
1 1 ガリレオ衛星の画像解析と木星の質量の推定

静岡県立磐田南高等学校 地学部天文班

岩井 貴寛 (高1)

田中 裕也 (高2)

久永 容嵩 (高1)

檜木 梨花子 (高3)

1. はじめに

木星の衛星のうち大きな4つの衛星をガリレオ衛星と呼び、これは本校屋上にある天体望遠鏡でも容易に観察できる。この衛星を連続して観察していると、衛星の公転運動に伴って、その位置が少しずつ移動していることに気が付く。そこで、この衛星の公転周期と平均距離がわかれば、万有引力の法則や遠心力の公式を用いて、木星の質量を求めることができるのではないかと予想し、観測を始めることにした。

特に木星に注目した理由は、木星やガリレオ衛星は他の惑星や衛星に比べて明るいため、初心者の私たちでも容易に観察できることと、2006年の春から夏は、木星が衝の位置にくて観測の条件が良かったためである。

2. ガリレオ衛星の画像合成

木星とガリレオ衛星の写真は磐田南高校屋上の天文台で、追尾装置付赤道儀と五藤光学製15cm屈折望遠鏡、Nikon製デジタル一眼レフカメラを用いて撮影した。撮影した期間は2006年5月4日～6日と7月26日～8月13日である。次に、撮影した写真を天体画像解析ソフト「マカリ」と写真画像処理ソフト「フォトショップエレメント」を用いて、衛星を一つに絞り、画像を重ね合わせた。また、日本が昼間の時間帯の衛星画像は「ジュピタープロジェクト2006」のサイトより、ポーランドで撮影された画像をダウンロードして用いた。

図1はエウロパ、図2はガニメデの画像合成結果である。なお、この画像は、7月26日～8月13日までの撮影写真を、白黒反転させ見やすくしたものである。

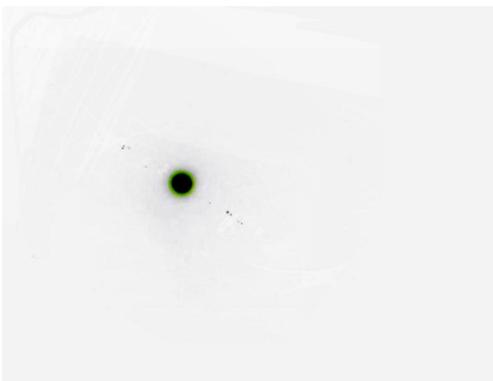


図1 エウロパ合成画像

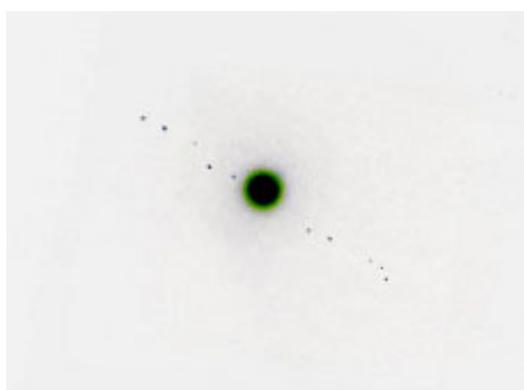


図2 ガニメデ合成画像

3. 木星の質量推定

始めに天体画像解析ソフトを用いて、木星の直径の長さ、木星と衛星の距離を測定した(図3)。次に、数学処理ソフトにその値を読み込み、衛星の公転運動を表すsinグラフを作成し、近似線を描き、公転周期を(P)求めた(図4)。また、地球木星間の距離と木星衛星間の視直径から軌道長半径(a)を求めた。最後に、万有引力の公式と遠心力の公式から以下の式を導き出し、それぞれの値を代入して、質量(M)を求めた。

$$M = 4 \pi^2 a^3 / G P^2$$

G: 万有引力定数 M: 惑星の質量 P: 公転周期
m: 衛星の質量 a: 軌道長半径

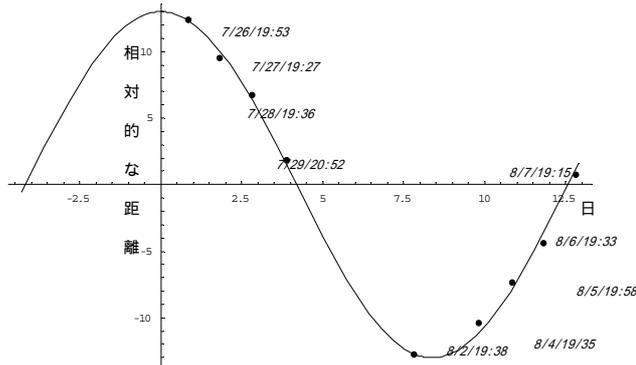


図4 カリストの公転周期

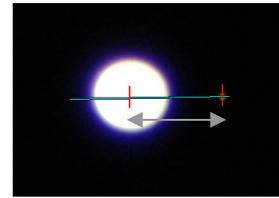


図3 木星の直径の測定方法
矢印の範囲を読み取る。

4. 結果, 考察

求めた値を表1にまとめた。カリストは 1.83×10^{27} kgで、これを理論値 1.90×10^{27} kgと比較すると、誤差は3.61%、ガニメデは 1.69×10^{27} kgで、誤差は7.50%となった。これらは、ほぼ理論値と等しい値となった。一方、イオは公転周期、エウロパは軌道長半径の値が、理論値との誤差が大きかったことがわかる。この原因は、暗い衛星を写すために、木星本体が露出オーバーになって大きくぼやけてしまい、木星と衛星間の距離が相対的に短くなってしまったことや、イオやエウロパは木星との距離が近いので、木星の影に入る領域が多くなり、正確なsinグラフを描くことができなかったためである。

表1 公転周期, 軌道長半径, 木星の質量

		イオ	エウロパ	ガニメデ	カリスト
公転周期(日)	理論値	1.77	3.55	7.15	16.68
	測定値	2.06	3.55	7.18	16.76
軌道長半径(10^9 m)	理論値	4.23	6.72	10.72	18.85
	測定値	4.16	5.74	10.32	18.64
推定される木星の質量(10^{27} kg)	理論値	1.90			
	測定値	1.34	1.19	1.69	1.83
誤差(%)		29.2	37.4	7.50	3.61

5. 参考文献

天文観測年表編集委員会(2005):木星,天文観測年表2006,地人書館,89~98

慶應義塾高校ホームページ <http://www.hc.keio.ac.jp/earth/ssh/jpn/pdf/1628.pdf>