宇宙物理学

Hidden chaos in cosmic order

アンドロメダ銀河に残された25億年前の記憶

Nickolay Y. Gnedin

Nature Vol. 461(43)/3 September 2009

1986年のある論文で「ゾウのように銀河は長期にわたって記憶を保ち続ける」と記載された。このまさに「銀河の記憶」から、私たちのお隣のアンドロメダ銀河の歴史について、意外な事実が明らかになった。

一般向けの文学作品や学部学生向けの教科書では、銀河は宇宙の基本的な構成要素だと説明されることが多い。その場合、銀河は完全で分割できない一枚岩の塊であり、宇宙のほかのすべての構造を作り上げるものであるとされている。天文学者の多くも、長い間この見方をとってきた。確かに、私たちが本やインターネットで見る銀河の大部分は、完全な対称形をしている。米国シカゴのオヘア国際空港は通路を宇宙の画像で飾って「世界天文年 2009」を祝ったが、その画像の銀河も完全に対称なものばかりだった。銀河の形の厳密な美しさが重視されているのは、かなりの程度は米国の天文学者エドウィン・ハッブルのせいである。ハッブルは銀河を形と構造の特徴に基づいて分類し、その分類

は今日でも広く使われている¹。しかし、それに完全にあてはまることは決してなく、ハッブルが考えた完全な回転楕円体（楕円銀河）と渦巻状の円盤（渦巻銀河）という2つの主要なグループに合わなかった例外の銀河は、すべて「不規則銀河」のグループに入れるしかなかった。不規則銀河は、ほかの銀河と衝突、つまり合体過程にあるものが多い。銀河は大きく、複雑なシステムで、それが衝突するとすべてがめちゃくちゃになってしまう。

建築家は新しい建築物の厳密な美しさを称賛し、荒廃した醜さを嫌う。20世紀の多くの天文学者もまた、実際にはそれほど小さくないグループである不規則銀河を、「いくつもの病気もち」とよんで軽んじてきた。しかし、望遠鏡が大き

くなり、天文学で使われるカメラがより敏感になるとともに、一部の天文学者は、自分たちが建築家というよりも考古学者の仕事をしていることに気づいた。そして、自分たちの研究に「考古学」という言葉を使うまでになった。カナダのヘルツベルグ宇宙物理学研究所の Alan McConnachie らは、「全アンドロメダ考古学サーベイ」(PAndAS) という研究の成果を発表し、*Nature* 2009 年 9 月 3 日号 66 ページに掲載された。これは銀河考古学の非常に優れた例だ。この研究を進めたのはたくさんの天文学者たちで作る研究グループで、ハワイのマウナケア山頂にある口径 3.6 メートルのカナダ・フランス・ハワイ望遠鏡を用いて、私たちの天の川銀河の隣の姉妹銀河であるアンドロメダ銀河周辺の広い領域を、前例のない感度（天文学者が好むいい方では“深さ”）で、注意深く綿密に観測した。

天の川銀河とアンドロメダ銀河は、宇宙のかなり目立たない場所にあるが、ともに約 1000 億個の星を含み、その周辺では 2 人しかいない「ファーストレディ」だ。20 億個の星からなる小さい銀河から、たった 1000 個の星でできている非常に小さい銀河にいたるまで、約 50 個の衛星銀河を従えている。両銀河が互いを重力で大きく乱すことがないためには、本当のレディーのようにひじを自由に動かせるだけのゆとり（距離）が必要だが、実際、両銀河は十分に離れている。

あらためてアンドロメダ銀河をよく見てみよう。私は毎朝、オフィスに来るとき、スローンデジタルスカイサーベイが撮影した、壁いっぱいの大きさのアンドロメダ銀河の美しい画像の前を歩いて通り過ぎる³。アンドロメダ銀河の壮大さと対称性は、しばしば私にゴシック様式の大聖堂を思い起こさせる。考古学者が探し求めるようなものがそこにあるのだろうか。「あらゆるものがある」と PAndAS チームは主張している²。ゴシック様式の大聖堂が通常、考古学的に貴重な試料を含む地層の上に立っているように、宇宙の大聖堂もまた、その下に考古学的に貴重なものを隠しもっていた。PAndAS チームは、アンドロメダ銀河とその周辺のウルトラディープ（超大深度）画像から、アンドロメダ銀河が経験した過去のすさまじい出来事と、その最も有名な衛星銀河であるさんかく座銀河との関係について多くの情報を得たのである²。

彼らはどうやってその情報を得たのだろうか。そこから、銀河考古学が実際にどのように行われるかを知ることができる。まず超大深度画像から、星が密に集まった小さなさんかく座銀河を、星でできた巨大な雲が取り囲んでいることが明らかになった。この星の雲はとてもまばらで、したがって、かすかに見える程度のものだった。この星の雲は明らかにさ

んかく座銀河に伴うものだが、では、これら数百万個の星をさんかく座銀河の外へ放り出した力は、いったい何だったのか。答えは明らかだ。近くで強い影響力を及ぼしているのはアンドロメダ銀河だけ。その重力はあまりに強く、さんかく座銀河のように 20 億個の星からなる銀河さえもそれに耐えることはできない。

さんかく座銀河が広がった星のハローをもっていることは、過去にこの銀河が巨大な隣人に近づきすぎてしまったことを示す有力な証拠だ。PAndAS チームは、スーパーコンピュータによるシミュレーション結果をさんかく座銀河とアンドロメダ銀河の超大深度画像に調和させることにより、最も可能性の高いさんかく座銀河の過去の軌跡を再現することができた²。この計算によると、両銀河の接近は約 25 億年前に起こり、そのとき、さんかく座銀河はアンドロメダ銀河からわずか 4 万パーセク（13 万光年）以内を通過した。アンドロメダ銀河の強い重力は、さんかく座銀河に強い潮汐力を及ぼし、数百万個の星がさんかく座銀河の外へ放り出された。

しかし、20 億個の星からなるさんかく座銀河が近距離を通過したのだから、アンドロメダ銀河にもその痕跡が残ったはずだ。実際、PAndAS チームの超大深度観測から、アンドロメダ銀河の星でできた円盤の中に軽いゆがみと小さな擾乱があり、その位置は、さんかく座銀河の通過が起こしたならばあるであろう、まさにその場所であることが明らかになった²。これらの証拠はどんな裁判でも勝てるほど強力なものだ。

悲しいことに、宇宙の大聖堂の美しさが完璧に見えるのは近視眼的に見ただけなのだ。より深く見れば、つまりより高い解像度で観測すれば、完全に見えるペールの下に、過去のすさまじい事件の複雑で混乱した痕跡が見える。すべての銀河は十分に深く見れば不規則なのだ。天文学者たちは、こうした痕跡からどのように情報を読み取ればよいかを学びつつある。英国オックスフォード大学の宇宙物理学者 James Binney と Andrew May が 1986 年の論文に書いた「ゾウのように銀河は長い記憶をもつ」ことを、さらに深く理解しようとしているわけだ⁴。（新庄直樹 訳）

Nickolay Y. Gnedin、フェルミ国立加速器研究所（米国イリノイ州バタビア）理論宇宙物理学グループ

1. United Nations Population Division. *Replacement Migration: Is it a Solution to Declining and Ageing Populations?* (United Nations, 2002).
2. Lesthaeghe, R. & Willems, P. *Pop. Dev. Rev.* **25**, 211–228 (1999).
3. Myrskylä, M., Kohler, H.-P. & Billari, F. C. *Nature* **460**, 741–743 (2009).
4. United Nations Development Programme. *Statistics of the Human Development Report* <http://hdr.undp.org/en/statistics/indices> (2008).