

円筒にレンズを入れた屈折望遠鏡で星空を覗き、コペルニクスの地動説を支持したガリレオ・ガリレイがこの世を去ったその年、1642年、アイザック・ニュートンが生まれた。ガリレオから一世代あとのニュートンは、世界で初めて実用に堪える反射望遠鏡を作った。

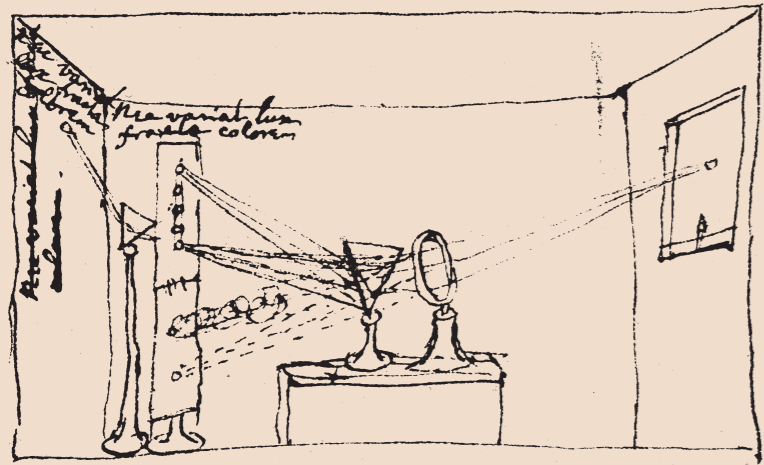
反射望遠鏡は、レンズの代わりに凹面鏡を使って光を集める。ニュートンに先だって、デカルトやグレゴリーら、反射望遠鏡のアイデア自体は発表されていたが、実用的なものは実現していなかった。結局、子どもの頃から実験好きで何でも自作し、手先が器用だったニュートンが、反射望遠鏡を現実のものとしたのである。

ニュートンが望遠鏡を作ったわけ

文/萩谷美也子
写真/ミワタダシ 国立天文台
PPS Corbis Japan

宇宙の果てを探る巨大望遠鏡の原型は
ニュートンの光学的関心から生まれた

ケンブリッジ大学トリニティ・カレッジのホール中央、もっとも目立つところにニュートンの像は立っている。そして、その手に持たれているのは、反射望遠鏡を作るきっかけともなったプリズムである。



光の分散の実験
窓の板戸に小さな穴をあけ、暗い部屋に入れた太陽光を最初のプリズムを通して分散させた。色ごとに第2のプリズムに通しても、それ以上は分かれなことから、色には固有の屈折率があると考えた。図はニュートンのノートに残された実験メモ。

光への強い関心とプリズムの実験

思索や工作に没頭するあまり、領主の跡継ぎとしての実務能力がゼロだったニュートンは、心配した叔父によってケンブリッジ大学トリニティ・カレッジに送り込まれた。友人をほとんど作らず読書に没頭する生活だったらしい。

「望遠鏡を考案するくらいだから、天体観測にのめり込んでいたのだろう」と思われがちだが、実は違う。当時の学者はさまざまな事象を観察し、それらを支配する法則を解き明かそうとしていた。自然科学と哲学、神学、錬金術までもが渾然一体となってニュートンの知的好奇心を刺激していた。1664年頃からはほぼ独学で「哲学的疑問」と名付けたノートに自分の理論や考察を書き綴っている。

なかでも若きニュートンの心を強くとらえていたのは、光と色彩に関する研究である。ニュートンはデカルトの『屈折光学』への反論をノートに記し、レンズやプリズム、鏡などの光学器材に夢中になった。また光と視覚に興味を持つあまり、太陽を見続けた後、まぶたを閉じると現れる残像を観察し、眼を痛めそうになったこともある。そうして自らの理論に自信をつけたのである。

1665年にロバート・フックの『ミクログラフィア』が発表された。そこに書かれた色彩理論に疑問を感じたニュートンは、有名なプリズムの実験を行った。太陽の光(白色光)をプリズムに通すと、さまざまな色のついた光線(スペクトル)に分かれる。この色つき光線を、ニュートンは第2のプリズムに通してみた。すると光線の色は変わらず、それ以上細かく分かれることもなかつ

た。そこからニュートンは、白色光はそれぞれ固有の屈折率をもつ複数の色の光からできており、すべて混ぜ合わせると白い光になると考えた。この知見が数年後の反射望遠鏡作りへとつながる。またフックへの反論のために、2枚のガラスに挟まれた薄い空気の膜の光の屈折実験を行って、レンズや鏡面のゆがみの検査に使われている「ニュートンリング」の現象を発見したのもこの頃だ。

反射望遠鏡作りと後世への影響

当時の望遠鏡のレンズは、像がにじんだりぼやけたりする現象から逃れられなかった。ニュートンはその原因が、光の色の屈折率の違いにあることを理解した。いわゆる「色収差」であり、屈折望遠鏡には限界があると感じていた。

そこでために、レンズのかわりに凹面鏡を使って光を集める反射望遠鏡を作ってみることにした。当時は銀やアルミでメッキしたガラス鏡はなく、鏡といえば、金属を磨いて作る金属鏡だった。ニュートンは自分で工夫した合金で凹面鏡を鑄造し磨き上げた。反射望遠鏡の難しさは凹面鏡作りにある。よい像を得るためには光の波長(380~740nm)の数分の1の精度で研磨しなければならない。ニュートンの反射望遠鏡はだれにもまねができないほどの精度を持っていたという。1704年に出版された『光学』の中で、ニュートンはその理由が鏡の研磨方法にあるとし、その方法を詳しく記している。職人並みに器用で、しかも鏡に何が要求されるかを知り尽くしていたニュートンは、銅で作った型に合わせて合金を成形し、ピッチ研磨で磨き上げたのだった。

晩年のニュートンは、あの有名な望遠鏡はどこで作らせたのかという問いに「どこで? 自分で作ったのだよ! 道具も全部自分で作った。他人任せになんかしていたら、何も生み出すことはできなかっただろう」(コンデユイットの覚え書き 1726年)と答えている。1668年に作られた最初の望遠鏡の長さは6インチ(約15cm)、倍率は40倍で、鏡筒が10倍以上も長い6フィート(約1.8m) 屈折望遠鏡の性能をしのぐと自ら記している。

ニュートンの望遠鏡のうわさはケンブリッジから口コミで広がり、1671年に科学者のコミュニティである英国王立協会で披露されることになった。世界初の実用反射望遠鏡は驚きを持って迎えられ、ニュートンはそれを足がかりに色彩についての論文を王立協会に送り、気鋭の研究者としてのデビューを果たしたのだ。

もしニュートンがこのとき反射望遠鏡を作っていなかったら、望遠鏡の歴史はかなり違うものとなっていただろう。屈折望遠鏡の時代がしばらく続き、今のような“すばる”に代表される巨大反射望遠鏡の時代はまだ訪れていなかったかもしれない。

ニュートンの望遠鏡のしくみ



現在、ニュートンの望遠鏡のオリジナルはどこにあるのかわかっていない。最もよく知られているのは、英国王立協会所有のもの(4ページの写真が、その現物)で、同じ形の複製品が多数存在、今回のふろくもこのデザインを採用した。協会のもの自体も18世紀後半にヒース&ウィング社が製作した複製であることがわかっている。複製品や手書き、あるいは印刷物として残された図版をもとにニュートンの望遠鏡のしくみを見てみたい。

材質

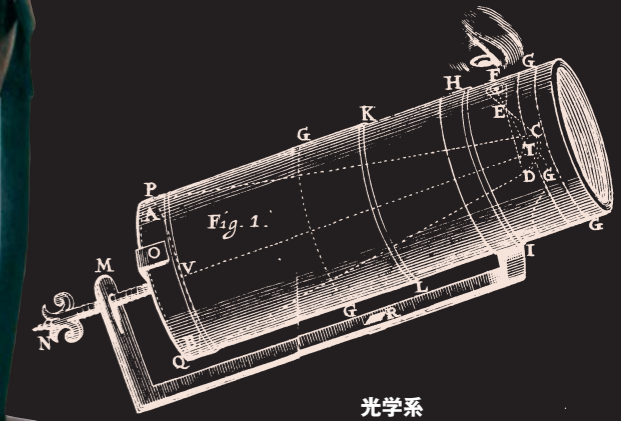
鏡には、ニュートンが自ら考えた銅とスズ、ヒ素、それに少しの銀を混ぜた合金が使われている。鏡筒は真鍮の筒を芯にして、リング状の真鍮板と鉄製の支柱とで保持されている。複製品では、架台部分が木と鉄でできている。

性能

最も詳細がよくわかっていて、第2号機(下の②)の性能を紹介しよう。主鏡は直径約50mm、焦点距離160mmの球面鏡で、接眼レンズは焦点距離42mm、したがって倍率は38倍。焦点距離から考えると、鏡筒長は約150~160mmくらいと考えられる。

特徴

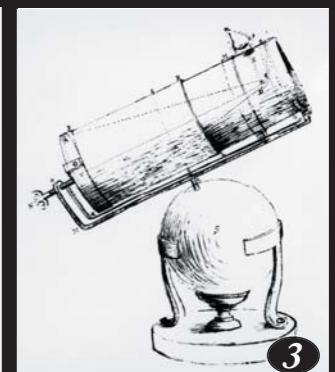
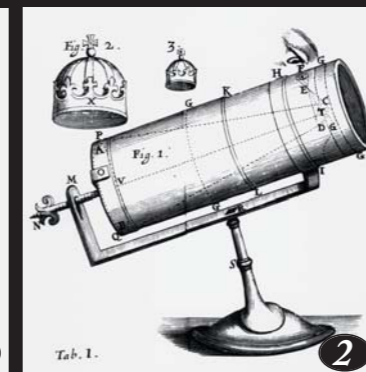
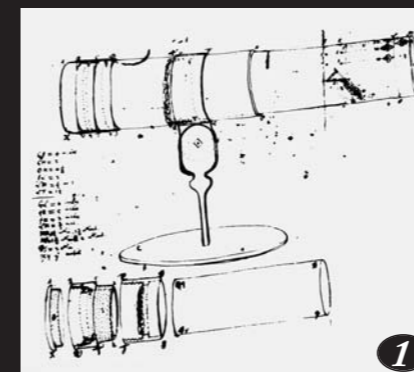
まず、自立するのは大きな球状のマウント部。この部分は図版に描かれたもの(下図①②)では、違うスタイルのものが採用されているが、基本的にはユニバーサル・ジョイントで、好きな方向に自由に動かせるよう設計されている。また、ピント調整はネジで鏡筒を伸び縮みさせる方法がとられている。



光学系

上の図版とともに、ニュートンは光学系の説明を残している。開放した鏡筒先から入射した光は、鏡筒底部に取り付けられた凹面鏡により、反射・集光される。集光した光はなるべく小さな楕円形の平面鏡で受け、角度をつけて平凸レンズの接眼鏡に送られる。当時は、この方式は“新しい屈折反射式”望遠鏡と呼ばれることもあった。

果たしてニュートンが作った望遠鏡は?



ニュートンは反射望遠鏡をいくつか作っている。①は、ニュートン直筆の図版。おそらく1号機を作る時の構想段階のものと思われる。②は実際に王立協会発行の雑誌『フィロソフィカル・トランザクションズ』に残されたニュートンの原稿に付していた説明イラスト。反射望遠鏡の光学的なしくみがよく説明されている。③王立協会が書き起こされたスケッチ。現在最もよく目にする複製品に近い形をしている。王立協会がオリジナルを所有していたときに、実物に基づいて描かれたものだろうか。

参考文献:『アイザック・ニュートン』リチャード・S・ウェストフォール著/平凡社 『ニュートンの海 万物の真理を求めて』ジェイムズ・グリッグ著/NHK出版 『世界を変えた科学者 ニュートン』ステイブ・パーカー著/岩波書店