

所属学科	応用物理学科	氏名	竹内 勇人	指導員	片岡 淳 印
研究題目	すざく衛星による「ガンマ線ロープ」NGC6251の観測				

1.はじめに

2008年に打ち上げられたフェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡は20 MeVから300 GeVの領域で、従来より二桁程度高い感度の観測を可能にした。観測開始から3年が経過した現在、既に2,000を超える新しいガンマ線天体が続々と発見されている。これは過去のコンプトン・ガンマ線衛星が10年で検出した総数のおよそ10倍にもなるが、同定された天体の殆どがブレーザーと呼ばれる特殊な活動銀河核(AGN)であった。ブレーザーでは巨大ブラックホールから噴出されたジェット観測者を向くと想定されるが、一方でジェットが視線方向とずれた電波銀河やジェットを持たないと考えられてきたセイファート銀河からも、続々とガンマ線放射が見つかりつつある。さらに驚くべき成果として、近傍の電波銀河 Centaurus A の巨大ロープに付随したガンマ線放射が新たに発見された(図1)。「ガンマ線ロープ」の大きさは数百 kpcにも亘るため、電子はロープ中で放射冷却されると同時に、効率よく加速され続けなければならない。このような広大で際立った構造のない領域で粒子を加速するには、従来言われてきた衝撃波加速でなく、乱磁場を媒体とした統計加速(e.g., フェルミの2次加速)が効いている可能性が高い。近年、Pierre Auger の観測からも最高エネルギー宇宙線の起源が近傍 AGN である可能性が示されており、中でも Centaurus A はその最有力候補として注目を集めている。よって、未知の「ガンマ線ロープ」天体を探索することは、新しい粒子加速機構を明らかにするだけでなく、最高エネルギー宇宙線の起源にも迫る重要な研究テーマと言える。

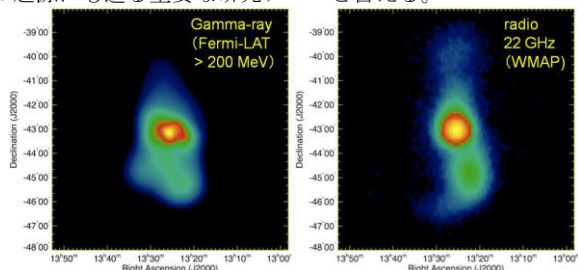


図1: Cen-A の巨大ロープ。フェルミのガンマ線(左)、22GHz 電波(右)。(Adbo, A. A., et al., 2010, Science, 328,725)

2.電波銀河 NGC6251 の観測

Centaurus A の発見を受け、我々は同様な巨大電波ロープを持つ電波銀河 NGC6251 に着目した。NGC6251 とは我々の銀河から 106 Mpc ($z=0.024$) の距離にあり、巨大な構造を持つ明るい電波銀河である。フェルミ衛星 2 年間の観測成果をまとめた 2FGL カタログでは、その北西のジェット/ロープを含む領域に 12σ で有意なガンマ線放射が見つかった(図2の赤い楕円)。ガンマ線源の中心は中心核と明らかにずれており、Centaurus A に続くガンマ線ロープ発見の最有力候補と期待される。このガンマ線放射の粒子加速・放射機構の謎に迫るためには、低エネルギー(電波)から高エネルギー(ガンマ線)にわたるロープのエネルギー収支の見積もりが有効であるが、NGC6251 の北西ロープは今まで X 線での観測が行われていなかった。そこで、我々は日本の X 線天文衛星「すざく」を用いてその領域に対するフォローアップ観測を行った。「すざく」の観測視野は中心核から 15 分角離れた北西ロープ(40 ks)と、不定性の大きいバックグラウンドの寄与を正確に見積るため、南北オフセット領域を各 20ks 観測した。

3.解析結果

すざくの X 線観測データについては、*ftools* と呼ばれる専用の解析ツールを用いて解析を行なった。画像解析により得られた X 線画像を図2に示す。これを見ると明らかに電波ロープが示す領域に広がった X 線放射があることがわかる。また、このロープ領域を切り取ってスペクトル解析を行なった結果、ロープにおける

X 線スペクトルは光子指数が $\Gamma = 1.90 \pm 0.15$ のべき型関数でフィットされ、0.5–8 keV でのフラックスは 4×10^{-13} [erg cm⁻² s⁻¹] となることがわかった(図3)。

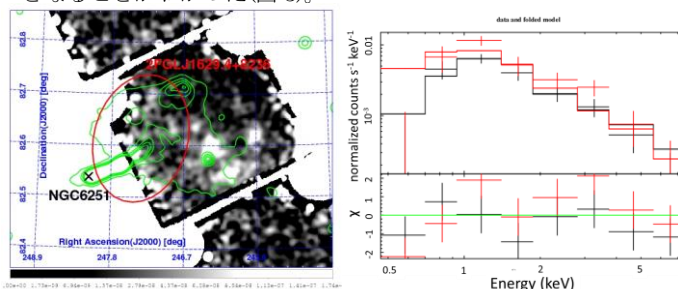


図2: NGC6251 の北西ロープの X 線イメージ。緑の線は電波コントア。赤の楕円は 2FGL カタログの位置誤差円(左)。
図3: NGC6251 のロープの X 線スペクトル(右)。

続いて、今回の解析で求めた X 線フラックスを用いて電波からガンマ線にわたる多波長スペクトルからエネルギー収支の見積もりを行った(図4)。フェルミ衛星の位置誤差円には北西のロープだけでなくジェットも含まれる為、ガンマ線の起源についてジェット、ロープそれぞれの比較を行った。具体的には、ジェット部分ではガンマ線放射が宇宙マイクロ波背景放射(CMB)を逆コンプトン散乱(IC)で叩き上げた結果であるとするモデル、ロープ部分ではその他に種光子として銀河系外背景光(EBL)を加えたモデルを仮定し、物理量とフラックスの再現性からモデルの適合性を比較検討した。その結果、後者のモデルが尤もらしいことがわかり、NGC6251 からのガンマ線放射はロープ起源である可能性がきわめて高いことを示した。また、電子の放射冷却時間の見積もりから、冷却前に電子がたどり着ける距離を計算したところ、ロープ全体の大きさ(~0.5Mpc)よりも遥かに短いことが分かった。Centaurus A のロープと同様に、電子はロープ中で常に加速され続けていることを示唆する結果となった。ガンマ線ロープに付随する X 線放射を検出したのは、本研究が初めてである。

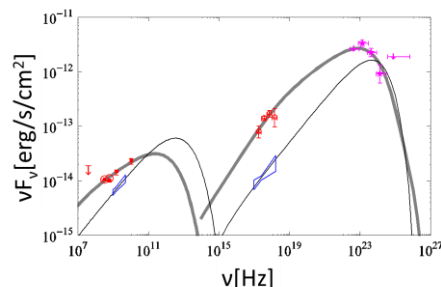


図4: 電波からガンマ線にわたる他波長スペクトル(右)。赤がロープからの寄与、青がジェットからの寄与。

4.まとめ

本研究では、世界で初めて NGC6251 の電波ロープから広がった X 線放射の検出に成功した。多波長スペクトルによるエネルギー収支の見積りの結果、NGC6251 からのガンマ線はそのジェットよりも、むしろロープ起源の可能性が高いことがわかった。放射冷却時間の見積もりからも、電波ロープの巨大な領域では粒子が効率的に加速され続けているということを意味する。これは電波ロープが最高エネルギー宇宙線などの新たな加速現場となる可能性を示唆するものである。

参考文献

[1] Takeuchi et al. 2012. Submitted to The Astrophysical Journal

