

# ガリレオからレーマーへ；ガリレオ衛星の周期測定

竹内 秀幸、田村 暢、酒井 直哉、田中 哉太 (2年)、村松 直哉 (3年)  
柄澤 駿太、井出 倫滉、青嶋 悟 (1年) 【長野工業高等専門学校天文部】

## 1. はじめに

今から約 400 年前、ガリレオは木星の周りを公転するガリレオ衛星を観測し、地動説を確信した。レーマーは 1676 年、衛星イオの食の周期変動から光速度を初めて求めた。我々は、小型望遠鏡によって、ガリレオ衛星を 4 年間にわたって観測している。この長期の「タイミング観測」から、周期及び、位相の決定精度は飛躍的に向上した。その副産物として、ガリレオ衛星の見かけの公転周期が、地球の公転運動によって変動することを検出した。

## 2. 観測と解析

観測期間:2010/11/17 - 2014/1/15

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)

高橋 FC76 (D=76mm, F=600mm)3.2 倍バリ・エクステンダー (合成 F=25)

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

露出時間 0.2 秒 (ISO 3200) で木星、衛星を撮影。

解析法：① 画像解析ソフト「マカリ」で衛星の明るさ (カウント値) を測定し、衛星を判別する。明るさの順にガニメデ、イオ、エウロパ、カリストである。② 木星と衛星の中心座標をそれぞれ求めて、木星-衛星間の見かけの距離 (pixel 数) を測定する。なお、大量の画像を解析のために、自動測定ソフトを制作して効率的化をはかった。③ 木星-衛星間の距離 [pixel] を縦軸、日付 [日] を横軸として、公転の様子を振幅 (見かけの公転半径)、周期、位相 (タイミング) を変数とし、表計算ソフト「Excel」でパラメータを少しずつ変化させながら観測値とフィットさせて、振幅と周期、位相を求める (図 1)。

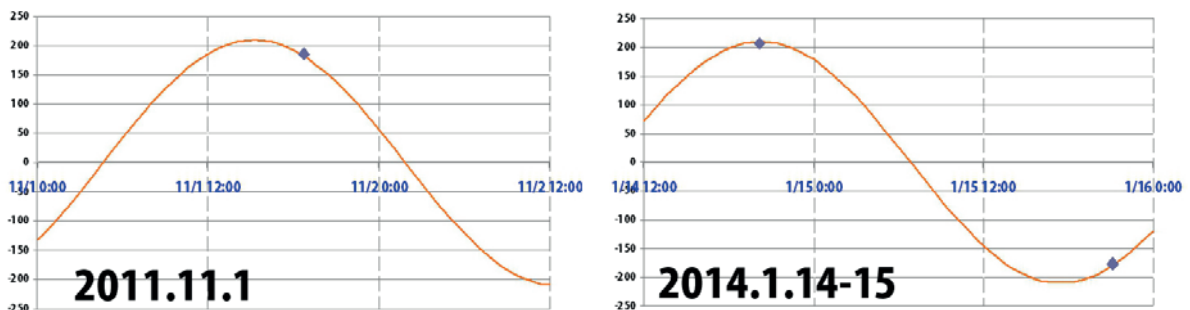


図 1. 木星のガリレオ衛星 (イオ) の位置変化 (縦軸 木星から距離 [pixel 数])

約 4 年分のデータを周期  $1.7658 \pm 0.0001 \text{ day}$  でフィットしたときの全データの様子の一部を抜粋して示した図。左 (2011 年 11 月 1 日)、右 (2014 年 1 月 14 日、15 日)

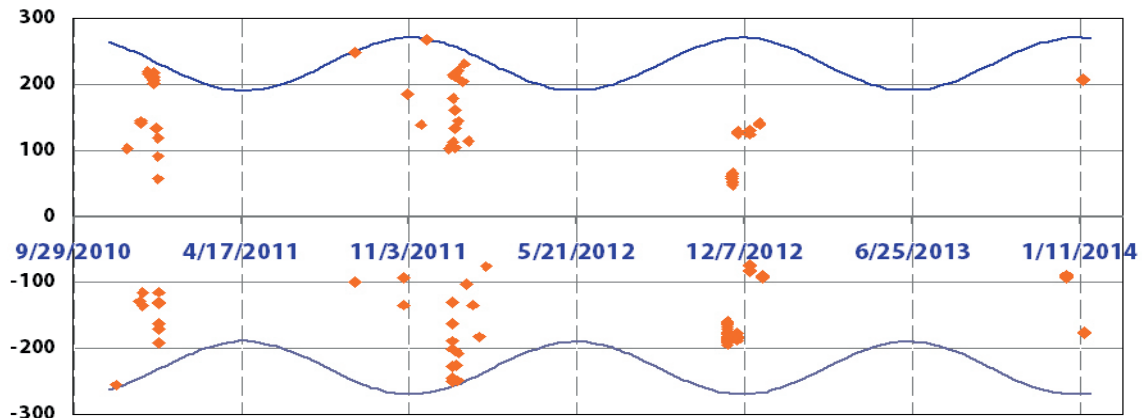
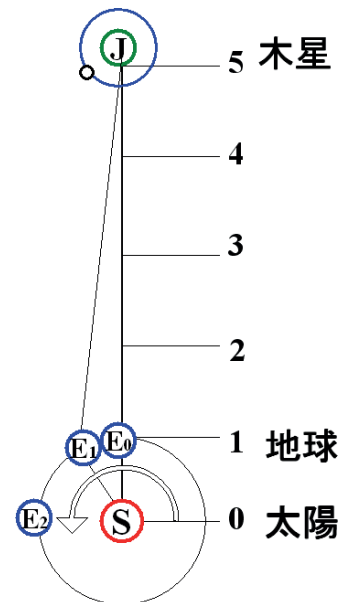


図2 イオの振幅(見かけの公転半径)の年周変化(縦軸は pixel 数)

### 3. 結果と考察

4年間のデータより、軌道の見かけの公転半径は、約1年1ヶ月事に変動することが判る(図2)。これは、地球の公転により、地球から木星までの距離が、衝の頃の4 au から、合の頃の6 au まで周期的に変動する様子と一致する。

イオの見かけの周期は、衝前後の1ヶ月間(2011年11月、2012年12月、2014年1月)をフィットすると、 $T=1.7658 \pm 0.0001 \text{ day}$  となった(図1)。この値は、イオの公転周期より0.2%ほど短い[1]。これは、イオの1公転の間に、地球が約1.8度公転したため( $E_0SE_1$ )、イオの1公転より約0.4度( $E_0JE_1$ )少ないタイミングで1公転と見えるからである(右図参照)。一方、地球-太陽-木星( $E_2SJ$ )が90度付近でのフィットでは、 $1.769 \pm 0.001 \text{ day}$  と、イオの公転周期とほぼ一致する[1]。これらは、地球が、太陽の周りを公転している効果である。



### 4. まとめ

地球の公転の様子は、①衛星の振幅が1年1か月周期で変動すること、②衛星の見かけの公転周期が、地球の公転運動により変動することで確かめられた。ほぼ4年間のデータで、周期の精度が有効数字5桁に達した。この精度で光速度が有限である効果(地球が衝から合にかけて、位相が±8分変化する年周変化)が検出できる可能性がある。本発表では、これら地球の公転効果とともに、イオ以外の衛星(エウロパ、ガニメデ、カリスト)の解析結果や、観測期間と精度の関係、光速度の検出の可能性などに付いても報告する。

### 参考文献

- [1] JPL satellite ephemeris