

# 最近まで活動的だったことを示す火星の画像

## Picturing a recently active Mars

Victor R. Baker

火星探査機マーズ・エクスプレスに搭載された高解像度ステレオカメラによって撮影された画像から、火星の表面は水や溶岩や氷の流れによって、わずか数百万年前に形成されたことがわかった。

Nature Vol.434 (280-283)/17 March 2005

地表をとらえた壮大な画像と太古の堆積岩の化学分析から、太古の昔、火星に水が豊富であったことは疑う余地がない<sup>1</sup>。NASAのマーズ・ローバー・ミッションによるこれらの発見は、ここ過去30億～40億年と比べて隕石や彗星の衝突率をはるかに高かった、火星史におけるNoachian期、つまり太陽系が誕生してから最初の数億年間の状況を示したものとされる<sup>2</sup>。これまで長い間、火星に関する科学的理解を大きく変えるには画像の解釈がその鍵を握っていた。3/17号の3つ論文<sup>3~5</sup>が新たに、今回の画像から火星が地質学的に近い過去に活動的だったことがわかるという解釈を示している（原著論文は、*Nature* 3/17号を参照のこと）。

1960年代のマリナー探査機のフライバイの際にビジコンカメラによって撮影された最初の画像と大気データからは、火星は定常的に寒冷で乾燥していると考えられた<sup>6</sup>。1970年代、この見方は大きく変わることになる。マリナー9号とバイキング・オービターによる高解像度の全球画像によって、川や谷のネットワークと大洪水によって作られた巨大な溝の存在が明らかになったのだ<sup>7</sup>。にもかかわらず、この結果を受けて1980年代から90年代に行われた理論的な統合解析では、水文学的な循環は一般的にNoachian期に限られるはずだとされた。より高解像度の新たな画像が得られなかったバイキング探査機以降の20年間は、このMIDDEN仮説（「Noachian期をのぞいて、火星は定常的に活動を停止しておりかつ乾燥している」）が優勢であった。MIDDEN仮説を支持する人々は、火星には水が乏しいとか、効率的に水を放出していないとか、ほとんどの水は宇宙空間に消え去ったとか、さまざまに主張していた。

1980年代にNASAは火星科学気象観測オービターを計画したが、多くの科学者は搭載機器を非結像型の実験装置に限るよう望んだ。画像科学は撞着語法であり、画像は広報活動の役にしか立たないと公言する者さえいた。そういうわけで、最終的にマーズ・オブザーバーとなる

宇宙機への高解像度ステレオカメラの搭載は見送られた。結局、小型で、ステレオではない高解像度のマーズ・オブザーバー・カメラ（MOC）が搭載機器に加えられたが、マーズ・オブザーバーは1993年に消息をたち、1990年代後半のマーズ・グローバル・サーベイヤー・ミッションまでMOCが火星に到着することはなかった。

ステレオカメラではないために撮影範囲が非常に限られてしまうにもかかわらず、解像度の高いMOC画像は目覚ましい発見につながった。水によって作られた谷を伴う全球に散らばった極めて新しい山の斜面<sup>8</sup>や、随伴する溶岩流や大洪水によって作られた巨大な溝<sup>9</sup>が発見された。高解像度画像から見積もられた衝突クレーターの密度が示すところによると、これらすべては過去1,000万年以内のものである<sup>10</sup>。これらの特徴や他の多くの証拠<sup>11</sup>は、広く流布していたMIDDEN仮説と明らかに矛盾していた。

ヨーロッパ宇宙機関のマーズ・エクスプレス・ミッションによって火星に運ばれた高解像度ステレオカメラ（HRSC）は、マーズ・オブザーバーへの搭載が見送られたステレオカメラに直系の後継カメラである。HRSCは解像度の点ではMOCより若干劣るが、地質学的な分析を十分効果的に行うのに必要な、広域のステレオ・カラー画像を撮影する（図1）。このカメラが撮影した最初の画像<sup>12</sup>には、MIDDEN仮説から大きく外れるものが2つ見つかった。第一に、5つの大きな火山のカルデラにあるクレーターの数は、火星史のうち最近5分の1にあたる期間に、一時的に活発な火山活動があったことを示している。第二に、火星の赤道地域において、オリンパス山の急斜面の底部でほんの400万年前に氷河活動があったことがわかった。

3/17号の3編の論文では、HRSCから得られたデータを用いて、火星で最近起こった地質学的な活動についてもはや新しい見方をせざるを得ないような事例を示している。Hauberたち（3/17号 p.356）は、約3億5,000

万年前に爆発的噴火によってヘカテス・トロス火山の側面にくぼみができた証拠を示している<sup>3</sup>。わずか500万年前、このくぼみの底を氷河堆積物が満たした。

Headたち(同 p.346)はHRSCのデータを用いて、バイキングがもたらしたデータから氷河である可能性が提示されて議論的となっていた地形を、改めて分析した<sup>4</sup>。マーズ・グローバル・サーベイヤーによって得られたデータと組み合わせると、新しい画像(図1)から、この地形は現在火星の熱帯あるいは中緯度地域にあたる場所に存在し、地質学的に最近氷河活動が繰り返されていたことを示す確かな証拠であることが分かった。この氷河作用は、火星の回転軸の傾きの変動によって最近起きた太陽光入射の変化に応答した可能性もある。氷河は雪が堆積し、地球のような水文学的サイクルの間に氷に

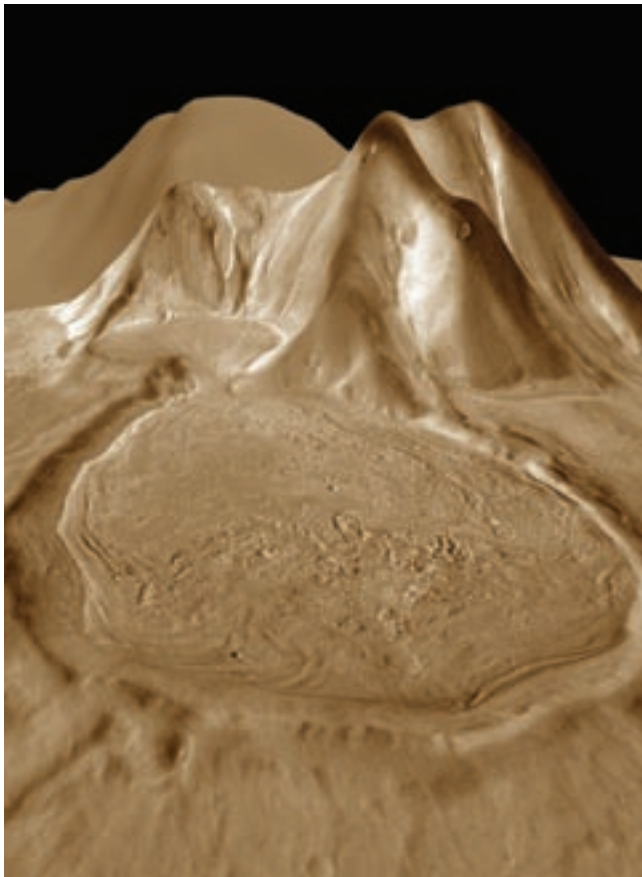


図1 より広域をとらえた火星の地質学的様子：マーズ・エクスプレスの高解像度ステレオカメラによって撮影された、火星の中緯度地域にある高さ3.5～4.5 kmの山塊の透視図。山塊から出た岩屑がまとまって、前面に幅16 kmにわたって広がる平行する畝のクレーターを満たす流れを作り出す。総体的にみると、この地形は、山麓氷河として知られる岩屑で覆われた地球の氷河と酷似している。浸食された穴とくぼみは、火星の地質学的な歴史の末期、数千万年前におそらく起こったであろう最大活動期移行は氷河の水の大半が次第に消耗してきたことを示している。画像は垂直方向に30倍誇張しており、茶色がかった色は火星のほこりにまみれた表面に似せたものである(参考文献4を基に作成された)。

変質することで形成される。

バイキングのデータから得られた比較的若い火星の氷河作用についての初期の証拠<sup>14</sup>に、幼年期の流水活動<sup>15</sup>と「堰き止められた」水の活動<sup>16</sup>を示す他の証拠を合わせて考えられた結果、火星はNoachian期後の地質学的に短い期間、水門学的な意味で一時的に活発だったという仮説が1991年に生まれた<sup>17</sup>。当時、これは突拍子もない仮説だと思われた。1991年の仮説では、火星の気候変化は火山性のガスの大放出と大洪水が引き金となって起こり、水が溜まり、後に蒸発してしまう巨大な海になると考えられた。

Murrayたち(同 p.352)は、まさにそのような事象の証拠となる、地球の北海とほぼ等しい大きさの凍った水塊を生むことになった証拠を示した<sup>5</sup>。ケルベロス・フォッサとして知られる、長くて幅の狭いくぼみに関連する亀裂系から発生した爆発的噴火に伴う大洪水によって、過去500万年以内に氾濫が起こった。おそらく、あふれ出た水はアサバスカ溪谷の水路系を通して海へ運ばれ、その流量は約1,000万m<sup>3</sup>/sに達したと思われる<sup>9</sup>。これは、火星史におけるNoachian期のすぐ後の時期に、火星の北部平原ですべて大きな水路が数億m<sup>3</sup>/sに達する量の水を解放して氾濫が起きた事象の小型版なのかもしれない。

かつて火星に期間の短い水門学的サイクルをもたらしただけの水にはいったい何が起きていたのだろうか。HRSCによって得られた最近の水成活動に関する証拠は、地表面の水と地下深くの水として、水がまだ存在していることを示している。マーズ・エクスプレスはこの5月の初め、地表下にある水と氷を地下数kmの深さまで探知する能力を持つ、Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding (MARSIS)を展開する予定である。最新の画像からは、確かにそこには水があるという証拠が示されることだろう。 ■

アリゾナ大学(米)、Victor R. Baker

1. Squyres, S. W. *et al. Science* **306**, 1709–1714 (2004).
2. Neukum, G., Ivanov, B.A. & Hartmann, W.K. *Space Sci. Rev.* **96**, 55–86 (2001).
3. Hauber, E. *et al. Nature* **434**, 356–361 (2005).
4. Head, J. W. *et al. Nature* **434**, 346–351 (2005).
5. Murray, J. B. *et al. Nature* **434**, 352–356 (2005).
6. Leighton, R. B. & Murray, B. C. *Science* **153**, 136–144 (1966).
7. Baker, V. R. *The Channels of Mars* (Univ. Texas Press, Austin, 1982).
8. Malin, M. C. & Edgett, K. S. *Science* **288**, 2330–2335 (2000).
9. Burr, D. M., Grier, J. A., McEwen, A. S. & Keszthelyi, L. P. *Icarus* **159**, 53–71 (2002).
10. Berman, D. C. & Hartmann, W. K. *Icarus* **159**, 1–17 (2002).
11. Baker, V. R. *Nature* **412**, 228–236 (2001).
12. Neukum, G. *et al. Nature* **432**, 971–979 (2004).
13. Head, J. W. *et al. Nature* **426**, 792–802 (2003).
14. Kargel, J. S. & Strom, R. S. *Geology* **20**, 3–7 (1992).
15. Gulick, V. C. & Baker, V. R. *Nature* **341**, 514–516 (1989).
16. Parker, T. J., Saunders, R.S. & Schneeburger, D. M. *Icarus* **82**, 111–145 (1989).
17. Kerr, R. A. *Science* **259**, 910–911 (1993).
18. Baker, V. R. *et al. Nature* **352**, 589–594 (1991).