

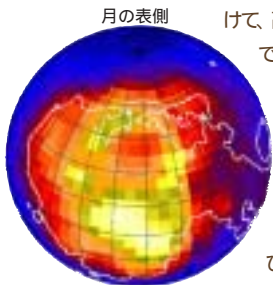
アポロ16号が持ち帰った月の石(左)、デカルト高地から採取されたもので、白っぽく見える斜長岩からできている。上は偏光顕微鏡で観察した様子。斜長岩は隕石衝突で破砕、変形した姿になっており、月表面に隕石が衝突してこの石ができたことを物語っている。



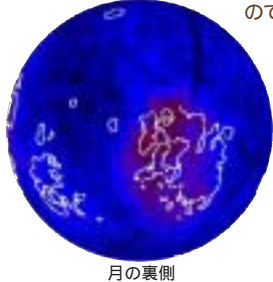
月の起源や、表側と裏側の違いがわかります

人類が初めて月に降り立ったのは1969年7月20日。アポロ計画より前には、月はチリが集まってできているという説もあったが、実際に月面を調べてみると、溶岩がかたまってきた岩石でできた天体であることがわかった。月は地球と同じように岩石からできているが、地球と比べて構成成分が単純である。アポロ計画で地球に持ち帰った石の総量は約400kg。採取した場所は、月の表側6か所しかない。

地球には、岩石、土、砂、粘土など、さまざまな性質の地面があるので、採取する場所によって、劇的に質が変化する。地球と同じように月を見ると、たった6か所だけの調査でわかることなど何もないと考えてしまいがちだが、月は地球に比べて地質がとても単純である。月の地形は、大きく分けて、高地と海の2種類で、高地は95%が斜長岩で、海はほとんど溶岩からなっている。

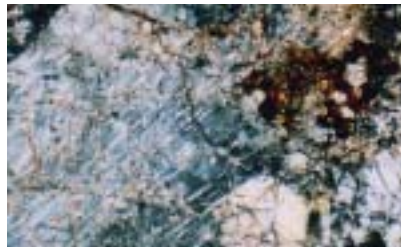


月の表側



月の裏側

月における鉄の分布(上)、クレメンタイン探査機が調査したもので、赤くなっている部分がトリウムの分布が多い地域。月の表側に鉄の多い地域が集み、裏側にはトリウムがほとんどないことがわかる。右の写真は、2006年にオマーン砂漠で発見された月隕石の偏光顕微鏡写真。鉄やトリウムが少ないので、月の裏側からのものと見られる。



大阪万博のアメリカ館に展示された月の石。アポロ11号が持ち帰った静かの海で採取された溶岩。囲みはアポロ11号での有人月探査の様子(下)とアームストロング船長が残した月への第一歩(右)、足跡がくっきりと残るのも月の砂の特性。



月の石からわかること。

高度経済成長に沸いていた1970年。この年に開催され大盛況だった日本万国博覧会(大阪万博)中、中でも注目を集めたのが、アポロ11号が持ち帰った月の石だった。その石から、いったいどんなことがわかったのだろうか？

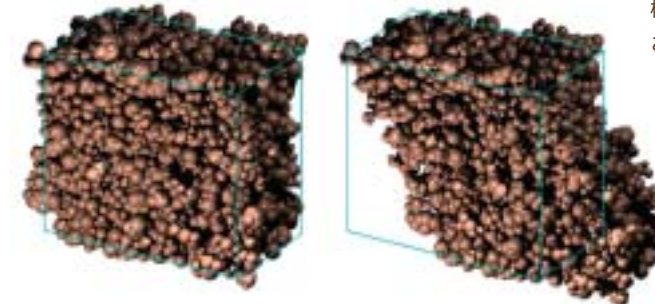
協力 / 千葉工業大学現代GP・東京大学名誉教授 武田弘 筑波大学システム情報工学科准教授 松島巨志 文 / 荒船良孝 写真 / NASA

「持っている岩石片の1つ1つが周りの地殻を代表しているのです」と武田弘・東京大学名誉教授は説明する。アポロ計画で手に入れた月の石も地殻が混じり合っていて、もともとの地殻がきれいに残っていたのは一握りだった。月は約45億年前にできたといわれているが、それを証明したのは、ほんの2、3個程度の石だった。研究者たちは、アポロが持ち帰った石や、月からの隕石をていねいに調べ、月の起源や成分を探っている。

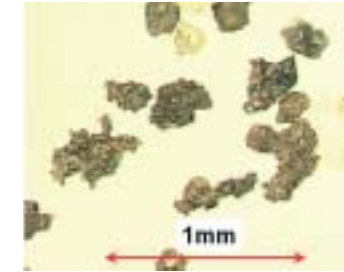
また、最近の探査機による調査より、地球から見える月の表側と、見えない裏側では化学組成の分布が異なっていることもわかってきた。2006年には、武田氏が、月の裏側から来たと思われる隕石について報告している。表側は、大きな海があり、鉄やトリウムの多い特異な地域で、裏側は40億年より前にできた、もともとの月の地殻が表面に残っている可能性が高い。今後、実際に月の裏側の石を手に入れることができれば、月がどのようにできたのかが、より詳しくわかるのである。



カタログ化したレゴリスのデータを元に、コンピュータ上で再現したもの。再現したデータを元に、レゴリスにいるいるな力をかけたときにどうなるのかシミュレーションすることで、レゴリスの力学的な特性を調べることができ。下は四角いものを平行四辺形に変形させるせん断試験の様子。



月面再考 01



月表面を覆っている砂(レゴリス)(上)とレゴリスをマイクロX線CTにより測定し、デジタルデータ化したもの(右)。レゴリスにはアグレーネイトといういびつな形をした粒子が最大で65%含まれていることがわかってきた。これは微小隕石が衝突したときに発生した熱で、岩石のかけらが溶けて固まったものと言われている。



世界初、レゴリス3Dカタログ作成！

現在、アメリカは2018年までに宇宙飛行士が月に再び降り立ち、2022年には月面基地をつくらうと計画を進めている。これまでは、月の起源や資源探索などが、月への主な関心事だったが、現在は、月の砂を用いた材料開発や地盤強度などの工学的な知識への関心も高まっている。「基地をつくるためには地盤について知らないといけない。基地の材料は土からつくり出すし、基地ができてそれを支える地盤が壊れてしまつては困るからです」と筑波大学システム情報工学研究科の松島巨志准教授はその理由を語る。

松島氏は、地盤を構成する土の粒の情報から、どのくらい力をかけると地盤が変形するかという情報を得る地盤工学の専門家だ。月面探査車の研究グループに関わったことがきっかけとなって月の地盤強度の研究を始めた。だが、この研究には大きな壁があった。月の石や砂(レゴリス)の強度を調べるには、実際に破壊したり、変形させて調べる必要があるが、その材料がないのだ。NASAは、アポロ計画で採取した月の石や砂を研究や展示のために貸し出しているが、研究のためとはいえ、本物の石や砂を破壊することはなかなか認められない。

そこで、考えたのは、コンピュータシミュレーションを利用すること。JAXAの協力を得て、レゴリスをとても精度の高いX線CTにかけて、1粒ごとの粒子構造を数値化して3Dカタログを作ったのである。カタログ作りのために借りた月の砂はわずか数g。ほんの一握りにもならないくらい少量であるが、様々な種類の砂粒を十分な数だけ含んでおり、その情報から未だ訪れたことのない場所の力学特性も推測できるという。「月のどの場所でも、微小隕石の衝突によって岩石が粉砕されて月の砂ができる。とするならば、月の各地点での土質の違いは、できた年代と元の岩石の違いであると考えられます。かくやなどの月探査衛星によって、そのような情報が詳細に得られれば、各地点の力学特性もある程度予測できると考えています(松島氏)。今後は、カタログ化した粒子の情報を元に、コンピュータ上で力学的な特性を調べる試験をし、月地盤の強度や流動性を算出していく。現在、その準備が整ってきたところだ。