

Flat Spectrum Radio Quasar DA 55におけるGeVガンマ線フレア期の 高頻度VLBI観測

新沼浩太郎, 姫宮 陵, 綾部 翔 (山口大学), ほか GENJI プログラムメンバー

概要

2013年2月にブレーザー DA 55において大規模なGeVガンマ線フレアが発生した。我々は国内のVLBI観測装置であるVERAを用いたガンマ線AGNのVLBIモニタープログラム“GENJI”によってDA 55で発生したこのガンマ線フレア前後を非常に高い頻度で観測することに成功した。電波帯における他の波長のデータも各観測機関のデータベースで確認をしたところ、このガンマ線フレアに200日程度遅延して電波でも大きなフレアが発生していることが分かった。両者の関係性についてはまだ決定的なことは言えないが、電波増光がガンマ線フレアに呼応したものであると仮定するとガンマ線の放射領域が電波画像で見える輝度ピーク(電波コア)よりも十分に上流に位置すると推測することが出来る。

1 イントロダクション

1.1 AGNジェットからのガンマ線放射

AGNジェットの中でも特にブレーザーと呼ばれる天体は、ジェットの噴出方向が観測者の視線方向を向いた特異なジオメトリ構造を特徴とする。そのため相対論的ビーミング効果が顕著に効いて激しい時間変動を示し、電波からガンマ線にわたる多波長域において非熱的な放射が卓越する。近年、特にフェルミガンマ線衛星¹の精力的な観測によって1000を超えるブレーザーがGeVガンマ線源として確認されている(Acero et al., 2015)。ジェットが持つエネルギーが激しく散逸される場所でガンマ線が発生されると考えられることから、ガンマ線放射領域を探ることはジェットの駆動機構の解明に向けたヒントを与えると期待される。しかし「高エネルギーガンマ線はジェット中のどこで生成されるのか?」という最も基本的な点は未解決の疑問として残っている。ガンマ線望遠鏡で得られるフラッ

クの時間変動から放射領域サイズについて制限を与えることはできるが、空間分解能不足のため場所についての情報は得ることはできない。

1.2 Gamma-ray Emitting Notable-AGN monitoring by Japanese VLBI: GENJI

VLBIは現時点でガンマ線の強度変動から予想される放射領域サイズに肉薄する分解能を持つ唯一の観測装置である。GENJIはVLBIを用いてガンマ線AGNの高頻度モニターを目指すプログラムである。VERAのプロジェクト観測におけるフリンジファインダーとしてガンマ線AGNを採用してもらうことで高頻度VLBIモニターを実現している。

現在GENJIでモニターを行っている天体はDA 55, DA 406, NRAO 530, 3C 454.3, OJ 287, PKS 1510-089, M 87, 3C 84, BL Lac, CTA 102の10天体である。天体数は多くないが、約1ミリ秒角という角度分解能による2週間程度の短い間隔で天体のモニターを継続するプログラムは世界中を見渡してもほとんどない。

2 DA 55における大規模なGeVガンマ線フレアと他波長光度曲線

GENJIのモニター天体の中でも比較的活動性の低い天体であったDA 55(図1)が2013年2月に大規模なガンマ線フレアを起こした。DA 55は赤方偏移 $z = 0.859$ に位置し、Flat Spectrum Radio Quasar (FSRQ)に分類されるガンマ線ブレーザーである。

図2にDA 55のガンマ線光度曲線を示した。2009年3月, 2013年2月, 2014年6月に大規模なガンマ線のフレアが発生している。このうちGENJIでは2013年および2014年のガンマ線フレアの前後に高頻度なVLBI観測を実施することに成功している。2014年のGENJIデータについては現在解析の途中であるため本

¹<http://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/>

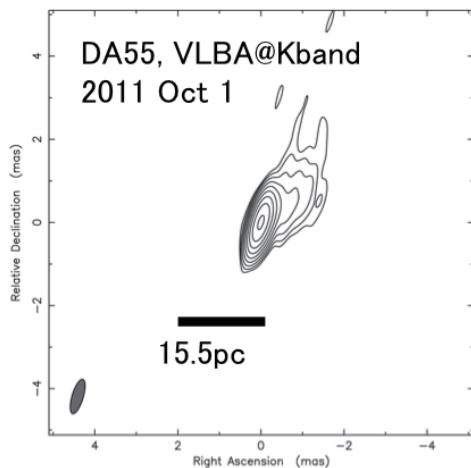


図 1: 米国立電波天文台の Very Long Baseline Array によって描かれた DA 55 の構造.

報告では主に 2013 年のガンマ線フレア周辺での VLBI データ及び他波長の光度曲線について比較した結果を示す (図 3) .

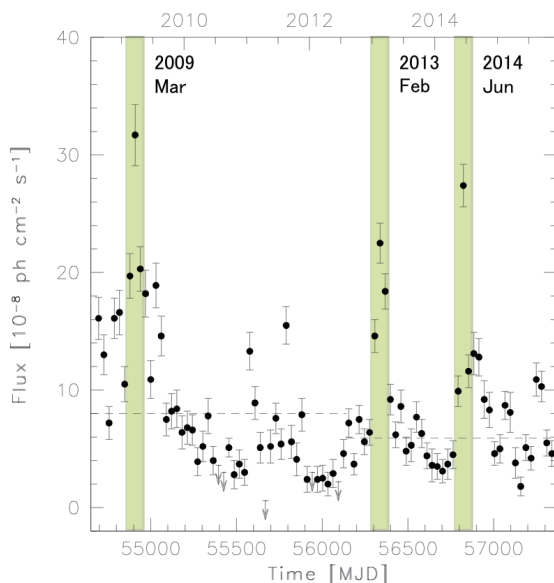


図 2: DA 55 の 8 年間にわたるガンマ線光度曲線 (エネルギー帯は 100 MeV – 300 GeV) .

3 ガンマ線フレアと電波帯の増減光の関係性

図 3 からは 2013 年 2 月のガンマ線フレアの後, 13 mm (GENJI) で約 200 日程度遅れた光度曲線の増減光が見て取れる. 同様に 20 mm (OVRO) でもほぼ 13 mm と同期した振る舞いを確認できる. 1 mm 帯で

はこのガンマ線フレア前後のデータが欠落しているため, はっきりとしたことは言えないが, 他の時期に比べて GENJI や OVRO のデータ同様明るい時期にあることは見て取れる. 一方 X 線ではガンマ線フレアと同時期, あるいは電波増光と同時期に有意な増光の様子は伺えない.

更に, GENJI のデータは電波ジェットの根元の領域 (電波コア) の強度を示したものであるため, 電波帯での増減光は DA 55 の中心エンジンから数 pc 以内程度の領域で起こっていると考えることができる.

従って, もし電波帯での増減光が 2013 年 2 月に発生したガンマ線フレアに呼応したものであれば, 電波帯ではおよそ 200 日程度遅延してからの増光が確認できるため, 先行研究 (例えば Orienti et al., 2013) と同様にガンマ線放射領域は電波コアよりもジェットの上流に位置すると予想できる.

他のガンマ線ブレーザー, 特にガンマ線の活動性の高いものについて多くの先行研究が行われているが, それらのほとんどが複雑なガンマ線の光度曲線を示しているため電波帯との比較が容易でない場合が多い (例えば Marscher et al., 2010). 一方, DA 55 においては個々のガンマ線フレアが孤立しているため, 他波長との相関の有無を検討しやすい.

今後は今回触れることのできなかった 2014 年 6 月のガンマ線フレアについても電波帯のデータと比較を行うだけでなく, X 線のデータにおける振る舞いについても精査していく. また, 2013 年末までの時点では VLBI で見える構造にガンマ線フレアに伴うような大きな変化は確認できていないため, 引き続き 2014 年の観測データに構造の変化が見られるかどうか (新しいジェット成分の出現があるかどうかなど) についても調べていき, ガンマ線放射領域に関する定量的な議論を行っていく予定である.

参考文献

- Acero, F., Ackermann, M., Ajello, M., et al. 2015, *ApJS*, 218, 23
- Marscher, A. P., Jorstad, S. G., Larionov, V. M., et al. 2010, *ApJ*, 710, L126
- Orienti, M., Koyama, S., D’Ammando, F., et al. 2013, *MNRAS*, 428, 2418

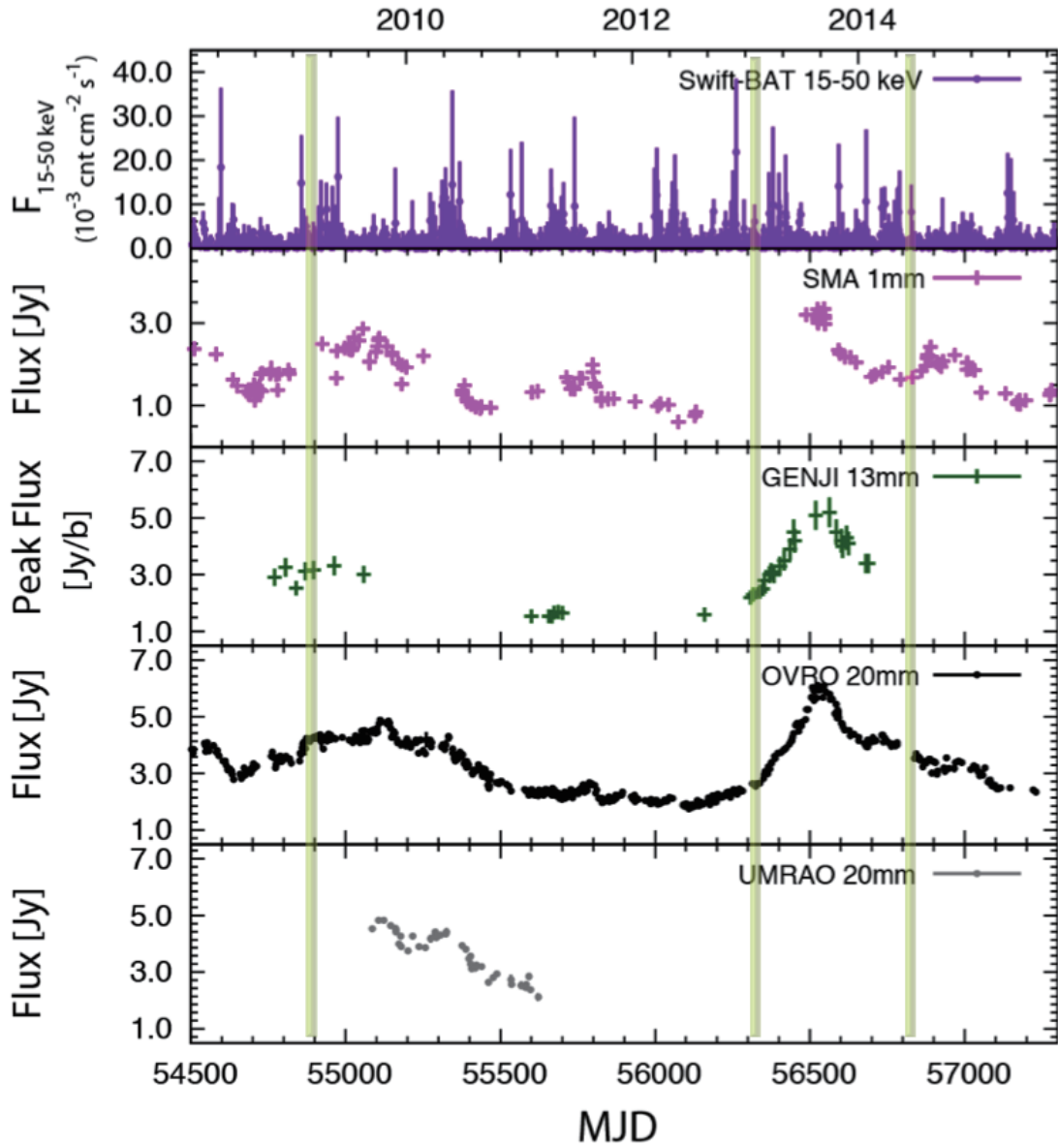


図 3: ガンマ線の光度曲線 (図 2) と同時期における DA 55 における電波帯及び X 線の光度曲線. 図の上から X 線 (15 keV-50 keV, Swift-BAT), 1 mm 帯 (SMA), 13 mm (GENJI), 20 mm (OVRO, UMRAO), の順で並んでいる. 縦の線はガンマ線のフレア時期を示している.