

昼間の金星観測から知る太陽系の景観

前川 紘一郎¹⁾

Observing Venus through a Telescope in Daytime and Understanding Where We are in Space

Koichiro MAEKAWA

抄 録：昼間に金星を観測するために、太陽・金星のデータ（赤経・赤緯）に基づき、前もって観測場所での金星南中時刻・南中高度を計算、その時刻にその方向へ望遠鏡を合わせることにより観察する。望遠鏡視野の中にある金星と太陽・地球位置を宇宙空間の中で立体的にとらえ、これらの3天体を俯瞰した視点にたち、それらをひとつの太陽系景観として把握することを試みた。昼間の青空を背景にして金星が視野のなかに光り輝いている姿、特に金星の満ち欠けの状態が見える場合は、満ち欠けの状態に基づいて、太陽・金星・地球が存在する太陽系空間の中にいる人間（観測者）を意識する立場から、空の中にその時の光景を考えることが可能となる。そして太陽系天体としての地球を再認識し、宇宙の中にいる人間という自然観を少しでも実感・深めることが可能と思われる。また自然現象を見ている観測者を、自然の構造の中に含めて（自然と一体となって）理解することにより、人間も自然の一部であるという認識、自然との連帯感が得られることを期待したい。

キーワード：金星、昼間観測、太陽系の景観、宇宙の中にいる人間、自然観

I. はじめに

明けの明星・宵の明星として一般に知られている金星は、昼間小さな望遠鏡でもその視野にとらえその存在を確かめ（金星が太陽近くに見える時期を除く）、また場合によっては満ち欠けの状態を見ることができる。ここでは、金星の南中する時刻を前もって知り、望遠鏡を金星の南中高度に合わせるよう操作をすることにより望遠鏡視野に導入し、その観察結果に基づき観測者から見た太陽とその近くにある金星について考察する。ここで述べるような観測によって、太陽のまわりにある金星の軌道上の位置を確かめることができるため、太陽を中心とした金星の公転軌道やその軌道上の金星位置を空の中にイメージする。その結果宇宙空間の中にいる私たち自身の存在を意識すると同時に、私たちから見た太陽と金星の景観を空の中に思い浮かべることが可能になる。

1) 京都教育大学

通常、観測には赤道儀式天体望遠鏡が使われることが多い。その場合も、ここで述べる金星南中時に観測する方法を用いれば、望遠鏡操作も簡単である（後述）。更に他の方法として、観測時刻にあまり制約を受けずに実施できる観測の方法（赤道儀式望遠鏡本来の性能が発揮できる）もあるが、ここではふれない。

このような天体観測では、大きな望遠鏡を用いればそれだけ大きな観測の成果がえられることは明らかであるが、小論では、望遠鏡は小型の簡単なものを用いたケースについて述べ、気軽に観測できることを意図した。例えば、赤道儀式ではない簡単な観測装置（組み立て式望遠鏡とそれを固定したり、観測時の望遠鏡の高度が測れるような工夫をした簡単な装置）を用いて、金星南中時に観測し、金星の南中高度に望遠鏡の方向を合わせる方法について検討する。そのためには、金星の南中時刻と南中高度を前もって計算しておく。金星の南中時刻は、地球と公転軌道上の金星との位置に応じて決まるため、その時刻は午前 9 時頃から 15 時頃までの時間帯になる。例えば明けの明星／宵の明星として観測できる時期は、金星は太陽の西側／東側にあるので、金星が南中するのは午前／午後の時間帯になる。したがって観測時刻がまちまちでそれに合わせた準備が必要となるが、金星が南中した時の観測（地球大気の影響が最も少なくなっている時）は、観測条件としては金星が最も見つけやすく最適である。

Ⅱ. 組み立て式の小望遠鏡

ここでは、組立キット望遠鏡（商品名スピカ）を用いる。この小望遠鏡キットは、完成後カメラ用三脚にネジで固定できるようになっているので、観測時には比較的安定した望遠鏡視野が得られる（図 1）。この望遠鏡は（口径 4cm, 倍率 35 倍）、接眼鏡をつけて見える視野の直径は約 1.2

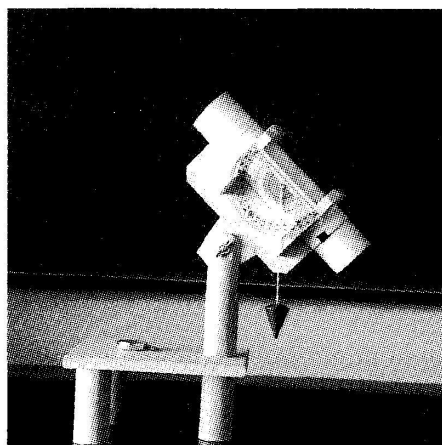
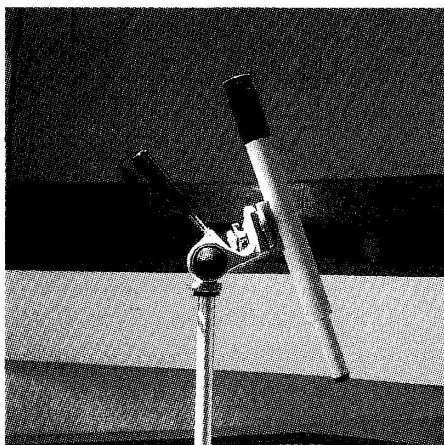


図 1

左：組立式の小望遠鏡スピカ（口径 4cm, 倍率 35 倍）
右：組立式の小望遠鏡（口径 5cm, 倍率 14 倍）

度。これは月が 2 個ならぶ程度の視野であるが、土星を観測すればその輪も確認できる。金星について言えば、内合（太陽・金星・地球がこの順にほぼ直線上に並ぶ現象）の前後約 2 カ月

くらいの間は、この望遠鏡によっても満ち欠けの状態を確認できる。しかし、金星が更に地球から離れた遠くにある場合は、満ち欠けの状態は眼視で確認はされず、金星は小さな光点として見える。

観測の際には、この望遠鏡を丈夫なカメラ用三脚に装着し、三脚のハンドルは上下方向（高度が変わる）と水平面内（方位が変わる）で動かし、天体をとらえるようにする。そして望遠鏡の高度角測定ができるような器具を用いる（図2）。これによって望遠鏡の（地面に対する）傾斜角（高度角）を知り（測定精度は約0.5度）、指定の高度へ望遠鏡を向ける。

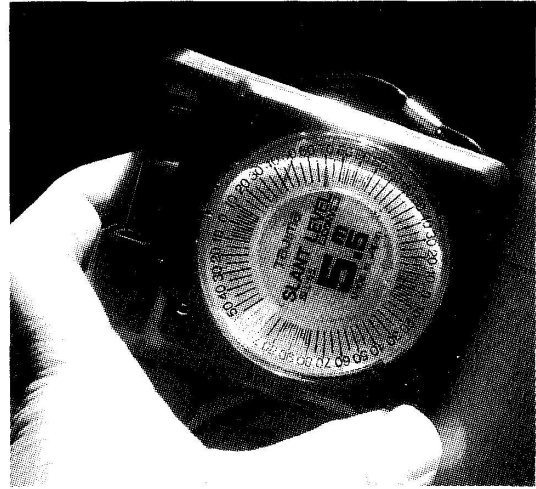


図2 傾斜計

（望遠鏡鏡筒に当て、望遠鏡の高度角を測定）

Ⅲ. 金星を昼間に望遠鏡視野に導く方法

図3には、2004年8月3日の太陽・金星の赤経・赤緯および均時差のデータを示す（理科年表、2004）。これから大体次のようなことが分かる。太陽の赤経が金星より大きい（赤経の差=3h10m）ことから、この日には金星が太陽より時間にして3時間10分早く南中する。また赤緯の差は、南中時における両天体の南中高度の差を表すので、金星の方が太陽より南中高度が約2度高い（赤緯の差=−1°45′）ことを示す。

観測の概要は、次のとおりである。まず太陽が南中する時刻を前もって知り、実際にその時刻に太陽を望遠鏡視野にとらえ（安全面を考え、望遠鏡はのぞかないで太陽像をスケッチ用紙に投影する方法をとる）、望遠鏡をその状態のまま、三脚を固定する。この後改めて、望遠鏡のピント位置は目で見て合う接眼位置にセットし直す。これによって、この日の太陽南中の高度角に望遠鏡を定めたことになり、結局観測場所の真南方向を求めたことにもなる（ある場所の真南方向を求めるには、方位磁石を用いることもできるが、精度は悪い）。次に今度は、金星をこの望遠鏡の視野にとらえるための準備として、金星の南中時刻と南中高度を計算する。その後、実際に金星の南中時刻に観測して、（既に真南方向に向けてある）望遠鏡を金星の南中高度に合わせるよう、上下方向に操作するのみで視野にとらえることができる。以下では、この日のデータに基づいて、具体的な観測手続き等を述べる。

	赤 経	赤 緯	均 時 差
太 陽	8 h 54 m	+17° 28'	− 6 m 10 s
金 星	5 h 44 m	+19° 13'	
数値の差	赤経の差 = 3 h 10 m	赤緯の差 = − 1° 45'	

図3 2004年8月3日における太陽・金星の赤経・赤緯および均時差のデータ
（理科年表、2004）

1. 太陽の南中時刻の計算（前川，2002）

公式：均時差＝視太陽時－平均太陽時（標準時）が、国の標準時を決める地点で成立する（日本では明石：経度 09h00m00s）。ここで、図3に示すように毎日の均時差のデータは分かっている。2004年8月3日では、均時差＝－6m10s（－6分10秒）であるので、この式を用いて、明石で太陽が南中することを表す視太陽時＝12時00分00秒とおいた時、平均太陽時（標準時）は12時06分10秒となる。すなわち明石ではこの日12時06分10秒に太陽が南中することがわかる。したがって、京都（京都教育大，経度 09h03m06s）での太陽南中時刻は12時3分4秒となる。京都は明石より東にあるので、経度差 03m06s だけ早く南中する。

2. 金星の南中時刻・南中高度の計算と観測

初めに太陽と金星との南中時刻の差，南中高度の差を調べる。南中時刻の差は，太陽の赤経値 8h54m と金星の赤経値 5h44m との差，すなわち 3h10m（時間にして3時間10分を意味する）であり，したがって金星の南中時刻は8時53分4秒およそ8時53分となる。

また南中高度の差は，太陽の赤緯 +17° 28' と金星の赤緯 +19° 13' との差になる。すなわち－1° 45' であるので，望遠鏡の操作としては（太陽南中時の望遠鏡を）金星の南中時刻に約2° 高く設定すれば，望遠鏡視野に金星が入ってくることになる（図4）。

この方法により，年間のかかりの月日で観測が可能である。ただし，金星の（太陽からの）離角（注）がおよそ20度以内の場合を除く（このような時は金星近くの空が明るすぎて金星を見つけにくく観測には不適）。

赤道儀式望遠鏡により観測する場合も，上述した方法と同じ手続きで観測する。まず赤道儀の極軸を大体その場所の南北方向にセット，極軸の高度もその場所の緯度に合わせた後，赤緯軸を水平にして固定する。この状態で，望遠鏡はほぼ南北子午面内で任意の高度角方向に（水平な赤緯軸のまわりに自由に回転させ）向けることができる

ので，先ず南中時の太陽を望遠鏡視野に入れることにする。そこでは，太陽の南中時刻が近づくにしたがって，望遠鏡高度を太陽に合わせながら，また絶えず望遠鏡の配置（方位）も少しずつ変えながら，太陽を望遠鏡視野にいれ南中するまで追尾していく（手に持ったスケッチ用紙などに太陽を投影しながら行う）。このようにして，南中時に太陽を視野に導入することができ，望遠鏡自身正確に南北方向にセッティングできたことになる。更に，金星の観測については，南中時に望遠鏡の赤緯目盛りを使って，太陽・金星の赤緯差だけ望遠鏡の高度を変えるだけでよい。以上のような操作により，通常の赤道儀式望遠鏡のセッティング（極軸合わせ）作業が簡略化されるため，負担も少ない。

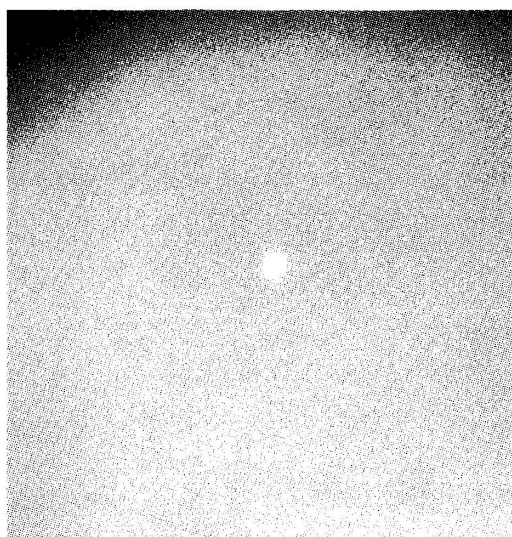


図4 観察された金星の満ち欠け
(2004年8月3日)

IV. 太陽・金星・地球の景観

図5に示すように、金星の2004年8月3日における観測結果からは、観測者の目の前に横たわる風景の中で、太陽や金星軌道の広がり立体的な宇宙空間の中のイメージとしてとらえることができる(前川, 1996)。この場合、金星・地球の公転軌道の大きさが既知であること(それぞれ1天文単位, 0.7天文単位)を前提に、金星の(太陽からの)離角45度を考慮し、さらには満ち欠けの望遠鏡による観察から、観測者(自分)が太陽系空間のどこにいて、その景観に立ち会っているかがわかる。しかも、この景観のなかで、観測者の足下にある地球は、実際に西の方向(観測者から見て右手を右に伸ばした方向)へ公転速度毎秒30キロメートル(30km/s)でその軌道上を進んでいる。その公転軌道は、1億5千万kmの半径の円であるが、その広大さを別の具体的な表現にすると、地球は観測者の右手を伸ばした方向(円軌道の接線方向)へ常に30km/sで進みながら、実は目の前に見えている太陽に向かっていつも毎秒3mmずつ落下していることになる。地球はこのような運動をしながら、太陽のまわりに円軌道を描いている、と言える。

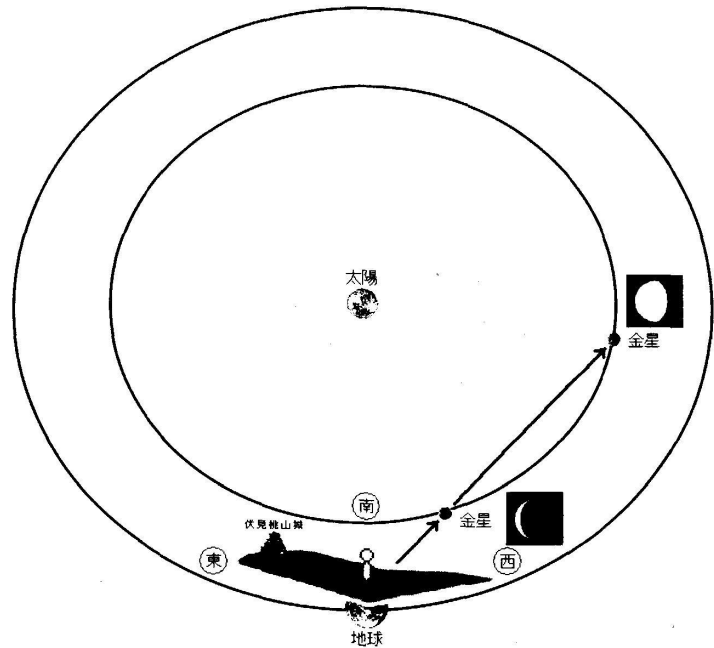


図5 2004年8月3日における太陽・金星・地球の景観
(この日の金星は、図4のように観測された。それから判断して、金星は軌道上の遠い方の位置にある)

このように、自然の風景の中で、目の前に見えている太陽のまわりに、金星・地球の軌道を実際に描くことにより、人間というものを宇宙的視野の中でみつめ、自然の中にいる自分の存在を実感する、あるいは自然との一体感をもつことができるのではないだろうか。

V. SOHO (太陽・太陽圏観測衛星) から見た太陽・金星

金星の(太陽からの)離角がおよそ20度以下のような小さな角度の場合は、金星に望遠鏡を向けてもその周辺では地球大気の散乱光が強すぎて、金星が見えない。ところが、SOHO(太陽・太陽圏観測衛星)は常に太陽(太陽を中心に半径約7度の範囲内)を宇宙空間から監視してその画像を得ている(NASA, 2004)。太陽周辺部の観測の時には、太陽を撮像する時、望遠鏡の焦点位置にできる太陽像をオッカルティングディスクで覆い、太陽光が撮像面へは直接

届かないよう工夫されている。そのため画像上では、輝く太陽像自身は隠された状態で示され、太陽周辺部の暗黒の宇宙空間で生起している発光現象（コロナ物質や彗星などのほか、水星・金星や太陽の背景にある明るい恒星なども）が写し出される。金星の外合と呼ばれる時期には、金星は太陽の向こう側の遠い空間位置にあって、太陽に照らされた金星の半球が地球側に向いているのを太陽と同時に見ることができる（図 6）。また金星の内合時には、太陽より地球に近い側の位置にあって、太陽に照らされた金星の半球は見えにくい、実際にはその存在ははっ

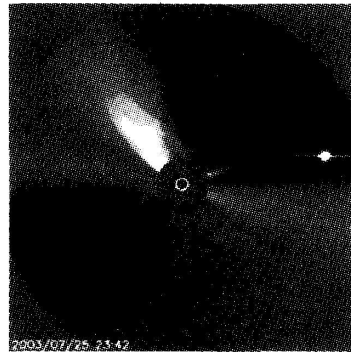
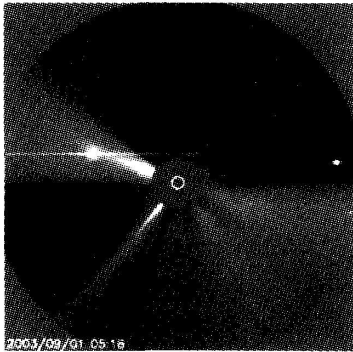


図 6 外合（2003 年 8 月 17 日）前後に、SOHO により観測された太陽周辺領域の画像（金星はこの時期 SOHO の空間位置から見て、太陽の後方を右から左方向へ公転している。

金星は明るいため、画像上の像から左右に細い線が出ている）中心の白いまる印は太陽。

右：7 月 25 日の時点では、金星は太陽に向かって右側に見えている

左：9 月 1 日には金星の公転が進み、太陽の左側に来ている。画像の右端に撮影されている輝点は、しし座のレグルス 1 等星

きり知ることができる（図 7）。この人工衛星は、常に地球近くの（太陽と地球を結ぶ線上の）空間位置にあるため、このような宇宙空間の一点（SOHO の位置）から太陽を見た画像により、太陽・金星・地球の存在とそれらの関係がより直感的に理解できる。

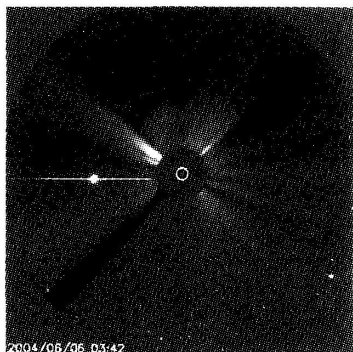


図 7 内合（2004 年 6 月 8 日）前後に、SOHO により観測された太陽周辺領域の画像（金星はこの時期 SOHO の空間位置から見て、太陽の前面を左から右方向へ公転している。

内合の 6 月 8 日には、地球から金星の太陽面通過現象が観測された。）

左：6 月 6 日の時点では、金星は太陽に向かって左側に見えている

右：6 月 10 日には金星の公転が進み、太陽の右側に見えている

VI. あとがき

ここで述べたいことは、天体観測をしている際に、その対象を直視するばかりでなく、観察している自分を宇宙の中にいる人間という視点でとらえ、宇宙的視野の中で人間・地球の存在をみていこうとすることである。それは、宇宙空間の中にいる人間・地球の位置を、大きなスケールから小さな身近なスケールまでの間を通して見る視点でもあり、そのような試みの中で、普段意識しないことであるが、地球もひとつの天体であることを認識し、地球上にいる私たちはそこに組み込まれて生きている人間（地球人）として理解したい。

(注)

金星の（太陽からの）離角について：

ある時太陽 S とそのまわりの公転軌道上で金星 V および地球 E が、それぞれ位置 S, V, E にあるとする。その時の地球中心と太陽・金星それぞれと直線で結んだ場合、地球位置から見た金星の（太陽からの）離角とは、 $\angle SEV$ である。この角度は、今述べたように軌道図上で表すこともできるが、観測時には空を見上げている観測者から見た太陽の方向と金星の方向の隔たり（角度）と一致する。

金星の（太陽からの）離角は、太陽および金星の赤経・赤緯がわかれば計算により知ることができるが、天文資料にも掲載されている。資料によれば 2004 年 8 月 3 日における金星の離角は約 45 度である（天文年鑑，2004）。

謝 辞

図 4 の作成は酒井英孝氏（フォース株）による。ここに記して、お礼申し上げたい。

参考文献

国立天文台編纂（2004）理科年表，丸善株，東京。

前川（1996）自分は太陽系空間のどこにいるかを知る，第10回天文教育研究会集録（天文教育普及研究会）10：30-35。

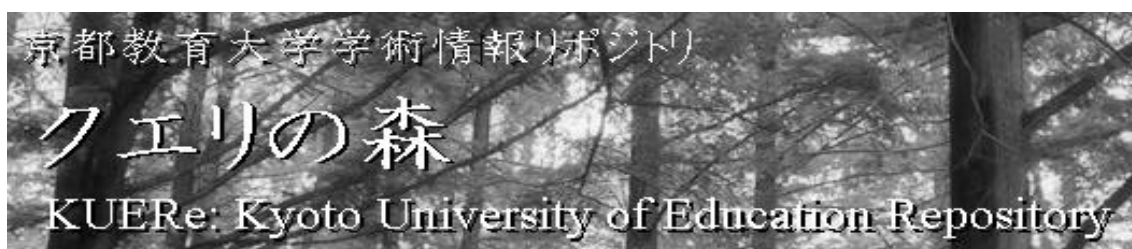
前川（2002）太陽の南中時刻と観測，フォーラム理科教育（京都教育大学理学科）4：13-18。

NASA（2004）SOHOによる太陽周辺画像，URL：<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

天文年鑑編集委員会（2004）天文年鑑，誠文堂新光社株 東京。

小望遠鏡キット「スピカ」の製作・販売，オルヴィス株 大阪。

小望遠鏡キットの製作・販売，アイソテック株 横浜。



この文献は、国立情報学研究所において電子化されたものを、本学でテキスト加工したものです。

