

国立天文台が15年の歳月をかけて、海拔4200メートルのハワイ・マウナケア山頂に建設したすばる望遠鏡。その主鏡の大きさは8.2メートルで、現在地球上に存在するもっとも大きな望遠鏡の1つだ。すばるが本格的な観測を開始してから、今年でちょうど5年になる。この5年の間、近くは流星から、遠くは最遠方銀河に至るまで、すばるは多くの重要な発見をもたらしてきた。今回は、すばるの見たもっとも遠くの宇宙、「すばるによる最遠方銀河探査」を、詳しく報告したい。

銀河とは何か？

私たちの住む星・地球は、太陽の周囲を回る太陽系惑星の1つである。地球から宇宙を観測すると、無数にある星々のほかに、色とりどりの星雲が目につく。これらの星雲はガスや塵からできていて、星々の生まれている場所であったり、あるいは星が死ぬときに爆発したものであったりする。

広い宇宙の中で、星々はこのように輪廻を重ねているわけであるが、私たちが小さな望遠鏡で見ることができるような星あるいは星雲は、じつはすべて1つの大きな天体の内部にあるのである。この星・ガス・塵の集まった大きな天体を「銀河」とよんでいる。私たちの太陽系も「銀河系」という大きな天体の一部なのだ。

宇宙に銀河は無数に存在するが、色・形・大きさなどいろいろなものがあることがわかっている。星が集まってできている銀河は銀河団とよばれる集団をつくり、銀河団はさらに超銀河団とよばれる集団をつくっている。宇宙をもっとも大きなスケールで眺

めると、おびただしい数の銀河が、この大きな宇宙の中で巨大なネットワーク(図2)を形成していることもわかってきた。こうした集団や銀河そのものがあったい、いつ、どのようにして生まれ、どのように育って現在に至ったのか、という問題は、現在の天文学でも大きな課題の1つとなっている。

もっと遠くへ、もっと過去へ

天体を観測するということは、その天体からやってくる光をつかまえるということである。光の速度は一定で、毎秒約30万キロメートル。光の速度が一定であるかぎり、より遠くにある天体からの光は、より長い時間をかけて地球に到着する。近い銀河と遠い銀河を同時に見ていても、遠い銀河からの光が地球に到着するには、より長い時間がかかる、つまり近い銀河に比べて、ずっと昔にその銀河を出発した光をつかまえていることになる。銀河が遠ければ遠いほど、より昔の銀河を見ていることになるのだ(コラム1)。

このように、宇宙の「遠く」を見るということは、宇

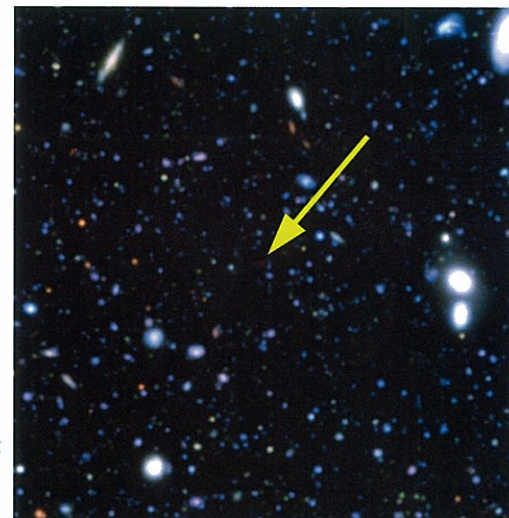
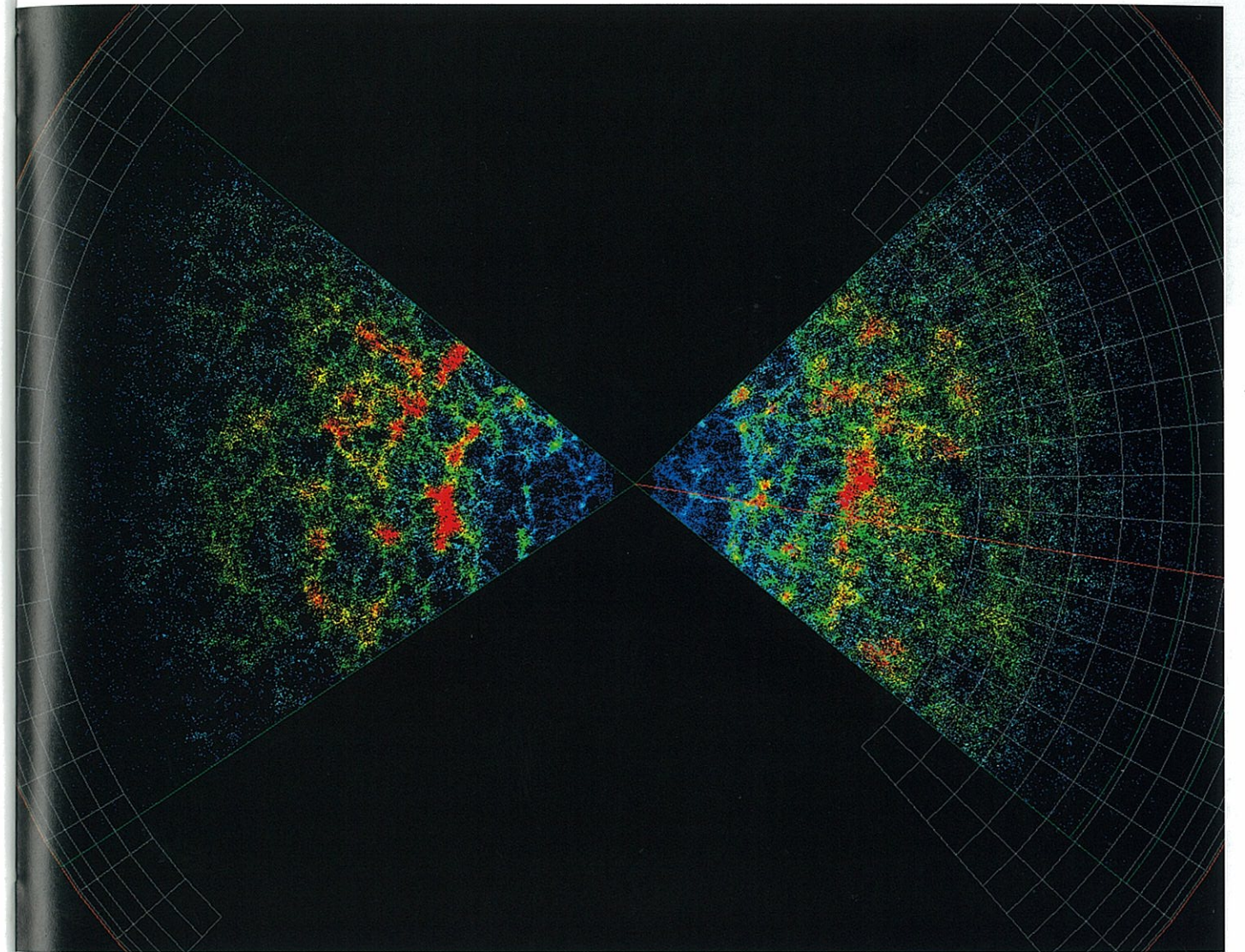


図1 すばるディープフィールドで見つかった最遠方銀河(矢印の先の赤い点)。分光観測によって、約128億年前の銀河であることがわかった。

コラム1 「遠く」を見れば「昔」が見える

まるでタイムマシンさながらに、遠方の銀河を観測することによって、今私たちが住んでいる銀河系が、ずっと昔にどのような姿だったか、どうやって生まれたのかを、実際に見ることができるのである。もっとも、望遠鏡をのぞいたら、銀河系の昔の姿がそのまま見えるわけではない。宇宙には無数の銀河があつて、どれもほぼ同じ性質をもっていることから、別の銀河ではあるが、遠くの銀河をわれわれの銀河系の昔の姿と重ねて見るのである。私たちが赤ちゃんを見て、ああ、私も昔はこうだったんだ、と思うのと同じである。

図2 宇宙に広がる銀河のネットワーク。扇形のかなめの場所にあたる地球から、宇宙を観測したときの銀河の分布の様子を示している。宇宙には銀河の密集した場所(赤いところ)や銀河のまったくない場所(青いところ)があり、「大規模構造」が見られる。The 2dFGRS Image Galleryより転載。



すばる望遠鏡が見た最遠方銀河

柏川伸成 国立天文台主任研究員

ハワイ・マウナケア山頂の、すばる望遠鏡が活躍を始めて5年。その多くの発見の中から、「最遠方銀河」の探査に焦点をしばって、最前線を紹介する。

順位	名前	赤方偏移	望遠鏡
1	SDF J132522.3+273520	6.597	すばる
2	SDF J132432.5+271647	6.580	すばる
3	SDF J132518.8+273043	6.578	すばる
3	SDF J132418.3+271455	6.578	すばる
5	HCM-6A	6.560	Keck/すばる
6	SDF J132408.3+271543	6.554	すばる
7	SDF J132352.7+271622	6.542	すばる
8	SDF J132415.7+273058	6.541	すばる
9	SDF J132352.7+271622	6.540	すばる
10	LALA J142442.24+353400.2	6.535	KPNO/Keck/Gemini

参考記録

A1835 #1916(ノイズ?)	10?	HST/MLT
A2218(スペクトルなし)	6-7?	HST/Keck

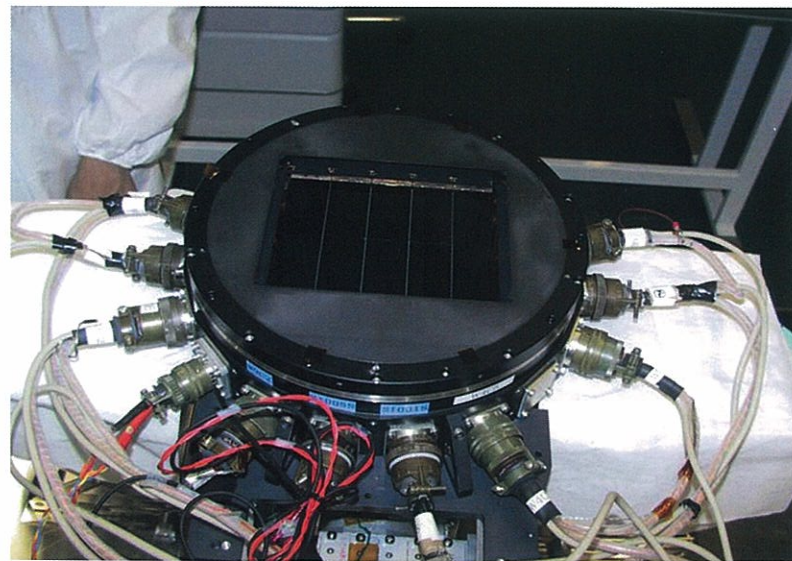
図3 遠方銀河ベスト10。赤方偏移とは、銀河の距離を示す指標。遠いものほど赤方偏移が大きくなる。

宙の「昔」を見るということにほかならない。すると、ずっと遠くを見れば、ずっと昔に誕生したばかりの銀河が見えるはずだ。銀河の誕生する様子を見たい——これがひとえに私たちが遠くの宇宙を観測する動機なのである。

これまで人類は長い歴史の中で、その時代の最先端の技術と知恵を結集させて、より巨大な望遠鏡をつくり上げてきた。そしてその望遠鏡の大きさに比例するように、私たちはより遠くの、より昔の宇宙の姿を目の当たりにし、私たちの知る宇宙はどんどん大きくなってきた。

その時代の最先端の技術で、次々に宇宙の地平線を切り拓いてきた巨大望遠鏡。2005年現在、もっとも遠くに位置する銀河の大多数は、日本のすばる望遠鏡が発見したものである(図3)。このように

図4 すばる主焦点カメラ。4096×2048画素という大きなCCDを10個並べ、全体で8000万画素のデジタルカメラとなっている。満月の直径と同じ30分角視野を一度に撮影することができる。



考えると、最遠方の銀河を数多く発見したすばるは、日本の科学技術力の成熟の証しだといっても過言ではない。

進化する銀河

さて、実際のすばるによる遠方銀河探査の話に入る前に、これまでの観測の積み重ねから、現在、天文学者が考えている銀河の生い立ち(銀河進化)について見ておこう(図5)。

宇宙は、ビッグバンから誕生してまもないころ、ほとんど水素とヘリウムからなるガスの雲でおおわれていた。やがてその雲の中で、ガスが自分自身の重力によって局所的に分裂・収縮して、最初の星(第1世代星)が生まれる。しかし、その星の周りにはガス雲があるので、その星の光は周りの雲にすぐに吸収されてしまう。したがって、この時期の天体はいくら大きな望遠鏡を使っても見ることはできない(宇宙の暗黒時代、図5a)。

やがて宇宙空間に、こうした第1世代星や銀河(あるいはクエーサー)がたくさん生まれてくる。こうした天体が増えてくると、その全体としての光のエネルギーは膨大で、周りの雲を暖めて消し去ってしまうことができる。この時期になると、もはやガス雲はなく、私たちがその銀河の光は届くことになる(宇宙の再電離、図5b)。

この時期に生まれた銀河は、銀河系に比べて小さくて軽いであろうと考えられている。銀河の中では、ガスの冷却による星形成と超新星爆発によるガスの加熱がくり返され、しだいに銀河らしい形になっていく(原始銀河、図5c)。

こうした小さな銀河は、互いの重力で引き寄せられ、となりの銀河と合体していく。こうした合体をくり返すうちに、銀河はどんどん大きく育ち、現在の銀河になった(図5d)、と考えられている。

小さな銀河が合体をくり返し、大きな銀河をつくらせる銀河形成シナリオを「階層的銀河形成モデル」とよんでいる。いろいろな時代の銀河を数多く観測することによって、こうしたモデルに修正を加

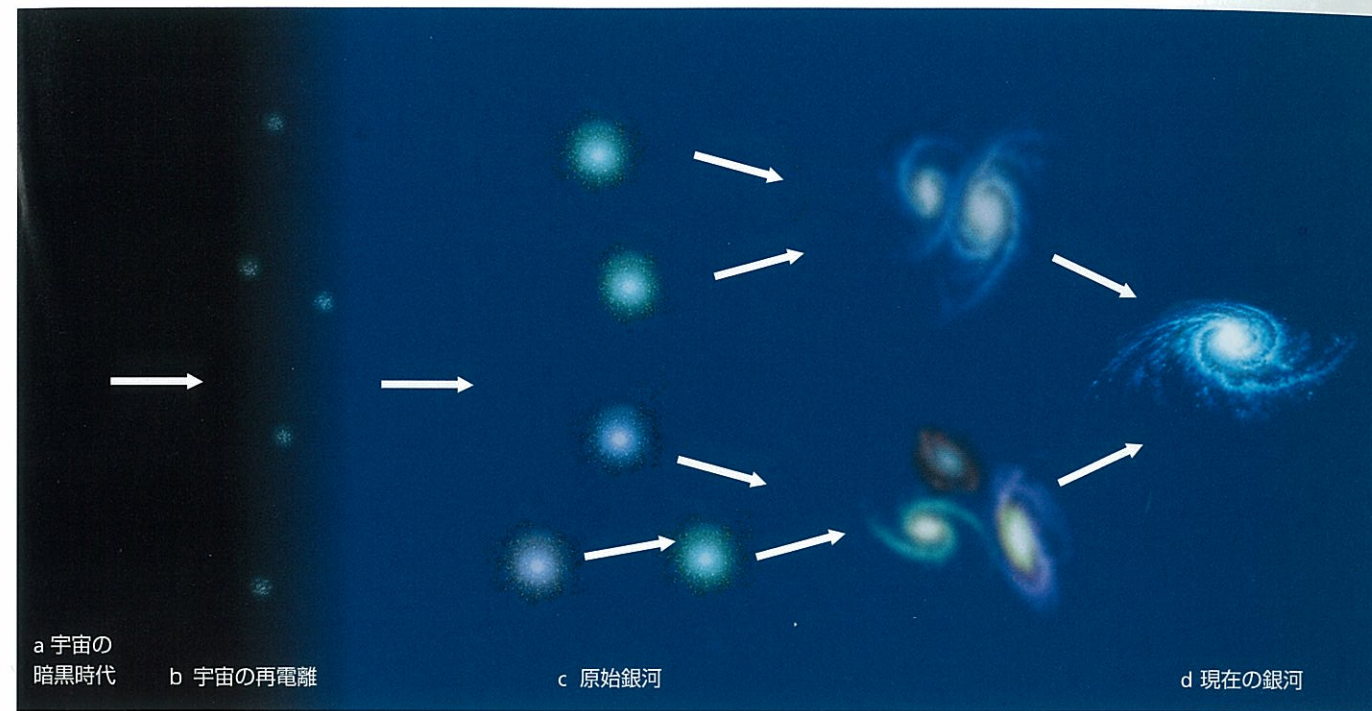


図5 銀河進化の概要

え、より正確な銀河の生い立ちを探ることができる。とくにいちばん遠い、いちばん昔の銀河の観測となると、図5b・5cあたりの、生まれてまもない「赤ちゃん銀河」を直接見ることになるので、その意義は大きいといえるであろう。

すばるによる最遠方銀河探査

では、実際にすばる望遠鏡で、最遠方銀河探査がどのように進められているかを紹介しよう。最遠方銀河はるか遠くにあるので、すばるをもってしても、とても暗くしか見えない。しかも天空上にまれにしか存在しないので、見つけることは困難をきわめる。しかし、このようなまれな天体を発見することこそ、じつはすばるのもっとも得意とするところなのである。なぜならすばるは「主焦点カメラ」(図4)という観測装置をもって、世界に10基以上ある8メートル望遠鏡群の中で、いちばん視野の広い観測(コラム2)ができるからだ。

この広視野観測で、たくさんの銀河をまさに一網打尽にする。その中には近くの銀河もあるだろうし、銀河系の星も混じっているかもしれない。しかしまれにしか存在しない最遠方銀河も、おそらくこの大きな網にかかっているはずなのである。

私たちが進めている「すばる深探査計画(すばるディープ・フィールド・プロジェクト)」(図6)では、2年間に及ぶ観測で、約10万個の銀河をつかまえることができた。この中に遠方銀河の特徴をもつ天体を見つけだし、最後には分光観測(コラム3)でたしかに遠方銀河であることを確定する。こうした観測によって、すばるはこれまでに9個の最遠方銀河(図1)を見つめることができた。

宇宙の年齢は約137億年(コラム4)とされているが、これらの銀河は約128億年前、つまり宇宙が生まれてから9億年後の銀河ということになる。これほど古い超遠方の銀河は、これまで1個しか発見されていなかったのであるが、すばる望遠鏡はなん

コラム2 広い視野の観測

すばるは「主焦点カメラ(Suprime-Cam)」(図4)という、世界最大画素数のデジカメをもって、1回の露出で、広視野(34×27平方分角、満月1個くらいの大きさ)の領域にわたって撮影することができる。一度に広い領域を見ることができるとは、一度にたくさんの銀河を見ることができ、ということ。この主焦点カメラという大きな「網」があれば、一度にたくさんの銀河をつかまえることができるのだ。

コラム3 分光観測

天体からの光のスペクトルを観測することを、天文学では「分光観測」とよんでいる。スペクトルとは、プリズムなどを用いて光を色ごとに(波長ごとに)分けたものことである。太陽の光のスペクトルの一部は、虹となって自然界でも見ることができる。この分光観測をすると、その天体の温度や密度、元素組成、運動の様子など、天体の物理状態を詳しく知ることができる。

コラム4 宇宙の年齢

アメリカの人工衛星WMAPによる観測から、宇宙の年齢は、ほぼ137億年とされている。この宇宙の長い歴史を1年間にまとめたとしたら、人類の歴史は其中で約8分程度でしかない。

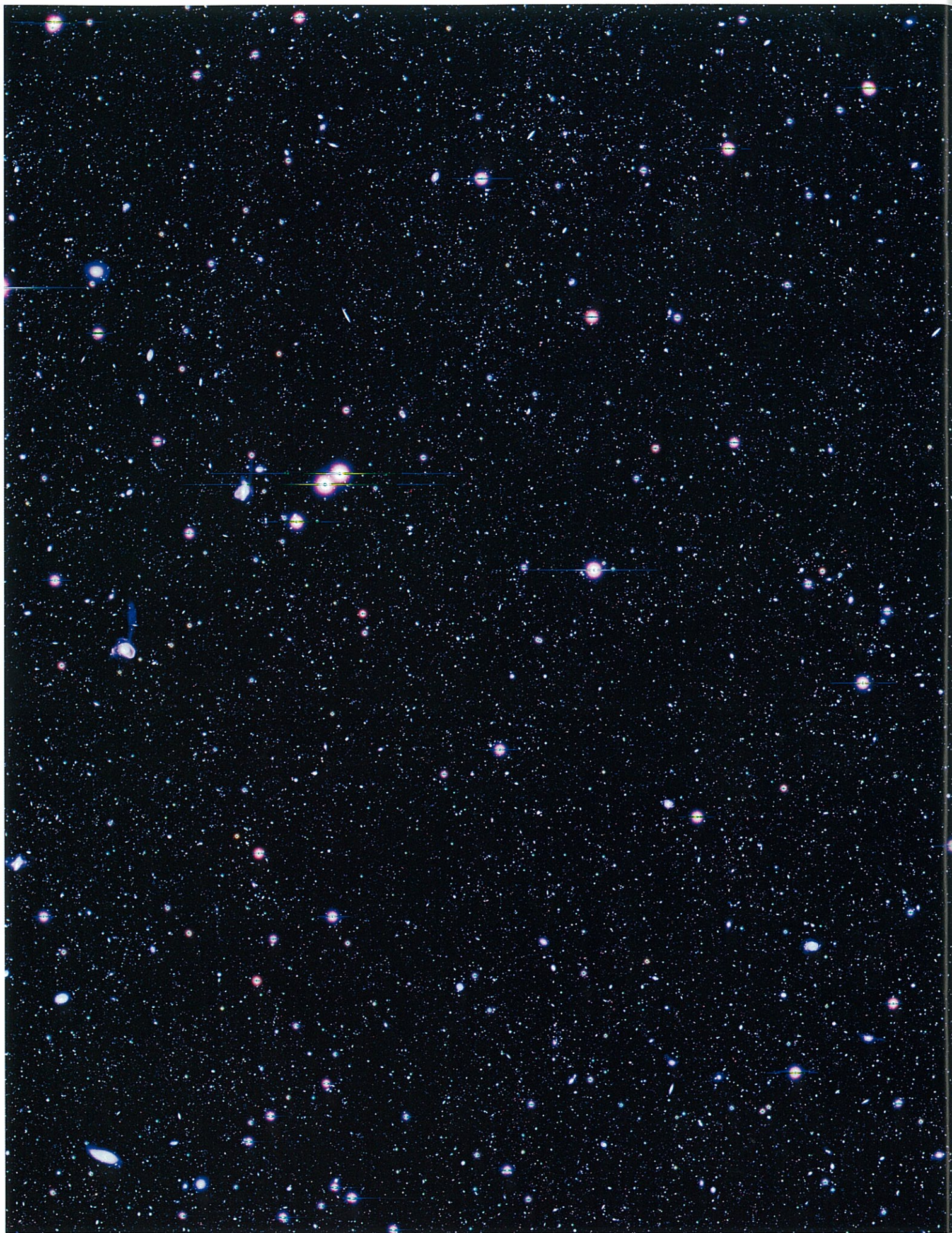


図6 すばるディープフィールド。この領域の中に約10万個の銀河がひしめいている。

と一挙にその数を9個増やすことができたのである。これはひとえに、すばるのもつ大きな鏡による集光力と、ユニークな観測装置、そして豊富な観測時間がある初めて得られた成果であるといえる。

最遠方銀河から、 いろいろなことがわかる

さて、このようにしてやっと見つかった遠方銀河であるが、まさに宇宙の果ての銀河なので、図1を見ていただければわかるように、ほんの「しみ」程度にしか見えない。もはやここまで遠方となると、銀河の渦巻きも見えないのだ。このしみにしか見えない天体から、何がわかるのであろうか？

まずこの天体の明るさや分光観測で得られたデータから、この銀河がどれだけ活発に星を生み出しているかが、おおよそわかる。その結果、これらのどの最遠方銀河も、太陽くらいの重さの星を、1年間に数十個以上生み出していることがわかった。私たちの銀河系は1年間に数個程度しか星を生み出していないことと比べると、これら最遠方の銀河では、かなり活発に星が誕生していることがわかる。

宇宙の長い歴史の中で、もっともさかんに星が生まれたのはいつなのか？ この問題は天文学上かなり重要で、観測的にまだ決着がついていない。そうした意味で、現在観測の手の届くもっとも初期の宇宙で、銀河がどれだけ星を生み出しているかがわかることは、かなり重要だ。

また、これらの銀河が1個ではなく、9個という複数見つかったことにも大きな意味がある。これらの銀河は図5b・cあたりの時代にある、生まれたばかりの銀河だと考えられている。そこで、これらの銀河の明るさ分布はどうなっているか、空間的にどう分布しているかなどを調べ、それがその後の銀河の進化にどうつながって、現在の宇宙に至るのかをしてみることは、図5のような銀河進化のシナリオを確立するうえで非常に重要なのだ。

さらに、図5bに相当する時代では、宇宙の再電離が終わりつつあるので、これら赤ちゃん銀河のいくつかは、宇宙初期のガス雲に隠されている可能性がある。その後の時代に比べて銀河数が極端に少なければ、それは雲が銀河を隠している証拠である。この時代の銀河の数は少ないのか、またその全体の明るさは、ほんとうに雲を消し去ることがで

きるくらいのエネルギーをもっているのか、といったことを調べると、宇宙の再電離はいつ終わったのかという疑問も解決できるかもしれない。

このように宇宙の果ての銀河1つ1つは、わずかな光なのであるが、確実にはるか昔の宇宙からの貴重なメッセージを、私たちに送ってくれているのだ。

結び

この探査のあらましは、すばる望遠鏡のホームページにも解説がある。また最遠方とまで欲張らず、「かなり遠い銀河」となると、数千個が、すばるで発見されている。赤ちゃんがちょっと成長してヨチヨチ歩きを始めたくらいのころに相当する、こうした銀河については、その様子が今後もっと詳しくわかるはずだ。

すばる望遠鏡はさらにこの時代の銀河、さらに遠くの銀河についても探査、研究を続けていく予定なので、ご期待いただきたい。



柏川伸成 (かしかわ のぶなり)

国立天文台光赤外研究部主任研究員。1990年京都大学卒業。1995年東京大学大学院理学系研究科(天文学専攻)博士課程修了。1993年より日本学術振興会特別研究員(DC, PD)。1996年より現職。

◆現在の研究テーマ、興味をもっていること

銀河進化・形成の観測的研究。最近では超遠方天体を中心に研究を進めているが、再電離やQSO吸収線系など、銀河間ガスと銀河のかかり合いにもひかれています。最終的には宇宙に存在するすべての銀河種族を、統一的に理解できる描像を獲得したい。

◆研究以外のことでも現在熱中していること

2006ドイツ・ワールドカップのチケットを入手すること。

◆科学の道を選んだきっかけは？

20年ほど前に放映されたTV番組、カール・セーガンの「コスモス」。見れば誰でも天文学者になりたくります。同年代の天文学者には、けっこう多いのです。最近の大学院生は、毛利さんのスペースシャトルがきっかけ、という人が多いですね、時の流れを感じます。

◆読者の方に何かメッセージがあればどうぞ

天文学の真髄は、この宇宙の美しさを堪能することにあります。宇宙の観測を通じて、この世の中に存在する1つ1つの自然の法則や秩序を知るたびに、この宇宙に生きてよかったことを実感します。映画、音楽、スポーツといったものと同じように、天文学を通じて人の心を豊かにする真実を、皆さんにお伝えして、その美しさをいっしょに楽しむことができると願っています。