

1997年7月10日
独立行政法人 理化学研究所

世界で初めて宇宙の彼方 90 億光年に暗黒銀河団を発見

理化学研究所(有馬朗人理事長)は、国内外関係機関と共同で、X線天文衛星「あすか」と「ローサット」により重力レンズ効果を受けたクェーサーMG2016+112を観測し、その手前に可視光では見えなかった銀河団を初めて発見した。AXJ2019+1127と命名されたこの銀河団は、MG2016+112の重力レンズ効果を引き起こしている天体と考えられ、これまで知られている銀河団の中で最も遠い(90億光年)ものである。

この銀河団の発見は、ビッグバン(約130億年前)からほぼ40億年後に、すでに銀河団が形成されていたことを意味し、その形成は比較的最近であるとする現在の標準宇宙論モデルに見直しを迫る重要なものである。

本成果の詳細は、平成9年7月10日号の英国ネイチャー誌に掲載される予定。

1. 研究の経緯

- (1)この研究は、1994年、理化学研究所(宇宙放射線研究室)の基礎科学特別研究者らの共同研究グループ(後掲の論文発表者)により、理化学研究所とマックスプランク研究所(ドイツ)を舞台に行なわれた。
- (2)今回の成果は、分光性能に優れた文部省宇宙科学研究所のX線天文衛星「あすか」と、結像性能に優れたマックスプランク研究所のX線天文衛星「ローサット」双方の長所をうまく使い、ほぼ2年がかりの綿密な解析により導かれた。

2. 研究の背景

遠方のクェーサーなどの手前に別の天体があると、その天体の及ぼす重力によって光の進路が曲げられる。その効果は「重力レンズ効果」と呼ばれ、クェーサーの像が複数に分離して見えることがある。そのような天体はすでに多数見つかっているが、その天体の手前にある重力レンズ効果を引起す天体(レンズ天体)が光学望遠鏡で見つかっていないケースがいくつもある。この未知のレンズ天体は、光学望遠鏡では見えないことから「ダークレンズ天体」と呼ばれており、その正体を突き止めることは、宇宙の進化を解明する上で重要な課題となっている。

3. 研究の成果

- (1)今回ダークレンズ探査を行ったMG2016+112と呼ばれるクェーサーは、重力レンズ効果で可視光像が三つに分離している。この方向をX線で観測したところ、クェーサーからのX線よりはるかに強いX線が検出された。このX線は、手前に存在する銀河団の約1億度の高温ガスから発生していることがわかった。高温ガスは、銀河団の強い重力で銀河団に閉じ込められているので、重力レンズ効果を引き起こすに足る強い重力を持つ銀河団の存在を世界で初めて確認したわけである。これが「ダークレンズ天体」の正体である。

(2)この銀河団までの距離は、「あすか」衛星で求められた(注1)。観測されたX線スペクトルに見られる約1億度の高温ガスから出る鉄原子の輝線が、エネルギーの小さい方にずれている(赤方偏移)ことが発見されたのである[図1(14kB 白黒)]。ハッブルの法則を用いて赤方偏移量から距離を求めると、このX線源は90億光年の彼方にあることが突き止められた(注2)。さらに「ローサット」衛星でX線源の空間的な広がりを検出したことで[図2a(14kB 白黒), 図2b(60kB カラー)], 光学望遠鏡では見えなかった銀河団の存在を決定付けることができた(注3)。今回発見された銀河団の距離や質量は、重力レンズ効果から理論家が予想したものとはほぼ一致するものであった。

(3)鉄原子の輝線の強さから鉄の総量を計算すると、銀河団AXJ2019+1127にも我々近傍の銀河団と同程度の鉄が存在していることがわかった。このことは、現在の銀河団の高温ガスの性質は、90億年前という大変昔からほとんど変化していないことを意味し、今回のAXJ2019+1127の発見は、銀河団の形成は比較的最近であるとする標準宇宙論モデルに見直しを迫る重要なものである。

(4)なお今回の結果でミステリアスな点がある。

第1点は、X線を放出している高温ガスを重力的に閉じ込めている銀河団の質量は通常の銀河団と同程度(数千個の銀河質量)であるのに、光学望遠鏡で詳細に観測しても、この銀河団を構成する銀河はたった二つしか見つかっていない点である。光学望遠鏡では銀河はほとんど検出されていないという意味で今回発見した銀河団AXJ2019+1127は「暗黒銀河団」ということになる。それでは、「暗黒銀河団」に存在する、重力は及ぼすが見えない天体とは何であろうか?

またこのような「暗黒銀河団」が、キューサーと我々観測者を結ぶ視線にある確率は非常に小さいことを考慮すると、宇宙初期にはこのような「暗黒銀河団」が大量に存在していた可能性があり、それは初期宇宙に対する現在の認識を変えることになるかも知れない。

第2点は、鉄の生成である。鉄原子は、銀河にある星が超新星爆発をすることによって供給されると考えられている。それではこのような銀河の少ない「暗黒銀河団」ではどうやって鉄原子が生成されたのであろうか?

これらのことは、今後「暗黒銀河団」の観測が進むにつれて解明されていくと期待される。

(注1)「あすか」衛星による観測は、1994年10月24日から2日間行なわれた。

(注2)ここでは年齢の計算に、 $\Omega_0=1$ (臨界密度にある平坦な宇宙)、ハッブル定数として $H_0=50\text{km/s/Mpc}$ を使った。すると宇宙年齢は133億年(約130億年)、赤方偏移 $z=1$ は、86億年前(今から約90億年前、ビッグバンから約40億年後)になる。

(注3)「ローサット」衛星による観測は、1995年11月15日、1996年4月19日、1996年10月22日に行なわれた。

[論文発表者]

服部 誠 元 理化学研究所 基礎科学特別研究員 (現 東北大学 助手)

池辺 靖 同 (現 マックスプランク研究所 研究員)
竹島敏明 同 (現 NASA ゴダード飛行センター 研究員)
三原建弘 理化学研究所 研究員
H.Boehringer マックスプランク研究所 研究員
朝岡育子 同
S.Schindler 同
D.Neumann 同
鶴 剛 京都大学理学部 助手
田村隆幸 東京大学理学部 大学院

(問い合わせ先)

東北大学 理学部

服部 誠

Tel : 022-217-6509 / Fax : 022-217-6513

独立行政法人理化学研究所 宇宙放射線研究室 三原建弘

Tel : 048-462-1111 (ex3227) / Fax : 048-462-4640

(報道担当)

独立行政法人理化学研究所 広報室

越間・佃・吉垣

Tel : 048-467-9270 / Fax : 048-462-4715

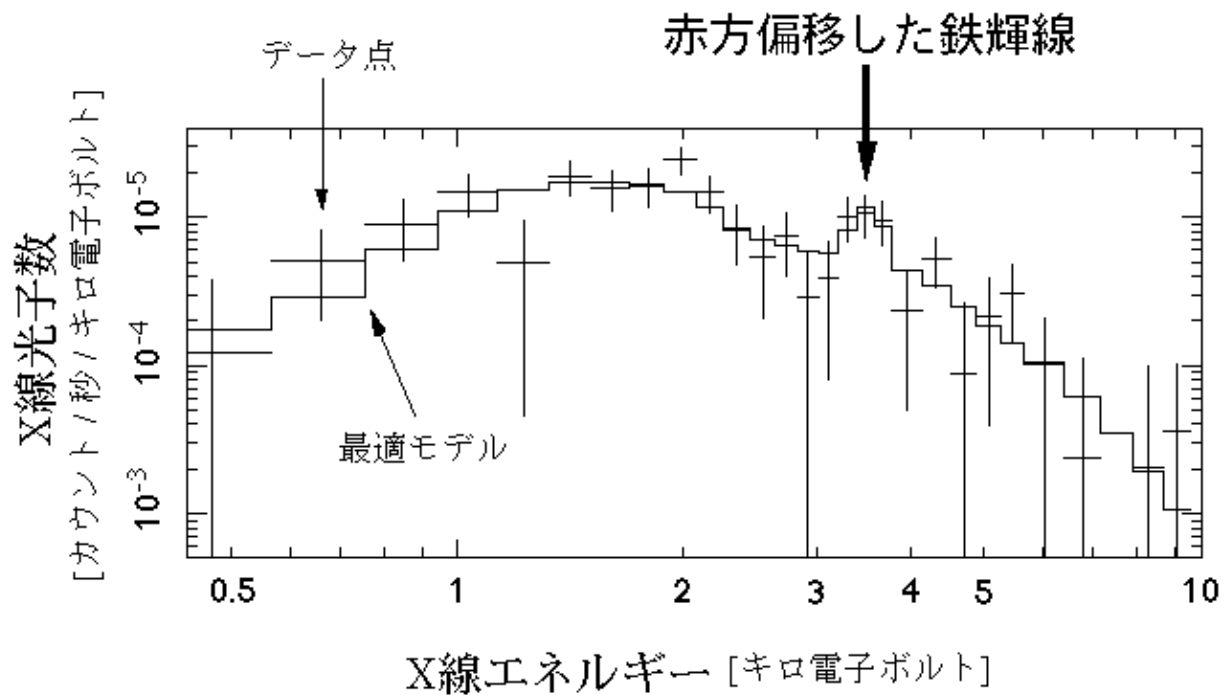


図1: 日本のX線天文衛星「あすか」のGIS検出器(位置検出型ガス蛍光比例計数管)によって観測された銀河団 AX J2019+1127 のX線スペクトル。温度1億度(10^8 K)のほぼ太陽組成のプラズマからの熱X線放射モデルで良く合っている。この温度から、この銀河団の質量は、我々の銀河の約2000倍と考えられる。太矢印は赤方偏移した鉄原子の輝線。これより赤方偏移量は $z=1.0$ と求められた。この銀河団の質量と赤方偏移量は、重力レンズ効果から予測されていたものにほぼ一致する。

AXJ2019+1127

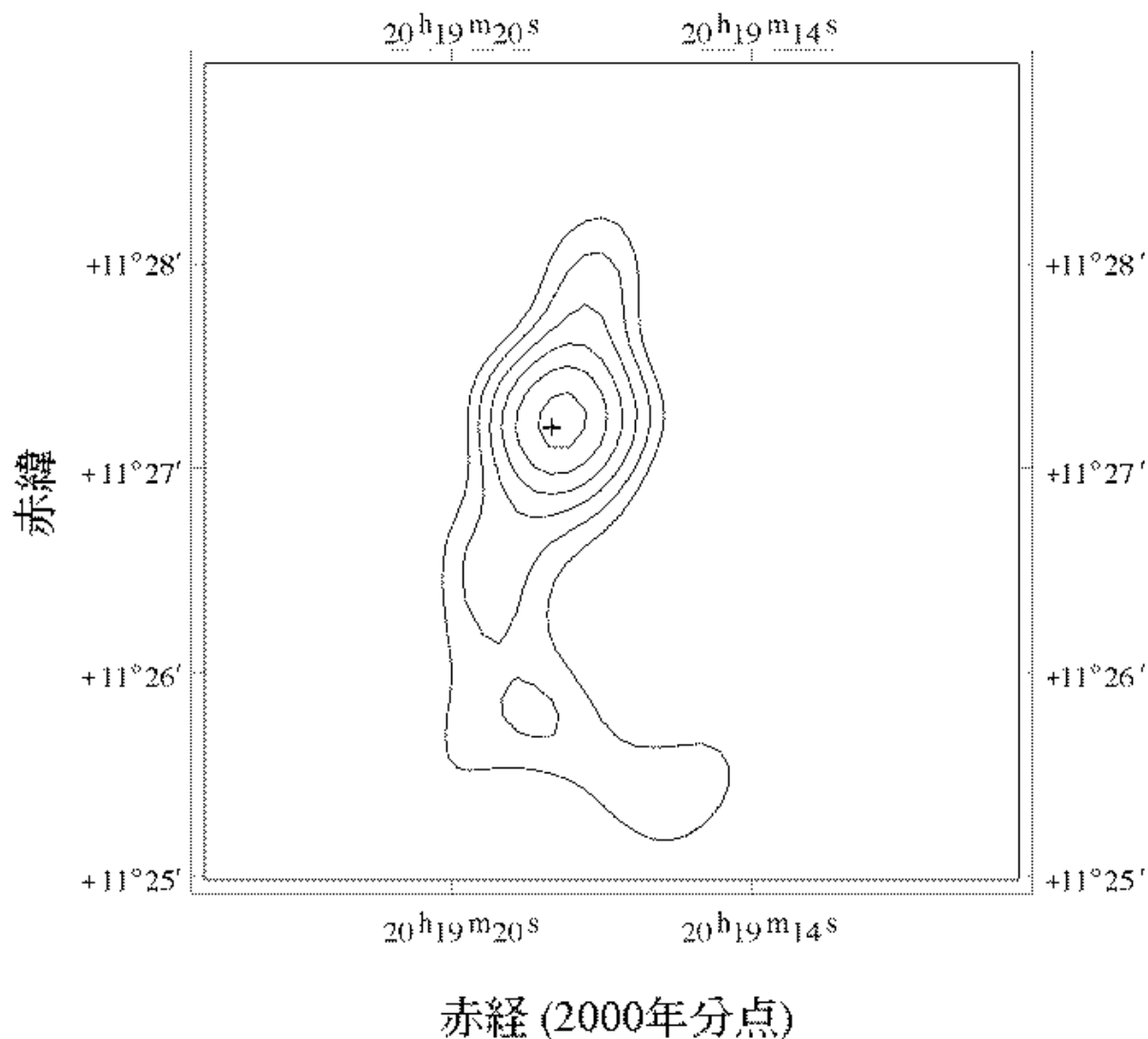


図2(a): ドイツのX線天文衛星「ローサット」のHRI(高分解能撮像装置)によって観測された銀河団 AX J2019+1127 のX線像。
等高線はX線強度を表す。強度最大の点は中心銀河(十字点)とほぼ一致している。
X線像は広がっていて、赤方偏移 $z=1.0$ における我々の銀河の約2000倍の質量を持つ銀河団の大きさと一致する。

AX J2019+1127

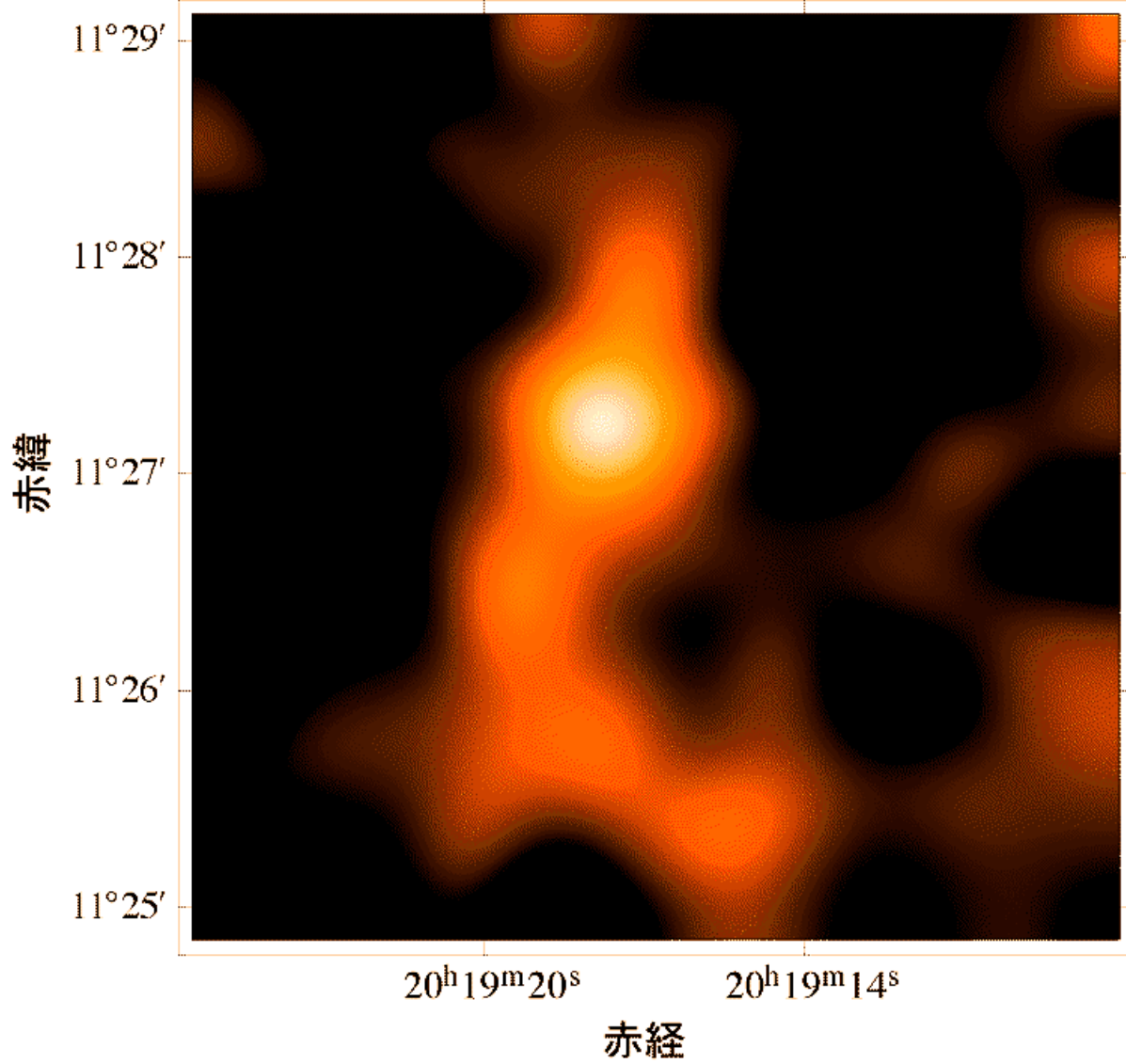


図2(b): 「ローサット」衛星で撮られた AX J2019+1127 のX線像。
(a)のX線強度をカラーで表わしたもの。白っぽい程、X線強度が強い。