

日影で太陽南中を測る

太陽南中高度から冬至を知る

去る6月22日は夏至の日でした。この日、筆者は日本最初の国産暦「貞享暦」を作成した江戸期の天文学者・渋川春海ゆかりの地に足を運んでいました。そこでふと、春海は夏至の日には必ず太陽の南中観測を行っていた事を思い出しました。

夏至の日は、太陽が夏至点(黄経90度)を通る瞬間を含む日を指します。そして約半年後には、太陽が黄経270度を通る冬至があります。

渋川春海の時代、一年の長さを決める際の基準は冬至で、毎年観測から冬至の時刻を求めています。併せて夏至や春秋分も観測対象でした。その際使われる観測機器の一つに「圭表」と呼ばれるものがありました。圭表は、垂直に立てた棒(表)と、棒が作った影の長さを測定するために水平に設置されたものさし(圭)からなります。圭は表の根元から真北に設置し、太陽が南中した時の影の長さを測定します。

渋川春海の冬至観測

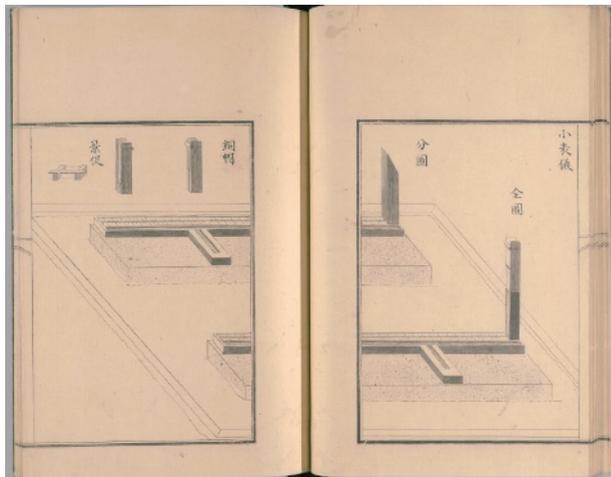
太陽南中の日影で冬至の決めるといふと、観測は冬至の日だけに行うものと想像しますが、天球上を絶え間なく動く太陽が冬至点を通過するのは一瞬ですから、冬至の日だけ太陽南中を測定しても冬至の時刻はわかりません。では、冬至の前後の日を合わせた三日間で十分でしょうか。

『貞享暦書』によると、渋川春海は貞享元(1684)年~3(1686)年の間、京都梅小路にある土御門家の天文台で、8尺の圭表を使って太陽南中時の影の長さを測定しました。8尺とは表の高さで、1尺を約30.3cmとすると約242cmになります。

そこで、『理科年表』に掲載された今年の冬至(12月22日)とその前後の日の太陽の赤緯データを下表にまとめました。そして、簡単のため京都の観測地の緯度を北緯35度ちょうどとした時の太陽南中高度(大気差等は考慮しない)を表の中央列に、また右列には圭表の高さを242cmとした時の影の長さをまとめました。

	太陽赤緯	太陽南中高度	影の長さ
12月21日	-23° 25' 50"	31° 34' 10"	393.836cm
12月22日	-23° 26' 09"	31° 33' 51"	393.917cm
12月23日	-23° 26' 00"	31° 34' 00"	393.879cm

表:2019年の冬至と前後の太陽赤緯、及び京都での太陽南中高度と圭表の作る影の長さの計算値。



写真：江戸時代に使われた小型の圭表「小表儀」。高さは1尺(約30cm)。『寛政暦書』(1844年)より(国立国会図書館デジタルコレクション)

これを見ると、12月21日と22日の影の長さの差は約0.8mm。また22日と23日との差は約0.4mmとかなり小さい値である事がわかります。冬至と夏至の前後は、日々の太陽南中高度の変化が一年中で最も少ないのですが、ここまで値が小さいと、冬至を含む三日間の観測だけで冬至の瞬間の時刻をしっかりと決定する事は無理と言わざるを得ません。実際に、渋川春海は冬至の前と後のそれぞれ数十日の太陽南中を測定し、データをたくさん集めた上で考察して冬至の瞬間を決定しています。

太陽南中測定の工夫

冬至の瞬間を正確に決めるために必要な工夫は他にもあります。まず、観測機器をしっかりと作り、設置しなければいけません。表は垂直に、そして測定中に風で揺れたり傾いたりしないように立て、圭は水平に保つ必要があります。

そしてもう一つ、太陽はみかけの大きさを持っていることへの対処です。地球から見た太陽は点像ではなく、角度で約32分の視直径を持っているため、表が作る影も輪郭がぼやけたものとなってしまいます。これは、地表に落ちた建物の影の輪郭が少しボンヤリしているのと同じ原理です。そこで、影の場所をしっかりと測定するための工夫が、ピンホールです。渋川春海は、銅板に小さな穴をあけた「景符」という道具を使い、圭の上に落ちた影の上にかざして、ピンホールの原理で太陽と表の横梁の像を映し出すことによって、影の長さを精密に決めました。

渋川春海の時代の後、18世紀末の幕府の天文台には高さ2丈(約6m)の表を持つ圭表儀が設置され、幕末まで使用されました。今も昔も、科学者は様々な工夫を用いて精密さを追い求めている様子が伺えます。

嘉数 次人(科学館学芸員)