太陽の視半径の変化の観測から地球の公転軌道の離心率を求める

日下部　咲希、安慶名　琉、中村　真慧（中2）、赤坂　大知、大野　柚、
鎌田　耀五、眞田　太仁、山本　楓人（中1）【塩尻市立丘中学校】

１．はじめに

均時差が起きる原因について、太陽が地球の公転軌道の中心からずれている（離心円である）のではないのかと考え、それを確かめるために屈折望遠鏡を使い、太陽が日周運動で移動する時間を計ることで太陽の見かけの大きさ（視半径）の変化を調べる観測を2年間続けてきた。更に今年度は、観測結果から軌道の離心率を求めることにし、そのために必要な数学・計算について考えた。ここではその方法と結果について述べる。

２．視半径と太陽までの距離は反比例すると考えることができるか?

太陽が地球の公転軌道の中心からずれていると、地球から太陽までの距離が変化し、視半径が変化する。このとき、視半径と地球から太陽までの距離が反比例していれば、視半径から軌道の離心率を求めることができる。そこで、「見かけの大きさが半分になったとき、距離が倍になる」としてよいかについて、図形の性質を使って考えた。（図1)

【説　明】

観測地Bから見たときの太陽の視半径を∠Bとし、∠Bの二等分線を引き、BFとする。ここで∠FBOの大きさを a とする。

また線分BFと平行な円の接線ADが、線BOと交わる点を観測地Aとする。

∠FBOと∠DAOは同位角であり等しい。

∠AEBと∠EBFは錯角により等しく

∠AEB=a

これより△ABEは二等辺三角形となる。

ここで四角形CEDOに注目すると、

∠ECO、∠EDOは直角。…[1]

CO、EOは円の半径なのでCO=EO…[2]

EOは二つの三角形と共通。（EO=OE）…[3]

[2]、[3]より、斜辺とほかの一辺が等しいので、△ECO≡△EDOである。

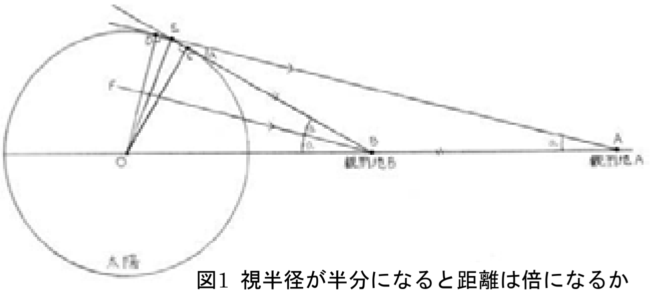

図1 視半径が半分になると距離は倍になるか
（中学校で学習する数学を使って考える）

三角形の内角の和は180° だから∠BOC = 90－2a。∠AOD=90－aとなり、∠CODが求められ、

∠COD=∠ADO－∠BCO=90－a－（90－2a）= a

この場合のaは∠COE、∠DOEを合わせた角度なので、÷2 として∠COE=∠DOE=a／2=0.5aとなる。

ここで△BEOについて考えると、　∠BEO=90－0.5a、　∠BOE=90－1.5a　となる。

よっと、∠BOEと∠BEOの角度の差は　∠BEO－∠BOE = 90－0.5a－（90－1.5a）=　a　となる。

このことから∠BOEと∠BEOの角度の差は観測地Aでの視半径 a と等しく、角度aが小さいと、∠BEOと∠BOEはほとんど等しくなる。したがって、aの値が太陽の視半径（0.27°）のように小さい値のとき、△BEOはほとんど二等辺三角形と考えてよい。よってBE=BOと考えてよく、BO=BE=ABとなり、近似的に　AB=2BO　の関係が成り立つと考えられる。

以上より、視半径が半分になると、地球から太陽までの距離が2倍になる（反比例）、として扱ってよいと考えられる。ここでは、距離が2倍の場合以外でも反比例の関係が成り立つと仮定して、以下のように離心率を求めた。

３．太陽の視半径の観測方法

太陽像が日周運動により直径分移動するのにかかった時間を測り、それから見かけの大きさを求めた。観測は、まず太陽像が投影板に貼りつけたグラフ用紙のマス目と平行に動くように、屈折望遠鏡を調節する。望遠鏡で投影した太陽像の直径分移動した時間を、ストップウォッチを使って計測する。これらの動作を4人で行い、20回行う。観測後、各自の結果を平均して観測値とする。その時間について太陽の天の赤道との離角による日周運動の速さの違いを補正して、視半径を算出する。

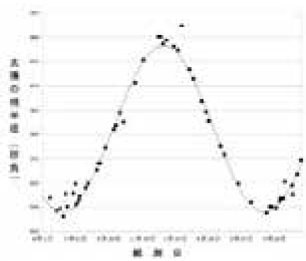

図2　太陽の視半径の観測結

４．結　果

結果は図2のようになった。図中の曲線は、観測結果に最もよく当てはまるサインカーブである。曲線から、視半径の最大値を978秒角、最小値を944秒角と読み取った。距離と視半径は反比例すると考えて計算すると、観測値から求められた離心率は 0.0177 である。

５．まとめと今後の課題

理科年表によると現在天文学で使われている離心率は0.0169である。視半径の観測は、簡単にできる観測であるが、離心率を精度よく求めることができる方法であると考えられる。

今回考えた説明は、「見かけの大きさが2倍になったとき、距離が半分になる」場合でしか説明できないので、ほかの場合についての説明も考えていきたい。また、これからも精度の高い観測を続けて、より良い精度の離心率を求めていきたい。