

# 大学連携 VLBI 観測網によるガンマ線セファート 1 型 AGN の観測

輪島 清昭<sup>1</sup>, 藤澤 健太 (山口大学), 林田 将明 (スタンフォード大学), 磯部 直樹 (JAXA 宇宙研)

## 1. 概要

Fermi, Swift 等で X 線、 $\gamma$  線放射が検出されているセファート 1 型 AGN 1H 0323+342 ( $z = 0.061$ ,  $1 \text{ mas} = 1.16 \text{ pc}$ ) の JVN と Swift による同時観測を 2010 年 11 月に実施した。本稿では JVN で 3 エポックにわたり実施した観測の結果を示す。3 エポックの電波写真ではいずれも天体の構造が中心成分およびそこから南東に延びる成分とで構成されており、これらは過去の結果を再現している。3 エポックのデータに対しモデルフィッティングを行った結果からはジェット成分の運動は見られなかった。一方、モデルフィッティング結果ではコア成分のみフラックス密度の減少傾向が見られており、山口 32 m 電波望遠鏡で測定された全フラックス密度の減少傾向の原因であるかも知れない。

## 2. 観測・解析

大学連携 VLBI 観測網 (JVN) による 1H 0323+342 の観測の概要を表 1 に示す。観測は 2010 年 11 月に 3 回にわたり実施した。観測周波数は 8.400 GHz – 8.432 GHz で、ターゲット天体の合計オンソース時間は 3 エポックとも 7 時間 23 分である。

JVN 観測データの振幅・位相較正は AIPS を、画像化、セルフキャリブレーションは Difmap をそれぞれ用いて行った。1H 0323+342 のフラックス密度は、JVN 観測と同時期に山口 32 m 電波望遠鏡を用いて測定した DA 193 のフラックス密度との比較により決定した。また、アンテナゲインの時間変化に伴うビジビリティ振幅の変化は、ゲイン較正天体 (0307+380) に対して得られた各局のアンテナゲインの時間変化に基づいて補正した。AIPS により位相・振幅較正を行ったビジビリティを用いて、Difmap によるイメージングを行った。

また、上記の VLBI 観測と並行して山口 32 m 電波望遠鏡を用いた 1H 0323+342 の全フラックス密度測定も実施した。観測の概要は表 2 の通りである。

## 3. 結果

山口 32 m 電波望遠鏡で測定された 1H 0323+342 のフラックス密度を図 1 に示す。図中の各測定点の誤差棒は  $Z$  スキャン (1 回の観測につき約 20 スキャンの測定を実施) により得られたフラックス密度測定値の標準偏差 ( $1\sigma$ ) を表す。これらの観測点に対して最小二乗フィッティングを行って得られた直線も図 1 に併せて示している。フィッティング結果からは、観測期間中に全フラックス密度が漸減傾向 ( $-1.51 \text{ mJy day}^{-1}$ ) にあることが示唆される。

各エポックでの 1H 0323+342 の電波写真を図 2 に示す。どのエポックも電波放射が支配的な成分およびこれより南東に延びる成分とで構成されており、過去の VLBI 観測結果 (Beasley et al. 2002) を再現している。エポック 3 のイメージで南東側成分の北方にやや盛り上がった構造が見られるが、これは画像処理上の問題で天体の真の構造とは思われない。

表 1: JVN による観測の概要

エポック	観測日時 (UT)	観測局
1	2010 年 11 月 1 日 (月) 11:00 – 21:00	VERA, 日立
2	2010 年 11 月 15 日 (月) 10:00 – 20:00	VERA, 鹿島, 日立
3	2010 年 11 月 30 日 (火) 09:00 – 19:00	VERA, 鹿島, 日立

<sup>1</sup> wajima@yamaguchi-u.ac.jp

表 2: 山口 32 m 電波望遠鏡による 1E 0323+342 の観測概要

観測期間	観測周波数	観測時間 (典型値)	観測方法
2010 年 11 月 9 日 - 2011 年 2 月 5 日 (期間中 25 回の観測を実施)	8.38 GHz	1 時間 (うち約 50%が オンソース時間)	Z スキャン法による フラックス密度測定

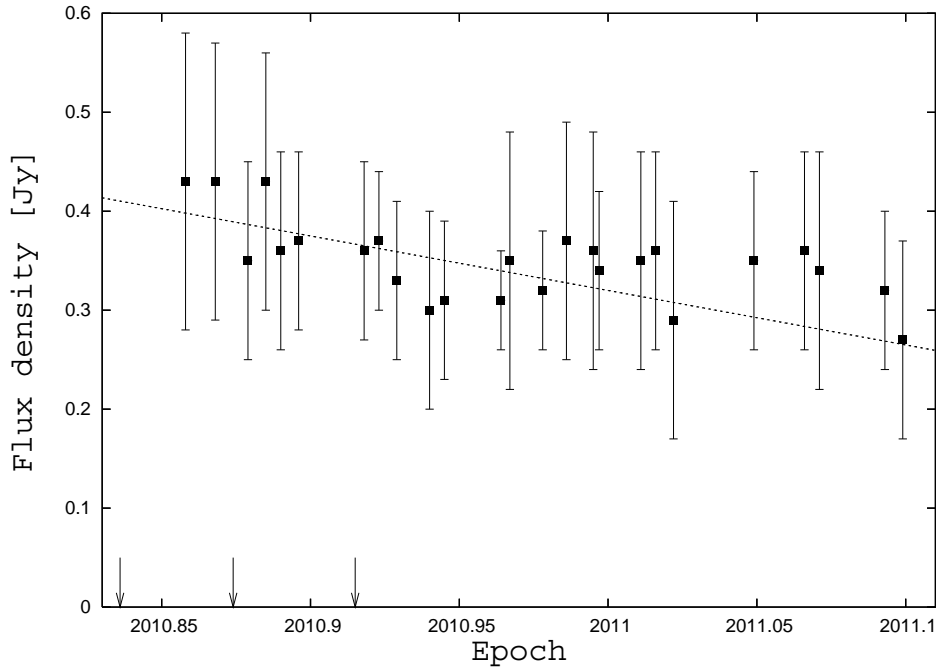


図 1: 山口 32 m 電波望遠鏡で測定した 1H 0323+342 のフラックス密度. 点線は全ての測定点に対して最小二乗フィッティングを行って得られた直線を示す. また、矢印は JVN で行った 3 回の観測の時期を示す.

JVN のイメージ (図 2) と VLBA による 8 GHz でのイメージ (1996 年 5 月 15 日)<sup>2</sup> を比較すると 2 成分の輝度ピーク間の離角がいずれも 7 ミリ秒角 (mas) 程度である。また、JVN でのイメージはほぼ同時期に行われている VLBA MOJAVE Program による 15 GHz での電波イメージ<sup>3</sup> と概形がほぼ一致する。これらの結果からは、1H 0323+342 の構造が約 15 年の間にほとんど変化していないことが示唆される。

各イメージのピーク輝度および clean 成分の全フラックスを表 3 に示す。Clean 成分の合計は山口 32 m で測定された全フラックス (図 1) をおおよそ再現しており、mas スケールの中心領域の放射が支配的であることが示唆される。また、図 1 では全フラックス密度が JVN での観測期間中に緩やかに減少する傾向が見られるが、VLBI スケールでも中心成分のピーク輝度および表 3 に示す全フラックスが 3 エポックの間で減少傾向を示している。JVN のエポック 1 (2010 年 11 月 1 日) での全フラックス密度 (467 mJy) およびこの直前の VLBA 観測 (2010 年 10 月 15 日) での全フラックス密度 (303 mJy)<sup>3</sup> より、スペクトル指数  $\alpha$  ( $S_\nu \propto \nu^\alpha$ ) は  $\alpha_8^{15} = -0.69$  となる。

各エポックの較正済みビジビリティに対して Difmap で楕円ガウシアンモデルによるフィッティングを行い得られたパラメータを表 4 に示す。表の各パラメータに誤差範囲を示していないが、Difmap の振幅セルフキャリブレーションにより得られた各観測局のビジビリティの (clean モデルに対する) 振幅較正

<sup>2</sup> <http://www.vlba.nrao.edu/astro/calib/>

<sup>3</sup> <http://www.physics.purdue.edu/MOJAVE/sourcepages/0321+340.shtml>

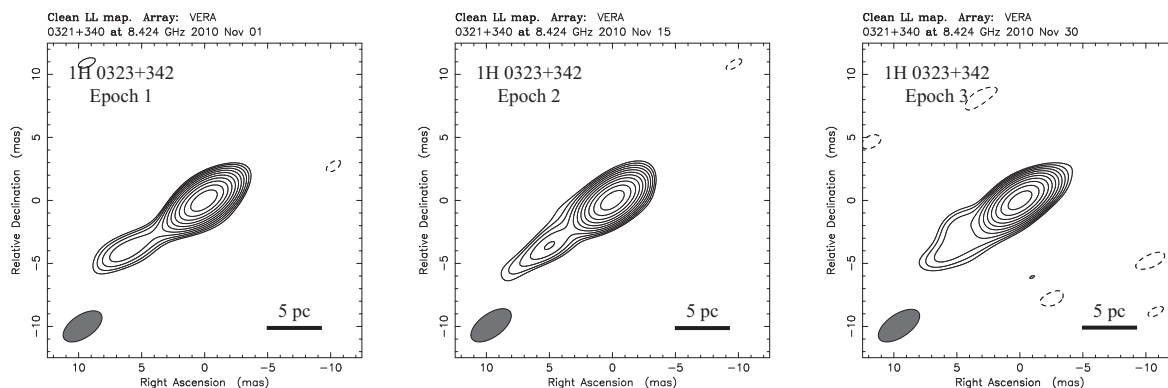


図 2: 8 GHz での JVN 観測により得られた 1H 0323+342 の各エポックでの電波写真. コントアはイメージ rms の 3 倍 ( $3\sigma$ ) を等高線の最低レベルとし、 $-3\sigma, 3\sigma \times (\sqrt{2})^n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots, 10$ ) の順に引いている. 各イメージの左下の楕円は合成ビームサイズを示す.

表 3: 各エポックでのピーク輝度および clean 成分の全フラックス

エポック	ピーク輝度 [Jy beam <sup>-1</sup> ]	Clean 成分全フラックス [Jy]	直近の全フラックス (図 1 より) [Jy]
1	0.397	0.467	0.43 ± 0.15 (11 月 9 日)
2	0.309	0.357	0.43 ± 0.14 (11 月 13 日)
3	0.279	0.335	0.35 ± 0.10 (11 月 17 日)
			0.36 ± 0.09 (12 月 1 日)

表 4: 各エポックでのモデルフィッティングパラメタ

エポック	成分	フラックス密度 [Jy]	中心からの角距離 [mas]	成分の位置角 [deg]	長軸の角サイズ [mas]	軸比	長軸の位置角 [deg]
1	C	0.41	—	—	1.19	0	-50.1
	J	0.06	6.82	122.9	4.92	0	-60.3
2	C	0.31	—	—	0.51	0	-12.7
	J	0.04	6.40	124.4	3.70	0.27	-51.1
3	C	0.28	—	—	0.58	0	-28.4
	J	0.05	5.78	122.1	3.85	0.57	-40.5

エラーは 3 エポックでそれぞれ 10%, 6%, 9% であり、表 4 の各パラメタも同程度の誤差範囲を持つと推定される。

3 エポックとも 2 成分のガウシアンで観測されたビジビリティ振幅、位相、および clean 成分の全フラックスをよく再現している。いずれのエポックでも中心成分 (C) または南東成分 (J) のいずれかが線分となっているが、上記の理由により各ガウス成分の位置およびフラックス密度は天体の性質を反映しているものと考えられる。南東成分の位置のみに注目すると、3 エポック間でこの成分が中心成分に対して外向きの運動を示しているようには思われない。一方、各成分のフラックス密度は中心成分のみ 3 エポック間で減少傾向が見られており、単一鏡での全フラックス密度の減少が中心成分のフラックス密度の減少に起因していることが示唆される。

## 参考文献

Beasley, A. J. et al. 2002, ApJS, 141, 13