

木星の衛星イオと光速度

～イオの公転周期変動を確認した～

岩川 真理子、坂本 夏帆、藪井 かやの (高2) 【金光学園高等学校】

1. はじめに

私たちの先輩はレーマー法 (図 1) を用いて光速度を求める研究を行った。その結果、木星の衛星イオの公転周期が変動していることが明らかになった。イオの公転周期変動を観測によって確認すること、そして、その変動の性質についてより詳しく調べることを目的に研究を行った。

2. レーマーの方法

レーマーの方法の原理を、図 1 を用いて説明する。木星の衛星イオが木星の後ろに伸びる影 (食) から出る時刻を地球で観測し、この時刻を食時刻 t_1 とする。その次に、イオが木星の周りを 1 公転 (公転周期 P 秒) して次の食が観測できる時刻を食時刻 t_2 とする。このとき、木星も公転し、影の位置が変化するため、イオが 62.4 秒だけ余分に公転した時刻で観測される。つまり、 $t_2 - t_1 = P + 62.4$ (秒) の関係があると考えられる。

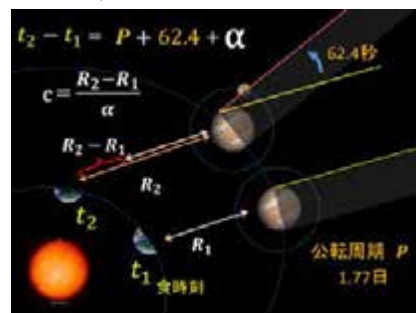
しかし、実際に観測される食時刻には「ズレ」が生じる。(「ズレ」を α 秒とする) この「ズレ」の原因は、最初の食と次の食までに地球も木星も公転するため、地球—木星間の距離が変わる。その距離の差 ($R_2 - R_1$) の分だけ“光”が α 秒遅れて届くためであった。

つまり、 $t_2 - t_1 = P + 62.4 + \alpha$ (秒) の関係になる。

そこで、速さ = 距離 ÷ 時間の式で光速度 c が求められることになる。 $c = (R_2 - R_1) / \alpha$

この方法を使って、私たちも観測から開始した。 図1 レーマーの考え方

※) イオの公転周期 × (イオの公転周期 / 木星の公転周期) = 62.4 (秒)



3. 観測方法

木星によるイオの食について、金光学園天文台の35cm反射望遠鏡と一眼レフカメラで、2013年11月から2014年5月にかけて観測した。7回の撮影に挑戦し、4回の解析可能な食のデータを得た。各々200～300個のデータを元に、ステライメージとマカリを使い測光した。

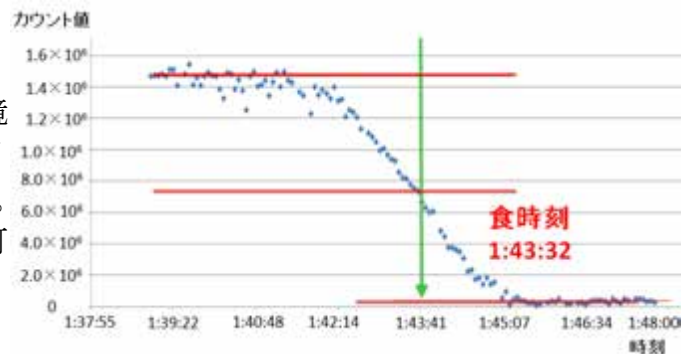


図2 イオの食(11/16消滅)のときのグラフ

Excelでグラフ化(図2)して、4回の食の時刻を求め、実際はイオは何回か公転するので、公転回数をnとして、次の式で光速度を求めた。

$$t_2 - t_1 = n \times (P + 62.4) + (R_2 - R_1) / c$$

P: 公転周期 n: 公転回数 t: 食の時刻

c: 光速度 R: 地球-木星の距離 62.4: 木星の公転(影の移動)

4. 結果・考察

消滅・出現の食時刻の誤差は、最大で約2.5秒で求めることができた。右の表1のように公転周期は変動していることが確認できた。

期間	P 公転周期
11/8~11/16	152857 秒
2/10~5/6	152850 秒

表1 観測から求めた公転周期

天文シミュレーションソフト「ステラナビゲータ」の食時刻から計算して求めた公転周期(◆印)と私たちが求めた公転周期(★印)はかなり良く一致した(図3)。先輩の求めた結果(■印)を合わせると、公転周期の変動には約1.2年の周期があることが分かった。しかし、イオの外側を回る他のガリレオ衛星の影響を考えると、さらに細かい周期変動であるのではないかと考えステラナビゲータで最も短い食間隔で公転周期を求めると、図4のように微妙な変動が現れた。ステラナビゲータには秒の単位までしか表示がないので、食時刻には1秒程度の誤差は含まれているが、その誤差の範囲を越えているものもあるので、やはりさらに細かい周期変動は存在すると予想することができる。



図3 天文シミュレーションとの比較

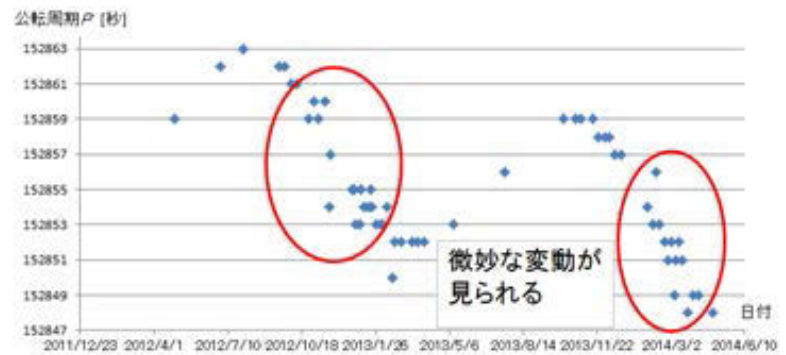


図4 シミュレーションの食時刻から求めた詳細な公転周期

5. 結論と今後の課題

- (1) イオの食の観測・データ解析により公転周期変動を確認することができた。また、その結果は天体シミュレーションの予報と良く一致した。先輩の結果と合わせてみると変動の周期は約1.2年であることが分かった。
- (2) 他の衛星の影響を考えると、さらに細かい変動が予想される。ステラナビゲータの食の予報値から公転周期を求めると、細かい変動が見られた。今後はその変動を観測で確認し、変動のメカニズムを解明したい。

6. 参考文献 「金光学園探究論文集 2013」、ステラナビゲータ