

「すざく」が見る高温・高エネルギーの宇宙

満田和久

宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部教授

これまでに観測されているバリオン物質は約50%にすぎない。残りの「ダークバリオン」はどこにあるのだろうか？
その検出には軟X線から硬X線にわたる広い波長域での観測が必要で、X線天文衛星「すざく」に期待がかけられている。

ミッシングバリオンの謎

WMAP衛星による宇宙マイクロ波背景放射の詳細な観測や、遠方の超新星の観測などによって、現在の宇宙を構成する物質・エネルギーの96%が正体不明のダークエネルギーと暗黒物質で占められ、直接観測可能な元素などの普通の物質（バリオン物質）はわずか4%にすぎないことがわかってきた（Part 1 P.6の図参照）。ところが、この4%のバリオン物質

についても、われわれはその存在形態を理解しているとは言いがたい。従来、バリオン物質の観測を通して宇宙の構造と進化の過程を理解してきたことを考えると、バリオンの存在形態を理解することは本質的に重要である。

よく知られているバリオン物質の存在形態と言えば、星や分子雲などの星間物質で構成される銀河であろう。しかし、銀河に含まれるバリオン物質の総量は全宇宙の物質とエネルギーの0.4%程度、す

なわち存在するはずのバリオン物質の10%程度にすぎない。多くの銀河は数十から数百個の数で数百万光年の空間に集まり、重力的に束縛された宇宙最大の構造である銀河群や銀河団を形成している。これらの天体をX線で観測することによって、銀河と銀河の間の空間が1000万Kから数億Kの高温物質で満たされていることが明らかになった。この高温物質を集めると、存在するはずのバリオン物質の約40%となる。ここまでの、現在われわれが知っているバリオン物質の存在形態である。

残る50%の、観測にかかっていない「ダークバリオン」とも呼ぶべきバリオン物質はどこにあるのであろうか？最近のコンピューター数値シミュレーションからは、ダークバリオンの大部分が、100万Kから1000万Kの温度の中高温銀河間物質として、暗黒物質がつくり出すフィラメント状の宇宙の大規模構造に沿って分布する可能性が示唆されている。

「すざく」衛星への期待

このような物質は、原理的には0.5～1keVのエネルギー帯の軟X線観測で検出可能である。しかし、非常に希薄であるために信号は微弱で、これまでの観測にはかからなかったと考えられる。2005年に米国のX線天文衛星「チャンドラ」の観測によって検出報告がなされたが、翌年になってそれはほぼ完全に否定されてしまった。本当にバリオン物質の存在形態が中高温銀河間物質のようなものであるならば、現在の観測装置の中でダークバリオンを検出できる可能性が最も高い

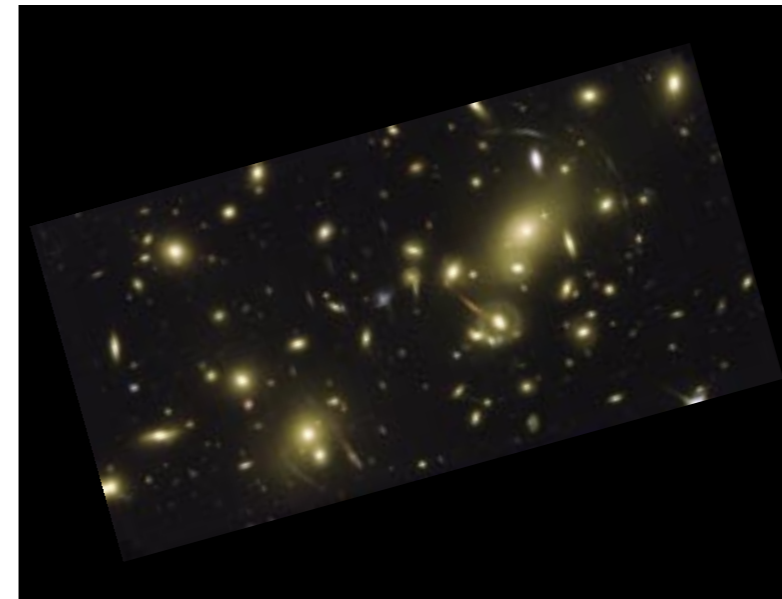


図2 ハッブル宇宙望遠鏡による銀河団アーベル2218の中心領域の可視光画像。画像の広さは約1' 20"×2' 40"。銀河団内の多数の銀河と、銀河団による重力レンズ効果を受けて細長い円弧状に延びた背景の銀河が見える。

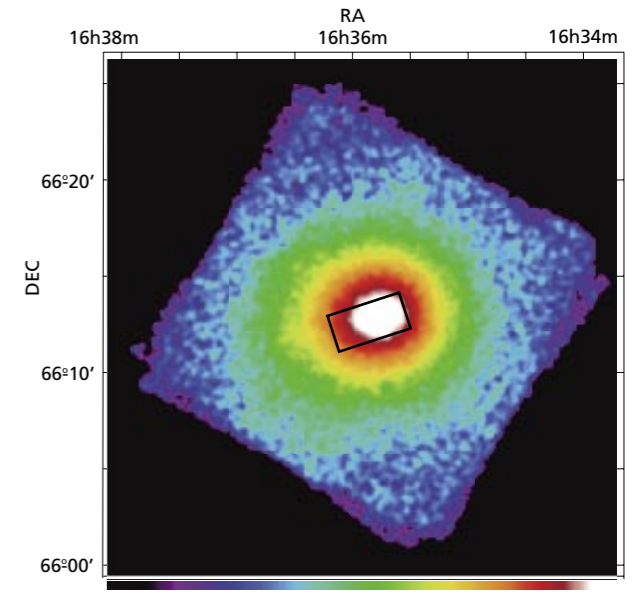


図3 「すざく」の観測画像。四角い枠が図2のエリアで、中心部の温度は5000万K。周辺に存在すると予想される銀河間の中高温物質（100万K）の上限が得られ、それは理論的に予想される密度の範囲に達している。

のは「すざく」衛星である。

「すざく」は2005年7月10日に打ち上げられたわが国5番目のX線天文衛星である（図1）。その観測装置は日本と米国の広範囲にわたる国際協力で開発され、打ち上げ後は軌道天文台として国際公募による観測を進めている。「すざく」の重要な観測能力の1つは、空間的に広がった1keV以下の軟X線放射に対して、これまでにない高い感度と高いエネルギー分解能をもっていることである。これによって中高温銀河間物質からの信号検出が期待される。

われわれは、「すざく」で中高温銀河間物質が比較的濃く存在すると考えられる銀河団周辺部の観測を精力的に進めている（図3）。今のところ、結果は上限値である。しかし、それはすでにコンピューターシミュレーションが予想する放射強度の範囲に達している。今後、観測例を増やすことによって、中高温銀河間物質としてダークバリオンが存在するのかわるか、答えを出せるものと期待している。

硬X線の検出を目指して

宇宙進化のシミュレーション計算には含まれていないが、もう1つ重要なバリ

オン物質存在形態の可能性を考えることができる。それは銀河団内に存在する高エネルギー粒子である。銀河団は、宇宙の構造形成の中で衝突と合体を繰り返しながら重い銀河団へ進化している。その過程で、ごく一部の粒子は光速近くまで加速されると考えられる。これを示唆する電波の放射が観測されているが、同時に10keV以上の硬X線の放射をとらえることができれば、高エネルギー粒子のことも全エネルギーを求めることができる。

イタリアのBeppo SAX衛星の観測から、このような硬X線放射が報告されている。その結果が正しいかどうかについてはまだ論争が続いているが、このデータにある仮定をして推定すると、高エネルギー粒子の全質量は微々たるものであるが、エネルギーとしては中高温銀河間物質に匹敵する大きさをもっている可能性が出てくる。

「すざく」のもう1つの特徴は、0.3keVから700keVというこれまでにない広いエネルギー範囲のX線で、高い検出感度をもっていることである。これまでの「すざく」による観測は、硬X線検出までもう一歩のところまできており、今後、検出器の校正精度を上げることで、まもなく

答えが出ると期待される。

以上、本稿はX線天文衛星「すざく」の観測の一端の紹介であり、ほかにも巨大ブラックホールなど、多くのカテゴリの天体の観測を進めている。また、われわれはすでにポスト「すざく」を見据えて、ダークバリオンと銀河団の高エネルギー粒子の観測にそれぞれ最適化した新しい観測衛星計画を検討している。



満田和久（みつだ・かずひさ）
今の宇宙は何故かくあるのか？という疑問に、X線観測、特にX線の分光観測から少しでも答えることを目指しています。そのために、ものを作り、実験し、データを解析し、考えます。「すざく」などによる観測的研究や、X線マイクロカロリメーターなどの将来の観測装置の研究開発を行っています。研究所のURLは、<http://www.astro.isas.jaxa.jp/mitsuda/labo>



図1 打ち上げ前の「すざく」衛星。軌道上で、6枚の太陽電池パドルを展開し、望遠鏡の焦点距離を確保するために光学ベンチを1.5m展開した。