

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～

萩谷 昇平、大熊 由貴子（2年）、中原 徹也（1年）【金光学園高等学校】

1. はじめに

天文学者レーマーは、イオの食の観測から光速度を求め、初めて光速度が有限であることを示した。私たちは、レーマーの方法を用いて、金光学園天文台の機材により、精密に光速度を求めることに挑戦した。

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」が生じた。（「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。

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

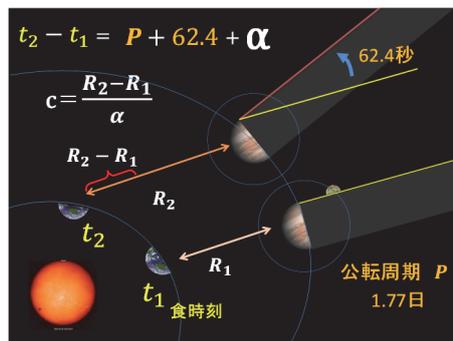


図1 レーマーの考え方

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望遠鏡と一眼レフカメラで、2012年9月から2013年3月にかけて観測した。13回の撮影に挑戦し、6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。

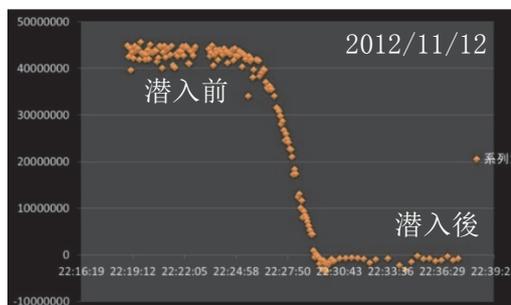


図2 イオの食(潜入)のときのグラフ 時刻

Excelでグラフ化（図2）して、6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

食時刻は、約5秒の精度で正確に求めることができた。公転周期152853.5秒 (Goldstein et al. 1973) を基に、6回の食のデータで光速度を求めると、32万km/sから165万km/sの値が出た。

この計算では、公転周期の値が1秒変わると、光速度の値は大きく変わった。

そこで、逆に、光速度299792458m/sを基に公転周期を計算すると表1のように半年間で9秒変動していた。求めた公転周期の精度は約1.2秒であり、公転周期は明らかに変動している。

天文シミュレーションソフト「ステラナビゲータ」の画面上で、イオの食から食時刻を読み取り計算してみると、図3・印のようにイオの公転周期が複雑な周期変動をしている様子を描くことができた。そして、私たちが求めた公転周期の4つの値を、グラフに重ねてみる(★印)とかなり良く一致した。これにより私たちの観測・解析の結果は正確であったことがわかった。

期間	P 公転周期
9/26~10/20	152861.3秒
10/20~11/12	152859.8秒
1/22~2/21	152852.6秒
2/21~3/09	152852.5秒

表1 光速度を代入して求めた公転周期

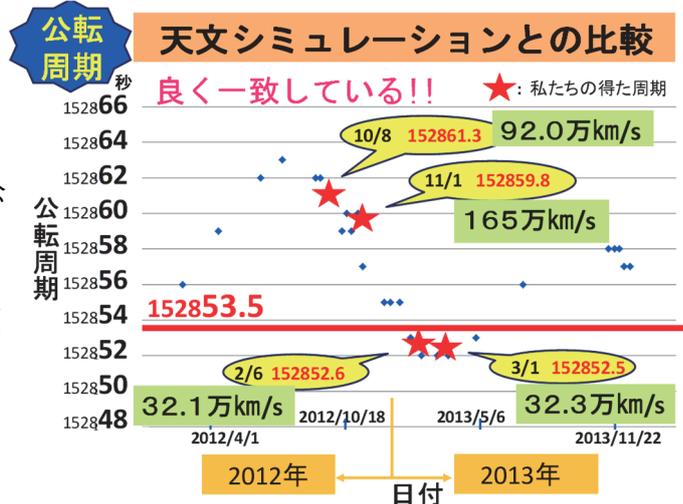


図3 天文シミュレーションとの比較

5. 結論

- ①金光学園天文台の機材の観測で、精度約5秒でイオの食時刻を確定できた。
- ②精度約1.2秒でイオの公転周期変動を確認し、その結果は天体力学の最新成果を使った天体シミュレーションソフトの予報と良く一致した。
- ③レーマー法で光速度を求めるには、イオの公転周期変動を正確に知る必要があることがわかった。
- ④正確な光速度は得られなかったが、金光学園天文台の機材で、イオの公転周期6桁目の変動を明らかにできる精密な観測・解析ができることを示す事ができた。
- ⑤私達がイオの公転周期変動を詳しく観測することは現在、多くの惑星探査機などが計画され、信用できる位置情報と運動の予報が必要な中、理論を観測で検証する学問的な貢献となる可能性がある。