

おとめ座銀河団の広がった X 線放射*

高野 史郎**・小山 勝二**・田原 讓**

(1989 年 1 月 10 日受理)

The Extended X-ray Emission from the Virgo Cluster of Galaxies

By

S. TAKANO, K. KOYAMA and Y. TAWARA

Abstract: X-ray emission from the Virgo cluster of galaxies was mapped in 1-dimension with the Large Area Counters on board Ginga. It was discovered that the X-ray emission extends to about 5 degrees from M 87. In this paper the discovery of the extended X-ray emission is reported and its implications for observational cosmology are discussed.

1. 序 論

銀河団を満たす熱い ($10^7 \sim 10^8$ K) 希薄な ($\sim 10^{-3}$ atoms/cm³) 銀河間ガスの発見は、宇宙 X 線観測の最も重要な成果の一つに数えられよう [1]。銀河間ガスの質量は、銀河団に含まれる銀河の総質量に匹敵する。銀河間ガスの起源の解明は、銀河の進化を研究する上で避けて通ることのできない問題であろう。銀河間ガスは、また、銀河団スケールでの質量分布を探るためのプローブとなる。

銀河間ガスが重力ポテンシャルに束縛されていると考えると、静水圧平衡の式が成り立つ。

$$\nabla P_{\text{gas}} = -\rho_{\text{gas}} \nabla \phi \quad (1-1)$$

ここで、 P_{gas} , ρ_{gas} は銀河間ガスの圧力と密度であり、 ϕ は銀河団の重力ポテンシャルである。銀河間ガスが理想気体の状態方程式に従い、球体称に分布しているならば、(1-1)式は

* 宇宙研特別事業費による研究論文。

** 名古屋大学理学部。

$$M_{\text{tot}}(<r) = \frac{-kT_{\text{gas}}(r)r}{G\mu m_H} \left(\frac{d \log \rho_{\text{gas}}(r)}{d \log r} + \frac{d \log T_{\text{gas}}(r)}{d \log r} \right) \quad (1-2)$$

のように書き換えられる。 $M_{\text{tot}}(<r)$ は中心から半径 r 以内での総質量（“暗黒物質”をも含めた総質量）であり、 $T_{\text{gas}}(r)$ は銀河間ガスの温度である。 X線による銀河団のマッピングを行い、銀河間ガスの密度分布と温度分布とを測定すれば、(1-1)式あるいは(1-2)式を用いて、質量分布を求めることができる。

これまでに、Einstein 衛星の IPC や EXOSAT 衛星の ME 等によって銀河団の X線マッピングが行われたが、検出感が十分ではなく、X線放射の強い銀河団のコア近傍の観測に留まっていた。一方、“ぎんが”衛星に搭載された大面積比例計数管 (Large Area Counters: LAC) の検出限界は約 10^{-16} erg/cm²/s/arcmin² であり、一桁以上感度が向上した。“ぎんが” LAC により、銀河団スケールでの X線マッピングが、初めて可能となった。

2. おとめ座銀河団の拡がった X線放射と、その意義

Virgo cluster は 15 Mpc の近距離にあり、十数度に及ぶ拡がりを持つ(図1)。不規則な形状を示し、力学的に未進化の若い銀河団と考えられている。過去の Einstein 衛星 (IPC)

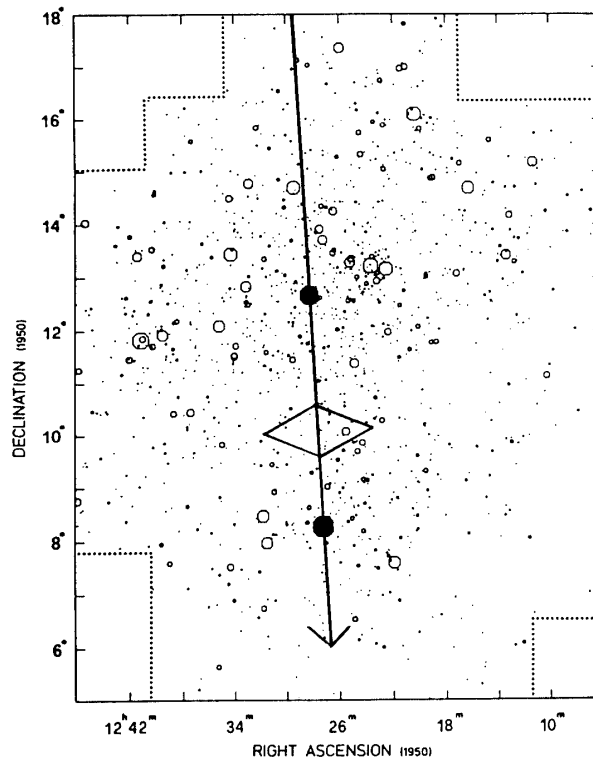


図1 おとめ座銀河団 (文献[2]より)

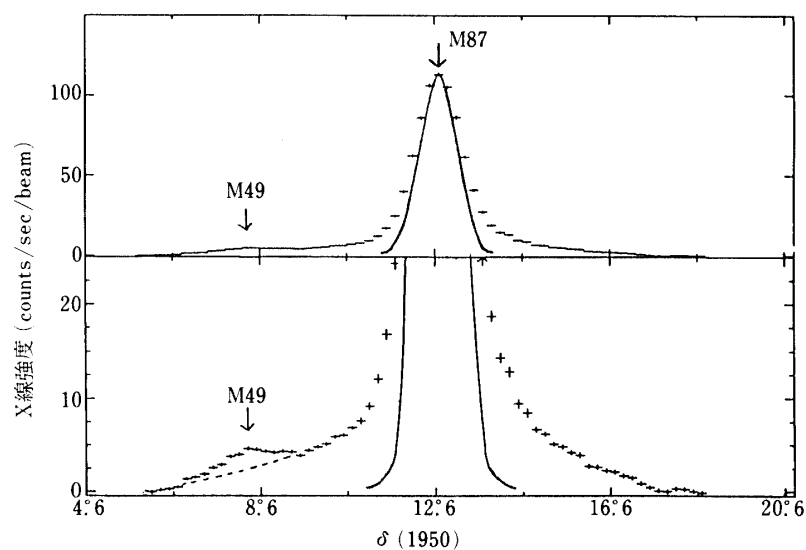


図2 おとめ座銀河団の1次元X線マップ

や EXOSAT 衛星 (ME) による観測は[3], [4], M 87 から 100 分角 (0.4 Mpc) 以内の領域に限られており, Virgo cluster の拡がりとは比べると, ごく一部の領域が観測されたに過ぎない。

我々は, “ぎんが”LAC を用いて Virgo cluster の 1 次元 X 線マッピングを行い, 銀河団スケールに拡がった X 線放射を発見した[5]. “ぎんが”で観測した領域を, 図1に矢印で示した. M 87 と M 49 とを結ぶ直線上 M 87 から約 6 度までの範囲で, スキャンによるマッピングを行った. 図中のひし形は, “ぎんが” LAC のビームサイズを表す. “ぎんが”による観測結果を図2に示した. 横軸はビームの中心位置, 縦軸は X 線強度であり, LAC のビームサイズを実線で示した. X 線放射はビームサイズと比較して有意に拡がっている. 過去に観測可能だった M 87 から 100 分角以内の領域を越えて, X 線放射が M 87 から 5 度程度の範囲にまで拡がっていることが, 初めて明らかとなった。

このように, “ぎんが”LAC の優れた X 線検出能力により, 銀河団スケールでの X 線マッピングが初めて可能になった. これは, 宇宙論の観測的研究を進める上で重要な意味を持つ. 宇宙における銀河・銀河団の分布は非一様であり, 銀河・銀河団が密に分布している領域 (超銀河団) と銀河が殆んど存在しない領域 (ポイド) とが大規模構造を形作っている. この大規模構造は, 銀河の赤方偏移サーベイによって発見されたものであり, “見えている物質” (luminous matter) の分布を表している. 他方, 様々な観測的根拠や理論的考察から, 見えている物質の十倍以上もの “暗黒物質” (dark matter) の存在が指摘されている[6]. 従って, 宇宙の大規模構造の起源, 即ち, 銀河形成の過程を解明するためには, 暗黒物質の分布が宇宙の大規模構造 (銀河の分布 = 見えている物質の分布) とどの様な関係にあるかを観測的に明らかにする必要がある. 前節で述べたように, 銀河間高温ガスが暗黒物質の分布を探るためのプローブとなる. “ぎんが”LAC による銀河団スケールでの X

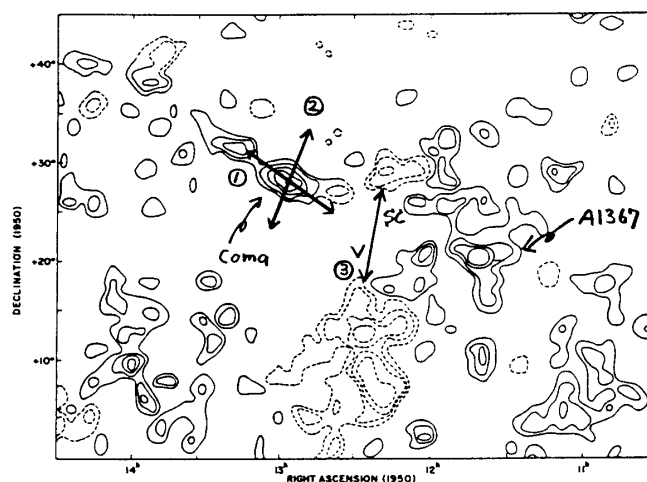


図3 Coma/A 1367 超銀河団 (文献[7]より)

線マッピングは、暗黒物質の分布を探る有力な手段となろう。

3. “ぎんが” LAC による今後の観測

Coma/A 1367 超銀河団を図3に示した[7]。実線の等高線は銀河の密度を表しており、Coma cluster と A 1367 とがピークに対応している（点線の等高線は近傍の銀河の分布を表す）。図3に示したように、Coma cluster は超銀河団に沿った細長い構造を持っている。過去のX線観測はComa Clusterの中心から約1度の領域に限られていた[8]が、“ぎんが”LACでは、より広い領域の観測が可能である。例えば、超銀河団に沿った方向とこれに直交する方向とでスキャンによるマッピングを行うことにより(図3の矢印①と②)、暗黒物質の分布が銀河の分布と同じ様な細長い形をしているか否かが明らかになるだろう。Perseus cluster についても、同様の観測が考えられる。

HEAO-1(A 2)の全天スキャン・データの解析から、超銀河団ガスからのX線放射の上限値として、 10^{-15} erg/cm²/s/arcmin²が報告されている[9]。これは、Bahcall-Soneiraのcomplete sample[10]のうち10個の超銀河団について、既知のX線源や銀河団を除外して超銀河団ガスからのX線放射を評価した報告である。“ぎんが”LACの検出限界は、この上限値の1桁程度下であり、超銀河団ガスからのX線放射を検出できる可能性がある。観測方法は、Coma/A 1367 超銀河団中の銀河団からの寄与の小さい領域(SC)とポイドの領域(V)とを横切る方向でのスキャンによる1次元マッピングが最適であろう(図3の矢印③)。

次期X線観測衛星として、1993年2月打ち上げを目標にASTRO-D衛星が計画されている。ASTRO-D衛星は、10 keVまでのX線を1分の角分解能で集光結像する性能を持ち、“ぎんが”LACのビームでは分解できない遠方の銀河団、超銀河団のX線マッピングにその威力を発揮するものと期待される。

参 考 文 献

- [1] e. g. Sarazin 1986, Rev. Mod. Phys., 58, 1.
- [2] Binggeli et al. 1987, Astron. J., 94, 251.
- [3] e. g. Fabricant et al. 1983, Ap. J., 267, 535.
- [4] e. g. Edge et al. 1987, NRAO Greenbank workshop, 16, 105.
- [5] 高野他：1988年日本天文学会秋季年会講演.
- [6] e. g. Trimble 1987, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 25, 425.
- [7] Gregory and Thompson 1978, Ap. J., 222, 784.
- [8] e. g. Huges et al. 1988, Ap. J., 327, 615.
- [9] Persic et al. 1988, Ap. J. (Letters), 327, L 1
- [10] Bahcall et al. 1984, Ap. J. 277, 27.