

卒業論文概要書

CD

2015年 1月提出

学籍番号 1Y11A053-5

所属学科	物理学科	氏名	向江 志朗	指導員	片岡 淳 印
研究 題目	フェルミ宇宙ガンマ線望遠鏡を用いた電波銀河の系統探査				

1. 研究背景

フェルミ宇宙ガンマ線望遠鏡(フェルミ衛星)は 2008 年に打ち上げられた天文衛星で、20MeV-300GeV 帯域の掃天観測はパルサーや超新星残骸を始めとした 3000 以上ものガンマ線天体を検出している。その多くはブレーザーと呼ばれる激しい時間変動と強い非熱的放射を特徴とする活動銀河核(AGN)である。AGN は中心に大質量ブラックホールを抱え、極方向に光速に近い粒子・プラズマの噴出(ジェット)がみられる天体であり、ブレーザーはジェットをほぼ真正面で観測することにより相対論的な増光(ビーミング)を受けていると理解される。一方で近年、ジェットが視線方向とずれて観測される電波銀河からもガンマ線が発見され始めた。電波銀河の検出数は 10 天体程度であり、1000 以上も検出されているブレーザーと比較して少ない。電波銀河は視線方向の相違でブレーザーの対応天体と指摘(図 1)されているがジェット生成機構及び粒子加速の物理が未解明なため、決着はついていない。本研究では電波帯で観測されている電波銀河約 40 天体について新たに系統的探査を行い、その解析から高エネルギーにおける電波銀河の特徴、ひいてはブレーザーとの関係性に迫る。AGN ジェットの理解は AGN の統一的説明という天文学的観点だけでなく、粒子加速の物理に繋がる重要な研究テーマとなる。

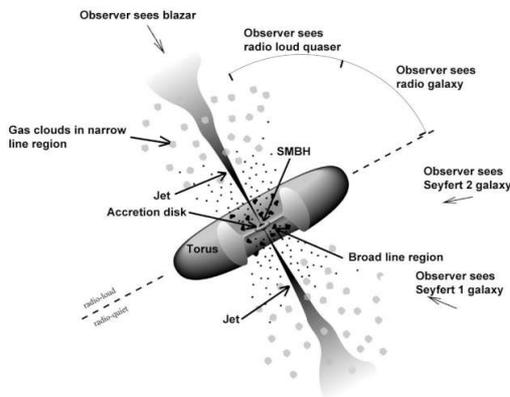


図 1: AGN の統一描像(credit: CALweb)

2. フェルミ衛星のデータ解析

電波銀河は観測されるジェットのパワーで 2 種類に分けられ、低いものが FRI, 高いものが FRII と称される。フェルミ衛星で検出された電波銀河は電波コアのフラックスが強い(> 数 Jy)FRI で占められていたため、5GHz 電波コアフラックスの強度に着目した。フェルミ衛星 4 年間の観測成果をまとめた Fermi LAT Collaboration 3FGL カタログと電波サーベイである 3CRR カタログから、電波コアのフラックスが大きいものから計 FRI 21 天体/ FRII 23 天体を優先的に解析、FRI 13 天体/ FRII 5 天体を 3σ 以上の有意度で検出することに成功した。解析データはフェルミ衛星による全天サーベイ観測データ 5 年分(観測帯域 0.1-100GeV)を使用。専用解析ツール Science-Tools を用いて天体の検出・霧型放射のパラメータ決定を行った。非検出天体にはフラックスの上限値を課した。

3. フェルミ衛星のデータ解析

検出された天体について、ガンマ線放射の霧型スペクトルの光子指数に対する 0.1-100GeV ガンマ線光度のプロットをした(図 2)。得られた図から電波銀河 FRI / FRII の放射霧型スペクトルに有意な差がないことを確認した。次に、解析で求めた 0.1-100GeV ガンマ線フラックスに対する 5GHz 電波

コアフラックスを検出/非検出天体全てについてプロットした結果を図 3 に示す。電波コア強度の明るいものほど検出されており、ガンマ線フラックスも強い傾向が見られる。

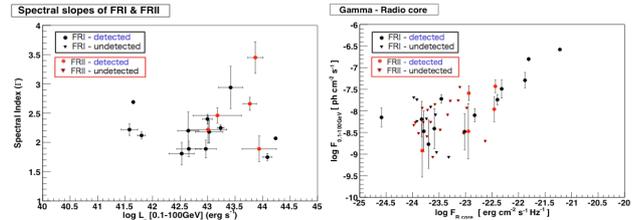


図 2: 光子指数とガンマ線光度の関係(左)

図 3: ガンマ線と電波コアフラックスの関係(右)

フラックスは見かけの明るさであるため、天体本来の明るさを議論するためにガンマ線光度に対する電波コア光度のプロットを行った。図 4 に示すように、FRI と同程度またはそれ以上のガンマ線・電波光度を有する FRII が、フェルミ衛星で検出されていないことがわかる。以上のことを踏まえると FRI と FRII には相対論的な増光(ビーミング因子 δ)の違いがあることが推察される。

続いて検出された電波銀河 18 天体のガンマ線放射について、電波から X 線の観測データを合わせた多波長スペクトルでブレーザー放射モデルとの比較を行った。すなわち加速された電子のシンクロトロン放射(電波~可視光, X 線)とその種光子が逆コンプトン散乱で高エネルギーに叩き上げられるシンクロトロン自己コンプトン放射(X 線~ガンマ線)の 2 つの成分をもつモデルを使用し、ジェットに対する大きい見込み角($\sim 30\text{deg}$)を想定した物理量とフラックスの再現性から電波銀河のスペクトルを評価した(図 5)。その結果、電波銀河はブレーザーよりも小さいビーミング因子 δ で同様なスペクトルを再現した。これにより見込み角の違いで電波銀河がブレーザーの対応天体であることを説明する結果を得た。更に FRI は FRII に比較してジェットの速度が遅く、同じ見込み角でもビーミング因子が大きい示唆が得られた。これは、FRI が FRII より約 10 倍の増光を受けることを意味し、ガンマ線により検出しやすい事実を良く説明している。

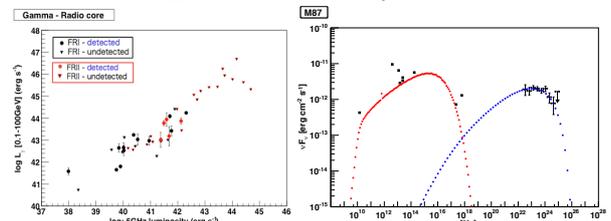


図 4: ガンマ線光度と電波コア光度の関係(左)

図 5: M87(FRI)の多波長スペクトル(右)。赤がシンクロトロン放射、青がシンクロトロン自己コンプトン放射を表す。

4. まとめ

本研究ではフェルミ衛星の観測データ 5 年分を用いて電波銀河のガンマ線系統探査を行い、電波銀河計 18 天体の検出に成功した。ガンマ線と電波コアフラックス及び光度の関係から FRI と同程度の明るさをもつ FRII が検出されていないことがわかった。多波長スペクトルによるブレーザー放射モデルとの比較検討より、このことは FRI が増光を受けやすいためとわかった。更に結果は、電波銀河がブレーザーの見込み角の違う対応天体であることを支持する。現状は、ジェットの内部構造などを無視した単一領域放射モデルの議論に留まっており、今後より複雑なモデルへと展開を試みる。