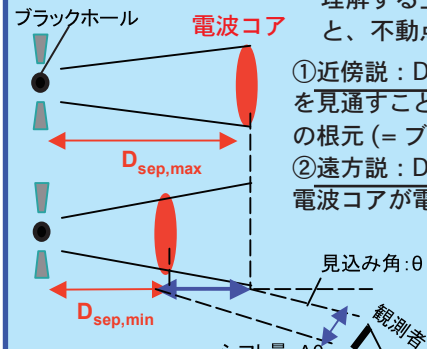


# ガンマ線ブレーザー Mrk501 の コアピーク絶対位置ふらつき探索

小山翔子(東大)、紀基樹、永井洋、新沼浩太郎、本間希樹(国立天文台)、秦和弘(総研大)、  
浅田圭一(ASIAA)、片岡淳(早大)、磯部直樹(ISAS)、M. Giroletti, G. Giovannini,  
M. Orienti (IRA/ ボローニャ大学), D. Paneque (Stanford Univ./SLAC)

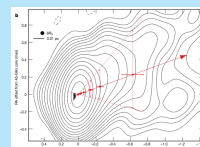
概要: ブレーザーの電波コアとジェットのパワー源である巨大ブラックホールの位置関係は観測的に直接測定された例がない。両者の間隔が数pc以上であるとき、不動点であるブラックホールに対する電波コアの輝度ピークがふらつくことが予想される。我々は VERA43 GHz を用いてガンマ線帯で明るいブレーザー Mrk501 の観測を行っている。参照天体を用いた高精度位置天文観測を行うことで Mrk501 の電波コアの絶対位置の時間変化を調べ、ブラックホールとの位置関係に制限をつけることが目的である。本発表では 2011 年 2 月に取得した 3 エポックの解析結果を報告する。

## 1. 目的



活動銀河核ジェットとその動力源である超巨大ブラックホールの位置関係を探ることはジェットの形成機構を理解する上で重要である。しかし、最初に衝撃波が発生しジェットの放射が行われる場所を電波コアと考えると、不動点である巨大ブラックホールとの間隔  $D_{sep}$  には以下の 2 説があり未だ統一的理解が得られていない。

- ①近傍説:  $D_{sep} \sim 0.01 \text{ pc}$ ...電波銀河 M87 において高周波数ほど光学的に厚い電波コアを見通すことができる性質を使って、周波数を無限大にしたときの収束点であるジェットの根元 (= ブラックホール) の位置を直接的に求めた (Hada et al. 2011, 右図)
- ②遠方説:  $D_{sep} \sim \text{数 pc 以上}$ ...ブレーザー天体 BL Lac 等におけるガンマ線フレアと電波コアが電波で明るくなる時間差から間接的に示唆される (Marscher et al. 2008)



M87 ジェットとブラックホールの位置関係

後者の場合、図 1 のように電波コアの位置が時間変化すると仮定し、異なる時期の  $D_{sep}$  が  $D_{sep,max} \gg D_{sep,min}$  とすると、観測者から見た電波コアの位置シフト量  $\Delta\theta$  は見込み角  $\theta$  を使って  $\Delta\theta \sim \theta (D_{sep,max} - D_{sep,min}) / D_{sep,max} \sim \theta D_{sep,min}$  (1) と表される。

本研究では複数期間の観測からブレーザーの位置シフト量 (= ふらつき) を求め、遠方説を直接検証することが目的である。

## 2. 方法

VLBI の解析では位相残差を校正する際に自己校正を行うため天体の絶対位置情報が失われるという問題がある。目的天体の近傍にある明るい校正天体を同時に観測することで天体間に共通の大気揺らぎを取り除く位相補償観測を行うと、目的天体の絶対位置を求めることができる。

目的天体 Mrk501 の利点

- ・最近傍 ( $z=0.034$ ) にあるブレーザーなので小さいスケールまで分解できる ( $1 \text{ mas}=0.04 \text{ pc}$ )
- ・離角  $3^\circ$  以内に明るい参照天体が 2 天体存在するため位置天文観測には最適な天体配置にある
- ジェットの軸方向も直交しているため Dec 方向に位置シフト量を議論することができる (図 2)
- ・電波コアの時間平均スペクトルが 43 GHz で光学的に薄いため吸収を受けていないコアの位置シフト量を測定することができる (図 3)

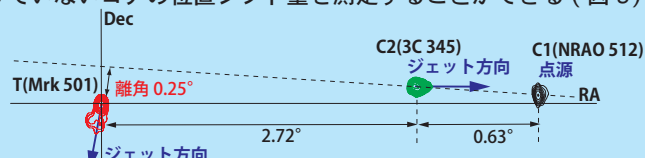
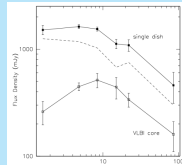


図 2. Mrk 501, 3C345, NRAO512 の天球面上での配置図



### 参考文献

- Beasley A. J., Conway J. E., 1995, ASPC, 82, 327  
Giroletti M., Giovannini G. et al., 2008, A&A, 488, 905  
Hada K., Doi A., Kino M., Nagai H., Hagiwara Y., Kawaguchi N., 2011, Natur, 477, 185  
Marscher A. P., et al., 2008, Natur, 452, 966

図 3. Mrk 501 の電波コア時間平均スペクトル (Giroletti+08)

## 3. 観測

- 装置: VERA (図 4)  
周波数: 43 GHz  
観測モード: 2 ビーム同時観測 (VERA7)  
帯域: A ビーム = 16 MHz = 1IF (3C 345)  
B ビーム = 240 MHz = 15 IF X 16 MHz (Mrk 501, NRAO 512)  
観測時間: 8 時間 / 1 エポック  
観測日: 2011/2/15, 17, 18

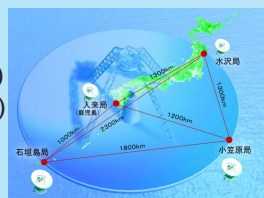


図 4. VERA アレイ (全 4 局)

## 4. 結果

Mrk501 を参照天体として位相を求め、3C345 に適用した位相補償マップを図 5 に示す。3C345 のイメージ精度と輝度ピークの位置を表 1, 図 6 にそれぞれ示した。

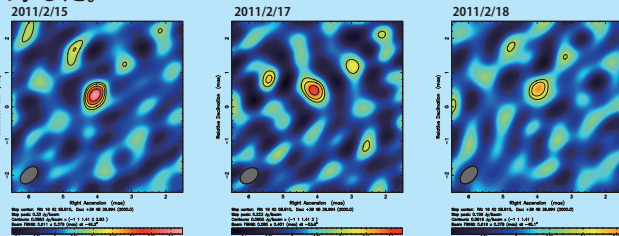
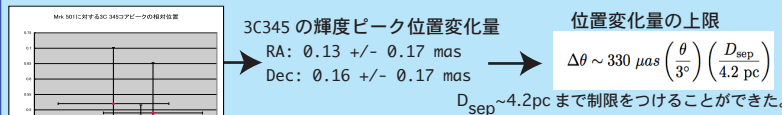


図 5. Mrk501 を参照した 3C345 の位相補償マップ

Mrk501 => 3C345	ピークフラックス [Jy/beam]	イメージ雑音 [Jy/beam]	信号対雑音比	RA [mas]	Dec [mas]	位置誤差 [mas]
2011.2.15	0.330	0.029	11.226	4.05	0.36	0.156
2011.2.17	0.223	0.032	7.013	4.09	0.49	0.163
2011.2.18	0.159	0.027	5.847	3.96	0.52	0.182

表 1. 3C345 の位相補償マップのイメージ精度とピーク位置



まとめ  
RA, Dec 各方向での輝度ピークの位置は 3 日間では  $0.16 \pm 0.17 \text{ mas}$  の範囲にあり変化していない。  
今後の展望  
エポック数を増やして、離れた期間での位置を比較しブラックホールと電波コアの距離に制限をつける。

- 注 1: マップの原点は全マップで共通の位相中心座標を用いている。  
注 2: 位置誤差はイメージ雑音と、異なる離角で見積もられる大気遅延誤差の rms から算出した。(Beasley & Conway 1995)  
注 3: NRAO512, Mrk501 の単一ビームでのイメージも確認済みである。

補足: NRAO 512 を参照天体とした場合の 3C 345 の位相補償マップの場合も以下のピーク位置変化量に収まることが確認できた。

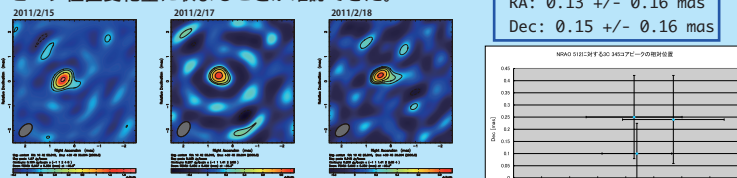


図 7. NRAO512 を参照した 3C345 の位相補償マップ

NRAO512 => 3C345	ピークフラックス [Jy/beam]	イメージ雑音 [Jy/beam]	信号対雑音比	RA [mas]	Dec [mas]	位置誤差 [mas]
2011.2.15	1.575	0.061	25.678	0.44	0.1	0.124
2011.2.17	0.938	0.096	9.806	0.57	0.24	0.181
2011.2.18	0.918	0.070	13.190	0.43	0.25	0.171