

渋川春海は南中高度を正確に観測できたのか ～横梁型圭表儀の製作と江戸時代の観測の再現～

小松 眞歩、荒川 愛莉、日下部 咲希（中2）、谷元 琴音（中3）【塩尻市立丘中学校】

1. はじめに

これまで2年間、圭表儀（スリット型）を使って太陽の南中高度の観測をして、地球の軌道の離心率0.0337（公転速度が一定と考えた場合はケプラーの法則により求められる値の2倍の数値となる）と求めた*1。江戸時代の渋川春海は圭表儀（横梁の影を利用した伝統的な形式）を用いた観測などから正確な暦を作った。その暦定数から離心率を求めると、0.03546という現在の値に近い値が得られたという研究もなされている*2。渋川春海は太陽の位置の観測を正確に行うことによってそれに合う暦定数を求めていったのではないかと考えられる。そこで、当時使われていた横梁型圭表儀を新たに製作し、正確な観測ができるかどうかをスリット型圭表儀の結果と比較してみた。

2. 圭表儀の製作と観測

(1) スリット型圭表儀

私たちは、一日の太陽の動きを観測するためにピンホールを利用した装置を自作して使ってきた。更に2年前、ピンホールをスリットに換えて南中高度を測る装置を考え「丘中オリジナルの圭表儀」として観測に使用してきた。表（垂直な柱）や圭（影の長さを測る水平部）の部分は木材で作った。スリットから通った太陽の光が圭に太陽像として映し出された位置の両端を記録し、両端の仰角 φ を

$$\varphi = \tan^{-1} (\text{スリットの高さ} / \text{スリットの真下の点から太陽像までの距離})$$

より求め、それらを平均して南中高度を求めた。

(2) 横梁型圭表儀

本年度は、歴史的に使われてきた圭表儀（ここでは横梁型と呼ぶことにする）も新たに製作して観測を行った。このタイプは、表の上部の横棒（横梁）の影の位置を記録する。太陽に視直径があることで影がぼやけてしまうため、景符のスリットを通して影を細く鮮明にして観測する*3。南中高度を求めるときは、型圭表儀と同様の方法で行う。

製作した圭表儀の大きさは、横梁までの高さが60.0cm、圭の長さが120cmで、スリット型圭表儀と同一とした。渋川春海が愛用したとされる圭表儀は高さが43.5cmである*3なので、ほぼそれと同じ大きさである。横梁は直径5mmのステンレスパイプで作った。

(3) 横梁型圭表儀による観測

実際に使ってみると、景符を使ってはっきりした像を出すのが難しく、苦労した。スリットの幅を変えて試してみた結果、次のような方法で明瞭な横梁の影を映し出すことができたようになった。

- (i) 太陽高度が低く、横梁から影までの長さが長くなる時は景符のスリットの幅を狭くし、太陽と横梁の実像が圭（水平板）の上に見えるようにする。（図1）
- (ii) 太陽高度が高く横梁から影までの距離が景符の見た時の横梁の見かけの大きさが太陽視直径より大きくなってしまふことがある。その場合には景符のスリットの幅を広げ、スリットのつくる光の帯の中央に横梁のつくる本影ができるようにする。



図1 圭表儀と景符

3. スリット型圭表儀と横梁型圭表儀の観測結果の比較

二つのタイプの圭表儀の同時観測を行い、これまで14回観測した結果を比べてみた。基準となる南中高度の予報値として、観測地（丘中学校）に対する桁数の多い（0.01度までの）予報を見つけることができなかつたので、私たちが昨年、スリット型圭表儀の結果にフィットさせて定数を求めた計算式*1による値を用いた。計算式との差の 1σ は、スリット型が0.013°、横梁型が0.016°となり、観測値のばらつきは両者ともほぼ同じ、という結果となった。

4. まとめ

(1) 横梁型圭表儀の精度について

比較の結果から、横梁型圭表儀も精度よく観測できることがわかった。私たちはこのことから、渋川春海も、地球上の太陽の動き（太陽黄経）を観測から精度よく求めていたのではないかと、という考えを持った。

(2) 大型の圭表儀について

渋川春海は高さが8尺(2.4m)の大型の圭表儀も使っていた*3。それとほぼ同サイズの圭表儀の台座が京都梅小路の梅林寺に残されている。その仕組みを調べるために、梅林寺に横梁型圭表儀を持って行き、大きさなどを比較した。副住職さんからお聞きしたところによると、金属製の表（縦棒）は露天に立てたままにしておき、圭（水平の目盛りの部分）を観測時に台石のくぼみに差し込んで使ったそうである。この圭表儀の図面*3を見て疑問に思うのは、横梁の真下の位置をどのように求めたのか、という点である。大型圭表儀は冬至の日を求めめるためだけに用いたとすれば、影の相対的な位置を調べるだけでよいので、南中高度（角度）は求めなかつたのかもしれない。

5. 参考文献

- 1) 圭表儀による太陽の南中高度の観測から地球の公転軌道の離心率を求める, 谷元琴音(丘中学校), 長野県学生科学賞, 2016
- 2) 貞享暦の日行盈縮と定期, 須賀隆, 日本暦学会誌 第22号, 2015
- 3) 天文学史教材としての天体観測機器3DCG復元(4)古観測機器「圭表」の3DCG復元, 柳澤洋文, 天文教育 24(1), 2012