

# 西はりま2 m望遠鏡で金星に活火山を探す

はしもとじよーじ

## 1 火山がおもしろい

太陽系には火山がたくさんあります。これはボイジャーをはじめとする探査機が明らかにした事実のひとつです。探査機が撮像した惑星・衛

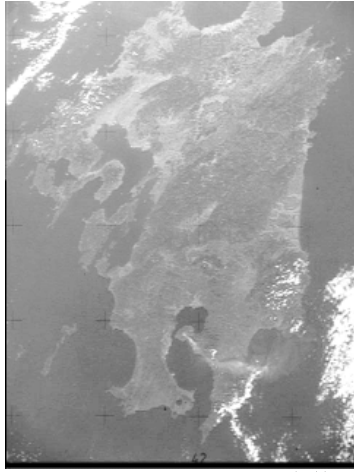


写真1：地球の活火山。スカイラブがとらえた日本の九州。活火山の桜島から噴煙が上がっているようすがわかる（画像提供NASA）。

星表面の高解像度画像を見ると、火山の活動によって形成されたと考えられる地形を多数見つけることができます。そしてこれらの火山は科学的に有用な情報を産み出してくれる、とてもありがたい存在なのです。

火山を研究することになるいろいろなことがわかるのですが、いちばんおもしろいのは地面の下がどうなっているのかわかることで

す。そもそも火山とは地下にある熔岩（ようがん）が地表に噴き出してできた山なので、火山を調べると、どんな種類の熔岩が、どんなふうに、どれくらい噴出したのか、といった情報を得ることができます。そして熔岩はもともと地下にあって、熔岩の生成した地下の状態を推測することができるとのことです。例えば熔

岩の種類というのは、熔（と）ける前の岩石の組成と、岩石が熔けたときの温度・圧力によって決まります。だから噴き出した熔岩の種類から、地下の岩石の組成や温度・圧力といったもの

を推定することができます。また噴火の様式は熔岩に含まれる水蒸気や二酸化炭素といった揮発性物質の量で決まりますので、噴火の様式から熔岩に溶け込んでいた揮発性物質の量がわかり、そこから天体（惑星・衛星内部にある揮発性物質の量を推定することができます。このように、地表にある火山を見ることで普通には見ることのできない地下の

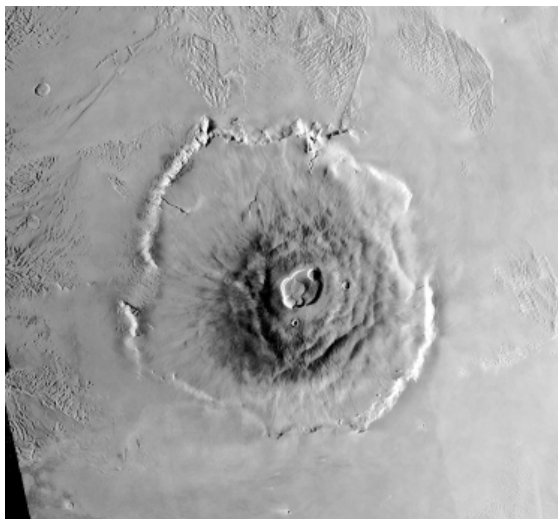


写真2：火星のオリンパス火山。太陽系で最大の火山。現在は活動していない死火山である（画像提供NASAとNSSDC）。

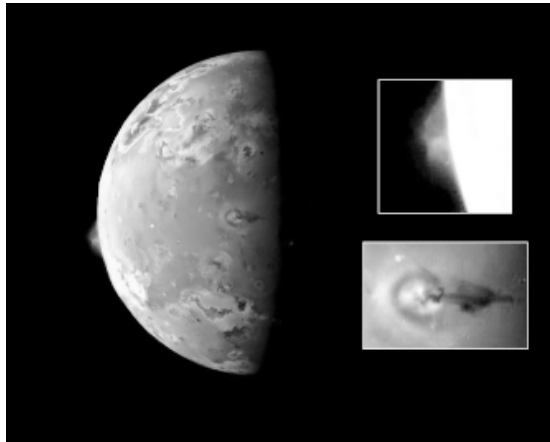
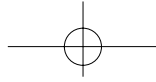


写真3：木星の衛星イオの火山。ボイジャー探査機によって火山噴火の噴煙が撮像され、活火山が存在することが明らかとなった(画像提供NASAとJPL)。

様子がわかることは、火山研究の大きな魅力のひとつなのです。

## 2 火山活動と熱史

太陽系で火山はありふれた存在ですと書きましたが、実はそれら火山のほとんどは現在活動していない死火山です。すなわち昔の太陽系ではいたるところに火山活動があったの

に、現在はそのほとんど全てで火山活動が停止しているのです。熔岩を噴出するなどの活動も現在もしている活火山の存在は、これまでのところ地球とイオ(木星の衛星)だけでのみ確認されているにすぎません。現在の太陽系で活火山は非常にめずらしい存在なのです。

火山活動があるかないかというところは、天体内部の温度によって決まるものと考えられています。温度が十分に高く熱い天体では岩石が熔けて火山活動が生じますが、温度が低く冷たい天体では岩石が熔けないので火山活動もないという理屈です。この理屈に従えば、火山の活動した年代を見ることで天体内部の温度変

化の歴史を知ることができます。この温度変化の歴史は熱史と呼ばれ、多くの研究がなされている重要な問題のひとつなのですが、火山はこんなことにも関係しているのです。

## 3 熱くなる理由

天体の温度が時間とともに変化するのには、いろいろな原因があります。宇宙空間にある固体物質を見てもみると、そのほとんどは低温で岩石が熔けるような高温のものはまずありません。これは宇宙というのが元来冷たい空間であり、熱い物体を置いておくと自然に冷却して冷たくなってしまう場所だからです。したがって冷たいのが当たり前のところに火山活動があったりするということは、なんらかの機構によって天体が加熱されたことを意味しています。天体を加熱する機構はいくつか存在するが、

重要なのは、(1)重力エネルギーの解放、(2)放射性元素の壊変(かいへん、こわれること)、(3)潮汐加熱、の3つと考えられています。

(1)は天体が形成されるときに働く加熱機構です。天体は微惑星と呼ばれる10km程度の岩石の塊が衝突合体することによって形成されたと考えられていますが、この衝突合体の際に衝突のエネルギーが熱と



図1：重力エネルギーの開放による加熱。

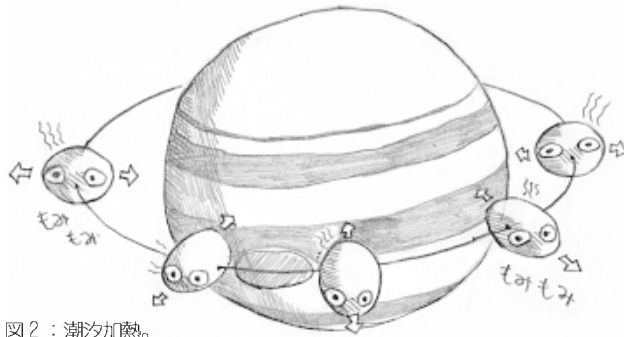
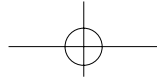


図2：潮汐加熱。

なって天体を加熱するのです。太陽系内の天体の形成は45億年前までには終了したと考えられますので、この加熱機構が働いたのは45億年前までということになります。

次に(2)は放射性元素が存在するときに働く加熱機構です。放射性元素とは自然に核分裂などを起こし

て壊変する元素のことで、壊変の際に熱を発生するので加熱源となります。放射性元素は主に超新星爆発などによって合成されますが、惑星や衛星の内部で合成されることはありませぬ。したがって惑星や衛星に含まれる放射性元素は時間の経過とともに壊変して減少していき、その発熱量もだんだんに減っていきます。

これら(1)と(2)の加熱機構はどちらも、過去に天体を強く加熱し現在は働かないか、働いても弱い加熱しかしないものです。したがってこれらの加熱機構で天体を加熱したならば、天体は過去の方が熱いということになります。この傾向は、火山活動が過去には多くあったが現在はあまりないという観測事実と定性的に一致しています。ちなみに計算してみると、重力エネルギーの解放による加熱の強さは天体が大きくなるほど大きくなります。一方、冷却は単位体積当たりの表面積が大きいくほど速くすすみますので、天体は

小さいものほど速く冷えることとなります。すなわち、天体は大きくなるほど強く加熱され冷却しにくくなるのです。したがって太陽系における最大の固体天体である地球に活火山が存在する理由は、地球が大きく今でも形成時の熱を失っていないためであるとして説明することができ

るのです。しかしこれではイオの活火山を説明することができません。イオは決して小さい天体ではありませんが火星はもちろん水星よりも小さい天体です。火星や水星には活火山が存在しませんのでこれらの天体はすでに冷えてしまったと考えられますが、火星よりずっと小さいイオに活火山があることは矛盾になります。したがって大ききで形成時の熱の保持が決まるとする理論が正しいとするならば、イオに活火山をつくりだす全く別の機構が存在しなければなりません。そこで注目されるのが(3)の潮汐加熱です。これは強い重力の影

響によって天体の形が歪んだり戻ったりするとき、歪みのエネルギーが熱に変換することによって生じる加熱です。イオは木星の強い重力の影響下にあるためこの潮汐加熱が強く働き、その結果として活火山の活動が維持されていると考えることが出来ます。サイズの小さいイオに活火山が存在する理由は、その火山活動の源となる熱が地球のそれとは全く別の機構によって産み出されていることにあるのです。

**4 西はりま天文台で金星観測を**  
ここでようやく金星の登場となります。先に活火山の存在が確認されている天体は地球とイオだけと書きました。つまりこれまでの観測で金星に活火山は確認されていないのです。しかしこれは金星に活火山が存在しないことを意味するわけではなく、たんに金星の活火山を調べる方法が今までなかっただけのことなのです。金星はその全面が雲で覆われ

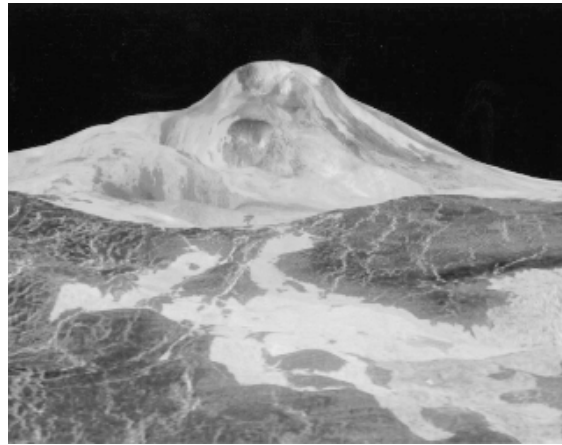
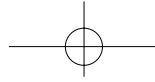


写真4：金星のマート火山。金星にも火山は発見されているが、活火山であるかどうかは、まだ明らかになっていない（画像提供NASAとNSSDC）。

ていまずので外から地表を見ること  
が、しく、金星の雲の下に活火山が  
あったとしてもそれを見つけないこと  
ができなかったというわけなので  
す。しかし金星の大きさが地球と同  
程度であることを考えれば金星に活  
火山があっても不思議はないわけ  
で、熱史の問題を考えるためにも金  
星に活火山があるかどうかをはつき

開かれました。そして第一が西はり  
ま天文台の2 m望遠鏡です。火山の  
ように小さいものを観測するために  
は高分解能の観測をおこなう必要が  
あるのですが、これまで地上にある  
望遠鏡ではこの要求を満たすことが  
できませんでした。しかし西はりま  
天文台の2 m望遠鏡がその性能を発  
揮すれば、この活火山探索をおこな

りさせることは重  
要なことなのです。

ところでこれま  
で観測する方法の  
なかった金星の活  
火山探索ですが、実

は最近になって観  
測することが可能  
になりつつありま

す。まず第一は雲を  
通して地面を観測  
する方法が発見さ

されたことで、これに  
よって活火山を探  
索するための扉が

うのに十分な高分解能の観測が可能  
となるでしょう。そういうわけで、  
もしかしたら世界ではじめて金星に  
活火山を発見するのは西はりま天文  
台になるかもしれないのです。

（はしもと・じょーじ・東京大学気  
候システム研究センター）

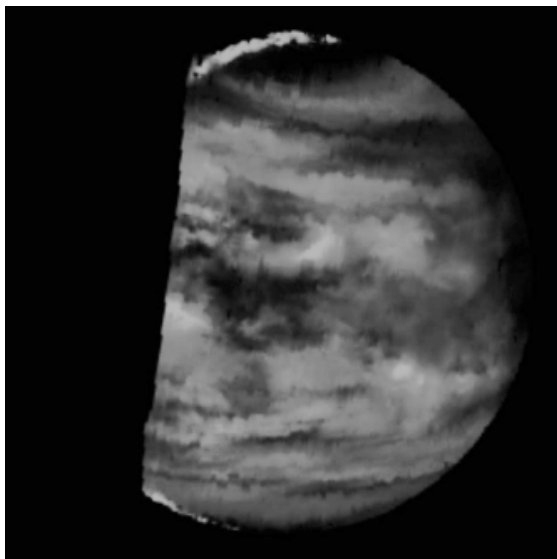


写真5：（右）イオの赤外線画像。赤外線波長で撮像すると、  
活火山のある場所が明るい点となって現われる（画像提供NA  
SAとJPL）。（上）金星の近赤外線画像。模様は雲の  
厚さが場所によって違うことを表している。連続的に観測して  
雲の厚さが変化することによる影響を取り除けば、イオの赤外  
線画像と同様に、活火山のある場所を明るい点として観測する  
ことができる（画像提供NASAとNSSDC）。

