

棒の影とピンホールによる太陽像の位置の観測から均時差の原因を探る

竹村 典晃, 渡村 友哉 (中2) 【長野県塩尻市立丘中学校】

1. 研究の概要

太陽の南中高度が季節により変化する様子や、南中時刻はいつも決まった時刻かどうかについて知りたいと思い、この研究を始めた。水平な板の上に見える棒の先端の影やピンホールによる太陽像の位置を記録する方法で、太陽の一日の動き（高度、位置角）を1年半の間、継続的に観測した。また、南中時刻の変化（均時差）が生じる原因について仮説を立て、作ったモデルと観測結果とを比べて考察した。

2. 研究の方法

(1) 観測装置・・・太陽の位置を正確に調べるために、影を利用した二つの装置を作った。(図1)

【装置1】頂角 65° を持つ棒の先端の影の位置を水平面上に記録する。

【装置2】装置1の改良型で、直径2mmのピンホールにより水平面上にできた太陽像の中央の位置を記録する。

※両装置とも棒の先端又はピンホールの穴から錘を下げ、記録水平面についての位置を「原点」とし、校舎の長辺方向をx軸、短辺方向をy軸とした。

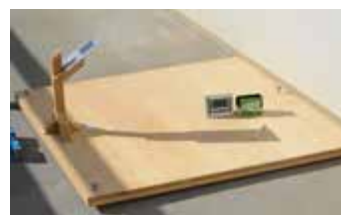


図1 観測装置(装置2)

(2) 観測の方法

週に1回程度観測日を設けて、次のような観測をおこなった。

- ① 装置を理科室のベランダに設置した。装置を校舎に密着させて、装置の方向が常に一定になるようにした。
- ② 装置1は15分ごと、装置2は5分ごとに影(太陽像)の位置を記録し、太陽の動きを詳しく調べた。
- ③ 各観測ごとに表計算ソフトで太陽の高度と方位を求めた。

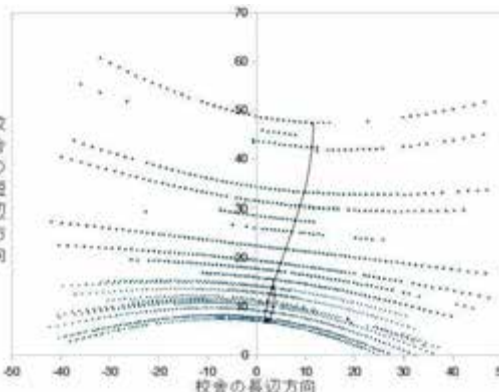


図2 装置2による太陽像の位置の観測

曲線は正午の観測点を結んだもの。

3. 影の位置の観測の結果

(1) 水平面上の影の位置について

一日の影の軌跡の形は、夏は棒を囲む形だったが、冬は棒の反対に開く曲線となった。また、9月29日の1日の影の形が直線に近かった(図2)。これより、秋分(春分)の日の軌跡は直線になると考えられる。

(2) 正確な方位について

- ① 秋分、春分は太陽は真東から昇り真西に沈む。これより、影の描く直線は正確な東西を指していると考えられる。
- ② ①とは別に、原点を中心とした円を描き、それが太陽の軌跡と交わる2点を結ぶとそれが東西になる、という方法も見つけた。この方向は①の結果とよく一致した。
- ③ 同じ時刻の点を結んでも正確な南北にならない。

(3) 太陽高度の1日の変化について

- ① 方位角が 180° (真南)になったときに最も太陽高度が高い。
- ② 太陽高度は、方位角 180° を軸として、左右に対称である。
- ③ 太陽が最も高くなる時刻は一定ではなく、変化している。

4. 南中時刻の観測

南中時刻の変化を詳しく観測した。装置1, 2を使い、正確な南北の線（子午線）を影の先端（または太陽像）が通過する時刻を、正確に測った。その結果、図3を得た。グラフから、11:48頃を中央として1年に2回15分ほど早くなったり遅くなったりする変化（均時差）をすることがわかった。11:48頃が中央となるのは、日本標準時子午線からの経度の差（ $2^{\circ} 57' 53''$ （約11.83分））によると考えられる。

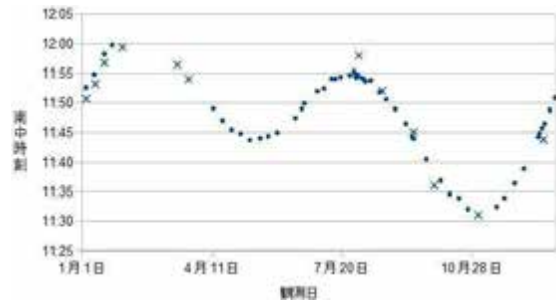


図3 南中時刻の季節による変化
×は装置1, ●は装置2

5. 均時差が起こる原因の考察と、観測との比較

【仮説1】地軸の傾きが原因である

均時差は一年間を単位として変化していることから、年間の南中高度の変化と同じように、地軸が公転面に対して 23.4° 傾いているためではないかと考え、確かめるための模型（モデル）を作った（図4）。地球は自転しながら太陽の周りを公転するため、1回転自転しても南中せず、1日に1/365回転だけ余計に回らなければならない。地軸が傾いているので、図6中の経線と公転面の線にずれができる。これが均時差の原因と考え作図で数値を求めた。すると、1年に2回、約10分上下する波の形の変化のグラフが得られた（図5）。この曲線の山や谷に当たる日は、観測結果に近い位置にある。以上から、地軸の傾きが均時差の主な原因だと考えられる。しかし、観測結果のグラフとは形や振幅の大きさが異なっている。そこで、観測結果から「地軸による均時差」を引いてみると、図6のような波の形の曲線が得られた。



図4 地軸が 23.4° 傾いていることによる均時差の原因（モデル）

図5 地軸の傾きによる均時差(モデル)

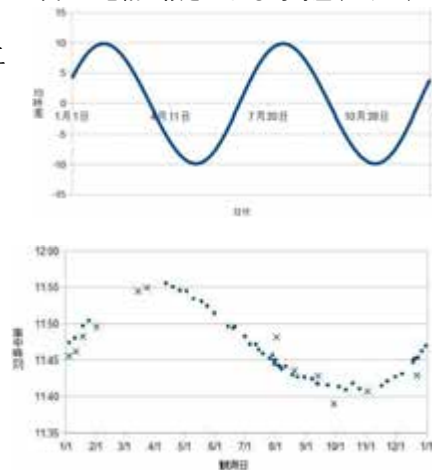


図6 観測値から「地軸による均時差(モデル)」を引き算した結果
×は装置1, ●は装置2

【仮説2】太陽は地球軌道の中心から少しずれている

波の形のグラフ（図6）は1年を周期とした変化をすることから、地球の公転の形や位置や速さに関係があるのではないかと考えた。もし地球の公転軌道（円）の中心に太陽が位置していなければ、季節によって太陽が公転軌道の中心にある場合とずれが生じ、均時差が起こるだろう。波の形の振幅は7分ほどであり、作図して確かめたところ、軌道半径の0.031倍だけ太陽が地球の公転軌道の中心からずれていればこの変化を説明できそうである。

6. 太陽の視直径の変化の観測

太陽が地球の公転軌道の中心になれば、地球と太陽の距離が変化し、太陽の見かけの大きさも変化するはずである。そこで、望遠鏡の投影板上で太陽が直径動く時間を測定して視直径が変化するかを観測した。それについては本稿とは別のポスターで発表する。

7. まとめ

◇南中時刻は1年に2回、波打つように変化している（均時差）。

◇均時差が起こるのは、地軸が公転面に対して 23.4° 傾いていることが原因の一つではないかと考えられる。

8. 参考文献

柿元他, 影を利用した太陽高度と方位の季節による変化の観測, 日本天文学会2014年ジュニアセッション予稿集