



火星とはどのような惑星か

仲野 誠 (大分大学)

1 火星の概観

バビロニアでは死と病の神、エジプトやローマでは軍神、中国では人心を迷わせる星。古来から人類の血を騒がせて続けてきた星、火星(図1)が、今年8月末に地球にきわめて接近します。天文雑誌には「超大接近」の文字が躍ります。ロケット開発の巨人フォン・ブラウン、『コスモス』『コンタクト』のカール・セーガン、いずれもこの火星に魅了され、そこに行きたいと念じ続けていました。その火星が近づいてくるのです。

さて、ここではその話題の火星について簡単な紹介を試みたいと思います。まずは地球と比べながら、その違いや類似点を見てゆくことにしましょう。

火星と太陽の平均距離は2.28億kmで、地球よりも約1.5倍太陽から離れています。太陽から遠いため火星の平均気温も低く、およそ-55℃で、1年の長さは地球の約2倍の687日です。地球に近いために天球上の動きも大

きく、古代から人々の注目を集めてきました。3600年前のバビロニアの人々は、ループを描く火星の奇妙な動きと明るさの変化を記録しています。軌道の離心率は0.0934と、地球の0.0167に比べるとかなりの長円です。これは太陽からの距離が20%も変化することを意味します。このように離心率が大きいことは、ケプラーが有名な3法則(とくに第1と第2)を発見する上で有利に働いたといわれています。その半径は3397kmで地球の約半分の小さな惑星で、表面重力は地球の0.38倍です。自転軸の傾き(25.2°)や1日の長さ(24時間37分)は偶然にも地球と非常に良く似ています。しかし大気量は平均で6.1hPaと非常に薄く、その組成は二酸化炭素がほとんど(95.3%)を占めます。この二酸化炭素が凍りついたり、蒸発することによって大気圧も25%程度変動します。惑星規模の磁場はないか、あっても地球の数千分の1以下で、非常に弱いと考えられています。

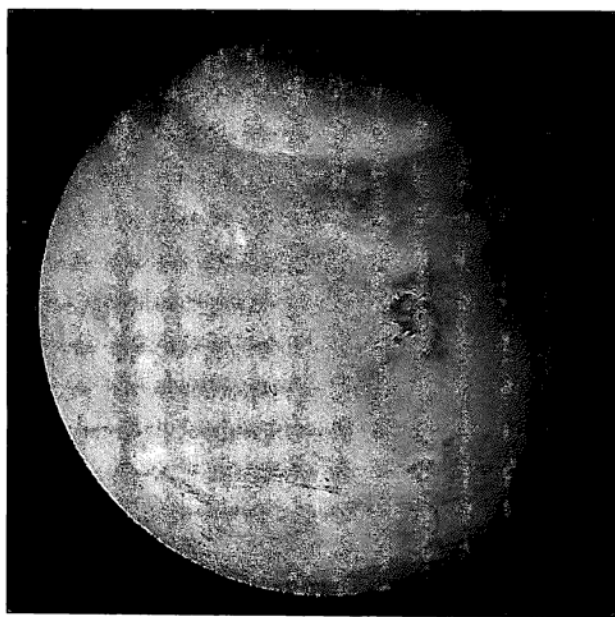


図1 火星の春、2002年5月初旬の火星
(NASA/JPL/MSSS)

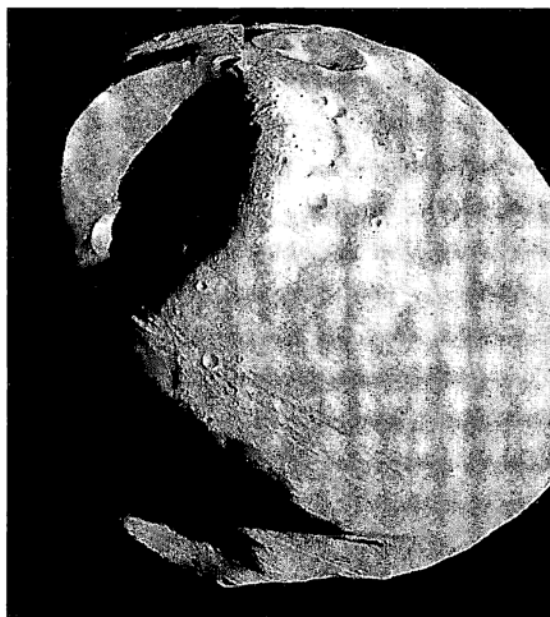


図2 バイキングによるフォボス
(NASA/JPL/NSSDC)

地形的には変化に富んでおり、まさしく観光にぴったりの素晴らしい景観が広がっています。まずは太陽系で最大の楕状火山であるオリンポス山は周囲から24kmの高さにそびえ立ち、頂上にはカルデラがあります。アルシア、パボニア、アスクレアスから成るタルシス三山も見事です。小さな望遠鏡でも確認できる北極や南極の極冠も有名ですね。また火星半径に相当する長さ、2~7kmの深さを誇るマリネリス峡谷系、さしわたし4000kmで標高10kmのタルシス台地などの地形、ヘラス平原のような巨大隕石の衝突で生じたと思われる大きなクレーターなどが広がっています。フォボス(図2)とダイモスという10km程度のちっちゃな月(いずれもギリシャ語で「恐れ」と「パニック」の意)が火星の周囲を巡っています。

火星の表面は、寒くて乾燥していて大気も薄いですが、強風が吹き荒れており(図3)、南半球の夏には数ヶ月も砂嵐で表面が覆われて、表面が全く見えなくなってしまうことがあります(図4)。ダストデビルと呼ばれる、塵が円筒状に巻き上げられる竜巻のような現象も起こっているようです。

2 運河と火星人

人類は小さな球の上で
眠り起きそして働き
ときどき火星に仲間を欲しがったりする
(谷川俊太郎
『二十億光年の孤独』より)

火星といえば、ほとんどの人は火星人を思い浮かべるでしょう。19世紀のスキアパレリの詳細な観察から発見された「運河」は、ローウェルを魅了して私財を投じた天文台を作らせました。アメリカでは火星人襲来のラジオドラマでパニックさえ起こりました。しかし、運河反対論者でスケッチの大家といわれ

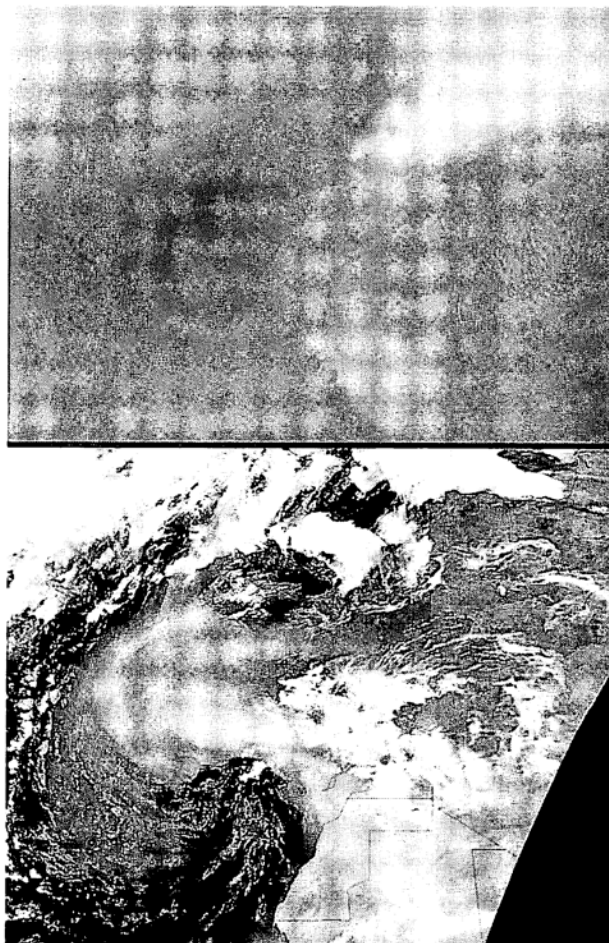


図3 火星と地球の砂嵐。上は火星の北極での砂嵐(MGS)、下はアフリカのサハラ砂漠から大西洋へ吹く砂の流れ(NASA/JPL/MSSS)

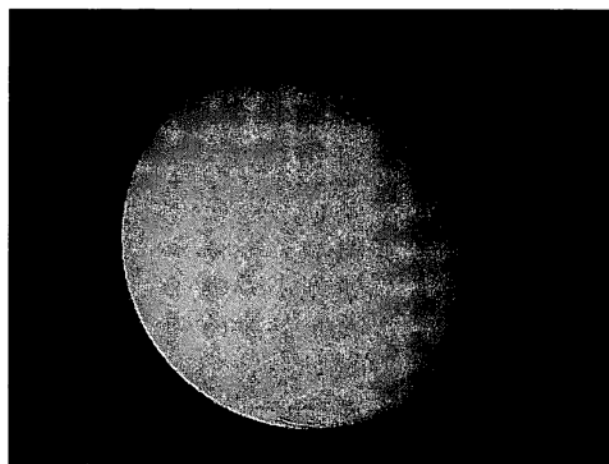


図4 2001年に起こった大砂嵐は全球に及んだ(MSG/MOC) (NASA/JPL/MSSS)

たアントニアジ(図5)などの冷静な天文学者の批判の前に、そのうち「運河」熱は冷めていったのです。

ローウェルの時代から以後、1965年にマリ

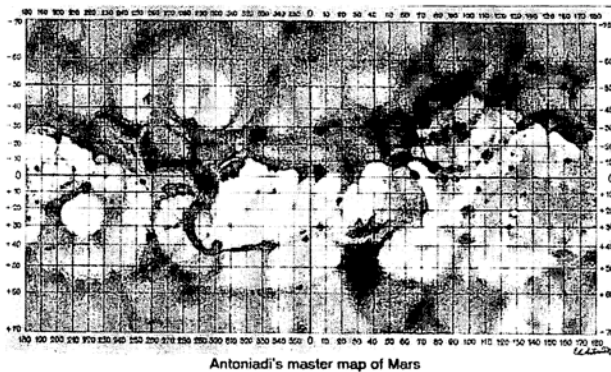


図5 アントニアジの火星地図(1930)。上が南。(Sheehan 1996)

ナー4号が火星のそばをかすめることに成功するまで大きな進歩はありませんでした。実はその3年前にソ連もマルス1号が火星に到達できていたのですが、残念ながら通信のトラブルで撮影には成功しませんでした。というわけでマリナー4号は人類史上初めて高度9600m上空から火星表面の写真を撮るという栄誉を勝ち得ることができたのです。しかし、画質の悪い写真にはやはり運河は見え、ただクレーターが写っているばかりでした(図6)。この時は地球よりもむしろ月に似て、多くのクレーターがある南部地域を写したため、生命の希望を思い描いていた人たちは大変失望しました。その薄い大気や地表温度測定(-103~-93℃)の結果、生命の存在は完全に絶たれたかに見えました。

3 火星に着陸

その後送られたマリナー9号の画像から表面には多様な地形が見られ、その中には年代の若い地域なども多く見られることがわかってきました。南部高地は衝突クレーターが多く、逆に北部平原には若い地形が広がっていたのです(図7)。火星面の明暗模様はスキアパレリたちが考えたように、地形を示しているものではなかったのです。

アメリカ合衆国建国200年を記念して1975年8月、9月にあいついで打ち上げられ、火星に送られたのはバイキング探査機1、2号機で

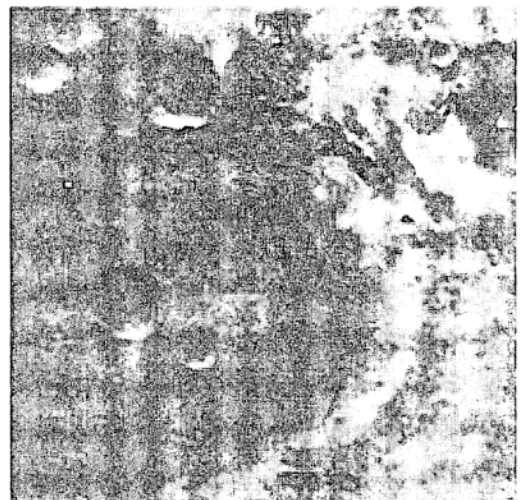


図6 マリナー4号からの火星の写真(NASA SP-4212)

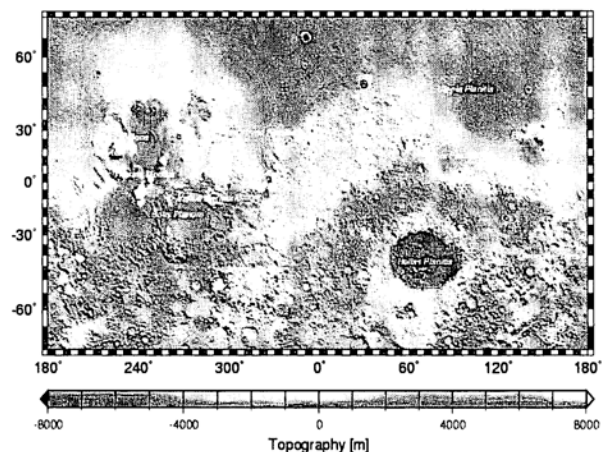


図7 MGSによる火星の高度分布図(NASA/MGS/MOLA)

す。両機とも翌年夏に無人の着陸船がクリセ平原とユートピア平原に無事軟着陸を成し遂げ、火星の砂や土をくわしく分析しました。火星の表面の7割以上は「血の色」赤褐色の地域で占められています。この赤褐色は鉄に富む粘土鉱物、水酸化鉄、磁赤鉄鉱などの複雑な混合物で、一種の鉄の酸化物、すなわち鉄サビの色であることをつきとめました。これが、火星が赤く輝く理由だったのです。

4 水と生命を求めて

火星の低圧化の環境では水は瞬く間に沸騰してしましますが、大気中に含まれる水分は非常にわずかです。大気中の水蒸気量を水に



図8 雲に囲まれたオリンパス山(バイキング画像) (NASA)

換算すると0.01mm程度にすぎません。しかし、水や二酸化炭素による雲や霧も発生します(図8)。一方両極にはドライアイス以外に氷の状態で大気中の1000倍以上の大量の水が存在していることがわかりました。

軌道上からは火星は非常に乾いているように見えますし、大気中にはほとんど水はなく、表面もほんの少ししか水の氷の証拠はありません。しかし、火星には地下水を含む層が流れ出たか、火山活動で地上の氷が溶けたかの理由で液体が短期間に吹き出し、勢いよく流れ出した跡のようにも見える洪水地形—アウトフロー・チャンネル(図9)があります。また南部高地には地下水のゆっくりとした流れのような水の動きで良く説明できるような地形(図10)が広く分布しています。太古の火星には存在した水は、宇宙空間に永遠に失われたか、それとも氷や地下水として地中にまだ存在している可能性が検討されました。

このような写真は大量の粘性の低い液体、つまり水である可能性が高いといえるでしょう。したがって昔は水が存在できるほど温暖であった時期があったと考えられますが、その原因の1つには過去には大量に存在した可能性のある二酸化炭素の温室効果ではないかといわれています。

火星には生命は果たして存在するのか？
なんととっても最大の関心はこれに尽きるでしょう。軟着陸後のこの実験がバイキングの

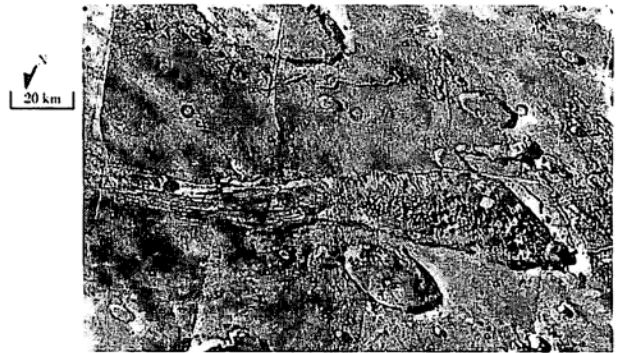


図9 300kmの長さの支流のない巨大洪水地形ラビ谷。右から左に向けて勢いよく流れ出した跡のようにも見える。(バイキング画像) (NASA)



図10 風や溶岩流では説明できないネットワーク流水地形(バイキング画像) (NASA)

大きな使命でした。しかし、3種類の装置(炭酸同化実験、ラベル放出実験、ガス交換実験)による実験はすべて生命の存在を否定するものでした。さらに、ガスクロマトグラフ・質量分光器(GCMS)による分析からは、砂の中には有機物さえ存在しない(<50 ppb)ことが明らかになったのです。この事実はやはり火星には生命は存在しないことを証明したことになるのでしょうか。

5 バイキングの後を継ぐもの

バイキングの後も20年近く、米ソの火星への挑戦はことごとく失敗しています。しかし、南極で発見されALH84001と番号がふられて整理されていた隕石が1996年にデビューを果たしたのです。この隕石は1600万年前に火星から飛び出し、13000年前に地球に降ってきたという履歴があることがわかったのです。しかも、生物の遺骸が分解されてできる多環炭化水素(PAH)や地球のある種の細菌の作り

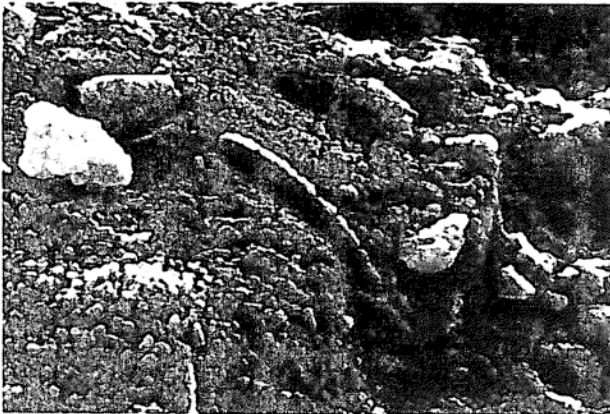


図11 20-100nm程度のバクテリア状の物体 (NASA)

出す磁鉄鉱を含んでおり、大腸菌の1/20のサイズのイモムシのような化石状(?)のもの(図11)が見つかったのです。米ソ冷戦終了後、火星探査に人々の目を集めたいNASAが大々的に記者会見を行ったこともあって、賛否両論の大激論が世界中に巻き起こりました。しかし、その後否定的な方向に進みました。やはりこれだけでは「証拠」不十分で結局直接火星へ行かねば、というのが最終的に出た結論のようです。

その翌年には早い安いをモットーにしたマーズ・パス・ファインダーがエアバッグを使った奇抜な方法で火星表面に無事着陸しました。6輪のうば車のような走行探査車、ソジャーナ(図12)が付近の岩石などの探査に活躍したことを覚えている方も多いことでしょう。この調査では40億年ほど前に地中海規模の大洪水が起きていた可能性が示されました。

1998年からマーズ・グローバル・サーベイヤー(MGS)は火星の南北両極を回る400km上空の軌道上から高解像度の画像を撮影し、2000年までに詳細な火星地図を作成するミッションを完了しています。一様に堆積したような地形(図13)は地球では湖や浅い海のように、水が長期間たまっていただけと思われるところによく見られます。また面白い地形も話題となりました(たとえば時政2001)。

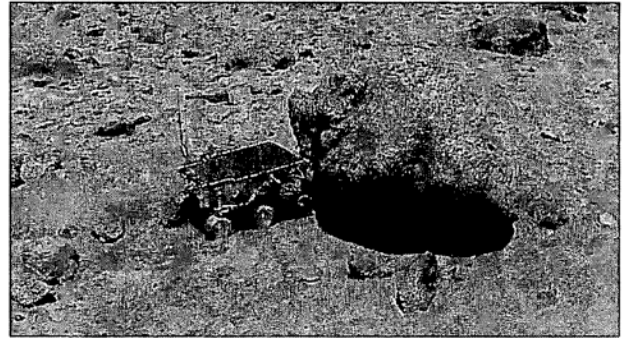


図12 ロボット探査車ソジャーナとヨギ岩(NASA/JPL)

しかし、火星への旅はやはり生やさしいものではありませんでした。結局現在まで多くの探査機が旅立ちましたが、無事火星に到着してデータを送信してきたのは、やっと半数を越える程度です。1999年のマーズ・クライメート・オービターはヤード・ポンド法とメートル法の単位を間違っ指指令を与えた結果、火星に近づきすぎて失敗、また南極を目指したマーズ・ポーラーランダーもどうやら火星表面に激突したようです。しかし、火星の組成調査と凍結した氷の探査の使命をおび



図13 マリネリス峡谷の一部にみられる堆積構造(1.5km×2.9km)。各層の厚みは10m程度で規則的に繰り返されている。(NASA/JPL/MSSS)



図14 火星の土に含まれる水素量（マーズ・オデッセイ）。
上が北、180° W から 180° E (ASU/LPL, NASA)

たマーズ・オデッセイは2001年からマッピング観測を無事開始しています。オデッセイは軌道上からガンマ線分光器で土に含まれる水素などの量を調べることから、地中の水分量の推定も行っています(図14)。1m程度までの深さでは質量にして20～50%の氷が含まれていることから、体積では50%近くが氷ではないかと推測されています。

2003年の今年には打ち上げラッシュです。ヨーロッパはマーズ・エクスプレスを打ち上げて、火星着陸する重さ30kgの小さなビーグル2号を、またNASAは2機のマーズ・エクスプロレーション・ローバーで双子の探査車を火星へおろす予定です。いずれも複数機同時着陸で観測するのはバイキング以来です。5年前に打ち上げられた日本初の火星探査機「のぞみ」もトラブルに見舞われましたが、今シーズン火星にようやく(!)たどりつきます。果たして我々人類には今回はどのような知らせが届くのでしょうか？

参考文献

小森長生、2001、『火星の驚異』、平凡社新書
時政典孝、2001、天文教育 13, No.3, 2

ここのつの惑星 (Nine Planets の日本語訳、
内容は1996年から未更新)、<http://kitchom.ed.oita-u.ac.jp/TNPJP/nineplanets/>

NASA SP-4212, 1984, On Mars: Exploration of the Red Planet. 1958-1978 (<http://history.nasa.gov/SP-4212/contents.html>)

NASA SP-441, 1980, Viking Orbiter Views of Mars (<http://history.nasa.gov/SP-441/contents.htm>)

Nine Planets, <http://www.nineplanets.org/>

Sheehan, W. 1996, The Planet Mars: A History of Observation and Discovery, The University of Arizona Press, Tucson (<http://www.uapress.arizona.edu/online.bks/mars/contents.htm>)