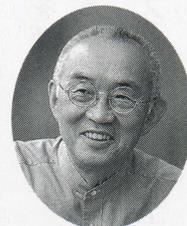


# 誰かに教えたくなる 科学技術の話 33

## 宇宙の彼方を見極める 「天体望遠鏡」



東京大学名誉教授 月尾 嘉男

### オランダで発明された望遠鏡

壮麗な星空を堪能できる季節になっている。これまで筆者は北極の氷上、南洋の海岸、砂漠の砂上など世界の僻地から満天の星空を堪能してきたが、それでも肉眼で観察できる六等星までの星数は約八六〇〇個であり、日本の都会では快晴の夜空でも三等星までの三〇〇個程度の星々しか眺望できない。そこでさらに多数の星々を観察したいという欲求から望遠鏡が開発されてきた。

そのように星空を詳細に観察したいという単純な欲求以上に、未知の土地の探険では進路を探索するため、大洋の航海では水平線上に鳥影を発見するため、戦争では敵軍の状況を察知するためなどに肉眼以上の視力をもたらす道具、すなわち望遠鏡は人間が長年追求してきた道具である。しかし、この道具を人間が手にしたのは意外に最近の十七世紀のことである。

十六世紀から十七世紀にかけてはオランダの黄金時代であった。商業では航路をアジアまで開拓して東方との貿易を独占し、世界最初の証券取引市場を創出して金融を支配しただけでなく、絵画ではレンブラントやJ・フェルメール、法

律ではH・グロテウス、科学では汎神論者B・デ・スピノザ、天文学者C・ホイヘンス、顕微鏡発明者A・ファン・レールウエンフックなどを輩出している。

そのような背景から、望遠鏡も十七世紀初頭のオランダで発明された。しかしガラスの単体のレンズは紀元前七世紀以前に作成されており、十九世紀中頃にメソポタミアの古代遺跡からレンズが発見されている。さらに古代エジプトは周辺の国々に輸出するほどレンズを大量に生産し、物体を拡大して観察できることは承知していたようであり、古代ローマの文書に記載されている。

それを眼鏡として利用した最初はフィレンツェの貴族S・D・アルマチーで十三世紀後半、さらに十四世紀初頭にはピサのA・デ・スピーナとされ、商人によりヨーロッパ全域に流通するようになった。その技術はオランダにも伝播し、眼鏡を商売にしていたH・リッペルスハイが二枚のレンズを組合せると遠方の風景が拡大されることを発見し、特許を申請したのが一六〇八年のことである。

### 天体観測を変革した望遠鏡

この情報は一瞬にしてヨーロッパ全土に拡散し、すでに翌年にはガリレオが情

報を入手、対物レンズが口径四二ミリメートルの凸レンズ、接眼レンズが凹レンズ、全長二四〇センチメートルの倍率九倍の望遠鏡を製作、さらに次々と倍率十五倍、二十倍の望遠鏡を製作し、月面のクレーターや木星の衛星などを発見して一六一〇年に成果を『星界の報告』として発表した。

この報告に刺激されたドイツの天文学者J・ケプラーは、急遽、自身も研究して、翌年には『屈折光学』を出版し、視野が広範ではないために天体観測には不向きであるというガリレオ方式の欠点を改良するため、両方とも凸レンズにした望遠鏡を製作した。これは上下が逆転するため地上の使用には不適であるが、視野が広角のため、次第に天体観察の主流になっていく。

この対物レンズと接眼レンズで構成される装置は**屈折式望遠鏡**であるが、重大な欠点があった。I・ニュートンは一六六〇年代から光線について研究し、白色光線は様々な波長の光線の合成であることを発見していた。そうするとレンズに入射した光線は波長によって屈折比率が相違するので一点に集中せず、虹色になってしまう。これを**色収差**といい、焦点

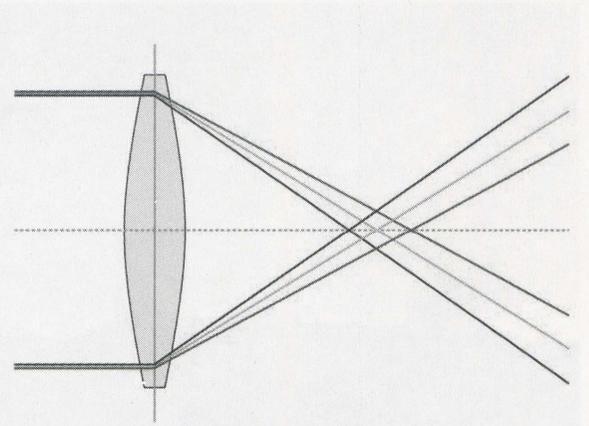


図1 色収差

の位置に光線が収束しない(図1)。

この問題の解決の第一の方法は対物レンズの焦点距離をできるだけ延長して色収差の影響を軽減することである。それが**空中式望遠鏡**であり、対物レンズと接眼レンズを鏡筒の両端に装着せず、一直線上に設置するだけの空中望遠鏡で、一六七三年にJ・ヘヴェリウスが製作した装置では対物レンズと接眼レンズの間隔が四六メートルという巨大な装置であった(図2)。

第二の方法が**反射式望遠鏡**である。鏡筒に入射した光線を底部に設置した凹面鏡で反射させて一点に集中させ、途中で側方に反射させて観察する仕組みである

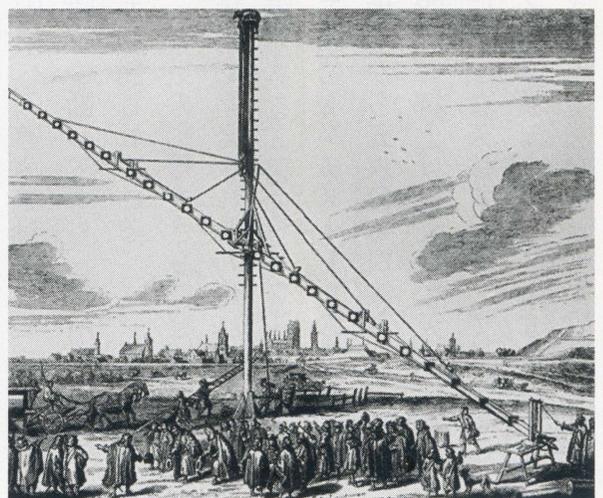


図2 ヘヴェリウスの空中式望遠鏡 (1673)

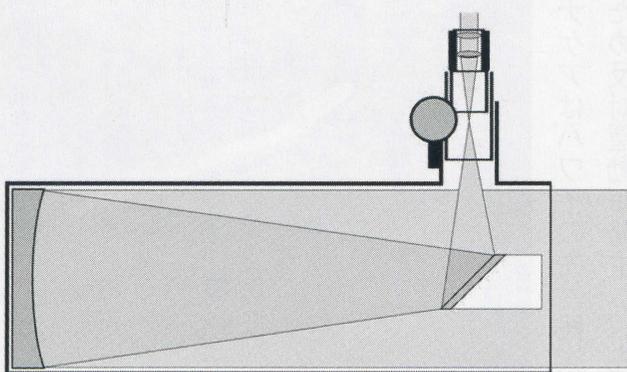


図3 反射式望遠鏡の原理

(図3)。一六六三年にスコットランドの学者J・グレゴリーが製作、さらにニュ



図4 ヤーキス天文台屈折式望遠鏡 (1897)

ートンが一六六八年に製作した装置は全長一五センチメートル倍率三十倍から四十倍であり、木星の衛星の観測結果などを発表している。

両方の方式とも技術開発が進展し次々と口径の巨大な望遠鏡が建設されていくが、有名な装置として**リック天文台**（一八八八／屈折／口径九一センチメートル）、**ヤーキス天文台**（一八九七／屈折／一〇二センチメートル）（図4）、**ウイソン山天文台**（一九一七／反射／二五七センチメートル）、**パロマー天文台**（一九四八／反射／五〇八センチメートル）などがあり、現在も使用されている。

**宇宙にまで進出する望遠鏡**

さらなる問題は地上に設置すると、大

気の影響で画像が鮮明ではなくなり、さらに気流の影響で画像が動揺することである。そこで高山に装置を設置することになり、ハワイ島の標高四二〇〇メートルのマウナケア山頂に日本の**すばる望遠鏡**（一九九九／反射／八二〇センチメートル）や**ケック望遠鏡**（一九九三／反射／九六二センチメートル）など十機以上の望遠鏡が設置されている（図5）。

このマウナケア山頂には、日本、アメリカ、カナダ、中国、インドの五カ国が共同で直径三〇メートルの反射式望遠鏡**TMT**（サーティ・メートル・テレスコープ）の建設を計画していた。ところが

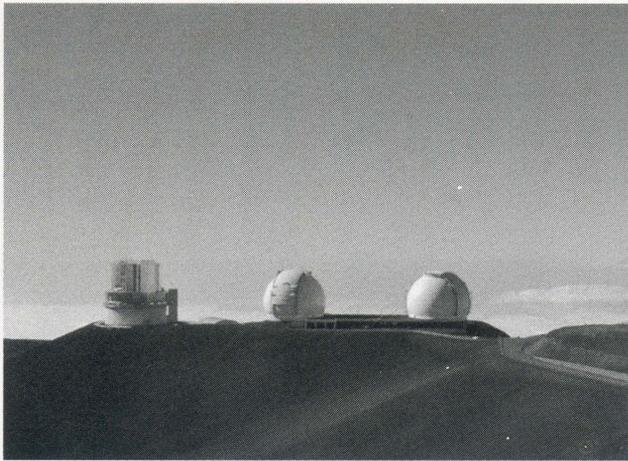


図5 すばる望遠鏡 (左) とケック天文台 (右)

マウナケアはハワイの先住民族の聖山であるため反対運動が発生し、先住民族は山頂への道路を封鎖した。その結果、建設は中断しており、他所へ建設することも検討されている。

大気の影響をさらに軽減しようという意図で開発されたのが**ハッブル宇宙望遠鏡**である（図6）。一九九〇年に、直径二四〇センチメートルの反射式望遠鏡を地上から五六〇キロメートル上空の宇宙空間に打上げ、大気や天候に影響されずに様々な天体を撮影して地上に伝送してくる装置である。これまで地上から撮影された星雲などは異質というような写

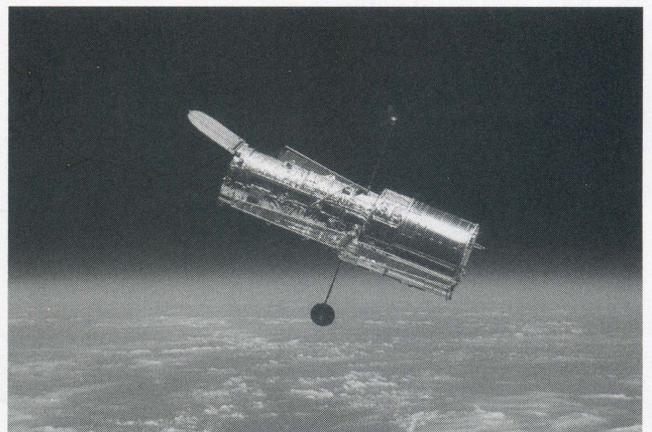


図6 ハッブル宇宙望遠鏡

真が次々と撮影され大騒ぎとなった。

### 光線から電波へ拡大

ここまでは可視光や赤外線を対象としていたが、一九三〇年代に宇宙から電波が到来していることが判明、それを受信する**電波望遠鏡**が開発された。これは電波を反射する素材による直径数十メートルにもなるパラボラアンテナで、世界には百基以上が建設され、南極大陸にも二基が存在する。日本には長野県野辺山に直径四五メートル、岩手県奥州市に直径二〇メートルの装置が存在する。



図7 アレシボ電波望遠鏡

しかし、微弱な電波の受信には巨大なパラボラアンテナが必要であり、しばらく以前までは一九六三年に**プエルトリコのアレシボ**に建設された直径三〇五メートルの装置(図7)が最大であったが、現在は二〇一六年に**中国の貴州**に実現した直径五〇〇メートルのアンテナが最大である。この装置を大鍋として炊事をすれば、世界の全員に茶碗四杯のチャーハンを提供できる規模である。

アレシボ電波望遠鏡は宇宙からの電波の受信とは反対に、一九七四年に地球外知的生命体と交信する目的で、M一三という球状星団に電波を発信するのにも利用された。一方、膨大な受信電波から規則のある信号を抽出し、宇宙のどこから知的生命が発信している電波を探査する**SETI**(**地球外知的生命体探査**)にも利用されているが、現在まで、そのような電波は発見されていない。

さらなる発展は一基の巨大アンテナではなく、広大な土地に多数の電波望遠鏡を設置、それらを統合して一つの巨大電波望遠鏡として利用する構想である。その最大の装置がチリの標高五〇〇〇メートルに展開するアタカマ砂漠に建設された**アルマ望遠鏡**で、口径一二メートルの



図8 ハッブル宇宙望遠鏡による写真

アンテナ五四基、口径七メートルのアンテナ十二基で構成され、二〇一一年から一部を使用して観測を開始している。

人類は過去数百万年、星空を眺望しながら星座を想像するなどしてきたが、次第に天体の運行に規則を見出し、それを精緻な学問に発展させてきた。現在では宇宙の最果てにまで究明は到達しつつある一方、ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した星雲の克明な写真を鑑賞すると、宇宙における人間の存在の奇跡を実感する(図8)。その感動をもたらしているのが望遠鏡という技術である。