

Mysterious Planet Mars

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2023-04-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 下村, 知愛, 高橋, 典嗣 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/2088

Mysterious Planet Mars

謎の惑星・火星

下村知愛

Shimomura Chie

高橋典嗣

Takahashi Noritsugu



火星と登るオリオン
撮影：下村知愛

火星の動き

火星は、図1のように地球より太陽から遠い外側の軌道を回っている木星、土星、天王星、海王星などと同じ「外惑星」の一つです。

火星は、地球から見て太陽と反対の位置にあるとき、火星と地球との距離が最も近づきます。これを「衝（しょう）」と呼びます。このとき火星は、真夜中に南中するので、観測するには絶好の機会となります。また、太陽の向こう側に位置し、地球との距離が最も遠くなったときを「合（ごう）」と言います。

火星が軌道上を動く速度は地球よりも外側にあり、動きが遅いので火星は天球上（星座の間）を見かけ上、図2のように東から西に動いているように見えます。この動きを「順行（じゅんこう）」と言います。

衝になると、地球が火星を追い越し、先に進みます。追い越すころの火星の動きは、天球上を西に動いているように見えます。こうした火星の動きを「逆行（ぎゃくこう）」と言います。この時は火星が地球に対して接近する速度の大きさが最も大きくなります。

火星が順行から逆行に、あるいは逆行から順行が変わるとき、天球上の火星の動きが一時的に静止して見えます。これを「留（りゅう）」と言います。

地球から見て、火星は太陽の東側に90°離れた時を「東矩（とうく）」と言います。距離は1億4000万kmになり、このときの火星は夕方の南天に輝き、夜中に西天に没します。この日以後の火星は地球から遠くなっていきます。

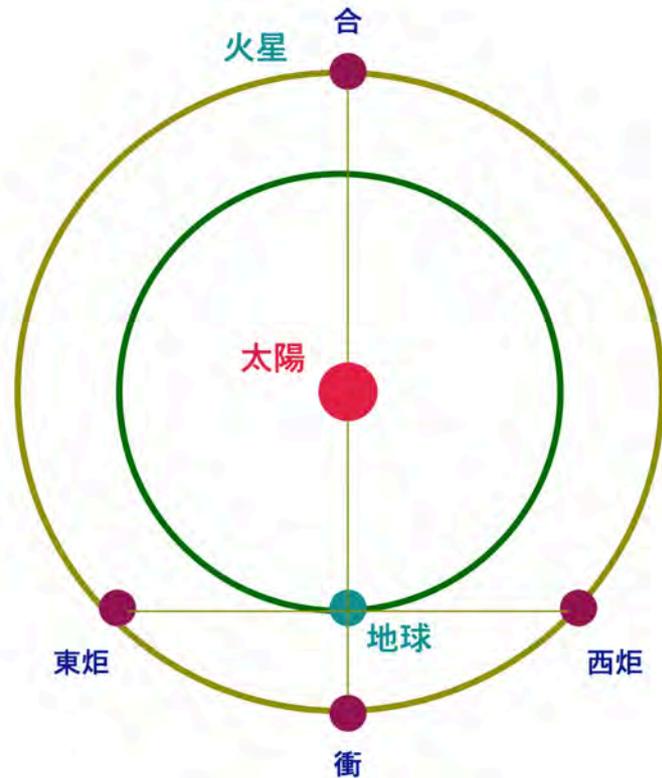


図1 火星と地球の軌道

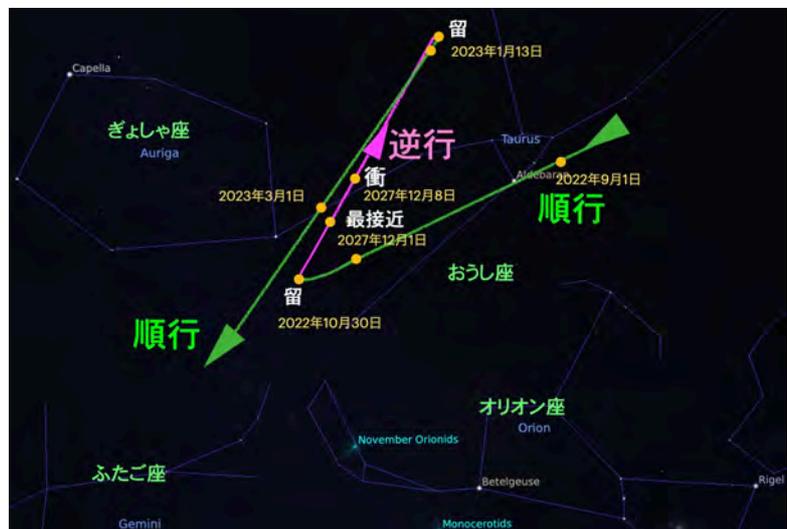


図2 火星の動き

また、地球から見て火星が太陽の西側に90°離れた時を「西矩（せいく）」と言います。この日の火星は夜中に東天に昇り、明け方に南の空に見えます。この日以後の火星は地球に近くなっていきます。

火星の軌道

火星は、太陽系の第4惑星で、地球の1つ外側の軌道（内側から水星、金星、地球の次）を運行しています。軌道の平均半径は2億2800万kmで、この軌道上を687日にかかって1周します。また、地球と火星が接近する周期（衝から次の衝までの日数の平均値を会合周期という）は780日、2年2ヶ月です。すなわち、火星は1年おきに約50日ほど遅れて地球に接近することになります。

一般に外惑星（地球よりも外側の軌道を公転する惑星で、火星、木星、土星など）の公転周期をP日、地球の公転周期をE日、地球と外惑星の会合周期をT日とすれば、1日に地球は軌道上を太陽に対して中心角 $360^\circ/E$ だけ回り、外惑星は同じく $360^\circ/P$ だけ回り、その差がちょうど $360^\circ/T$ に等しいので、全体を共通する 360° で約すと、次の式が得られます。

$$\frac{1}{E} - \frac{1}{P} = \frac{1}{T} \quad \text{すなわち} \quad P = \frac{TE}{T-E}$$

この式によって外惑星の会合周期Tと地球の公転周期Eを観測すれば、外惑星の公転周期Pを求めることができます。

ここまでは、種々の数値の平均値で考えてきましたが、実際にはもっと複雑になります。地球の軌道も火星の軌道も楕円軌道になっていて、離心率（楕円の中心から焦点となる太陽の位置までの距離を楕円の最長の半径で割った比で、楕円のいびつを示す数）は、地球の軌道は0.017、火星の軌道は0.093です。

地球は近日点（太陽に最も近づく点で、毎年1月3日頃）で1億4700万km、遠日点（太陽に最も遠くなる点で、毎年7月5日頃）で1億5200万km、その差は500万km（0.03AU）です。

火星は近日点で2億653万km（1.38AU）、遠日点で2億4906万km（1.67AU）、その差は4253万km（0.29AU）で、地球の10倍になります。

火星の近日点は黄経 335° 、すなわち地球が毎年8月28日頃に通過する方向にあります。火星が8月下旬頃に地球に接近すれば、距離が5550万km（0.37AU）まで近づき、大接近となります。

遠日点はその反対の黄経 155° 、すなわち地球が毎年2月24日頃に通過する方向にあります。2月下旬頃の接近では、1億200万km（0.68AU）にしか近づきません。この時期の接近が小接近です。

大接近は、小接近の約1/2まで近づきます。2033年7月5日、2035年9月11日、2050年8月15日、2052年10月20日、2080年6月25日、2082年8月31日に大接近となり、火星の視直径（見かけの大きさ）が $20''$ より大きくなります。また、2027年2月20日、2042年2月5日、2059年2月28日には小接近となり、視直径が $14''$ より小さくなります。

次に、衝と最接近の日が数日ずれるのはどうしてか考えてみましょう。

これは、火星の軌道の離心率が大きいことに起因します。火星の近日点より前、地球が6月～8月ころに通過する方向では、地球が日ごとに火星に近づいていきます。しかし、近日点以降の9月～11月に通過する方向では、地球が日ごとに火星の軌道から遠ざかって行きます。そのために衝が火星の近日点以前で起こった場合は、衝の後も地球は火星に接近していくので、最接近の日は衝の数日後になります。逆に衝が火星の近日点の後に起こる場合は、衝の日の数日前に最接近となります。また火星の近日点、遠日点の日が衝となるときは、最接近の日と一致します。

2022年の火星は、近日点以降の12月8日に衝となるので、地球が日ごとに火星の軌道から遠ざかっていくため、最接近は衝の前の12月1日となっているのです。

火星接近の位置を図3に、接近時の距離、視直径、見かけの等級を表1に示しました。

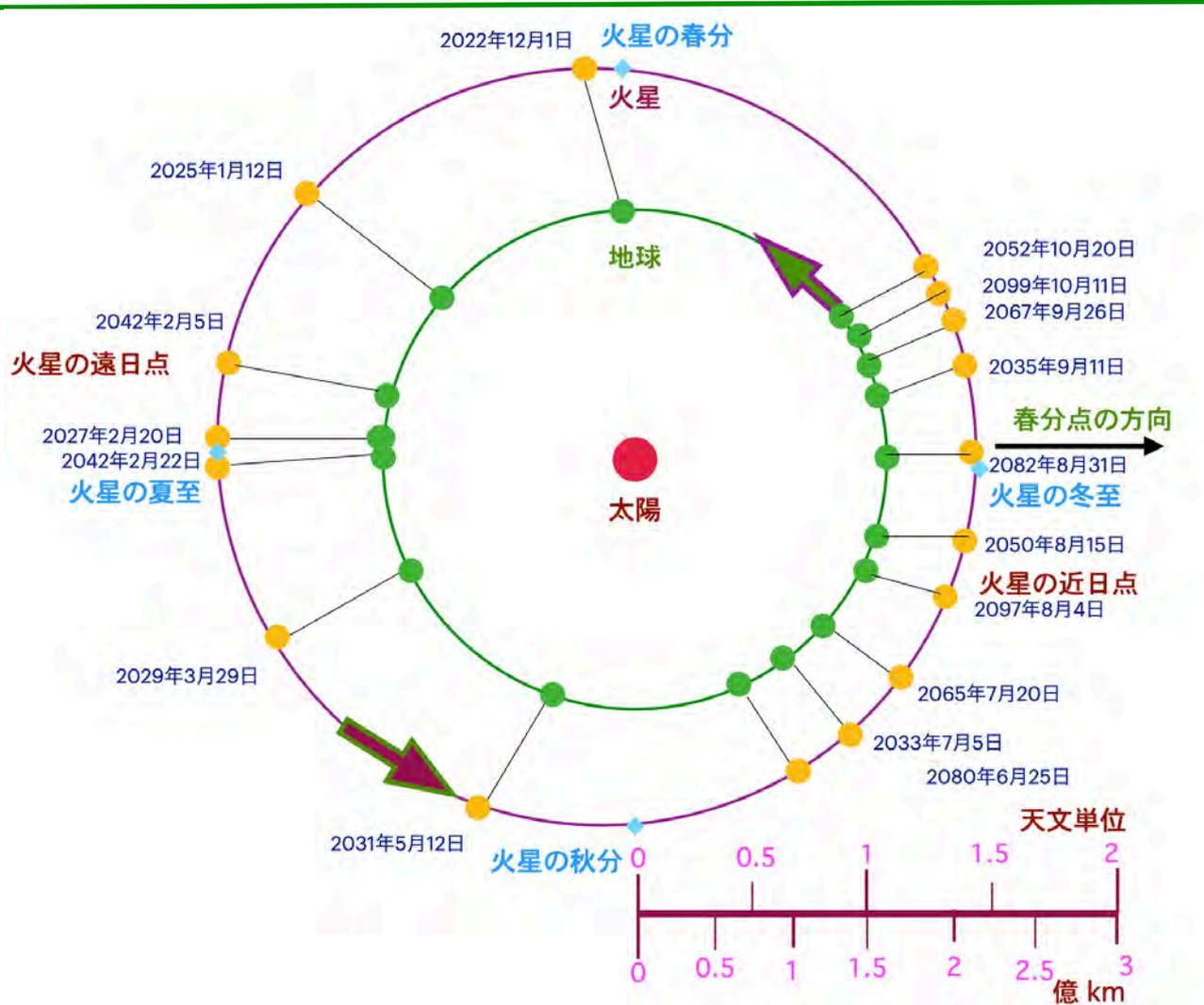


図3 火星接近の位置

表1 火星の大接近と小接近

大接近				小接近			
接近年月日	地心距離	視直径	等級	接近年月日	地心距離	視直径	等級
2022年12月1日	8145万km	17.2	-1.8	2027年2月20日	1億142万km	13.9	-1.2
2033年7月5日	6328万km	22.1	-2.5	2042年2月5日	1億49万km	13.9	-1.2
2035年9月11日	5691万km	24.6	-2.8	2059年2月28日	1億125万km	13.8	-1.2
2050年8月15日	5596万km	25.0	-2.9	2074年2月14日	1億120万km	13.8	-1.2
2052年10月20日	6596万km	21.2	-2.4	2091年3月9日	1億64万km	13.9	-1.2
2065年7月20日	5978万km	23.4	-2.7				
2067年9月26日	5934万km	23.6	-2.7				
2080年6月25日	6657万km	21.0	-2.3				
2082年8月31日	5588万km	25.1	-2.9				
2097年8月4日	5713万km	24.5	-2.8				
2099年10月11日	6271万km	22.3	-2.5				

3

本体・自転・公転・季節

火星の半径は 3396.2km、地球の半径は 6356.8km なので半径は地球の 53%です。したがって火星の全表面積は地球の 28%、体積は地球の 15%に過ぎません。また、火星の質量はその衛星の運動の観測から地球の質量の 11%であることが知られています。これから火星は地球よりも密度が小さく、軽い物質で構成されていることがわかります。すなわち水の密度を 1 とすると、これに対して、地球の密度は 5.52 倍、火星の密度は 3.94 倍となります。これから火星の表面の重力を計算すると地球の 38%であることとなります。したがって地球上で 100kg の重さを持ち上げるとき、火星では 38kg の重さにしかなりません。

火星の表面を天体望遠鏡で観察すると恒久的に位置が一定した模様（地形）が観察できます。この地形から自転速度と自転軸の方向を正確に観測により求めることができます。現在知られている火星の自転周期は 24 時間 37 分 23 秒です。これは地球の自転周期の 23 時間 56 分 4 秒に比べて約 40 分ほど長いだけで、地球の 1.03 日なので、地球の 1 日とあまり変わりません。火星の公転周期が 687 日であることを考慮に入れて火星 1 日の時刻を計算すると、24 時間 39 分 54 秒となり、やはり火星の世界の 1 日も地球の 1 日と大差ないこととなります。

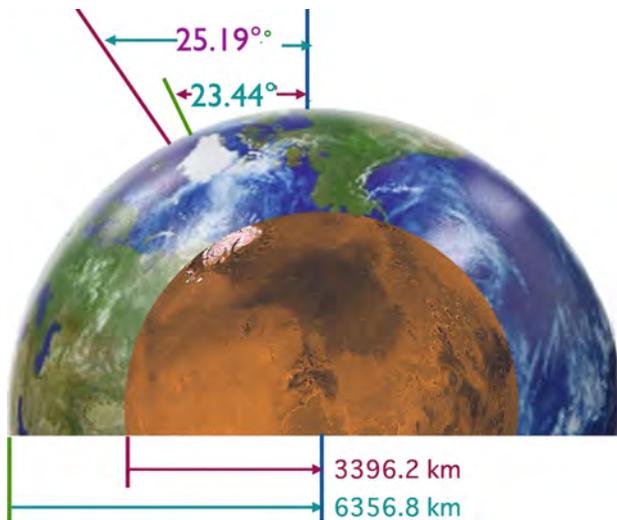


図 4 半径と軌道傾斜角

また自転軸の方向は火星の軌道面の法線（軌道面に垂直な直線）に対して 25.19°の傾斜を持っています。これもまた地球の場合の傾斜角は 23.44°なので、ほとんど変わりません。したがって火星の世界の四季の変化は、地球の四季と同じように推移することになります。ただし公転周期が 687 日（火星の 1 日でかぞえると 669 日）で地球の 365 日の約 2 倍近くもあるので、各季節もこれと同じ比率で長くなっています。また、火星の世界で北半球が春分（南半球では秋分、以下北半球の季節で述べますから南半球はその逆になります）を迎えるのは、火星が軌道上で黄経 88°の位置にあるときです。これは地球が毎年 12 月 20 日ころ通過する方向にあり、地球の北半球の冬至のころにあたります。

火星が衝となり地球に最接近するとき、火星の季節は、そのときの地球より 1 つ先の季節の姿を見せていることとなります。

したがって、2022 年の最接近と衝は 12 月上旬で、地球の北半球では秋分から冬至になるころです。このときの火星の北半球は、冬至から春分（南半球は秋分）に向かっている時期です。火星が春分や秋分のころに最接近すると、火星の南北の両方を観測することができます。



図 5 重力は地球の 38%

極冠・運河・黄色雲

火星を天体望遠鏡で観察すると、種々の模様が見えます。まず北極または南極地方に白く輝いた部分があつて冬季には大きく夏季には小さくなります。これを極冠といいます。特に南極地方の極冠は南半球の盛夏には消失してしまうこともあります。

次に極地方以外の各部には暗黒な部分があり、その形状や配置は火星面に対し固定して変わらぬので、火星の地形を示しています。これらの暗黒部には、海、湾、湖などの名前がつけられています。暗黒部と暗黒部の間を結んで直線状のものが網の目のように張りめぐらされているように見える所があります。これが問題の運河です。

その他の部分は明るい赤味を帯びて輝やいて、陸地や高原などと呼ばれています。

極冠を最初に観測したのは18世紀のイギリスの天文学者ハーシェルでした。その後19世紀に入ってイタリアのスキアパレリ、アメリカのローウェルなど多くの観測者によって研究され、季節の推移につれて極冠は著しく変化することが知られるようになりました。南極冠は南半球の冬の真中には非常に成長して南緯40°の所まで広がります。南半球が早春を迎えると周辺には凸凹が生じ、春分を過ぎると極冠の内部には亀裂が現われて次第に小さくなって行きます。そして南半球の盛夏には全部が消失してしまうことさえあります。このようなことから考えて、極冠は極地方の冬に生じる雪または氷であると判断されました。

次に運河について述べましょう。これはイタリアのスキアパレリが1877年に火星表面上の至る所に細い直線状の筋の様子が網の目のように走っていることを発見したのが始まりです。彼はこれをカナリ(Canali)と名付けたのですが英語で運河の意味のカナルス(Canals)と訳されたために「運河」と呼ばれるようになりました。

ここから火星には地球上の人類よりもはるか

に文明の進歩した高等生物「火星」が住んでいて、彼らの進んだ土木技術を使って、この「運河」を掘り、極冠から溶けてくる水を赤道地方まで引っ張ってくるのであろうという、実に興味深々たる憶測が生れ、多数の研究者を興奮させました。

特に、アメリカのローウェルは自分の全財産を投じて空気の澄んだアリゾナ州の高原フラグスタフに天文台を設立し、生涯にわたり火星の研究続けました。ローウェルは、『運河はオアシスと呼ばれる黒い点から放射状に直線形に走る暗黒な色をした部分で、中にはレールのように並行な二直線になって見えるものもある。運河は一般に夏には太く濃く、冬には淡くなります。そして春になって極冠が溶け始めると、まず極地方の運河が濃くなって、晩春から初夏のころには赤道を越えて他の半球の運河まで濃くなります。そして晩秋から運河はだんだん淡くなって冬には殆ど消えてしまうこともあります』と詳細な観測結果を報告しています。

このように春から夏にかけて運河が濃く染められて行く現象を「促進波」といいます。促進波が極地方を出発して赤道に到達するまでには約200日を要し、その伝わる速度は平均1日80km位と観測されています。

このほか、火星には水蒸気を含んだ白雲や砂漠地方の砂が上昇気流によって巻き上げられて起ると考えられる砂嵐による黄色雲なども観測されています。

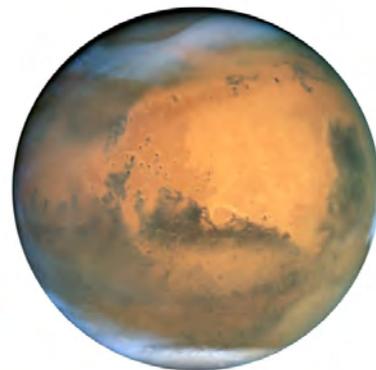


図6 火星の極冠と黄色雲（ハッブル宇宙望遠鏡）NASA

火星の地形巡り (天体望遠鏡による観察)

火星の地図を作るときも地球の場合と同じように経度と緯度を決めたほうが便利です。緯度は赤道を 0° として、南北両半球へそれぞれ 90° (南半球は $-$) まで分け、経度は 0° から火星世界の西まわり (火星の自転と反対方向) に 360° まで測ります。経度 0° の線はサバエウス湾と言う暗黒部の西端にあるアリン爪とよばれている地点の中央を通っています。

◆ 経度 30° 緯度 $+50^\circ$

ここを中心にして広がる暗黒部分をアシダリウム海と言い、ちょうど泥靴の足跡のような形をしています。

◆ 経度 90° 緯度 -25°

この付近を中心にして眼玉のような模様があります。これはソリス湖、または太陽湖と言い、俗に「火星の眼玉」ともよばれています。形が変化することで有名な場所です。

◆ 経度 $130^\circ \sim 180^\circ$ 緯度 $-20^\circ \sim 40^\circ$

ここにあるマユのような暗黒部をシレーヌム海と言います。

◆ 経度 $180^\circ \sim 240^\circ$ 緯度 $-10^\circ \sim 40^\circ$

この地域にわたって細長い暗黒部があり、ここをキンメリウム海と言います。この2つの海の北側には運河が走っているように見えますが、見にくいものが多いです。

◆ 経度 220° 緯度 $+20^\circ$

このあたりを中心とした五角形の白い部分をエリジウムと言います。これも形が変わることで有名な場所です。この東端の頂点にあたる経度 295° 、緯度 $+15^\circ$ の所をハロンの三叉路と言い、たくさんの運河が集まっているように見える場所です。

◆ 経度 290° 緯度 $+10^\circ$

この場所を中心にして三角形の大きな暗黒部がインド半島のように北に突き出ています。これが大チスリスで、1659年にホイヘンスが観測していて、火星面の名所の1つです。

◆ 経度 295° 緯度 -45°

卵形の白く輝いた部分がヘラス盆地とよばれる高原地帯です。この中央には東西と南北に走る十字形の2本の線が見られます。

◆ 経度 $310^\circ \sim 369^\circ$ 緯度 -10°

この付近には東西に細長い暗黒部があり、これが最初に述べたサバエウス湾です。その西端にあるのが経度の起点となっているアリンの爪です。サバエウス湾の北側も運河の多い所です。

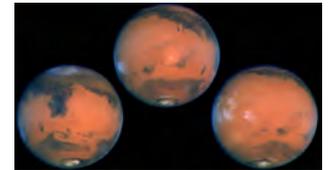


図7 ハッブル宇宙望遠鏡で撮影された火星の地形 (NASA)

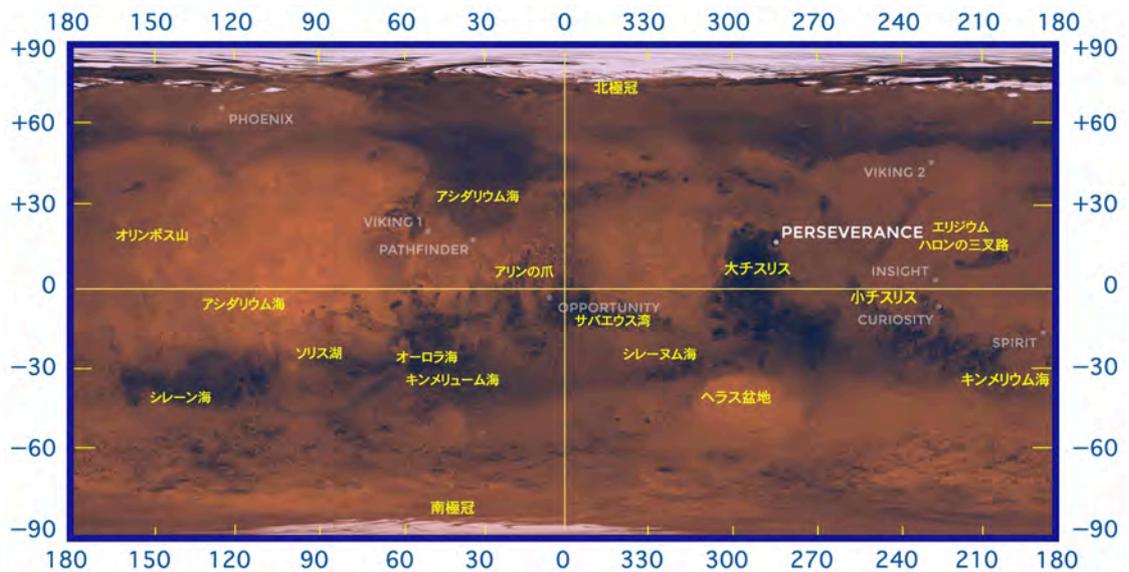


図8 火星図
NASA/JPL

6

衛星

火星には2個の衛星(月)があり、内側のものをフォボス、外側のものをダイモスと言い、それぞれ最長の経が28kmと15kmほどの「じゃがいも」のような形をした岩片状の天体です(図9)。フォボスは7時間39分、ダイモスは30時間10分の周期で火星の自転方向に公転しています。フォボスの公転周期は火星の自転周期の24時間40分の3分の1よりやや短かく、ダイモスの公転周期は5時間30分ほど長くなっています。このため、火星の世界でこれら2個の衛星を観察すると、フォボスは火星での1日の間に2回も出たり入ったりし、西から出て東に沈んでいきます。また、ダイモスは東からでて西に沈みますが、空に見える時間は約66時間、火星の世界での2日半以上ということになります。2個の衛星がすれちがって行く光景が観察できたら、奇妙でしょうね。

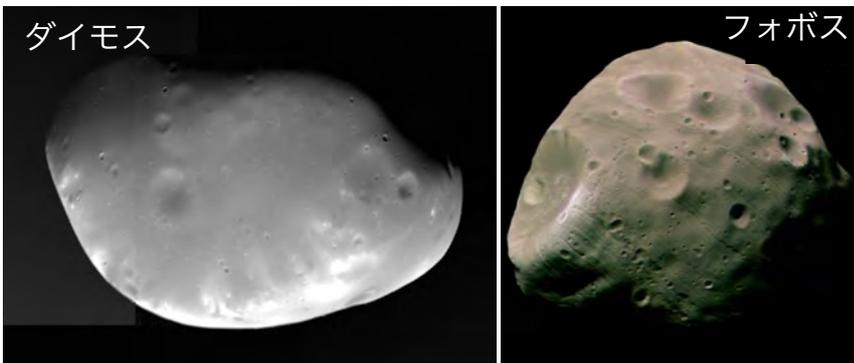


図9 火星の衛星 (NASA/JPL)



図10 衛星の軌道

ガリヴァー旅行記

空飛ぶ天空の城「ラピタ」と2つの衛星

1726年初版のスウィフトの作品「ガリバー旅行記」に登場する天空の城「ラピタ」には2つの衛星があります。内側にはラピタの直径の3倍の距離を10時間で公転、外側には直径の5倍の距離を21時間で公転しています。

火星のフォボスは火星の直径の2.76倍の距離を7.7時間で公転、ダイモスは火星の直径の6.92倍の距離を30.3時間で公転しています。火星の衛星が発見されたのは1877年なので、発見の約150年前の作品に火星の似た衛星が登場していたことになります。スウィフトは、火星のことを知っていたのでしょうか。

