象限儀の中の小さな工夫

天体の高度を測定する象限儀

科学館の展示場4階「江戸時代の天文学」で、江戸後期に使われていた観測機器「象限儀」のレプリカを展示しています。象限儀は「四分儀」とも呼ばれ、天体の高度を測定するのに用いられます。本体は円を1/4に分割した扇形で、円周部分に角度目盛が刻まれており、そこに照準器が付いています。

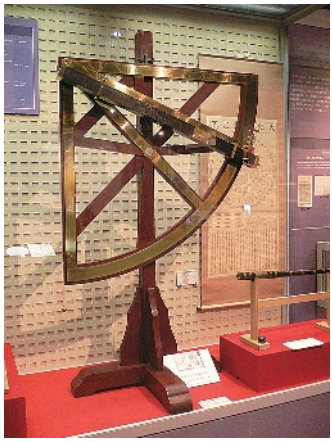

写真1：展示中の象限儀

展示している象限儀は、伊能忠敬が全国測量の際に使用したものを再現したレプリカで、同タイプのものは幕府天文台でも使用されました。このタイプを作ったのは大坂の天文学者・間重富で、当時の国産象限儀の精度を大幅に向上させることに成功しています。第一の工夫は、照準器に望遠鏡を組み込んだことで、肉眼より精度の高い観測が可能になりました。第二の工夫は、角度読み取り目盛の改良で、間重富が考案した独自の工夫です。ここでは、後者を詳しく見てみましょう。

象限儀のダイアゴナル目盛

象限儀の角度目盛をよく見てみましょう（写真2）。「初」とあるのは0度のことで、「一」が1度です。その間が6分割されているので、最小目盛は1度の1/6、つまり10分角です。

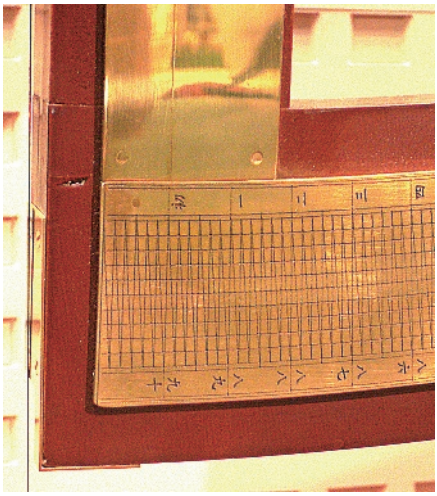

写真2：象限儀の角度目盛

また、角度目盛部分に11本の同心円が描かれ、さらに10分角ごとに最内円から最外円に向かって対角線が引かれています。この目盛形式は「ダイアゴナル目盛」または「対角斜線目盛」と呼ばれ、これを使うと、本器では10分角のさらに1/10、つまり1分角まで読み取りが可能となります。

読み取り方の一例として、角度目盛の1度と1度10分の間の角度を見て見ましょう。写真で見るように、1度00分の最内円

から、1度10分の最外円に向かって斜線が引かれています。この時、内側から何本目の同心円と斜線が交わっているかを見ます。もし、内側から2本目の同心円と斜線が交わっていれば、そこが1度01分。同様に3本目の同心円と交われば1度02分、…となり、最内（11本目）の円と交わったところが1度10分です。

より正確な角度を求めるために

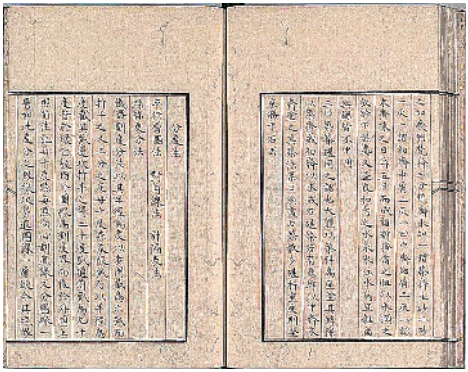

写真3：『寛政暦書』巻25。角度目盛の刻み方の項。国立国会図書館デジタルコレクションより。

実は、この象限儀に刻まれた同心円の間隔を詳しく測定すると、等間隔ではないことが昔から知られていました。最も内側の2本の同心円の半径差は約4.0㎜、最外の2本の同心円の半径差は約4.27㎜で、そのあいだの円の半径差も少しずつ変化が付けられているのです。これこそが間重富の工夫で、同心円を等間隔に刻むと、円の半径差によって目盛の角度に誤差が生じることに気付き、わずか1㎜にも満たないスケールで間隔を調整したのです。

半径の調整の方法は、1844年に幕府天文方が編纂した『寛政暦書』に書かれています（写真3）。それによると、まず最も内側と外側の2本の円を描き、最小目盛（10分角）を刻んで対角線を引きます。次に、角度が正確に10分割できるように、正弦定理を用いて、残り9本の同心円の半径をひとつひとつ決めていったのです。

ダイアゴナル目盛自体は西洋で考案され、日本へは中国の天文書を通じて紹介されました。しかし、間重富が参考にしたと考えられる中国の『崇禎暦書』には、「その誤差の値はわずかであるから、目盛の同心円は等間隔でも良い」とありました。つまり、重富は教科書に満足せず、綿密な計算と精密な工作技術を駆使して、精度の高い象限儀を作り上げたのです。

こんなところにも工夫が

精密に作られた象限儀ですが、正しく水平・垂直に設置しないと、性能を発揮することができません。そこで垂直出しの調整用に、目盛盤の横におもりの付いた糸が垂らされています。これが第三の工夫です。紙面の都合上、写真でご紹介できませんが、ぜひ展示場で詳しくご覧になって下さい。向かって左側に糸がありますよ！

嘉数　次人（科学館学芸員）