

高空間分解能観測でたどる銀河の今昔

秋山 正幸（東北大学理学研究科天文学専攻）

はじめに 一銀河の骨組みを探る一

現在の宇宙には楕円銀河と円盤銀河という 2 種類のとても特徴的な形が見られます。現在の宇宙に見られる銀河は似たもの別に分類され、楕円銀河から円盤銀河さらには不規則銀河へ順序だてて並べられ、その順序は「銀河の形態のハッブル系列」と呼ばれています。このわれわれが眼にしている銀河の「形」というのは銀河のどのような側面を表しているのでしょうか？目で見える光、可視光、の銀河の光は、銀河を構成する星、ガス、ダークマターといった要素の中でも、特に質量が小さく、寿命の長い星々から来ていると考えられています。これらの星々は、それぞれはそれほど明るくないですが、数がたくさんあり、銀河の可視光を支配しています。さらにこのような星々は銀河の星の質量の重要な部分を担っていることも知られています。つまり、可視光でみた銀河の形は、銀河の中の星の質量分布を反映していて、銀河の「骨組み」を表していると言えます。

こういった銀河の形はどのようにして決まってきたのでしょうか？現在の宇宙の銀河では銀河の形は銀河のさまざまな性質と強い結びつきがあることがわかっています。例えば、楕円銀河の中の星々は円盤銀河の星々に比べて年老いています。また、楕円銀河は宇宙の中で群れて存在するのに対して、円盤銀河はより満遍なく存在しています。こういった結びつきは、今われわれが眼にする銀河の形はそれぞれの銀河のたどってきた歴史や、その銀河が育ったまわりの環境に影響を受けて決まったことを示しています。ただ、それぞれの歴史や環境がどのように影響して銀河の形を決めてきたのかははっきりしていません。

幸い天文学においてはより遠くの銀河を見ることによって、昔の宇宙にある銀河を見ることができます。現在の宇宙に見られる銀河の形がどのようにして確立してきたのかを知るために、昔の宇宙にある銀河の形を調べ、宇宙の歴史の中で銀河の形が確立する様子を時系列で明らかにすることが出来るのです。この稿では銀河の形を宇宙の歴史をさかのぼって調査する話を紹介したいと思います。

昔の銀河の「骨組み」

より昔の銀河の形を調べるためには、より遠くの銀河の放つ可視光での

☆ 高空間分解能観測でたどる銀河の今昔 ☆

形を高い空間分解能で調べる必要があります。銀河が遠くにあると見かけの大きさが小さくなるので高い空間分解能で観測することが必要になるわけです。ハッブル宇宙望遠鏡が打ち上がったことにより、遠くにある銀河に対してもその詳細な形を調べることができるようになりました。ハッブル宇宙望遠鏡により得られた画像を研究することによって、80億年前（赤方偏移1）の宇宙の銀河の可視光での形が明らかになり、現在の宇宙で見られるような楕円銀河や円盤銀河と似た銀河があることがわかりました。80億年前にはどうやらすでに今見られる銀河の形はかなり確立していたようです。

さらに宇宙の歴史を遡り、昔の銀河の形を調べるためには、赤外線の高い空間分解能の観測をすることが必要になってきます。というのも宇宙膨張の効果によってさらに遠くの銀河の放つ可視光は赤方偏移して赤外線として地上では捉えられるからです。赤外線の観測では地球の大気のゆらぎによる像のボケを補正する補償光学システムという装置を用いることができます。この装置によって赤外線での高い空間分解能の観測はハッブル宇宙望遠鏡よりも鏡の大きいすばる望遠鏡といった地上の大型望遠鏡の方が得意になっています。

我々のグループではすばる望遠鏡の補償光学システムと赤外線撮像分光カメラを用いて、110億年前（赤方偏移3）の銀河を赤外線で、高い空間分解能で観測しました。観測のターゲットはライマンブレイク銀河と呼ばれる、比較的激しく星を形成している銀河を中心としましたが、さらに遠方赤銀河と呼ばれるライマンブレイク銀河より赤くて星の形成が穏やかな銀河や、電波銀河と呼ばれる銀河の中心核が活動的な銀河も含み、なるべく現在わかっている110億年前のいろいろな種類の銀河を含むように観測を行いました。この観測で得られた110億年前の銀河の顔写真を図1に載せています。

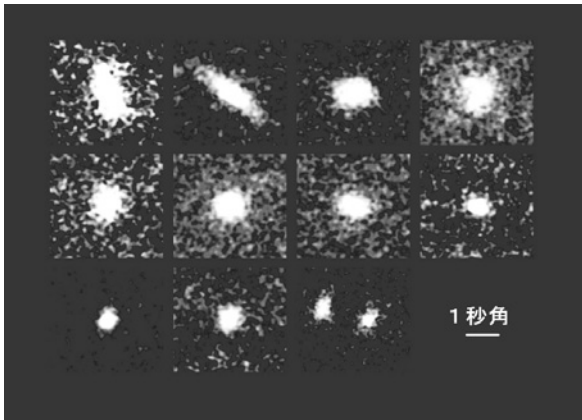


図1 すばる望遠鏡の保証光学システムと赤外線カメラで得られた110億年前の銀河の画像。保証工学に余り1秒角よりも細かい構造を見ることが出来た。

☆ 高空間分解能観測でたどる銀河の今昔 ☆

今回観測した中でも 11 個の明るい銀河の顔写真を示しています。これらの銀河は遠い宇宙にあって小さく暗いために、すばる望遠鏡をもってしても、銀河の形が現在の銀河のようにくっきり見えるというわけにはいきません。

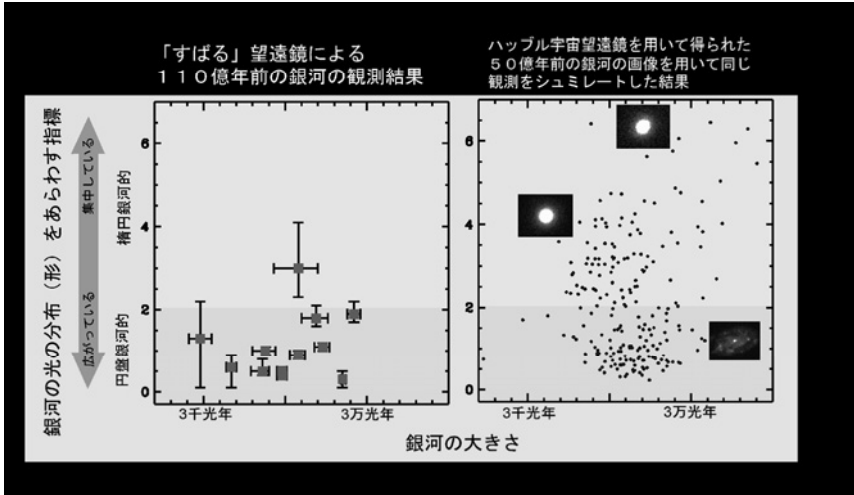


図 2 銀河の大きさと銀河の光の集中度。左) 110 億年前の銀河の観測結果。右) 50 億年前の銀河。図の中の小さい画像はそれぞれに対応する銀河の画像。上の方には楕円銀河があり、下の方には円盤銀河が来ることがわかる。

これらの銀河の形を定量的に評価して現在の銀河と比べるために、中心からの光の分布を調べました。現在の宇宙の銀河では、楕円銀河は光の分布が中心に集中しているのに対して、円盤銀河は外側に広がった光の分布をしていることが知られています。110 億年前の銀河について調べた結果を図 2 の左側のパネルに載せています。この図の縦軸は銀河の光の分布を表す指標で、より大きな値の銀河ほど、星の光が中心集中して分布していて、楕円銀河に近いことを表しています。110 億年前の銀河の光の分布は、ほとんどが円盤銀河に似た値を示し、中心への集中は弱く、外側に広がった分布を持っていることがわかりました。図 2 の右側のパネルでは比較のためにハッブル望遠鏡で得られた 50 億年前の宇宙の銀河の画像を用いてこれらの銀河を 110 億年前の宇宙に持って行って今回と同じように観測した場合にどのように分布するかを示しています。50 億年前の宇宙にはこれまでわかってきたように指標の大きな、楕円銀河に似た中心集中度の高い銀河もすでにたくさんあることがわかります。さらに、110 億年前の宇宙にもこのよ

☆ 高空間分解能観測でたどる銀河の今昔 ☆

うな楕円銀河がたくさんあればそれらはたしかに指標の大きな銀河として検出できたことも示しています。

さらに 110 億年前の銀河のそれぞれの画像の明るさを調べると、推定される銀河の中の星の数密度は現在の宇宙の円盤銀河に見られる星の数密度よりもはるかに大きく、円盤構造を持っているとしてもそのまま現在の宇宙の円盤銀河に対応するような銀河ではないということも明らかになりました。銀河の空間分布などの他の観測からは今回のターゲットの銀河は楕円銀河に近い銀河の祖先であることも示唆されています。密度の高い円盤構造から楕円銀河が形作られた可能性があります。

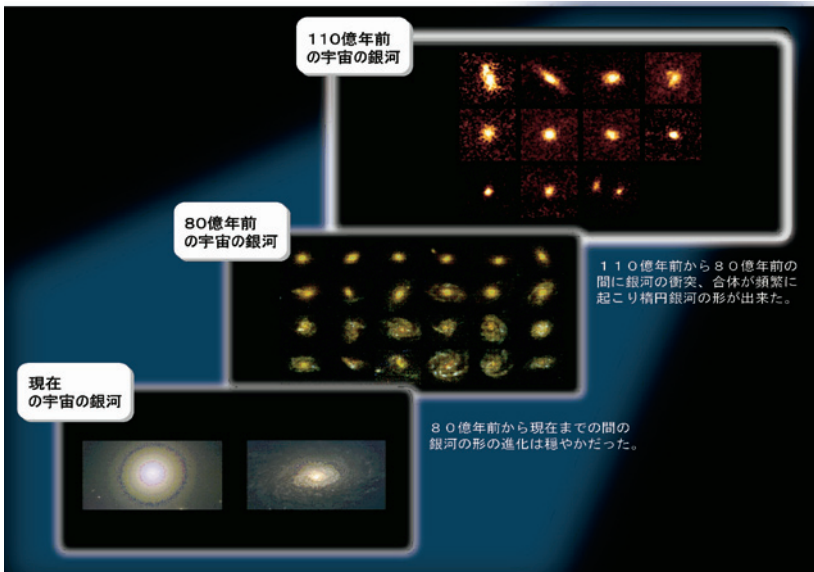


図3 見えてきた銀河の今昔

今回の観測で 110 億年前の宇宙ではほとんどの銀河が現在の宇宙の円盤銀河に似た広がった光の分布をもつ銀河であることがわかりました。図 3 に今回の観測結果である 110 億年前の銀河の画像、ハッブル宇宙望遠鏡で得られていた 80 億年前の銀河の画像、そしてすばる望遠鏡で観測された現在の宇宙の楕円銀河と円盤銀河の画像をまとめました。これまでの結果をまとめると 110 億年前から 80 億年前の間に銀河の衝突、合体によって銀河は激しく進化し、現在の宇宙に見られる銀河の形が確立していった。その後の 80 億年前から現在の宇宙においては銀河の進化は穏やかであったと考

えられます。

まだまだ明らかにしないといけないことはたくさんある

今回の画像から、110 億年間の銀河の光の分布の形が現在の宇宙の円盤銀河と似ていることはわかりました。しかし、現在の宇宙の円盤銀河の最も大きな特徴である「渦巻き」が 110 億年前の銀河でくっきりと捉えられたわけではありません。現在の宇宙の円盤銀河が「渦巻き」を示すのは、銀河の中の星やガスが回転運動をしていることによります（一方で楕円銀河は星がいろいろな方向にばらばらに運動しているために全体で見るとのぺったんした形に見えます）。110 億年前の銀河の中の星やガスの運動の状態を調べて、本当に 110 億年前の宇宙に見られる銀河が回転運動をしている円盤銀河と似たような構造を持つ銀河なのかどうかを明らかにすることが次のステップとして重要になっています。現在、我々のグループではケック望遠鏡やジェミニ望遠鏡にある補償光学システムに面分光ユニットを組み合わせた観測装置を用いて銀河の中のガスの運動状態を調べる観測を進めています。近い将来には現在建設中のアルマ電波望遠鏡が動き出します。この電波望遠鏡を用いると遠方銀河の中の分子ガスの運動を詳細に調べることもできるようになります。これらの観測を通じて、110 億年前の銀河の見かけの形だけでなく、力学構造も明らかにできれば、銀河の形を作ってきたレシピが明らかになると期待されます。

今回の研究は、太田耕司氏（京都大学宇宙物理）、小林尚人氏（東京大学天文センター）、美濃和陽典氏（国立天文台ハワイ）、岩田生氏（国立天文台岡山）、安東正隆氏（京都大学宇宙物理卒）と共同で行った結果です。

参考文献

- [1] Akiyama, M., Minowa, Y., Kobayashi, N., Ohta, K., Ando, M., Iwata, I., 2008, ApJS, 175, 1
- [2] http://www.astr.tohoku.ac.jp/~akiyama/index_Res_AOgal.html