

---

# We are ガリレオ ~意思を受け継ぐ者~

## ガリレオ衛星の観測から木星の質量を求める・地心距離の変化を確かめる

西澤彩花、柄澤里映、嶋田百合奈 (2年) 荒井恒紀、篠原史也、細井一輝(1年)  
【長野工業高等専門学校】

---

### 1. はじめに

今から約400年前、ガリレオは木星とその周りを公転する「ガリレオ衛星」(以下、衛星)を観測し、小さい天体が大きい天体の周りを回っていることを確認した。それを地球と太陽の関係に当てはめ、「地動説」を確信した。私たちは、ガリレオと同じように、木星と衛星を観測し、衛星の見かけの公転半径(公転半径角 $\theta$ )が変化する様子から、地球の公転=地動説を確かめることを目的にした。

### 2. 観測, 解析方法

観測期間:2010/11/17~2011/01/08

観測法: : 望遠鏡: TeleVue-101(D=101mm, f=540mm)2倍エクステンダー(合成F=10.7)

カメラ: Canon「EOS kiss DIGITAL N」「EOS kiss DIGITAL X」「EOS 60D」

ガイドなしの望遠鏡、露出時間1秒(ISO 1600)で木星, 衛星の写真を撮った。

解析: ① 画像解析ソフト「マカリ」で衛星の明るさ(カウント値)を使って衛星を判別する。② 木星衛星の中心座標を求め、木星-衛星間のpixel数を調べた。なおカメラは3種類使用しているが、性能によるpixel数の違いを「EOS 60D」に合わせている。③ 結果は、木星-衛星間の距離[pix]を縦軸、日付[日]を横軸として表計算ソフト「Excel」によりプロットし(図1)、その点に最もフィットするような正弦波を、パラメータを一つずつ変化させながら目測で求めた。

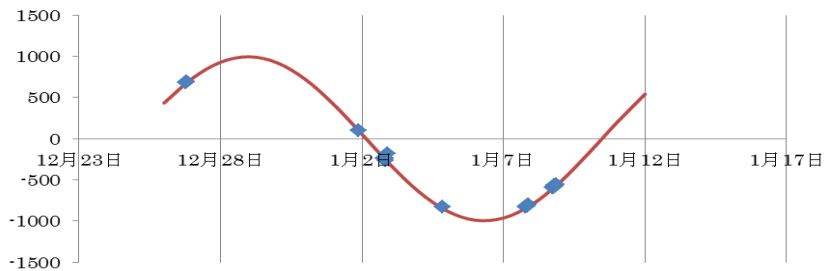


図1. 周期グラフ作成

### 3. 結果と考察

2010/12/26~2011/01/08の周期と振幅を、表1に示す。

表1. ガリレオ衛星の周期と振幅

	イオ	エウロパ	ガニメデ	カリスト
周期[日]	-	3.7	7.2	16.67
振幅[pix]	-	375	550	995

### 3.1 ケプラーの第三法則

表1の結果を、公転半径の3乗を縦軸、周期の2乗を横軸とすれば、図2のように比例している様子がわかる。すなわち、ケプラーの第三法則「衛星の公転半径( $r$ )の3乗は衛星の周期( $T$ )の2乗に比例する」、つまり、

$$r^3/T^2 = \text{一定}$$

が成立していることが確かめられた。

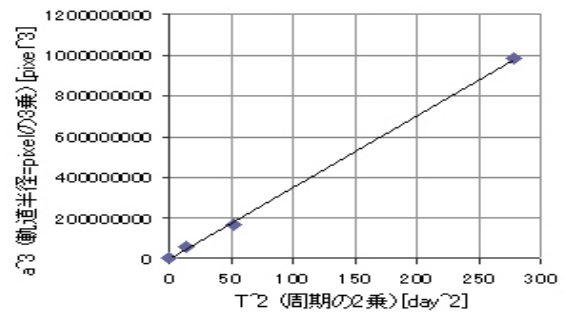


図2 ケプラーの第三法則

### 3.2 木星の質量

測定した公転周期と既知の公転半径(ここではカリスト $r=1.883 \times 10^9 \text{m}$ )を代入すると、ケプラーの第三法則;  $M=(r^3 4\pi^2)/(GT^2)$  から、 **$M = 1.904 \times 10^{27} [\text{kg}]$** となった。これは、文献値 $M' = 1.899 \times 10^{27} [\text{kg}]$ と良く一致している。(なお、求めた周期の値は、文献値と0.1%程度のである。)

### 3.3 地心距離変化を捉える

地球-木星間の距離  $L$  は、木星-衛星間の距離  $r$  に比べ十分に大きい。いま、見かけの公転半径角 $\Theta$ の測定から、公転半径が判っていれば、実際の距離は $L = r/\Theta$ でも求まる。ここではカリストの公転半径 $r=1.883 \times 10^9 \text{m}$ を既知とする。今回の観測期間中に、公転半径角 $\Theta$ は、表のように変化した。各期間における距離 $L$ を求めた(表2)。この結果から、地球-木星間の距離が変化していることが分かる。この変化の大部分は地球の公転によると考えられる(図3)。すなわち、地球は動いている(地動説)といえる。

表2. 木星の地心距離

	11/17~12/1	12/10~12/26	1/1~1/8
見かけの公転半径角 $\Theta$ [ $\times 10^{-3} \text{rad}$ ]	2.843	2.774	2.637
地球-木星間の距離 $L$ [ $\times 10^{11} \text{m}$ ]	6.624	6.788	7.142
地球-木星間の距離 $L$ [AU]	4.446	4.556	4.793

## 4. まとめ

- ①観測からケプラーの第三法則を確かめられた。
- ②公転半径を与えることで、木星の質量が決まった。
- ③木星-地球間の距離変化が見られた。これは図3のように地球(と木星)が太陽の周りを(異なる周期で)公転している為である。

私たちは今回、木星と衛星を観測することでガリレオの感じた「太陽系のミニチュア」を目で実感し、地動説を証明することが出来た。

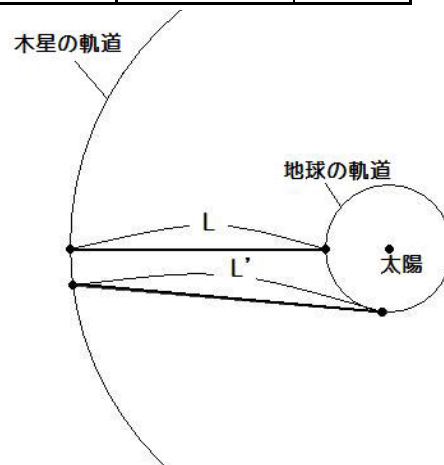


図3. 地球と木星

## 参考文献

理科年表 国立天文台編 (丸善)