

月、火星の縦穴形状と追加模擬実験

福島高専 道上達広

月や火星の地下には東京ドームにも匹敵するような天然の大規模な空洞が存在している可能性が以前から指摘されていた。それは溶岩チューブと呼ばれる空洞で、地球では火山などから噴出した溶岩が、穴を作って流れていくことによってできたものである。このような巨大な空洞は将来の人類の基地として有力な候補の1つである。

月探査機「かぐや」以前の研究で、溶岩チューブの存在は月でも示唆されていたものの、これまでの探査機の画像解像度が十分でないため、明らかにされてはいなかった。しかしながら、「かぐや」は月全球の地形をこれまでの20倍以上の高解像度で撮影、多くのデータを解析してきた。そしてついの一昨年10月、春山純一助教らの研究チームによって、「マリウス丘」と呼ばれる火山活動が非常に活発だった地域に地下空洞に関する縦穴を発見した。Haruyama et al (2009)は縦穴周辺に溶岩が流れた痕跡が存在することから、この縦穴には地下空洞が存在していると考えている。また、この縦穴は隕石の衝突によって形成されたと推定している。

同様の縦穴は、近年、火星でも発見が相次いでいる。それらの縦穴の形は当初予想していたよりも様々な形があり、楕円形の縦穴も多い。そこで今回は、溶岩チューブを模擬した斜め衝突実験を行い、そのような楕円形の縦穴ができるかどうか調べた。標的は豊浦標準砂を少量のセメントと水で固めた人工物体を作製した。大きさは縦と横が30cm、厚さ5cmで中心近くの縦20cmの領域の厚さは1cmに加工した（溶岩チューブを模擬した加工）。強度測定も行い、圧縮強度は3.2MPa、引張強度は1MPaである。弾丸には直径7mmのナイロン球を用い、衝突速度約2.5km/sで衝突角度（標的表面からの仰角）10度、20度、30度でそれぞれ1回ずつ衝突実験を行った。高速度カメラは標的の側面と上面に設置し共に1秒当たり数千コマの割合で破片の飛び出す様子を撮影した。

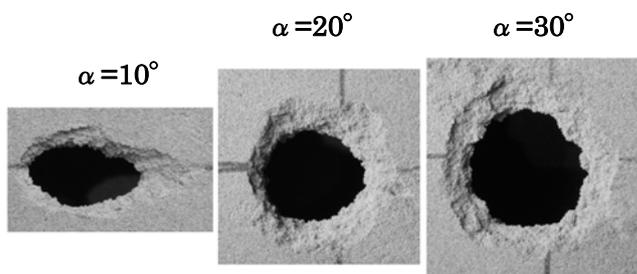


図1 溶岩チューブ斜め衝突模擬実験。衝突角度 α と形成された縦穴。弾丸は左側から衝突。

図1に今回の予備実験で形成された縦穴を示す。得られた結果から衝突角度10度では楕円形の縦穴ができることが分かった。一方、衝突角度30度では、それほど楕円形にはなっておらず、正面衝突（衝突角度90度）の実験結果と形状は変わらないことが分かった。実際の月面、火星表面の隕石衝突では衝突角度10度の衝突確率は小さいと

考えられる。縦穴の形状は、標的の強度、標的の厚み、衝突速度によっても変わることが予想されるので、今後、詳細に実験を行う予定である。

弾丸・標的のサイズ比と衝突破片速度の測定

福島高専 道上達広

小惑星族が形成された際の破片放出速度は、観測された個々の小惑星の軌道要素から見積もられている。その値は室内実験やモデル計算における破片速度よりも1桁近く大きいことが知られている。この違いを説明するひとつとして、ヤーコフスキー効果が挙げられるが、この効果はすべての大きさの小惑星に効率的に働くわけではない。そこで小惑星族形成の際の放出速度を説明する別の仮説として弾丸/標的のサイズ比に注目し、このサイズ比が大きいとき衝突の際の破片放出速度は大きくなるのではないかと考えた。今回は弾丸/標的のサイズ比を変えることで破片速度がどのような値をとるのかを実験的に調べた。

実験装置はJAXA宇宙研究本部にある2段式軽ガス銃を使用し、弾丸に直径3mmと7mmのナイロン球を用いた。それぞれの質量はおよそ0.018gと0.213gである。衝突速度は1.62-4.58km/sの範囲で行い、大部分のショットは平均2km/s台になるように行った。衝突角度は標的面に対して垂直である。標的の大きさは、直径約5.5cm, 7.5cm, 9.0cmの3種類の球と一辺が約4.0cmの立方体を用いた。標的の材料としては平均粒径0.2mmの豊浦砂をセメントで固めたものを使用し、かさ密度は約1550kg/m³、圧縮強度は3MPa程度である。衝突の際の真空度は0.40Torr以下で、2台の高速度カメラ(3000コマ/秒と2000コマ/秒)を互いに垂直な方向から撮影することによって、放出された破片の3次元速度を測定することを試みた。今回成功したショット数は18である。解析の途中結果として、サイズ比が2倍になると破片速度は10倍になることが分かった。