

GENJI プログラム：電波銀河 3C84 のモニター観測結果

日浦 皓一朗¹、永井 洋²、徂徠 和夫¹、秋山 和徳^{2,3}、他 GENJI プログラムメンバー
¹ 北海道大学、² 国立天文台、³ 東京大学

概要

国立天文台 VERA を用いた活動銀河核 (AGN) ジェットモニタリングプログラム「GENJI(Gamma-ray Emitting Notable-AGN Monitoring by Japanese VLBI)」では、現在 8 天体を 1-2 週間に 1 回の頻度で VLBI モニター観測を行っている。

今回は、そのうちの一つである電波銀河 3C84 の解析の途中経過を報告する。3C84 は、赤方偏移 $z=0.0176$ に位置する非常に明るい電波源であり、母銀河は巨大楕円銀河 NGC1275 である。3C84 は Fermi γ 線望遠鏡の観測から GeV γ 線が 1990 年代に比べて 7 倍以上明るくなっていることがわかっており [1]、また特に 2005 年頃から電波増光が起こり、その後、中心核から新たに放出された成分が運動する様子が確認されている [2]。長いタイムスケールで γ 線増光と電波増光の傾向が良く一致していることから、 γ 線放射領域と電波増光の発生場所の密接な関係を示唆していると考えられる。

GENJI プログラムが始まった 2010 年 11 月以降は、目立った γ 線変動は報告されていないので、今のところ γ 線変動との関係を明らかにするに至っていない。しかし、より高エネルギーの電子からの放射が卓越していると思われるサブミリ波帯のデータとの比較から、サブミリ波の変動と VLBI コアの変動には目立った相関は見られないことがわかった。一方、下流側にあるジェット成分の変動はサブミリ波の変動と似ていることがわかった。また、構造変化の速度を見積もったところ、Nagai et al. 2010 のデータと比べてジェット成分の見かけの速度がほぼ同じであることがわかった。

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、 γ 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
⇒ γ 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、 γ 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, $M_{\text{BH}} = 3 \times 10^8 M_{\odot}$)
- 赤方偏移は $z = 0.0176$ ($1 \text{ mas} = 0.35 \text{ pc}$)
- 1990 年代に比べて GeV γ 線が 7 倍以上増光 [1]。長いタイムスケールで電波増光と γ 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 γ 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]。
- ジェット成分の見かけの速度が中心核から遠ざかると減速することが明らかになっている [2]。

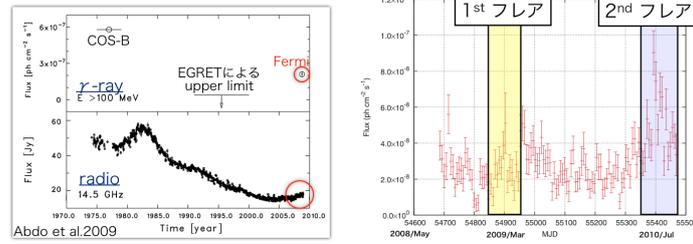


図1 γ 線と電波の長期変動の様子(左:[1])とFermiによる検出以降の光度曲線(右:[3])

3 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
観測周波数	22 GHz
空間分解能	1 mas @22 GHz
バンド幅	176 MHz (16 MHz×11 IF)

4 結果・考察

4.1 全エポックの CLEAN イメージ

全4エポックの CLEAN イメージとモデルフィットマップを図2に示した。図2と先行研究 [2] から、以下のことが言える。

- C1は中心核成分で、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。
- C1 - C3間の距離は約1.5(mas)で、見かけの速度は約0.22c(後述)。
- 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。

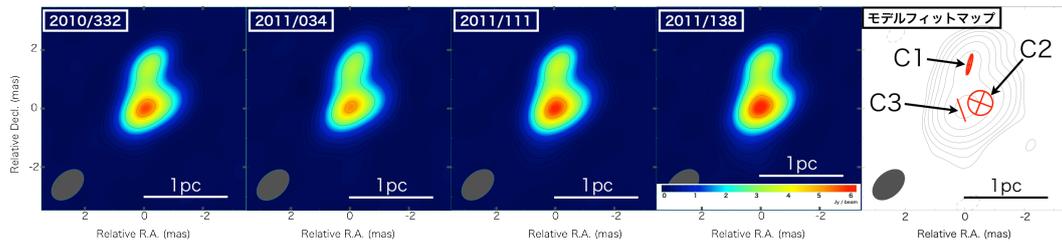


図2 全4エポックの CLEAN イメージとモデルフィットマップ

4.2 成分毎の強度変動

C1~C3のそれぞれの光度曲線を図3に示した。図3から、C1は変動しておらず、C2・C3でわずかに変動していることがわかった。

また、GENJIプログラム開始後、目立った γ 線変動が報告されていないので、より高エネルギー領域をトレースできるサブミリ波データ (SMA@1mm[4]) との比較を行ったところ、サブミリ波の振る舞いはC2・C3と類似していることがわかった。

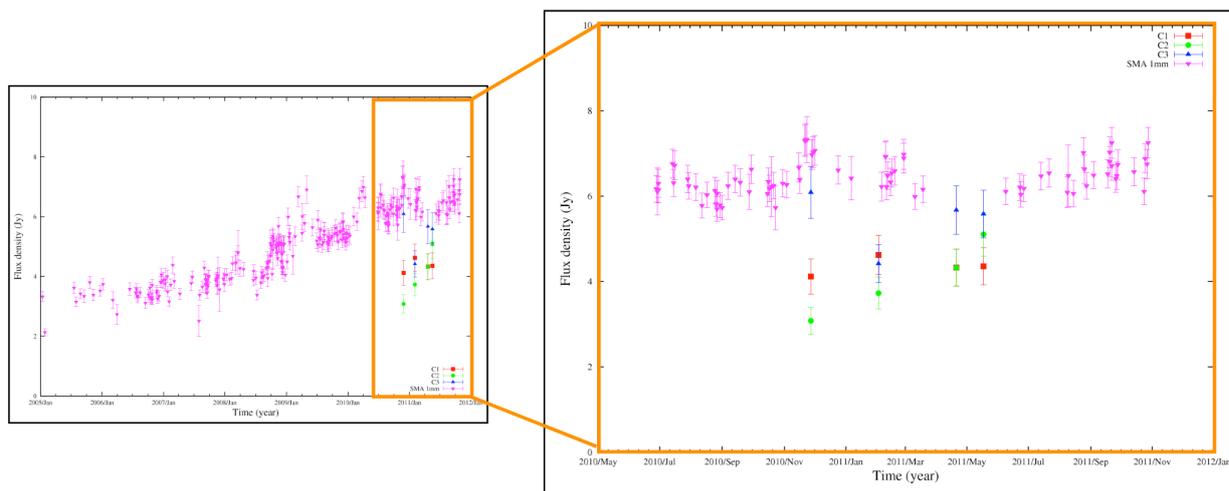


図3 成分毎の光度曲線とサブミリ波データとの比較

4.3 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 において線形膨張を仮定して C1 に対する C3 の見かけの速度を概算すると、約 $0.22c$ と求まった。この値は、先行研究 [2] の 2007 年 297 日目以降とほぼ同じ ($0.23c$) である。

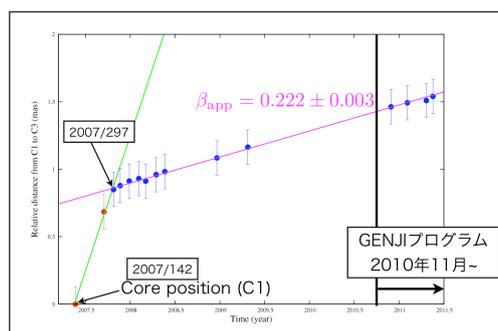


図4 C1 と C3 の中心位置間の相対距離の時間変化

5 まとめ・今後の展望

- サブミリ波データとの比較により、サブミリ波のわずかな時間変動に対応して、ジェット成分 (C2, C3) の変動が見られた。一方、VLBI コア (C1) は変動が見られなかった。
- C3 の C1 に対する見かけの速度が文献 [2] のデータ ($0.23c$) とほぼ同じ ($0.22c$) であることがわかった。
- 高エネルギー放射領域への、より厳しい制限を課すためにも、さらなるデータの蓄積および解析を行っていききたい。

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] SMA Calibrator List (<http://sma1.sma.hawaii.edu/callist/callist.html>)