

タイトル	摩擦の違いによる力の伝達を調べて見よう							
対 象	□専門家 □大学生 ■中高生 ■小学生 ■未就学児童							
スタイル	■講義・実験ショー □ブース形式 ■参加型							
難 易 度	準備 (素材の入手, 作製のスキル)	簡単	1	②	3	4	5	難しい
	実演・説明 (再現性)	簡単	1	②	3	4	5	難しい
概 要	<p>材質による力の伝わり方の違いを体験してもらい、それが摩擦係数の違いであることを理解させることを目的とする。最初に 5~6 人で 1 グループを作り、全員参加型の学習を通して材質による力の伝わり方の違いを体験してもらう。</p> <p>具体的には素材の異なる手袋をはめて、パイプの両端を握って回し合いをしてもらい、力が伝わる（滑りにくい）順に順位付けを行う。その後、パイプと同じ材質の平面に手袋素材を貼り付けた試験片を並べて傾斜させ、滑り落ちる順番を実験的に求め、グループで順位付けした結果と比較する。早く傾斜面を滑り落ちた素材ほど摩擦が小さいことを説明し、摩擦係数の大小と力の伝達が関係していることを理解させる。</p> <p>最後に正解を導いたグループについて、どのようにして順位を付けたか等を答えてもらい、正しい評価方法についても示唆し、摩擦に関する興味を持続してくれるような授業にする。</p>							
用意するもの	<p>(1) 最初と最後の講義</p> <ul style="list-style-type: none"> ・パソコン, プロジェクター, スクリーン <p>(2) 実験 (実習)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・手袋 4 種類 (綿, 化学繊維, ゴム, 革等近くの DIY ショップで売っているもの) <div data-bbox="443 1093 1300 1550" data-label="Image"> <p>The image shows four gloves laid out on a dark surface. From left to right, they are labeled: 革 (Leather), ゴム (Rubber), 綿 (Cotton), and 化学繊維 (Chemical fiber). The leather glove is light brown, the rubber glove is pink, the cotton glove is white, and the chemical fiber glove is yellow.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・手回し用パイプ (小学生の手の大きさを考えて直径 30mm, 長さ 800mm 程度, 小さい子を考慮して直径は 2 種類用意しておけば更によい。材質は長期使用の観点からステンレスとして, 回転方向がよくわかるようにマークを付けておく。) <div data-bbox="383 1697 1364 1998" data-label="Image"> <p>The image shows a long, thin stainless steel pipe lying horizontally. A white rectangular mark is placed on the pipe, with an arrow pointing to it from a box labeled 'マーク' (Mark).</p> </div>							

- 手袋素材を貼り付ける金属片を4つ（軍手の手のひら部を貼り付けるので、縦 40mm × 横 30mm × 高さ 30mm 程度、材質は錆びないようにステンレスかアルミニウム）



- パイプと同じ材質の板（手袋素材を貼り付けた金属片4つを同時に滑らせることができる大きさが必要、縦 100mm × 横 150mm 程度）

- 順位を書く紙（事前にグループ、氏名、順位記入欄を印刷しておく）

グループ名:	
グループ員:	
順位	
1	
2	
3	
4	

実験装置
の作り方

- パイプ回しについては、すべて購入品で、製作するものはない。
- 傾斜板を滑らせる実験では、手袋の手のひら部を切って、金属片に両面テープでしっかり固定する。その際、手袋素材を少し大きめに切って貼らないと手袋の糸が解れて摩擦面に入り込んでしまうことがあるので注意すること。



実験・実
演の手順

(1) 導入の講義

- ・教員、TA（ティーチングアシスタント、大学院生がメイン）の自己紹介
 - ・摩擦の基礎的な講義（摩擦の重要性、身近な摩擦現象の解説、摩擦による力伝達のしくみ等）
 - ・実験の概要説明（実験場所、実験時間、実験方法等）
- *パイプを振り回さないように注意すること。**

(2) 実験方法

- ① 手袋、パイプをグループに配布して、手袋を付け替えながら全員でパイプの回し合いをする。

(小学校低学年では、全員参加して、飽きが来ない実験時間は 20 分程度)。



- ② グループ全員が実験したら教室に戻り、相談して力が伝わる順に素材名を書いてもらう。
- ③ 手袋素材を貼り付けた金属片を板に並べて、板を徐々に傾斜させて、滑り落ちる順番を確認させる。
- ④ 滑り落ちた順番とグループで付けた順番を比較させる。

(3) まとめの講義

- 生徒たちが付けた順位と実験によって確認した順位の違いを検討する。上位 2 素材と下位 2 素材についてはどのグループも正解であるが、上位、下位の 2 素材は順位が結構入れ替わっているため、正解を導いたグループに対して、どのようにして正解を導いたかをコメントしてもらう。

(上位、下位の 2 つに絞って、大小を比較した、等のコメントが出るはずですが、答えに詰まった場合には、誘導することも必要)

- 摩擦係数を説明し、摩擦と力伝達を説明する。
- 身近な所にも科学が潜んでいることを説明し、“常に科学的な眼で物事を見て、その仕組みを考えるようにしましょう”といった言葉で締めくくる。

実験結果と考察

(1) 生徒の実験結果

- 革、ゴムと綿、化学繊維で大きな分けができる。この段階はどのグループでも同じ結果が得られる。
- 上位 2 つと下位 2 つの順番がかなり入れ替わっており、傾斜実験の結果とすべて一致するグループは 20%以下である。

(2) 傾斜板を滑らせる実験

- 化学繊維<綿<ゴム<革の順番に落ちるが、湿度によっては上位、下位の順序が入れ替わることもあるので、その場の環境で予備的に実験しておく必要がある。また、傾け方が悪いと斜めに滑り落ちるので、実験者の訓練も必要である。

	<p>(3) 考察</p> <ul style="list-style-type: none"> この実験を機械工学科3年生に対して行ったが、結果は小学生と同じであった。上位2つと下位2つの区別は100%出来ていたが、上位、下位の2つの素材において逆になっていることが多く、正答率は小学生と同じ程度であった。摩擦についての知識が幾分ある大学生の実験結果が小学生と同じであったということは、知識はあまり関係なく、“人間の摩擦係数に対する感度”が大きく関係しているのではないかと考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> ①摩擦係数がある程度以上大きい、あるいは小さくなると感度は鈍る。 ②摩擦係数の差によって感度が決まってくる。 <p>本実験は小学生を対象としているが、高校生でも十分楽しみながら行うことができるし、また正答率も変わらないと考えられる。対象年齢が高い場合には、人間の摩擦係数に対する感度等について考えさせることもおもしろいと思う。</p>
バリエーション	<ul style="list-style-type: none"> 手袋の種類やパイプ材質を変えて実験する。 下図のようにして板を傾斜させる際に角度を測定できるようにしておく。摩擦係数は$\mu = \tan \theta$で求めることができるので、対象学年が高い場合には実験結果を数値的に理解させることができる。 <div data-bbox="480 913 1262 1317" data-label="Image"> </div> <p style="text-align: center;">ロータリーエンコーダ付可倒式滑り台</p>
参考文献	野口昭治：小学校低学年を対象としたトライボロジー教育の試み，工学教育，56，4(2008)
費用	<p>6グループ分として総額2万円以内</p> <ul style="list-style-type: none"> ステンレスパイプ7本（予備1本） 手袋 4種類 10組（予備4組） 金属片 4ケ ステンレス板 1枚 用紙 <p>参考として、ローラリーエンコーダ付可倒式滑り台は、エンコーダ、モータ等が高価になるので20万円程度必要となる。</p>
詳細問い合わせ先	東京理科大学理工学部幾機械工学科 野口昭治 nog@rs.noda.tus.ac.jp