

所属学科	応用物理	氏名	前田 洸登	指導員	片岡 淳 印
研究 題目	フェルミ衛星が捉えた未同定ガンマ線源の X 線探索				

1. はじめに

1991年から2000年まで、米国コンプトンガンマ線観測衛星に搭載された EGRET が 30MeV から 10GeV で全天を観測し、ガンマ線源 271 天体を発見した。多くはブレーザーと呼ばれる特殊な活動銀河核 (AGN)、もしくは銀河系内のパルサーであるが、EGRET は角分解能 $\Delta\theta$ が数度と位置不定性が大きく、半数以上は対応天体が決まらない「未同定天体」として残った。2008年に打ち上げられたフェルミ衛星は 100MeV から 300GeV の領域を EGRET より 50 倍以上深い感度で全天を観測し、典型的に $\Delta\theta = 10$ 分角の精度でガンマ線天体を検出してその起源に迫っている。一年を経た現在、1500 天体以上が 5σ 以上の精度で検出され、70% 以上のガンマ線源に対応が見つかった。一方、ガンマ線で十分明るく位置精度も良いにも拘らず、多波長で対応が無い本義の未同定天体の存在が確実となった。このような未同定天体のうち、低銀緯にあるものは系内の暗いパルサーなどである可能性が高いが、特に高銀緯にあるものの多くは AGN の特徴である激しい活動性を示さず、「安定な」ガンマ線源として存在している。さらに電波の観測によるフラックスの上限値はガンマ線の 6 桁以下、可視光や X 線でも 3 桁以下と暗く、既存のあらゆる天体とスペクトルが一致しない。つまり、ガンマ線のみで輝く謎の天体だと言える。これらを説明するモデルとして、ダークマターからの対消滅ガンマ線放射を見ているという説[1]、あるいは銀河クラスター形成の際の大規模衝撃波による加速[2]など、様々なアイデアが提唱されている。特に、EGRET の発見した未同定天体の幾つかは銀河団の集中する領域に存在することが指摘されており、高エネルギー天文学の常識を覆すような重要な物理を含んでいる可能性が高い。本論文では Fig.1 のような高銀緯のガンマ線未同定天体のうち最も明るい FERMI_0265, _0281, _0291, _0459 の 4 天体について、フェルミ衛星による時間変動、スペクトルの詳細解析を行う。続いて上記 4 天体の位置誤差領域を日本の X 線天文衛星「すざく」で初めてフォローアップ観測し、多波長観測により 4 天体の起源に迫る。

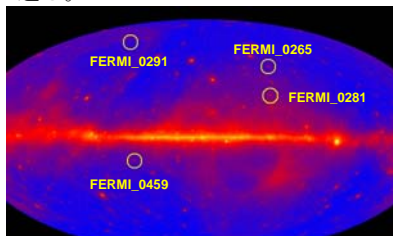


Fig.1 ガンマ線全天マップと観測した未同定点源

2. フェルミ衛星・すざく衛星の解析

FERMI_0265, _0281, _0291 は EGRET でも検出された明るい定常ガンマ線源であり、周囲に複数の銀河団が密集した場所でもあるが、これまで特に目立った対応天体は知られていなかった。上記 4 天体の中で FERMI_0265 は一番明るく、すざくでは観測したことの無い領域であり、優先して解析を行った。このようなガンマ線未同定天体の最大の謎はその定常な放射機構であるから、X 線やガンマ線を軸とした多波長スペクトル (SED) を求め、X 線対応天体の発見の際はその広がりや構造を含め探索した。解析ツールは Suzaku Ftools と Fermi Science-Tools を用いた。

3. 解析結果

Fig.2 はすざく衛星 XIS3 の 0.4-10keV の X 線画像である。緑色の円はフェルミ 11 ヶ月カタログに基づく 95% 位置誤差で、4 天体とも誤差円内に X 線対応天体が見つかった。特に FERMI_0265 は X 線スペクトルが温度 0.15keV の黒体放射で説明でき、高エネルギー側では冪が 1.8 の Power Law 成分が卓越する。この非熱的成分はフェルミのガンマ線スペクトルと滑らかに繋がるように見え、様々なバックグラウンドを試した結果、99% 以上の有意度で存在が確実となった。このスペクトルは Geminga パルサーに似ており、高銀緯の中性子パルサーだと考えられる (Fig.3 左)。FERMI_0281 は誤差円内に 2 つの点源が見られる。北側の天体は観測中に 20ks にわたり約 10 倍明るくなる変動がみられ、南側の天体は明るさが定常的だった。また、X 線 νF_ν は北側南側ともほぼ同じで上に凸の形状を示しており、100MeV 付近で下がらず、通常のブレーザーとは異なり放射機構が謎である (Fig.3 右)。FERMI_0291 は XIS 視野内に複数の候補天体がある。ガンマ線で明るいことから AGN が尤もらしいと考えられるが、今回の観測では絞り切れなかった。統計が良くなった時点で再度深い観測が望まれる。FERMI_0459 は XIS 視野内に対応する電波 AGN がみつかって PMN J2017+0603 と同定された。

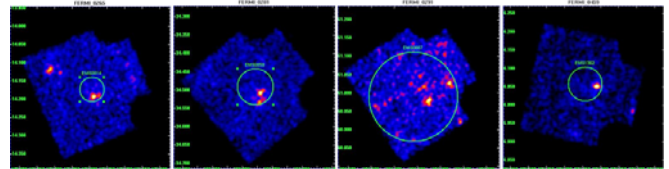


Fig.2 XIS による未同定天体のイメージ

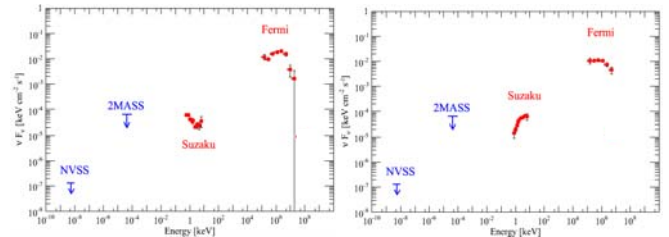


Fig.3 FERMI_0265 (左) と FERMI_0281 (右) の SED

4. まとめと今後の課題

その後の観測で、FERMI_0265 は Green Bank 電波望遠鏡により 3.7ms のパルス放射が発見され[3]、高銀緯のミリ秒パルサーであると確定した。FERMI_0459 は視野内に遠方のクエーサーを含み、AGN と考えられる。FERMI_0291 は現状の統計では複数の候補天体を排除できないが、ガンマ線放射領域が狭まれば候補を一意に絞ることが可能と見込まれる。最後に FERMI_0281 は現状ではパルスも対応 AGN も見つからず、未だ起源が謎のガンマ線源である。未知の加速機構によりこのような放射スペクトルを示している可能性が高く、本当に広がった構造は無いのか、今後多角的に検証する必要がある。

[1] W. de Boer *et al*, 2005, *A&A* 444, 51-67
 [2] T. Totani *et al*, 2000, *ApJ* 545, 572-577
 [3] Ransom *et al*, 2009