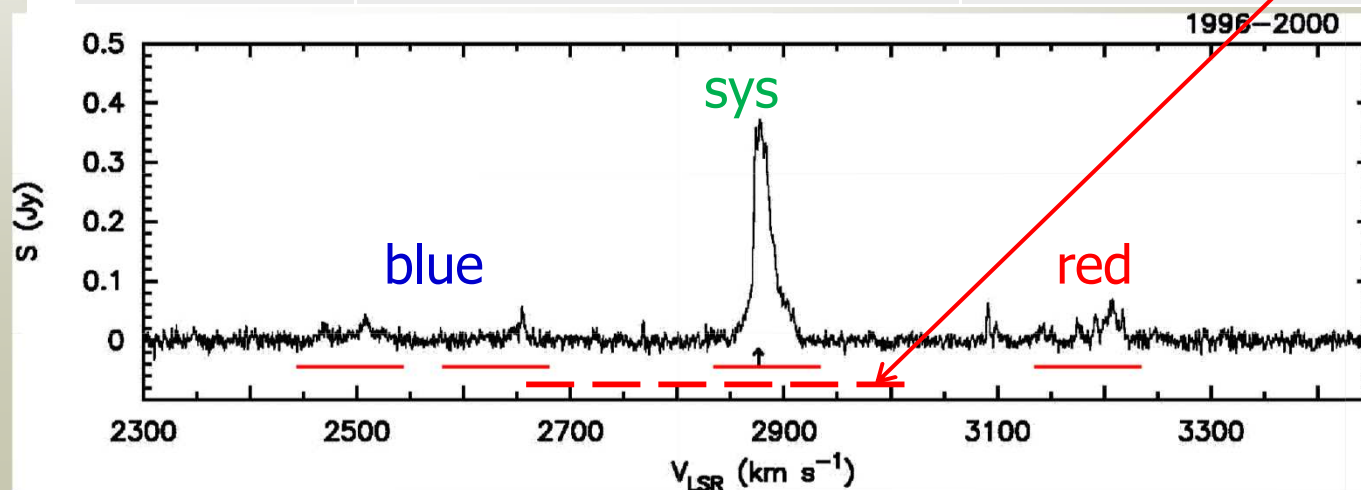
# IC 2560

- 赤経 =  $10^{\text{h}} 16^{\text{m}} 18^{\text{s}}.710$   
赤緯 =  $-33^{\text{d}} 33^{\text{m}} 49^{\text{s}}.74$
- $D = 26 \text{ Mpc}$   
( $1 \text{ mas} \sim 0.13 \text{ pc}$ )
- $V_{\text{sys}} = 2876 \text{ km s}^{-1}$
- $L_{\text{H}_2\text{O}} = 130 L_{\text{sun}}$
- 過去に水メーザ  
VLBA観測多数

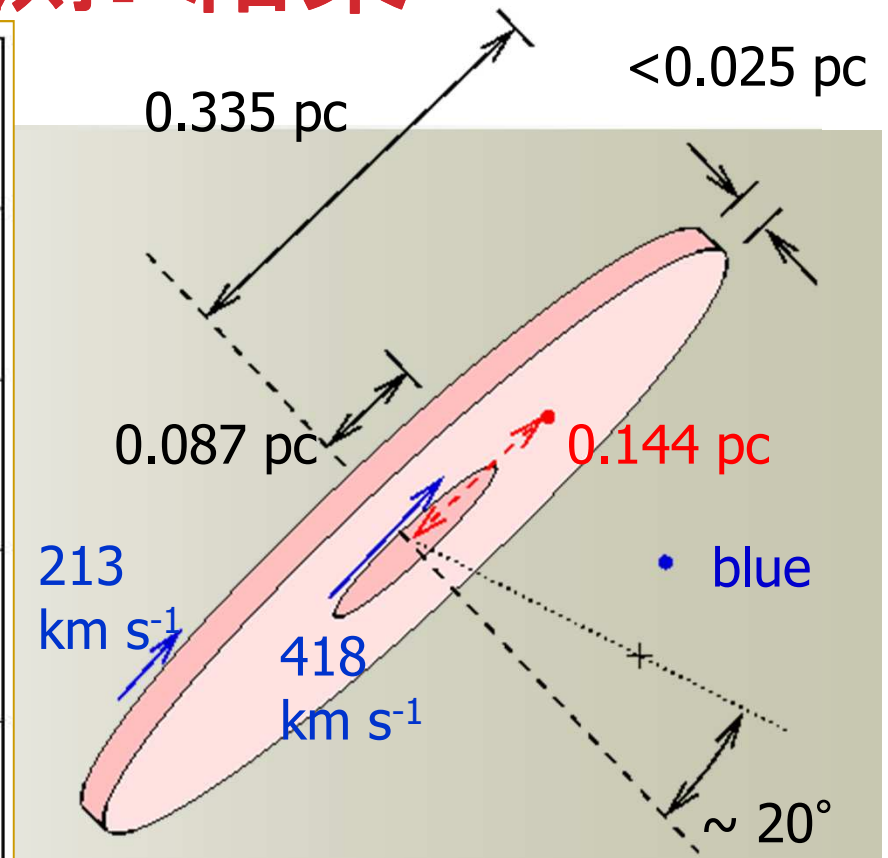
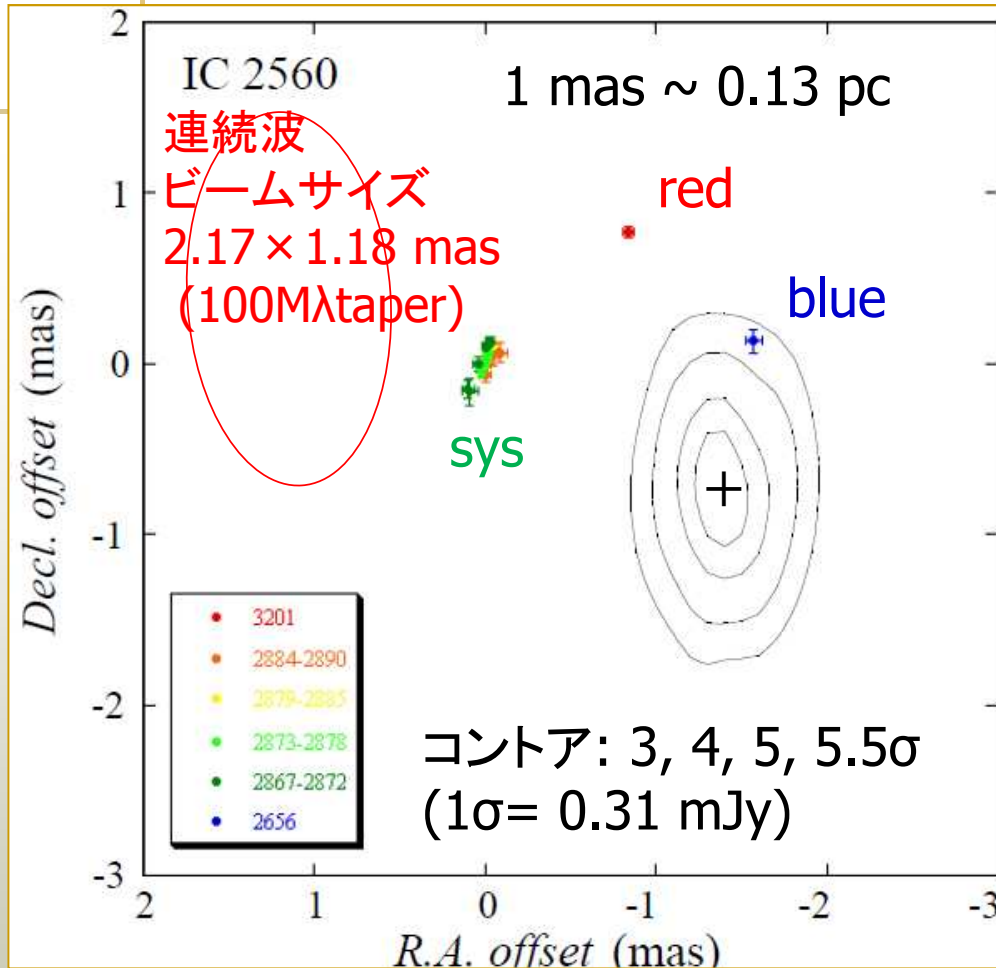


# 過去のVLBA観測: 観測諸元

	メーザー (BI017)	連続波 (BN006)
観測日	2000/4/10 (Yamauchi+ submitted)	1998/1/2 (Ishihara+2001のデータ使用)
観測局	VLBA 9局 (HN以外) + phased VLA	VLBA 10局+ phased VLA
IF設定	8 MHz, 128ch (速度分解能 $0.84 \text{ km s}^{-1}$ )	
IF中心速度	3185, 2880, 2635, 2490 $\text{km s}^{-1}$	2970, 2880, 2790, 2700 $\text{km s}^{-1}$ (メーザー除く2646–3024 $\text{km s}^{-1}$ を積分)



# 過去のVLBA観測: 結果



$M_{\text{center}} = 3.5 \times 10^6 M_{\text{solar}}$   
 $\rho = (1.3 \pm 0.6) \times 10^9 M_{\text{solar}} \text{ pc}^{-3}$

(cf. NGC 4258,  $3.4 \times 10^9 M_{\text{solar}} \text{ pc}^{-3}$ )



# 過去のVLBA観測: モデル

- 連続波はジェットの近づいてくる成分
  - メーザー青方成分は連続波3 $\sigma$ コントア内に位置  $\Rightarrow$  ジェット起源
- メーザー中心成分と赤方成分が円盤起源
  - 円盤厚さ  $< 0.025$  pc
  - 赤方3201 km s<sup>-1</sup>成分が中心から0.144 pcに位置  $\Rightarrow$  中心質量  $M_{\text{center}} = 3.5 \times 10^6 M_{\text{solar}}$
- 単一鏡観測より、円盤回転速度213–418 km s<sup>-1</sup>
  - 円盤半径0.025–0.335 pc  $\Rightarrow \rho_{< 0.025 \text{ pc}} = (1.3 \pm 0.6) \times 10^9 M_{\text{solar}} \text{ pc}^{-3}$  (NGC 4258並、ブラックホール)

# 過去のVLBA観測: 一覧

Band	BW (MHz)	Time (min)	Ant	Pgm	Observer	Date
K	32	265	11	BN002	Nakai	03/02/1996
K	32	106	11	BN006	Nakai	01/02/1998
K	64	212	8	BB091	Braatz	01/06/1998
K	32	71	8	BI017	Ishihara	04/10/2000
K	64	231	8	BS101	Sato	01/04/2002
K	64	266	7	BH091	Henkel	03/12/2002
K	128	161	6	BG055	Greenhill	12/30/2004
K	256	194	9	BG169	Greenhill	01/24/2007

- 既出版論文はIshihara+ 2001 (BN002, BN006)のみ。
  - BN002で連続波 $5.43 \pm 0.26 \text{ mJy beam}^{-1}$ 検出、マップなし。
- IAU 242 (2007年3月)でBG055の発表。連続波なし。

# 観測目的

- IC 2560は過去にK帯のメーザーVLBI観測は多いが、連続波検出報告(マップ)がない。
  - K帯以外の周波数帯では、そもそもVLBI観測の報告がない。
- 「メーザー青方成分をジェット起源」と解釈するのが、円盤パラメータを求めるため重要なポイント。連続波が存在する傍証がほしい。
- 大学連携VLBI網(JVN)で観測、一番感度が良いX帯を選択。
  - もし検出されれば世界初。

# 観測諸元

- 観測日：2009/7/12 (u09193a) 6時間
- 観測局：大学連携VLBIネットワーク 5局
  - VERA入来、VERA石垣島、鹿島34m、筑波32m、臼田64m
  - 臼田1巻目テープ記録失敗
- 観測周波数：Xバンド (8.4 GHz)
- レコーダ：DIR1000
- 帯域幅：32 MHz
- 分光点：128点 (周波数分解能 250 MHz)
- IC 2560の全観測時間：1時間14分

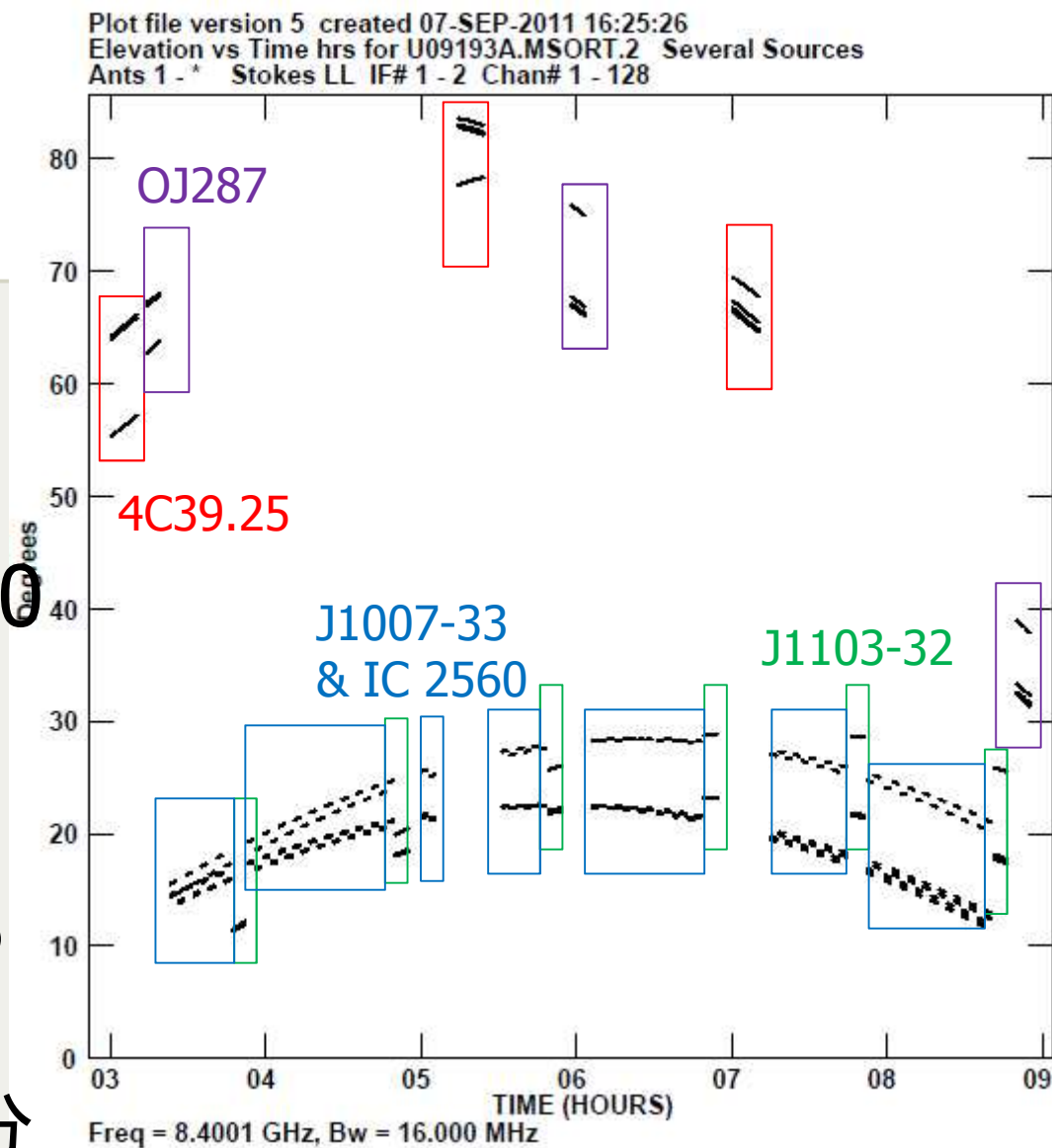
天体	RA (J2000)	Dec (J2000)	離角 (°)
IC 2560	10h16d18.7135s	-33d33m49.739s	
J1007-3333	10h07d31.3874s	-33d33m06.715s	1.87

# リダクション

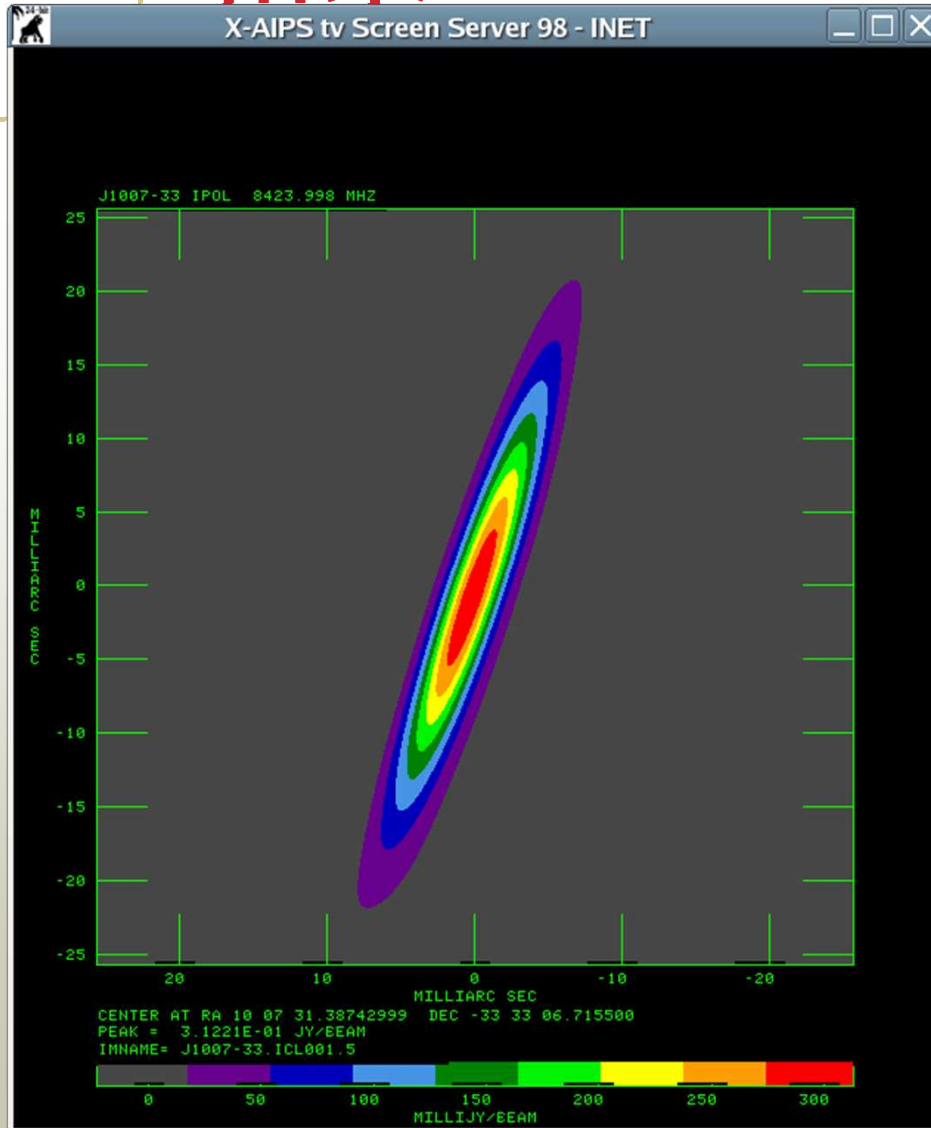
- サンプリングバイアス補正 (ACCOR)
- バンドパス較正 (BPASS): 4C39.25
- フリンジフィッティング1 (FRING):
  - OJ287 & 4C39.25 & J1007-33 & J1103-32
  - delay & rate、solint 2分
- フラックス較正源の明るさ仮定 (SETJY): OJ287
  - VLA (C配列) X帯: 2009/7/10 3.217 Jyを使用
- 振幅較正1 (CALIB): OJ287 & J1103-32
  - 振幅相対比較 (GETJY): OJ287 & J1103-32
- ゲイン較正源の明るさ仮定 (SETJY): J1103-32
- 振幅較正1 (CALIB): J1103-32
- 位相補償源selfcal (IMAGR, CALIB): J1007-33
- 本天体マッピング (IMAGR): IC 2560

# Elevation

- 鹿島局に対する全基線
- 臼田3:00-5:00は記録失敗
- 積分時間
  - J1007-33: 76分
  - IC 2560: 74分



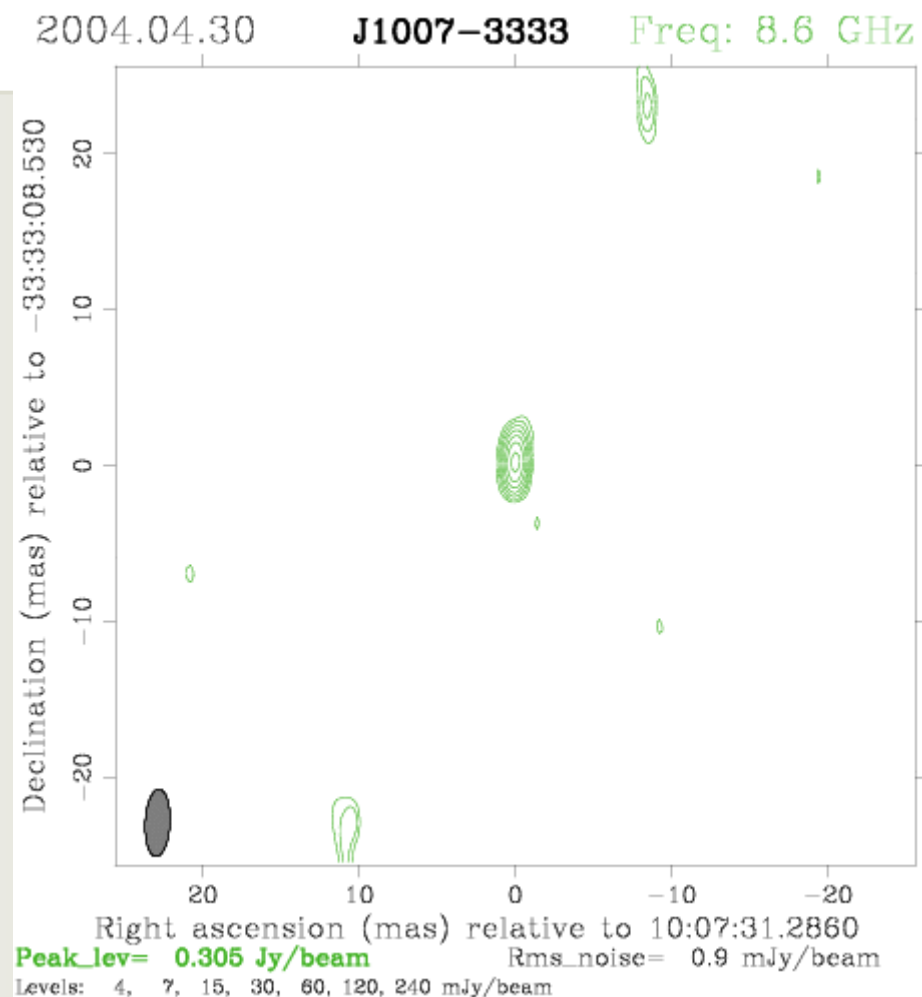
# 結果: J1007-33



- $\Theta_{\text{beam}} = 22.64 \times 3.01 \text{ mas}$
- $PA_{\text{beam}} = -18^\circ$
- Peak =  $0.312 \text{ Jy beam}^{-1}$
- rms =  $0.039 \text{ Jy beam}^{-1}$
- S/N  $\sim 8$ で検出

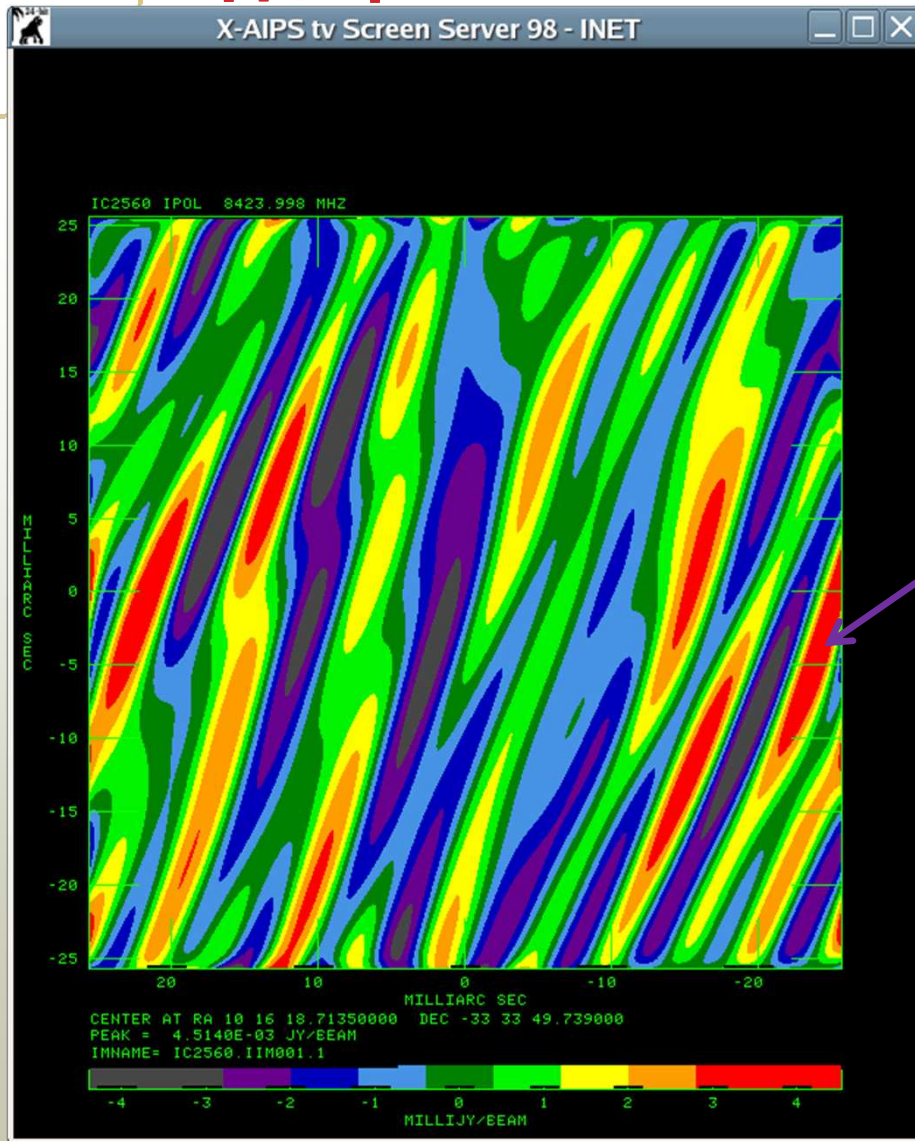
# 参考: J1007-33 (VLBA)

- JVNでほぼ点源
- Peak =  
 $0.305 \text{ Jy beam}^{-1}$ 
  - JVNでのPeak  
強度は妥当





# 結果: IC 2560

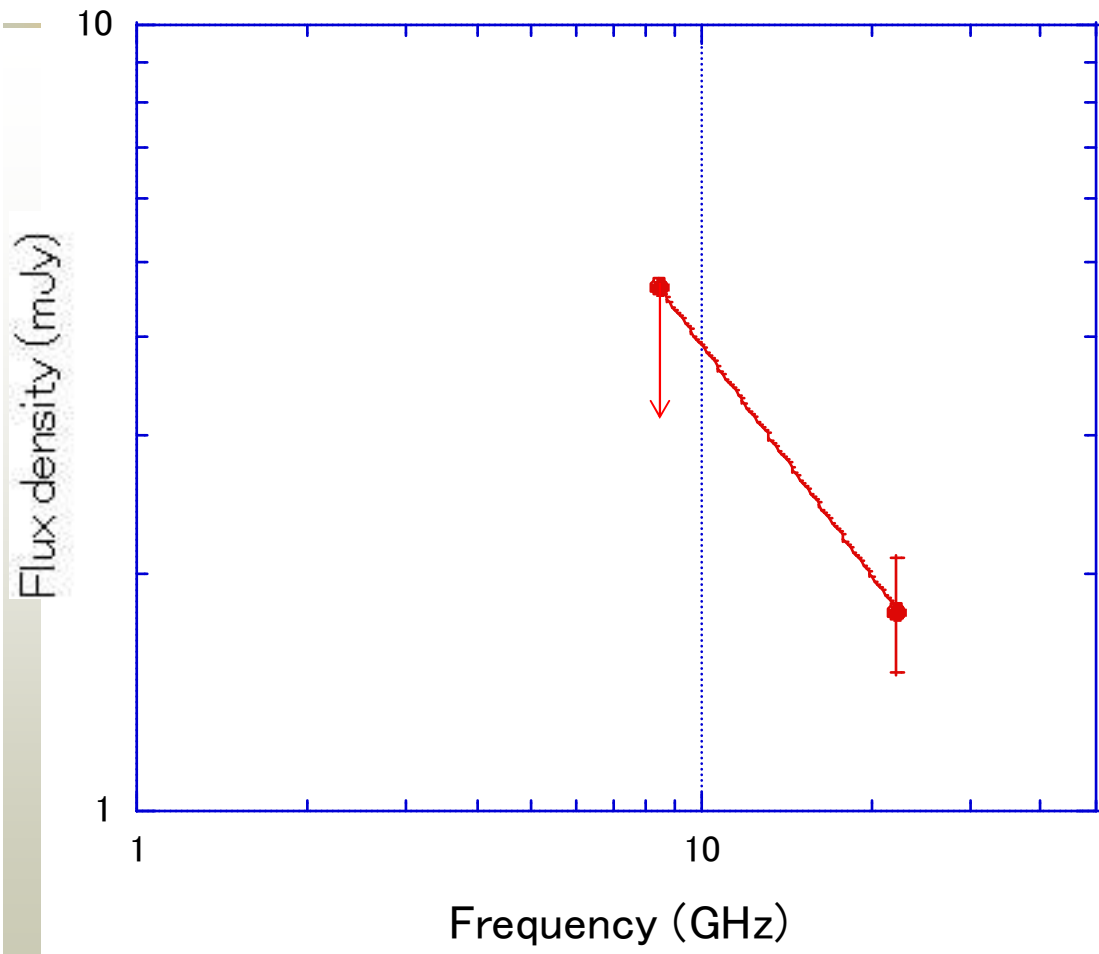


- $\theta_{\text{beam}} = 22.10 \times 2.71 \text{ mas}$
- $PA_{\text{beam}} = -20^\circ$
- Peak = 4.47 mJy beam<sup>-1</sup>
- rms = 1.55 mJy beam<sup>-1</sup>
- S/N < 3、連続波の検出確認できず

# imaging感度見積り

- $B = 32 \text{ MHz}$
- $\tau = 4200 \text{ s}$  (70分)
  - 臼田の約30分ロスは考慮していない
- $T_{\text{sys}} = 90 \text{ K}$  (入来、石垣島)、 $80 \text{ K}$  (鹿島)、 $60 \text{ K}$  (筑波)、 $70 \text{ K}$  (臼田) と仮定
  - JVNサイトのアレイ性能ページの値を使用
  - 鹿島は曇り、臼田は晴れ、他は天候不明
  - 鹿島と臼田は観測中の実測値あり
    - 50-70 K(鹿島、高EL only)、85-150 K(臼田、全時間)
- $1\sigma_{\text{im}} \sim 0.4 \text{ mJy beam}^{-1}$
- 天候および本天体の低EL、臼田記録失敗により、思ったほどrmsを下げられなかった？

# Spectral index



- VLBA 22 GHz (1998)
- JVN 8 GHz (2009)
  - 但し $3\sigma$ 上限値
- $\alpha \geq -0.97$ 
  - 8 GHzの値次第で+になる可能性も
- indexを得るには、別の観測が必要

# 今後

- IC 2560の本JVN観測・解析はひとまず終了
  - 光結合8 GHz: S09108A、解析中断中
  - 赤緯からみて、南半球のほうが観測し易い
- IC 2560と同時に、AGN水メーザー天体IC 1481もJVN & 光結合にプロポーザル投稿
  - 光結合8 GHz: S09100A、解析中断中
  - JVN: 未実施
  - IC 1481は、22 GHz (HSA; Mamyoda+2009) 及び5 GHz (MERLIN; Xanthopoulos+2010)の連続波報告あり。8 GHzが検出されたら初。