

# 月の写真からケプラーの法則を求める

ハートピア安八天文台ジュニア天文倶楽部：

原田 聡成 (中3) 【揖斐郡大野町立大野中学校】、尾崎 由基 (中2) 【安八郡安八町立登龍中学校】、古方 伶旺 (小6) 【大垣市立北小学校】、曾我部 文麗 (小5) 【岐阜市立合渡小学校】、小林 美琴 (小4) 【津島市立南小学校】

## 要旨

本研究では、月の写真から月の欠け方(位相)、および、視直径を求め、ケプラーの第1法則(月の軌道が楕円であること)、またケプラーの第2法則(面積速度が一定であること)を検証した。この研究は2014年の本倶楽部での基本的な研究の続編である。月の視直径の変化は地球から月までの距離を反映しているが、地球上の観測地点の位置(地球の半径)による遠近の影響よりも大きかった。このことから月の軌道は楕円軌道であることが分かり、楕円をフィッティングさせることができた。さらに、月は地球に近いときは速く、遠いときは遅く動くことが分かった。

### 1. 目的

月の写真からケプラーの第1, 第2法則を検証する。

### 2. 観測方法

ハートピア安八天文台の屈折望遠鏡(口径150mm・焦点距離1,800mm)に、一眼レフカメラ(Nikon D810a)を付けて月の写真を直焦点撮影した。観測時間帯等の制約で撮影できなかったため、ハートピア安八天文台にデータをお借りした。2022年1月5日から1月26日までの期間、計19枚の月の連続撮影を行った。

### 3. 結果

回転角は、新月を0°、上弦の月を90°、満月を180°、下弦の月を270°、次の新月を360°として表したものであり、位相角でもある。また月の回転角は、図1のように月の5°ごとの位相角のテンプレートに月の写真を重ね合わせて計測した。

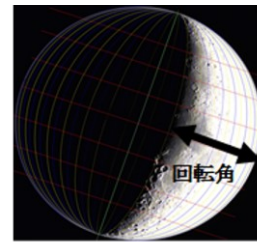


図1 回転角の測定

連続する二日間の回転角の差と撮影時刻の差から、公転速度を一定と仮定し、朔望月を導き出した。月の写真から求めた、回転角、月の半径(画像編集ソフトのものさしツールで測定)などの一覧を表1に示す。

### 4. 解析考察

経過時間が約24時間のとき、朔望月の計算誤差を1日以内に収めようとすると、回転角の測定誤差は0.25°以内にしなければならない。図2は、仮定として月の公転速度を一定と考え、月の位置を白三角形(△)でプロットし、月の軌道を描いた図である。その中で誤差が大きいと思われるデータを黒三角形(▲)で示した。図中の長方形は楕円形に外接する長方形である。次に月の視直径で距離を補正すると、黒丸(●)で示した軌道になり、月の軌道は離心率0.0586の楕円軌道であることが分かった。月は、地球に近いときに速く、遠いときに遅く公転することが分かった。

このとき、ケプラーの第2法則から、単位時間の速度の変化と、地球から月までの距離の関係は反比例になるはずであるが、導き出すことはできなかった。原因として、測定誤差、測心距離と地心距離の差を考慮していなかったこと、カメラの設定時刻の変更などが考えられる。

### 5. 結論

観測から、月の軌道が離心率0.0586の楕円軌道であること(ケプラーの第1法則)が分かった。面積速度が一定であること(ケプラーの第2法則)については、傾向はつかめたが、地球から月までの距離と月の公転速度が反比例の関係であることを導くまでは至らず、今後の課題とした。

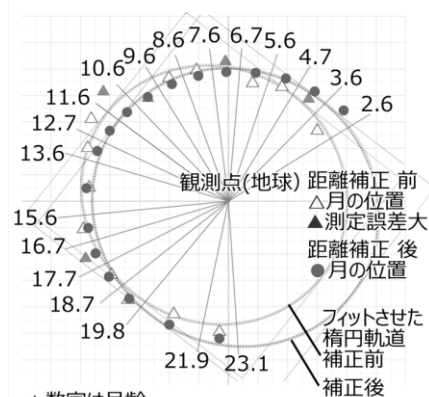
### 6. 参考文献等

ハートピア安八ジュニア天文倶楽部 2014 月の写真が解き明かす公転の謎 日本天文学会2014年春季年会第16回ジュニアセッション 予稿集 講演番号59

【謝辞】ハートピア安八天文台台長 船越浩海先生には研究の様々な場面でご指導・ご助言をいただきました。ありがとうございました。

表1 月の回転角と朔望月

番号	月日	時刻	月齢	月半径	経過時間(分)	回転角	回転角差	朔望月(日)	速さ(比)
1	1/5	17:39	2.6	147.6		34.54			
2	1/6	17:22	3.6	146.5	1420	48.54	14.00	25.4	0.00986
3	1/7	19:24	4.7	143.3	1563	61.64	13.10	29.8	0.00856
4	1/8	18:34	5.6	142.3	1392	73.42	11.78	29.5	0.00871
5	1/9	17:44	6.7	140.0	1388	85.6	12.18	28.5	0.00918
6	1/10	17:30	7.6	138.6	1427	96.3	10.70	33.3	0.00792
7	1/11	18:26	8.6	137.5	1497	108	11.70	32.0	0.00832
8	1/12	17:24	9.6	136.7	1376	118.8	10.80	31.9	0.00841
9	1/13	17:01	10.6	135.1	1417	130.5	11.70	30.3	0.00895
10	1/14	17:37	11.6	135.2	1476	140.4	9.90	37.3	0.00726
11	1/15	20:52	12.7	135.8	1635	152	11.60	35.2	0.00765
12	1/16	17:53	13.6	136.1	1262	161.8	9.80	32.2	0.00836
13	1/18	18:29	15.6	136.1	2915	186.2	24.40	29.9	0.0090
14	1/19	19:36	16.7	137.2	1507	198.1	11.90	31.7	0.00843
15	1/20	21:01	17.7	138.5	1526	209.6	11.50	33.2	0.0080
16	1/21	21:30	18.7	139.5	1469	221.6	12.00	30.6	0.00858
17	1/22	22:30	19.8	141.2	1498	233.6	12.00	31.2	0.00831
18	1/25	0:58	21.9	144.1	3029	259.6	26.00	29.1	0.00872
19	1/26	5:29	23.1	147.0	1712	273.4	13.80	31.0	0.0080



\* 数字は月齢

図2 観測から求めた月の軌道