

発行人：惑星地質研究会 小森長生・白尾元理

事務局：〒193 八王子市初沢町 1231-19 高尾パークハイツ B-410 小森方 TEL. 0426-65-7128

## 最近の火星の話題から

白尾 元理

Motomaro Shirao

### 国際火星フォーラム '89

昨年の暮れも押しつまった12月18日・19日の2日間にわたって"国際火星フォーラム'89"が千代田区丸の内の東京商工会議所ホールで開催されました。このフォーラムの開催主旨は、実行委員長の松井孝典氏のパンフレットのことばを引用すれば「今やいずれの国も単独では惑星探査を行えない時代であり、これからは国際協力がますます高まってきます。このような状況の中で、……我が国が、火星探査にいかにかかわるかは、将来の日本の国際的な地位ともあいまって極めて重要な課題となっています。今回こうした状況をかんがみ、このフォーラムでは、アメリカ、ソ連、ヨーロッパから火星探査にかかわる科学者を招き、火星探査の現状、それに関する技術開発など、多角的な面からの討議が行われます」ということになります。1日目と2日目の前半は次の方々の講演に当てられました。

G. Briggs (米、NASA 惑星探査計画ディレクター) : 米国における火星の科学探査計画

R. Greeley (米、アリゾナ州立大学) : 将来の火星着陸地点

C. Leovy (米、ワシントン大学) : 火星のロボット探査; その大気と気候システム

A. Galeev (ソ連、科学アカデミー宇宙科学研究所) : ソ連の科学探査計画と Mars94 ミッション

L. Mukhin (ソ連、同上) : 火星の気候の進化と宇宙生物学実験の可能性

H. Wanke (西独、マックス・プランク研究所) : 火星の地質化学的観点からみた探査

A. Chicarro (欧州宇宙機関: ESA) : 将来の火星探査に関する ESA の現状

G. Schwehm (欧州宇宙機関) : ESA における宇宙および惑星探査の現状

水谷 仁 (宇宙科学研究所) : 1990 年半ばの日本の月および惑星ミッション



以上のように、現在の火星研究の第一人者をよくこれだけ招待できたとあきれるほど豪華な顔ぶれです。外国人は英語で講演しましたが、レシーバーによる同時通訳がありました。アメリカは 1992 年

に Mars Observer、ソ連は 1994 年に Mars94 という進行中の探査計画があり、それらの具体的な説明は興味深いものだったので後で詳しく述べることにしましょう。ソ連は Mars94 に引き続いて、1996 年には再びフォボスのサンプルリターンを、1998 年には火星表面へのローバーの着陸を、2001 年には火星からのサンプルリターンを計画しているとのことで、その熱心さには驚かされます。

欧州宇宙機関は 1998 年に火星探査を検討中で、1 台の軌道船から 2-3 機のペネトレーターと小型科学探査パッケージを火星面に着陸させる予定です。全体的にはソ連の Mars94 とよく似た計画ですが、火星は地質的に複雑な惑星なので、なるべく多くの場所での探査が必要と考えているようです。

2 日目の午後には「火星探査のための国際協力」というテーマのパネルディスカッションが行われました。日本のマイクロエレクトロニクスや自動制御等の技術、日本の経済力での協力が必要と考える外国の研究者が多いようです。

参加者数は 2 日とも約 300 人で、これからの惑星科学を担うであろう二十代の若い参加者も多く見られました。一般質問の時に「火星には古代人の残した遺跡の跡が発見されたというのは事実か？」とか「UFO について NASA はいろいろな情報を隠しているのではないか？」等の究極の質問をする人が多いのには閉口しましたが、門戸を開いたこのようなフォーラムではしかたないことかもしれません。

閉会時には、海部総理大臣のあいさつがありました。惑星探査には巨大な費用がかかるので、政界へのアピールも必要との主催者側の考えなのでしょう。後援には建設会社が名前を連ねているので、火星基地の建設など 21 世紀の火星開発を中心とした工学的・経済的な面に重点をおいたフォーラムと思っていましたが、実際には、最新の火星科学の紹介と 90 年代の火星探査の展望を主体としたアカデミックなフォーラムで、私にとっては期待以上に有益でした。講演者一人当たりの講演時間が 40 分と短いのが残念で、もっとじっくりと話を聞きたいと感じました。第 2 回、第 3 回目の国際火星フォーラムが開かれる可能性もあるようです。

## アメリカの Mars Observer

Mars Observer は現在予算も承認され、1992 年に打ち上げが予定されているアメリカにとっては 17 年ぶりの火星探査機です。Mars Observer は比較的小型のオービターで、次の観測機器の搭載が予定されています。

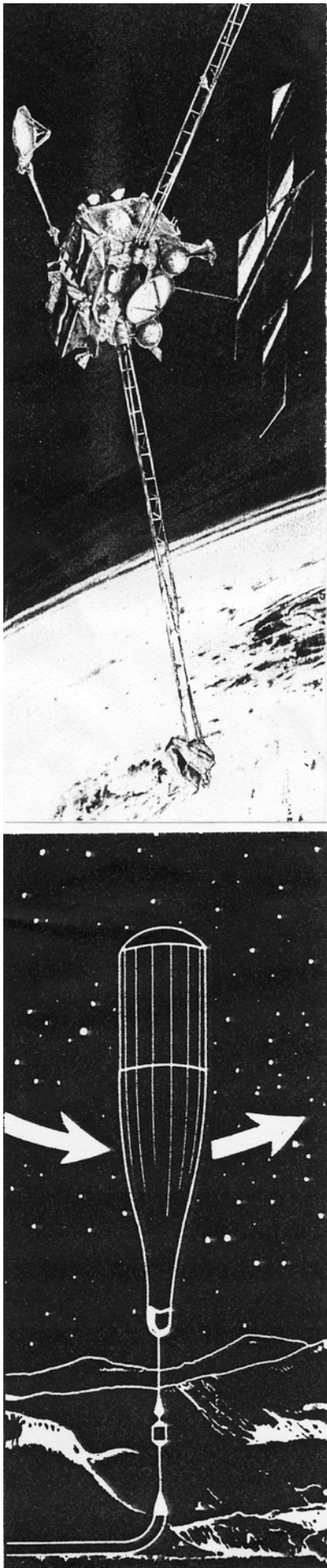
カメラ：限定された地域の分解能 1m の写真撮影

熱放射スペクトロメーター：鉱物組成のマッピング・表面のチリの量の見積もり

γ線スペクトロメーター：化学組成のマッピング

レーザー高度計：火星全体の地形測定

Mars Observer は今までの火星の知識に大幅な改良を与えてくれることが期待されます。しかし、



その後のサンプル・リターン計画、ローバー計画などに必要な着陸地選定の十分なデータの収集は、1台の Mars Observer では無理のようです。なお Mars Observer とほぼ同様な探査機がもう1台製作・一部手直しされ、1990年代半ばに Lunar Geoscience Orbiter として月の極軌道に投入される予定です。

#### ソ連の Mars94 計画

いっぽうソ連の Mars94 は、まったく同形の探査機が2台製作され、1994年10月に打ち上げられ、95年11月に火星軌道に入ります。探査機全体の重量が6トンもある巨大なもので、これに、気球、ペネトレーターなどが搭載されます。

気球はフランスとの共同実験で、長さ20mのヘリウムを詰めた気球に、細長くフレキシブルなことから“SNAKE”というあだ名のつけられた観測機器がつり下げられます。昼は太陽熱を受けて気球が膨らみ、高度2~4kmまで上昇・移動しながら地形を観測し、夜、気球がしぼむと下部の観測機器だけが着陸、上部の気球は停留された状態で、毎日異なった場所のデータを測定するという野心的な試みです。この気球を赤道地域の峡谷に送り込み、10火星日にわたってデータを送ってくるのが期待されます。

ペネトレーターは、ヤリ状の小型観測ステーションを火星面に突き刺し、地震や気象データを測定するもので、極地方、中緯度地域、赤道地域の3か所が予定されています。データのリレーには、すでに1992年から火星軌道に投入されているアメリカの Mars Observer が協力する予定になっています。しかし最近の予算の削減で、このための費用440万ドルの経費がアメリカで認められるかどうか微妙な情勢のようです。

Mars94 には Mars Observer に搭載されるのとはほぼ同様な観測機器に加えて、表面の水の含有量を調べるニュートロンスペクトロメーター、大気組成を調べる質量分析計、波長10~100μmの長波長レーダーなどの観測機器も搭載されます。これらの機器は、フランス、東西ドイツ、ハンガリー、イタリア、ブルガリア、ルーマニア、ポーランド、ベルギー、米国との共同開発で、国際協力のもとにおこなわれます。

Mars Observer の予想図（上）と Mars94 計画の気球実験（下）

## 論文紹介

### 火星の谷の形成と古気候

Gulick, V. C. & Baker, V. R., 1989: Fluvial valleys and martian palaeoclimates. *Nature*, 341, 514-516.

火星に広く分布する谷地形のネットワークは、Noachian Period（ノアキス紀）の、激しい衝突でクレーターが形成された時期の後期（2.8～3.8GyrBP）につくられたとされている。しかし、Alba Patera にみられる谷の年代はもっと若く、2.6～0.5GyrBP くらいと考えられる。

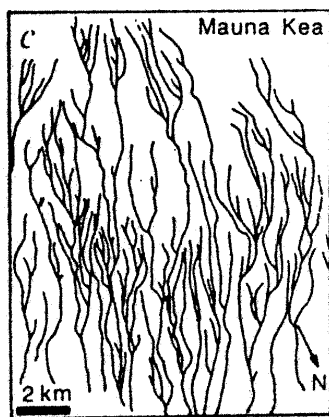
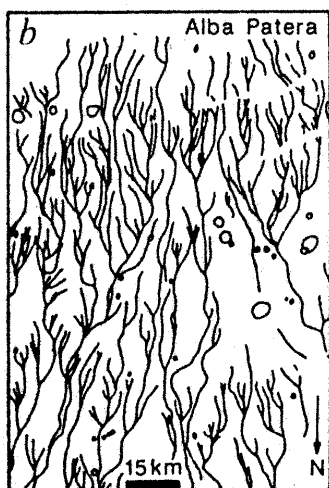
Alba Patera にある谷は、川の流れと溶岩流の両方で作られたが、Alba の北斜面にみられる谷は、純粹に川の流れのみで作られたものである。Alba の北斜面は表面が比較的滑らかで、火山灰でおおわれているように見える。そこに発達する谷は、地球上の谷や川に典型的にみられる、枝分かれした支流をもつ複合谷のシステムを形成している。

一般に Noachian の谷のネットワークは、本来の流水谷が sapping によって拡大されたあとを示している。例えば、幅広い平らな河床や馬蹄型の谷頭、断層による構造的なコントロールの形跡などである。しかし、Alba 北斜面の谷地形にはこのような性質はみられず、表面を流水が侵食

してつくったV字形断面をもち、谷頭部分はまわりの地表にしだいにとけこんでいる。こうした特徴から、この地域の谷地形は、地球上の火山斜面にみられる流水の侵食谷のでき方と似た作用で形成されたと考えられる。

ふつう火山体は水の浸透性が強いので、表面に流水谷は形成されにくい。けれども、溶岩流の表面が風化したり火山灰が厚くたまると、水の浸透性が悪くなり、表面を流れる水が多くなって侵食谷が形成される。

Noachian の谷の drainage density（谷密度）は  $0.015 \sim 0.16 \text{ km/km}^2$  と低いが、Alba 北斜面の谷密度は  $0.3 \sim 1.5 \text{ km/km}^2$  と高く、Kilauea ( $0.6 \sim 3.0 \text{ km/km}^2$ )、Mauna Kea ( $0.3 \sim 5.0 \text{ km/km}^2$ )、Kohara ( $0.2 \sim 2.8 \text{ km/km}^2$ ) など、ハワイの火山の値に匹敵している。ハワイでは、浸透性の低い火山灰と風化した溶岩が、表流水で侵食されるとき谷が発達する。深い切り込みができると地下水があふれだし、谷は sapping 地形に変わる。こうした谷の変形には、長い時間（ $> 10^5 \text{ yr}$ ）にわたる地下水の流出が必要で、そのためには大気中からの降水による地下水の補充とか、地下水の循環システムがなければならない。



Alba Patera（上）とハワイの Mauna Kea（下）の谷パターン

Alba 北斜面のローカルな流水谷は、現在とあまり変わらない火星の気候条件の下でおこった降水によってできたと思われる。Alba Patera の活動をおこした地下の熱エネルギーは、火星の地下に蓄えられた氷を

溶かし、長期にわたる熱水循環システムをつくったであろう。それによって地下水は地表にしみ出し、局地的に暖かくて湿った環境が生まれ、この地域の降水量を多くしたに違いない。

大気中の水分は、Alba とほぼ同時期に発達したと思われる北半球平原地帯の outflow channels をつくった水からも補われただろう。地形の様子から判断すると、outflow channels をつくるのに要した水の量は、少なくとも深さ 660m、表面積  $1.1 \times 10^7 \text{km}^2$  の水塊になる。この海（表面は水でおおわれていた）から Alba へもたらされた水分の多い空気は、ハワイの火山の風上側斜面と同様な山岳性の降水をもたらした。雨は浸透性の高い火山岩に急速にしみ込んだが、Alba の北斜面の浸透性の低い火山灰の地域では表面の流水となった。これによって、Alba の北側に流水谷のパターンができた。

Alba 谷の異常に若い年齢と流水谷の性質は、火星の気候の歴史を理解するのに重要な意味をもっている。Alba の流水谷は、現在とよく似た気候条件をもつようになった、火星の歴史の後期につくられたものである。したがって、Noachian の谷のネットワークを説明するのに、現在と大きく異なった気候が長く続いたと考えるのは、火星大気の進化モデルの考察上不適當のように思われる。火星の谷の形成には、地球上の場合と同様に、さまざまなローカル・プロセスがあったのであろう。

〈紹介者註〉 Alba Patera は、火星北半球の  $32.5^\circ \sim 47.5^\circ \text{N}$ 、 $100.0^\circ \sim 122.5^\circ \text{W}$  にある、直径 600km、比高 3km の大火山である。この山腹に発達する谷地形の成因に関しては、本誌 vol. 1, no. 2 (June 1989) p.9~10 に掲載した論文も参照されたい。 (小森長生)

---

## 論文抄録

---

### 火星のイシディス盆地の堆積層

Grizzaffi, P. and Schultz, P. H., 1989: Isidis Basin: Site of Ancient Volatile-Rich Debris Layer. *Icarus*, 77, 358-381.

火星の Isidis 衝突盆地内部の平原には、弧状に連なる小丘のチェーンや曲線状リッジなど、さまざまな地形がある。これらは地球や火星の典型的な火山地帯の性質とは異なり、堆積物の再移動で生じたものである。その形成は、地下の水（氷）が放出されてできた outflow channel の堆積物ができた時期と一致するようと思われる。 (K)

### バイキング着陸地点の表面物質の性質

Moore, H. J. and Jakosky, B. M., 1989: Viking Landing Sites, Remote-Sensing Observations, and Physical Properties of Martian Surface Materials. *Icarus*, 81, 164-184.

将来の火星探査のために、表面物質の性質を知り、それに合わせた探査装置をつくることは重要な課題である。バイキングと地上からのレーダー観測による表面の誘電率と熱慣性はよく似ており、バイキング着陸船と同様な性質の表面物質が火星全面に広がっているものと思われる。し



たがって、将来の表面探査の困難は、いくつかの場合を除いて少ないだろう。(K)

#### 火星の砂丘と極地の成層堆積物

Thomas, P. and Weitz, C., 1989: Sand Dune Materials and Polar Layered Deposits on Mars. *Icarus*, 81, 185-215.

火星の暗い砂丘と極の成層堆積物の関係について調べた。極とその周辺にある砂丘の物質は、成層堆積物の侵食された部分にその源がある。また、その物質の色と反射能は、火星の他の地域にある大きな砂丘地域のものとほぼ同じである。極地の砂丘の形成に、何かエキゾチックな極のメカニズムを考える必要はない。(K)

#### 火星の低地と高地の境の移り変わりの形態

Parker, T. J., Saunders, R. S., and Schneeberger, D. M., 1989: Transitional Morphology in West Deuteronilus Mensae, Mars: Implications for Modification of the Lowland/Upland Boundary. *Icarus*, 82, 111-145.

火星の低地と高地の境にそってある West Deuteronilus Mensae 地域 (45°N、345°W) では、境界の地形は漸移的な部分と侵食でえぐられた部分の両方がある。漸移的な境は、侵食部分を物質がおおった所のようにみえる。このような地形の特徴は、液体の水の作用でつくられたもので、境界部は深さ数十～数百 m の海の海岸線を示していると考えられる。(K)

#### マグマだまりに関連したアルバ・パテラの発達史

Raitela, J. and Kauhanen, K., 1989: Magma Chamber-related Development of Alba Patera on Mars, Earth, Moon, and Planets, 45, 187-204.

火星の Alba Patera 頂上部の中心カルデラは、比較的浅くて幅広いマグマだまりへの陥没でできたと考えられる。Alba Patera 全体の沈降とそのまわりの円形の地溝帯の形成は、熱いマントルの上昇と結びついた、より深くて広いマグマの活動によるものだろう。(K)

#### マリネリス峡谷近くの平原の横ずれ断層

Schultz, R. A., 1989: Strike-slip faulting of ridged plains near Valles Marineris, Mars. *Nature*, 341, 424-426.

火星表面には、引張り力と圧縮力でできた正・逆断層による地形は豊富にあるが、横ずれ断層は非常に少ないか欠けていると思われてきた。しかし、バイキング・オービターの画像を詳しく調べた結果、マリネリス峡谷南東部に Wrinkle-ridges が雁行状にずれた地形が見つかり、横ずれ断層の存在がわかった。(K)

#### マリネリス峡谷の層状堆積物の起源と発達

Nedell, S. S., Squyers, S. W., and Andersen, D. W., 1987: Origin and evolution of the layered deposits in the Valles Marineris, Mars. *Icarus*, 70, 409-441.

マリネリス峡谷には細粒の水平に積み重なった厚い水平層が孤立した台地などに見られ、かつ

ては広い範囲に分布していたと考えられる。全層厚は最大 5km にも達し、それぞれの層厚は 70m から 300m にわたっている。これらの層のリズミックな性質、水平的な連続性、厚い層厚、谷内部の他の地層との層序関係などから判断すると、これらの地層は氷でおおわれた水のある環境で堆積したと推定される。(S)

.....

---

## 惑星地質用語 (1)

---

### はじめに

惑星地質関係の論文や本を読んでいると、たびたび耳慣れない言葉に出くわして戸惑うことがある。同じ感想をもたれる方も多いと思う。そこで本号から、惑星地質学および惑星科学一般で使われる用語を、毎号 2~3 点ずつ解説していくことにする。ご意見・ご要望をいただければ幸いである。

**patera** パテラ：もともとはラテン語でコーヒーカップの受け皿 (saucer) のような平べったい皿を意味する。①多くは、非常に平坦なシールド (楕状) 火山体、それも開析が進んで緑がギザギザになったり、部分的に埋められているようなシールド火山に用いられる。火星には、Alba Patera、Apollinaris Patera など、いくつかの例がある。②木星の衛星イオでは、不規則な溶岩流で囲まれた火口にも使う。(K)

**drainage density**： ふつう「谷密度」あるいは「水系密度」と訳されている。流水の侵食による地形の開析程度を示す指標。いろいろな表し方があるが、単位面積当たりの本流と支流の総延長 (例えば  $n \text{ km/km}^2$ ) をとるのが一般的である。本号で紹介した Gulick & Baker の論文もこれに従っている。(K)

**Noachian System, Hesperian System, Amazonian System**： Scott & Carr (1978) がおこなった火星全体の層序区分で、横式地の名称をとって古いほうから順番にノアキス系、ヘスペリア系、アマゾン系と命名した。区分はバイキング軌道船の撮影した地形・層序とクレーター密度によっておこなわれている。それぞれのクレーター密度は  $10^6 \text{ km}^2$  あたり直径 1km 以上の衝突クレーターの個数が 4800 以上がノアキス系、4800~1600 がヘスペリア系、1600 以下がアマゾン系である。火星の岩石の放射年代は測定されていないので、火星起源の隕石や月のクレーター密度との比較によってそれぞれの層序区分に相当する年代が推定されているが、研究者によって大きく異なる。(S)

.....

---

## INFORMATION

---

近く開かれる学会をまとめてお知らせします。

●日本地質学会第 97 年総会・討論会〈横浜大会〉

期日：1990 年 4 月 3 日（火）・4 日（水）

会場：横浜国立大学大学会館・教育学部 8 号館（横浜市保土ヶ谷区常盤台 156）

惑星地質学関係のプログラムは特にありませんが、シンポジウム「岩石学における革新的視座とその展開——動的岩石学の建設へ向けて——」の中で、松涛聡氏（鳴門教育大）による「多成分系の非平衡凝縮理論の隕石岩石学への応用」（3 日午後）の講演があります。

●日本火山学会 1990 年度春季大会〈地球惑星科学関連合同学会〉

期日：1990 年 4 月 5 日（木）～8 日（日）

会場：東京工業大学大岡山キャンパス（東京都目黒区大岡山 2-12-1）

固有セッション（火山学会独自の講演会と火山学セミナー）、共通セッション（他学会と共通の講演会）に分かれ、後者の中に「惑星・衛星の起源と進化」「地球内部構造」などのシンポジウムがあります。

●日本天文学会春季大会

期日：1990 年 5 月 8 日（火）～11 日（金）

会場：京都大学会館

詳しくは日本天文学会（東京都三鷹市大沢 2-21-1、国立天文台内、TEL 0422-31-1359）にお問い合わせください。

●第 15 回南極隕石シンポジウム

期日：1990 年 5 月 30 日（水）～6 月 1 日（金）

会場：国立極地研究所（東京都板橋区加賀 1-9-10）

南極隕石以外の隕石や、惑星科学に関係した講演もおこなわれます。

●1990 Western Pacific Geophysics Meeting (WPGM) 〈国際地球物理金沢会議〉

期日：1990 年 8 月 21 日（火）～25 日（土）

会場：金沢市厚生年金会館ほか

主催：American Geophysical Union (AGU) と日本の地球物理関係学会

Planetology, Solar Planetary Relationships などのセッションが予定されています。詳しくは追って各学会誌に掲載されるはずです。

編集後記：新しい年の最初の号をお届けします。前号で会員カードと振替用紙を同封して入会をお願いしたところ、さっそく多数の方々から申し込みをいただきました。厚くお礼申し上げます。さて、本号は火星の話題が多く集まり、はからずも火星特集号になりました。「論文紹介は短くともよいからもっと多く」とのご要望がありましたので、長短合わせた形で構成しました。これからも大体この線でいこうと思います。新しい情報や面白そうな話題がありましたら、ぜひ投稿もお願い致します。