惑星地質ニュース

PLANETARY GEOLOGY NEWS
Vol.2 No.4 Dec. 1990

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

次はマーズ・オブザーバー

白尾　元理　Motomaro SHIRAO

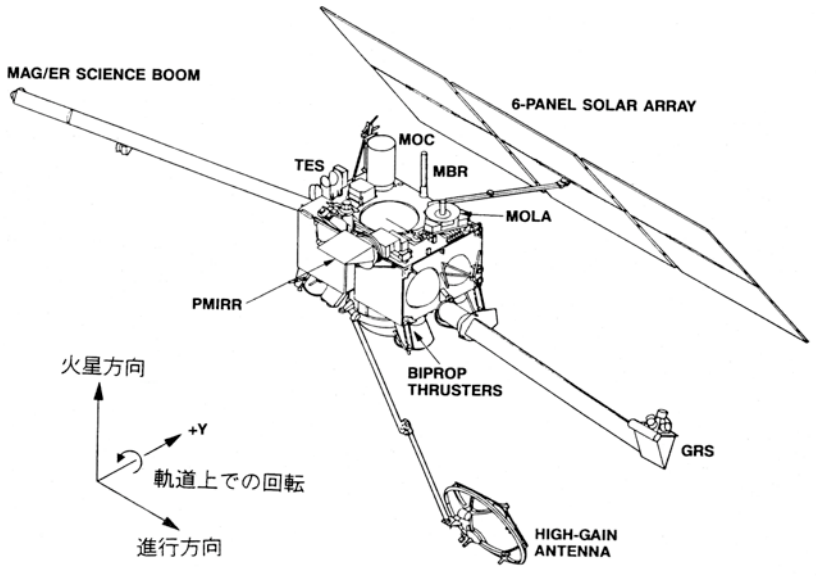
マゼランは 1990 年 8 月に金星周回軌道に入り、レーダマッピングを続けているが、アメリカで計画されている次の惑星探査は火星へのマーズ・オブザーバーである。この探査機は、NASA の中規模の内惑星探査計画 Planetary Observer シリーズの 1 号機で、2〜3 年間隔で打ち上げが予定されている。2 号機は月へのルナ・オブザーバーが有力であるが、まだ予算が認められていないので、ルナ・オブザーバーの打ち上げは早くとも 1997 年以降となる。

マーズ・オブザーバーは、1992 年 9 月にタイタンⅢロケットで打ち上げられ 11 か月あまりの飛行後、1993 年 8 月に火星周回軌道に入り、同年 12 月から本格的なマッピングを開始する。探査機の打ち上げ時の重量は 2100kg、火星軌道上では 550kg となる。この重量はマリナー9 号（565kg）とほぼ同じで、バイキング軌道船（883kg）の約 3 分の 2 である。

マーズ・オブザーバーの外観は下図のようになっている。主な搭載機器を説明しよう。

①γ線スペクトロメーター　Gamma Ray Spectrometer and Neutron Detector（GRS）：ブームの先端に取りつけられている。原理は、天然の放射能および宇宙線との相互作用によって励起されるγ線を測定する。具体的には火星表面の H, O, Mg, Al, Si, C, Ca, K, Fe, Th, U などの存在量を解像力数百 km で測定し、表面の化学組成を決定する。

②カメラ　Mars Observer Camera（MOC）：焦点距離 3.5m、F 10、視野 0.4°、解像力 1.4m の望遠カメラと焦点距離 11.3mm、F 6.5、視野 140°、解像力 300m の広角カメラから構成される。広角カメラでは火星の大気（雲など）や気候と関連した表面変化を時間単位でモニターする。望遠カメラでは表面と大気の相互作用や地質的な営力について調べる。



マーズ・オブザーバーの構造

③熱放射スペクトロメーター　Thermnal Emission Spectrometer (TES): 6.25〜50 μ波長域のマイケルソン干渉計による熱赤外放射スペクトルを計測し、火星表面の鉱物・氷や大気中のチリや凝縮した雲の組成などを調べる。解像力は3km。

④熱赤外放射計　Pressure Modulator Infrared Radiometer (PMIRR): 火星表面や大気中から放射される9バンドの放射エネルギーを測定して、表面から高度80kmまで温度を測定し、3次元的な大気の温度構造を調べる。

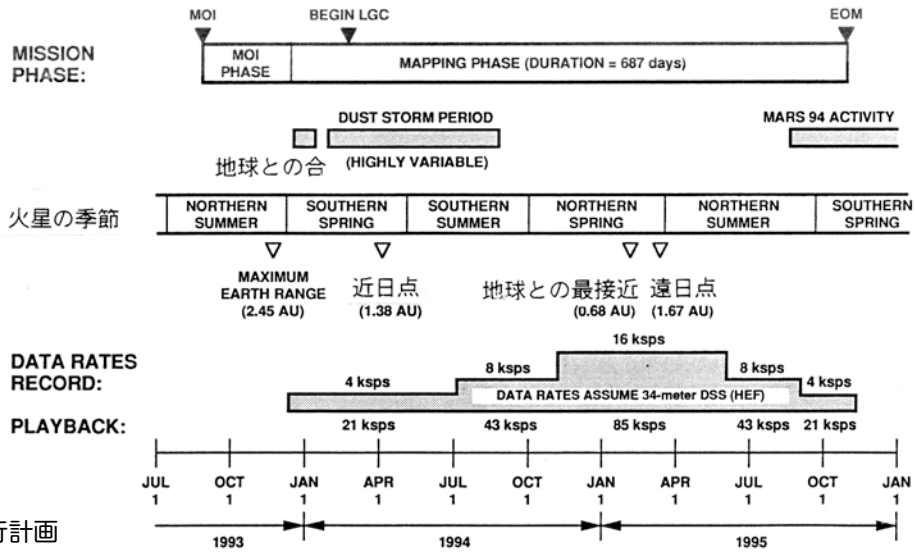
⑤高度計　Mars Observer Laser Altimeter (MOLA): ネオジウムを使うYAGレーザー（波長1.06 μ）を毎秒10回発信し、火星表面からの反射を50cmアンテナで受信することによって、表面高度を2mの精度で測定する。

⑥磁力計　Magnetometer and Electron Reflectometer (MAG/ER): 長さ6mのブームによって本体と隔離され、2つの3軸フラックスゲート磁力計によって火星本体と周囲の磁場を調べる。またElectron Reflectometerは、太陽風と火星プラズマの相互作用を調べる。

⑦気球リレー　Mars Balloon Reley (MBR): このラジオシステムは、フランス宇宙機構 (CNES) から供与され、1995年後半に火星に到着するソ連のMars94の着陸船と気球のリレーテレメトリーとして使用される。

上記の観測機器のうちバイキングに搭載されていたのは②・③・④で、残りは実質的には今回初めて火星に向かう観測機器である。バイキングが地形から地質の推定をしていたのに対して、マーズ・オブザーバーは直接表面の化学組成データを収集する。また大気の観測機器も充実し、火星の気象観測衛星と呼べる内容をもっている。

マーズ・オブザーバーの高度は北極上空で376km、南極上空で430km、地方時午前／午後2時に通過する周期117分の太陽同期軌道をとる。26日ごとに赤道直下で58.6km離れた地点を走査することになり、最終的には赤道直下で3.1km間隔でカバーできることになる。飛行スケジュールは下図の通りで、砂嵐の発生時期の開始前にひと通りの概査を済ませ、その後、1火星年にわたってデータを送ってくる。



マーズ・オブザーバーの飛行計画

論文紹介

工業用硫黄流のふるまい：地球からイオへ

Greeley, R., Lee, S. W., Crown, D. A., and Lancaster, N., 1990: Observations of Industrial Sulfur Flows: Implications for Io. Icarus, 84, 374-402.

この論文は、地球上の工業用硫黄の流動を観察し、それが木星の衛星イオの硫黄流を解釈する上でどう応用できるかを検討したものである。

地球上では、天然の硫黄流が日本の知床硫黄山、ハワイのマウナロア山など数か所で知られている。これらの火山から噴出する硫黄流は、長さ数ｍから1400m以上、幅数十cmから25m、厚さ数cmから数ｍのレインジにわたり、固化したものはさまざまな溶岩流に似た形態と表面組織を示す。

一方、ある種の石灰岩や岩塩ドームに随伴する硫黄鉱床も知られている。このような硫黄層は、井戸を掘って過熱水（～165℃）を送りこみ、それによって溶けた硫黄をくみ出し、大型バットなどに注いで蓄え、工業用に利用する。バット内の硫黄流は、噴出レート、温度、流出継続時間、体積等がわかるので、1つの実験とみなすことができる。

温度130℃、純度99.6％の液体硫黄は7.5m^3/分の割合でバットに注がれる（これは知床硫黄山でみられる噴出レートの半分である）。1回分の流出量は約250m^3で、直径100mのバット内で冷却されると6～10cmの厚さになる。この過程が1日数回くり返され、硫黄流は順次積み重なっていく。

硫黄流はチャネルやその両側に自然堤防を作りながら耳たぶ状に広がり、先端部では鳥足状のデルタを形成したりする。その様子は粘性の低い玄武岩質溶岩流と似ている。冷却とともに表面にはクラストができるが、それは内部へ向かう針状結晶の成長で厚くなる。また冷却で表面にクラックも発達する。硫黄流がバット内にたまった雨水中に流れこむと急速に落下し、鍾乳石やビーズ玉状の形態を作る。

冷却・固化につれて硫黄の結晶構造が変わるため、色の変化も進行する。室内実験では、純粋な液体硫黄は180℃以上で暗赤色、160℃以下でオレンジ色～黄色であるが、工業用硫黄は固化温度の約90℃まで暗赤色である。この相違は、工業用硫黄が0.04％の不純物（0.035％の炭素と0.002％の灰分）を含むためで、とくに有機ポリサルファイドが形成されると、室温でも褐色の固体硫黄ができる。また、硫黄流の表面に放射冷却でできたクラストは、有効な絶縁体となって内部の液体硫黄が保護され、予想以上の長距離を流動する。同様の現象は地球上の珪酸塩溶岩流にもみられ、野外で大規模な溶岩流ができる原因を考える上で役立つ。

以上の観察から、液体硫黄の色と温度の関係、レオロジカルな性質などは、少量の不純物の存在に大きく影響され、硫黄のふるまいの複雑さを示している。イオ表面の大規模な硫黄流（それは工業用硫黄流の規模よりはるかに大きい）の形成を議論するためには、工業用硫黄流の観察が大いに参考になるが、イオ表面の自然環境と諸条件を考えると、直接的類推はまだできないだろう。はっきりした結論を出すまでには、今後の検討が必要である。　（小森長生）

論文抄録

アルバパテラにおける火山噴出物流の発達

Cattermole, P., 1990: Volcanic Flow Development at Alba Patera, Mars. Icarus, 83, 453-493.

火星のアルバパテラは、ヘスペリア代からアマゾン代にかけて噴出した火星最大の火山噴出物流を伴っている。これらの観察から、火星の集中的火山活動期の初期に、地球の年間熱損失を上まわる急速で膨大な惑星の熱損失が何度もあったことがわかる。 (K)

火星のタルシス地域における最近の水放出

Mouginis-Mark, P. J., 1990: Recent Water Release in the Tharsis Region of Mars. Icarus, 84, 362-373.

タルシス北西部のオリンパス山の麓とセラニウス・フォッサの西には、流水でできたと思われる多くのチャネルがある。これらの形成は深部地下水のテクトニックな放出によるらしい。チャネルは最も若い溶岩流の中に刻まれていることから、その形成は新しい時代（1by以下）のことだと思われる。 (K)

マリネリス峡谷の若い火山堆積物

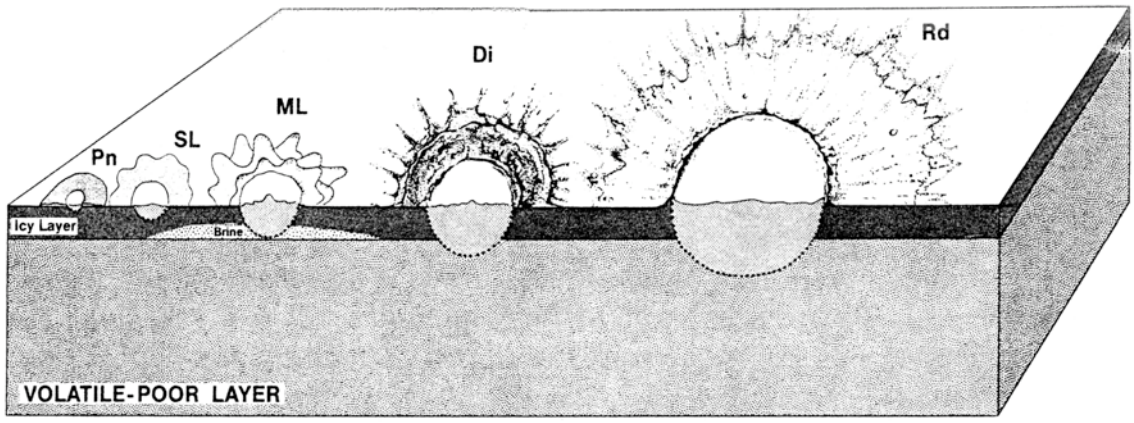
Lucchitta, B. K., 1990: Young Volcanic Deposits in the Valles Marineris, Mars? Icarus, 86, 476-509.

火星のマリネリス峡谷底には、①断層にそう暗いパッチ状堆積物、②クレーターに伴う明るい堆積物、③明るい耳たぶ状フロントをもつ凹凸のある堆積物などがある。これらは火山起源と考えられ、峡谷のリフティングに関係した若い火山活動があったにちがいない。 (K)

火星の衝突クレーター：放出物と内部形態の対比

Barlow, N. G., 1990: Martian Impact Craters: Correlations of Ejecta and Interior Morphologies with Diameter, Latitude, and Terrain. Icarus, 87, 156-179.

火星全面の直径8km以上のクレーター3819個について、形態と直径、分布の関係を調べたところ、放出物と内部形態の変化は直径の増大に対応していることがわかった。とくに畳壁クレーターや中心ピットクレーターなどのユニークな形態は、地下の揮発成分の存在によることを示している（下図参照）。(K)



地下の揮発性成分と放出物の形の関係を示す模式図：掘り返しが氷を含む層だけのときはパンケーキ状（Pn）や単一の花びら状（SL）の、塩類層が氷の下にあるときは複合花びら状（ML）の、さらにその下の揮発性成分の少ない層に達したときは放射状（Rd）の各放出物ができる。DiはMLとRdの中間型。

金星イシュタル高地北西の火山作用

Gaddis, L. R., and Greeley, R., 1990: Volcanism in Northwest Ishtar Terra, Venus. Icarus, 87, 327-338.

イシュタル高地北西部（74°N，313°E）付近のベネラ 15・16 号画像と地形のデータから、アクナ山とフレイア山の交差する地域は、複合火山地帯であることがわかった。地形の特徴からみると、この地域の火山はまだ若い発達段階にあるようにみえる。(K)

金星のコロナ：形態・分類・分布

Pronin, A. A., and Stofan, E. R., 1990: Coronae on Venus: Morphology, Classification, and Distribution. Icarus, 87, 452-474.

ベネラ 15・16 号のレーダー画像で金星表面に発見された、コロナおよびコロナ様環状構造の形態と分類、分布などを総括した論文。前号で紹介したムネモシネ地域のコロナについての論文と合わせて、今までに明らかになった金星コロナの全体像を知ることができる。(K)

書籍紹介

惑星の地図作製

Greeley, R. and Batson, R. M. (eds.), 1990: Planetary Mapping. Cambridge Univ. Press, 296pp, 286×225×23mm.

本書は Cambridge Planetary Science Series の 6 冊目である。このシリーズは判型もまちまちで、とくに全体として統一された企画ではなく、惑星科学を扱ったシリーズということだろう。編集者は、アリゾナ州立大学の惑星地質学教授と US 地質調査所の研究者で、Greeley は Planetary Landscape などのわかりやすい本作りで定評がある。各章はそれぞれの領域で実務にあたっているリーダー的な執筆者によって書かれている。

1989 年のボイジャー海王星通過で、私たちは 8 つの惑星と 30 以上の衛星・彗星の表面を少なくとも部分的には見ることができるようになった。それらの天体は、直径数 km 以下の天体から数万 km 以上にもわたるし、データの解像力や手段（可視光、レーダなど）もさまざまである。私たちはこれらの情報を、写真や地形図、地質図、CD、LD などさまざまなメディアを通して得ることができるが、あまりにも大量かつ多岐に広がったために、簡単には近寄り難い状況になってしまった。デジタル化が進んだために、1 枚の写真を眺めるにも、その背景には何が強調され、何が省略され、どのような投影法によっているかなどをよく理解していないと正しく判読するのはますます難しい状況になってきている。そのような状況の現在、本書の出版はグッドタイミングといえる。

本書は、タイトルのように惑星表面の地図作りを解説したもので以下の 6 章からなる。Ⅰはじめに、Ⅱ惑星地図学の歴史、Ⅲ地図学、Ⅳ惑星地形の命名法、Ⅴ測地学的なコントロール、Ⅵ地形図の製作、Ⅶ地質図の製作（付録：惑星の地図のフォーマットと投影法、惑星地図の網版プロセス、デジタルの惑星地図学）。

Ⅱ章は、17 世紀初頭の望遠鏡による月や火星の観測からはじまる地図作りの歴史を解説してい

る。とくに地上からの望遠鏡観測による地図作りが細かく解説されており、天文ファンには興味深い。IV章では、さまざまな天体の地名の命名法が解説されている。探査された天体がこれだけ増えると命名にも困ったらしく、科学者のみならず音楽家・小説家が、 ギリシャ・ローマ神話のみならず北欧・アラスカ・パタゴニア神話が、はてには小説の登場人物の名前まで採用されている。II・IV葦は、むしろ読み物として面白い。

V章～VII章と付録は、さまざまな地図がどのように製作されたかという過程が解説されている。しかしこれらの章を読んで惑星の地図が作れるわけではなく、ねらいは製作された地図の情報をいかに正しく解読できるようになるかということである。全体を通読するのも悪くないが、各章が独立しているので必要な章だけを読むのもよい。惑星の地図や画像で不明な点で出くわした時、この本が手もとにあると参照するのに非常に便利な一冊といえる。 (白尾元理)

惑星地質に関するソ連の本

最近ソ連から惑星地質に関係する興味深い本がいくつか出版されている。筆者の目にとまったものを以下にご紹介する。

Барсуков, В. Л., 1989: Планета Венера--атмосфера, поверхность, внутреннее строение. Наука (Москва), 482p. 248×175×25mm.

〈バルスコフ, V. L.: 惑星金星－－大気・表面・内部構造. ナウカ出版所（モスクワ）〉

ベネラ15・16号までのソ連の金星探査の成果の集大成。初めて作成された北半球の地質図をもとに、金星の地質学的進化のシナリオがたどられる。金星大気についても、大気圏の化学的作用、岩圏との相互作用とともに系統的に述べられている。ソ連の金星研究の現状を知るためには好都合である。

Кондратьев, К. Я., 1990: Планета Марс. Гидрометеоиздат (Ленинград), 368p. 220×150×22mm

〈コンドラチェフ, K. Ya.: 惑星火星. 水理気象出版所（レニングラード）〉

本書の主題は火星の大気と気象学であるが、表面の地形、大気の浸食作用などについてものべられ、最後の章で比較惑星気象学を論じている。

Брюханова, В. Н., Межеловского, Н. В. (編), 1987: Космо-Геология СССР. Недра (Москва), 240p. 265×178×14mm.

〈ブリュハノワ, V. N., メジュロフスカバ, N. V. (編): ソ連の宇宙地質学. ネドラ出版所（モスクワ）〉

衛星による250万分の1ソ連邦衛星地図の製作とその解析結果、とくに特徴的な地形や地質構造を記述（ソ連ではこの分野を“宇宙地質学”と称している)。

Кац, Я. Г., Тевелев, А. В., Полетаев, А. И., 1988: Основы Космической Геологии. Недра (Москва), 236p. 220×150×19mm.

〈カツ, Ya. G., チェベリェフ, A. V., ポリェタエフ, A. I.: 宇宙地質学の基礎, ネドラ出版所（モスクワ)〉

衛星写真による地球観測の方法、宇宙からの情報の地質学的解析、鉱物資源の探査などが、豊富な具体例とともにのべられている。

Долгов, Ю. А. (編), 1988: Актуалъные Вопросы Метеоритикив Сибири. Наука (Новосибирск), 252p. 222×150×18mm.

〈ドルゴフ，Yu. A.（編）：シベリアにおける隕石学の当面の諸問題．ナウカ出版所（ノボシビルスク〉

科学アカデミーシベリア支所編集の論文集。ツングース隕石の最近の研究報告が中心であるが、一緒に収められているベトナムのテクタイトの論文は興味深い。地層の断面図とともに産出層準がきちんと記載されている。こういう論文をみるのは初めてである。

Лучицкий, И. В., 1988: Вопросы Палеовулканологии. Наука (Москва), 232p. 221×155×15mm.

〈ルチツキー, I. V.: 古火山学の諸問題．ナウカ出版所（モスクワ）〉

構造地質学とシベリアの地域地質を長年研究してきた著者が各所に発表したものを集めた論文集。地球史における火山活動、火山形態の進化がテーマとなっている。「古火山学」を正面きって掲げた本も初めてであろう。

以上の各書物の面白そうな部分は本誌上でも紹介していきたいと思う。どなたかロシア語の得意な方は手伝っていただけませんか。　（小森長生）

惑星地質用語（2）

corona（コロナ）：ラテン語の「冠」に語源をもち、皆既日食のときにみられる太陽大気最外縁の高温・希薄なガスをさす言葉として従来使われてきたが、惑星地質学では、大規模な環状構造をさす地形用語として用いられる。典型的なものは金星表面にみられ、外縁部が同心円状のリッジの束で囲まれ、内部は溶岩流状のものでおおわれている。ベネラ 15・16 号の高解像度画像で確認され、V. L. Barsukov ら（1984）によって記載された。金星の北半球で現在 21 個（直径 150〜600km）が知られている。成因は、マントルプリュームの上昇による構造運動にあると考える人が多い。corona（複数形 coronae または coronas）の名は国際天文学連合（IAU）で公認されたが、ソ連の学者には ovoid（オボイド、卵形の意）を使う人もいる（本誌 Vol. 2、No. 3 論文紹介参照)。　（K）

tessera（テッセラ）：　金星の Ishtar 高地の東部やその周辺に広がる、リッジと溝が複雑に織りなす地帯をいう。ベネラ 15・16 号のレーダー画像ではじめて認められた。最初は parquet（パーケイ、寄木細工の床の意）とよばれたが、現在では tessera（複数形 tesserae、ギリシャ語でモザイク用のタイルを意味する）が公式に使われている。この地帯は、リッジや溝が交差したりぶつかりあい、また雁行状配列などもあってきわめて複雑である。このような特徴は、地球上でみられる大規模な地滑りや、氷河の運動等による地形の変形に似ていると、A. T. Bazilevsky（1989）はのべている。　（K）

Sun-synchronus orbit(**太陽同期軌道**)： 人工衛星の軌道で、同一地方時に同じ緯度の上空を通過する軌道。太陽高度が一定なので、太陽高度を重視する観測（たとえば地形の判読）などには都合がよい。いっぽう天体が1回自転したとき、同じ地点の上空を同一方向から通過する軌道を回帰軌道と呼び、偵察衛星などには都合がよい。搭載センサーの操作幅が狭いときには、数日後に同じ地点の上空を通過するような軌道にするとよい。このような軌道を準回帰軌道という。太陽同期と準回帰の両方の条件を満たした軌道を太陽同期準回帰軌道と呼び、ランドサットの軌道はその例。 （S）

INFORMATION

●SUDBURY 1992：Intern'l Conf. on Large Meteorite Inpacts and Planetary Evolution

巨大衝突とその惑星発達史への影響を話題としたミーティングがカナダのサドベリーで開催されます。興味のある方は、下記住所へお問い合わせください。なおサドベリー隕石孔については、岩波講座地球科学9巻（地質構造の形成）123〜135ページに解説があります。

期 日：1992年8月31日〜9月2日
会 場：Sudbury, Ontario, Canada
主 催：Ontario Geological Survey, Lunar and Planetary Institute
連絡先：Sudbery 1992, c/o B. Dressler, Ontario Geological Survey, 77 Grenville St., Toronto, Ontario. Canada M7A 1W4 Tel:(416)9965-4817 Fax:(416)324-4933

●日本火山学会に月・惑星火山WGが発足

1990年11月5日、軽井沢で開かれた日本火山学会の評議員会で、月・惑星火山ワーキンググループが正式に承認され、発足することになりました。翌6日12時30分〜13時と20時〜22時に初めての会合があり、今後の活動方針について話し合いが行われました。参加者は28名でした。

次回の会合は、1991年4月2〜4日の火山学会大会前後に会場（八王子）近くで半日の日程で開催されます。惑星火山のレビュー、CD画像やステレオ写真のデモが予定されています。世話人は藤井直之（神戸大）・白尾元理・早川由紀夫（都立大）の3名です。

編集後記：いよいよ今年もあと数日を残すだけとなりました。8月に金星周回軌道に入ったマゼランも、決して順調とはいえませんが、解像力200m程度のすさまじい画像を送ってきています。いままでの金星の画像ではつなぎ目があったり、白黒の濃淡が目立った望遠鏡でみた火星の模様のようでしたが、今回のマゼランの画像は、まさしく金星の地形をとらえたものでした。JPLでの画像の合成や鳥瞰画像の作成が素早いのにも驚かされます。来年が楽しみです。それでは良い年をお迎えください。 （S）