

火星凍土の衝突物性に関する実験的研究

Experimental study on the impact properties of permafrost on Mars

荒川 政彦[1]

Masahiko Arakawa[1]

[1] 北大・低温研

[1] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.

<http://risu.lowtem.hokudai.ac.jp/~arak/>

はじめに：

火星の地下には水が凍土として蓄えられていると言われている。火星の表面にはランパートクレーターやピット型クレーターなど、月には見られない特徴的な形状を持つクレーターが見られ、地下に存在すると思われる氷の影響ではないかと議論されている。これらの特徴的なクレーターに関連して生じた放出物や氷の衝突蒸発が及ぼす火星気候への影響を議論する上で、凍土のユゴニオ、衝突破壊強度、凍土中での衝撃波伝播は鍵となる物性である。そこで本研究では、様々な衝突条件下で凍土の破壊モード、破片の飛翔速度、衝撃圧の減衰率を実験的に調べた。

実験方法：

凍土試料は氷と蛇紋岩粉末を質量比 1 : 1 で混合して作成した（密度 1350kg/m^3 ）。試料の形状は直径 50mm の円筒形とサイズ 20mmx20mm の直方体であり、それぞれ厚さを 2.4 ~ 46mm、10 ~ 30mm の間で変化させた。衝突実験は低温室（-10℃）に設置した二段式軽ガス銃を用いて行なった。弾丸はナイロン円柱（直径 1.6mm、質量 7mg）で、その衝突速度は 2.9 ~ 3.8km/s であった。衝突過程は高速度デジタルビデオカメラ（撮影速度：3000fps ~ 8000fps）とイメージコンバーターカメラ（ $2 \sim 5 \times 10^5\text{fps}$ ）により観察した。

結果：

（破壊モード）試料の厚みが薄い円板の場合、試料の中央部に貫通孔が作られるのみで周囲はほとんど破壊を受けない。試料が厚くなるにつれて、中央孔から放射状に伸びるクラックが発達するようになり、試料全体が破碎される。しかしながら、直径と厚さの比が 1 : 1 に近づくとクラックの成長は抑制され、試料全体の破壊は起こらずにクレーター孔だけとなる。

（反対点速度）衝突の反対点における破片速度は試料が厚くなるにつれて遅くなるが、その時の速度と試料厚の関係は試料の形状に依存する。直径 50mm の円板試料は、サイズ 20mm の直方体試料と比較すると常に同じ試料厚で速度が遅くなっている。円板試料では側面からの反射波による破壊が起こらず、反対点付近からの反射波によるスプール破壊により破片は加速される。一方、直方体試料では側面から強い反射波が来るため反対点付近ではこの側面反射波により破碎を受け、背面からの反射波はほとんど強度を失った試料を加速することになる。この加速メカニズムの違いが上記の差を生じさせたと思われる。直方体試料の場合、試料厚（L）と反対点速度（ v_a ）の関係は、 $v_a \propto L^{-3.0}$ となった。この減衰率 3.0 は氷の場合（2.2）と比べてかなり大きい。また、速度の絶対値も氷の約半分までと遅くなっている。反対点速度を自由表面速度とみなして上記の関係を衝撃圧力の減衰率に換算し直すと、圧力の減衰率は距離の -2.7 となった。これは氷の -2.2 と比べると有意に大きな値である。

（破片質量と速度の関係）高速度カメラの撮影画像から得られた破片サイズを用いて、反対点における破片質量（ m_a ）と飛翔速度の関係を求めることができた。この関係は、試料の形状に関係なく $v_a = 7.1 m_a^{-0.35}$ となった。これは、破片が受ける単位面積あたりの力積が衝突条件や破片サイズに関係なく一定であることを意味していると思われる。