惑星地質ニュース PLANETARY GEOLOGY NEWS
Vol. 12 No. 2 June 2000
発行人：惑星地質研究会　小森長生・白尾元理
事務局：〒193-0845　八王子市初沢町 1231-19-B-410 小森方
TEL & FAX: 0426-65-7128
E-mail: motomaro@ga2.so-net.ne.jp
郵便振替口座：00140-6-535608

火星サンプルリターンのリハーサル

小森長生　Chosei KOMORI

昨年の２つの火星探査機（マーズクライメットオービターとマーズポーラーランダー）の失敗によって、NASA の火星探査計画は大幅な見直しを迫られているが、近い将来、火星サンプルリターンミッションが実現することはまちがいないだろう。現にそのための準備は着々とすすめられ、最近サンプルリターン用火星ローバーをもちいたリハーサルが成功裡に実施された。その概要を紹介する。

地球上にある“火星表面”

このリハーサルは、1999 年４月の２週間、10 月の２日間にわたって、カリフォルニア州モハベ砂漠のシルバーレイク地域で、NASA ゴダード宇宙飛行センターの Planetary Geology and Geophysics Program にもとづいておこなわれた。この地域は地質学的にみて火星表面に似ており、第四紀更新世の多雨期にモハベ川のはんらんによって生まれたいくつもの湖の一部が、干上がった盆地（playa）を形成している。

ここには、湖岸線の後退にともなって形成された堆積物が分布し、北方には湖水の流出による浸食でできたチャネル地形がみられる。西方の Soda 山地には石灰岩、苦灰岩、珪質岩の複合岩体が露出し、この山地からのびる沖積扇状地は、これらの岩石の礫でおおわれた岩石砂漠をつくっている。チャネルは扇状地堆積物も切っており、その谷の断面では、風化した閃緑岩を不整合におおう礫層が観察される。また礫層は、湖水や地下水に溶けていた石灰分の沈着によって膠結作用もうけている。こんなぐあいにここは、かつての湖と河川の作用に関連した複雑な地史をもった地域である。

以上のようなおいたちをもつこの地域は、表面状態も、平坦なプラヤからゴツゴツした扇状地面までいろいろと変化にとんでいるので、ローバーのテストを含めた一連のリハーサルにとって、好適な場所として選ばれることになったのである。

サンプルリターンミッションの予定シナリオ

火星サンプルリターンミッションの現在の計画によると、火星表面に着陸するランダーには、アテナ（Athena）と名づけられたローバーが搭載される。着陸地点は、表面や地下の水のある環境で形成された岩石や地層が存在し、その中に生命のもとになる有機物や原始生命の化石が含まれていそうな場所が選ばれる。

首尾よく着陸に成功すると、ローバーは着陸地点周辺を 90 ソル（火星日）にわたって調査し、岩石コアや土壌のサンプルを採集する。サンプルはランダーのデッキにある帰還船の中の容器に

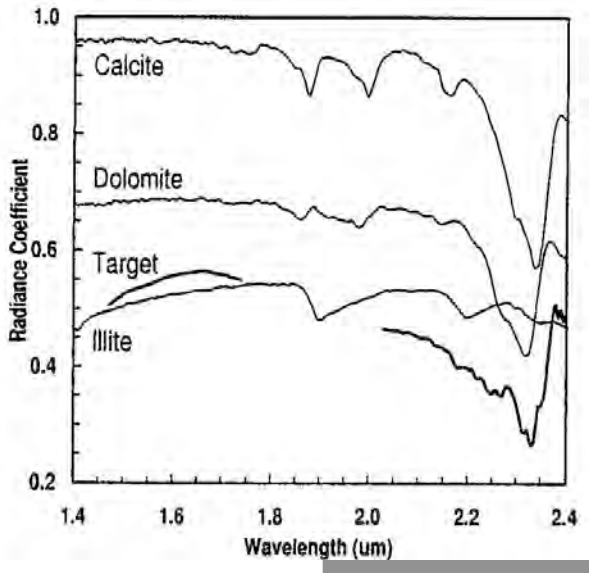


図1 FIDOで得られたチャネル内の礫のある部分のスペクトル
実験室で得られたカルサイト（方解石），ドロマイト（苦灰岩），イライト（粘土鉱物の一種）の各スペクトルと比較．FIDOのデータはドロマイトに富む岩石であることをしめす．

収められ、地球に向かって飛び立つ。ローバーはそのまま火星面上に残り、さらに調査を続ける。

なおこのミッションでは、２つの異なる場所をめざして、２回実施されることになっている。

アテナの原型となるFIDOローバー

さて、このようなシナリオの実現をめざして今回おこなわれたリハーサルでは、ローバーはアテナそのものでなく、プロトタイプのFIDO（The Field Integrated Design and Operations）と名づけられたローバーが使用された。FIDOはいろいろな地域を500 mにわたってかけまわり、画像やスペクトルのデータを得ただけでなく、岩石へのドリリングも実施した。

FIDOには観測機器をとりつけたマストがある。これは1.94mの高さまでのびて、画像撮影やスペクトル観測をおこなうことができる。マストのカメラのうち、まずPancamは、高解像度のカラーステレオ画像を得ることのできる３波長（0.65、0.75、0.85 μm）の撮像システムをもっている。もう１つのNavcamは低解像度でモノクロながら、ローバーの運行に必要な広視野のステレオ画像撮像システムである。また波長1.3〜2.5 μmの赤外スペクトルを観測するIPS(Infrared Point Spectrometer)もあるが、本番のアテネではこれに代わって小型のTES（熱放射スペクトロメーター）がとりつけられる。

FIDOの前面には４つの自在アームがあり、color microscopic imagerや^{57}Feメスバウアースペクトロメーターがつけられている（アテナではさらに、アルファプロトンX線スペクトロメーターとラマンスペクトロメーターがとりつけられる)。さらにFIDOにはミニコアラー（小型ドリリング装置）があり、直径0.5cm、長さ1.7cmの岩石コアサンプルを採集できる（アテナでは0.8×2.5cmのコアにする予定)。ドリリングのさいはFIDOの下面にとりつけたカメラがモニターする。採集した岩石コアは上記機器で拡大観察したり、鉄酸化物の状態が調べられる。アテナにはこの他に土壌採集用シャベルもとりつけられる。もう１つ、 FIDOの前面と後面には、ローバーの進行経路を監視するカメラ（Hazard avoidance cameras)もとりつけられている。

成功を収めたFIDOローバーのテスト

以上のいろいろの機能をもつFIDOローバーは、どんな成果を収めたのだろうか。FIDOは最

図２　ニューヨーク州の高校生 Emily Dean（右）がフィールドデータを取得し、一方カリフォルニア州の高校生 Sha Guan（左）は FIDO ローバーの車輪位置に印を付けている. 後方にいるのは JPL のエンジニア.

初、実際にアテナローバーがランダーから火星の地面に降りる前を想定して、沖積扇状地上の少し高い位置におかれた。この見とおしのきく高さから、Pancam と Navcam のパノラマ画像を使って目標とする岩石をとらえた。そのあとローバーは地面に降ろされると、目標の岩石に１～２ｍまで近づき、画像撮影や IPS によるスペクトル測定がなされた。それからローバーは岩石にむかってドリリングをおこない、苦灰岩と閃緑岩のコアサンプルが採集された。

ローバーによるフィールド探査は、沖積扇状地から開析されたチャネルの下までおこなわれ、走行距離は約 500m に達した。その間、Pancam と IPS の観測によって、一帯の地形や土壌と岩石の性質が明らかにされた（一例を図１にしめす）。

今回のこのテストは、ローバーによる現地観測とサンプル採集の有効性を実証することになった。これによって、これまで他の方法ではよくわからなかった問題が解明できるようになるかもしれない。たとえば、火星周回軌道上からのスペクトル観測では、炭酸塩物質の存在がなかなか確認できないが、それはこの物質の平均的濃度が火星地殻表層部では低いためではないかと考えられる。炭酸塩鉱物はおそらく岩石中の間隙や割れ目を埋めるような形で存在していると思われ（火星隕石 ALH84001 もそうであった）、このような存在様式の物質は、ローバーなどによる直接探査が最も有効かもしれないと思われるのである。

なお、今回のリハーサルでは、全米の教育普及活動の一環として、ロサンゼルス、フェニックス、イサカ、セントルイスの各都市からの高校生と教師が参加し、ローバーの運転や探査の実際を体験して大きな成果をあげたことも特筆される（図２：くわしくは文献２を参照）。このような試みから、次代をになう惑星科学者が育っていくにちがいない。

引用文献

Arvidson, R.E. et al., 2000, Rover trials for Mars sample return mission prove successful. Eos, Vol.81, No.7 (Feb.15, 2000), 65,72.

Arvidson, R.E. et al., 2000, Students participate in Mars sample return rover field tests. Eos, Vol.81, No.11 (March 14, 2000), 113,117.

惑星画像を解析しよう!!（その２）－より高度な画像解析へ－

寺薗淳也・齋藤潤 Jun-ya Terazono and Jun Saito

前回の記事では、個人でも持てるパソコンとソフトウェアを使って、惑星画像を得たり見たりするためのノウハウを解説した。しかしこの記事の読者には、さらに一歩進んで、本格的に画像を解析することまで考えている方も多いと思う。今回は、そのような方を対象に、より進んだ惑星画像分析について紹介する。紙面の都合もあり、「惑星画像解析入門の入門」という形になってしまうが、興味を持たれた方は、本文最後にあるホームページなどでより深く情報を得て頂きたい。

専門的な解析とは？

画像解析にはいろいろな方法があって、その解説をはじめたら本が何冊か必要になってしまうほどである。ただ、惑星画像解析の基本は、次のようなものである。

- 画像の補正…撮影時の太陽入射角などの条件に基づいて、データを補正する。また、球面による画像のゆがみなどを補正する。
- 比演算画像…光の吸収の度合は、鉱物によって異なる。そのため、異なるスペクトルで画像を撮影し、さらにその比をとった画像を作ると、鉱物（岩石組成）の違いを強調した画像を得ることができる。これによって、どの地域にどのような岩石が多いかがひと目で分かることになる。
- モザイク…いくつかの画像をつなぎ合わせて、より広い範囲の画像を作成する。また、そのために解像度を統一したり、画質を補正する作業なども必要である。
- 地図作成…撮影した惑星画像を使って、惑星表面の地図を作っていく作業がある。

これらを実行するためには、普通の画像処理ソフトウェアでは機能として不十分な場合が多い。専用に設計された、画像解析ツールを使うのがよいだろう。

画像解析ツールを使う －アイシス（ISIS）を例に－

ここでは、そのような解析を行うためのツールとして、ISIS（アイシス）を使うことにする。ISISは、アメリカ地質調査所（USGS）が、惑星探査機から得られた画像を解析するために開発した解析プラットフォームである。

このツールの「すごい」点は、非常に高機能でありながら無料で入手できることである[(1)]。昨年（1999年）にはソースコードも公開されたが、主なプラットフォーム用にはコンパイル済（すぐに実行できる）パッケージがあるため、実際の導入には１時間もかからない。

ISISパッケージの中でも、個人的に使うとしたらLinux版がよいであろう。ISISのLinux対応は1998年にアナウンスされ、1999年には正式対応となった。Linuxにはいろいろなディストリビューションがあるが、メジャーと思われるRed Hat系であれば問題なく使える[(2)]。

Linuxのインストール自体の説明はここでは省略する。ただISISを走らせるためには、最低でも1GB程度のディスク領域を確保しておいた方がよいだろう。ISISのシステムだけで

400MB 以上の領域を消費するし、解析の作業領域も必要である。メモリも最低 64MB は欲しい。

ISIS はかなり巨大なソフトウェア・パッケージである。USGS の Web サイト [3] からダウンロードもできるが、それよりはUSGS サイトから CD-ROM を注文した方がよい [4]。住所や氏名などを登録すると、CD-ROM が 2 週間ほどで送られてくる。

CD-ROM からのインストールは意外と簡単である。自分が実行したいプラットフォーム（例えば、Linux）用のプログラムを、その CD-ROM からコピーすればよい。また、解析したい探査機の画像用の基本的なデータもインストールする必要がある。たとえば、月の画像を解析するのであれば、クレメンタインとガリレオ両探査機用の解析用基本データファイルをコピーする（これが数百 MB ある）。

最後に自分のホームディレクトリにある設定ファイルなどを修正すれば、ISIS を実行する準備は整ったことになる。

アイシスでの画像解析を仮想体験

ISIS は、コマンドラインからプログラムを動かす。ISIS のコマンドラインは、TAE と呼ばれるインタフェースを使っている。コマンドライン入力は、パソコンの GUI 環境に慣れている人は最初は戸惑うかもしれない。しかし、TAE には tutor モードと呼ばれるモードがあり、入力すべきパラメータのヘルプをみながら入力できるので、最初はそのようにしていくとよいだろう。

また、解析したい範囲を予め決めておいて、その範囲の画像ファイルを、ある作業ディレクトリの下にコピーしておくと便利である。ついでに、このファイルのリストを、UNIX 上の ls コマンドなどで作成しておくとよい。

解析の雰囲気だけでもわかるように、まずはフォーマットの変換をしてみることにする。まずシェル上で"tae"と入力して、TAE を起動する。

"TAE>"という入力プロンプトが出てくれば、既にあなたは ISIS を使える状態になっている。先ほどのファイルがクレメンタインの画像で、そのファイルのリストを test.lst とするなら、次のように入力する。

TAE> clem0.pdf fromlist=test.lst

（"TAE>"の部分は入力する必要はない）

これは、「レベル 0」と呼ばれる、解析前のごく基本的な画像処理を自動的に行ってくれるコマンドである。clem0.pdf [5] が起動すると、いろいろなパラメータが画面に表示されて、早い場合には 10 秒くらいで処理が終了する。

ISIS のよいところは、従来、いくつものコマンドとパラメータを組み合わせなければできなかったこういった特別な処理を、"clem0.pdf"に代表されるような 1 つのコマンドだけで実行できることにある。この後の過程は省略するが、基本的には同じように、それぞれの過程をまとめたコマンドを実行していくことになる。意外に簡単にできてしまうことがわかると思う。

さて、ISIS である程度解析ができたら、どのような画像ができたかみたくなるだろう。ところが、ISIS 自体はそういった表示用のツールを持っていない。IDL というソフトウェア解析パッ

ケージを使うとみることができるが、これは商品であり、買わないといけない。

さらにややこしいのは、ISIS が使用しているファイルフォーマットは"cube フォーマット"といわれる、地球観測などでよく使用される形式で、一般の画像ビューアなどではサポートされていない。

そこで、cube ファイルを一般的な画像フォーマットに戻す必要がある。このためには、isis2raw コマンドを使って、RAW フォーマットの画像へ変換する。

TAE> isis2raw from=test.cub to=test.raw

RAW フォーマットの画像は、Adobe Photoshop [6] や gimp [7] などの画像処理ソフトなどでみることができる。

なお、ISIS はときおり、データファイルなどがアップデートされる。解析に使っているパッケージがアップデートされたら、ダウンロードするなどして常に最新版をキープしておくとよいだろう。

将来の惑星探査はデスクトップで…DPLEX

最後になったが、こういった惑星画像解析の未来の姿について、我々が考えていることについて触れてみたい。

現在、世界各地でさまざまな探査計画が立案、あるいは実行されている。探査や観測、あるいは解析で出てくるデータ量はうなぎ登りに増えつつある。今や、一日数十 GB のデータを吐き出す探査・観測計画すら、現実となりつつある。これらのデータは、もはや研究者がこれまでの方法で検索したり理解する限界をはるかに超えている。今後大量の探査データが蓄積されてきた時点で、必然的に次のような点が問題になるだろう。

・処理すべきデータに的確にたどりつけるようにするためのシステムの開発
・大量のデータをいかにわかりやすく見せるか、そのためのシステムの開発。

このようなシステムは、これまで培われてきた様々な技術や標準、また、今後数年間で爆発的に進歩すると思われるネットワーク技術の応用などによって十分に実現できると考えられる。

こういった技術を応用すれば、巨大なデータベースと我々が持つコンピュータをネットワークで結びつけて、その中から必要なデータや資料を選び、解析を進めていくことができるようになる。これを我々は「Desktop Planetary Exploration」(DPLEX) と呼ぶことにする。

我々は適切なデータを選び出すために、画質などを使って画像を評価する技術などの開発も進めている [8]。また、将来的にどのようなデータブラウザシステムが適切かなどについてもリサーチをはじめている。

このようなシステムが一般的になってくれば、将来は次のようなこともできるだろう。……数百テラバイトにも達する惑星探査データの超巨大データベースから、自分が知りたい惑星の表面の高精度画像をネットワーク経由で検索する。パソコンのデスクトップ上には 3D 画像で惑星表面の地形が表示されている。必要な科学データをその上に重ね合わせて、その表面の組成を知る。さらにデータベースから、過去のその地域の地質の研究内容を引き出してきて、それと比較しな

がら、新しい研究成果を得る……　こんなシステムも、夢ではないかもしれない。

今回は紙面が限られていたため十分な解説ができなかったが、こまかなインストールや解析のノウハウなどについては、逐次著者のホームページ(9)にてご紹介していく予定である。

注　釈

(1) 地球観測の画像用にも多くの解析ソフトが発売されているが、最低でも 20 万円、高いものでは 100 万円を超えるものもある。
(2) USGS の開発部隊は昨年 5 月の時点では Red Hat 5.2 を使用していた。筆者のシステムもその上で動作していた。現在のバージョン (6.1、6.2) で実行できるかどうかは確認していない。
(3) http://wwwflag.wr.usgs.gov/ISIS/
(4) http://wwwflag.wr.usgs.gov/isis-bin/acquireisis2.cgi
(5) pdf という拡張子がついているが、このファイルはインターネット上などでよく使われる PDF(Portable Document Format) とは全く違うので、注意すること。
(6) Adobe Photoshop は Adobe Corporation の登録商標です。筆者はこの記事によって、本製品の使用を強制ないし推奨するものではありません。
(7) UNIX、Windows 上で使えるフリーながら極めて高度な機能を持つ画像処理プラットフォーム。http://www.gimp.org/などを参照のこと。
(8) 寺薗、齋藤、画質評価をベースとした新しい惑星画像利用の可能性 −Desktop Lunar Exploration の実現に向けて−、宇宙科学技術連合講演会（神戸国際会議場)、1999.
(9) http://www.t3.rim.or.jp/~terakin/。なお、惑星画像関連のホームページが、サーバトラブルのため 4 月末から停止しています。この記事が出る頃には復活している予定です。

（財団法人　日本宇宙フォーラム）

論文抄録

月のオリエンタレ、フュモラム、ネクタリス、クリシウムベイスンの組成

Bussey, D.J., and Spudis, P.D., 2000, Compositional Studies of the Orientale, Humorum, Nectaris and Crisium lunar basins. Jour. Geophys. Res., 105, E2,4235-4243.

クレメンタインの高解像度画像（250 m/画素）を使って、上記の 4 ベイスンからの放出物の組成を調べた。いずれのベイスンからの放出物も斜長岩質で 2 〜6% の FeO を含む。オリレンタレのようにきわめて均質な放出物をもつベイスンがある一方、ネクタリスのように外側で組成のゾーニングを示すベイスンもある。 4 つのベイスンのいずれでも、その内側リング内の地塊と小クレーター底で混じりけのない斜長岩（FeO が 1%以下）が分布している。このような岩石は月のこれらの地域に限られたもので、月の 10〜20km 深に大規模に保存された始源的な斜長岩地殻が掘り起こされたものと考えられる。（S）

複数のリモートセンシングデータによるスミス海と縁の海地域の地質

Gill, J.J. and Spudis, P.D., 2000, Geology and the Smythii and Marginis region of the Moon: Using integrated remotely sensed data. Jour. Geophys. Res., 105, E2,4217-4233.

クレメンタイン、ルナプロスペクター、アポロ等のデータを利用して、月東縁のスミス海と縁の海周辺の地質を調べた。この付近のバルク地殻はアノーソサイト質で、コンプレックスクレーター（Joiot、Neper、 Lomonosov 等）の中央丘によって掘り起こされた 10km 深とスミスベイスン内側リング構造の 30km 深の中間的な組成をもつ。スミスベイスンが 2 重構造の衝突ベイスンであり、スミスベイスンの薄い海の溶岩に伴う強い正のブーゲ重力異常は、クレーターの掘り起こしに反応したアイソスタテックな修正よって重いマントル物質の上昇した結果だと考えられる。一方、Marginis ベイスンは衝突ベイ

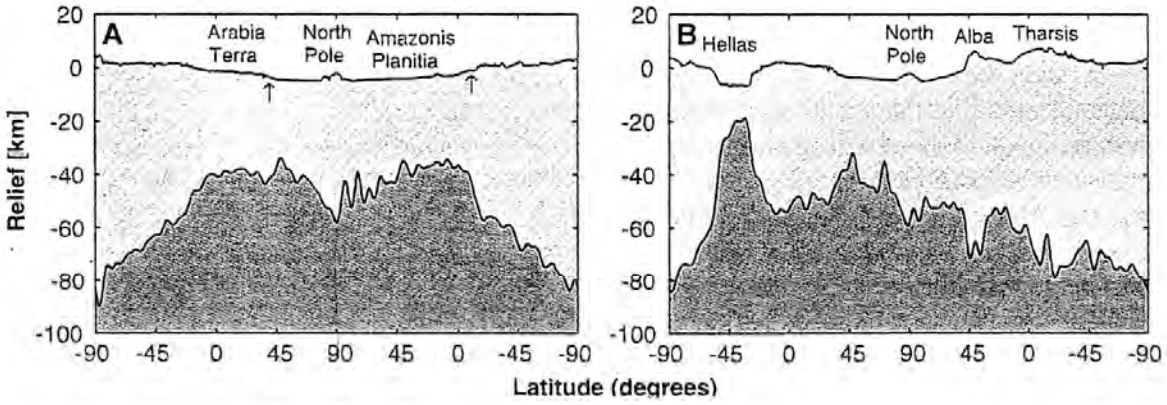
スンではない。その構造・組成・重力から、大クレーターの集合体、あるいはスミスベイスンの外側リングのくぼみと推定される。スミス海・縁の海ともその玄武岩堆積物の組成は似ており、その平均厚さをスミス海で 300 m、マルギヌス海で 250 mと見積られる。

クレメンタインのマルチスペクトルデータとFeO マップから、うずまき（swirl）物質はアグルチネートに乏しい、光学的に新鮮な物質であると判断される。このことからうずまき物質は、最近の彗星衝突によって風化した表面部がはぎ取られたか、太陽風の磁気的なシールドによってアグルチネートの形成が妨げられかの成因が推定される。（S）

火星の内部構造と初期の熱的進化

Zubber, M.T., 他14名, 2000, Internal structure and early thermal evolution of Mars from Mars Global Surveyor topography and gravity. Science, 287, 1788-1793.

MGS のレーザー高度計による地形観測と、ドプラー追跡からの重力データによって、火星の地殻と上部マントルのグローバルな構造が明らかになった。火星の地殻が 2.9g/cm^3 の均一な密度をもっていると仮定すると、平均的な厚さは 50km、火星体積の 4.4% を占める。最もうすい地域は Isidis 盆地（12° N、 88° E）の 3km、最も厚い地域は Syria 高原（25° S、270° E）の 92km である。地殻は概して南半球から北半球へ向かってうすくなるが、Arabia 高地（10° N、10° E）ではほぼ一定の厚さ（35〜40km）である。南の高地と北の低地を分ける境界は、地殻の厚さの変化と必ずしも一致せず、二分性の境界は内部構造の違いを表すものではなさそうだ。古い南の高地のリソスフェアの強度からみると、火星の歴史の初期には北半球が熱流量の高い地域だったと考えられる。また北の低地には表面更新がなされる前に生成した多くのチャネル群が埋もれていることもわかった。（K）



緯度方向に沿った火星の断面．Aは経度 0°〜180° E，Bは経度 70°〜経度 250° E に沿った断面で中央は北極，両端は南極．淡い灰色は地殻，濃い灰色はマントル．垂直方向を 30 倍に強調．A 中の矢印は南の高地と北の低地を境する境界部分．

グローバルにみた火星の表面組成

Bandfield, J.L., Hamilton, V.E., and Christensen, P.R., 2000, A Global view of Martian surface composition from MGS-TES. Science, 287, 1626-1630.

マーズグローバルサーベイヤー（MGS）の熱放射スペクトロメーター（TES）の観測によって、火星の低アルベド一地域（いわゆる暗色部）に２つの組成的なちがいがあることがわかった。得られたデータを地球上の岩石のスペクトルデータと比較した結果、１つは斜長石と単斜輝石（主に普通輝石）に富む玄武岩質組成、もう１つは斜長石と火山ガラスに富む安山岩質組成の物質である。この２つの組成の分布は火星の大地形区分にほぼ対応しており、玄武岩質組成の分布域は年代の古い南半球の高地、安山岩質組成の分布域は若い北半球の低地である。（K）

火星の極冠にみられる北と南の地質学的な差異

Thomas, P.C., 他 9 名, 2000, North-south geological defferences between the residual polar caps on Mars. Nature, 404, 161-164.

極冠地域の地質学的特徴は、火星のグローバルな気候の歴史的進化をとく鍵となる。火星の極地には、厚い成層堆積物や、夏でも残る永久氷冠、季節によって変化する CO_2 氷のおおいなどがみられるが、これらの相互関係は解像度の問題もあってこれまでよくわかっていなかった。著者らは MGS のマーズオービターカメラ（MOC）が得た精細な画像から、南極の永久氷冠は、いちじるしい崩壊と浸食でできた地形をもつ独特な地質単元というべきもので、北極の永久氷冠とは大きく異なる性質をもつことを明らかにした。この事実は、火星の両極の気候の長期間にわたる非対称性を示すものである。　　(K)

火星のクレーター内にできた古い湖の性質

Cabrol, N.A., and Grin, E.A., 1999, Distribution, classification, and ages of Martian impact crater lakes. Icarus, 142, 160-172.

火星の衝突クレーター内に生成した古い湖の性質が、バイキングオービターのデータを用いて明らかになった。谷のネットワークやチャネルから供給された水と堆積物によってできたクレーター内の古代湖の数は 179 にのぼる（くわしい目録あり）。これらは 47.5°Ｎから 64.7°Ｓの緯度の間に分布し、特に 20°N～20°Ｓ間に集中する。閉じた湖、開いた湖、湖のチェーンシステム、の３つのタイプに分けられる。湖の形成年代を決めるのはむずかしいが、層位関係やクレーターカウントなどから推定して、多くはノアキス代中期から後期のものと考えられる。一部のものはアマゾン代まで存続したらしい。このような湖は火星の水や気候の歴史だけでなく、化石生命の保存の場所としての面からも重要である。
(K)

地球とイオの火山起源の硫黄の性質

Kargel, J.S., Delmelle, P., and Nash, D.B., 1999, Volcanogenic sulfur on Earth and Io: Composition and spectroscopy. Icarus, 142, 249-280.

イオの変化にとんだ表面の成因、とくに硫黄化合物の役割についてはよくわかっていなかった。著者らは硫黄中の不純物が重要な意味をもつと考え、地球上の各地の火山や熱水生成物から得た天然硫黄の微量成分やスペクトル反射率を調べて、イオのデータと比較した。地球では、微量の親銅元素（As や Se など）が硫黄中にふつうに存在し、黄、褐色、赤などの色を低温でも安定化させている。この事実はイオ表面の色あいのちがいを知る重要な参考になる。また、イオ表面の緑色や灰色の原因は、地球の硫黄の類推から黄鉄鉱（FeS_2）によると考えられるが未確定である。炭素や珪酸塩（SiO_2）の不純物も重要である。イオの 0.52～0.64 μmの幅広い吸収帯は、硫酸ナトリウム（Na_2SO_4）や As、Se、P、Cl、などに関係しているのかもしれない。　　(K)

惑星地質ニュース1～12巻主要掲載記事目次

「惑星地質ニュース」は、1989 年 3 月に創刊以来、多くの執筆者と読者に恵まれ、今年で 12 年目を迎えます。これを機会に今までの主要記事の目次を作りました（末尾の数字は順に発行年、巻数、号数、ページ数）。ご利用下さい。またバックナンバーがありますので、１部につき切手 160 円分（送料込み）でお分けします。ご希望の方は、惑星地質研究会事務局にご連絡下さい。

小森 長生 …… いまなぜ惑星地質学か－発刊にあたって－ 1989, 1, 1, 1-2.
小松 吾郎 …… 〈アリゾナ通信〉火星会議の盛況、マゼランへの期待 1989, 1, 2, 5-6.
白尾 元理 …… オーストラリアの Gosses Bluff クレーターを訪ねて 1989, 1, 3, 11-15.
小森 長生 …… 原始地球の探求と惑星地質学 1989, 1, 4, 19.
白尾 元理 …… 最近の火星の話題から 1990, 2, 1, 1-3.
小松 吾郎 …… 〈アリゾナ通信〉第 21 回月・惑星会議に出席して 1990,2, 2, 9-10.
矢内 桂三 …… 南極で発見された月起源隕石 1990,2, 3, 17-21.
白尾 元理 …… 次はマーズ・オブザーバー 1990,2, 4, 25-26.
川上 紳一 …… オーストラリアにインパクトクレーターを訪ねて 1991, 3, 1, 1-4.
小松 吾郎 …… 〈アリゾナ通信〉火星探査機マジェラン始動 1991,3, 1, .5-6
宮田 英嗣 …… 国際火星フォーラム’90 の報告 1991,3, 1, 6-8.
山口 靖 …… 地球資源衛星（JERS, 1）の観測システムについて 1991,3, 2, 11-15.
森 伸一 …… ハワイ島の火山・日食ツアー印象記 1991,3, 3, 21-25.
山路 淳 …… マントルダイナミクスからイオの火山分布まで 1991,3, 4, 31-34.
早川雅彦・藤村彰夫 …… 宇宙研にできる惑星画像センターについて 1992, 4, 1, 1-3.
高橋 正樹 …… 金星に花崗岩はあるか？－金星の高粘性マグマ噴出活動 1992, 4, 1, 4.
伊藤 孝士 …… 惑星の気候システムと火山活動 1992, 4, 2, 11-16.
柳澤 正久 …… 惑星地質講演会をきいて 1992, 4, 3, 21-22.
寺薗 淳也 …… マックで惑星画像を読む 1992, 4, 3, 23-25.
富樫 茂子 …… 地球にマグマオーシャンは存在したのか？ 1992, 4, 4, 29-31.
高田 亮 …… サドベリー隕石孔訪問記 1993, 5, 1, 1-6.
渡部 潤一 …… すばる望遠鏡と惑星科学 1993, 5, 2, 13-15.
佐々木 晶 …… ドイツの隕石孔を訪ねて 1993, 5, 2, 16-21.
木下 誠一 …… 地球と火星の永久凍土 1993, 5, 3, 25-29.
三河内 岳 …… 月惑星研究所／NASA のサマーインターン制度に参加して 1993, 5, 4, 37-41.
篠田 皎 …… ツングスカ異変の跡を訪ねて 1993,5, 4, 42-45.
前野 紀一 …… 氷天体研究の最近の動向 1994, 6, 1, 1-4.
小森 長生 …… 地球上のグリッドシステム 1994, 6, 2, 11-16.
Y.J. Pendleton and D.P. Cruikshank …… 宇宙の有機物と生命 1994, 6, 3, 21-26.
長谷川 一郎 …… 大流星・隕石・近地球小惑星 1994, 6,4,31-35.
小松 吾郎 ……〈アリゾナ通信〉マーズパスファインダー計画すすむ 1995, 7, 1, 1-2.
安部 亮介 …… ツングースカで見たこと・考えたこと 1995, 7, 1, 2-6.
白尾元理 ・小笠原雅弘 …… LUNAR-A に搭載される月撮像カメラ 1995, 7, 2, 13-17.
寺薗淳也・滝沢悦貞・大嶽久志・金子豊 …… 21 世紀、日本は月を目指す－宇宙開発事業団の月探査計画－ 1995, 7, 3, 23-27.
M. Robinson and M. Wadhwa …… 火星からの使者 SNC 隕石 1995, 7, 4, 33-36.
小松 吾郎 …… 〈アリゾナ通信〉地球上での火星体験－マーズパスファインダーワークショップ報告－ 1995, 7, 4, 36-39
矢内 桂三 …… 火星起源 SNC 隕石について 1996, 8, 1, 1-10.
松田 准一 …… 隕石中のダイヤモンドとその起源 1996, 8, 2, 17-21.
B.E. Clark and R.E. Johnson …… スペースウェザリング －宇宙空間における風化作用－ 1996, 8, 3, 25-31.
小松 吾郎 …… ヨーロッパの惑星地質学の現状 1996, 8, 3, 31-32.
田崎 和江 …… 火星の生物痕跡？－バクテリアによる生体鉱物化作用の立場から－ 1996, 8, 4, 37-44.

小松　吾郎 …… 〈アリゾナ通信〉火星探査機マーズパスファインダーの打ち上げ見学記　1997, 9, 1, 1–2.
赤井　純治 …… 火星隕石（ALH84001）とバクテリア起源の磁鉄鉱・磁硫鉄鉱　1997, 9, 1, 2–6.
柳澤　正久 …… Lunar Transient Phenomena（月の異常現象）　1997, 9, 2, 13–17.
中　　正夫 …… 宇宙からの地球リモートセンシング技術　1997, 9, 3, 23–29.
小森　長生 …… マーズパスファインダーの 96 日間　1997, 9, 4, 35–39.
篠田　　皎 …… シホテーアリン隕石孔群をたずねて　1997, 9,4, 39–43.
小森　長生 …… 火星の地殻は安山岩質か？－マーズパスファインダーの成果続報－　1998, 10, 1, 1–6.
佐々木　晶 …… 火星を目指す日本初の惑星探査機　PLANET– B　1998, 10, 2, 13–17.
三尾野　重義 …… 地層の中から星間塵をさぐる　1998, 10, 3, 25–33.
藤原　　顕 …… 小惑星サンプルリターン計画（MUSES–C）　1998, 10, 4, 37–40.
白尾　元理 …… マーズ・サーベイヤー98 計画 はじまる　1999, 11, 1, 1–4.
阿部　　豊 …… 地球と月の起源－モントレー会議に出席して－　1999, 11, 2, 13–17.
矢内　桂三 …… 再び火星隕石（火星起源隕石）について　1999, 11, 3, 25–30.
小松　吾郎 …… オーストリアでみた皆既日食　1999, 11, 3, 31–33.
渡部　潤一 …… 太陽系外縁部小天体研究の現状　－太陽系の果てを求めて－　1999, 11, 4, 39–44.
寺薗淳也・齋藤潤 …… 惑星画像を解析しよう!（その１）－「みんなで画像解析」のすすめ－　2000, 12, 1, 1–5.
小森　長生 …… 火星サンプルリターンのリハーサル　2000, 12, 2, 13–15.
寺薗淳也・齋藤潤 …… 惑星画像を解析しよう!（その２）－より高度な画像解析へ－　2000, 12, 2, 16–19.

INFORMATION

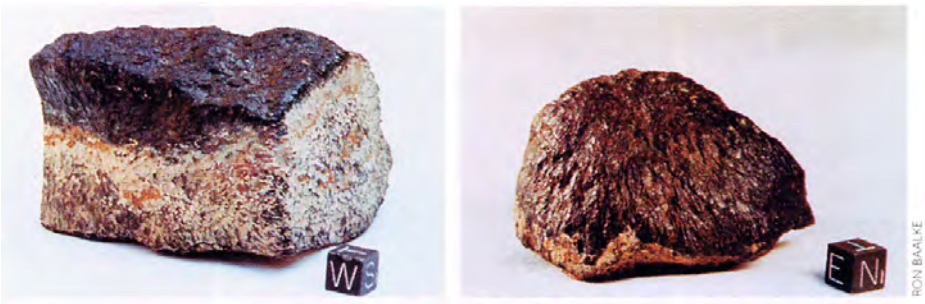
●NASAの火星探査計画の見直しすすむ

1999 年に 2 つの火星探査機が失敗したことをうけて、NASA は今後の火星探査計画の手直しをすすめている。まず、2001 年打上げ予定の探査では、ランダーをとり止めてオービターだけにする。つづく 2003 年の探査では、ランダーとオービターの両方を打ち上げる方針である。これらのうち、2003 年のランダーでは、マーズパスファインダーで成功したエアバッグ方式による着陸が再び採用されることになった点が注目される。このランダーには、パスファインダーが運んだものよりも大きなローバーが搭載され、諸作業や観測の主役はローバーがつとめる（ランダー自身には観測などの役目はほとんど持たせない）。ローバーは少なくとも 30 日間に 1 km の距離を走行して、パノラマ画像の撮影や岩石の組成測定をおこなう。とくにデータの精度を上げるために、岩石の風化した面をとり除いて組成を調べることなどが考えられている。ただし、この 2003 年の探査計画はまだ確定しているわけではなく、最終決定はもう少し先になりそうである。（Aviation Week & Space Technology, May 22, 2000 による）

●新たに判明した 2 つの火星起源隕石

火星隕石はこれまでに確かなものが 14 個知られていたが、今回新たに 2 個が加わることになった。約 20 年前、アメリカの岩石コレクターRobert S. Verish がカリフォルニア州モハベ砂漠で発見したものである。Verish は同地で 2 個の黒い玄武岩質岩石を採集したが、長い間自宅にしまいこんだまま忘れていた。昨年 10 月これに気付いてとり出したところ、隕石らしいことがわかったので、カリフォルニア大学ロサンゼルス校の地球化学者 Alan Rubin らに調べてもらい、最終的に火星起源隕石であること

が判明した。この２つはともに「ロサンゼルス隕石」と命名された。重量は 452.6g と 254.4g で、大きいほうは角ばった形をしており、大気中で分裂した破片のようである。したがってまだ別の破片がどこかで見つかる可能性があるかもしれない（以上 Sky & Telescope 2000 年５月号による）。さらにくわしい情報が入り次第、おって報告したい。なお、これまでに見つかっている火星隕石の詳細は、本誌 Vol.11 、No.3（Sept. 1999）の矢内桂三氏の解説を参照されたい。



モハベ砂漠で見つかった２つの火星起源隕石．左が 452.6g，右が 254.4g．立方体の１辺は 1cm.

●2000 年度（第 12 回）惑星科学夏の学校開催のお知らせ

惑星科学夏の学校とは、将来惑星科学を担うであろう若手を中心に集い、学び、親睦を深める場所です。毎年、特定のテーマに沿って多彩な講演者の方々にお話をいただいています。講演者との活発な議論を通じて、単なる知識の習得にとどまらず、現状の問題点を理解・把握し、将来の展望を開くことを目的としています。今年のテーマは「惑星の表面地形」です。惑星科学に興味のある多くの方々の参加をお待ちしています。

日　程：7 月 14 日（金）～17 日（月）

場　所：国立中央青年の家（静岡県御殿場市）

参加費：13000 円（3 泊 4 日）

プログラム：１日目　惑星の表面地形（佐々木晶）、衝突表層環境（杉田精司）／２日目　月面の分光画像分析（大嶽久志）、月の重力-地形解析（並木則行）／3 日目　氷惑星全般レビュー（倉本圭）、雪氷物性（荒川政彦）、金星のマントルダイナミクス（中久喜伴益）

申込み：原則としてメールで受付けます。（締切 7 月 3 日正午）。また地球惑星科学関連学会 2000 年合同大会の会場でも行います。詳しくはホームページ（http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~ss2000/）をご覧下さい。

問い合わせ先：2000 年度惑星科学夏の学校事務局（ss2000@sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp）

●第 33 回月惑星シンポジウムのお知らせ

月・惑星科学の分野全般において我国における最近の進展はめざましいがあります。本シンポジウムではそれらを反映した月・惑星の起源、進化、環境などに関連した多方面の研究成果が発表されます。

日　程：8 月 7 日（月）～9 日（水）

場　所：宇宙科学研究所（相模原市由野台 3-1-1）本館 2 階会議場

問い合わせ先：水谷　仁（TEL.042-759-8193）、加藤學（TEL.042-759-8369、FAX.042-759-8457）

編集後記：本号では、創刊以来 12 年間の主要掲載記事の目次を載せました。こうやってみるとたいへん多くの方々の協力を得て、「惑星地質ニュース」が発行されてきたことをつくづく感じます。ご協力に感謝いたします。さていよいよ夏です。夏はフィールドワークの季節であり、地球惑星科学関連学会（6 月 25～28 日）をはじめとして多くの集会も開かれます。有意義な夏をお過ごしください。（S）