

地球型惑星の地殻

宮本正太郎*

1. 月のクレーターが隕石の落下によるものであるか、または陥没・カルデラのような火山性の地形であるかという有名な論争をはじめ、月の地形についての論議は増々活発になりつつある。昨年の夏、マリーナ4号が火星の表面にもクレーターのあることを発見してから、クレーター論争は火星世界にも飛火した恰好になった。ここでは月、火星、地球の、いわゆる地球型惑星の地殻について、基本的な問題を取上げてみたいと思う。

地球型惑星のもっともよく知られたサンプルとして、地球の地殻について考えてみよう。地球の場合、表面近くの岩石は手にとって調べることができるし、さらに深いところは地震波の観測からかなりのことがわかる。普通モホロビッチ不連続面より上を地殻と呼んでいるが、これは大別して2つの層に分れている。黒く重い玄武岩質の層が下にあり、その上に花こう岩質の大陸塊が浮んでいる。地殻が2種類の岩石層からなっていることは、おそらくマグマが冷え固まるとき分離するからであろう。酸性岩（花こう岩）と塩基性岩（玄武岩）の分離は地殻形成の原因でもあり、大陸塊が盾状地を中心として次第に成長していることからみると、現在でも進行しているものと思われる。

酸性岩と塩基性岩ではマグマの性質が違うため、著しく異った地形ができあがる。月や火星の場合、現在のところ岩石を手にとるわけにゆかないので、地殻の研究には地形の判断（モルフォロジー）が重要な手懸りになる。大陸の地形については、誰でもよく知っていることであるから省略して、玄武岩質の地形について少し述べてみたい。

2. ハワイ群島の一番南にあるハワイ島では、玄武岩質の溶岩が活動している。同じ火山活動といっても、わが国の火山とは全く様子がちがう。溶岩の流出は頻繁であるが、比較のおとなしく、爆発的ではない。粘性のすくない溶岩が地割れからにじみ出て拭り、次第に山体を形成する。それは富士山のようなけわしい山ではなく、裾野の広い、丘のような形の山になる。ハワイ島のマウナ・ロア山は海拔4170mで富士山より高いのであるが、スロープは全く緩やかであり、山とは思えない。裾野の広さは富士の16倍くらいある。もし地下の地質が弱いか、または地殻そのものが薄いかなれば、山の重さを

支えることができず、月のクレーターのような巨大な陥落地形となるであろう。

3. 太平洋の海底も近年調査が進んでいる。ここにも玄武岩質の地形の特徴がみられる。北太平洋に多い海山はマウナ・ロアを海底に沈めたようなものである。

カリフォルニアからその沖あいにかけて、陸地も海底もゆるやかに隆起しつつあるらしい。そうして東西方向にのびる長い断層が数本できていて、北米の海岸から沖にのびるものはメンドシノ断層他6本あり、ハワイの近くまで延々と続いている。断層線を堺にして北と南で高さ（または水深）が500~1500mもちがっている。地磁気の分布から調べてみると水平方向にも地すべりをしており、最もひどいところで750km（ミューレー断層）のずれが起っている。月面「雲の海」にみられる直線断崖や、「静の海」にある二本の断層に匹敵する雄大なものである。

4. 地球の場合、地表の起伏を支配する原動力として、マントル内の対流説が提唱されている。対流説のはしりはA・ウェーゲナーの大陸漂動説とみてよいであろう。太西洋をはさんで南北アメリカとヨーロッパ・アフリカの海岸線が並行して走っていることは、古い時代にあった1つの大陸塊にひびが入り、離れていったことを憶測させる。これが根拠のうすい思い付きにすぎないといつて反対する地質学者が多かったのであるが、近年また復活してきた。古い時代の岩石に残っている磁気から磁極の位置を求めてみると、先カンブリア時代、カリフォルニアにあった磁極が太平洋の真中を通り、日本の東をすぎて現在の北極まで移行している。力学的に地球の自転軸が大きく向きを変えるということは考えにくいとすれば、見かけの極の移動は大陸塊の漂動で説明する方が無理がない。またアフリカ、南米、オーストラリアにみられる古い時代の氷河の跡も、これらの大陸が南極の近くにあったことを暗示している。

カリフォルニア沖の隆起、南太平洋のダーウインライズ、多くの海溝、ヒマラヤ高地の褶曲山脈、アフリカ大陸の東部にのびる南北方向の大構造線など、地表の起伏の多くの原因がマントルの対流によって説明されようとしている。マントルの対流はマグマの分離と密接に関連した現象であるが、月や火星の場合はどうかであろうか。よく知られているように、月の裏側は一面の陸地で、海は表側に集中している。また火星では赤道より少し南によったところに海が分布し、一つのベルトをつく

* 京大理

S. Miyamoto; Crust of the terrestrial planets.

っている。対流理論からいうと、対流の吸込み口には陸地がひきよせられ、吹出し口は海となる。月の場合は中心核がなく、内部全体が1つの対流の帯になっているときに相当する。表側の半球は全体として対流の吹出し口になり、裏の半球は吸込み口になっている場合、表は海、裏は陸地になる。また小さい中心核を持ち、対流のパターンが3つの対流帯にわかれると（ハーモニックスのオーダー3に相当）火星のように海のベルトができ、しかも赤道より少しずれたところに現れる。地球のように大きい核をもつ惑星ではオーダーが4以上になっているらしく、このことは、G. J. ブルアンスなどの解析によって明らかにされている。月や火星の場合、現在マンツルの対流があるかどうかは明らかでない。しかし、地殻に海と陸との2つの層がみられ、マグマの分離が考えられる以上、少くとも地殻形成の昔には対流があったものと見てよいのではなかろうか。

5. 月の海の岩石については、レインジャー 7~9号の近接写真観測、月面において写したルナ9号の写真が新しい資料をもたらした。筆者がこれまでに知ることのできた岩石学、火山学の専門家の意見はすべて一致しているようである。ルナ9号の写した嵐の大洋の表面は明らかに塩基性のマグマで、しかもアア型のものであるらしい。ルナ9号の写真の解像力はミリメートルのオーダーといわれているが、レインジャーの場合は20cmまでであった。レインジャーの写真はルナ9号のものよりもっと大スケールの地形をよく見せている。海の表面は予想外に平坦で、直径100~500mまたはそれ以下の浅い柔い感じの凹みに掩われていることがわかった（これを「えくぼ」ディンプル・クレーターといっている）。K. フォン・ビューローによると、これはアイスランドの玄武岩質溶岩平原にみられる凹みと同じであるという。

海の表面の様子は以上のごとく、かなり詳しく判ってきたのであるが、陸地の近接写真はまだ得られていない。レインジャー 7~9号がかなりの高度から撮ったグランベル、リッター、サビーネ、アルフォンス、ゲーリケなどのクレーターはまだ解像力が十分でないが、それでも地球からの望遠鏡による観測よりこまかいものが見えている。これらのクレーター内部には無数の亀裂、溶岩の流れ出して固ったあとが見られる。

レインジャー、ルナ9号の写真観測によって知られたもう一つの重要な事柄は、隕石や岩石の破片がどこにもなく、また宇宙塵の層も見られなかったということであろう。

6. 火星の地殻については、今のところマリーナ4号の資料があるだけである。マリーナ4号のカメラはプロポンチス地方からはじまり、フレグラの西、アマゾン大陸の東部を経てサイレン海、フェートンティスに至る地帯

を22枚の写真に収めた。火星の表面にも無数のクレーターのあるということはセンセーショナルな発見であった。写真の解像力は最も火星面に近いところで数kmの程度であったから、まだ十分とはいえないが、月のクレーターに較べると、かなり侵食をうけた跡がみられる。また陸地と海とではクレーターの形態に相異が認められる。

マリーナの写真に運河が写っているかどうかということも問題になった。筆者のみるところでは、カメラがエレブス運河をとらえており、その正体は多くの人の予想通り地殻の構造線であるらしい。酸性岩の大陸塊に構造線はつきものである。月の陸地も構造線の網目によって掩われていることは良く知られているが、地球や火星のようによく発達したものはあまりみられない。地球の場合アフリカから紅海・地中海にかけての大構造線は、地球内部のすさまじいエネルギーと対流の存在を物語るものであろう。火星の運河網も構造線だとして、これがかなり明確である理由は火星大気の大循環と、それに伴う侵食作用の特性によるものと思われるが、詳細は省略する。

7. 以上、地球型惑星の地殻について近年の研究をいくつか拾ってみたが、基本的事項についてさえまだ明確でないことが多い。これらの事実から筆者の予想するところを述べると、地球型惑星の地殻は進化の程度の差はあるにせよ同質のものであり、そこにはマグマの分離が起り、陸と海が同質の地形を形成しているということであろう。クレーターというものは原始地殻特有の地形で、このようなものを形成するだけのエネルギーは十分にあったと見られる。しかし現実存在する月のクレーターが、はたして火山性のものか、または隕石落下によるものかという判定はまだ根拠になる事実が見出されていない。仮りに月面に2種類のクレーターがあると仮定しても、それを判別する地形上の特徴はまだ発見されていない。

いろいろの隕石説のうち、シューメーカーの研究は最も秀れている。隕石が月面に衝突すると、それは一旦地下深く潜り、そこが衝撃波の中心となって周囲の岩石を破壊し、クレーターの地形をつくるのだという。こうなると、マグマの爆発と話が非常に似てくる。筆者は先年ニューヨークで開かれた月面地質学会のとき、多くの地質学者が月ではなく、地球上のクレーターについての調査の結果を議論しているのを面白く感じた。アリゾナのパーリンガークレーターのように付近に沢山の隕石片の散らばっている場合は問題ないが、多くの場合、ボーリングをやってみても、そのクレーターが火山性のものか隕石坑であるか判断のできない場合が多いということであった。