

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

## 惑星画像を解析しよう！ - 「みんなで画像解析」のすすめ -

寺菌淳也・齋藤潤 Jun-ya TERAZONO and Jun SAITO

かなり昔の話であるが、以前本誌において「マックで惑星画像を読む」<sup>(1)</sup> という特集を組んだことがある。当時、Mac を使って画像をみるということだけでも非常に画期的な話であった。

それから8年。パソコンの値段は劇的に下がり、5万円でも当時のMacの数十倍の処理能力が得られるようになった。フロッピーに画像を収めるより、CD-Rに数百枚の画像を放り込んで配った方が効率的（しかも安上がり）である。いや、インターネットという強力なメディアの出現により、NASAから直接画像をダウンロードしたり、オンラインで注文できるという時代になった。時代の進み方はおそろしいものである。

しかし、自分たちで惑星画像をみてみたい、うまくいけば解析もやってみたいという「欲望」(?)は今も昔も変わらない。そのときの精神を再び思い起こし、いま我々が手に入る道具で、どこまで惑星画像をみたり解析したりすることができるかご紹介したいというのが、今回のねらいである。

### まずは、惑星画像を得る

この記事を読んでいらっしゃる方は、たとえば月や惑星の美しい画像をみてみたいというだけでなく、その画像を実際に調べたり、解析をしてみたいと思われる方も多いはずである。確かに、NASAのサイトに行けばいろいろな写真をみることができる。しかし、今回はぜひNASAが配布している月・惑星画像のCD-ROMを購入するところから始めてみたいと思う。やはり、研究のためには生データからはじめることが重要である。

こういったNASAの探査データを販売しているのは、ゴダード宇宙飛行センター内にある、国立宇宙科学データセンター(NSSDC: National Space Science Data Center)である<sup>(2)</sup>。ここではボイジャーやガリレオ、クレメンタインなどをはじめ、NASAの過去の月・惑星探査で得られたデータをみることもできる。さらに、クレジットカードを持っていれば、オンラインでCD-ROMを買うことだって可能である<sup>(3)</sup>(図1)。

8年前と違い、今や自宅のパソコンから惑星画像CD-ROMを買ってしまうことが可能な時代になったのである。値段は1枚10ドル程度で、たとえばクレメンタインの88枚のCD-ROMであっても、送料などを含めて1000ドルくらいで買うことができる。もちろん、個人で10万円以上を投資するのは大変であるから、その中から適当なCD-ROMを選択した方がよいだろう。

こうして注文されたCD-ROMは最大2週間くらいで到着する(この早さも大したものである)。

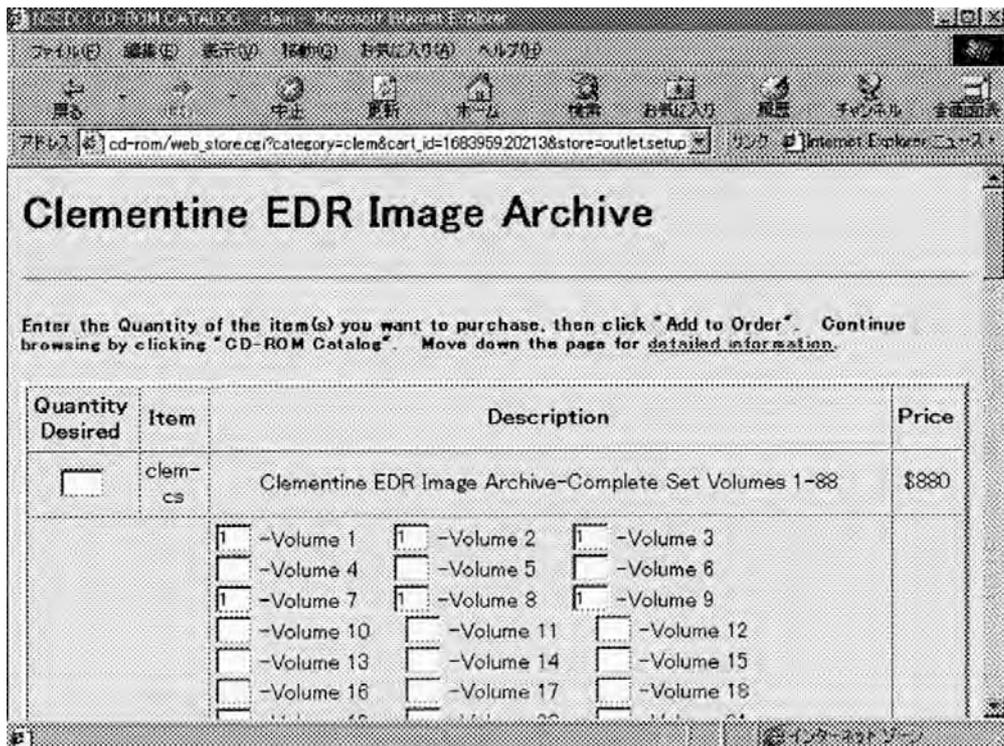


図1 NSSDCにてCD-ROMを購入する画面

みるためにはどうしたらよい？

さて、CD-ROMも到着し（最近のパソコンならフロッピーディスクドライブはなくてもCD-ROMドライブは必ず備えているので）、すぐにCD-ROMをみよう！と思ってしまうのであるが、実はそうは甘くない。

我々が普通画像データを扱うときには、JPEG形式やGIF形式などが代表的である。しかし、一般的な（というより、アメリカの探査機の）画像データは、実はPDS（Planetary Data System）という、NASAが開発した画像フォーマットに則って格納されているのである。

さて困った。確かに、画像フォーマットは星の数ほど存在し、またそれらをたいていサポートするビューアと呼ばれるソフトも世の中に多数存在する。しかし、PDS形式をサポートするビューアはそうそう存在しない。そうするとこの先、惑星画像を見るためには3つの手段を取るしかない。

- (1) PDS形式を直接、あるいは汎用フォーマットに変換後、フリーソフトを使って画像を解析する。
- (2) PDS形式をサポートするフリーソフトを使って画像を解析する。
- (3) 一般的な画像フォーマットに変換して、汎用の画像処理ソフトで解析する。

まず(1)のアプローチでは、PDSフォーマットなどの惑星画像をサポートした画像処理ソフトとして、NASA JPL（ジェット推進研究所）が開発しているその名もNASAView<sup>(4)</sup>（Windows, Mac, Solarisに対応）と呼ばれるソフトがある（フリーソフト。図2）。このソフトはあまり多機能というわけではなく、ファイル変換や簡単な階調値変換程度の機能しかないが、それでも画像ビューアとしては手軽で試してみる価値はあるだろう。また、NASAViewで画像



図2 NASAViewでクレメンタインの画像をみたところ

を GIF に変換できれば、あとは汎用の画像処理ソフト（後述）でも解析できるわけで、このソフトを入口として、(2) や (3) のアプローチを可能にすることもできる。

(3) については、Macintosh の世界であれば前述の NASAView もあるが、Mac 版は Windows 版と比べてバージョンが低く、若干機能が落ちる。そこで、以前の記事でもご紹介した NIH Image<sup>(5)</sup> を利用したい。最近になってこの NIH Image は SCION Image<sup>(6)</sup> という名前で Windows にも移植されており、同じような使い勝手で画像を扱うことができる。

NIH Image/SCION Image は、NASAView のようなビューアの機能に加えて、基本的な画像処理機能（階調値変更など）が備わっているのも、たとえばこのソフト上で画像の階調値を変更して、見にくい画像から惑星の像などを抽出する、といったことができる。さらに上級者向けにはマクロによる自動処理機能なども利用できる。

一部のミッションの画像については、このソフトで画像を読むためのプラグインが用意されているので、CD-ROM 中の画像を直接読むこともできる。ただし、クレメンタインの画像については、後述するような解凍ソフトを使い、汎用フォーマット（TIFF）に変換する必要がある。

NIH Image も SCION Image もフリーソフトであり、ホームページからダウンロードできる。

### 解析は付属ソフトでだってできる

前述の②のアプローチで惑星画像を読んでみようとしたときに、前節で紹介したようなフリーソフトだけを使うのではどうしても使い勝手が限られてしまう。やはり多少馴れた人であれば、自分が慣れ親しんだツールで画像を解析したいという気になるであろう。そういった人であれば、

一般的な画像フォーマットに変換して、自分が使っているツールで解析する、③のアプローチがいちばんである。

その方法を次にご紹介する。例として、クレメンタイン探査機によって得られた画像 (Clementine EDR Image Archive) の場合を取り上げよう。まず、このCD-ROMに付属しているデータ解凍用のプログラム"clemdcmp"というものを使う。このプログラムは、クレメンタイン画像のPDS ファイルを、適当なフォーマットに変換するものである。例えば、test.pds という PDS 画像を TIFF 画像に変換したければ、「clemdcmp -t test.pds test.tiff」とすればよい。

clemdcmp は UNIX 用と Mac 用が用意されているが、筆者 (寺菌) はすでに Windows に移植してある<sup>(7)</sup> ので、Windows 環境の方はこのプログラムを利用されるとよいであろう。なお、GIF の圧縮アルゴリズムの特許<sup>(8)</sup> の関係から、GIF 形式への解凍は利用できないのでご注意願いたい。また、この困難を避けるため、筆者は現在、PNG 形式<sup>(9)</sup> への解凍プログラムを開発中である。

いずれにしても、とりあえず TIFF や RAW 形式に解凍ができれば、これを解析プログラムで読み出せばよい。といっても、別に高い金を出して高級なプログラムを買わなくても解析は十分にできるのである。

たとえば、スキャナやプリンタを買うと必ずといっていいほどついてくる、Adobe PhotoDeluxe<sup>(10)</sup> でも十分である。まず、GIF あるいは TIFF 画像など、何らかのフォーマットに変換する。読み込んだ画像はたいていは真っ暗だったり非常に階調値が低い場合が多いので、それを変更する。たとえば、「階調値の変更」を行いたい場合、色調の補正やコントラストの修正などを行えばよい。これによって、暗くてよくわからない画像から特徴ある地形を抽出したり、真っ暗な星空から星を取り出すということが可能である。

たいていの場合、真っ暗な画像であっても何らかの情報は含まれている。しかし、コントラストがあまりにも低い (つまり、使われている色数が少ない) ため、人間の眼では画像を判別することができないのである。そこで、画像のヒストグラムを変更して、画像で使われている色数だけを強調してやることによって、今まで見えてこなかった特徴が見えてくるようになる。

Macintosh の世界であれば、GraphicConverter<sup>(11)</sup> という定番ソフトウェアが存在する。名前からするとただの画像変換ソフトのようにみえるが、実は基本的な画像処理の機能を搭載した処理プラットフォームである。しかも、極めて多数の画像フォーマットをサポートしている。たとえば、clemdcmp で RAW フォーマットで出力させたデータを、GraphicConverter で読み出すこともできる。ただし、RAW フォーマットを使う場合には、あらかじめもともとの画像の縦と横のピクセル数を知らなければならないが。

GraphicConverter も、画像処理の基本である階調値変更や拡大・縮小など、一通りの機能を備えている。これで画像をブラウズしてやって、より高度な処理のための前処理とすることもできる。

ただ、これらのソフトウェアは、それ以上の処理、例えば隣接する画像の接合や比演算処理などは行えない。それらを行うためには、専門の画像処理、あるいは可視化ソフトを入手する必要

が出てくる。例として、市販品であれば有名な Adobe Photoshop<sup>(10)</sup> や可視化ソフトの Noesys<sup>(12)</sup> などが挙げられる。また、専門の研究者が使うソフトとしては、USGS（米国地質調査所）が製作・配布している ISIS（アイシス、イシス）<sup>(13)</sup>、天文画像解析用として NOAO（アメリカ国立光学天文台）が製作・配布している IRAF（アイラフ）<sup>(14)</sup> がある（共に UNIX 版のみ）。

### 画像処理はあなたでもできる！

一面の暗い画像から例えばクレーターなどを見つけ出す、といった処理は、実は研究者などがいつも基本的に行っていることである。パソコンと CD-ROM さえあれば（あと時間も必要だが）、そういった「プロの画像処理」の世界にかなり近いことが、今や皆さんの自宅でも可能になりつつある。たまには、いつもの惑星画像の見方とは違った世界を体験してみてもいいだろうか。

次回には、より進んだ画像解析手法、そして、我々がこれから進めようとしている「デスクトップ月惑星探査」について、触れられればと思う。

【注】なお、記事中でご紹介した URL やより詳細な情報などは、次のホームページにて随時ご紹介していきます。 <http://diana.sci.isas.ac.jp/~terakin/> または <http://www.t3.rim.or.jp/~terakin/>

(1) マックで惑星画像を読む。寺蘭淳也、惑星地質ニュース、vol.4, no. 3, 1992

(2) <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/>

(3) <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/cd-rom/>

(4) ダウンロードサイトは <http://pdsproto.jpl.nasa.gov/Distribution/license.html>

(5) <http://rsb.info.nih.gov/nih-image/>

(6) <http://www.scioncorp.com/>。なお、ダウンロードの際には登録が必要。

(7) <http://diana.sci.isas.ac.jp/~terakin/tools/>

(8) <http://www.unisys.com/unisys/lzw/>

(9) GIF の特許問題に対抗して、フリーの圧縮アルゴリズムを使った画像フォーマット。JPEG と違い、圧縮によって情報が失われない。また、48 ビットフルカラーまでサポートしている。

(10) Adobe、Adobe PhotoDeluxe、Adobe Photoshop は、Adobe Corporation の登録商標です。筆者はこの記事によって、Adobe 社製品の使用を強制ないし推奨するものではありません。

(11) [http://www.lemkesoft.de/us\\_gcabout.html](http://www.lemkesoft.de/us_gcabout.html)。シェアウェアで価格は\$35。日本語版はスペースリンク (<http://gracon.spclink.com>) で販売している (12,800 円)。

(12) <http://www.hulinks.co.jp/product/noesys/aboutNoesys.html>

(13) <http://www.flag.wr.usgs.gov/ISIS/>

(14) <http://iraf.noao.edu/>

(財団法人 日本宇宙フォーラム)

---

## 論文紹介

### 太古の火星に存在した海

Head III, J.W., 他 5 名, 1999, Possible ancient oceans on Mars: Evidence from Mars Orbiter Laser Altimeter Data. *Science*, 286, 2134-2137.

火星の北半球に広がる低地は火星全表面のほぼ 3 分の 1 を占め、火星の水循環や気候の歴史に重要な役割を演じてきたと考えられる。この北の低地には、大規模なアウトフローチャネルが流れこみ、独特な地形や地質単元がみられることから、湖かそれよりも大きな海洋規模の水たまり

が過去に存在したと考える研究者が多かった。このようななかで、マーズグローバルサーベイヤー (MGS) に搭載されたマーズオービターレーザー高度計 (MOLA) によって得られた高解像度高度データから、北半球低地に海が存在したとする仮説を検証することが可能になってきた。

#### 推定される海岸線とそれにかこまれた低地の性質

NASA ジェット推進研究所の T.J.Parker ら (1989, 1993) は、北半球低地の南限に海岸線をしめすような地形的境界 (contact) が2つあり、これが過去の海の水準の異なる汀線に相当すると考えた (図1)。まず contact1 は、それと交差する MGS の 1136 の軌道からの高度データをもとにその高度を求めると、平均高度は-1680m であるが、タルシス地域ではより高く、アラビア地域ではより低く、高度の変異幅は 11km もある。一方、1191 の軌道からの高度データによって求めた contact2 の平均高度は-3760m で、高度の変異幅は約 4.7km である (図2)。このうち後者の変異幅は、等位面形成後の地殻の変形や上下運動によるものとして解釈できるが、前者の 11km もの変異の説明はこのような考えでは難しそうである。

Parker ら (1989, 1993) はまた、海が存在したならばそこでは堆積作用もおこったはずで、それによって海底はより平坦になっただろうと考えた。確かに北の低地は火星の他の地域にくらべてずっと平坦で、MOLA データでもスムーズな地帯であることがわかる。

海のような巨大な水塊の存在と関係していると考えられる地質学的な事実はまだある。B.K. Lucchitta ら (1986) は、バイキングの画像データをもとに、北の低地の堆積物の分布や性質を調べた。そのなかの彼らがつくった多角形のひび割れをもつ地帯の分布図に、著者らは MOLA

にもとづく地形図を重ね合わせて検討した。その結果、北極盆地やユートピア盆地を含む広大な地域が、かつて水におおわれた場所であり、多角形のひび割れ模様は水中堆積物の表面にできたものとみてまちがいないだろう、という結論に達した。

火星表面の衝突クレーターのうち、直径 2km から 50km のものについては、周囲に耳たぶ (lobe) や罌壁 (rampart) 状の放出物がみられるのが大きな特徴である。これらはクレータ形成地域の地下に、放出物を流動させるような地下水か地下氷が存在するためと解釈される。数 km 以下の小クレータはこうした特有の放出物をもつ

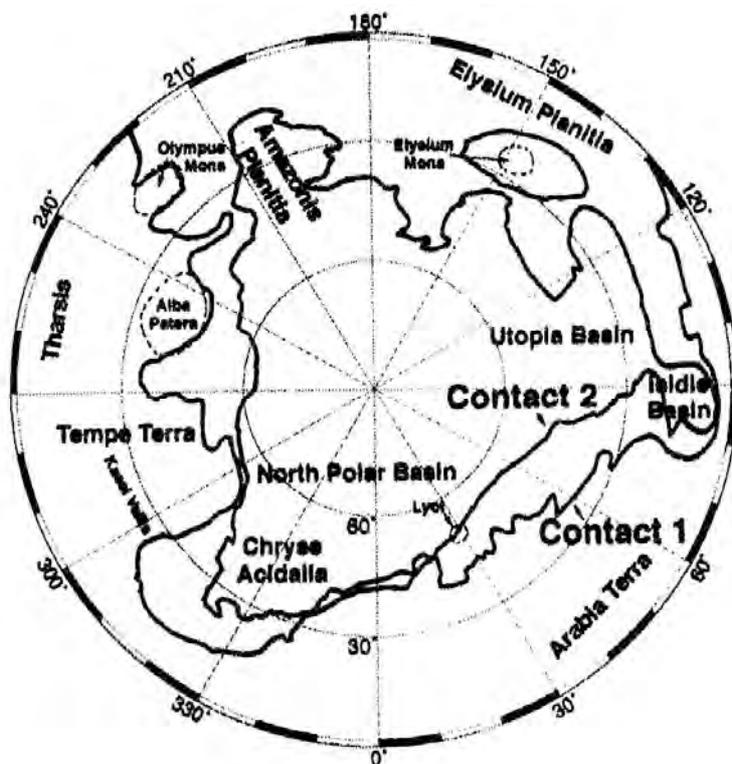


図1 火星の北半球に存在した海の広がり。2つの海岸線 (Contact1、Contact2) をしめす。

ていないので、壘壁クレーターの大きさから、その地下のどのくらいの深さに地下水（氷）があるのかを推定できることになる。この考えから著者らは、北の低地のとくに2つの盆地（北極盆地とユートピア盆地）の下に、地下水（氷）が優先的に存在すると解釈した。

### 海の規模と流れ込んだ水の量

現在の火星表面の地形が、地質学的な過去の地形とそれほど大きく変わっていないとすると、contact2の水準面以下の総体積は約 $1.4 \times 10^7 \text{km}^3$ 、北極冠がないとすればそれよりも10%ほど多くなると著者たちは見積もっている。この体積は、クリュセ平原のアウトフローチャネルから流れ出した水の量の見積もり極小値 $0.6 \times 10^7 \text{km}^3$ と、潜在的に水を含むメガレゴリスの空隙の見積もり極大値 $5 \sim 20 \times 10^7 \text{km}^3$ の中間的な値をしめす。

北の低地の最も低いところは北極盆地で、 $-5250\text{m}$ の高度である。ここから水がたまりはじめて水深 $500\text{m}$ ほどになったときに、ユートピア盆地にも水がたまり出し、水深約 $1000\text{m}$ になると両盆地の水はつながった。そして水位がほぼcontact2のレベルに達したとき、水の量は $1.4 \times 10^7 \text{km}^3$ 、平均水深は $560\text{m}$ になった。さらにcontact1の平均レベル（ $-1680\text{m}$ ）までたまつたとすれば、水の量は約 $9.6 \times 10^7 \text{km}^3$ になったはずである。

アウトフローチャネルの水は、クリュセ、アマゾニス、エリシウム各地から北の低地へ流れ込んだであろうが、個々のチャネルからの水量はまだきちんとはわかっていない。M.H. Carr (1996) の見積もりによれば、個々のチャネルの水量は約 $3 \times 10^5 \text{km}^3$ と考えられ、contact2のレベルまで水が満たされるためには、少なくとも40のチャネルからの流入が必要である。アウトフローチャネルの形成はある一時期だけでなく長い時代にわたっており、contact2の海岸線が、ヘスペリア代～アマゾン代のチャネルイベントの積み重ねによってできたとした場合でも、各チャネルでの何回もの、大量の水の放出があったと考えなければならない。大規模な海は、ヘ

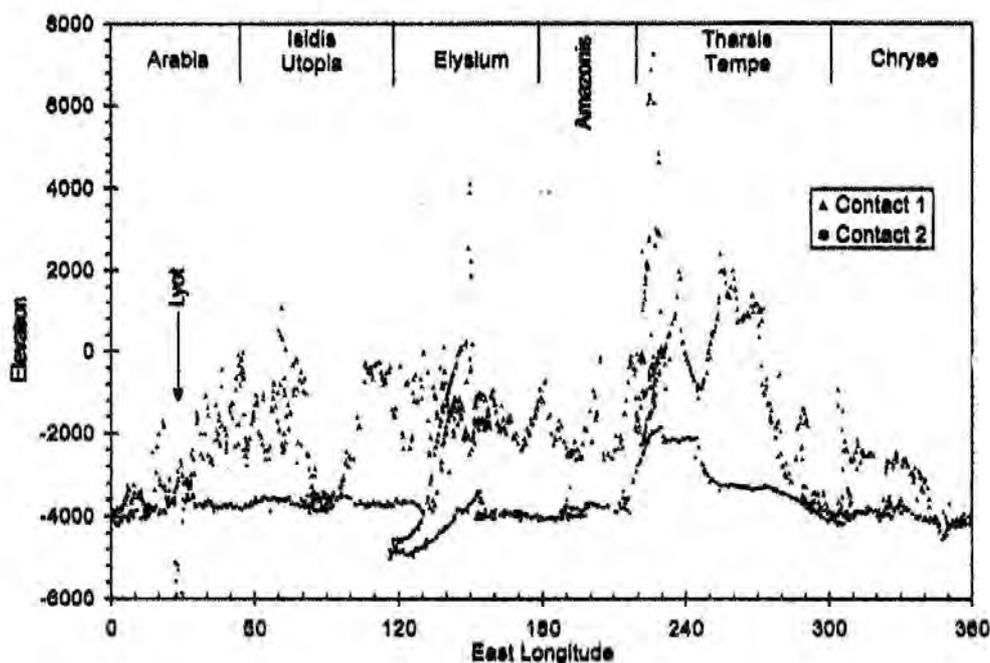


図2 Contact1（上）とContact2（下）の経度ごとの高度。Contact1のほうが高度のばらつきが大きい。

スペリア代の前のノアキス代から存在したとする考え (V.R. Baker ら, 1991 など) もある。

### 太古の海岸線をしめす地形

アウトフローチャネルは、海岸線のところで急に終わっている。このことに注目して著者たちは、クリュセ平原に流れ込む6つのチャネルの末端高度を調べた。それによると、末端高度はいろいろな理由によって一様ではないが、すべてのチャネルについて末端の平均高度は contact2 の平均高度の 60m 以内にある。このことから、アウトフローチャネルの形成期にはほぼ contact2 の位置にまで海が広がり、その海岸線を境に、水の作用は浸食優勢から堆積優勢に変化したことをしめしている。

海の縮小がいくつかの原因で一様でなかったならば、海岸線に平行に、波の浸食でつくられた段丘地形といった地面の傾斜の地形的変化や、もし水塊が氷結していたならば氷河の縁辺につくられるような地形が、段階的にできたであろう。このような例は実際に北極盆地やユートピア盆地で観察することができる。ここでは、傾斜地形の段階的変化が等高線に平行なしま模様として見え、contact2 の近くからその下方に広がっている。もっとも顕著な例の1つをユートピア平原南の断面図で見ると (図3)、海岸段丘状の地形が contact 2 の位置の近くと、さらにその下方にいくつかみられる。

北の低地の形成には、その歴史を通していろいろな作用 (火山、風、氷河など) が関与してきたが、それらは海の存在と深くつながっていたと考えられる。今回の MOLA データは、太古の火星の北半球に広大な海が存在したという仮説を支持するものである。

火星起源隕石や探査機の着陸地点におけるデータも、海の存在と関連させて解釈する必要があるだろう。バイキング1号と2号は contact2 のレベルよりも下の平原に、マーズパスファインダーは contact2 のすぐ近くに着陸した。そこで得られた表面物質の化学組成の特異さ (たとえば S と Cl 量の過剰、それらが硫酸塩鉱物や塩化物として存在する可能性) などは、この地域にかつて海が存在したと深く関係しているかもしれないのである。

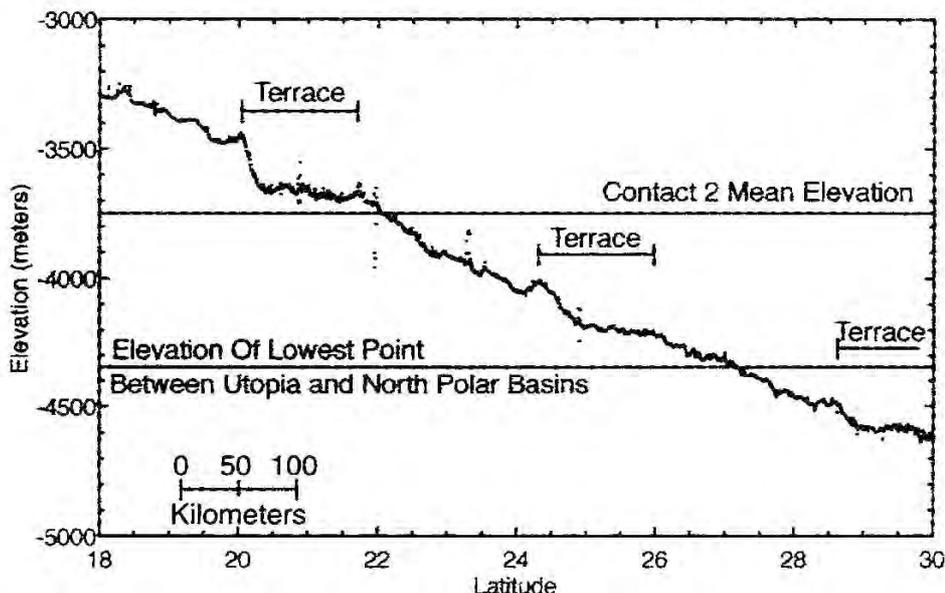


図3 ユートピア平原南方の MOLA による地形断面

### 〈紹介者付記〉

火星にかつて海が存在したらしいことは、かねてから惑星研究者の間で話題になっていたが、その証拠を、マーズグローバルサーベイヤーの新しい観測データもまじえて論じた興味深い報告である。ただ、この論文で海の存在の重要な証拠とされる、太古の海岸線をしめす海食崖や段丘状の地形は、その後の風化・浸食作用やテクトニックな変形によって判別がむずかしいところも多い。ここに紹介した Head らの考えに対して MGS のカメラを開発した Michael Malin や Kenneth Edgett は、火星の海に疑問を呈していると、「Nature」Vol.402, 452 (Dec.2, 1999) が報じている（くわしくは「Geophysical Research Letters」 1999年10月号に両名の論文がある由）。また、MGSの熱放射スペクトロメーターの観測によると、北半球の低地だけでなく火星面全体にわたって、あきらかな炭酸塩岩や蒸発岩のたぐいはまだ確かめられておらず、海があったとしてもその化学組成は地球の海とは異なっていたであろうとも、同誌はのべている（前述の火星表面土壌の化学組成の特異性とか、マーズバスファインダーの地表画像に炭酸塩らしい白い岩がみられることなどが気にかかるが）。いずれにしても、火星の海の証拠についてはいっそう綿密な探査が必要であろう。

(小森長生)

## 論文抄録

### 太古の火星生命の記録をもとめて

Farmer, J.D., and Des Marais, D.J., 1999, Exploring for a record of ancient Martian life. Jour. Geophys. Res., 104, E11, 26977-26995.

宇宙古生物学が直面する課題は、火星における化石記録探査の戦術を確立することである。微生物化石の保存はいく多の環境要因に大きく影響される。地層中に良好に保存されるためには、細粒の粘土質物質や化学的沈殿物に急速に埋没する必要がある。また長期保存にはその後の続成作用や変成作用などから母岩が守られなければならない。したがって母岩の構成鉱物は先カンブリア代の微化石を含む岩石のように、珪酸質の化学的に安定な鉱物相が望ましい。ただし火星と地球の性質の相違から、火星生命探査に地球の基準を適用するには、注意が必要になろう。（本誌 Vol.10, No.2, June 1998 に掲載した同じ著者の解説「宇宙古生物学と火星」の原著論文）

(K)

### 火星の原始気候のトレーサーとしての蒸発岩

Catling, D.C., 1999, A chemical model for evaporites on early Mars: Possible sedimentary tracers of the early climate and implications for exploration. Jour. Geophys. Res., 104, E7, 16453-16469.

火星は原始時代に濃い CO<sub>2</sub> 大気をもち、その温室効果によって表面に液体の水を保持していた。太古の湖盆に堆積した物質は、シリカ (SiO<sub>2</sub>) とともに、シデライト (菱鉄鉱 FeCO<sub>3</sub>) が重要な成分だった。これらの物質は水の蒸発と流入のくり返しによって、湖底に細かい縞状堆積物 (varve) を形成したであろう。シリカやシデライトにつづいて、マグネサイト (菱苦土鉱 MgCO<sub>3</sub>)、水苦土石 Mg<sub>5</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O、石こう (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)、岩塩 (NaCl) などいろいろな炭酸塩も順次沈殿したと考えられる。これら各種の炭酸塩は火星表面ではかくされていて見つけにくい、堆積盆地内の衝突クレーターの放出物の分析が解明の1つの鍵になるだろう。

(K)

## 書籍紹介

### 外部惑星の衛星

Rothery, D.A., 1999, *Satellites of the Outer Planets — Worlds in their own right*, 2nd edition. Oxford University Press, 242pp., 25.4×19.0×1.4cm, 7600 円 (洋書店で購入) (ISBN0-19-512555-X)

近年の太陽系探査の成果の大きな特徴の1つは、惑星本体だけでなく、衛星をはじめとする小天体の情報が大変豊富になってきたことである。20年前には衛星について1冊の本が出るなど考えられなかっただろう。本書の初版はすでに1992年に刊行されたが、そのときの内容はボイジャー探査の結果がもとになっていた。今回新たに出た第2版では、ガリレオ探査機の成果が加わって、いっそう up-to-date なものになった。

本書の主題は木星以遠の惑星の衛星である。最初に衛星の一般的な概論や探査の歴史がのべられたあと、衛星の活動の歴史的段階の相違にもとづいて、Dead Worlds, Recently Active Worlds, Active Worlds などの章に分けて、個々の衛星の特徴や進化のちがいがたどられる。この章だてをみてもわかるように本書の内容は衛星の地質学が土台になっている。著者はイギリスの Open University (日本の放送大学にあたる) の講師をつとめる火山学者・惑星科学者で、著者の専門がよく生かされている。

外部惑星の多数の衛星には、共通性もある反面、それぞれにユニークな個性がある。そうした多彩な衛星たちの姿を知るには便利な本である。 (K)

### 惑星科学のデータブック

Lodders, K., and Fegley Jr., B., 1998, *The Planetary Scientist's Companion*. Oxford University Press., 371pp, 20.8×13.9×1.8cm, \$34 (ISBN0-19-511694-1)

惑星探査の発展や宇宙科学の急速な進歩によって、太陽系に関する新データが急増している。また既存のデータで新しく改訂されつつあるものも多い。これらを原典にあたっていちいち調べるとなると、多くの時間と労力がある。そこで1冊にまとめたデータ集があると有り難いと思っていたところ、たいへん便利で有用な書物が出版された。

本書は、太陽、各惑星、衛星、環、小惑星、彗星、隕石など太陽系のほとんどすべての天体について、軌道要素、物理量、化学的性質、大気組成、クレーターのリスト、などといったぐあいに、さまざまなデータをそつなく収めている。各データには出典が明記されているので信頼性があるうえに、原典に立ち入って調べることも可能である。また各章の初めには該当する天体の簡潔な解説があって、無味乾燥な資料集におわっていないのもよい。

もう1つの特色は、冒頭の第1章に Technical Data と題して、基本的な単位や定数、数式、原子量、元素や化合物の性質など、惑星科学を理解するための基本事項がまとめられていることである。まさに題名の"惑星科学者の友"のとおりである。日本では『理科年表』や『天文年鑑』がよく利用されているが、これでは間に合わないことも多いので、本書を座右の友としておすすめしたい。今後毎年とまではいわなくとも適宜改訂版が出されることを望みたい。なお著者の K.Lodders は senior research scientist、B.Fegley はワシントン大学の惑星科学教授。 (K)

---

## ホームページ紹介

---

情報収集の手段としてインターネットのホームページ（HP）は、情報の新鮮さ、アクセスの容易さという点で、もはや無視することのできない大きな存在となっている。今回は日米の月に関する優れたホームページを3つ紹介しよう。

●ふたたび月へ <http://moon.nasda.go.jp/>

宇宙開発事業団の外郭団体（財）日本宇宙フォーラムによるもので、内容は月の科学、月探査機、月の本から、月に関する俳句まで募集してしまうという元気なHPである。日本の月関連のHPの中では、内容の豊富さ、情報の確かさで圧倒的に優れている。このHPの良いところは日本語で書かれていることである。また受け身で眺めるだけでなく、クイズ形式などのインタラクティブな内容も含まれているので、小学校高学年以上ならば、楽しみながら月を学ぶことができる。読者のなかで教師の方がいらっしゃるならば、授業の一環として利用することも考えられるだろう。例のハッカーさわぎで、一時休止していたが3月7日から再開された。しかしハッカー監視のため、平日の午前9時～午後9時しか見ることができないのが残念である。

●Exploring The Moon <http://www.space.edu./moon>

惑星地質学者のチャールズ・ウッド氏のHP。ウッド氏は、スカイアンドテレスコープ誌に月観測ガイドを連載中で、熱心な月観測者でもある。いくつかの内容があるが、特に紀元前から現在にいたるまでの月観測・探査の年代記が充実している。観測者、本、月面スケッチ、探査機などが多数の写真を使って紹介されている。ハーシェルや月火山観測記やプラトーの異常現象などのTLPなども取り上げている。アマチュアの遊び心をもったHPで、時間のあるときにゆっくり眺めるのに適している。

●Exploring THE MOON <http://cass.jsc.nasa.gov/moon.html>

ウッド氏のHPと同名だが、こちらはNASAの月惑星研究所のもの。当然のことながらアメリカの月探査機とその成果が詳しい。すでに印刷物などで利用されたと思われる情報が多数含まれるが、このHP全体の情報量の膨大さには圧倒される。

アメリカの探査機については、それぞれの探査機に搭載された観測機器の目的、機器の詳細、観測結果などが記載されている。さらに詳細な結果についてはNSSDCのカatalog番号がついているので、必要な人が注文するための情報が満載されており、このホームページ全体が国立宇宙科学データセンター（NSSDC）のカatalogの役割も果たしている。アポロの写真等も多数掲載されているが、出色はルナーオービターの写真アトラスである。1000近くの地名リスト、地名検索、緯度・経度等から、目的のルナーオービターの写真にたどりつける。写真は主に4号の望遠カメラ（Hフレーム）の細長い画像を3分割したものである。数百mの分解能があり、1枚の写真が数百キロの範囲をカバーし、約1MBの情報量をもっている。研究者でも地形の概略をとらえるには十分な画質をもち、さらに詳細を調べるならばこの写真をインデックスとしてNSSDCにプリントを注文することができる。

（白尾元理）

## INFORMATION

### ●バレンタインにほほえむエロス

本誌 Vol.11, No.2 (June 1999) のこの欄で予告したとおり、NEAR 探査機が今年 2 月 14 日のバレンタインデーに、433 番小惑星エロスとの再会に首尾よく成功した。2 月 14 日 NEAR はエロスとの相対速度を 10m/s から 1m/s に落とし、エロス周回軌道に乗った。計算された軌道は、近点高度 327±49km、遠点高度 450±67km、周期 27.6±0.5 日（誤差はエロスの正確な質量の見積もりが未確定なため）である。この軌道は以後いく度か修正され、4 月 1 日には高度 100km、その 10 日後には 50km にまで下げられる予定。さらにうまくいけば、最も興味深い地点の上空 500m にまで近づき、最終的には表面に着陸する。観測は今後 1 年にわたってつづけられる。

エロス (Eros、ギリシャ神話の愛の女神に由来、ローマ神話の Cupid にあたる) は、直径 33×13×13km、平均密度 2.4g/cm<sup>3</sup>。今回得られた新しい鮮明な画像を見ると、まるでピーナツの殻のようなまみをもった細長い形をしている。小クレーターがかなり認められ、最大のもので直径 6km ある。奇妙なハート型のクレーターも見つかった (バレンタインデーにふさわしい、いやできすぎた話というべきか)。長軸方向にはしる平行な細い溝もみられる。探査の詳細は追って紹介する予定。 (K)

### ●ガリレオ探査機、イオに溶岩噴泉を発見

昨年 11 月 25 日、ガリレオ探査機は木星の衛星イオに活動中の溶岩噴泉を発見した。ガリレオ探査機は、これまでも活動中の溶岩湖や溶岩流は観測していたが、活動中の溶岩噴泉の観測は今回が初めて。溶岩噴泉はイオ北極地域にあり、長さ 25km の割れ目から高さ 1.5km の高温の溶岩を噴き上げていた。この溶岩噴泉は、稲妻を铸造するとされるヒンズー教の太陽神にちなんでトバシュタル (Tvashtar) と名づけられた。トバシュタルは、ガリレオ探査機の SSI カメラがイオとの距離 17000km (分解能 185 m) から斜め方向に撮像したために発見されたものである。トバシュタルの噴火は、3 時間後、ハワイ島マウナケアの赤外線望遠鏡施設 (ITF) によっても、イオの縁に輝く斑点として観測されている。

ガリレオの SSI カメラと近赤外線マッピングスペクトロメーターの観測を合わせて判断すると、トバシュタルの温度は測定できる上限の 1250K を越えており、おそらく 1600K に近いのではないかと考えられる。この高温は硫黄ではなく、シリケイトマグマによる火山活動であることを示している。地球上の溶岩噴泉としてはハワイ島のものが有名であるが、数年～十数年に 1 回、数時間程度しか続かない噴火現象で、噴泉の高さも最大 300 m 程度しかない。今回のイオの溶岩噴泉発見がどの程度の偶然なのかは不明だが、イオの火山活動は太陽系でもっとも激しいことは間違いなさそうである。(NASA の Galileo ホームページ <http://www.jpl.nasa.gov/galileo/> などから) (S)

### ●地球惑星科学関連学会 2000 年合同大会のお知らせ

会 期：6 月 25 日 (日) ~ 28 日 (水)

場 所：国立オリンピック記念青少年総合センター

太陽系科学、惑星科学、金星探査の科学、衝突などのセッションが予定されています。詳しくは大会ホームページ <http://mc-net.jtbcom.co.jp/earth2000/> を参照してください。またこの大会の会期後半に重複して American Geophysical Union 主催の 2000 Western Pacific Geophysics Meeting が 6 月 27 日 (火) ~ 30 日 (金) に同一会場で開催されます。 <http://www.agu.org/> を参照してください。

**編集後記：**新しいミレニアムの門出となる年の最初の号をおとどけます。本号では近年進歩のいちじるしい惑星画像の手引きを、寺蘭・斉藤両氏にお願いしました。お役に立つならば幸いです。前号で新しい年度の会費をお願いしたところ、さっそく多くの方からご協力をいただきました。ご厚意にそむかぬようこれからもがんばりたいと思います。 (K)