

火星の大接近

森 本 雅 樹*

8月は15年ぶりで火星の大接近である。大接近ごとに、新しい望遠鏡で新しい観測が行なわれ、新しい発見がある。最近では、マリナーなど、一連の宇宙探測機の活躍、バルーンによる高空からの観測などで地上観測は主役の座をおりた観もないではない。しかし、地上からの観測の重要さはまだまだ失なわれてはいない。また、大接近の重要さは、地上観測のためだけではなく、バルーンやロケットからの観測にとっても火星が近くて大きくみえることは非常に大切である。

読者の中には、実際に望遠鏡で火星をみてやろうとお考えのむきもあるであろう。また、大接近を機に、いろいろと火星がニュースをにぎわすことにもなるであろう。そのようなときのために、この小文を書くしだいである。

1. 火星とは

火星は、太古から、その赤い色で、軍神になぞらえられたり、謎の惑星であった。近代になってからは、表面の模様から「運河」の存在がとらえられたり、「火星」などということになり、世間をにぎわせ、また学問的にも問題になってきた。最近ではマリナーの観測などで月と非常に似たところがあることがわかり、成因などについての議論までにぎやかである。

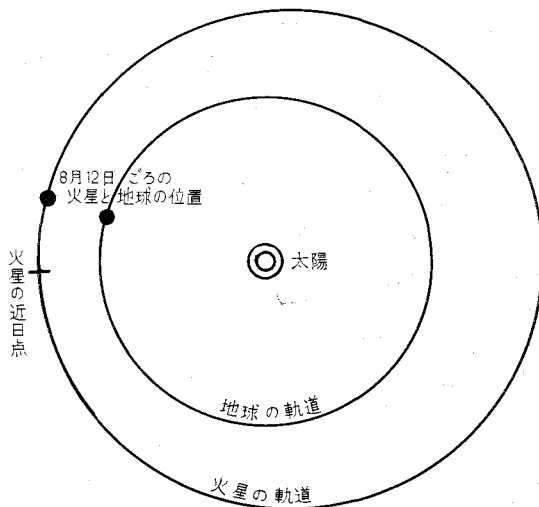
火星は太陽系の第何番目の惑星で直径何キロメートルというようなことは適当な本なり何なりを参考にしていただくとして、火星についての我々の知識がどうやって得られたかをお話ししよう。これは、多くの場合、他の惑星に対してもあてはまるので、そのつもりでお読みいただきたい。

2. 質量と半径

火星の質量は、2個の衛星の運動からきめる。衛星の軌道半径の三乗と周期の二乗の比が質量に比例する（ケプラーの法則）ので、これを太陽とくらべればよい。（地球の場合は太陽までの距離と月までの距離の比をきめるのが困難で最近のレーダー観測までは精度のよい値がえられていなかった）半径は視半径と距離からきめられる。質量は地球の約1/10、半径は約半分とされている。その結果、密度は約4 g/cm³で、地球の5.5に近い。

* 東京天文台

Masaki Morimoto: Mars



第1図 火星と地球の軌道。図のように、約15~17年ごとの9月ごろ、火星と地球は、軌道の一番近づく点で衝になる。

表面重力は地球の約1/3である。

3. 衛星

火星には2個の衛星が発見されているがいずれも非常に小さい。反射能を仮定して、明るさから半径を推定して、約5 km前後ということになっている。衛星の質量は、衛星の引力のもう一つの衛星の運動に対する摂動をしらべればわかる。木星、土星などでは衛星がかなり大きいのでこのようなことが可能であるが、火星の場合は衛星があまりにも小さくて摂動も弱く、質量は推定されていない。

この衛星系でかわっているのは、第一衛星フォボスが、火星表面から約6千キロという近いところをまわっていることである。公転周期が約8時間で、火星の自転周期よりずっとはやい。この衛星は火星の自転を追いこして1日に2回西から出て東に沈むのである。このような奇妙な運動、火星の表面に近く非常に小さいこと、軌道傾斜角が小さいこと等々をこじつけて、「大昔、火星に非常に高度の文明があって、その文明が打ち上げて使用していた宇宙ステーションでは」などという説さえあられている。

4. 温度と大気

惑星の表面温度は、入ってくる熱（太陽光線を吸収す

る部分)と出て行く熱のバランスできる。

(入って来る熱) = (太陽光線) - (反射光)

である。太陽光線の強さは太陽から火星までの距離からわかり、反射光の強さは火星の明るさからわかる。

(出て行く熱) = 定数 × (表面積) × (温度の四乗)

というステファン・ボルツマンの法則で、「定数」は測定されている。表面積は半径からわかる。で二つの式から惑星の表面温度がきまる。こうしてきめられる温度はいわば「熱収支」の温度で、火星では約 250 度 (絶対温度、以下 K と書く) である。

実際問題としては、火星の表面でも場所 (極とか赤道とか) により、また時期 (昼夜・夏冬) によって変化があるので簡単にはいかない。温度の測定は、赤外線または電波で行なわれる。赤外線は、「出て行く熱」を直接はかることに相当し、強さが温度の四乗に比例する。電波では (レーリー・ジーンズの法則によって) 強さが、温度に比例する。

上記の「熱収支」温度、それに観測された温度 (赤外と電波) が一致すれば話は簡単であるが、実際には三つは一致しない。多くの場合、電波ではかった温度が一番高く、赤外、熱収支の順番になる。後二者の差は少ない。これは次のような事情による。

(入って来る熱) は、太陽光線が大気を通して惑星の地表まで達し、地面を暖める。ところが惑星の大気は赤外線にはかなり不透明なので出て行く熱の方は大気はかなり上の方の温度できまる。つまり、熱収支できまる温度は大気はかなり上の方の温度をあたえる。地表から大気はかなり上の方に熱を伝えて、そこから赤外線が逃がすために、地表の温度はそれよりもかなり高くなってしまふ。赤外線は大気と温度を与えるが、電波は大気を透す

ので、地表の高い温度を与えるわけである。火星の場合は、赤外は昼の温度、電波は自転のため昼夜の平均を与えるので、この関係は逆になってしまう。

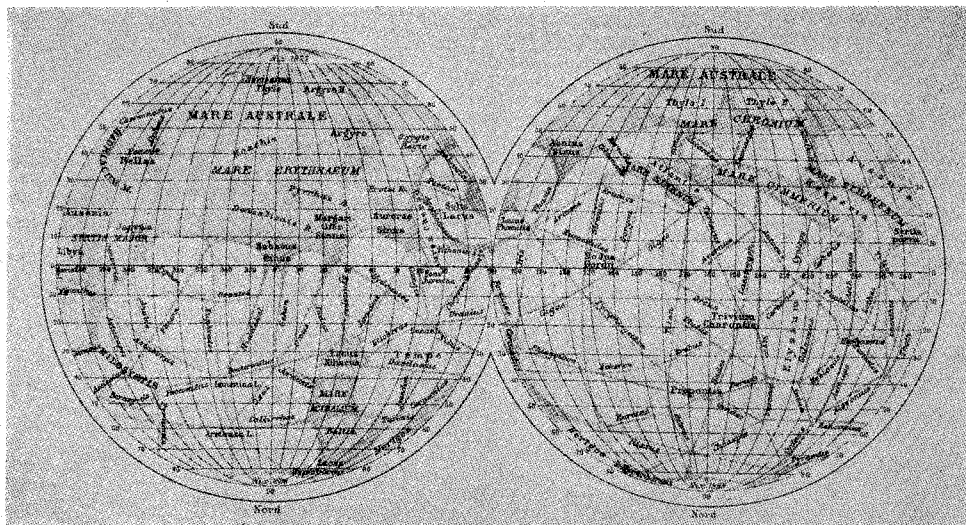
5. 空気はあるか

空気のあるなしについても、理論的と観測的と二通りの考え方ができる。

観測的には、金星、木星、土星のように一見してわかるほど濃いものもあれば、火星のようにうすいものもある。最近では、マリナー IV, VI, VII 号によってかなりくわしく観測され、炭酸ガス、一酸化炭素や氷の霧のようなものまで検出されている。また、火星の向う側にマリナーがかくれるときに、マリナーからの電波の変化から、電離層の存在なども知られている。表面気圧が約 6 ミリバールという非常にうすい大気である。

理論的に考えるときには、温度の場合と同じで、大気の供給と逃散とのバランスを考える。供給としては、地球のような場合は地中の高熱で岩石が分解する (火山活動)、海水が蒸発する、などがあるが、火星の場合これはもう止ってしまったと考えてよい。逃散のみを考えればよい。

大気をつかまえているのは惑星の引力でこれは簡単に計算できる。逃げる原因は空気の分子の熱運動である。ある温度の気体の分子は、平均として温度の平方根に比例し、分子の重さの平方根に反比例する速度で運動している。平均からずれた速度をもった分子もあり、その中で、惑星引力からの脱出速度をこえたものが外界に逃げて行く。たとえば、地球の大気に殆んど水素がないのは酸素など他の原子と結合してしまうことにもよるが、もしあったとしても分子量が小さいために逃げやすい。ま



第2図 スキアパレリが 1877~88 年に作った火星地図

た、水星に大気がないのは水星が小さくて引力がよわく、また太陽に近くて温度が高いためである。

6. 火星の夏冬

火星の赤道面は、軌道面に対して約 23° 傾いているので、地球とおなじような四季の変化がおこる。大気がうすいので熱をためたり、季節風として、ばらまいたりすることが少ないから、四季の変化は地球とくらべてずっとはげしいと思われる。

更に、火星ではもう一つの要素がある。それは太陽からの距離が変化することである。火星の軌道は離心率が 0.093 で、地球の 0.016 とくらべてずっと大きい。すなわち太陽からの距離が約 2 割変化する。それによって太陽からの熱は約 4 割変化するわけである。太陽に近いときに夏になる。北半球は、南半球とくらべてずっと気候の変化がはげしいと考えてよいだろう。

地球の場合は、北半球の冬が、地球が近日点に来たときに起るが、上記の通り距離の変化は 3% 程度なので問題にならない。

7. 表面の模様

木星、土星にあっては、最も顕著な表面の模様は大気のじゅんかんによる横縞である。地球も、外からみると、雲の分布が最も顕著な模様になっている。

一方、大気のない月では、あばた模様や海など、すなわち、「地形」が顕著な模様となっている。

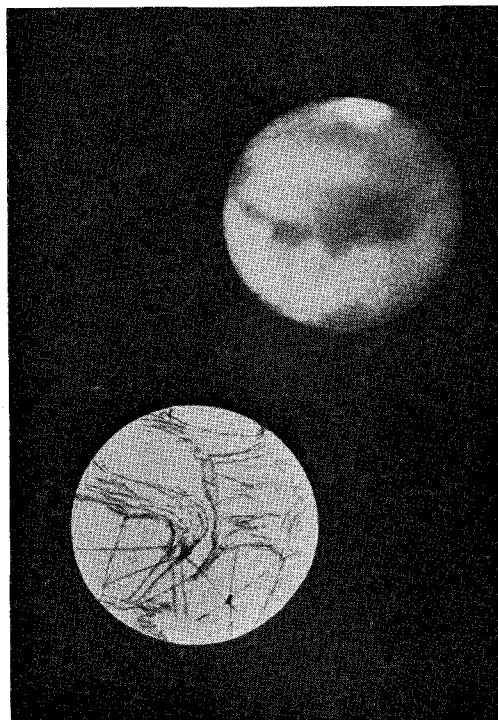
火星では、大気が非常にうすいので、月の場合とおなじく、地形が模様の原因として観測されと考えられる。しかしまた、大気はうすくても、上にお話したように気候の変化がはげしいので、大気の活動も活発であろう。そこでこのような大気の活動に起因する模様も観測されてもおかしくはない。

火星面上に観測される明暗の模様は殆んど変化がなく、これが地形に起因するもので、時に発生してニュースをにぎわせる黄雲や、冬半球の極地方にあらわれる極冠が、大気存在によって生ずる模様であることは言うまでもない。

火星までの距離が遠いので、明暗の模様がどのような地形に対応するものかは長い間明らかでなかった。陸地と海、砂ばくと湿地、不毛地と植物のしげった地帯、などいろいろと取沙汰された。

こまかい模様、特に、俗に「運河」とよばれる線状の模様は、時によって見えたりよく見えなかったりする。これが、観測条件とか眼の錯覚などによるものとの考えもあったが逆に、時によって実際に変化するものであると考えた人たちも多かった。

最近の、一連のマリナーの飛行によって、火星は月と



第3図 ウィルソン 100 吋望遠鏡でとった火星の写真とベティのスケッチ（ハッブルのレクチュアより）

非常によく似たクレーターを主とした地形を持っていることがわかり、模様も、このようなものが原因であると考えられるようになった。すなわち、暗い部分が月の「海」にあたる地形で、明るい部分が月の「陸」にあたる地形というわけである。例の「運河」も、少なくともそのかなりの部分は、クレーターの連鎖のようなものと考えてよさそうである。

「運河」は、御承知の通り、高度の文明と結びつけて考えられたことがあった。これをハッキリみようよと、富豪ロウエルは、大気のすみきったフラグスタフに天文台を作った。この天文台は現在でも活躍しているし、シーイングの良さでは定評があるということである。1947 年、パロマーの 200 吋望遠鏡の完成を前にして、ハッブルは、この 200 吋望遠鏡の果すべき、三つの重要な役割の第一に、火星の運河の写真をとることをあげている。

「運河の本質はクレーターの連鎖」というのも、まだキチンときまらなかったのではない。運河がみえたり見えなかったりするの、単に観測条件か、それとも、季節、日照などによるちがいを反映しているものなのかといったことをハッキリさせなければいけない。

クレーターの存在が明らかになったことによって、火星の構造も月とくらべて論ぜられることになるだろう。

大気の現象としての黄雲などの本質はよくわかっていない。極冠は、氷であろう（何の水かは別として）という昔からの考えは、マリナーの写真によってたしかめられた。マリナーのとった極冠の写真は、新聞などでみられた方も多いと思うが、雪をいただいたクレーターといった感じの実に見事なものである。大気中に炭酸ガスが検出されていることなどから多分、ドライアイスの雪ではないだろう。

8. 火星人はいるか

火星には、大気もあり、大きさ、自転速度、赤道傾斜などいろいろな意味で地球と似ている。「運河＝火星人」といった飛躍をしないでも、生物が存在するかもしれないと考える理由は大いにあるわけである。

火星の「海」といわれる部分の色が、地上のある種のコケの吸収し発散する光とスペクトルが似ているとか、スペクトルに葉緑素のバンドを発見したとか、いろいろの考えや観測の試みがされてきた。その中でも、一番大がかりで、まじめな観測は、1962年に行なわれたカリフォルニア大学のウィーバーたちの赤外スペクトル観測であろう。

地球大気による吸収をさけるために、36時の望遠鏡を気球で地上25キロの成層圏に上げた。検出器は、赤外線分光器と、ゲルマニウムボロメーターである。ボロメーターは液体ヘリウムで冷却されている。地上での実験でもおっくうな液体ヘリウムを無人の気球上で使うので

ある。

地上にいくつかのコマンドステーションをおき、上空から送られて来るテレビ信号にもついで望遠鏡をガイドし、火星の赤外スペクトルがとられた。結果は葉緑素ナシと出たようである。

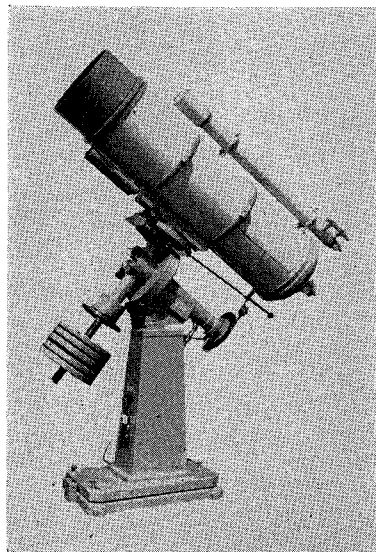
この観測の指揮をしたウィーバー氏は、恒星運動の研究などで有名な人であるが、26メートルの電波望遠鏡をそなえて、OHの線スペクトルで大発見をしたり、大変おもしろい手のひろげ方をしている人である。

さて、火星人はいるかの質問であるが、答は、残念ながらノーである。マリナーの観測により大気が非常にうすく、環境はむしろ月に似ているように思われる。非常に下等な生物ならともかく、高等生物の住む可能性はまずないといってよい。

しかし、過去においてどうであったかとなると話は別である。

火星の大気はほろびゆく大気であるとお話したが、それならば昔はもっと濃い大気があったかもしれない。そうなれば、表面温度のところで話した「温室効果」によって、表面はかなり温暖であったかもしれない。生物も、もっと住みやすかったかもしれない。

昔、火星にどのくらい濃い大気があったかは謎である。しかし、火星に探測機が軟着陸するようになれば、先ずしらべられるのは、生物または生物の存在したあとであろう。これはそんなに遠いことではないだろう。



天体望遠鏡
ドーム、製作

西村製の天体望遠鏡

40 cm 反射望遠鏡の納入先

- | | |
|--------|---------------------|
| No. 1 | 富山市立天文台 |
| No. 2 | 仙台市立天文台 |
| No. 3 | 東京大学 |
| No. 4 | ハーバート大学 (USA) |
| No. 5 | ハーバート大学 (USA) |
| No. 6 | 台北天文台 (TAIWAN) |
| No. 7 | 北イリノイズ大学 (USA) |
| No. 8 | サン・デューゴ大学 (USA) |
| No. 9 | 聖アンドリウス大学 (ENGLAND) |
| No. 10 | 新潟大学高田分校 |
| No. 11 | ソウル大学 (KOREA) |
| No. 12 | 愛知教育大学(刈谷) |

606 京都市左京区吉田二本松町 27

株式会社 西村製作所

TEL. (075) 771-1570
691-9580