

水平面上の影の位置の変化から 太陽の南中時刻を観測するための子午線を求める

西川 創、伊藤 凌(中2)、斎藤 花音、市川 朔豊、小川 慶士、水本 陽菜、小澤 優月(中1)【丘中学校科学部天文班】

1. はじめに

私たちは2013年から7年間、棒の影を測って太陽の南中時刻の観測を続けてきた。しかし、観測値にばらつきが見られたため、より観測精度の高い装置を製作した。新しい装置を使い1日の影の動きから祖冲之の法で南中時刻を求めていたが、長時間の観測が必要なため、短時間で正確な値を求めるために正確な子午線を引く方法を考えた。

2. 観測装置の製作

南中時刻を求めるために図1のような装置を自作した。水平版を完全な平面に近づけ「あいじゃくり」と呼ばれる方法で骨組みを作り歪みにくくした。十字型の横梁で太陽像の中心を分かりやすくし、景符(ピンホール)を使って鮮明にするように工夫した。

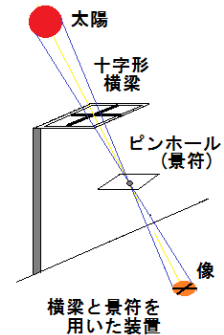


図1 水平版にできた影の位置を正確に求める装置の仕組み(上)と、ピンホールにより作られた太陽と横梁の像(下)

3. 祖冲之の法の問題点

祖冲之の法は、変化の様子が左右対称になる曲線(図2)について、曲線の一部を直線と仮定し、相似の関係を用いて、その変化の中央を求める方法である。これより求めた南中時刻を暦象年表と比べると誤差がほぼ十秒以下となったことから、高い精度での観測ができることが分かった。しかし、装置が観測可能な時間の太陽の動きのほぼ全てを記録できないと精度が大きく低下するという欠点があった。それを解決するためには正確な子午線を引き、そこに十字の横梁の影が一致した時刻を測ることで正確な南中時刻を求められると考えた。

4. 子午線を求める方法

観測場所は校舎のベランダである。そのため北極星を観測するなどして正確な南北(子午線)を求めることができない。そこで棒の影から正確な子午線を求める方法として次のようなものを考えた。

(1) コンパスで描いた円を用いて求める方法

コンパスで描いた円と太陽の影の移動の曲線の交わる点と点を結ぶ線の垂直二等分線が子午線になる。しかし、実際にやってみると、測定点の位置の誤差が大きく影響するため、求めた子午線の方向のばらつきが大きい。

(2) 祖冲之の法を利用する方法

コンパスで求める方法を計算で行う方法である。記録面である水平面上にたくさん線を引くことなく、子午線を求めることができるが、円を描く方法と同様に、測定点の位置の誤差の影響を受けやすい。

(3) 表計算ソフトを使って計算で影の位置を求める方法

私たちの先輩は2015年に影の位置を求める表計算シートを作った。これは圭表儀から得た太陽の南中高度、地図から読み取った緯度、棒の高さを入力し均時差と校舎に対する子午線の傾きを仮定して入力すると、水平版上にできる棒の先端の影の位置(座標)を求めることができる。このシートに均時差と子午線の傾きの値を少しずつ変えて入力し、観測値と計算値の差が最も小さくなる均時差と子午線の傾きを求める。

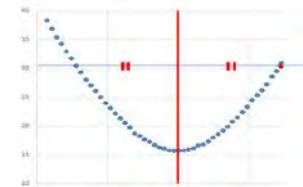


図2 影の長さの変化と祖冲之の法により南中時刻を求める

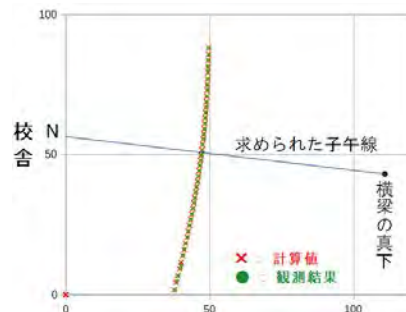


図3 南中高度と緯度から計算した影の動きと観測された位置の比較

5. 結果

図3は、2019年10月21日の観測結果である。計算値と観測位置の差が最小になった状態を示している。これまでの観測結果を表1に示す。

6. まとめと今後の課題

3つの方法で子午線を求めたが手作業で求める方法は誤差が大きく、方法として限界があることがわかった。また、祖冲之の法と表計算シートの結果は、求めた子午線の向きに 0.4° の差ができてしまっている、今後は、観測装置の真下の点の位置や水平版の縦横の辺が直角に交わっているか、などを見直し、より正確な子午線の向きを調べていきたい。

表1 計算値との比較から求めた子午線の方向(校舎とのなす角)

観測日	南中高度($^\circ$) (圭表儀観測)	校舎に対する 子午線の傾き($^\circ$)	均時差(分)	南中高度($^\circ$)
2018年10月8日	47.990	-6.844	-12.82	47.990
2018年10月13日	46.100	-6.900	-13.90	46.100
2018年12月15日	30.590	-6.910	-5.24	30.590
2019年1月14日	32.500	-6.937	8.70	32.500
2019年2月2日	36.960	-6.943	13.56	36.960
2019年5月25日	74.760	-6.990	-2.59	74.760
2019年8月24日	65.030	-6.960	2.55	65.030
2018年10月21日	43.178	-6.890	-15.64	43.178
2019年11月9日	37.089	-6.950	-4.89	37.089
標準偏差		0.044		
平均		-6.925		