

128億8000万光年、最も遠い銀河の世界記録を更新

家 正則

すばる望遠鏡^{*1}を用いて、国立天文台の家正則教授率いる観測チームがこれまでで最も遠い銀河の観測に成功した。「IOK-1」と名づけられた銀河の地球からの距離は128億8000万光年で、それまでの記録を6000万光年更新。宇宙進化の解明を前進させるこの成果はNature2006年9月14日号で発表され¹、広く世界中に報道された。家教授に、発見の経緯やその意義、今後の展望などについて話を聞いた。

最遠の銀河の観測記録を次々と塗りかえる「すばる望遠鏡」

Nature Digest — 今回の観測は、どのような経緯で行われたのでしょうか？

家 — 国立天文台では2000年以降、ハワイ島に建設したすばる望遠鏡を使って、遠方にある銀河にねらいを絞った観測を続けてきました。遠方銀河の観測に適したかみのけ座の一角を「すばる深探査領域」と定め、その天域を集中的に観測しています。これまでの最遠記録は地球から約128億2000万光年の距離（赤方偏移^{*}2.6）にある銀河でした²。

今回、私たちはもっと遠くの銀河を探索するために、特殊なフィルターを開発しました。それをすばる望遠鏡の主焦点カメラに取り付けて、2005年春、15時間に及ぶ撮像観測を行いました。その結果、全部で4万1533個の天体が撮影されましたが、それらをしらみつぶしに調べたところ、最も遠い銀河（赤方偏移7.0）の候補2つを発見したのです。これらについて、確認のためスペクトル観測を行った結果、明るいほうの候補が距離にして約128億8000万光年（赤方偏移6.964）にあることがわかり、IOK-1と名づけました。IOK-1は記録を6000万光年更新したことになります。もう1つの暗いほうの天体の解析も進めており、記録をさらに更新する可能性もあります。

ND — その特殊なフィルターとはどのようなものですか？

家 — 生まれて間もない銀河では、その水素原子がライマンα輝線（波長1215.6 Å）とよばれる特徴的な光を放ちます。今回、開発したフィルターは、赤方偏移7.0付近の天体が放つライマンα輝線のみを選択的に捕らえることのできるというものです。世界でも1枚しかないこのフィルターの開発には、約2年を要しました。

ND — すばる望遠鏡は遠方銀河の観測に、なぜこれほど威力を発揮するのですか？

家 — まずは、一度に満月くらいの領域を観測できるほど視野が広い主焦点カメラを持っていることが挙げられます。この視野の広さはハッブル宇宙望遠鏡の230倍に相当し、世界中の望遠鏡の中でも、これほどの視野をもつものはほかにありません。また、鏡の口径が8.2mもあるので、かすかな光でも短時間で撮影することができます。広い領域を一度に短時間で観測できるため、遠くの天体を発見できる確率が高いというわけです。現在、遠方銀河の観測において、世界での上位7位までの記録がすばる望遠鏡によるもので、まさに独壇場といえます。

宇宙史の暗黒時代の解明に一步を踏み出す

ND — そもそも、なぜこのような遠くの銀河を観測するのですか？

家 — 遠方の銀河を観測することは、より昔の宇宙の姿を見ることになります。IOK-1の場合、その光が地球に達するまで128億8000万年かかったわけですから、128億8000万年前に存在していた銀河の姿を直接見ることができるのです。宇宙は、約136億6000万年前にビッグバンとよばれる大爆発によって誕生したと考えられています。つまりIOK-1は、宇宙誕生後7億8000万年ころの初期銀河なのです。私たちは宇宙の考古学をやっているようなものです。ビッグバンで生まれた火の玉宇宙は急激に膨張し、約38万年後には3000K程度にまで冷えて陽子と電子が結合し、宇宙空間は主に中性水素原子のガスで満たされていました。その後、数億年かけて密度の濃い部分が重力収縮し、最初の星や銀河ができたと考えられていますが、まだこの時代を直接観測するこ

国立天文台 家正則

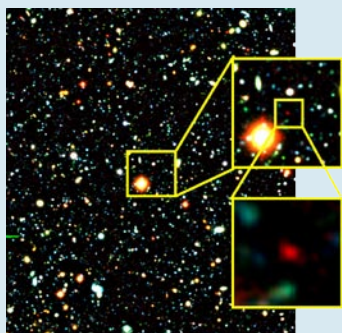


図1：すばる望遠鏡がとらえたかみのけ座の方角にあるすばる深探査領域（一部）の画像。右下拡大画像の中心にある赤い天体が、今回、観測史上最も遠い銀河となったIOK-1である。

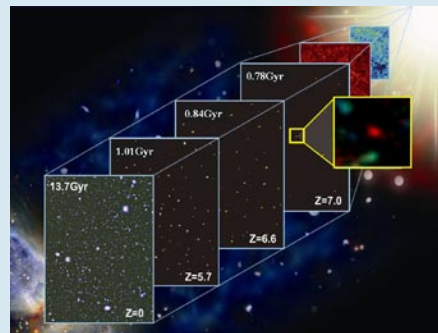
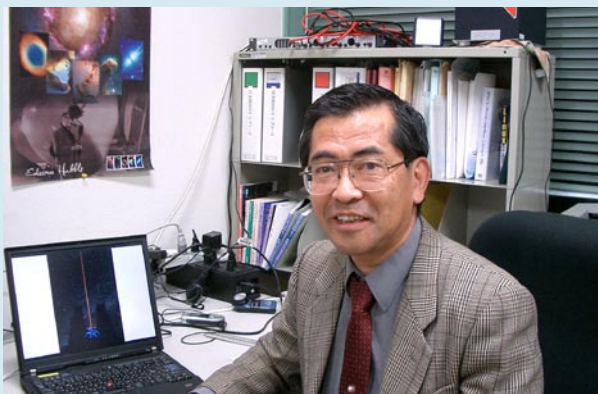


図2：宇宙誕生から現在までの宇宙進化を表すイメージ図。右上のビッグバンから順に、38万年後の宇宙背景放射のゆらぎ、数億年後の密度ゆらぎの成長、今回探査した約7億8000万年の時代（赤方偏移7.0）、これまですばる望遠鏡で探査した約8億4000万年（赤方偏移6.6）、約10億1000万年（赤方偏移5.7）の各時代と約137億年後の現代（赤方偏移0）のようす。



家正則 (いへ・まさのり) / 国立天文台赤外線研究部教授。理学博士。専門は銀河物理学、観測天文学。1949年、北海道生まれ。1972年、東京大学理学部天文学科卒業。1977年、同大学院理学研究科博士課程修了、同年、東京大学理学部天文学科助手。1986年、東京大学東京天文台助教授を経て、1988年に国立天文台助教授、1992年より現職。東京大学大学院理学系研究科教授、総合研究大学院大学物理科学研究科教授も併任。

すばる望遠鏡の構想・建設、冷却 CCD カメラ開発、微光天体分光撮像装置の製作を行ってきた。現在は、レーザーガイド補償光学系の開発を行いつつ、次世代の超大型望遠鏡の実現に向けて活動中。銀河の渦巻構造の理論、補償光学による銀河の観測、アンドロメダ銀河の進化史、キューサーの分光観測、最遠銀河の探査観測など、さまざまなテーマについて大学院生と取り組んでいる。

ホームページは <http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~iye>

とができないため、宇宙誕生後 38 万年から 9 億年までの間は「宇宙史の暗黒時代」とよばれてきました。

ND — その暗黒時代について、もっと詳しいことを知りたいということですね？

家 — そうです。現在の宇宙空間には中性水素原子はほとんど存在していません。理論的な研究からすると、最初の銀河が生まれ、その中で明るい星々が輝き出すと、星の紫外線で周辺の宇宙空間が再び暖められ、中性水素原子は電離されるようになります。この現象を「宇宙の再電離」とよんでいます。それがいつ始まりいつ終わったのかがまだ確かめられていないのです。宇宙背景放射のゆらぎ^{*3}の観測からは、赤方偏移が 14 (宇宙誕生後 3 億年) の時代に始まり、遅くとも 6 (宇宙誕生後 9 億 5000 万年) の時代には終わったのではないかと考えられています。中性水素原子のガスで満たされた初期宇宙では、銀河からの光 (ライマン α 輝線) は吸収されて観測しにくいのですが、電離が進むと光を通すようになるため観測しやすくなります。今回の IOK-1 の発見により、7.0 (7 億 8000 万年) の時代に確実に銀河が生まれていたことが証明されたわけですが、同時に私たちは、宇宙の再電離が完了していない時代を見始めたのではないかと考えています。

ND — それはどういうことでしょうか？

家 — 以前、同じ領域で観測した赤方偏移 6.6 (宇宙誕生後 8 億 4000 万年) の時代の研究結果から推定すると、7.0 の時代では 6 個くらいの銀河を確認できると考えていました。しかし実際には、1 個 (解析中のものを含めると 2 個) しか確認できませんでした。ということは、この 6000 万年の間に宇宙のようすが変わった可能性があるのです。つまり、7.0 の時代には宇宙の再電離は完了していなかったけれども、その後、急激に再電離が進み、6.6 の時代にはほぼ完了して、光が通りやすい環境になったのかもしれません。一方で、7.0 の時代の銀河数が予想よりも少なかったのは、7.0 の時代は銀河がまだ成長過程にあり、観測できるほど十分に明るい大型の銀河自体の数が少なかったからとも考えられます。いずれにせよ、そのような昔の時代まで踏み込んだことが大きな成果といえます。

すばる望遠鏡の視力を 10 倍にするレーザーガイド補償光学系

ND — 今後の計画をお聞かせください。

家 — 現在、もっと遠くの赤方偏移 7.3 (宇宙誕生後 7 億 4000 万年) の天体を観測するための新しいフィルターを開発しています。さらにその奥となると、視野の狭い赤外線カメラによる観測となるためなかなかむずかしいのですが、うまくいけばより昔の時代までを見ることができるようになるかもしれません。

また並行して、大気のゆらぎによる星像のぼやけを補正するレーザーガイド補償光学系³も開発中です。これは、すばる望遠鏡の上空約 100 km のナトリウム層にレーザーを打ち、ナトリウムを励起させて光らせることにより、人工星を発生させるというものです。人工星の光を測ると、それをもとにして大気のゆらぎがわかるため補正することができ、これまでより 10 倍もシャープな天体撮影が可能になります。今回は赤いシミのようにしか見えなかった IOK-1 も、この補償光学装置を使えばその構造がよりはっきりし、さらに多くの情報をもたらしてくれるでしょう。

ND — ありがとうございます。 ■

聞き手は北原逸美 (Nature Digest のエディター)。

*1 すばる望遠鏡

国立天文台がハワイ島マウナケア山頂 (標高 4200 m) に建設した光学赤外線望遠鏡で、2000 年から本格稼働を始めた。単一鏡としては世界最大の口径 8.2m をもち、天体からの微弱な光をも集めることができる。すばる望遠鏡を擁する国立天文台ハワイ観測所は、日本が初めて外国に作った国立研究所であり、2004 年 10 月からは一般見学者にも公開されている。

*2 赤方偏移

宇宙は膨張しているため、遠方の天体ほど高速で遠ざかっている。遠ざかる天体からの光が、ドップラー効果で波長が長く (赤く) なる現象をいう。赤方偏移は記号 z で示される。赤方偏移の値を距離に換算する場合、用いる宇宙モデルによって値が異なる。ここでは、最近の標準的宇宙モデルを採用している。

*3 宇宙背景放射のゆらぎ

宇宙背景放射は、宇宙が生まれた大爆発ビッグバンから約 38 万年後に放出された光の名残で、宇宙のあらゆる方向から届く。ただし、その分布は一律ではなく、密度のわずかなゆらぎがある。このゆらぎが銀河などを生み出すものになったと考えられている。

1. Iye, M. et al, *Nature*, **443**, 186-188 (2006)

2. Taniguchi, Y. et al, *Publ. Astronomical Society of Japan*, **57**, 165-182 (2005)

3. http://subarutelescope.org/Pressrelease/j_index_2006.html#061120