

# 紐の最大摩擦力測定装置の開発

宮城県仙台第三高等学校 物理一5班

## 1. 背景と目的

### 背景

システムエンジニアであるクリストファー氏の先行研究1)では歩行や走行での靴紐への衝撃や、靴紐の衝撃での慣性による結び目への影響についてが調べられている。しかし靴紐の種類や形状について調べられていなかったため、以下の2つを目的とした。

### 目的

- 靴紐の最大摩擦力を測定する装置の開発
- 開発した装置での様々な種類の糸の最大摩擦力の測定する。



図1. 紐が解ける瞬間  
THE ROYAL SOCIETYの論文1)より引用

## 2. 実験の方法と条件

図2における2枚の木の板、ばねばかり、おもりを使用し、ばねばかりを引いたときに紐が動き出す瞬間の値を測定し、紐の摩擦力を調べた

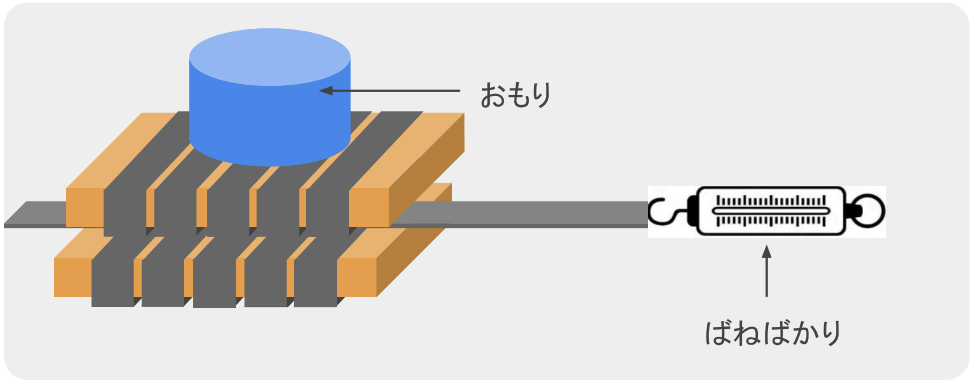


図2.使用した実験装置の配置図

### 実験条件

表1.各実験におけるおもりの質量

おもりの質量		
0.250 kg	0.500 kg	1.000 kg

表2.実験1における靴紐の種類と接触面積

靴紐	接触面積	
平紐 (ポリエステル)	2.52 cm <sup>2</sup>	1.08 cm <sup>2</sup>
丸紐 (ポリエステル)	0.667 cm <sup>2</sup>	0.423 cm <sup>2</sup>
丸紐 (綿)	0.500 cm <sup>2</sup>	0.250 cm <sup>2</sup>

表3.実験2における靴紐の種類

靴紐
平紐 (綿)A
平紐 (綿)B
平紐 (綿)C (使用済み)
平紐(ポリエステル、滑り止め加工)

## 参考文献

- 1) The roles of impact and inertia in the failure of a shoelace knot. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2016.0770>
- 2) 引っ張り法による摩擦係数の測定ビデオ画像の解析 <https://www.jpoh.jp/2015/2015-1st-chall-exp-report/1531011.pdf>
- 3) 総合物理 1 ー力と運動・熱一. 数研出版株式会社

## 4. 結論・今後の展望

### 結論

開発した装置での最大摩擦力の測定に成功した。靴紐の最大摩擦力は紐の接触面積と関係が無い。

### 今後の展望

- ・動摩擦力の大きさを測定する。
- ・素材や形状以外に靴紐の結び方、紐の表面の様子や編み方を調べる
- ・静止摩擦力と動摩擦力の靴紐のほどけにくさの影響を調べる

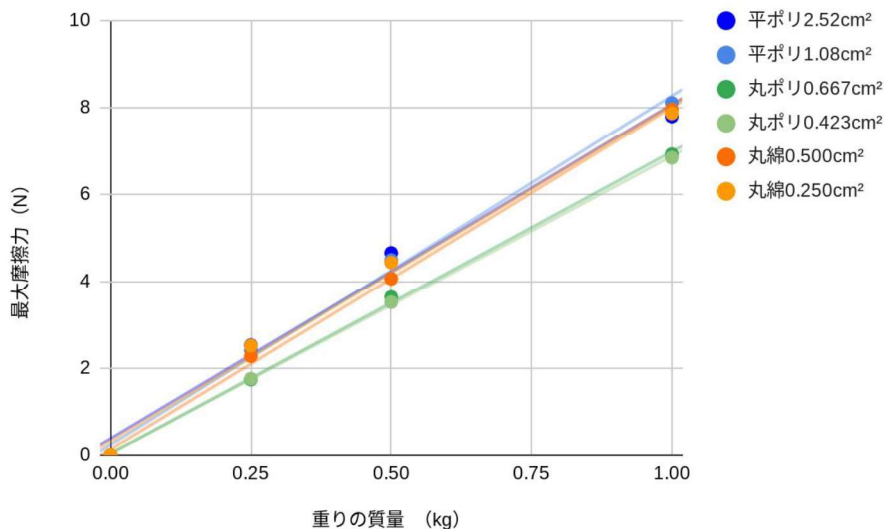
## 3. 結果・考察

グラフ1からそれぞれのグラフの方程式を求め、相対誤差を計算した。  
※静止摩擦係数はグラフでの傾きに等しい

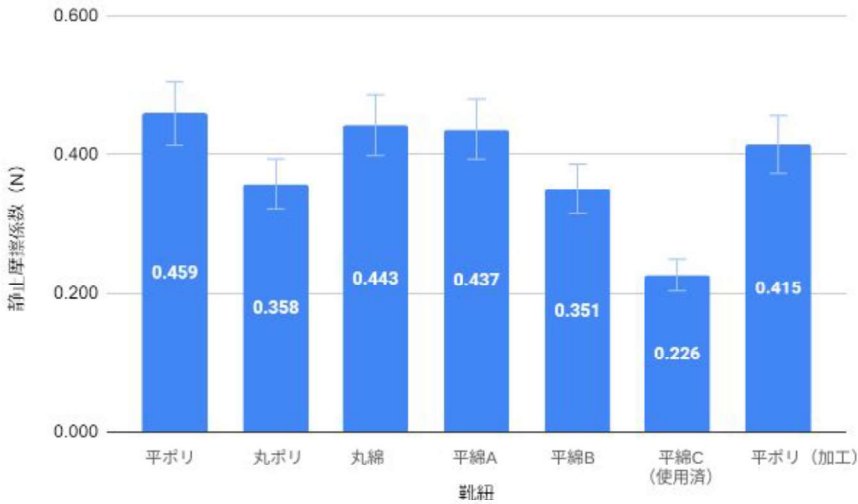
表4 接触面積を変えた場合の静止摩擦係数の誤差

	通常時のグラフの傾き	接触面積変更時のグラフの傾き	相対誤差 (%)
平ポリ	7.69	8.03	4.42
丸ポリ	6.94	6.83	1.59
丸綿	7.87	7.74	1.65

⇒接触面積の変化と最大摩擦力(静止摩擦係数)には**差がない**



グラフ 1.各紐におけるおもりの質量と最大摩擦力の関係



グラフ2.紐の種類と摩擦係数の平均値