

【概要】

2003年と2006年、この2度の水星の太陽面通過におけるSOHOと地上のデータを解析し、 $1\text{AU} = 1.5 \times 10^{11}(\text{m})$ での水星の距離を求めた。さらに、水星通過の見かけの角速度と水星の距離から水星の速度を求め、ケプラーの第2法則が成立することを確認した。

【はじめに】

2003年5月7日、水星の太陽面通過の際、長野高専天文部では、地上と太陽観測衛星SOHOからの太陽視差(同時刻での見かけ上の水星の位置ずれ)を測定することで、1天文単位(1AU)の実距離を求める研究を行った(小林ほか日本天文学2004年春季年会Y12b)。しかし、水星の離心率($e=0.206$)が大きいので、水星の距離を軌道長半径($a=0.387\text{AU}$)とすると1AUの距離が実際の値より大きくなった。それから3年後、2006年11月9日、再び水星の太陽面通過が起きた。そこで、2003年の場合と同様、長野とSOHOの太陽視差より1AUを求めたが、1AUの距離は実際より小さくなった。この原因は、5月の太陽面通過と11月の太陽面通過では、水星の距離が異なっている(水星の昇交点での距離と降交点での距離が異なる)からである。そこで、2003年と2006年の水星の太陽面通過で、地上とSOHOの太陽視差から、 $1\text{AU} = 1.5 \times 10^{11}(\text{m})$ を与えたときの水星の距離と速度を求め、ケプラーの第二法則(面積速度一定の法則)が成立していること確かめることにした。

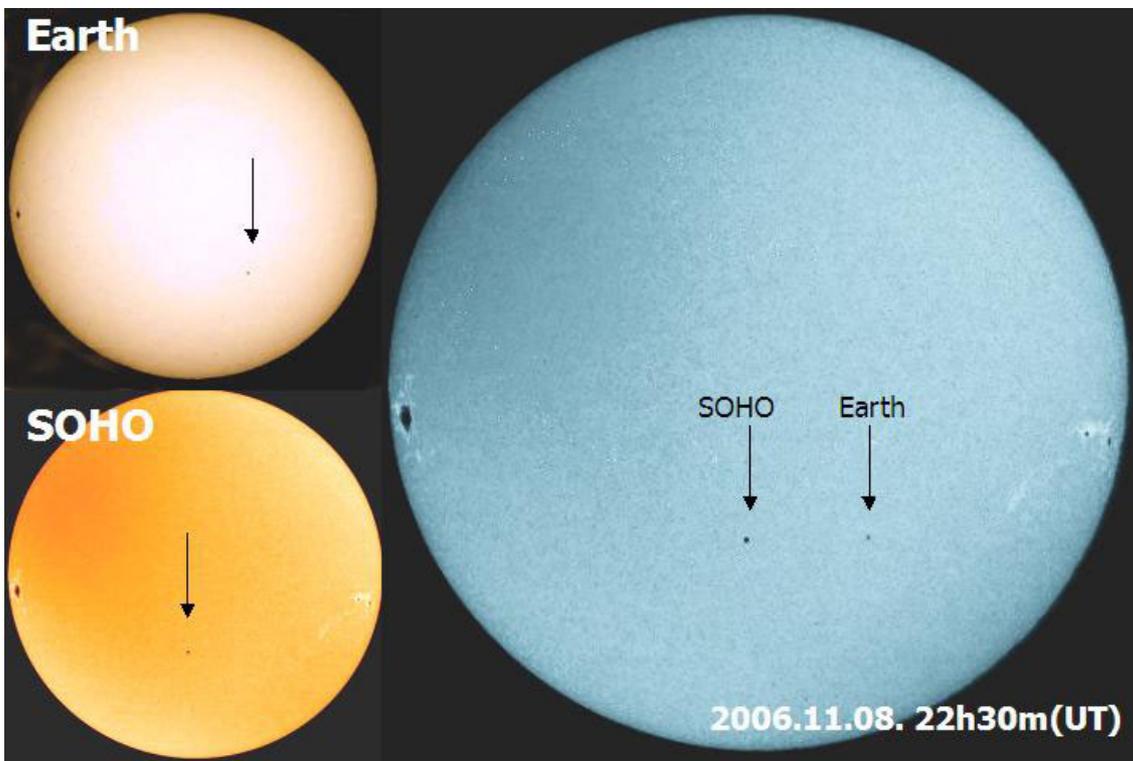


図1 水星の太陽視差、長野(左上)とSOHO(左下) および、その合成画像(右)

2006年11月9日7時30分(JST)

左上: 長野高専天文部撮影 カメラ: Canon EOS 5D 望遠鏡: 高橋 FC76(D=76mm, f=600mm)
 左下: SOHOのHPより. 右は、長野とSOHOの画像の回転と大きさを合わせて合成

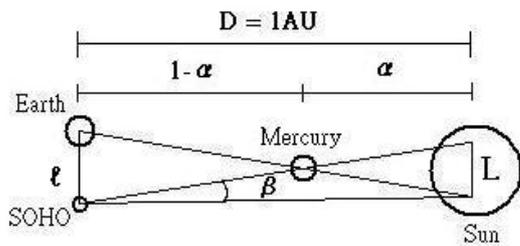


図 2

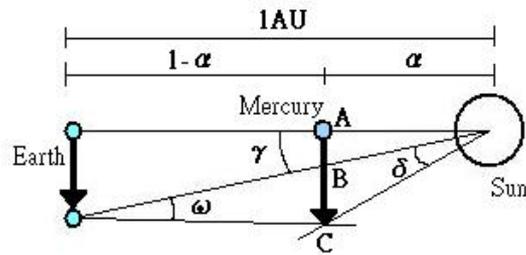


図 3

【地球と SOHO からの太陽視差と水星の距離の関係】

太陽から水星までの距離を AU とする。図 2 のように、地球と SOHO の距離を l 、太陽面上での水星の影の距離を L 、地球と SOHO の同時刻で見た太陽視差を β とする。このとき、三角形の相似より $L:l = \alpha : 1 - \alpha$ (...), さらに $L = D \sin \beta$ (...) が成立する。

【水星の距離測定】

異なる 2 地点で同時刻に撮像した 2006 年と 2003 年それぞれの画像を解析・計算し、太陽視差 (rad) を求めた。2006 = 1.52×10^{-3} (rad), 2003 = 3.05×10^{-3} (rad) が得られた。一方、地球と SOHO の距離 l は、2006 年: $l = 5.1 \times 10^8$ (m)、2003 年: $l = 5.8 \times 10^8$ (m)、 $D(1AU) = 1.5 \times 10^{11}$ (m) より、2006 年より $\alpha = 0.29$ AU, 2003 年より $\alpha = 0.44$ AU と求められた。

【水星の地球からの見かけの角速度 と水星の実角速度 の関係】

水星の角速度を ω (rad/s) とする。図 3 のように地球の角速度を ω_e (rad/s)、地球から見た水星の見かけの角速度を γ (rad/s) とする。さらに、 $\gamma = \omega - \omega_e$ とする。図 3 より、見かけの角速度 γ と ω とには、 $(1 - \alpha)\gamma = \alpha\omega$ が成立する。それゆえ、地球が ω_e (rad/s) 公転する間に動く水星の実速度 V (m/s) = (移動量 ABC / 時間) は次の関係がある。

$$V \text{ (m/s)} = (\text{ABC} / \text{時間}) = (\text{rad/s}) \times \alpha \times 1 \text{ AU (m)} = \left\{ \frac{\alpha}{1 - \alpha} \right\} (\text{rad/s}) \times \alpha \times 1 \text{ AU (m)}$$

【水星の速度の測定】

ω_e (rad/s) は測定より 2006 = 4.84×10^{-7} (rad/s), 2003 = 3.13×10^{-7} (rad/s) となった。これより、実角速度 ω は 2006 = 13.8×10^{-7} (rad/s), 2003 = 5.97×10^{-7} (rad/s) と求まる。ここで、 $1 \text{ AU} = 1.5 \times 10^{11}$ (m) より、水星の速度は秒速 $V_{2006} = 60.0$ (km/s), $V_{2003} = 39.4$ (km/s) となる。以上の結果をまとめると次のようになる。

	距離 (AU)	角速度 (rad/s)	速度 V (km/s)	$\alpha \times V$
2006 年	0.29	13.8×10^{-7}	60.0	17.4
2003 年	0.44	5.97×10^{-7}	39.4	17.3

【ケプラーの第 2 法則の確認とまとめ】

この結果から、ケプラーの第 2 法則(面積速度一定の法則)が成立しているかどうかを確認する。面積速度一定の法則とは、太陽から水星までの距離 \times 軌道上を進む速さ = 一定 つまり、 $\alpha \times V = \text{一定}$ と書ける。ここで、 $\alpha \times V$ は、2006 年が 17.4、2003 年が 17.3 となり、両者はほぼ一致した。よって、2003 年と 2006 年の 2 度の水星太陽面通過から、ケプラーの第 2 法則が成立することが確認できた。最後に、画像解析や、画像制作などに協力して下さった先輩たちにお礼申し上げます。

【参考】

SOHO-HP. <http://soho.nascom.nasa.gov/home.html> GONG-HP. <http://gong.nso.edu/>
 小林智幸、兒玉洋平、下寄ゆり(長野高専天文部)、大西浩次(長野高専)、2004, 日本天文学 2004 年春季年会 Y12b <http://www.asj.or.jp/nenkai/2004a/html/Y12b.html>