
レーマーの光速測定の実践

慶應義塾高等学校 スーパーサイエンス I (天文)

3年 美濃部 諭 2年 木津 諒

はじめに

2004年6月4日と7月13日に、木星の影からイオの出現があった。僕たちはこの現象を学校の望遠鏡を用いて観測、撮影し、正確なイオの出現時刻を決定することによって、光速の測定をした。

器材

(1) 観測機材

6月 望遠鏡 Meade LX-200:30 7月 望遠鏡 タカハシFS-152
カメラ SBIG STV カメラ 動画用CCDカメラ

(2) 作業で使ったソフトウェア

Area61 ビデオブラウザ (動画から静止画を生成する), ステラナビゲータ (天体シミュレータ), すばる画像処理ソフト “マカリ”, Microsoft Photo Editor

方法

(1) 観測

- ① 慶應義塾高等学校屋上で、イオの出現が予測されている時刻の前後 10 分間ほど木星を撮影、録画した。
- ② 撮影した動画を動画ファイルに変換し、前述のソフト Area61 を用いて静止画像 (BMP) を作った。
- ③ 静止画像を 30 枚に 1 枚 (1 秒に 1 枚に相当) キャプチャーした。マカリを利用して、その画像を測光し、イオの明るさを調べた。
- ④ 7月の画像については、使用機材の性能が悪く 1 枚の静止画からはイオの位置が確認できなかった。そこで、80 枚分 (約 3 秒分) の画像をマカリで加算平均し、イオを確認できるようにした。それらのデータを縦軸に、時間を横軸にとってグラフを作り、イオの出現時刻を割り出した。
- ⑤ 6月14日の地球と木星の距離は 5.40796A.U.、7月13日では 5.97503A.U. (ステラナビゲータより) となり、7月の方が 0.56707A.U. 離れていることになる。この距離の差によって光の到達時刻が遅れて、現象の発生時間が遅れて見えるのである。
- ⑥ イオの公転周期は 1.769138 日であり (天文年鑑より)、6月14日から7月13日にかけてイオは 22 回公転した。6月14日の出現時刻にイオの公転周期 22 回分を足すと、7月13日の出現時刻が見積もられる。さらに、木星の公転による木星の影のズレの影響がある。このズレを考慮して7月13日での計算上のイオの出現時刻を求める。
- ⑦ この計算上のイオの出現時刻と、画像解析によるイオの出現時刻との差を求める。この差は、6月14日と7月13日の地球と木星の距離の差 0.56707A.U. を光が伝わるのに

要した時間と見ることができる。

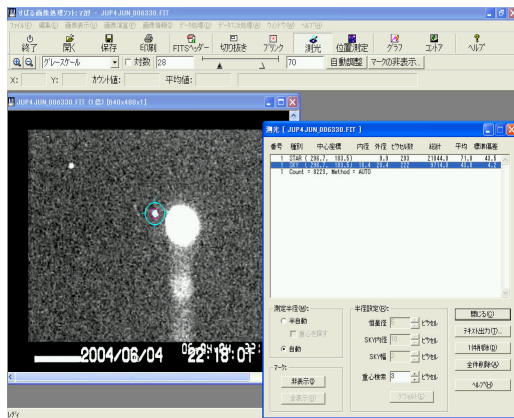


図1 マカリによる測光の様子

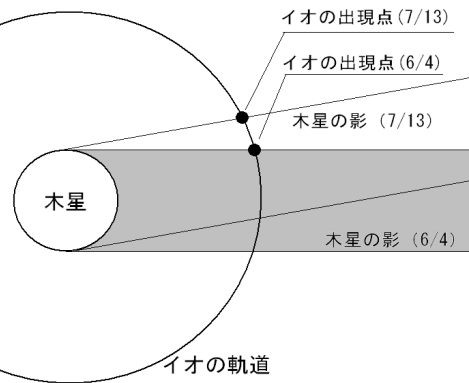


図2 6月と7月のイオと木星の模式図

⑧ イオの出現時刻は、6月14日は22:15:47、7月13日は20:49:50と決定した。この22:15:47にイオの公転周期1.769138日を22回分足すと、7月13日20:22:05となる。そしてこの数値に、(図2)のように木星の影の位置が動き、イオの出現が遅れることによって起こるズレを加える。このズレを計算し、20:22:05に足すと、20:22:05+3.2度×1.769138日=20:44:43となり、この時間が計算上の出現時刻となる。実際に観測された出現時刻から先の時間を引くと、5:07=307秒と求まる。これが距離差0.56707A.U.を光が移動するのに要した時間ということになる。

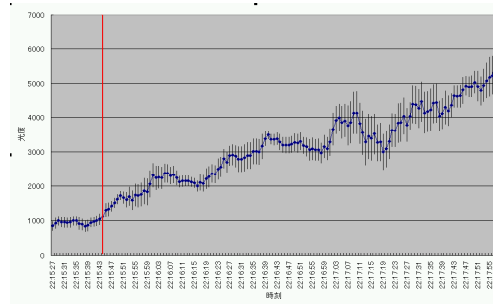


図3 光度からイオの出現を決める(6月)

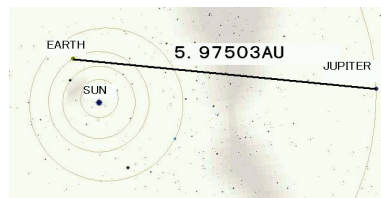
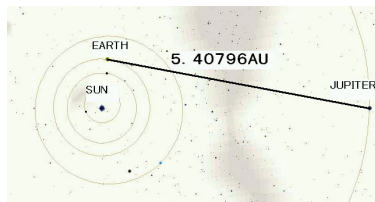


図4 木星と地球の位置関係 (左6月：右7月) ステラナビゲータを利用して作図

⑨ よって光速は $0.56707 \times 1.496 \times 10^8 \text{km} (1 \text{天文単位}) \div 307 \text{秒} = \underline{\underline{276000 \text{km/s}}}$ と求まった。

考察

現在光速は299792.458km/sと定義されている。今回求めた数値は276000km/sで、実際の値に較べて誤差8%と、かなりいい数値が出せたと思われる。

謝辞

この研究を進めるに当たり、東京大学天文学教育研究センターの半田利弘氏、国立天文台の相馬充氏、埼玉県立豊岡高校の原正氏に大変お世話になりました。厚くお礼申し上げます。