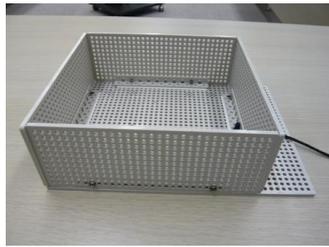


タイトル	「摩擦」科学教室～見えない摩擦を見てみよう～							
対 象	□専門家 □大学生 □中高生 ■小学生 □未就学児童							
スタイル	■講義・実験ショー □ブース形式 ■参加型							
難 易 度	準備（素材の入手，作製のスキル）	簡単	1	2	③	4	5	難しい
	実演・説明（再現性）	簡単	1	2	③	4	5	難しい
概 要	<p>摩擦への理解を深めるとともに，予想を立て，科学的に実験・検証することで，エンジニアの仕事の流れを体験することを目的とする。</p> <p>最初に「鎌倉の大仏を動かすには，何人の小学生が必要だろうか？」という課題を与える．この課題に対する回答を導き出すために，実験・検証を行い，測定データから大仏を動かすために必要な人数を算出する。</p> <p>まず，机上実験として，粗い面の上に箱を置き，これを引っ張って滑らせるために必要な荷重を測定する．箱の重量を変えてグラフ化することで，目に見えない摩擦を目に見える形に表現できることを学んでもらう．机上実験のデータと小学生の力の実測値から，鎌倉の大仏を動かすために必要な小学生の人数が算出できる．次に，机上実験から得られた結果が正しいかを検証するため，机上実験と同じ条件で大人1人が乗った台を引っ張る実験を行い，計算結果の信頼性を確認する．さらに，箱に車輪をつけて引っ張る机上実験と，大人を台車に乗せて引っ張る検証実験から，転がり摩擦の利点を理解してもらおう。</p> <p>問題に対する解を予想し，実験，検証を行いながら開発を進めていくエンジニアの仕事の流れを体験することで，技術開発の楽しさを実感してもらえないかと工夫したつもりである。</p> <p>なお，本教室は小学5，6年生向けとして企画したが，開催案内に対して応募があった，科学に興味のある児童を対象にしている．対象学年のわりには，やや高度な内容になっているかもしれない。</p>							
用意するもの	<p>講義</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ パソコン，プロジェクター，スクリーン</li> </ul> <p>実験</p> <p>(1) 机上実験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 箱，おもりを入れられるようなもの ここでは工作用プラスチック板（タミヤ製ユニバーサルプレート）を使用 質量：300g</li> <li>・ 車輪，上記の箱に組み付けられるもの ここでは模型用車輪と，玉軸受が組み込まれている支柱（ミスミ製）を使用</li> <li>・ おもり（300g）×3</li> <li>・ 紙やすり</li> <li>・ デジタルフォースゲージ（5N，50N，1000N用）or ばね計り</li> <li>・ 記録用紙</li> </ul> <p>(2) 検証実験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大人が乗る台</li> <li>・ 台車</li> <li>・ 紙やすりを貼った板</li> </ul>							

実験装置  
の作り方

(1) 机上実験

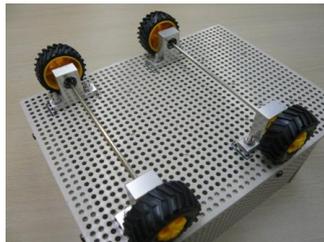


箱

滑り摩擦の実験が終わったら、箱に車輪を付ける。車輪は既製品でよい。



箱に車輪をつけたもの



車輪部分



車軸の支柱（玉軸受入り）

(2) 検証実験

※ 机上実験とできるだけ同じ条件となるよう配慮した。



大人が乗る台



台の裏側



紙やすりを貼った板



実験の様子

すべり摩擦の検証実験では、大人が乗る台の裏側に、机上実験で使用した箱と同じ樹脂製の板を貼り付け、紙やすりを貼った板の上を滑らせた。

転がり摩擦の検証実験では、車輪を取り付ける代わりに、大人が乗る台を台車に載せた。



<p>実験・実演の手順</p>	<p>スタッフ  博士：講師，検証実験を含めた全体の進行役 1名  TA（ティーチングアシスタント）：  グループ単位で行う机上実験の進行，児童が行う計算のフォローなど  児童 2～3名を 1 グループとし，各グループにエンジニア 1名を配置した。</p> <p>1. 講義①（イントロダクション）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・博士，TA が自己紹介する。</li> <li>・「エンジニアって何をする人だろう，どんな仕事をしていると思いますか？」と問いかける。</li> <li>・課題を提示する。  「鎌倉の大仏（120 トン）を引っ張るのに何人の小学生が必要だと思いますか？」  → 予想を解答用紙に書いてもらう。</li> <li>・摩擦の基礎について解説する。  摩擦とは何か。手をこすってみるなどして，摩擦を感じてもらう。</li> </ul> <p>2. 実験①（滑り摩擦の机上実験）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・TA の指導のもと，各グループで滑り摩擦の実験を行う。</li> <li>(1) 紙やすりの上に箱（質量 300g）を乗せ，引っ張る力を測定する。  デジタルフォースゲージ 50N を使用  測定のコツ：できるだけゆっくり引っ張る（速く引っ張ると測定値がばらつく）</li> <li>(2) 測定値を記録用紙へ記載する。  3 回測定し，結果は全て記録用紙にまとめる</li> <li>(3) 300g のおもりを箱に載せ，引っ張る力を測定する。  300g, 600g, 900g, 1200g の 4 条件×3 回＝合計 12 回 測定する</li> <li>(4) 測定値をグラフにする。</li> </ul> <p>※ 力の単位は [N] を使う。「1N は 100g の物体に働く重力とほぼ同じです。詳しくは高校生になってから習うよ。」と教える。</p> <p>3. 講義②（摩擦の法則 ～ 大仏を動かすために必要な力は？）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実験で分かったことを確認する。  摩擦力は，おもりの数を増やすと大きくなる。  「摩擦力は，摩擦面に直角に働く力に比例する。」・・・摩擦の第一法則</li> <li>・摩擦の原理，「凝着」，「掘り起こし」などの説について解説する。</li> <li>・鎌倉の大仏を引っ張るために必要な力を求める。  机上実験のグラフから，比例関係により，各児童に答えを算出させる。</li> </ul> <p>4. 実験②（小学生 1 人の力を実測 ～ 大仏を動かすために必要な小学生の数は？）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・児童 1 人を選び，デジタルフォースゲージ 1000N 用を使って，小学生 1 人がロープを引く力を測定する。ロープを繋いだ測定器を大人が持ち，児童にロープを引かせて測定する。  ※転ばないように注意する。</li> </ul>
-----------------	--

- ・測定結果から、鎌倉の大仏を動かすために必要な小学生の数を各児童に算出させる。

#### 5. 実験③（滑り摩擦の検証実験 ～ 考察）

異なる対象（台に乗せた大人1人）を動かすために必要な小学生の人数を実験で求め、机上実験から算出した値の信頼性を確認する。

- (1) 大仏の場合と同様にして、体重90kg（参考）の大人を動かすために必要な小学生の数を各児童に算出させる。
- (2) 紙やすりを貼った板の上で、大人1人を乗せた台を引っ張る。1人からスタートし、台を引く児童の数を1人ずつ増やししながら、大人1人を動かすために必要な人数を実測する。
- (3) (1)で求めた答えと、(2)で得られた実測値を比較する。答えが違う場合には、なぜ、計算結果と実験結果が違ったのかを考察させる。
  - ・小学生1人が出せる力はそれぞれ違うから
  - ・机上実験と検証実験で、紙やすりの粗さが違ったから
  - ・台の下面が汚れていたから
  - ・測定結果に誤差やばらつきがあったから など

「摩擦力」は摩擦面の状態によって変わり、「摩擦力」を正確に予測することは難しいことや、「ばらつきを考慮してエンジニアは機械を設計する」ことなどを解説する。

#### 6. 講義③（滑り摩擦のまとめ ～ 転がり摩擦への展開）

- ・今回の実験で分かったことを整理する。

重いもの（大仏、大人）を引っ張るには、大きな力（多くの人数）が必要。  
どれくらいの力が必要かは、計算で予想することができる。
- ・「どうすれば摩擦を小さくできるだろうか？」を問いかける。

→ 滑らせるより、転がす方が摩擦は小さいのではないか。
- ・転がり摩擦利用の歴史（丸太（ころ）の使用、車輪の発明）、転がり摩擦を利用した転がり軸受のしくみを解説する。

→ 車輪と転がり軸受を使えば、摩擦を小さくできる。

#### 7. 実験④（転がり摩擦の机上実験）

- ・TAの指導のもと、各グループで転がり摩擦の実験を行う。
  - (1) 実験①で使った箱に車輪、軸受を組み付ける。
  - (2) 車輪つきの箱を用いて、実験①と同様に摩擦力を測定する。

摩擦が小さいため、デジタルフォースゲージは5N用を使用する。
  - (3) 測定結果をグラフにまとめる。滑り摩擦の実験結果のグラフに重ねて書く。
- ・車輪を使ったとき、鎌倉の大仏を動かすために必要な力を算出させる。

上記(3)のグラフから、比例関係により、計算する。
- ・車輪を使ったとき、大仏を動かすために必要な小学生の人数を算出させる。

#### 8. 講義④（転がり摩擦実験のまとめ）

- ・実験で分かったことを確認する。

滑らせるより転がした方が、引っ張る力を小さくできる。

	<p>車輪と軸受を使えば、摩擦を小さくできる。</p> <p>9. 実験⑤（転がり摩擦の検証実験）  台車に乗せた大人1人を動かすために必要な小学生の人数を実測し、実験④から算出した値の信頼性を確認する。車輪を使った転がり摩擦に対して、実験③と同様の実験を行う。</p> <p>10. 講義⑤（全体のまとめ）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 摩擦は小さい方がいいと結論づけられる実験を行ってきたが、摩擦が大きい方がいい場合もあることを、自転車のブレーキなど、身近な事例を使って説明する。</li> <li>・ 摩擦について書かれている本を紹介する。</li> <li>・ エンジニアは日頃の問題に対して科学的（論理的）に予想し、予想が合っているかどうかを、実験で確認していく。こうして分かった新しい技術を使って、役立つものが作られている。楽しく夢のある仕事であることを伝え、「将来、エンジニアになっているいろんな科学に挑戦して下さい」と締めくくる。</li> </ul>
<p>実験結果と考察</p>	<p>個々の実験とその考察については上記の通りである。実際の教室では、以下のような問題点、懸念点が生じた。</p> <p>(1) 児童による実験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 滑り摩擦の実験では、大人を引っ張るために必要な子供の数は3人と算出されたが、実際には2人で引っ張ることができた。転がり摩擦の実験では、算出した結果と検証結果は同じ値（小学生1人で十分）となった。</li> <li>・ デジタルフォースゲージの扱い方によって測定値に差が出た。</li> </ul> <p>(2) 計算やグラフ化の作業</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 普段使わない単位 [N] を使ったことに混乱は無かった。</li> <li>・ 計算にかかる時間には個人差がある。</li> <li>・ グラフから読み取って比例計算することも、70%の児童が問題なくできた。</li> </ul> <p>(3) その他</p> <p>滑り摩擦では机上での結果と、検証結果の値が異なってしまった。机上と検証の実験条件を同一にする難しさや、測定のばらつきなど、さまざまな条件が重なっていると考えられるが、これを生徒にどう伝えるかは講師の力量にかかってくる。</p>
<p>費用</p>	<p>机上実験</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 箱・・・600円</li> <li>・ 車輪，シャフト込み・・・1,000円</li> <li>・ ベ어링ホルダ（車輪取り付け用）・・・7,240円（@1,810×4個）</li> </ul> <p>検証実験用機材は、社内で別の機会に行っている低学年向け科学教室の機材を流用した。おもりはベ어링の鋼球を袋に詰めたものを使用，デジタルフォースゲージは社内実験用のものを借用した。</p>
<p>詳細問い合わせ先</p>	<p>日本精工株式会社 竹内克典  takeuchi-k@nsk.com</p>