

月の写真が解き明かす公転の謎

【ハートピア安八ジュニア天文倶楽部】

後藤 大輝 (中1) 【羽島市立羽島中学校】、田島 怜一郎 (小6) 【岐阜市立岐阜小学校】、橋口 健太 (小6) 【山県市立伊自良南小学校】、林 萌々音 (小6) 【大垣市立東小学校】、志村 保乃佳 (小5) 【一宮市立末広小学校】、富田 小冬 (小5) 【一宮市立向山小学校】、山田 祐月 (小4) 【羽島市立竹鼻小学校】

要 旨

月の写真から満ち欠け周期を求めたところ、意外にも値に6日ものばらつきが出た。満ち欠けが起きる仕組みを月の公転運動だけで考えた単純なモデルで作図し、周期のばらつきを円周の違ひとして描くと、月の公転が円軌道でないことが判明した。さらに写真の月の大きさから月の距離(比)を考慮すると、公転する速さも変化していることが分かった。

1. 目的

- ・望遠鏡を使って月の満ち欠けの写真を撮る。(写真撮影の方法を身につける。)
- ・満ち欠けの仕組みを調べ写真から満ち欠け周期を求め、月の運動モデルを考察する。

2. 撮影方法

天体望遠鏡の直焦点で、表1のように月を15晩撮影した。撮影例を図1に示した。

表1 月の撮影方法

望遠鏡	・口径15cm屈折望遠鏡 ・焦点距離1,800mm (F12)
カメラ	・CANON EOS 60D
撮影方法	・直焦点撮影(レデューサー使用) ・合成焦点距離1,260mm
露出	・適正露出とその前後を10枚ずつ撮影
感度	・ISO 100~800
その他	・ブレを防ぐため、電子レリーズを使用 ・画角の縦と横を天の南北、東西に合わせる



図1 月の撮影例(2013年5月22日19h16m)

3. 模型

による満ち欠けの実験

月の満ち欠けの周期的な変化をどう理解するか考えるために、図2の模型を使った実験を行った。月を正面からでなく、上から見ると昼夜の境界線を単純な直線で見ることができ、境界線が回転していくことで、満ち欠けを説明できる。

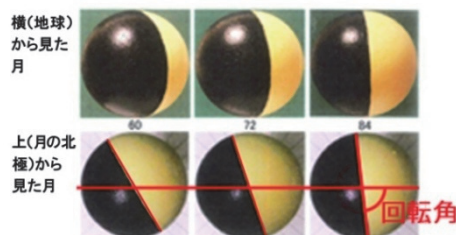


図2 月の満ち欠けの実験(月の満ち欠け境界線の回転)

新月の時の境界線を基準にし、図の回転角が90度で上弦の月となり、境界線が360度回転すると満ち欠けが一巡する。

新月の時の境界線を基準にし、図の回転角が90度で上弦の月となり、境界線が360度回転すると満ち欠けが一巡する。

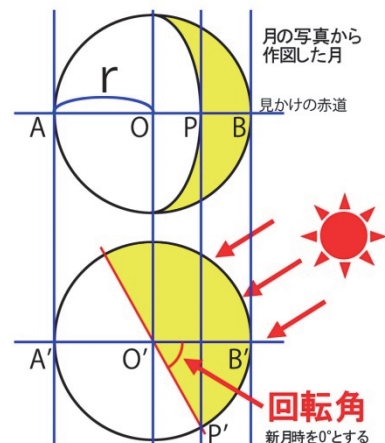


図3 満ち欠け境界線の回転角の求め方

4. 回転角の変化から満ち欠け周期を求める

15回の観測結果の写真をもとに図3のように作図し、それぞれの回転角を求めた。2回の観測から式1で満ち欠け周期が求められる。

月の満ち欠け周期 = 観測時間の差(経過時間) ÷ 回転角の差 × 360・・・式1
求めた満ち欠け周期は、最小(26.9日)と最大(32.9日)で6日間もの違いがあった。

5. 満ち欠け周期のばらつき

なぜ、6日間のばらつきがあるのか疑問に思い、図4に示すとおりグラフに描き特徴を調べた。グラフを見ると波をうっているのので、私たちはただの誤差ではないと考えた。

そこで、月が地球の周りを公転する単純なモデルを考えた。この公転モデルで月の満ち欠け周期は、式2で表すことができる。

月の満ち欠け周期 = 軌道の円周 ÷ 公転速度・・・式2
 月が単純な円軌道で地球を回る時、満ち欠け周期が変わる原因は次のとおりである。

- 原因
- a. 月の軌道の円周だけが変わる
 - b. 公転速度だけが変わる
 - c. 月の軌道の円周と公転速度の両方が変わる
- どれが妥当か不明のため、aを前提に考察を進めた。

6. 月の公転軌道円と公転速度の考察

月の公転の運動を簡単にするため次の仮定を行い、月の運動を図で表すことにした。

- 仮定
- ① 月が公転する速さは一定
 - ② 月の軌道は円軌道

式2を単純にすると、時間 = 距離 ÷ 速さになる。仮定により速さは一定なので、1を代入すると式2は、時間 = 距離になり、時間の値をそのまま距離として計算できることになる。

図5は「満ち欠け周期の違い」を「軌道円の大きさの違い」として表したものである。2回の観測日の中間に代表の月の位置を黒丸で描き、これを結んだ太線が軌道を示す。この図から、月の軌道は「円軌道ではない」ことが分かる。(楕円と重なった。)

地球に近い月は大きく遠い月は小さく見えるので、観測写真を使い図5で描いた楕円を検証した。月の位置がほぼ正反対になり、遠・近にある⑧と⑥の写真の月の半径を測った。写真と作図の短半径の比を比べたが、2つの比は一致しない。写真から月が近い時は、作図よりも実際は遠いことが分かった。

近い時の月をBからB'に修正すると、軌道半径が長くなり円周も長くなる。これを同じ時間で回るから、B'での月の運動は速くなる。遠いAの月と近いB'の月を比べると、地球に近い時は速く、遠い時は遅く動いていることが分かり、「月が軌道上を進む速さ」は、変化するといえる。

7. 結論と今後

考察から導かれた結論は次の2点である。

- ① 月の公転軌道は楕円である
- ② 月の公転速度は地球に近い時には速く遠い時には遅い

これまでの考察は、月の公転だけを考慮した単純なモデルで進めてきた。今後は、地球の公転も考えに入れたモデルを作り、さらに詳しい月の運動モデルを調べていきたい。

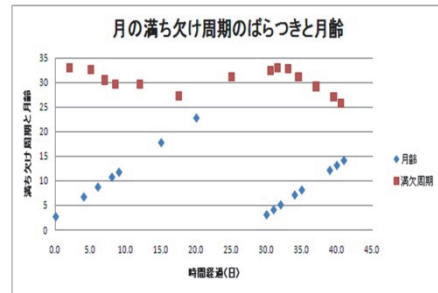


図4 満ち欠け周期のばらつきと月齢の変化

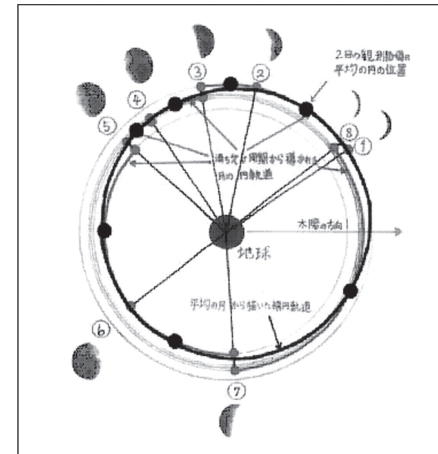


図5 円形軌道(満ち欠け周期)の違いと楕円軌道

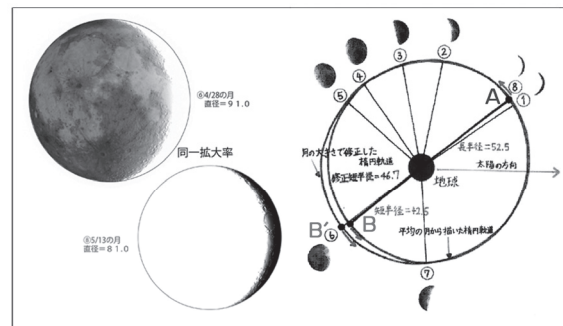


図6 月の写真により修整した月の楕円軌道(B')