

# GENJI プログラム：電波銀河 3C84 のモニター観測

日浦 皓一朗<sup>1</sup>、永井 洋<sup>2</sup>、徂徠 和夫<sup>1</sup>、他 GENJI プログラムメンバー  
<sup>1</sup> 北海道大学、<sup>2</sup> 国立天文台

## 概要

活動銀河核 (AGN) から噴出する相対論的ジェットは AGN 自体の進化の指標であり、加えて銀河間空間へのフィードバックとしても重要な機構である。AGN の形成メカニズムおよびその進化を明らかにすることは銀河の進化を解き明かす上で重要である。ジェットの駆動メカニズムにはさまざまな理論モデルが提唱されているが、決定的なものは存在しない。そこでモニタリングプログラム「GENJI」では、超長基線干渉計 (VLBI) の「VERA」を用いて、 $\gamma$  線が検出されている AGN のうち 8 天体に対して 2010 年 11 月から約 2 週間に 1 回の頻度で 22 GHz 帯の VLBI モニター観測を行い、ジェットの形状・速度といった基本的な物理パラメータを決定することで、理論モデルに対して制限を与えることを目的としている。そのようなジェットの根元の観測には高空間分解能観測が必要であり、電波における VLBI は、ブラックホール最近傍を撮像できる唯一の装置である。ジェットの速度の決定のためには、電波 VLBI と  $\gamma$  線の光度曲線を比較することで、 $\gamma$  線放射領域の電波帯における対応放射領域を同定する必要がある。本講演では、電波銀河 3C 84 のモニター解析結果を報告する。GENJI プログラムが始まった 2010 年 11 月以降は目立った  $\gamma$  線フレアは報告されていないが、1 pc 以内の銀河中心核領域における電波増光が見られた。このことは、22 GHz 帯における電波増光領域は  $\gamma$  線放射領域と空間的に異なることを示唆している。

## 1 GENJI とは

GENJI プログラムは国立天文台が所有する VERA を用いて、 $\gamma$  線 AGN に対して約 2 週間に 1 回の高頻度でモニター観測を行い下記のテーマに取り組んでいる。

1. VLBI コアフラックスとガンマ線フラックスの変動の関係  
⇒  $\gamma$  線源の所在と VLBI コアの本質の解明
2. ジェットの下流領域あるいは空間的に広がった成分のフレア有無の調査  
(e.g. M87 における HST1)
3. ジェットの固有速度と、 $\gamma$  線放射から期待されるローレンツ因子の関係

## 2 観測天体 3C84

- 巨大楕円銀河 NGC1275 の活動銀河核電波源 (Seyfert 2)
- 赤方偏移は  $z = 0.0176$  ( $1 \text{ mas} = 0.35 \text{ pc}$ )
- 1990 年代に比べて GeV  $\gamma$  線が 7 倍以上増光 [1]。長いタイムスケールで電波増光と  $\gamma$  線増光の傾向が良く一致している。(図 1)
- Fermi による検出以降、2 回の  $\gamma$  線フレアが発生している [3]。(図 1)
- 2005 年頃から VLBI 観測により 1 pc 以内の中心核で電波増光が確認されている [2]。この結果、以下のことがわかっている。
  - C1 は中心核成分 (電波コア) で、C3 は 2005 年の電波フレアに起因して放出されたジェット成分である。

- C2 は 2005 年のフレアが起こる前から存在。ほぼ動かず定在している。

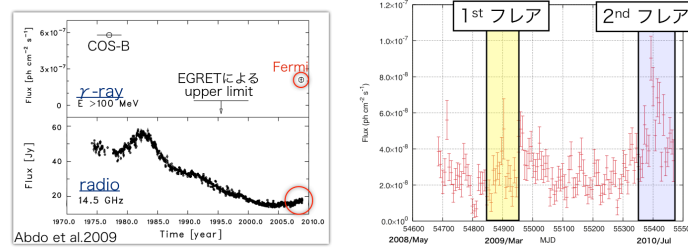


図 1  $\gamma$ 線と電波の長期変動の様子 (左:[1]) と Fermi による検出以降の光度曲線 (右:[3])

### 3 研究動機

GENJI プログラム開始 (2010 年 11 月) 前に、先行研究 [2] において 1 pc 以内の中心核で  $\gamma$ 線フレアと電波増光の間に密接な関係があることが示唆されているので、我々は 2010 年 11 月以降のデータを用いて  $\gamma$ 線放射領域と電波放射領域との関係を調べることにした。

### 4 観測

表 1 に観測の概要を示した。

表 1 観測概要

観測装置	VERA
観測日 (DOY)	2010/332, 2011/034, 2011/111, 2011/138, 2011/289
観測周波数	22 GHz
空間分解能	1 mas @22 GHz
バンド幅	176 MHz (16 MHz $\times$ 11 IF)

### 5 結果

#### 5.1 結果 1 : GENJI データにおける電波フラックスの変化

2011/034 と 2011/289 の電波強度図と 2011/289 のモデルフィットマップを図 2 に示した。また、GENJI データの各成分に対する光度曲線に  $\gamma$ 線フレアの有無を表示したものを図 3 に示した。これらの図から、以下のことが言える。

- C3 成分のフラックスが 2011/034 ( $4.42 \pm 0.44$  Jy)–2011/289 ( $8.28 \pm 0.83$  Jy) 間で増光している。
- 全電波フラックスの増光のうち、ほとんどが C3 起因である。
- GENJI プログラムが始まってからは、目立った  $\gamma$ 線フレアは報告されていない。

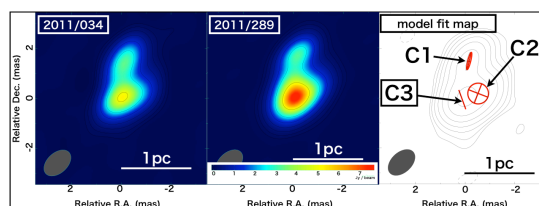


図 2 2011/034 と 2011/289 の電波強度図と 2011/289 のモデルフィットマップ

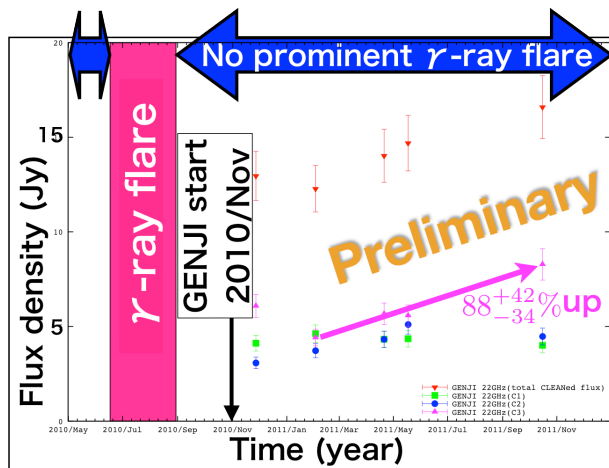


図3 GENJI データの各成分に対する光度曲線と  $\gamma$  線フレアの有無

## 5.2 結果2：ジェットの見かけの速度

C1 と C3 の中心位置間の相対距離の時間変化を図4に示した。図4は先行研究 [4] における Figure 4 で定義されている  $x_{\parallel}$  軸と  $x_{\perp}$  軸を使い、それらの軸に射影したものである。さらに二次関数を用いて最小2乗フィットを行い、C3成分の見かけの速度を求めたところ、以下のことがわかった。

- C3成分の見かけの速度 ( $v_{\text{app}}$ ) が  $(0.13 \pm 0.09)c$  (2010/11/28) から  $(0.43 \pm 0.23)c$  (2011/10/16) に増加した。
- C3成分の見かけの速度 ( $v_{\text{app}}$ ) の平均値 ( $\bar{v}_{\text{app}}$ )(2010/11/28–2011/10/16) は  $(0.24 \pm 0.15)c$  で、先行研究 [4] における 2003/11/20–2007/11/2 間の値 ( $(0.23 \pm 0.06)c$ ) とほぼ同じである。

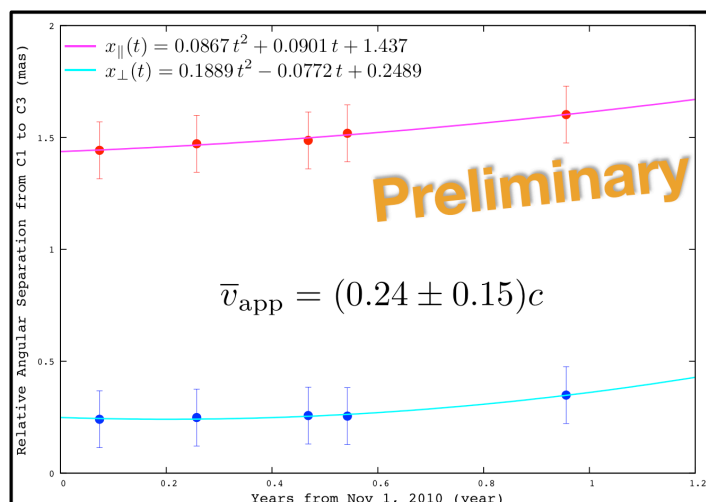


図4 C1 と C3 の中心位置間の相対距離の時間変化

## 6 議論と・今後の展望

- 22 GHz 帯における C3 成分の電波強度が増加している一方で、目立った $\gamma$ 線フレアが2010年8月以来報告されていないことがわかった。このことは、Nagai et al.(2012)[5]における15 GHz 帯と 43 GHz 帯における振る舞いと同様である。このことから次のことが考えられる。
  - C3 成分は $\gamma$ 線放射領域ではない。
  - $\gamma$ 線放射領域は 22 GHz 帯における電波増光領域とは空間的に異なっている。
- 先行研究 [4],[5] と GENJI データを組み合わせると、C3 成分は加減速を繰り返している可能性がある。これは、C3 成分が非線形運動していることを意味していて、このことを検証するためにも、より多くのデータが必要で、鋭意データ解析を継続中である。

## 参考文献

- [1] Abdo et al, 2009, ApJ, **699**, 31
- [2] Nagai et al., 2010, PASJ, **62**, L11
- [3] Brown & Adams, 2011, MNRAS, **413**, 2785
- [4] Suzuki et al., 2012, ApJ, **746**, 140
- [5] Nagai et al., 2012, MNRAS