

天文観測技術の最前線 (8)

オフセットパラボラ反射望遠鏡

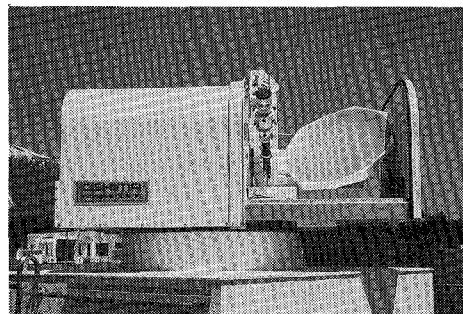
— 高効率・低雑音の光学系 —

紫外線から電波という7桁にわたる波長範囲の電磁波において、天体観測に用いられる望遠鏡の主力は反射望遠鏡です。この反射望遠鏡にも欠点がいくつかありますが、その一つは主焦点が主鏡の前でできてしまうことです。そこで、望遠鏡の筒の中の主焦点位置に CCD カメラなどの小型の検出機器をおくか、あるいは小さい「副鏡」をおいて焦点を筒の外に引き出すという工夫がされているのはご存じの通りです。しかしその代償として、筒の中の主焦点機器や副鏡による「ケラレ」が発生してしまいます。可視光の場合、それは主鏡の集光面積が若干(数%)減少することと明るい星のまわりに副鏡の支持柱による回折パターンが出ることの二つの影響となって望遠鏡の性能を劣化させますが、その影響は比較的軽微といえます。

ところが遠赤外線や電波の場合になると事情がかなり変わってきます。第一に、波長数 $100\ \mu\text{m}$ (遠赤外) や数 mm ないし数 cm (電波) という長い波長のため電磁波の回折が無視できなくなります。そのため、主焦点付近におかれた機器や副鏡は、その大きさにくらべてかなり広い範囲にわたり電磁波が伝わるのを邪魔し、光学系の効率(天体からの信号の何パーセントをコヒーレントに検出器に導けるか)を著しく下げる結果となります。

第二に、これらの波長は常温(300K)の黒体放射のピークに近いので、可視光の場合によくやるように黒いつや消し塗料を塗った絞りで迷光をカットしようとする、かえって絞りの「黒体」放射でバックグラウンドが上がってしまうことがあります。望遠鏡の光学系の中にある主焦点部の機器や副鏡のサポートからの熱放射、さらに上に述べた回折のために望遠鏡の鏡筒や地面などから回り込んでくる熱放射は、みな望遠鏡の雑音を増やしてしまうのです。

写真は最近観測を開始した口径 60 cm の東大-NRO サブミリ波サーベイ望遠鏡です。この望遠鏡は、上に挙げた二つの問題を解決して高い効率と低い雑音を達成し、小口径ながら高い検出感度を得るために、オフセットパラボラ光学系を採用しています。



オフセットパラボラ光学系を採用した東大-NRO サブミリ波サーベイ望遠鏡。非軸対称形状に削られた口径 60 cm の主鏡は左側の副鏡(光学ガイド望遠鏡の後方)付近に焦点を結ぶ。

オフセットパラボラ光学系とはどのような光学系でしょう。写真を見ると主鏡の正面には視界をさえぎるものは全くありません。天体からやってきた電磁波(この場合波長約 1 mm の電波)は、傾いた主鏡で斜めに反射し、主鏡に対して左側に寄った位置にある副鏡付近に焦点を結びます。この焦点はカセグレン焦点に引き伸ばされ、さらに数枚の反射鏡で望遠鏡の下の部屋にある受信機へ導かれます。このように主鏡を傾けた光学系は 18 世紀末にハーシェルが彼の大望遠鏡で採用したものと基本的には同じと言えます。しかし、現代のオフセットパラボラ光学系は、ハーセルのように軸対称に磨かれた主鏡を傾けて取り付けるのではなく、はじめから主鏡や副鏡を非軸対称に整形してコマ収差の発生を防いでいます。一口で言えば、「オフセットパラボラ光学系は、普通の軸対称なパラボラ光学系の一部を中心をはずして(オフセットして)切り取ったもの」なのです。

現在世界で稼働しているオフセットパラボラ反射望遠鏡としては、上述の 60 cm 望遠鏡の他にアメリカのベル研究所の 7 m ミリ波望遠鏡があります。いずれも非常に高い効率と低い雑音を実現していることが観測から実証されています。オフセット光学系が今のところ電波望遠鏡にのみ採用されている主な理由は、光の領域で使える高精度の非軸対称主鏡が作れないことです。しかし、各国で開発が進められている能動光学(天文月報 1989 年 12 月号の家・山下両氏の記事を参照)の進歩によってオフセットパラボラ鏡が作れるようになれば、近~中間赤外(波長 2~10 μm)で雑音のきわめて低いオフセット赤外望遠鏡が実現するのも夢ではないでしょう。

長谷川哲夫(東大・理)

平成 2 年 7 月 20 日

発行人

〒181 東京都三鷹市国立天文台内

社団法人 日本天文学会

印刷発行

印刷

所 〒162 東京都新宿区早稲田鶴巻町 565-12

啓文堂 松本印刷

定価 470 円

発行

所 〒181 東京都三鷹市国立天文台内

社団法人 日本天文学会

(本体 457 円)

電話 (0422) 31-1359

振替口座 東京 6-13595