

粉体上の摩擦係数に関する実験 粉は摩擦係数を小さくするか？

Experiment on the friction coefficient on powder. Does it make the coefficient small ?

酒井 敏 [1], 飯澤 功 [2], 齋藤 武士 [3], 須田 恵理子 [4], 土井 健太郎 [4], 鎌田 浩毅 [5]

Satoshi Sakai [1], Isao Iizawa [2], Takeshi Saitou [3], Eriko Suda [4], Kentarou Doi [5], Hiroki Kamata [6]

[1] 京大・総人・地球科学, [2] 京大・人環・環境相関, [3] 京大・総・地学, [4] 京大・総人・地学, [5] 京大・総合・地球科学

[1] Earth Sci. IHS, Kyoto Univ, [2] Environmental networks, Kyoto Univ, [3] School of Earth Sci, IHS, Kyoto-Univ, [4] Earth Sci., HIS, Kyoto Univ., [5] Earth Sci, Kyoto Univ, [6] Earth Sci., Integr. Human Stud., Kyoto Univ.

<http://www.gaia.h.kyoto-u.ac.jp>

通常、固体間の動摩擦係数は、滑り速度や滑走面に働く圧力などによらない。そして、その値は 0.3 から 0.5 程度である。ところが、大規模な「岩屑なだれ」においては、その値が 0.1 以下と極端に小さくなることもある。「岩屑なだれ」における摩擦係数は、流走距離と降下高度の比として求められるが、差し渡し 100 メートルを超えるブロックが転がることなく 10km 以上滑走した例が確認されている。このような現象は、通常の摩擦係数の考え方では理解できないが、巨大なブロックの周辺に細かな粒子の堆積物が存在することから、このような粉体により小さな摩擦係数を実現するメカニズムが存在する可能性を考えてみた。

通常、固体間の動摩擦係数は、滑り速度や滑走面に働く圧力などによらない。そして、その値は 0.3 から 0.5 程度である。例えば、滑らかな机の上に置いた本やティッシュペーパーの箱などは、机を 30 度程度傾けないと滑らない。ところが、大規模な「岩屑なだれ」においては、その値が 0.1 以下と極端に小さくなることもある。「岩屑なだれ」における摩擦係数は、流走距離と降下高度の比として求められるが、差し渡し 100 メートルを超えるブロックが転がることなく 10km 以上滑走した例が確認されている。このような現象は、通常の摩擦係数の考え方では理解できないが、巨大なブロックの周辺に細かな粒子の堆積物が存在することから、このような粉体により小さな摩擦係数を実現するメカニズムが存在する可能性を考えてみた。

実際の巨大ブロックの周辺にある粉体が、ブロックが滑走している時にどのような状態にあったのかは定かでないが、火砕流堆積物の堆積直後には空気を大量に含み流動性が高いことから、ここでは粉体と空気の混合物が固体同士の間に入った時の摩擦係数を考えてみる。また、実際にはブロックと同時に粉体が流れ落ちてくる可能性もあるが、ここでは話を簡単にするために、平らな面の上に粉体が堆積して静止している状態で、その上を固体が滑走する場合のみを考える。

粉体と空気の混合物の最も単純なモデルは「重い流体」である。空気と岩石の比重は数千倍違うので、空気と岩石の粉の混合物は空気に比べれば 3 桁程度重い。そのような「流体」が、滑走体を浮して固体同士の接触をしない状態が作れば、摩擦係数も小さくなることが考えられる。そのためには、流体が滑走体を支えるだけの圧力を発生させなければならない。滑走体が等速度(V)で滑走している状態を考え、流体の粘性を無視すれば、圧力の最大値はベルヌーイの定理により、 $1/2 \rho V^2$ となる。滑走体の密度を 2.5 g/cm^3 、「流体」の密度を 1 g/cm^3 、滑走体の高さを 20m とすると、必要な速度は時速 110km 程度となる。これは、岩屑なだれの速度としては現実的な速度である。

このモデルが正しいとすると、粉体上の摩擦係数は、ある速度を超えると急激に減少することが考えられる。これを確かめるための簡単な実験を行った。長さ 10m のベニヤ板の滑走路上に、小麦粉を 2mm 程度の厚さで撒き、その上を金属の円盤を滑走させる。この時の円盤の位置をデジタルビデオで記録し、円盤の減速率から摩擦係数を求めた。これまでのところ、滑走速度の大きいときと小さいときとで、明らかな摩擦係数の差が見られ、その遷移点はベルヌーイの定理から求めた速度と矛盾していない。

今後、講演までにさらに詳しい実験を行う予定である。