指紋モデルの凹凸による応力が摩擦に与える影響

著者名 奥原亮太

要旨

指の摩擦を増加させる要因の一つは指紋形状である。しかし、実際の指紋の厚さは小さいので増加させとしても摩擦力は極小ではないかと考える。それを確かめるべく指紋モデルを使って実験をした。その際、指紋の厚さは 0.1mm であるがそれを再現するのは難しいので指紋モデルの厚さを変数として指紋モデルの厚さが 0.1mm の時の摩擦力を予測した。その結果、摩擦係数は 0.4～0.5 程度と予測され、指紋は十分に指の摩擦力に寄与していると考えられる。

キーワード：指紋モデル　摩擦力　応力　粘着力

Ⅰ. はじめに

1)研究の背景

我々人間は物を手で掴むことができる種で指先は特に物を掴むことに優れている。笹田・井出･川上(1998)によれば人の指先は皮膚の中でも最も効率よく摩擦を発揮し、金属の摩擦係数が 0.2~0.5 に対し、一般に人の指の摩擦係数は 1.3 以上と言われていて非常に大きい。摩擦係数が大きくなる理由としては弾性、指紋形状、発汗作用による湿潤によるものであると考えられている。大村(2018)のゴムを使った指紋モデルによればゴムの変形が生み出す応力が指紋の摩擦力を増加させることを考察した。しかし、指紋モデルに用いたゴムの厚さは実際の指紋よりかなり大きく、前野・山田・佐藤(2005)によれば指紋の厚さは 1mm 程度である。故に実際の応力の与える影響は小さいのではないかと考えた。したがってゴムの厚さを変数として摩擦力を測ることを目指す。

2)実験の目的

実験において指紋級の厚さのゴムを作ることは難しいのでそれよりも大きいゴムを使ってデータをとりその時の摩擦力を予測する。

3)仮説

ゴムの厚さが指紋級の時の摩擦力は極小であると考える。

II. 手法

1） 実験道具

箱、長さ 180cm の木の板、おもり、厚さの差 0.5mm ずつの 5~0.5mm のゴムシート、定規

2） 実験手順

図 1 のように木の板に箱にゴムシートをクルーガンでつけたものを乗せる。その後、木の板を傾かせプラスチック板が滑った時の最大摩擦角を測る。そして、ゴムシートの厚さ、おもりを変えて以上の操作を繰り返し装置が滑った時の木の板の持ち上げた方の端から地面までの高さを測る。また、同じ操作は 5 回繰り返しその高さの平均値をとる。

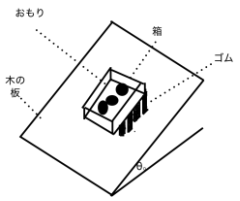


図 1 上から見た実験の様子

コメントの追加 [暁高1]: 鈴木さんが引用している先行研究（背景）だから、鈴木さんの意見ではない。

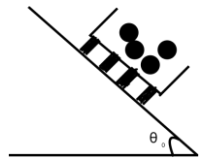


図 2 横から見た実験の様子

3)データの取得方法

この時の最大摩擦係数は $\tan\theta$ となるので得られた滑った時の木の板の端と地面までの高さと木の板の長さ 180cm から $\sin\theta$ を導出し $\tan\theta$ を求めそれが摩擦係数になる。

III. 結果

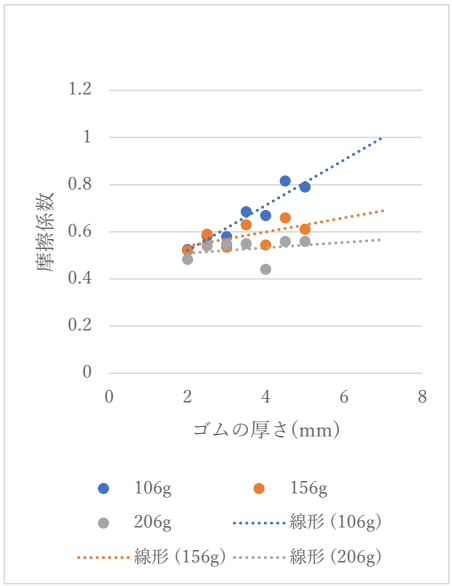


図 3　ゴムの厚さと摩擦係数の関係

上から装置全体の重さが 106,156,206g である。点線はそのデータを最小二乗法によって線形近似したものである。

IV. 考察

図 3 から荷重が大きいと摩擦係数が小さくなるということがわかる。Moore(1972)によればゴムにおける全摩擦係数は粘着力による摩擦係数と応力に対応するヒステリシス摩擦係数の和で表される。粘着力の摩擦係数は荷重が大きくなるにつれて小さくなりヒステリシス摩擦係数は一定とみなせる。したがって荷重が大きくなるにつれて摩擦係数が小さくなるのは粘着力の摩擦係数が小さくなったからだと考えられる。

荷重が小さいほどグラフの傾きが大きくなる。Moore(1972)によればゴムの厚さが小さくなると変形しにくくなるので粘着力とヒステリシス摩擦係数の両方が低くなる。そして、粘着力の摩擦係数が荷重の増加とともに小さくなるので荷重が小さいほどグラフの傾きは大きくなる。また、指紋の厚さによって粘着力の摩擦係数とヒステリシス摩擦係数のどちらも変わる為本実験は指の応力を測る上で適さなかったと考えられる。

グラフを後方に延長した時のものを考えるとゴムの厚さが 0.1mm 付近では 106g のでは摩擦係数 0.4 付近、156、206g では 0.5 付近である。人の指紋の摩擦係数が 1.3 以上であることを考えると指紋の粘着力と弾性力が与える摩擦力は指の摩擦力に十分に寄与していると考えられる。

V. 結論

今後の展望として、どのような視点で実験や調査を行えば自分の研究をさらに発展させることができるかを書いても良い。

指紋モデルを使って指紋は指の摩擦力に十分に寄与する可能性があると考えた。しかし、本実験は指紋モデルの粘着力の摩擦と応力による摩擦を切り離すことができなかったので応力が指紋の摩擦にどのくらいの影響を与えるのかが分からなかった。

今後の展望として、荷重を十分に増やすことで粘着力の摩擦を小さくすることができるのでそうした実験を行うことが研究の発展につながると考える。

また、実験の反省として指紋モデルとしたゴムを人の手で作ったのでゴムの厚さの誤差があるということ。実験装置の箱の形状上の問題でゴムの厚さが 0.2 以下の時のものを測れなかったことが挙げられる。

謝辞

高橋暁先生には実験への助言、実験装置の準備、論文の添削などのご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

文　献

D. F. Moore(1972): The Friction and Lubrication of Elastomers. Pergamon. Oxford

笹田・井出・川上(1998):ヒト皮膚の摩擦性（第 1 報）.千葉工業大学研究報告.理工編.45 pp.13－19.

前野・山田・佐藤(2005):ヒト指紋形状の力学的意味.日本機械学会論文集(c 編)71 巻 701 号.pp245-250

大村拓登(2018):指紋モデルの凹凸による摩擦力増加の研究.第 13 回「科学の芽」賞.