

## 天文学者たちは何をみてきたのか 天文学と写真術、そして……

国立天文台 田島俊之

### 1. はじめに

ハワイ島マウナケア山上のすばる望遠鏡や、チリのアタカマ砂漠に建設が進められているアルマ電波望遠鏡をはじめ、最先端の観測施設を運営し、日本の天文学研究の中心としての役割を果たしている国立天文台。本部の三鷹キャンパスでは、国内外の専門家をまとめてさまざまなテーマの研究会が活発に開催されているだけでなく、一般の人たちの関心を引きそうめざましい成果が上がったときなど、記者会見が行われることも多い。

ところが今年の3月に開かれたその会見は、いつもと少し様子が違っていた。報告されたのは天文学の最新の研究成果ではなく、それどころか日本でもっとも古い、星野写真のガラス乾板の発見だったのだ<sup>1)</sup>。国立天文台の前身、東京帝国大学東京天文台がまだ麻布にあったころ、1896年の皆既日食を観測するために米国のブラッシャー社から購入された写真観測用の望遠鏡、通称ブラッシャー写真儀によって撮影されたものだという(図1)。これらの乾板は第二次大戦時の火災で焼失してしまったと思われるのだが、訪れる人もない旧図書館の片隅で人知れず眠っていたのだ。保存状態はあまりよいとはいえず、ベースのガラス板から感光材の膜面がはがれかけているものも少なくなかった。確認できたなかでいちばん古い乾板は1899年3月5日に帆座の周辺を撮影したもので、14等の星まで写っていた。また、1900年に日本の天文学者が初めて観測した小惑星、「トキオ」と「ニッポニア」を撮影した乾板もあった(図2)。

1830年代に銀板写真(ダゲレオタイプ)が発明されると、その新しい目を最初に天空の世界に向けたのは、おもにアマチュア天文家の人たちだった<sup>2)</sup>。湿板に続き、ガラス板に銀塩の乳剤を塗った乾板が19世紀後半に発明されると、感度が向上するとともに長時間の露光もできるようになった。何十分もかけて撮影された星雲などの写真には、望遠鏡を目で直接のぞいただけでは見えないような、暗い星々や淡い構造も写し出され、何か月もかけて鉛筆で描

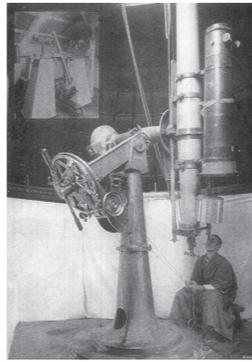


図1 東京天文台のブラッシャー写真儀 © 国立天文台

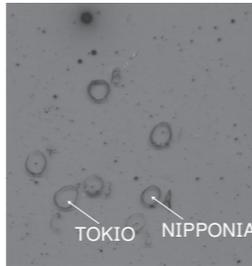


図2 日本でもっとも古い天体写真の1つ。1900年に日本の天文学者が初めて観測した小惑星、「トキオ」と「ニッポニア」が写っている。© 国立天文台

こうにも描ききれない、大量の情報が含まれていた。ちょうどそのころ、天文学研究のおもな問題関心が、古典的な位置天文学から新しい天体物理学へと移り変わってきたことともあいまって、欧米のプロフェッショナルな天文学者たちの間でも、写真術の真価が認識されるようになってきた。日本の国立天文台で見つかった古い写真乾板は、まさにそのような時期に撮影されたものだったのだ。

### 2. 写真術と自然科学

19世紀にめざましく発展した写真術をとり入れたのは、もちろん天文学という一分野にかぎったことではない。自然科学において、それまで動植物や人体など、研究対象の姿かたちを表現するのにも用いられていたのは、科学者自身や画家の手で描かれた絵画だった。それは目の前にある特定の個体の外観を見たままに写しとるというより、むしろ個体差のような要素をいわば平均化して、その対象の理念型、つまり科学者の考える典型的なかたちを描くことをめざしていた。つまり、科学者の主観を反映した理想的な姿、完全なイメージだったのだ<sup>3)</sup>。

それに対し、カメラオブスキュラ(厳密な遠近法で写生を行うための暗箱)に映る像をそのまま定着させる装置として発展した写真(機)は、目の前にある特定の個体の姿をありのままに写しとる。撮影や

現像の仕方で仕上がりに違いは出てくるかもしれないが、科学者のイメージしている姿かたちを描き出すような機能は備えていない。この写真のオートマティズムは、それまでの自然科学の図像を特徴づけていた科学者の主観性を排除してしまったのだ<sup>4)</sup>。

写真はこのようにして、科学者たちの主観を反映した手描きの図像とは、おのずと違った機能と役割をもつことになった。特定の個体の見たままの姿を忠実に記録して、科学者たちの主張を裏づけた。また、データとして蓄積されたり流通したりすることで、時間や空間を隔てた別の個体との比較や分析も可能になり、科学者たちの研究活動にも大きな変化をもたらした。

### 3. 写真術と天文学

#### —古典的な天文学から天体物理学へ

天文学もまた、多くの場面で実視観測に代わり写真乾板が広く使われるようになって、大きく変わった。写真術は新しい天体物理学の問題関心と結びつき、その流れをさらに加速したのだ。銀メッキを施したガラス製の主鏡や、天体の日周運動を追尾できる架台(赤道儀)を備えた、写真を用いて撮像観測や分光観測を行うための大きな反射望遠鏡も次々に建設され、より遠くの天体も定量的な研究の対象とすることができるようになった。星のスペクトルを写真に記録することで、星の組成や温度など、物理状態を知ることができるようになった。恒星はスペクトル型により分類され、それらの進化について議論されるようになり、内部での元素合成やエネルギー生成のメカニズムも解き明かされていく。

また、ドップラー効果に基づいて天体の視線方向の速度が測定できるようになると、私たちのいる天の川銀河の構造もおぼろげに見えてきた。距離の新しいものさしを手にした天文学者たちの視程は、銀河系の外の世界へと広がり、宇宙が膨張していることが発見された。そしてついには宇宙そのものの誕生や発展まで、科学的に議論されるようになった。

### 4. データとしての天体画像

このように天文学研究の内容がめざましく進展した一方で、研究のスタイル、天文学者たちの日常も大きく様変わりした。写真乾板は天文学者たちにとって、貴重な“生の”データの記録媒体となった。

研究対象をそのまま画像として定着させ、保存し、複製して持ち運ぶこともできるようになった。

天文台や研究室に蓄積された乾板は、後に撮影時の目的とは別の問題関心に基づいて、ほかの研究者が解析し直すこともできる。写真星図や分光写真のカタログの作成といった、基礎データを構築するための、システムティックで大がかりな観測プロジェクトも行われるようになった。ハーバード大学天文台やウィルソン山天文台など、新しい天体物理学の観測的研究の中心となった観測施設には、天文学者のほか、観測助手や計算員(“コンピューター”とよばれていた)、さらには観測機器の整備や開発、製作を行う技術者といったおおぜいの人たちがいて、知識を生み出す“工場”のように組織されていた。

1940年前後にカラーフィルムが入手できるようになると、やがてさまざまな天体のカラー写真の撮影も試みられるようになった。とくに淡い星雲などは、惑星などのように明るくはっきりとした天体とは違い、肉眼で望遠鏡をのぞいても白くぼんやりとしたもやのようにしか見えない。それらがどのような色をしているのか、実際に見て知っている人は誰もおらず、いくつかの異なる波長域で撮影したモノクロの画像を頭の中で合成し、想像するほかはなかった。

パロマー天文台のミラーは、長時間の露出で暗い天体を撮影するときのカラーフィルムの特性をくわしく調べ、正しい色合いを再現する方法を探った。彼がパロマー天文台の5m反射望遠鏡と1.22mシュミット望遠鏡で撮影し、1959年4月に公表した数枚のカラー写真は、すぐさま米国の雑誌『ライフ』(LIFE)に掲載された。日本でもさまざまな出版物でたびたび紹介されて<sup>5)</sup>、人々の目にその鮮やかな姿を焼きつけ、この時代の最先端の天文学を象徴する図像となった。

### 5. CCD素子とコンピューターの時代

このように、写真乾板は微弱な光を蓄積し記録するための汎用的なデバイスとして、撮像、分光、測光といった、天文学におけるあらゆる種類の観測に使われ、確固とした地位を築いていった。1960年代には電子的な光センサーである光電子増倍管も使われるようになっていたが、星の明るさの精密な測定などに用途は限られていた。

宇宙望遠鏡を打ち上げる計画が1970年代に立案されると、テレビの撮像管など、さまざまな電子的な撮像技術が本格的に検討されるようになった。そしてついに、写真乾板の地位を脅かす存在が現れる。それが荷電結合素子、CCDである。CCDは写真乾板をはるかにしのぐ高い感度と優れた特性をもって、2次元画像の撮影と定量的な測光を同時に行うことのできる、まさに画期的な検出器だった。受光面積が小さいという弱点もやがて、多数の素子を並べて使用する技術の確立と、CCD素子そのものの大面積化によって克服された。望遠鏡や観測装置を制御しデータを処理するコンピューターの普及ともあまって、CCDは1980年代以降、撮像装置や分光装置の検出器として、写真乾板に代わって広く使用されるようになっていく。1948年に口径5mのハール望遠鏡が建設されて以来、望遠鏡そのものの大口径化が進まなかった20世紀の後半にあって、天文学、とくに可視光における観測天文学の進展は、CCDをはじめとする検出器の技術革新によってもたらされたのだ。

そして1990年以降、宇宙ではハッブル望遠鏡が観測を開始し、地上にも口径8~10mの巨大な望遠鏡が続々と建設されると、観測天文学の新しい時代の幕が開いた。ビッグバンが起こってからまもないころの原始銀河、宇宙の大規模構造、暗黒物質に暗黒エネルギー、……想像だにできなかったような新しい事実が次々と見つかって、宇宙の描像はすっかり描き替えられてしまった。

天文学者たちの研究スタイルもまた、再びすっかり様変わりしてしまった。最先端の観測施設はよりいっそう巨大科学的になり、おおぜいの天文学者や技術者たちが運用にあたっている。大がかりでシステムティックな観測プロジェクトや新しい観測装置の開発などに、高エネルギー物理学のような他分野の研究者が加わることも珍しくなくなった。観測によって得られたデータは電子的な形態で集積され、公開されるのが当たり前になっている。観測が行われている場所から遠く離れたところでも、また場合によっては自分で観測を行わなくても、コンピューターネットワークを利用して必要なデータを手に入れ、解析を行うことができるようになった。

そして、天文学研究の最新の成果が、天文台や研究機関のウェブサイトで一般向けにすぐに公開され

ることも、今日ではごく当たり前のことになっている。それらはまた、ネット上のニュースサイトやテレビ番組、新聞や出版物などでも紹介され、多くの人々の目にふれている。とりわけ1990年に打ち上げられたハッブル宇宙望遠鏡がとらえた、息をのむほど鮮明な天体画像の数々は、人々に強い印象を与え、いまや新しい時代の天文学の聖像となっている。

## 6. 天体画像ができるまで

今日の天体画像の意味合いを考えると注意しておかなければならないのは、CCD素子を使った撮像観測は、ふつうのカメラで撮影するのと違って、シャッターボタンを押せば自動的に画像が得られるというものではない、ということだ。カラーフィルムはそれぞれ赤、緑、青の3原色に対応する感度の特性をもつ、3つの感光材の層が塗り重ねられている。また市販のデジタルカメラの画像センサー（CCDやCMOS）では、赤、緑、青のフィルター付きの受光部が互い違いに配置されていて、それら一組で1つの画素を構成している。一度シャッターボタンを押すだけで、それぞれの画素ごとに3色のデータが記録され、自動的にカラーの画像が得られるようになってきているのだ。

それに対して、天文学の研究に用いる撮像用の観測装置では、CCDのひとつひとつの受光部を、それぞれ1個の画素として扱っている<sup>6)</sup>。観測を行うときには、特定の波長域の光だけを通すフィルターを装置の焦点面を覆うようにとりつけ、すべての画素を使って1つの波長の光だけをとらえる。こうして1回の撮像で得られるのは、(図3(b))のような単色の画像だ。

この時点では、並んでいるCCD素子の隙間にあたる場所はデータがなくて真っ黒になっているし、素子の感度のむらなどのせいで画像に濃淡が生じてしまっている。事前にとっておいた検出器の感度などの参照データを使ってこれを補正し、また少しずつ視野をずらしてとったいくつかのデータを合成すると、むらや隙間のない画像になる(図3(c))。

さらに、カラー画像を得るためには、透過する波長域の違ういくつかのフィルターを用いてその対象を撮影したデータを合成すればよい。ただ、天文学の研究のための撮像観測では多くの場合、フィルターは見たままの色を再現することを意図してでは

なく、あくまで研究の目的に応じて選択される。場合によっては赤外線など、実際には人間の目には見えない波長のデータを組み合わせることもある。それでもとにかく波長域の短いほうから青、緑、赤の色に割り当て、“それっぽく自然に”見えるように色合いを調整することで、違和感のないカラー画像をつくり出している(図3(d))。

## 7. 表現としての天体画像

このように、CCDによる観測では、素子のひとつひとつの画素がとらえた光の量を電気的な信号として記録しており、それをもとに画像を“再構成”している。以前の天文学者たちが写真乾板を“生データ”の記録媒体のように考えていたのに対し、いまや“生データ”はCCD素子から読み出しデジタル化されたデータ、一組の数値なのだ。それをもとにして再構成した画像は、観測対象の天体の構造を研究者が目で見ても認識できるようにするための、データの“視覚表現”というべきものになった。

画像をつくり出す過程には、たとえば検出器の感度のばらつきについてのデータなど、補正を行うためのさまざまな知識が必要とされるだけでなく、観測者の意図が明確な形で介在することになる。写真乾板を使っていたときのような、画像の客観性を保証していたオートマティズムは、一見すると失われてしまったかのようにも思われる。

だが、CCDによる観測が一般的になっていくのにとともに、さまざまな観測で得られるデータのフォーマットは標準化され、それらを扱う汎用的なデータ処理のソフトウェアも、多くの天文学者たちによって利用されていくことにより、デファクトスタンダードに育っていく。やがてそれらのソフトウェアはいわば“ブラックボックス”のようになり、そのなかで行われるデータ処理が適切かどうか、いちいち問われることもなくなる。このような標準化によって、画像が生み出される過程における実質的なオートマティズムが確立し、画像の客観性や信憑性が維持されているのだ。

とはいえ、写真の現像やプリントでも人によって上手下手や好みの違いがあったように、電子的なデータからカラー画像を生み出す過程でも、人によって仕上がりの差異が現れてくる。とくに天文台などで一般向けに公開している画像には、CCDの

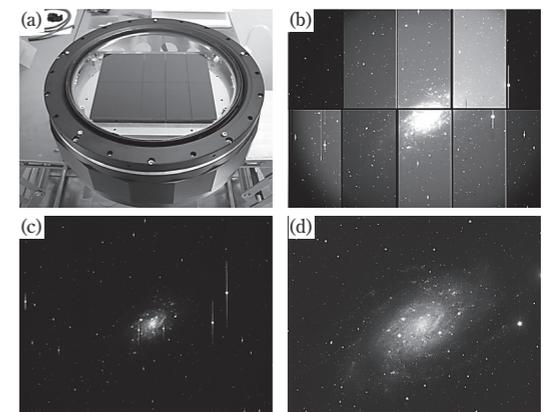


図3 すばる望遠鏡の主焦点カメラのCCD素子と、銀河の画像ができるまで。すばる望遠鏡の主焦点カメラは広い視野を確保するため、800万画素のCCD素子を10個並べている(a)なので、その隙間に落ちてきた光は検出できない。そのため、1回の撮像で得られる画像には隙間ができており、また濃淡のむらもみられる(b)。素子の画素ごとの感度などの参照データを使って補正し、また少しずつずらしてとったいくつかのデータを合成すると、むらや隙間のない画像になる(c)。さらに、3つの波長域の違うフィルターを用いて撮像した画像にそれぞれ赤、緑、青の色を割り当てて合成すると、カラーの画像ができあがる(d)。© 国立天文台

飽和によって生じた線を消したり、色調を補正するといった「芸術的な仕上げ作業」が施されている。そのようにしてでき上がった画像を見ると、たとえばハッブル望遠鏡の画像の多くは、その圧倒的な解像度を誇示するような派手な色調に仕上げられているし、それと比較すると、すばる望遠鏡の画像は表現がちょっと控えめにも見える。このような一般公開用の画像であれ純粋な研究用の画像であれ、そこには天文学者たちの科学的知識や合理的思考が表れており、美意識や価値観、文化の違いを反映しているのかもしれない。

### 参考文献

- 1) 国立天文台ウェブサイト、研究成果「日本最古の星野写真の発見」、<http://www.nao.ac.jp/news/science/2012/20120316-plate.html>
- 2) Lankford, John, The impact of photography on astronomy, in *Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950, part A*, ed. by O. Gingerich, Cambridge U. P. (1984).
- 3) 橋本毅彦、『描かれた技術 科学のかたち—サイエンス・イコロジーの世界』東京大学出版会(2008)。
- 4) Mitchell, William J., *The Reconfigured Eye: Visual truth in the post-photographic era*, MIT Press (1992)。
- 5) たとえば、大沢清輝解説『パロマ天体写真集』地人書館(1974)。
- 6) 国立天文台編、『ビジュアル天文学 宇宙へのまなざし すばる望遠鏡天体画像集』丸善(2009)。