

卒業論文概要書

CD

2013年 1月提出

学籍番号 1Y09B049-7

所属学科	応用物理学科	氏名	田原 将也	指導 教員	片岡 淳 印
研究 題目	「すざく」衛星によるガンマ線巨大構造フェルミ・バブルの X 線探査				

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（以下「フェルミ衛星」）は20 MeV から300GeVのガンマ線領域で従来の衛星より二桁程度高い感度で観測を開始し、3年間の観測で既に2,000個を超えるガンマ線天体 (5σ 以上) が検出された。良く知られたブレーザー天体のほか、「ガンマ線で光る」電波銀河やスターバースト銀河の発見、系内では新種のパルサー天体や超新星残骸由来の π^0 ガンマ線など、過去の常識を覆す新発見が現在も続いている。一方で、銀河面に付随した広がった放射や系外ガンマ線背景放射についても研究が進んでおり、多波長と連携した今後の進展が期待されている。とくに、フェルミ衛星が発見した、銀河面から垂直に南北 50° にも広がる巨大なガンマ線の泡構造「フェルミ・バブル」は現在最も熱いトピックの一つである。バブルの領域は明らかに硬いスペクトルを持ち、とくに北側は North Polar Spur (NPS) として知られる熱的な X 線構造に包み込まれる形で存在している。バブルの境界は明確な段差を持つことが示唆され、そのエッジ構造から衝撃波面の物理や熱的プラズマとの相互作用の手がかりが得られると期待される。さらには、我々の銀河中心における過去の活動性を立証する、新たな根拠になることは間違いない。本研究では、日本の X 線天文衛星である「すざく」を用いて南北エッジ領域を横断的に計 14 領域 (北 8+南 6) 観測し、その放射機構に迫った。図1にフェルミ衛星の観測によるガンマ線全天画像と本研究の解析領域を示す。北側はバブルと NPS が相互作用すると期待されるエッジ部分を、南側はバブルの最南端を観測した。

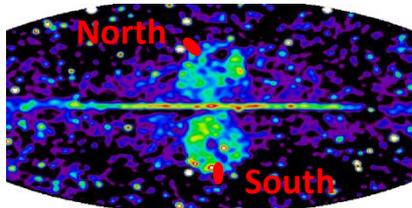


図1. ガンマ線全天画像 (2 GeV 以上/以下の Hardness map) および解析領域 (赤枠内)

2. すざく衛星のデータ解析

すざく衛星は観測対象を公募により決めてから観測を行う。本解析には、7期目 (AO7) の公募で我々の研究グループが取得した XIS 検出器の観測データを使用した (PI: J.Kataoka)。フェルミ・バブルのエッジ構造を探るべく、まずイメージ解析により、ガンマ線画像で見られたバブル境界の急激な段差が X 線画像でも見られるかを調べ、さらにスペクトル解析により、エッジ内外における熱的・非熱的プラズマの相互作用について検証した。

3. 解析結果

図2 (左) に北側バブル内外の X 線画像 (0.4-10 keV) を示す。北側エッジ領域では、バブルの外側ほど明るくなっている兆候がみられ、他波長で対応がない謎の天体、もしくは点源状のブロッブ構造を発見した。また 2 keV 以上/以下の Hardness map を比較すると、南北エッジ領域ともに、銀河中心に向かってハードであることが見て取れた。次に、上述の熱的ブロッブを取り除いた広がった放射 (以下「diffuse 成分」) のスペクトルを調べると、2 keV 以下は温度が $kT \sim 0.1$ keV, 0.3 keV の二つの熱的プラズマモデル、2keV 以上は CXB (Cosmic X-ray Background) 由来の幕型放射モデルで良くフィットできた。熱的プラズマについて

は、 $kT \sim 0.1$ keV 成分は Local Hot Bubble, 0.3 keV 成分は Galactic Halo (以下「GH」) によるものと考えられる。図2 (右) に北側エッジにおける $kT \sim 0.3$ keV 成分の温度とプラズマ密度分布を示す。北側エッジにおいて、バブル外部のプラズマ密度は内部に比べて $\sim 20\%$ 増加していることが分かった。図3に北側エッジ及び NPS 各点の熱的プラズマの温度分布を示す。プラズマ温度は南北エッジともに ~ 0.3 keV とほぼ一定であり、また他の NPS 部分もエッジほど高温ではないものの、通常の GH (~ 0.2 keV) よりも高めの温度となっている。これは NPS が本質的に GH と同じであり、バブルの膨張によって外側に押しつけられ、加熱された構造と考えられる。一方、バブル内部では非熱的プラズマで満たされていることが期待されるが、diffuse 成分の有意な非熱的超過は見られなかった。バブルの多波長フィットから期待される非熱的プラズマの強度は、XIS の視野サイズでスケールすると $\sim 10^{-14}$ erg/cm²/s であるが、CXB の flux はこれより2桁ほど大きいので、非熱的プラズマは CXB に埋もれてしまっていると考えられる。しかし非熱的成分が粗密をもち、点源状に分散して存在しているならば、周囲より明るいブロッブとして観測される可能性がある。実際、上述の熱的ブロッブも、バブル起源の熱的放射が局所的に強められた構造と考えられるため、これらを調べればバブル境界付近のプラズマ相互作用にさらなる知見が得られることが期待される。

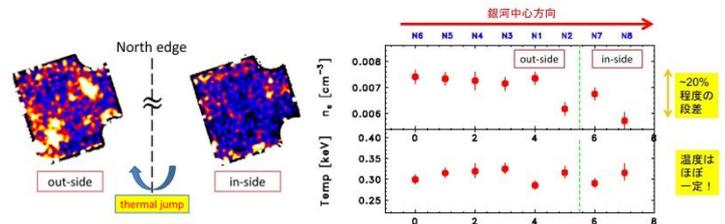


図2. (左) 北側バブル内外の X 線画像, (右) 北側エッジの $kT \sim 0.3$ keV 成分のプラズマ密度と温度

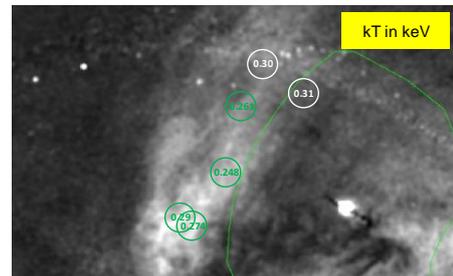


図3. 北側エッジ及び NPS 各点の熱的プラズマの温度分布

4. まとめと今後の課題

すざく衛星の観測結果より、温度 $kT \sim 0.3$ keV, プラズマ数密度 $n_e = 5 \times 10^{-3}$ /cm³ 程度の熱的プラズマがフェルミ・バブルの周囲を包み込んでいることが分かった。一方、バブル内部は非熱的プラズマで満たされていることが多波長スペクトルから予想されている。観測により求めたバブル外部の熱的圧力と、想定されるバブル内部の非熱的圧力を比較すると、ほぼ釣り合っていることが期待される。diffuse 成分の有意な非熱的超過は見られなかったものの、非熱的プラズマが粗密を持ってブロッブ状に存在している可能性があり、今後は抽出したクランプごとの詳細解析を行い、巨大バブルの起源や成因についてより深い考察を行っていききたい。