

火星の大気と地殻

宮本 正太郎*

火星は地球によく似た惑星で、大気に包まれており、表面にはさまざまな地形が見えている。したがって、火星にも気象学や地質学があってよいわけであるが、まだ観測データも充分でなく、系統だった理論は出来ていない。このような次第であるから、火星の大気と地殻について、これまでにわかった事柄を歴史的に順を追って紹介してみよう。

1956年の大黃雲

火星は2年と2か月毎に地球に接近するが、とりわけ地球に近づく、いわゆる大接近は、15年毎に起る。季節はいつも北半球の夏で、夏の夜空に赫々と輝いて人目をひく。最近の大接近は1971年夏であったが、その前は1956年、人工衛星第一号のスプートニクが打上げられる前年で、宇宙に対する世間の関心も次第に高まっていた頃であった。夏のことであり、多くの人が近づいてきた火星を望遠鏡で眺めていた。火星の季節は丁度南半球の初夏の候で、南極を中心に大きく雪原（これを極冠という）が拡がり、太陽の光を受けてキラキラと輝いていた。8月22日の夕、我国からは火星南半球のノア大陸がこちらを向いて見えていた。ところが、赤褐色の明るいこの砂漠の東北隅、セルペンチスの海といわれる地域に、純白に輝く雲塊が認められた。それは南極冠よりも明るく輝いていた。

火星の自転周期は地球より37分間長だけであるから、ある晩、我国から、火星面のある地域が見えていたとすると、しばらくの間、毎晩同じ地域が見えることになる。ノア大陸の雲を、我国の観測者はその発生から発達過程まで、詳しく追跡することが出来た。同じ頃、ヨーロッパやアメリカでは、毎夜ノア大陸の裏側ばかり見えていたわけで、雲の発生に気づかなかった。しかし、1971年に同じような雲が、同じ季節、同じ地区に発生したのであるが、この時はアメリカで発見され、我々は雲の層が発達して裏側にまわって来た時はじめてそれと気づいた。

火星の大気は希薄で乾燥しており、大気中に雲の現れるのは珍しいというのが当時の常識であったし、事実、過去における雲の記録もすくなく断片的であった。まして、雲の発生から発達過程まで詳しく観測された例はなかった。我々は運がよかったというわけで雲を追跡した

のであるが、雲の流れを追ってみてもっと驚いてしまった。雲は西向きに伸びてゆき、中緯度上空、南極冠を取巻く雲の帯にまで発達したからである。雲が西に伸びたということは、偏東風に流されたということである。地球では、中緯度上空には偏西風が吹いている。火星の風向は反対になっていることを示している。これまで、火星の自転軸の傾は地球によく似ているので、火星世界にも季節変化があり、赤道帯は暖く、極地は寒く、大気の大循環も地球と同じだろうと誰しも思っていた。すると中緯度では地球同様、偏西風が吹いていなければならないことになる。観測事実はそうならなかった。

大気大循環のパターン

地球大気の大い流れについては気象学でよく知られている。赤道帯の暖い空気が上昇して極の方へ流れ、極の冷い空気は地面をほうよう赤道の方へ流れて、全体として赤道と極の気温を中和するように働く。しかし実際には、地球は自転しているのだから、偏向力のため、赤道から極へ向う気流は東に向きをかえてしまい、ストレートに極には達しない。このままだと、赤道と極の気温の差は大きくなる一方で、その間の接触面（前線）がますます不安定になり、高気圧、低気圧の渦の列が出来た。これらの渦は結局極と赤道の気塊を入れ替えるように働き、初期の目的をはたすことになる。

赤道の暖い空気と極の冷い空気が入れかわる、つまりエネルギーが気流の形で赤道から極へ流れていることは日射量と地面からの赤外輻射量のバランスを図にしてみるとよく判る。第1図左上の曲線は地球の年平均値である。実線は入射量、点線は実測の地面温度から計算した赤外輻射である。この二つの曲線からみられるように、赤道では入射量の方がなく、極では不足している。この過不足は、大気の流れによってエネルギーが運ばれていることを実証している。地球では赤道と北極、赤道と南極の間で気塊の交換が起っている。

火星の場合のバランスシートをつくって見よう。夏至の頃、極地では太陽が沈まず、しかも大気の希薄なため太陽からの輻射はそのまま地面にとどく。このため、入射量は極地が最も大きい（第1図、右、実線）。また、実測によると、夏には極地が最も暖い（右、点線）。結果として、差引き極地では受取るエネルギーの方が多くなっている。この図は夏半球と冬半球の間に気流の交換が起り、エネルギーの流れを示している。極地

* 京都大学理学部、飛騨・花山天文台

S. Miyamoto: The Atmosphere and Crust of Mars

の上空から暖い気塊が赤道の方へ流れてゆき、それに転向力が作用すると、中緯度上空で偏東風の現れる原因となる。赤道を越え、夏半球と冬半球の間に大規模な大気の流れのあることは火星気象の特性であって、地球にはみられない現象である。もっとも、火星でも、春と秋の候には、地球と同じく、赤道と北極、赤道と南極の間に循環が起ることになる。

夏の偏東風を説明するための以上のような考えは、其の後、雲の観測からもチェックすることが出来た。例えば、北半球の春には高緯度に白雲の層が現れるが、これは地球の極前線を思わせる。季節が進み、この雲の層が消え、北極冠が縮少してゆくと、北半球でも雲は偏東風に流されつつ極地から赤道に向う。また春から夏になると、地球型の大循環から火星夏型の循環の切り替る時期がある筈である。その時期を理論的に推定するには、こまかい計算が必要で難しいが、観測で判断することが出来る。循環のパターンの切替る時、極と赤道との温度差はほとんど無くなり、まとまった気流の起らないモタモタした時期がくる筈である。極冠は春から夏にかけてどんどん縮少してゆくが、それが一時ストップする。この現象は毎晩火星をみていると誰でも気の付く印象的なシーンである。風の吹かないところで洗濯物の乾き難いと同じ現象であろう。観測によると、それは北半球で $L_s = 10^\circ \sim 40^\circ$ の間に起る (L_s は火心太陽経度、 0° は北半球春分、 90° が夏至)。

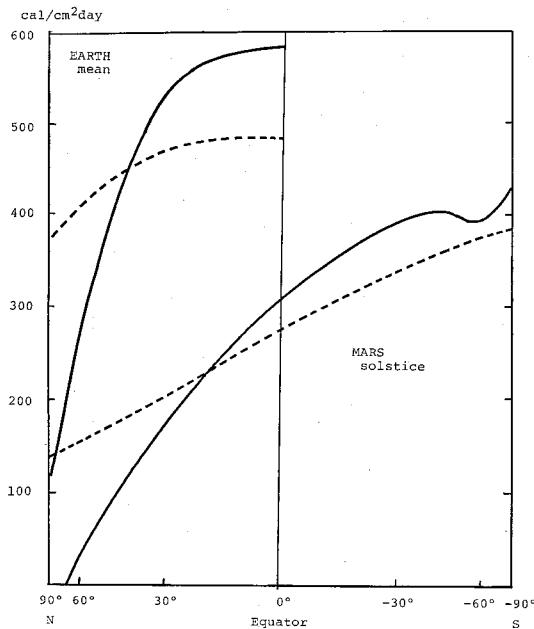


図1 エネルギーのバランスシート。左上、地球北半球年平均、右、火星南半球夏至 (Y. ミンツによる) 実線は太陽輻射の入射量、破線は地面よりの赤外輻射の量

1956年の雲の現れたあと、秋になって、当時ローエル天文台の台長をしていたA・G・ウィルソン博士が来日された。彼は火星観測の国際共同観測網を組織しようという目的で世界をまわり、その途中で立寄られたものである。私共は夏にみた雲の話をした。これに興味をもたれた博士は帰国してカリフォルニアの理論気象学者Y・ミンツにその話をされたらしい。ミンツ博士はすぐに惑星大気気象学の一般論を展開し、のちにコンピューターを使って大気のグローバルな流れを割出された。火星気象学の新しいスタートであった。これ以前の研究といえば、静的大気についてのものが二三あるだけであった。古くは輻射輸送論の先駆者であるエムデンが、大気中の輻射エネルギーの流れを論じ、希薄な火星大気は地球の成層圏のように、等温大気に近い状態にあるだろうといっている。またヘスは、対流圏の厚さを推定している。近年になって、グーディー派が詳しい計算をしているが、大気の日周変化を論じている程度である。

大黃雲の発生機構

ノア大陸に発生した雲について、もう一つの問題は、このような雲がどうして発生したかということである。この種の雲は年によって大型のものであったり、弱いものであったり、または不発に終わったりするらしいが、ともかく火星の同じ季節に同じ地域で発生するものであるらしい。ノア大陸の雲のようなものを大黃雲とかサンドストームとか言うが、この呼び方には注意を要する。ノアの雲は発生直後には真白で、強く輝いていたが、数日後、砂漠の微塵を巻きあげたらしく、黄色に染った。

1956年の大黃雲発生直前の火星の様子を調べてみよう。南半球は初夏の候で、南極冠が最も急速に縮少する時期をすぎ、しばらくして雲が発生している。極冠が縮少するにつれ、南極から東北に赤道の方へ走るヘレスポントゥス海峡は、南の方から一段と濃さを増していた。その前線がヘラス大陸の東北隅、セルペンティス海に達した時雲が発生している。この場所は、観測によれば、夏の頃最も地面の温度の高いところである。気象学の常識から考えると、夏になって極冠が溶け、湿った空気がヘレスポントゥス海峡に沿って流れ出し、最も温度の高いセルペンティス海にさしかかった時、地面からの強い熱輻射を吸収してあたたまり、上昇気流をまき起したものと憶測される。

火星の大気は非常に乾燥している。観測によると、平均して僅か14ミクロンの可降水量しか含んでいない。地面の放射する熱輻射は波長10ミクロンのあたりに極大値があるが、僅か14ミクロンの水ではこの輻射を吸収するだけの力はない。しかし、極の雪溶けによって水分が平均の十倍になれば充分熱線を吸収するようになる。地球

の大気においては、さまざまな気象現象を引き起す主役は大気中の水蒸気である。極度に乾燥した火星の大気は平素全くドルマントであるが、それだけにひとたび水分を供給されると、地球の場合以上に華々しい事件を巻起すものであるらしい。

アメリカでサンドストームの発生に関心を持ちはじめたのは、彼等が1971年のノア大黃雲を目撃してからであった。彼等によると、火星大気中の気流が地形の関係で、山脈にひっかかったりして竜巻のようなものになるのだらうという。また、ソ連のゴリツインなどは、火星大気中にはもともと微塵がたくさん浮んでいて、それが夏の強い日射をうけて暖り、上昇気流を巻き起すのだらうとみている。こうした説の背景には、火星大気はほとんど純粋な炭酸ガスよりなっていて、水蒸気は余りにもすくなく、気象学的には全く無力であるという根拠がある。こうした立場に立つと、極冠もこれまで漫然と考えられていたようなH₂Oの雪ではなく、大気の主成分であるCO₂の凍ったドライアイスだということになる。赤外線観測からも、メーターは極冠の温度として、ドライアイスの氷点である-127°Cを示していたという。ただし温度を導く過程にはいろいろ問題があった。

極冠の正体

極冠が普通の雪かドライアイスかという議論は昔からあったが、どちらの側にも確かな証拠があつてのことではなかった。近年、火星大気が炭酸ガスの大気であることが明らかとなり、アメリカではドライアイス説が定説となった。理論的にみても、炭酸ガスの希薄な大気では、地球大気のような温室効果は期待出来ない。太陽が西に傾くと、温度はすぐに低下しはじめる。殊に極地に冬がやってくると、太陽は地平線に沈み、温度はとめどもなく低下し、大気そのものが凍りはじめる。ただし、夏になっても谷間の雪のとけないという事実から、極冠はドライアイスと普通の雪の混ったものだという主張も出ている。

この問題を考える前に、極冠についての観測事実を調べてみよう。冬の間、極地方は、濃い一面の冬霧に掩われているが、春分近くになるとその霧も晴れて下からよく輝く極冠が現れる。極冠は春分の頃最も大きく、緯度でいって50°から40°くらいまで拡っている。春から夏にかけて極冠の縮少してゆく有様は、多くの観測者によって追跡されている。南極冠につき、ローエル天文台の写真観測を整理し、バウムは極冠の縮少が毎年同じ速度で規則正しく進行するという結果を出している。ローエル天文台のスライファー、古くはフランスのアントニアジの観測もこれと一致している。ところで問題は春分以前、冬の極冠である。冬の極地は霧に掩われているため

観測が難しく、発表されたデータはない。霧の下には大きな極冠が拡っているのだらうと推測されていた。極冠があるかどうかを確かめるためには、ごく稀に起る霧の晴れ間を辛棒づよく待たなければならない。我国には中村要氏以来、伝統的に熱心な火星観測のグループがあるが、その結果によると、極冠は春分直前に急に結成されるという。このことは飛騨・花山天文台でも確かめられている。1971年の時、南半球の春分($L_s=180^\circ$)前には小さく不規則な極冠がみられた。また1975年には、北半球の極冠は $L_s=350^\circ$ 頃になってやっと現れてきた。

この事実は、ドライアイス説によっては解釈しにくい。炭酸ガスは大気の主成分であるから、温度の低い真冬に大きな極冠が出来ていなければならない。前記のべたゲーディーの理論計算によると、中緯度地方では、夜間温度低下のため、ドライアイスの霜が出来、日出後それがゆっくり溶けてゆくという結果を出しているが、観測者の立場からいうと、そのような光景はまだ一度も目撃したことがない。地球の例をもう一つ付け加えよう。我国において、大雪の降るのは春先きで、気温の最も低い真冬(二月上旬)ではない。大雪の降る条件は、低い気温だけではいけない。気温が低く、南から湿った空気が流れ込まなければならない。

眼視観測は客観性がうすく信用出来ない。といって、写真観測では霧と雪との区別がつけにくい。冬の極冠がどうなっているかは長い間サスペンドしたままになっていたが、マリナ9号はこの問題に決着をつけてくれた。

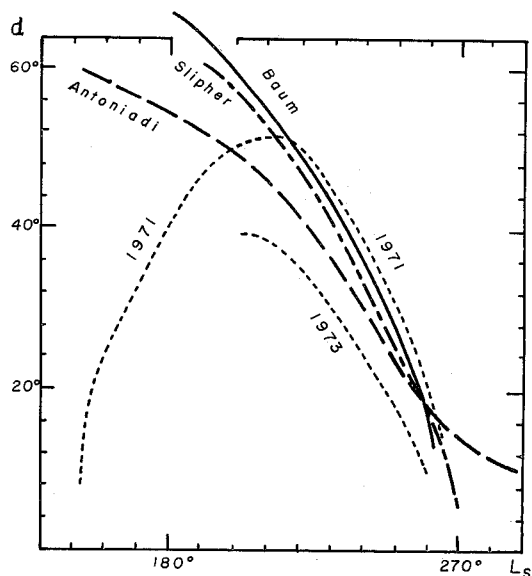


図2 南極冠の消長
 L_s は火心太陽経度、 d は火星中心よりみた極冠の張る角直径

1971年、ロケットが火星に到着したのは火星北半球の春分前で、その時写した写真には極地の黒い地肌が現れていた。アメリカの研究者達は、これは不思議なことだと述べていた。其の後、春分をすぎて撮った写真には美事な北極冠が現れていたのである。

今世紀の初頃、緯度が低く、気流条件のよいジャマイカ島で火星の観測にはげんでいたピケリングは、極冠について興味深い説を出した。彼は観測から、北極冠と南極冠が同時に見えることのない事実気づいた。北極冠が夏の終りに消失して、しばらくして南極冠が出現する。当時は極冠も普通の雪だろうと安直に思っていた時代であるから、ピケリングはこの現象から、極冠の交替説を提唱した。火星では、水蒸気が極から極へ、季節につれて渡り鳥のように移動するのだらうと考えた。ピケリングのこの説は今では忘れられている。地球気象学の常識からいえば、大気の流れは赤道と北極、赤道と南極の間で夫々別の大循環をしているのであって、赤道を越える大規模な気流は考え難い、火星の気象が地球のそれと同型であれば、この点が交替説の難点になる。ところで、1956年の大黄雲の観測から、火星には独自の大循環があり、冬半球と夏半球の間で気流の交換の起ることが知られるようになった。ピケリングの説に理論的基盤を与えることになった。

水蒸気の通路

ピケリングの説が原則的に正しいとして、具体的に湿った空気はどのようなルートをとって流れるのであろうか。それには雲の分布を観測しなければならない。昔は火星大気に雲の現れるのは珍らしいと言われていたが、実際に観測してみて、いつも、どこかに現れていることを知った。しかし、四季それぞれの雲の分布を観測するのは容易なことではない。2年毎の接近をとらえ、各季節の雲の分布を瞥見する。雲の気象観測であるから、一時間毎の徹夜観測がつづく。火星接近時を中心に、前後一年半ほど頑張らなければならない。しかも、四季のデータを揃えらるとなると前後十五年間の観測が必要になる。雲の分布と同時に、赤外線走査により、地表の温度分布のデータがほしいのであるが、これには大望遠鏡を一台、火星観測のため専用しなければならないし、外国でもそのような観測をしてくれている所はない。もう一つ、火星の気象解析には地面の高低を知っていなければならない。一昔前まで、雲の分布から逆に山脈や平原の存在を推定したものである。地球の気象学とは逆手をつかっていた。近年は分解能はよくないが、レーダー観測とか、炭酸ガスの吸収帯の幅の観測から、地表の気圧、ひいては地面の高低を測ることが出来るようになった。有難いことである。

春から夏にかけて、火星は雲の多い季節を迎える。また、極冠が縮小するにつれ、表面の模様は一段と濃さをましてくる。雲の分布にはきまったパターンがあるらしいし、フォキヤスによると、模様の濃化の前線は、極から赤道へと進む。いわゆる暗波の現象がみられるという。このような様々な現象から水蒸気の動きを推定することが出来そうである。

ミンツの一般論によると、地球のように極と赤道の温度差の大きい場合には、極と赤道の気塊の交換は直接には行われず、中緯度帯に高気圧、低気圧の列が出来て、それによって行われる。高気圧低気圧の渦は大きい目でみれば乱流である。火星のようにエネルギーが小さく、極と赤道との温度差の小さい大気では、乱流は起らず、大気の流れはおだやかな、いわゆる層流の型になる。このことから水蒸気の通路というものが出ていてよいことになる。ミンツのいうように、火星では地球の台風のような渦巻模様の雲はまだ見たことがない。

観測によると、雲が出没し、表面模様の濃度や形が季節的变化を示す地域は限られている。南半球についていうと、ヘレスポントゥス海峡から大シルチス湾、ネペンテス運河を経てユートピアに到る地帯と、タウマシアからオーロラ湾、ガンゲス運河を経てアシダリウム海に到る地帯と二つがある。雲の活動情況からみて、今世紀以来ヘレスポントゥスの通路が主なルートになっていたようであるが、1971年の大黄雲を境として、以後はオーロラ湾のルートが活発になっている。地形をみると、ヘレスポントゥスの西、風下側（偏東風を規準にして）にはノア大陸高原があるし、オーロラ湾のルートの風下側にはタルシスの高原が広がっている。また南極を大きく取巻いてオーソニアからエリダニア、エレクトリス、フェートンチス、ノアの高地が環状に走っているが、その切れ目がヘレスポントゥス・ヘラス凹地、アガイア盆地になって、極地の湿った空気の出口になっている。北半球の方は地形がなだらかで、ユートピア、プロポンチス、アシダリウムの三つの海があり、その風下側には夫々エーリア、エリシウム、テンペ・タルシスの高原がある。北極につらなるこの三つの海で発生した雲は風下の高原にさしかかって急に発達し、赤道の方へと流れてゆく。

火星は極度に乾燥した世界であるが、それでも雲が現れる。赤道帯の温度を考えると、この雲がドライアイスの雲とは到底考えられない。水蒸気が水の雲であることに間違いない。大気中の可能な水蒸気含有量は温度がさがると急に小さくなるものである。例えば1立方メートルあたり、0°Cでの飽和水蒸気の量は4.8グラムであるが、火星の平均気温である-40°Cになると0.12グラムで、これ以上水分があれば氷か雲として析出してしまふ。夜の温度-70°Cになると0.0028グラムで飽和し

てしまう。火星大気の平均の水分は前にもいったように14ミクロンであるが、これは蒸気の高さによる分布状況にもよるが、 -60°C で飽和する分量である。湿った気流は寒冷な極地を通る毎に地面に霜を斥出し、火星大気中の水分は次第に極地に濃縮される傾向をもつてである。

気候の永年変化

飛驒・花山天文台では1956年より気象観測のデータをとりはじめた。それを1971年の大接近まで続けて、四季ひとまわりのデータがとれたものと思っよるこんでいた。1971年には再びノアの大黄雲が現れた。この時の黄雲は1956年のものをうわまわる大型の黄雲であった。1956年の雲は南半球全体に拡がったが、1971年の雲は北半球をも掩い、観測シーズンの終るまで、全表面の様様が見えなくなった。次の1973年、再び接近してきた火星を眺めて大いに驚いた。表面様様に異変が起っていたのである。それだけではない。雲の分布もこれまでに知られていないものになっているし、太陽湖(ソリス)には中型の黄雲が発生した。このような、雲と様様の異変は1975年、まだ続いている。新しく活動的になったのはソリス・オーロラのルートで、大シルチスの一帯は平穏である。ソリス湖とその西のサイレン海の間には明るい砂漠地域、ダエダリア、クラリタスがあるが、1973年以来この砂漠が暗い海と同じ色になってしまった。またソリス湖一帯に雲が現れ、オーロラ湾からエリスリウム海にかけての一帯にも濃い雲の層が停滞するようになった。どうやら、1971年の黄雲出現を界にして、水蒸気の主要通路がヘレスポントゥスからオーロラ湾の方に突然変わったように思われる。我々は過去の記録にもない珍しい雲のパターンが現れたということで物珍らしく観察してきたが、若しかすると、オーロラの方が主要通路になった場合の大気大循環の正常な姿かも知れないと考えるようになった。

1973年以来の状態がいつ迄続くか判らない。将来また突然ヘレスポントゥスを主要通路とするパターンに戻る時が来ることであろう。このような変動がどのような原因で起るものか、まだ明らかでない。1971年の大黄雲がきっかけとなったものか、または黄雲の発生が変動の際の一つの付帯現象なのか、明らかでない。地球の気候の変動のように、大気自体のふらつきにより、パイチャンスで起るものかも知れない。まだほんの仮説にすぎないが、次のようなメカニズムも考えられるであろう。既に述べたように、大気の循環につれて大気中の水蒸気は極地に濃縮されてゆく傾向にある。極から極に流れる湿った気流は年と共に湿度を増す。そうして遂にヘレスポントゥス海峡の北端で大型の黄雲が発生する。大黄雲が

発生し、砂塵の層が火星を掩うと、日射は減少する。殊に極地では太陽光線は斜に入射するから、入射量は著しく低下し、それにつれて火星の夏特有の大循環は停止し、地球型の循環に戻る。すると水蒸気の極から極への移動もストップとなり、水分は火星全体にまき散らされることになる。このようにして、水分は集中しては大黄雲をまき起し、それによって水分は分散し、再び集中がはじまる。このことを裏書きするように、極冠の大きさも年によって変化する。1971年の南極冠の大きさは正常で、ローエル天文台の観測と飛驒・花山のものとはよく一致していたが、大黄雲発生次の年、1973年の南極冠は小さく、はやく消滅した。また1975年の北極冠の形成は、同じ観測条件の1960年にくらべて遅れていた。なお、北半球での大黄雲の発生はまだ知られていない。これは、北半球の地形が平坦で、三つの海を通して分散して水蒸気が流れ出すからであろう。また、南半球の夏の方が近日点に近く、日射の強いということも作用しているであろう。ともかく、火星では南半球の方が激しく不安定である。これに反して、地球は、南半球に海がなく、気候が穏かであることは面白い。氷河期などというものも北半球での話で、南半球にはたいした影響はなかったらしい。

表面様様の異変

火星表面にみられる暗い模様は、その暗さや色彩が季節によって変ること、またその形状も多少変ることによく知られている。しかし、模様は永久的なものとして、地図がつくられ、名前もつけられている。ただし、これには一、二の例外のあることも知られている。南半球の太陽湖(ソリス)といわれる暗い斑点は、年毎にその形や位置をかえるので注目されてきた。また、北半球低緯度にあり、大シルチスとユートピアを結ぶ弧状のネペテス運河も、今世紀はじめ頃、ローエルの時代にはごく淡い模様であったが、1940~1960年代には驚くほど濃く太くなり、現在はまた淡くなって消失してしまった。模様様の永年変化といわれている現象である。ところで1971年の大黄雲以降、これまで変化のない安定した地域だと思われたところに次々と異変が起りつつある。それを列挙してみよう。

(1) 1971年の次の接近は1973年10月中旬であった。このシーズンの観測は4月末よりはじめた。火星はまだ小さく、夜明前の地平高度の低いため、観測は不確かであるが、太陽湖付近がこちらを向いた5月下旬、すでにダエダリア・クラリタスの暗化は認められた。砂漠は海のように暗くなり、東の太陽湖と西のサイレン海をつなぎ、緯度圏に沿って長く太い暗帯を形成した。付近一帯に雲が現れては消えるのがみられた。この異変は1975年

になっても続いていて復元の徴候はまだ認められない。

(2) 1974年2月12日以降サビウス湾とよばれる赤道に平行した太い暗帯が消失し、湾の西端にあたる子午線湾と東北にあるヘレスポントゥス海峡の北端とを結ぶ太く暗い暗帯が出現した。この地帯は、1973年以降、厚い雲の層が出来、異変もこの雲による見かけのものとも考えられる。しかし、観測データを検討してみると、雲の影響だけでは説明出来にくい点もあった。この異変は1975年9月になり、この地域の雲がうすれると共におさまり、11月以降、もとの姿に復元している。短期の異変であつたらしい。

(3) ネベンテス運河一帯は、1973年以降、明るい砂漠となり、暗い模様は認められなくなった。

(4) 北半球の低緯度にある、暗くよく目につくケルベルスは、1973年の時、火星の南半球が地球の方に傾いていたため観測しにくい事情にあつたが、それでも認めることが出来た。1975年度、我々は4月上旬より観測をはじめたが、8月までは認めることが出来た。しかし、9月以降全く消失し、11月末になって再び見えはじめたが、12月初現在まだ淡く、本来の暗さに戻っていない。

(5) 南半球中緯度のサイレン海の西半分は、1975年9月下旬、異様に暗くなっていた。この状態が11月上旬まで続き、11月下旬、この地方が再び回ってきた時、全く薄れてしまっていた。このため西隣のうす明るいシンブレガデス地方が二倍くらいに拡大したように見え、大きい目玉ようになった。

以上述べた異変はこれまで知られなかった種類の変化である。この異変がどうなってゆくかは、観測によって追跡する以外にない。

異変の起る原因に関して、マリナ9号の写した火星表面の写真は面白い事実を教えてくれた。写真にはいたるところに砂嵐の跡が写し出されている。それは箒のような形をしたスプロッチの群である。場所により、白いスプロッチもあり、黒いスプロッチもある。また、付近の小さい丘やクレーターに関連したスプロッチもあれば、全く平坦な地面に出来たものもある。大シルチス湾のような、広大なよく目立つ模様も、一面に白いスプロッチに掩われている光景をマリナ9号は写し出した。火星表面には砂漠の明るい砂や、海の黒い砂があるにちがいない。それらが大黄雲に伴う強風や、気候変動に伴う各地の季節風の変化に伴って巻きあげられ、遠方に飛ばされると、表面模様に見かけの変化の起ることも考えられる。大気大循環の変動に伴って季節風が変り、半永久的とみられた模様に永年変化が起るということも考えられる。前世紀の古い観測データはすくないが、例えば1877年に公表されたグリーンの火星図をみると、ダエダリアは暗く記されており、ネベンテス、ケルベルスは記入されて

いない。これまで、古い観測は望遠鏡の性能も劣っており、余り信用出来ないと見ていたのであるが、信頼してよいように思いなおしている。現在の火星表面の地図は、丁度一世紀前のグリーンの時代に属したのであろうか。これをチェックするための雲の観測、大気大循環のパターンなどを知る手懸りのないのは残念である。

火星の地形と地殻

表面模様の異変について、これまで述べた説明は文字通り表面的な解釈にすぎない。より本質的な問題は、暗い表面模様とは何かということである。月の場合、暗い海といわれる地域は、低くて平坦である。明るい地域は起伏の多い、クレーターに掩われた高原である。地球についても同様で、海底と大陸は地殻を構成する二つの層である。地球内部のマントル物質が成分の分離を起し、硅酸のより多い玄武岩の成分が表面ににじみ出て海の層をつくったとされている。更に軽く明るい酸性岩がその上に出て大陸を形成したといわれる。地球や月と同じ地球型惑星である火星についても、この原理はあてはまるものであろうか。

レーダーとスペクトルの観測によって、我々は地表面の高低について或程度の知識を得ることが出来た。二つの方法によって求めた高低には互に矛盾した地域もあり、こまかい議論をするのはまだはやいのであるが、大局的にみても、明るい砂漠地方が必ずしも高原でなく、暗い海必ずしも低くはないらしいので問題となっている。例えば南半球のヘラスは砂漠であるが盆地である。また大シルチスは低地でも高原でもなく、斜面であるという。レーダー法もスペクトル法もあまり分解能がよくないので地形のこまかい検討は出来ないが、これらの方法で求めた高低の分布と、暗い模様との間にあまり相関関係のなさそうな点が問題となった。また、マリナ9号の撮った写真をみても、例えば、サビウス湾の地域にはクレーターが沢山あって、決して平坦ではない。

火星の地殻が月や地球のそれとは異質のものであるとすると深刻な問題を提供することになる。月や地球についてこれまで考えられてきた地殻形成の理論が疑われることになるからである。火星表面は砂ぼりをかぶって変貌しやすい。このような表面的な変化を取り除いて、なおかつ海と陸についての高低の原則が適用出来ないかどうか、まず検討してみる価値はあるだろう。

マリナ9号の撮った写真によって、火星の地形を月や地球の地形と比較してみると非常に面白い。火星の砂漠のうち、ノア大陸とエーリア大陸はクレーターに掩われていて、月の陸地そっくりである。ところが、アマゾンの砂漠にはクレータは殆んどなく、かわりに巨大な成層火山体がみられる。また陥没カルデラもある。この地域

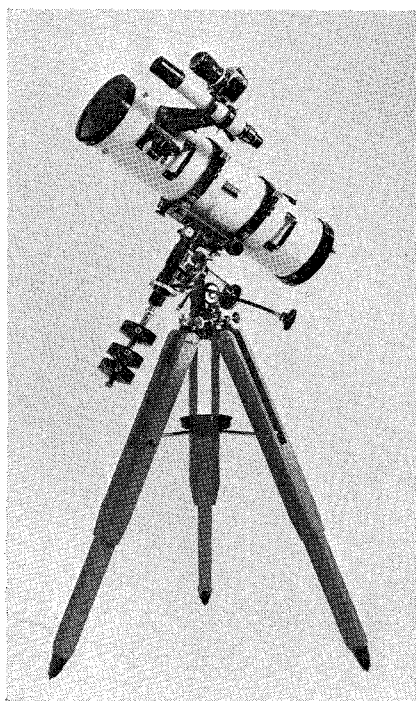
はむしろ地球の大陸に似ている。火星は大きさが月の2倍、地球の半分の惑星である。地殻の進化も月と地球の中間の段階にあるだろう。クレーターを原始地殻の特徴ある地形とすると、ノア大陸は進化のおくれた地域であり、成層火山をもつアマゾン大陸は進化のすすんだ地域だということになる。

月のクレーターが地球のカルデラや隕石孔に較べて非常に大きいことはよく知られている。火星においても地形のスケールが地球に較べて非常に大きい。アマゾン大陸にあるオリンピア山は高さが2万4千メートル、裾野の直径は500キロもある。富士山そっくりの火山であるが、スケールはまるでちがう。太陽湖の北からオーロラ湾にかけて東西に走るゴブラテス運河は火星のグランドキャニオンと緯名されているが、川幅100キロ、長さ約3千キロの大地溝である。もちろん、アメリカのキャニオンとちがって、水の侵食によるものではなく、陥没によって出来た地形である。いずれにせよ、地形のスケールの大きいことは原始地殻の特徴であろう。現在の地球の地形が小さいのは、内部にエネルギーがあふれ、地殻変動が激しく、大きい地形が出来るひまもなく破壊されてしまうことも一つの理由であろう。

火星の暗い模様は月や地球の海に相当する層であるかどうかはまだ判断出来ないが、若し仮りにそうだとする

と、火星の内部についての推測が出来る。月の場合、海は地球に向いたいわゆる表側に集中し、裏側は一面の陸地である。表面の海と陸との分布が内部におけるマンテル対流によって規制されるとすると、月面の海陸の分布は、最も単純な対流のパターンに対応するものである。火星の海は南半球の低緯度に集中し、緯度圏に並行する太いベルトをつくっている。このベルトは太陽湖のところで途切れていたが、それもダエダリアの暗化によってつながってしまった。このような海の分布は月について単純なマンテル対流に対応する。この対流から予測される分布は、南極地方が陸地、北半球は広大な大陸で、北極地方が海になる。南極地方の高低はまだ不明であるが、地形より判断して、マンテル対流論からの予測と矛盾はしていないように見える。わが地球では、中心核がよく発達して、マンテル対流は更にオーダーの高い小さい対流に変わり、それにつれて、地表の海陸の分布も、もっと複雑になり、しかも絶えず流動している。

火星は地球型惑星の一つとして、気象学のおよび地質学的に地球と関連した点の多い世界である。もう一つの接点は火星に予想される原始生命の問題であろう。火星生命の探究のため、最初のヴァイキング号が火星に向けて打上げられた。宇宙科学も新しい段階に入ったといえよう。



15cm新時代をひらく CX-150型 反射式赤道儀

D : 153mm f : 1310mm

定価 180,000円

- コンピューター設計による高性能新光学系
〈球面主鏡+補正・延長レンズ+斜鏡〉
- 鏡筒長は同等F値(F/8.5)のニュートン式
に比べ約60%に短縮
- 震動性の低減にともない、剛性・精度を保ちながら
軽量コンパクト化に成功
(組立重量 27kg)
- 短焦点化(F/5.6)用付属レンズ開発中
カタログ呈(誌名記入)

本製品は東京都知事により開発助成並びに輸出推奨品の認定を受けました。

ミザール望遠鏡

MIZAR 日野金属産業株式会社

本社/東京都目黒区碑文谷1-10-8
〒152 TEL 03-711-7751(代)
大阪支店/ TEL 06-757-5801(代)