

# 火星の地質学

②

小森長生

## 4. 火星地理のあらまし

火星を望遠鏡で観察すると いろいろな模様がみえる。大別すると 全表面の5分の2くらいが暗色部であとの部分が明るい赤橙色にかがやく部分である。

過去100年以上にわたって 多くの観測家これらの模様を精力的に観察し 詳しく分類し 火星面の地図をつくりあげてきた。これらの分類や模様の命名法は 今日のみからみればかなり問題が多いが ここではまず 先人の努力に敬意を表して それにもとづいて火星の地理をながめ 追って問題点を検討していくという方式をとりたいと思う。

火星の表面模様の分類は スキアパレリによる有名な詳しいものがあり 多くのばあいそれが用いられるが ここには スキアパレリのものを基本とし 海老沢嗣郎氏が解説したものをかかげることにしよう。

### 暗色模様 (南半球に多い)

1. 海 (Mare)……緑色暗斑の中で最も濃く かつ大きくひろがった部分をいい 望遠鏡でみると美しい
  2. 湖 (Lacus)……海と同じようにきわめて濃い模様であるが 砂漠の中に孤立していて 海よりも小さいもの
  3. 森 (Lucus) } いずれも上の湖よりもっと小さく と
  4. 泉 (Fons) } ……くに運河の交差点に多くみられるもの
  5. 沼 (Palus) } 形は円形に近い
  6. 湾 (Sinus)……海の一部が砂漠地帯にむかって突出しているばあい
  7. 港 (Portus) ……上の湾の一部がさらにすどく突出しているもの
  8. 海峡 (Fretum) ……海のとくに狭くなった部分。
  9. 斑点 (Nodus) } いずれも湖と同じようなもの
  10. 三叉路 (Trivium) } ……が 数は少ない。
  11. 凹地 (Depressio)……海岸部の中にあり とくに濃くなっている部分
- その他

### 明るく輝やいて見える部分 (北半球に多い)

1. 地方 (Regio) ……いわゆる砂漠地帯の大部分をしめていて いくつかに分けられている
2. 岬 (Promontorium) ……港や湾とは反対に 海に向かって突出している明るい部分をさす
3. 大陸 (Continens) ……南半球の中緯度から高緯度にかけて 海洋部の中に散在する円形の明るい部分をいい ぼっかりと空洞のように輝やいて見える
4. 山 (Mons) ……極地付近の海の中に 白く光って見える小地域

5. 雪原 (Nix) ……前記“地方”の一部がとくに明るく輝やいて見えることがあり この区域をとくに雪原とよぶ
6. 島 (Insula) ……海の中にある やや明るい小区域をいう
7. 橋 (Pons) ……海・湖などの暗色部をよこ切って 明るい地方どうしをつないでいる狭い白色部分をいう 海峡とは逆のもの

### 運河 (Canalis) (北半球に多い)

砂漠地帯を網の目のように走っている線 または帯状の細長い模様のこと。海洋部と同じく緑色を帯びているものが多い。

1. 細線運河……スキアパレリ ローウエル スライファアーらによって発見された きわめて細い直線状のもの
2. 帯状の運河……ピツカリングやフィリップスらが多く観測している 幅が太く カーブをえがいて走っているもの
3. 斑点状の運河……アントニアジの主張しているもので 線ではなく いくつかの斑点の連なりからできているもの

以上が 火星面の模様の分類の大要である。これらの模様の個々のものについては たとえば エリシウム地方とか ヘラス大陸 ノア大陸 サバ人の湾 キンメリア人の海といった きわめてロマンチックな名まえがつけられている。これらは ギリシア神話やローマ神話にでてくる地名や人名 神の名などであつて スキアパレリらしい広く用いられているものであることは 先にものべたとおりである。なお 以上の各々の模様のくわしい形や位置については 第1図に示した火星の地図を参照していただきたいと思う。

## 5. 火星面の地形

さて 以上ながめてきた火星の地理は 地球上からの望遠鏡観測にもとづいたものである。したがって 詳細とはいへ それは地球上の地図や月面の地図とはくらべものにならないくらい漠然とした大まかなもので 地形の起伏などはまったくわからないものであつた。

ところが マリナーシリーズによる火星面の撮影は 火星地理学に新しい転機をもたらした。

まず 1965年 初の火星面撮影に成功したマリナー4号は 火星面の少なくとも一部は 月面のようにクレーターにおおわれた世界であることを明らかにした。

ついで1969年 マリナー6・7号は 火星面の赤道付

近一带と南極冠地方を撮影し クレーターにびっしりとおおわれた地域があることを いっそう明らかにした反面 クレーターのない地域や 奇妙な不可思議な地形の地域もうつし出し 火星面が正確には 月面や地球の表面とも異なった 独特の景観をもっていることを明らかにした。 さらに 1971年末に火星の人工衛星となった マリナー9号は 途中で砂あらしによる撮影不能などのハプニングもあったが 無事に 予定の撮影をすませ 7,100枚以上という膨大な写真を送信してくることに成功した。 この中には 新しく発見されたきわめて興味深い地形がたくさんみられるが そのいくつかについては追ってとりあげることにしよう。

パサデナのジェット推進研究所では これをもとに 約900mのものまで識別できる 火星面の70%以上にわたるほぼ完全な地図を このほど作りあげた(第2図)。 その詳細さは 従来の火星地図とは比較にならないくらいすばらしいものである。 これによって 火星面の地形とその成因を かなり具体的に 総括的に はあくできるようになった。

そこでつぎに 火星面の地形について いままでの探査の順をふみながら その概要と問題点をのべてみることにしよう。

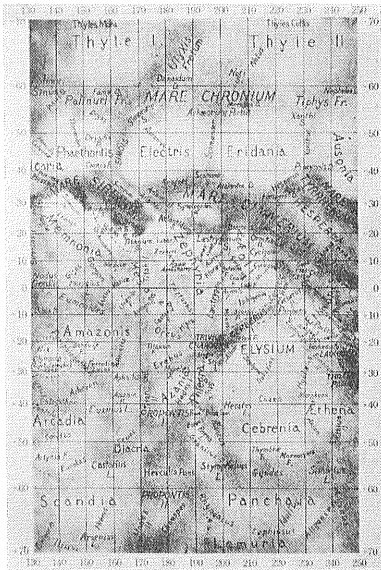
まず 火星表面の10%を撮影したマリナー6号と7号の58枚の近接写真は 火星面の地形について いろいろな事実を明らかにしてくれた。 それは マリナー4号の撮影によってはじめて明らかにされた クレーターにおおわれた地域のほかに クレーターのまったくあるいはほとんどない広大な地域や 無秩序地形(chaotic

terrain)とよばれる 第三の地形ともいふべきものの存在する地域を発見したことである。

このうちまず火星面のクレーターについては マリナー4・6・7号の撮影によって 一般的に2つの型があることがわかった。 すなわち1つは 直径が大きく底面が平坦で しかも浸食もすすんでいるもの もう1つは 直径が小さくボウル型で 新鮮にみえるものである。 これらのタイプは 月面にみられるものとよく類似している。 なお 火星面のクレーターの詳しい議論や 月面クレーターとの比較検討などは 追って行ないたい。 ただ ここで1つだけ注意しておきたいことは 直径の大きな平坦なクレーターは 稀薄ではあるが明らかに存在する火星の大気の運動によって かなり風食作用をうけている可能性があることである。 したがって 月面のクレーターと安直に比較することは つつしまなければいけないと思う。

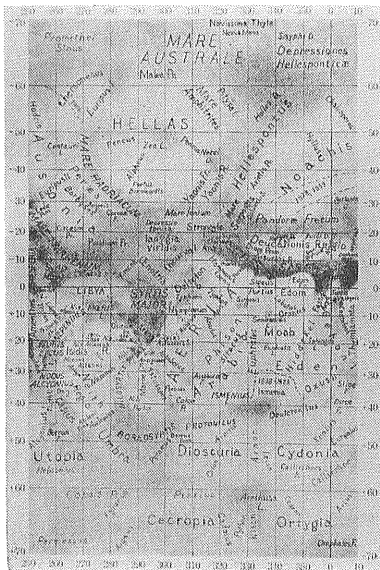
さて マリナー6・7号の撮影でもっともおどろくべき発見の1つは クレーターのない きわめてのっぺりした大平原の発見である。 その代表がヘラス大陸である。 ヘラス大陸は 火星面の南半球にある 直径約1,600kmの円形の地域で 火星面ではもっとも明るくみえるところの1つとして 従来観測家たちのあいだではよく知られていたところである。

マリナー7号は とりののヘレスポントゥス地域からこのヘラス大陸へかけての撮影をおこなったのであるがヘレスポントゥスがクレーターでびっしりとおおわれた地域であるのとはまったく対照的に ヘラスはきわめて



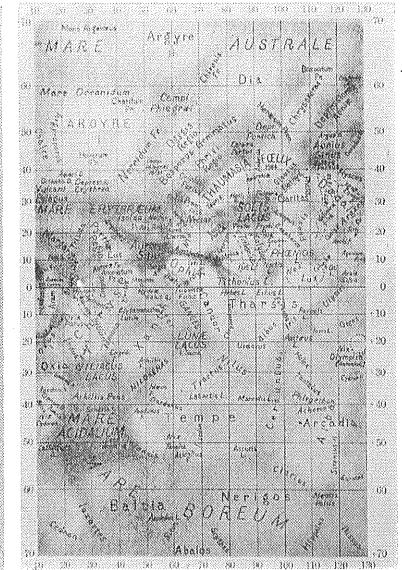
第1図a

従来の望遠鏡観測によって画かれた火星地図



第1図b

この図は海老沢嗣郎氏によってつくられた地図で 世界で最も詳しく権威のあるもの 今後出てくる地名などを調べる key chart として参照していただきたい なお 従来の火星地図は 望遠鏡でみたときのままの状態に 南を上にしてある また経度は西まわりに(すなわち西経)360°まではかる



第1図c

従来の望遠鏡観測によって画かれた火星地図

のっぺりとしていた。ただ カメラの解像力が 300 m の大きさのものを見分けるていどのものであるのでも それより小さなクレーターは存在するかもしれない。

また 写真を注意深くみると 平坦だといわれる地域でも クレーターの痕跡らしく思われるものがみられるところもある。したがって かなりむかしの ヘラス大陸のできたてのころには クレーターがたくさんあったかもしれない。それにしても クレーターの存在する地域との対照は いちじるしいし また 写真やその他の資料から判断すると ヘラス地域は明らかにまわりより高度が低くなっている。したがって ヘラス大陸の成因は大いに問題があり 興味をそそられるが そのへんの問題についてはここではふれないでおく。

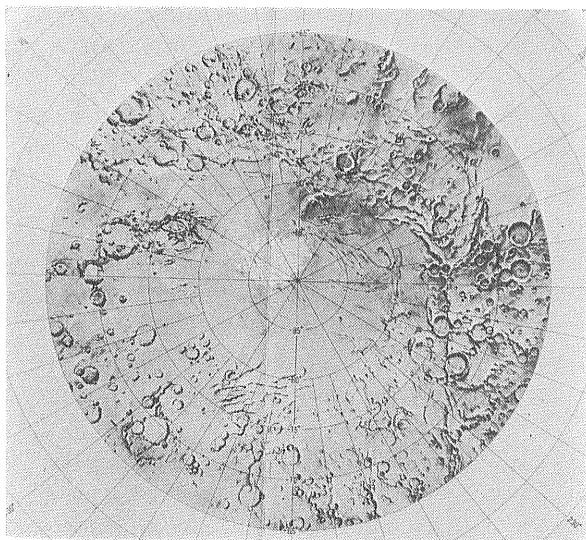
もう1つ第三の地形が無秩序地形 (chaotic terrain) である。ここで地質学者たちは “chaotic” という語を短かく入り乱れたリッジと谷からなる表面を表現するために用いている。

レイトン (R. B. LEIGHTON 1970) らによれば 狭角カメラの写真からの判断では このような地域は 100 万 km<sup>2</sup> も広がっているだろうという。また広角カメラの撮影からは その半分の面積は 火星の赤道の南に平行に広がっているらしいことがわかった。この地域は短かいリッジが十字状に走り クレーターはみられないのである。無秩序地域はその形態や構造が月の碎屑物の地域のそれといくぶん似てはいるものの やりちがっている。考えられる成因としては 1つは月の地下に横たわっている永久凍土層の陥没や低下によって落ちこんだりしてできた地形だということ もう1つは 火山活動によって 月の地下のマグマが下方へさ

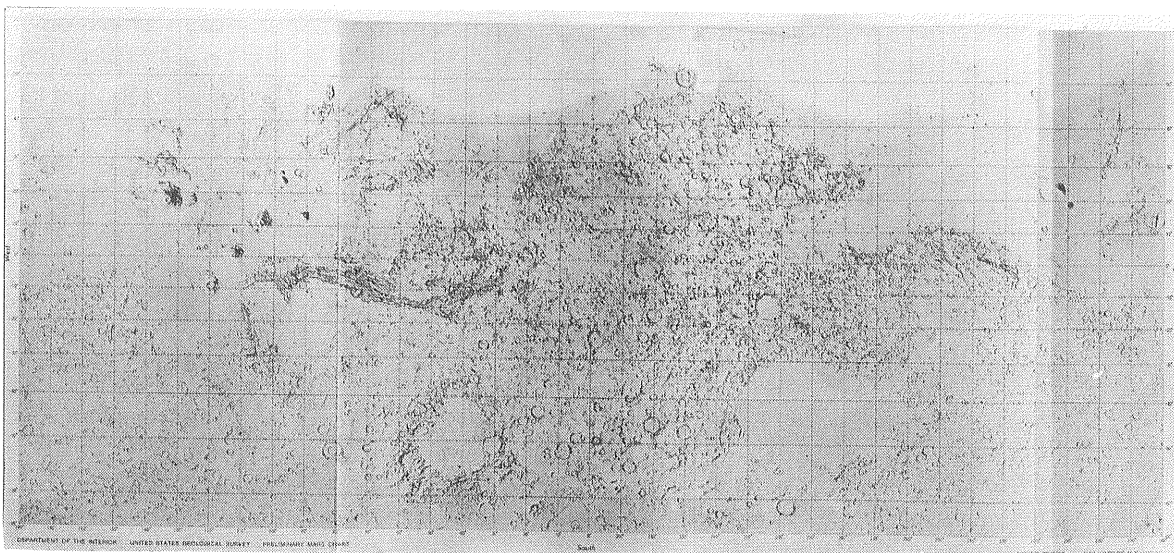
がっていったため 陥没が引き起こされてできた地形だということである。しかし 後者については 火星表面のこの地域に 他の典型的な火山地形は見出されないこともあって 可能性はうすいといわれている。

以上は マリナー 6・7号の写真撮影から明らかにされたことであつたが マリナー 6・7号は他にも 電波観測による地形の調査もおこなつた。つぎにそのことについてふれておくことにしよう。

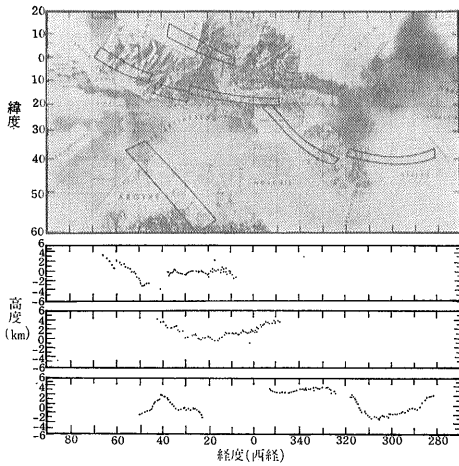
マリナー 6・7号は 定められたいくつかの観測経路にそつて 表面の気圧の変化を測定した。それを 写真撮影によって明らかにされた表面地形と比較すると 小スケールでも また大スケールでも 気圧の変化と地



第2図b



第2図a マリナー 9号撮影の写真をもとにつくられた新しい火星地図 アメリカ合衆国地質調査所作成 ジェット推進研究所発表の preliminary chart (a)北緯60°~南緯65°までのメルカトル図 (b)南極を中心とした図 なお この新しい地図は 地球上の地図や 最近の月面の地図と同じく北を上にしてある



第3図 マリナー6・7号の電波観測の走査域と 測定された高度変化のグラフ (C. A. BARTH, C. W. HORN, 1971による)

形の形態とのあいだに相関関係のあることがわかるのである。とくにもっとも明瞭なことは 測定された気圧の変化が 火星表面の高度のちがいでによって生み出されていることが判明したことである。

大気圧の変化を高度変化に変換させるにあたっては火星の表面から 10km の高さまでの大気について 高度の上昇と気圧の低下とが一定の関係にあるという単純大気モデルが用いられた。

測定はおもに紫外線スペクトロメーターによっておこなわれ 全体で 7km の高度差を記録したが それはメリディアン・シヌス地域を基準とすると それよりも 3km も低い面における 8 ミリバール圧から それよりも 4km 高い地域における 4 ミリバール圧にまでわたっている。

第3図は 測定された高度の値と地形との比較をみたものである。この地図は米軍によってつくられたもので 従来の望遠鏡観測によって画かれた地図の中に マリナー6・7号撮影にもとづく地形が組みこんでいる。また 太線のわく内は 紫外線スペクトロメーターの走査域を示している。さて 地図の下の方のグラフのいちばん上のは もっとも緯度の北よりの地域をマリナー6号が測定したものである。このグラフの特徴は クレーターのところから明らかに高度がさがっていることである。

中央のグラフも マリナー6号の測定になるもので 南緯10~20度の この地図の真中の部分をさしている。全体として低くなっており 西経18度付近がもっとも低い。高度の変化は 西経43度から18度のあいだで4km ある。東方へは 西経18度から350度にかけて 4km の高まりがある。

南緯35度 西経50度から南東方向への走査データはマリナー7号によるもので これによると 南緯44度 西経41度のところで 4kmにたつる急なもり上りがみられる。南緯50度 西経34度のところの大クレーターは 明らかに低くへこんでいる。

南緯20度 西経 355 度から東方につづく走査域も マリナー7号によるもので クレーターのたくさんあるノアキス地域は 明らかに高い高原地域である。西経318度で 高度は突然にヘラス大陸にむかって東方へ下るようになり 水平距離 500km のうちに5km も下ってしまう。走査域がヘラスの東方に移動するにつれて またゆっくりと高度が上っていく。

以上が 紫外線スペクトロメーターによる記録であるが 同一地域の一部は赤外線スペクトロメーターによっても記録されており そのようなところでは 両者の測定は定量的な一致を示している。もっとも たとえばヘラス大陸でのデータのように 赤外線スペクトロメーターによる観察では かなり凹凸のはげしい高度の変化が記録されているのに対し 紫外線スペクトロメーターによる記録では 比較的スムーズな表面を示すデータが得られている といったちがいはみとめられるが。

火星面の起伏は 探査体によるだけでなく 最近 地球上からのレーダー観測によっても詳しく調べられたので それについてもふれておく必要があろう。

火星面のレーダー観測は 従来はなかなかうまくいかず 誤差も大きく解像度も悪かったのであるが 1971年の衝のときには かなりうまくいくようになった。

たとえば マサチューセッツ工科大学のペテンジル (G. H. PETTINGILL) とシャピロ (I. I. SHAPIRO) ヘイスタック (HAYSTACK) 観測所のロジャース (G. H. ROGERS) ら (1971) は ヘイスタック観測所のレーダーを使って火星の表面を 解像度緯度 1.3 度 経度 0.8 度の精度でおこなった。とくに電波の反射率の良い地域では 表面高度の測定は75mに近い精度でなされたが それによって いくつかのクレーターのくわしい特徴をつかむことができた。これらのクレーターは マリナー6・7号の写真にうつっているものと はっきり一致させることができる。

第4図は 波長 3.8cm. の電波によるレーダー観測で得られた 火星のほぼ赤道ぞいの断面である。これらの結果から全体的な判断をすれば 火星の全体の地形の高度差は 15km もあり それは高い山の峰から谷底まで にわたっているらしい。

同じような仕事は ジェット推進研究所のダウンズ

(G. S. Downs) ら (1971) によってもなされた。彼らは ジェット推進研究所のゴールドストーン追跡センターのレーダーを用い 南緯16度を中心に火星面を走査した結果 火星面は 頂部から谷底までの高度差が 13km 以上もある ひじょうにゴツゴツした表面であることがわかった。これらの結果は いずれも探査体によるデータと基本的によく一致するものである。

さて このようないくつかの調査・観測につづいて つぎはいよいよマリナー9号の成果である。7,100枚以上撮影された膨大な数の写真は ジェット推進研究所でコンパイルされ 地図が組み立てられた。

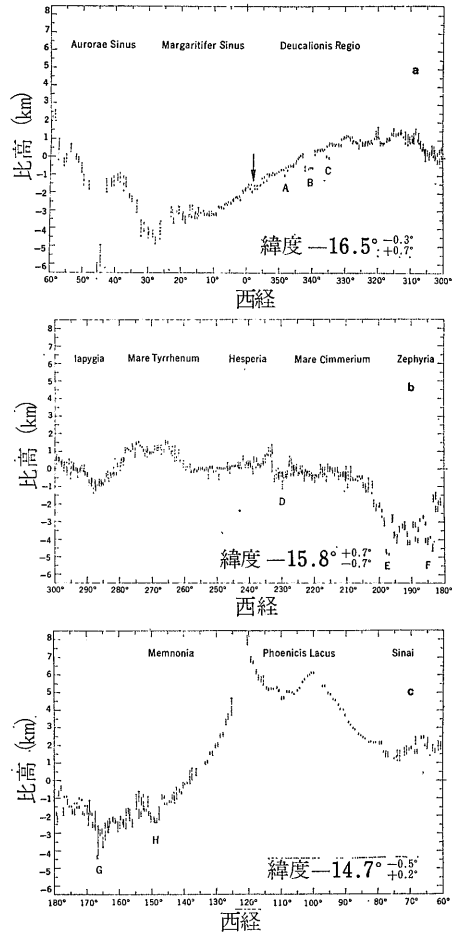
まず 1971年12月の中旬 大黃雲がいったん晴れあがったとき マリナー9号の広角カメラは 成功裡に北緯50度までの地域をカバーする撮影をおこなった。最初の作品は この写真をモザイクした地図であった。これは オリジナルな写真データをそのまま示しているという長所をもっていたが 何しろ 郵便切手のモニタージュに似ているという 不体裁な面もあった。

そこで つぎの段階は オリジナルな写真版から 一様に整えられた画像に直し 注意深く airbrush map をつくることであった。この airbrush map は クレーターや谷などの火星面の地形をたいへんよく表わしたものととなった(第2図)が 従来の望遠鏡観測によって画かれた地図にみられる 明暗地域の模様がちがいは表われなくなりました。しかし この地図作成によって 火星の表面には 疑う余地のない巨大な火山や 大峡谷 干上がった川のようなものなどが存在することが明らかになったのである。

新しい地図によって明らかにされた重要な事実は 火星の表面はきわめて不均一だということである。マリナー9号 Television-Experiment Team によると 火星面をごく大まかに地質学的に区分すれば クレーターの多い粗い地域と しばしば古い砂漠地帯に相当するスムーズな地域とに2大別される(第5図)。

新しい地図によれば この2つの区分は 火星のそれぞれの半球にあてはまるように思われる。すなわち 1つはオリンピア山 Nix Olympica (北緯21度 西経132度)のまわりの 火山の多いスムーズな地域を中心とする半球 もう1つは サバ人の湾(南緯12度 西経335度)の南を中心とする クレーターのひじょうに多い部分を中心とする半球である。

すでに地球と月とでは 地殻の発展が非対称におこり 陸の半球と海の半球といった区分がみられるが もし火星がその第3の場合であるとしたら 惑星の地殻の進化に関して 何かきわめて基本的で普遍的なものがあるか



第4図 地球上からの電波観測によって得られた火星のほぼ赤道ぞいの高度変化のグラフ(G.H. PETTENGLL ら 1971 による)

もしれないだろう。これは大きな課題である。

1972年6月14日におこなわれた マリナー9号の成果に関するもっとも新しい記者会見で 合衆国地質調査所のマサースキー (H. MASURSKY マリナー9号 Television-Experiment Team のリーダー) は 火星表面の地形は4つのタイプに区別されるとのべた。

第1は すでにのべた Nix Olympica—Tharsis を中心とするスムーズな地域 第2はクレーターの多い地域 第3のタイプは断層や割れ目の多い赤道にそった地域でたとえば Ophir—Eos 地域や、幅の広いいわゆる運河の Coprates を含む多くの峡谷である。

第4のタイプは北極と南極の地域で ここは厚さ100mにたつする堆積物の層におおわれているようにみえる。これらの層の割れ目なども認められるし それらは 緯度がさがるにつれてみられる地質構造物をおおったりしているようにもみえる。

火山地域の巨大な山々には大きな興味を引かれる。それらは形態的にみてもかなり新鮮で 火星の地殻がご

く最近まで活動していたことを示しているだろう。6月14日の記者会見の席で これらの山々の高さは まわりの平原からはかって約8kmもあることが報告された。

これらの火山の頂上には 巨大な火口ないしはカルデラとよぶべきクレーターが存在し その形態にも大いに興味をそられるが それについては後ほどくわしくとりあげたい。

マリナー9号の撮影でわかった火星のクレーターの大きさは 長焦点カメラにやっど写るていどの小さな穴から 月の海に相当する巨大な構造のものまで 広いレンジにわたっている。

巨大なものの代表としては アルギュレI盆地は1,000km 近い直径をもち なおも大きいヘラス盆地(もはや“大陸”という言葉は使うべきでない)は約1,400kmの直径を有する。ヘラスは マリナー9号の赤外線干渉計と紫外線スペクトロメーターの観測によれば 火星面のもっとも高い地域より17km も低く まわりの地域の面からさえ2~3km 低くなっている。これらの値は 先のべたマリナー6・7号や地球上からの電波観測の結果とも よく一致するものである。

Coprates 峡谷を含むいわゆる峡谷地域では この峡谷の東端に 川(おそらく水の)流れによってできた河床と その堆積物と思われるものがある。 明らかな水の堆積物は 北と南の高緯度地方にもみられ 火星にかつて水があったかどうか また現在も 極冠や地下の永久凍土として水が存在しているかどうか が 議論的となっているのである。

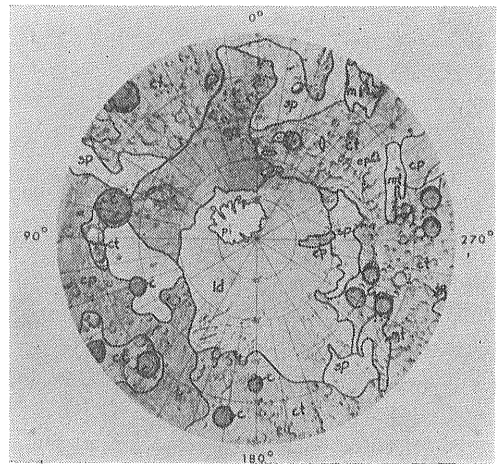
以上 探査の順を追って 火星の地形がどのようにわかってきたかをのべたが 火星面の地理については もう少しのべておきたいことがある。それは 火星面の明暗模様と地形との関係についてである。

従来 火星面の高低については 地球上の陸と海の地

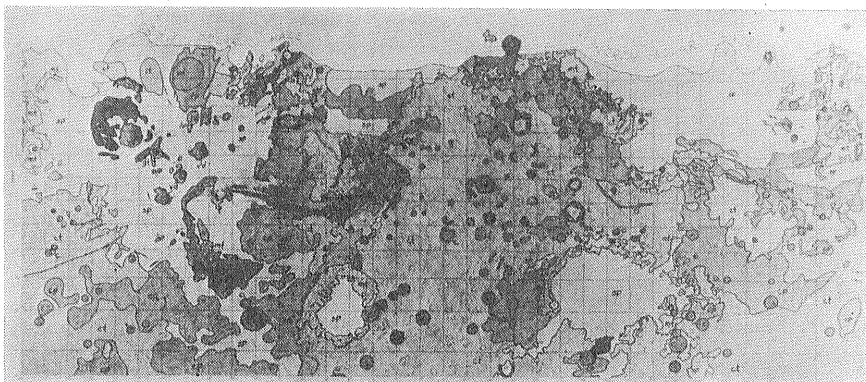
形や 月面の陸と海の地形から類推して 火星面の明るい地域は地形的に高いところ 海とよばれるような暗い地域は 地形的に低いところとされてきた。

この考えは 多くの天文学者や火星観測家に広く受け入れられ ごくあたりまえのことにように信じられ 火星の大気の運動や 火星の気象学というものを このような地形を前提として 組み立てていた人もいたのである。ところがまたいっぽうでは 数年まえ このような定説に真向うから反対する人も出てきた。その代表格がアメリカのサガンとポラック(C. Sagan & J. B. Pollack 1966)で 彼らはレーダーによる反射波の観測などから 火星の暗色部は従来の考えとは反対に 地形的に高いところであり 砂漠などの明るい地域は低いところであると唱えたのである。

こうして 火星の模様—地形論争は 一時混乱状態を呈したのであるが いままでのべてきた火星探査の結果からも明らかなように 従来の考え方にしても サガン流の反論にしても このような単純な考え方ではすま



第5図b



火星面の地形区分図  
(a)北緯60°~南緯65°までの図  
(b)南極を中心とした図  
図中sp は平坦な地域 cp, ct はクレーターの多い地域  
第2図をもとにつくられたもので 同図に対応する (マリナー9号 Television-Experiment Team, 1972による)

第5図a

れないことがわかってきたのである。

すなわち 火星の赤道帯にそった電波観測の結果などでみると 地形の高低と火星面の模様とは あまり大した必然的な関係はないように思える。

さらに マリナー9号の火星地図をみると ヘラスのように 明らかに低いクレーター状の盆地がはっきりわかる(この点に関しては サガンらの見解のほうが正しかったことになる)ところもあるが 他の多くの地域では 従来の海と陸の地域の区別とはまったく関係なく クレーターの密集地帯が広がっているところもあり 両者の関係の判断に迷うところが少なくない。

こうなると 火星の陸とか海とかいって来た模様は 一体何ものなのかという疑問がわいてくる。 それは

火星の地形(地表の景観)とはまったく別物の“何か”なのであろうか。

このように 火星面の模様の実態については 大きな問題が出てきたのであるが 長年観測家たちにも親しまれ 写真にもはっきりと撮影されてきた“模様”が 厳然と存在していることも事実である。 したがって 従来の模様の分類も無視できないし むしろ模様の実態について 真剣に考えなければならぬ事態が到来しているともいえるだろう。

そこで次回には この火星面の模様で焦点をあてて そのなぞをさぐっていくことにしよう。

(筆者は 東京都立武蔵高校教諭)

## 地学と切手



この国の鉱工業生産のうち 70%は鉱業生産であり 輸出の60%は鉱産物で占められる。おもな鉱物資源は マンガン ウラン 鉄 金 ダイヤモンドであるが 最近では石油がのびてきた。

マンガン フランスビル(Moanda)に品位48% 埋蔵鉱量3億トンの鉱床があるといわれ 最近の生産は128万トン(Ogooue 鉱山)前後であり 鉄道で搬出される。産出量は南アフリカ共和国について アフリカ2位であるが 埋蔵鉱量は3倍である。

## ガボンの鉱業 切手と鉱物切手

### P. Q.

ガボン共和国は(面積267,667km<sup>2</sup>)アフリカの中部の大西洋に面し コンゴ(ブラザビル)とカメルーンの間にはさまれ人口約60万の黒人国である。もとはフランスの赤道領植民地だったが 1958年に独立を宣言し 1960年にフランス共同体内の独立国となった。この名前は15世紀末にポルトガルの航海者により 入江が船のキャビンに似ていることによるという。しかしむしろ「水と原生林のはざま」 シュバイツァー博士の病院所在地 ランパレネのある国といった方が判りやすいだろう。

切手は 1965年6月15日に発行された鉱業切手で Moanda 鉱山のマンガンとMounana 鉱山のウランの選鉱設備が画かれ 1971年7月20日の鉱物切手には マンガン鉱とウラン鉱が画かれている。

ウラン これもフランスビルの近くのムナナ(Mounana) 鉱山で開発され品位4% 100万トンの鉱量がある。 現在 1,077 t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (1970)が生産されている。

鉄 10億トンを越える埋蔵鉱量があるといわれ 1974年来には 年間1,000万トンの産出を目指して開発(アメリカヨーロッパの鉄鋼会社のおよびガボン政府と共同)が進められている。これには565kmに及ぶ鉄道の敷設が必要であるが政府の最重点政策になっている。

石油・天然ガス 石油の生産は1957年から開始され 現在8つの油田で採油が行なわれ 最近では年産542(1969)万トンを越え 天然ガスの生産量は 31.7×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> に達している。