

粘弾性体はどうやって滑りだすか —前駆滑りと摩擦係数の挙動—

○岩下 航^{1*}, 松川 宏², 大槻 道夫¹¹大阪大学大学院基礎工学研究科, ²青山学院大学理工学部

How do viscoelastic objects begin to slide? –relation between precursor slip and friction coefficient–

○Wataru Iwashita^{1*}, Hiroshi Matsukawa², and Michio Otsuki¹¹Osaka University, ²Aoyama Gakuin University

せん断力が最大静摩擦力を超えたとき、固体は滑りだす。アモントン則によると、最大静摩擦力は荷重に比例し、見かけの接触面積には依存しない。すなわちアモントン則は、摩擦力と荷重の比である摩擦係数が圧力や物体のサイズによらないことを示している。しかし、近年の研究では、弾性変形をする物体の場合、系全体の滑りの前に発生する前駆滑りによってアモントン則が破れることが明らかになっている^{1,2)}。ただし、先行研究の解析は2次元系に限定されており、より現実的な3次元系に適用できるかは明らかではない。そこで、本研究では、より一般的な粘弾性体での滑りの発生を調べるために、有限要素法(FEM)を用いた数値計算により、基板上的3次元物体の滑り運動を調べた。

本研究では、Fig. 1に示したような基板上的粘弾性体ブロックの有限要素法による数値計算を行った。ブロックの長さを L 、幅を W 、高さを H 、ヤング率を E とする。上面には一様圧力 P_{ext} を加える。そして、底面から高さ h の側面の中心を、剛体棒によって y 方向に十分ゆっくり一定速度で押す。底面には、局所的にアモントン則に従うと仮定して摩擦力を与える。局所的な静摩擦係数と動摩擦係数はそれぞれ μ_S と μ_K とする。

物体は巨視的にStick-Slip運動をし、その摩擦力の時間変化から巨視的な静摩擦係数 μ_M が決まる。 μ_M の P_{ext} と W に対する変化をFig. 2に示した。 P_{ext} と W が増加すると、 μ_M は減少しており、アモントン則の破れが見られる。また、物体と基板間の2次元界面では前駆滑りの発生が確認され、前駆滑りが臨界サイズに達したときにバルク滑りが起こることが分かった。

これらの結果を理論的に理解するために1次元有効モデルの解析を行った。このモデルでは z 方向と x 方向の変位を無視し、 x 方向に依存する y 方向の変位のみを考慮する。このモデルは定性的に3次元FEM計算で

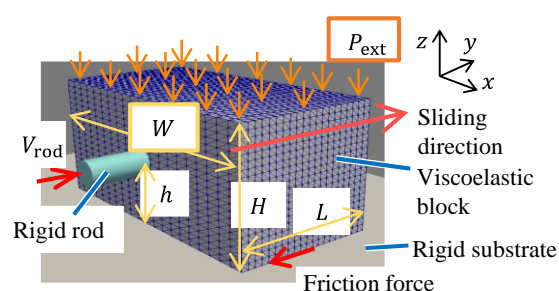


Fig. 1. 3次元FEMの概要図

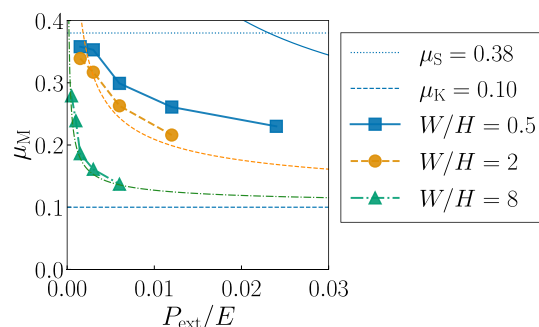


Fig. 2. 巨視的な静摩擦係数 μ_M の P_{ext} と W に対する依存性。塗りつぶしたシンボルが有限要素法の結果、細線が1次元有効モデルの解析結果を示す。

の結果を再現する。解析の結果、速度弱化的摩擦と粘性力の競合で決まる安定性により、前駆滑りの臨界サイズが求められることが分かった。さらに、その臨界サイズによって、 μ_M が求められることができ、それをFig. 2に線で示した。解析結果はFEMの結果と定性的に一致しており、 μ_M の P_{ext} と W に対する依存性が説明されることを示している。

文 献

- 1) M. Otsuki and H. Matsukawa: Sci. Rep. **3**, 1586 (2013).
- 2) Y. Katano, K. Nakano, M. Otsuki, and H. Matsukawa: Sci. Rep. **4**, 6324 (2014).

*E-mail: w_iwashita@fm.me.es.osaka-u.ac.jp