



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                  |   |
|------------------|---|
| Title            | 科学教育ボランティアの活動における摩擦力の指導 : 小学生を対象とした実践と考察  |
| Author(s)        | 工藤, 保広  |
| Citation         | 教授学の探究, 28, 37-84   |
| Issue Date       | 2011-02-18  |
| Doc URL          | <a href="https://hdl.handle.net/2115/44878">https://hdl.handle.net/2115/44878</a> |
| Type             | departmental bulletin paper   |
| File Information | Kudou.3.pdf   |



# 科学教育ボランティアの活動における摩擦力の指導

——小学生を対象とした実践と考察——

工 藤 保 広

(北海道上川総合振興局)

## 目 次

1. はじめに
  2. 科学教育ボランティア
  3. 教育内容構成の方針
  4. 本論における教育内容及び指導案の到達目標
  5. 指導案と実践結果
    5. 1 桑園児童会館科学実験教室シルクワームでの実践（スクール形式）
      5. 1. 1 指導の概要
      5. 1. 2 指導案と実践結果
      5. 1. 3 考察
    5. 2 なかしべつ科学フェスティバルみるくらボでの実践（ショー形式）
      5. 2. 1 指導の概要
      5. 2. 2 改良した指導案（改定案）と実践結果
      5. 2. 3 考察
    5. 3 青少年のための科学の祭典北見大会での実践（ショー形式）
      5. 2. 1 実践の概要
      5. 2. 2 教材の改良と実践結果
      5. 2. 3 考察
  6. すべての実践結果を踏まえた考察
    6. 1 発問の選択肢ごとの予想分布についての考察
    6. 2 到達目標に対する評価
    6. 3 活動形式についての考察
  7. おわりに
- 謝辞  
注釈・参考文献  
資料（北見大会で実践した指導案）

## 1. はじめに

筆者は、これまで接触の機構に着目した摩擦の法則と摩擦力の教育内容を提案してきた<sup>1), 2)</sup>。本論では、この提案を踏まえ、小学生を対象として摩擦力の教育内容と指導案を作成するとともに小学校における摩擦の学習の到達目標を設定した。そして、筆者が行っている科学教育ボランティアの活動の中で、この教育内容に基づいた指導の実践を行った。実践は、学校形式で1回（桑園児童会館科学実験教室シルクワーム（以下、シルクワームと言う。）、サイエンス

ショー形式で2回（なかしべつ科学フェスティバルみるくらボ（以下、みるくらボと言う。）、青少年のための科学の祭典北見大会（以下、北見大会と言う。））で行い、実践の都度、結果を考察し、指導案の改訂や授業手法の改善を行った。

科学教育ボランティアの活動は、次章で記すとおり、学校教育外での科学教育の実践である。したがって、学習指導要領に規定されておらず、学校でのカリキュラムの都合で、実践する機会を得ることが難しい、新たな教育内容構成に基づいた授業の実践を行うことが可能である。しかし一方で、科学教育ボランティアの活動の形式は、学校での理科の授業に準じた形式（スクール形式）のもの他に、子どもが出入り自由の会場で行うショー形式や数名の子どもを相手に実験の演示や説明を行うブース形式があり、特にショー形式は後述するように、スクール形式に比べて有意義な実践を行う上で留意すべき点が多い。本論では、小学生を対象に接触の機構に着目した摩擦力の指導の実践結果を考察するとともに、科学教育ボランティアの活動のうちの、ショー形式の実践上の課題についても触れる。

## 2. 科学教育ボランティア

科学教育ボランティアとは、地域や学校のPTAなどが主体となって行う、小学生を初めとする子どもたち（以下、小学生等と言う。）を対象とする科学実験教室の実施や手伝いに携わるボランティアを言う<sup>3)</sup>。もともとは、小学生等の理科離れに危機感を抱いた父母が、熱意のある理科教員に学校以外の場での科学実験教室の実施を求めたのが、取組の始まりと言われている。その後、活動の輪が広がる中で、家庭の主婦、塾の先生、科学館の学芸員、大学生、大学教授、民間企業の社員、行政機関の職員等と、理科教育を本業としない立場の者も携わるようになっていく。

現在は、東京を中心に活動をするガリレオ工房や大阪を中心に活動するONSEN（オンライン自然科学教育ネットワーク）を初めとして、全国各地に活動している団体がある。

北海道内では、オホーツク地域を中心に活動している「サイエンス北見」、根釧地域を中心に活動している「DO - TO NET」、道内の「青少年のための科学の祭典<sup>4)</sup>」の多くの事務局を担っている「NPO 法人北海道科学教育活動ネットワーク」、筆者が所属しており、北海道内を活動範囲とする「NPO 法人 butukura<sup>5)</sup>」などの団体が活動している。

科学教育ボランティアの活動は主に、学校の授業以外で行われている。例えば、NPO 法人 butukura の主な活動としては、青少年のための科学の祭典への参加や、PTA や児童会館などからの依頼で実施する科学実験教室が挙げられる。

活動の形式としては、大きく次の3つに区分される。

### (1) スクール形式

この形式は、閉じられた空間において、椅子に受講者が座り講師が前に立ち、実験の演示や説明を行う形式である。内容によっては、受講生を班ごとに分けてそれぞれで実験を行わせる場合もある。学校で行われる理科室での実験を行う授業の形式と概ね同様である。

### (2) ブース形式

この形式では、出展しているブースで来場者に科学実験を演示したり、科学関係の工作を行わせている。ブースでの実験の演示や工作は、1～3名程度の来場者と対面して、講師が説明をしながら実験の演示をしたり、来場者に工作を行わせるものである。ブースは長机1

～2個を準備して行うのが一般的である。青少年のための科学の祭典（以下、科学の祭典と言う。）における主な活動の形式であり、科学実験イベントではよく見られる形式でもある。

### (3) ショー形式

科学の祭典などの科学実験イベントでは、ブース形式とともにサイエンスショーが行われる場合がある。ショーは、数名から数十名程度の来場者を前に、実験の演示や説明を行うものである。座席の配置は、シアター形式（いすのみを数列並べる形式）であることが一般的である。また、スクール形式と異なり、会場の出入りは自由である。

なお、本論中の実践は、シルクワームではスクール形式で、みるくらボと北見大会では、ショー形式で行った。

## 3. 教育内容構成の方針

筆者は、現代科学の成果である接触の機構に着目した摩擦力の教育内容構成を提案しており<sup>1), 2)</sup>、本論中の実践では、この内容を踏まえて次の方針により、教育内容を設定した。

- ① 指導案の冒頭で、子どもが経験している日常生活の中に摩擦力は目に見えないが多く存在していることを説明し、その例を挙げる。そして見た目に凹凸がある面どうしの接触を挙げて、摩擦力について説明する。その後、見た目には平らで滑らかな面であっても、細かな凹凸があり、摩擦力があることを説明する。そして、物体が平面を押す力が大きくなるから、ほんとうに接触している部分が増える、したがって最大静止摩擦力が増える、という内容を、子どもが表面の凹凸どうしの接触のイメージを元に、段階的に実体的イメージ<sup>6)</sup>を形成し、理解できる内容とする。
- ② 摩擦の法則に関する発問の前に、最大静止摩擦力は物体に水平方向に加える力の大きさに等しく、水平方向に加える力の大きさはばねの伸びで測ることができることを説明する。
- ③ 一貫して、垂直抗力ではなく、物体が平面を押す力と最大静止摩擦力の関係を考える。
- ④ 対象とする小学生は、小学4～6年生とする。
- ⑤ 摩擦の法則のうち、「最大静止摩擦力の大きさは、物体が平面を押す力の大きさに比例する。」については、物体が平面を押す力の大きさが大きくなると、最大静止摩擦力も大きくなる。」という内容までの教育内容とする。また、「最大静止摩擦力は、見かけの接触面積に依存しない。」については、教育内容として位置付ける。

これらの方針とする理由は次のとおりである。①については、次のとおりである。

本論では、教育内容設定の方針を検討する上で、実体的イメージの役割に着目した。生徒が取り組む具体的事実や現象が実体的イメージを介して、抽象的概念や法則へとつながる三段階の認識を採用し、教育内容を設定することを試みた。

本論で設定する教育内容では、実体的イメージに対応する教育内容に、表面の凹凸どうしの接触のイメージ（図1, 2を参照）を位置付ける。その理由は、最終的に子どもが、物体を動かすために必要な力と物体が平面を押す力の関係を、真実接触面積を媒介として理解できるからである。

②については、摩擦の法則は、最大静止摩擦力の大きさを測らなければ検証できないので、必要な内容である。しかし、力のつりあいを学習していない小学生を対象とすることから、最

大静止摩擦力の大きさは、物体を動かそうと水平方向に引っ張る力の大きさを測ればわかることを説明することにとどめ、力のつりあいについては説明しない。

③については、高等学校においては摩擦の法則を垂直抗力と最大静止摩擦力の関係で教えているが、生徒にとっては直観的には理解しにくい。むしろ、物体が平面を押す力と最大静止摩擦力の関係で教えた方が理解しやすいことを、筆者は文献<sup>2)</sup>で指摘している。このため、物体が平面を押す力と摩擦力の関係を教育内容とする。



図 1 接触している表面の拡大図

下が平面、上が平面に載っている物体である。

○ で平面と物体の凸部どうしが接触している。

(真実接触点)

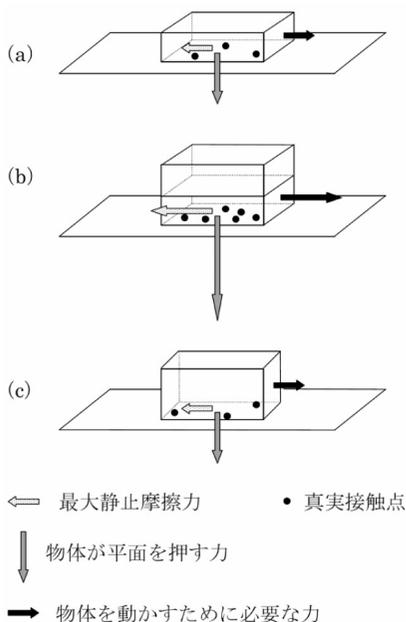


図 2 最大静止摩擦力と真実接触点

④については、小学校理科では、4年で閉じ込めた空気と水に力を加えるという形で力について学び、5年では、てこの学習の中で力を、ふりこの学習の中で重さを学習する<sup>7)</sup>。

また、小学校算数では、長さ、面積、重さを4年までに学習する<sup>8)</sup>。

したがって、小学4年生以上であれば、押したり引っ張ったりすることが力を加えることであるという理解はできていると考えられる。また、摩擦力と真実接触面積との関係を考える上で必要となる、長さ、面積、重さの学習をしている。

したがって、小学4年生以上を対象とすれば、上記の学習内容を理解の基礎として、摩擦力の教育内容を設定することは可能である。

⑤については、小学校算数で比例は、小学6年生で学習する内容であることから<sup>8)</sup>、摩擦が力であることを認識することを重視し、より対象となる学年を広げられるよう配慮し、摩擦の法則のうちの前者について、一方が大きくなればもう一方も大きくなるという内容に留めた。

#### 4. 本論における教育内容及び指導案の到達目標

本章では、本論の教育内容及び指導案の到達目標を明らかにする。筆者は、小学校から高等

学校までの間に摩擦力について、次の点を学習する必要があると考える。

- (1) 摩擦は力である。
- (2) 摩擦力は、平面の上にある物体を動かそうとする力と正反対の向きである。
- (3) 静止摩擦力の大きさは、平面の上にある物体を動かそうとする力の大きさに等しい。
- (4) 最大静止摩擦力の大きさは、平面の上にある物体を動かすために必要な力の大きさに等しい。
- (5) 摩擦力（最大静止摩擦力及び動摩擦力）の大きさは、平面の上にある物体が平面を押す力に比例し、見かけの接触面積に依存しない。
- (6) 動摩擦力の大きさは最大静止摩擦力の大きさよりも小さい。
- (7) 動摩擦力は、物体のすべり速度に依存しない。
- (8) 平面の上で運動する物体に対して、摩擦力が働く場合、動摩擦力と正反対の向きで同じ大きさの力を加え続けると、物体は等速運動する。
- (9) 平面の上で運動する物体に対して、摩擦力が働く場合、動摩擦力と正反対の向きで、動摩擦力より大きい（小さい）一定の大きさの力を加え続けると、物体の速度は大きく（小さく）なる。

(1)～(4)については、摩擦力についての学習において基礎的な内容である。(5)～(7)は、摩擦の法則（クーロン・アモントンの法則）<sup>9)</sup>である。(8)、(9)は動力学の学習に繋がる内容である。

(1)については、日常生活において摩擦とは、こすりあわせるという意味で用いたり、ものが動く上で妨げとなるもの<sup>10)</sup>と認識されている。また、摩擦は熱と結びつけて認識している子どもが多く、力と結びつけて認識している子どもは少ないと思われる<sup>11)</sup>。したがって、日常生活の中で得た認識を出発点として、摩擦は力であることを認識することは、力学教育において重要である。そして、摩擦を力であると認識することは、最終的には摩擦力を力として図示でき、物体が受ける他の力との関係を理解することが目標である。しかし、本論で対象としている小学校の段階ではこのような力の認識形成は容易ではないことから<sup>12)</sup>、本論では、平面を押す力があるときには摩擦力があるということを認識し、(1)、(2)の内容を事実として了解した上で、(5)の入り口となる内容を理解することを目標とする。摩擦の最終的な力としての認識形成は、高等学校までの学習における課題である。

したがって、本論の実践では、第3章で記したとおり、上記のうちの(1)、(2)、(5)に関する内容を学習する教育内容を設定している。ただし、(1)、(2)に関しては、指導案の発問、説明の系列の中の早い段階で、物体が平面を押す力があると摩擦力が働くことを、凹凸のある面の上で凹凸の面を持つサンダルを押しつけて子どもに示すとともに、このときに物体が受ける力の関係を図示するにとどめ、(5)の摩擦の法則に関する学習の中で、摩擦力と物体が平面を押す力及び接触面積との関係を考えていく内容としている。

また、本実践の理解に当たって必要とする事項を小学生が学校教育において学習している内容を踏まえて、(5)については、最大静止摩擦力と物体が平面を押す力が比例することまでには触れず、物体が平面を押す力を大きくすると、最大静止摩擦力は大きくなるという内容にとどめている。

なお、動摩擦力に関する内容（(5)のうちの動摩擦力に関する法則、(6)～(9)）については、より基礎的な内容を確実に認識する観点から静止摩擦に関する内容にとどめ、本論の教育内容及び指導案には含まなかった。

また、本論では、第 3 章で記したとおり、教育内容の理解に当たって、接触のイメージを実体的イメージとして位置づけ、子どもが認識形成することを意図している。子どもが発問、説明の系列の中で、凸凹が目に見える面どうしが接触している場合、見た目には平らに見える面どうしの接触している場合の順に摩擦力について考え、最終的に最大静止摩擦力が見かけの接触面積ではなく、真実接触点の数に依存していることを認識し、上記の(1), (2), (5)に関する内容を理解することを目指している。

以上から、本論における教育内容及び指導案の到達目標を次のとおり設定する。

- ① 摩擦は力であることを理解する。
- ② 物体が平面を押す力があるときには摩擦力があるということを理解する。
- ③ 摩擦力は、平面の上にある物体を動かそうとする力と正反対の向きであることを理解する。
- ④ 摩擦の法則に関する次の内容を理解する。

ア 物体が平面を押す力を大きくすると、最大静止摩擦力は大きくなる。

イ 物体が平面を押す力の大きさが変わらなければ、見かけの接触面積が変わっても、最大静止摩擦力は変わらない。

## 5. 実践結果と考察

本章では、指導案と実践結果を記し、その上で考察を行い次回の実践に向けた課題を明らかにし、指導案の改訂と授業方法の改善の方向性を記す。実践は計 3 回実施した。

### 5. 1 桑園児童会館シルクワームでの実践（スクール形式）

#### 5. 1. 1 実践の概要

シルクワームでは第 3 章の方針により、次節のとおり指導案を作成した上で、主に小学 4～6 年生を対象とし実践した。実践の概要は次のとおりである。

- ① 実験教室の名称  
桑園児童会館科学実験教室シルクワーム
- ② 日時  
平成 22 年 7 月 10 日(土) 10:00～11:50  
(途中 10 分間休憩あり)
- ③ 場所  
札幌市立桑園児童会館 1 階プレイルーム
- ④ 受講者  
26 名(中学生 1 名, 他は小学 4～6 年生)
- ⑤ 講師, ティーチングアシスタント

講師は筆者が担当した。また、ティーチングアシスタントとして、受託している NPO 法人より 3 名が参加した。ティーチングアシスタントは、資料の配布、実験結果の掲示、実験補助を担当した。

なお実践の記録は、デジタルビデオカメラ及び IC レコーダーで記録した上で、文言に翻訳し行った。

授業は、スクール形式で行い、問題と質問については子どもに解答を予想させた後、その

解答の根拠を聴いた。

以下、指導案の発問、解説、説明を実践した順に記載し、子どもの予想した選択肢毎の人数、予想後の子どものコメント、実践結果の分析を記す。

なお、子どものコメントのうちのC<sub>1</sub>～C<sub>9</sub>はそれぞれ、次の性別の子どものコメントである。

C<sub>1</sub>男, C<sub>2</sub>男, C<sub>3</sub>男, C<sub>4</sub>女, C<sub>5</sub>女, C<sub>6</sub>男, C<sub>7</sub>女, C<sub>8</sub>女, C<sub>9</sub>男

## 5. 1. 2 指導案と実践結果

### 【説明1】

私たちの身の回りにはまさつがたくさんあります。

まさつがないと、たいへんなことになってしまいます。たとえば、私は床の上に立っています。もし、足と床の間にまさつがなければ、ほんの少し押されただけで、すべて転んでしまいます。

筆箱やノートが机の上でじっと止まっているのも、まさつがあるからです。まさつがなかったら、みなさんが、ほんの少し押ただけで、筆箱やノートは机の上をすべり出してしまいます。

鉛筆やシャープペンシルで字が書けるのも、まさつがあるからです。まさつがあるから、芯がこすれて紙にくっついて、黒い線が書けるのです。

それでは、まさつがなくなったら、消しゴムで字が消せるでしょうか？

ブレーキレバーをにぎると自転車が進みます。ブレーキレバーをにぎると、ブレーキのパッドが車輪に押し付けられます。押しつけられたブレーキのパッドと車輪の間には、大きなまさつ力がはたらきます。このため、車輪の回転が止まるのです。



レバーを  
にぎると



【説明 2】

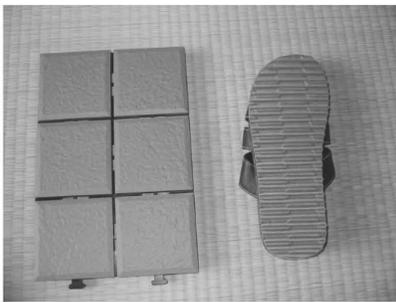
デコボコした床板の上にサンダルをのせました。サンダルの底もデコボコです。サンダルをまっすぐ下向きに手でおさえながら、サンダルをひもで引っばってみます。引っばると手ごたえがあります。サンダルと床の間にまさつ力がはたらくからです。

まさつ力の大きさを、ばねののび具合で測ることにしましょう。サンダルを引っばる力を少しずつ大きくしていきます。引っばる力を大きくしていくと、とつぜん、サンダルはすべり出します。

サンダルを下向きにおさえてみましょう。おさえる力の大きさを 2 kg 分にします (押しつける力は、床板の下にある体重計で計ります)。このとき、どれくらいの大きさの力で引っばれば、サンダルはすべり出すでしょうか。

\_\_\_\_\_ kg の大きさでした。

(注意：長さの単位 m のように、力の大きさを測るための単位があります。中学校の理科で勉強します。今日は、ばねばかりや体重計の示す重さの単位 kg を、めやすとして使っておくことにしました。)



【問題 1】

それでは、サンダルをおさえる力の大きさを 2 倍の 4 kg にすると、すべり出す時のまさつ力の大きさ (ばねののび具合) は、どうなりますか。

- ア 最初と同じ大きさになる (ばねののびは同じ)
- イ 最初より大きくなる (ばねはもっと長くのびる)
- ウ 最初より小さくなる (ばねののびは短い)

すべり出す時のまさつ力の大きさは、\_\_\_\_\_ kg でした。答は、\_\_\_\_\_

問題 1 の選択肢毎の予想した人数は、ア 1 名、イ 19 名、ウ 1 名となり、実験による検証の結果、イが正しいことが解った。

子どものコメントは次のとおりだった。

- イ 最初より大きくなると予想した子ども

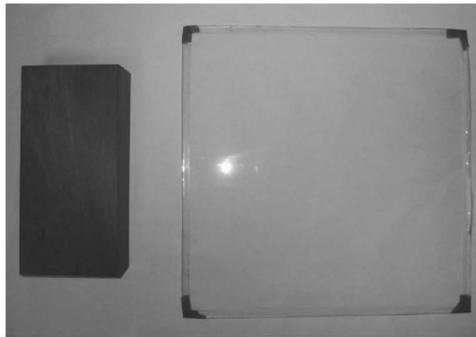
- ・C<sub>1</sub> 最初はばねが短いけど、もっと倍にすると倍になる。
- ・C<sub>2</sub> 人が載っていないそりを引っ張るよりも、人が載っているそりを引っ張るほうが力が要る。

ほとんどの子どもが正答を予想しており、コメントからも、サンダルで床板を押しつける力を大きくすると、動き出す時の摩擦力が大きくなることを予想することは容易だったと言える。

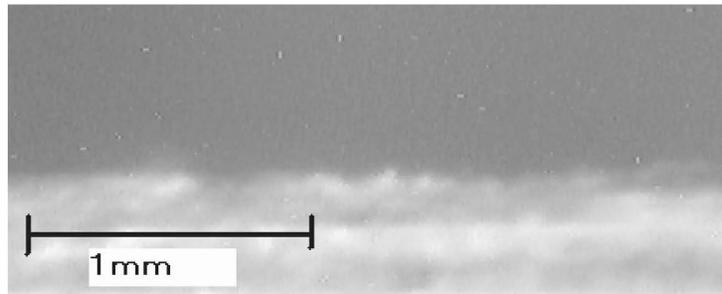
【説明3】

表面がつるつるのガラス板の上に、やはり表面がつるつるの木のブロックをのせます。

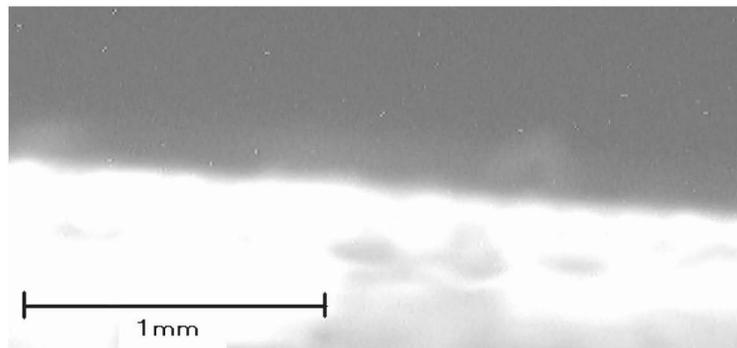
さて、ガラス板も木のブロックもつるつるの表面です。ところが、表面を、顕微鏡で拡大<sup>かくだい</sup>して見てみると、サンダルの底<sup>ひかいた</sup>や床板と同じように、たくさんの細かなデコボコがあります。



木のブロックの  
表面の写真



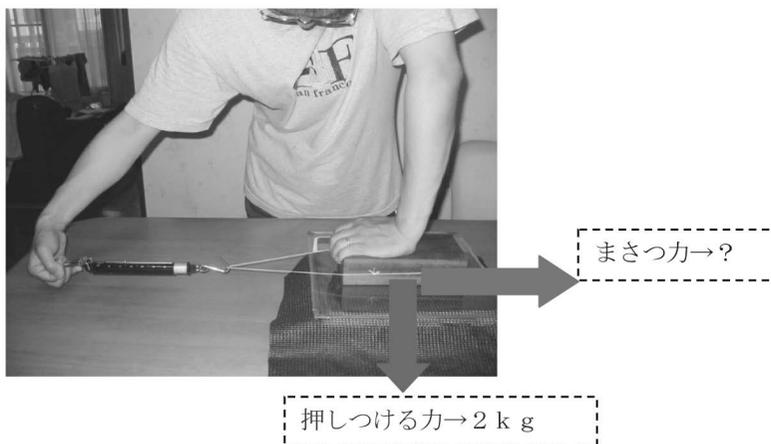
ガラス板の  
表面の写真



【問題 2】

木のブロックをガラス板に 2 kg 分の力で押しつけます。次に、木のブロックをガラス板におしつけたままにして、ばねで引っばります。引っばる力を少しずつ大きくしていきましょう。木のブロックがすべり出すときの、まさつ力の大きさはどれだけですか。

- ア まさつ力の大きさはゼロである。(引っばるとすぐに、すべり始める。)
- イ まさつ力の大きさは、押しつける力（2 kg 分の力）よりも小さい。
- ウ まさつ力の大きさは、押しつける力（2 kg 分の力）よりも大きい。



※この問いでは、実験の際には、より正確に測定するために、予め子どもに説明した上で、手で木のブロックを押し代わりに、水を入れたペットボトルと漬物石を重りにして、押しつけた。(以降の問題も同様に実験した。)

問題 2 の選択肢毎の予想した人数は、ア 0 名、イ 19 名、ウ 0 名となり、実験による検証の結果、イが正しいことが解った。

子どものコメントは次のとおりだった。

- イ まさつ力の大きさは、押しつける力（2 kg 分の力）よりも小さい。と予想した子ども
  - ・C<sub>4</sub> サンダルするときよりもでこぼこが少ない。
  - ・C<sub>3</sub> でこぼこしているよりもでこぼこが小さいからまさつは減ると思う。

結果を分析すると、筆者の予想と異なって、子どもたちの大半が設問 2、3 から、でこぼこは少ないけれどもあるので摩擦力は小さいけれどもあると予想しており、そのとおりの実験結果となった。説明 1、説明 2、問題 1 の内容は、子どもの多くが理解できていると思われる。

【問題 3】

木のブロックを押しつける力を大きくしていくと、すべり出す時のまさつ力の大きさはどうなりますか。

- ア すべりだす時のまさつ力の大きさは変わらない。  
 イ すべりだす時のまさつ力の大きさは大きくなる。  
 ウ すべりだす時のまさつ力の大きさは小さくなる。

※問題2, 3の実験の結果(まさつ力の大きさ)を下の表に書きましょう。

|     | お押し付ける力の大きさ | まさつの力の大きさ |
|-----|-------------|-----------|
| 問題2 | 2 kg        | kg        |
| 問題3 | 3 kg        | kg        |
|     | 4 kg        | kg        |

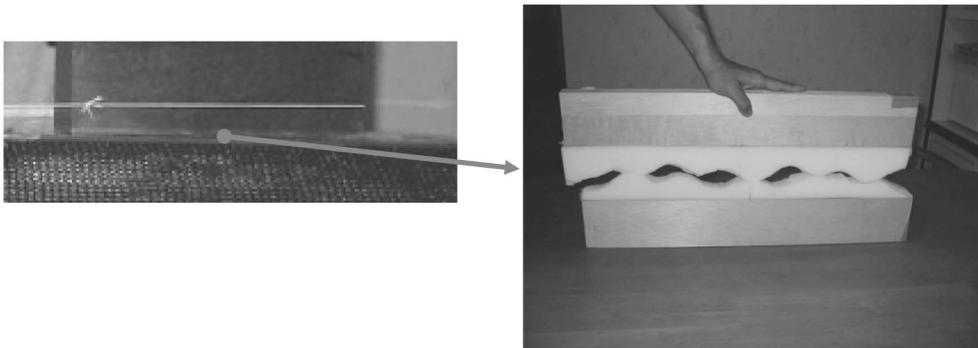
【解説1】

ガラス板と木のブロックの表面を拡大したモデルを使って説明しましょう。

ガラス板や木のブロックのつるつるの表面でも、拡大して見ると、細かなデコボコがあります。木のブロックをガラス板に押しつけると、細かなデコボコのでっぱりどろしがくっついたりひっかかったりします。

まさつ力は、くっついている部分を引き離そうとすると、ガラスと木の間に、はたらく力です。

ガラス板に木のブロックを押しつけて、力の大きさを大きくしていくと、くっつく部分が増えていきます。くっついている部分が増えれば増えるほど、すべりだす時のまさつ力の大きさは、大きくなるのです。



問題3の選択肢毎の予想した人数は、ア 0名、イ 24名、ウ 2名となり、実験による検証の結果、イが正しいことが解った。

子どものコメントは次のとおりだった。

ウ すべりだす時のまさつ力の大きさは小さくなる。

- ・C<sub>6</sub> すべるときってなんか、つなひきのはなしたときに人がはなしたときにすべる
- ・C<sub>5</sub> ひっぱるしゅんかんに、力がぬける

(イ すべりだす時のまさつ力の大きさは大きくなる。と予想した子どもからは意見がなかった。)

結果を分析すると, 子どもの大半は正答を予想した。正答した子どもからのコメントがなかったのは, これまでの問題の結果から当然の予想という認識だったと思われる。

一方すべりだす時の摩擦力の大きさが小さくなると予想した子どもは, 最大静止摩擦力よりも動摩擦力の方が小さく, 動き出す瞬間に摩擦力が小さくなることに着目した可能性がある。

**【問題 4】**

木のブロックをガラス板の上に立てて置きます。木のブロックをガラス板に<sup>お</sup>押しつけて, 問題 3 のときと同じようにひっぱります。すべりだす時のまさつ力の大きさは, 問題 3 のときとくらべてどうなるでしょうか。

木のブロックとガラス板が接している面積 (木のブロックの底面積) は,

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{問題 3 のときは, } 200 \text{ cm}^2 \text{ (} 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm)} \\ \text{問題 4 のときは, } 100 \text{ cm}^2 \text{ (} 20 \text{ cm} \times 5 \text{ cm)} \end{array} \right\}$$

です。

- ア 問題 3 のときと同じ。
- イ 問題 3 のときよりも大きくなる。
- ウ 問題 3 のときよりも小さくなる。



※実験の結果 (まさつ力の大きさ) を書きましょう。

| お<br>押し付ける力の大きさ | まさつ力の大きさ      |              |
|-----------------|---------------|--------------|
|                 | 横にしたとき (問題 3) | 立てたとき (問題 4) |
| 2 kg            | kg            | kg           |
| 3 kg            | kg            | kg           |
| 3 kg            | kg            | kg           |

**【解説 2】**

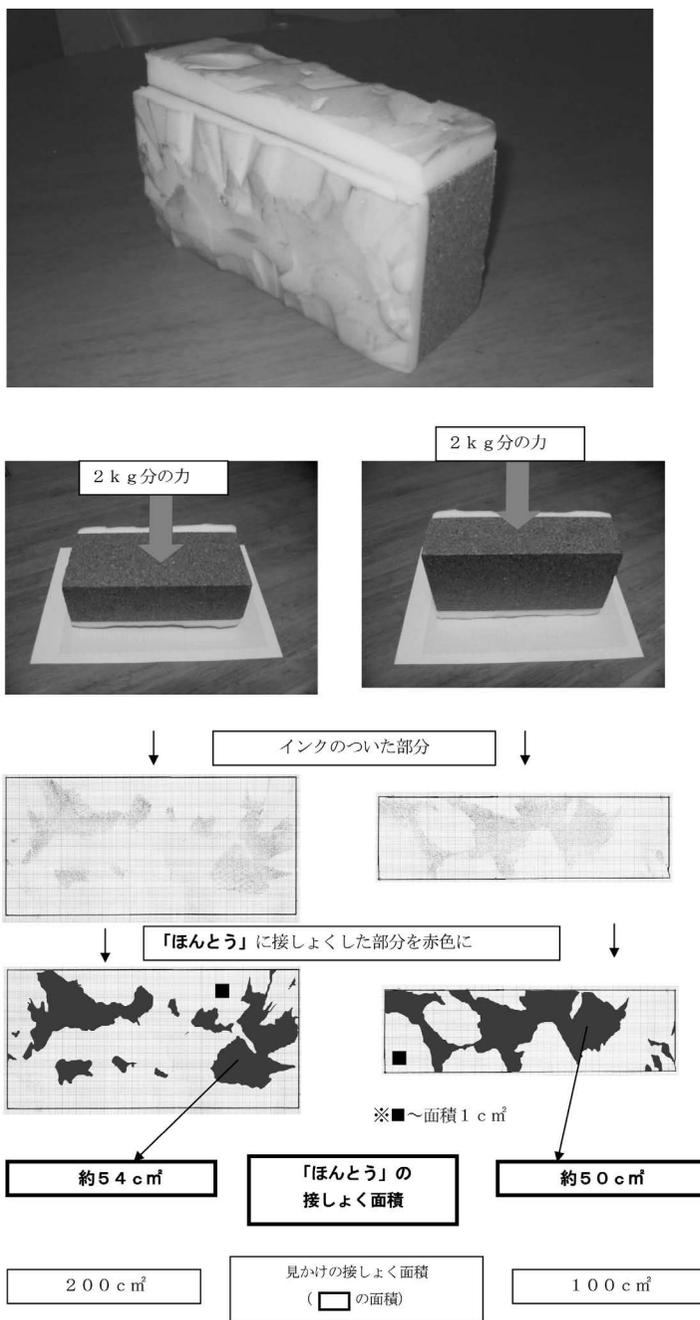
木のブロックとガラス板が接している面積 (木のブロックの底面積) がちがっていても, 木のブロックが動きだすときの, まさつ力の大きさは同じでした。デコボコの表面が広い面積で接しているほうが, まさつ力が大きくなるように思いませんか。そうならないのはなぜでしょうか。

デコボコの表面で何が起きているのかを, モデルを使って考えてみましょう。

これは、ブロックにデコボコにちぎったスポンジをはったものです。スポンジにインクをぬっておきます。このブロックを方眼紙に押しつけると、スポンジが接しよ<sup>お</sup>したところに、インクがつきます。

ブロックを立てに置いたときと、横に置いたときで、色のつき方にちがいがあるでしょうか。ブロックは同じ大きさの力（2 kg）で押しつけ<sup>お</sup>ます。

方眼紙の色のついた部分の面積をくらべてみましょう。



ブロックをおしつけるとき、ブロックの底面積を見かけの接しよく面積といいます。見かけの接しよく面積（□）は、大きくなりがちです。

ところが、ほんとうに接しよくしている部分（■）は、ほとんど同じ面積です。

ですから、ブロックの底面積のちがいは、見かけのちがいでしかないのです。ブロックの底面積は、「ほんとう」ではない接しよく面積なので、「見かけの接しよく面積」といいます。

同じ大きさの力で押しつけると、見かけの接しよく面積がちがっていても、ほんとうの接しよく面積はほとんど変わりありませんでした。ほんとうにくっついている面積が同じなのですから、そこではたらくまさつ力の大きさも同じになるのです。

---

問題 4 の選択肢毎の予想した人数は、ア 0 名、イ 1 名、ウ 22 名となり、実験による検証の結果、アが正しいことが解った。予想したこどもは、全員不正解であった。

子どものコメントは次のとおりだった。

イ 問題 3 のときよりも大きくなる。と予想した子ども

- ・ C<sub>3</sub> 表面積が小さくなると、かかる力が一点に集まるからその分重くなる。

ウ 問題 3 のときよりも小さくなる。と予想した子ども

- ・ C<sub>6</sub> 最初よりもでこぼこがはまっている部分が半分になるから力も半分になる。
- ・ C<sub>7</sub> まさつ力はガラスの板と木の間にあるから、間の面積が少なくなるとまさつ力も少なくなる。
- ・ C<sub>8</sub> 問題 3 よりも、底が小さくなるから、でこぼこも小さくなる。
- ・ C<sub>9</sub> 横よりもたての方が、でこぼこの面積が少ないから、その分まさつ力が小さくなる。

結果を分析すると、木のブロックの底面積が小さくなると真実接触面積も小さくなると考え予想した子どもが多かった。木のブロックがガラス板を押し出す力と接触面との関係に着目した子どもは 1 名いたが (C<sub>3</sub>)、正答と異なると予想だった。多くの子どもは、これまで示したでこぼこの接触面のモデルのイメージから、ブロックの底面積の大きさと真実接触面積を関連付けて考えたと思われる。

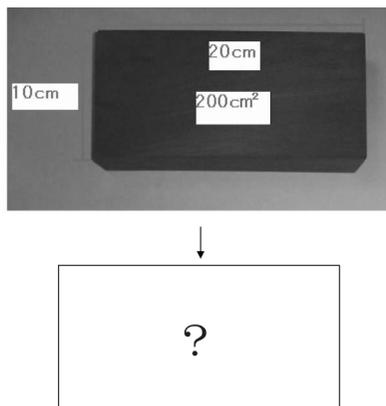
---

【質問 1】

木のブロック（\_\_\_\_\_ kg）を横にしておいたときの底の面の面積は、 $200\text{ cm}^2$  です。

このうちで、木のブロックとガラス板がほんとうに接しよくしている部分の面積は、どのくらいだと思いますか。

- ア  $20\text{ cm}^2$  ぐらい
- イ  $2\text{ cm}^2$  ぐらい
- ウ  $0.2\text{ cm}^2$  ぐらい
- エ  $0.2\text{ cm}^2$  よりも小さい

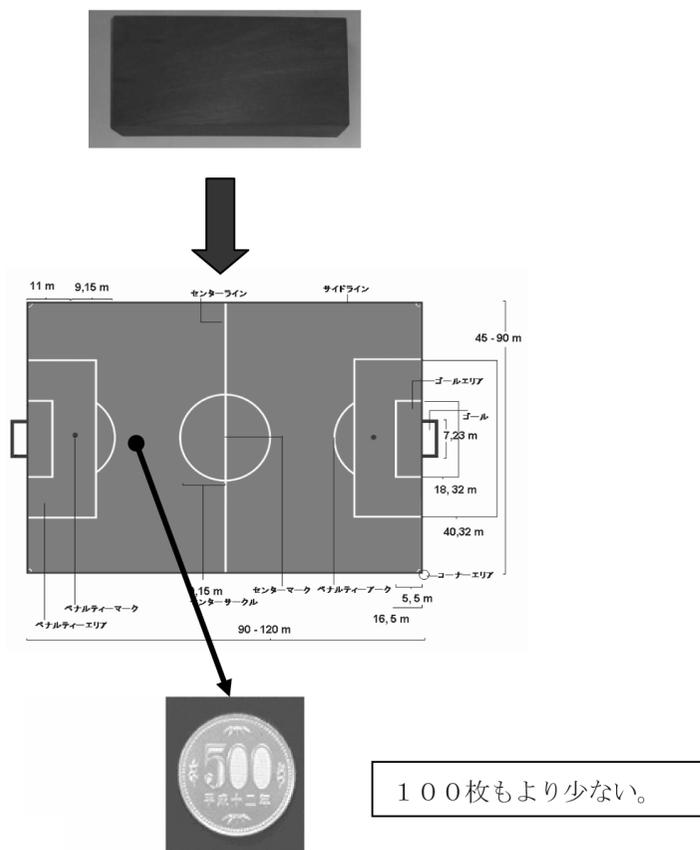


【解説 3】

ほんとうに接しよくしている部分のごくわずかです。

ほんとうに接しよくしている面積がどれくらい小さいかを、ブロックの底面積をサッカーコートと同じ広さにまで拡大して考えてみましょう。

サッカーコート全体を 500 円硬貨で敷きつめるには、約 900 万枚の 500 円硬貨が必要です。ところが、ほんとうに接しよくしている部分は、500 円硬貨の枚数で 100 枚よりも少ないのです。



質問 1 の選択肢毎の予想した人数は、ア 2 名、イ 1 名、ウ 12 名、エ、7 名となり、解説でエが正しいことを説明した。

子どものコメントは、ア、イはないだろうという予想中のコメントのみだった。

この質問は、これまでの教育内容を踏まえて予想するとすれば、スポンジのモデルであれば平面を押す力が 2 kg で、50 cm<sup>2</sup> ぐらいであり、底面積の 4 分の 1 ぐらいというところから、大まかに予想するしかない。

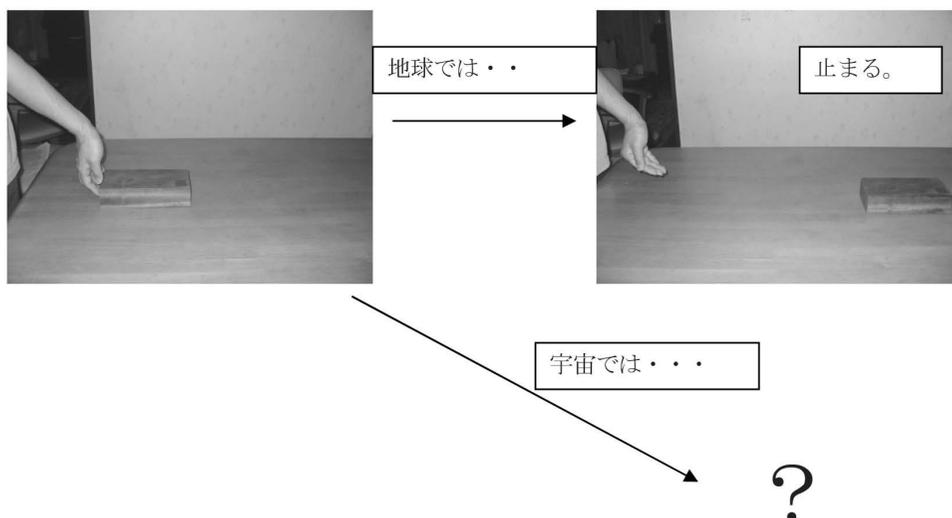
予想はばらついたが、相当数の子どもには、予想以上に真実接触面積が小さいということを知りてもらえたと思う。

【質問 2】

木のブロックを表面がつるつるの机にのせます。木のブロックを軽く押し出すと、しばらく進んで止まります。

それでは、同じ実験を宇宙空間のような重力のない状態でやってみると、木のブロックはどれだけ進むと思いますか。

- ア 木のブロックは、押し出すとすぐ止まる。
- イ 木のブロックは、地球の場合よりも短い長さだけ進んで止まる。
- ウ 木のブロックは、地球の場合と同じ長さだけ進んで止まる。
- エ 木のブロックは進み続け、机の上から飛び出す。



【解説 4】

宇宙空間にはすぐ行って実験することはできませんが、重力のない宇宙空間では、面を押しつける力がないので、まさつ力も起きません。

しかし、地球上では、2つのものが接しよくしていれば、多くの場合まさつ力が起きている、と言っても過言ではありません。

イギリスのある科学者はかつて、つるつるのものどうしが接しよくしている状態を「スイスをマッターホルンやアイガーもろとも裏返して、ヒマラヤ山系にかぶせたような状態」を想像したらよいと言いました。札幌で言えば、藻岩山を裏返しにして、手稲山にかぶせたような状態と言えるでしょう。

そして、その山のとっぺんどうしが接しよくしていてそこでまさつは起きています。

しかし、とっぺんどうしが接触しているところで何が起きているかについては、今でも、科学者の間で議論されています。今日の実験教室を機会に、関心のある人はいろいろ調べてみて

ください。

もっと知りたい人は、次の本などを読んでみてください。

○摩擦について、わかりやすく説明しているホームページとして、次のものがあります。

- ・まさつがなけりゃはじまらない！（科学技術振興機構 作成）

<http://jvsc.jst.go.jp/find/friction/>

○少し難しいかもしれませんが、まさつを説明している次の本があります。

- ・「摩擦の話」、曾田範宗著、岩波新書（絶版ですが、図書館や古本屋などにありますので、探してみてください。）
- ・「トコトンやさしい摩擦の本（B&T ブックス—今日からモノ知りシリーズ）」、角田和雄著、日刊工業新聞社

質問1の選択肢毎の予想した人数は、ア～ウ 0名、エ 23名となり、解説でエが正しいことを説明した。

予想した子どもは全員正解だった。

子どものコメントは次のとおりである。

- ・C<sub>1</sub> 無重力だったら、まさつ力がないので、まったく重力がないのでびゅーっと進む。何かにつつからない限り止らない。
- ・C<sub>3</sub> 無重力だったら、まさつする表面とまさつどうしのところがあたらなくて、どっかにあたらないととまらない。
- ・C<sub>6</sub> だれかわすれちゃったけど、宇宙ステーションで実験するときにはねつきかなんかをやっていて、その玉が落ちずにそのままピーっと進む。
- ・C<sub>2</sub> 押し付ける力がないから、まさつ力は全くない。
- ・C<sub>9</sub> 浮くからまさつ力がないからそのままびゅーっと進む。
- ・C<sub>5</sub> 上から押されるような感じがするとき、それが重力というんですけど、宇宙では、重力がないから、さっき勉強した表面がちがっても重さで決まるから、重さがないものを押し付けられないので、まさつ力がない。

結果を分析すると、これまでに形成した表面の凹凸の接触のイメージを活かして、摩擦力が無いと解答を予想したと思われる子ども（C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>5</sub>、C<sub>9</sub>）と、摩擦力について考えず、テレビや映画などで見たと思われる宇宙空間でもものが浮いているイメージから直接的に解答を予想したと思われる子ども（C<sub>6</sub>）がいた。

### 5. 1. 3 考察

問題1では、サンダルで床板を押しつける力を大きくすると、動き出す時の摩擦力が大きくなることを問う発問を設定したが、ほとんどの子どもが正答を予想しており、コメントからも、サンダルで床板を押しつける力を大きくすると、動き出す時の摩擦力が大きくなることを予想することは容易だったと言える。一方、押しつける力が大きくなると、ブロックが動き出す時の摩擦力が大きくなることは、この後の平らな面同士の摩擦でも教育内容としていることから、サンダルと床板というデコボコが見た目に明らかである物体どうしの摩擦では、摩擦力が起きることのみを示せば足りると言える。

また,問題 1 を予想した子どものコメントの中に,「人が載っていないそりを引っ張るよりも,人が載っているそりを引っ張るほうが力が要る。(C<sub>2</sub>)」があった。これは,子ども自ら日常生活で得られた認識を科学的概念と結び付けようとする試みと考えられ,このような子どもの思考を促す発問を加えることが必要である。

問題 2 では,子どもたちの大半が,平らで滑らかな面どうしの摩擦であっても,摩擦力があることを予想できた。したがって,この内容についても敢えて独立した発問を設定せず,問題 3 (平らで滑らかな面どうしの摩擦において,面を押しつける力が大きくなれば,動き出す時の摩擦力が大きくなること)を,発問として設定すれば,平らで滑らかな面どうしでも,摩擦力が生じることは認識できると言える。

問題 3 でも多くの子どもは正答を予想できたが,すべりだす時の摩擦力の大きさが小さくなると予想した子どもがいた。彼らは,最大静止摩擦力よりも動摩擦力の方が小さく,動き出す瞬間に摩擦力が小さくなることに着目した可能性がある。この点については,誤解のないように,発問の内容を見直す必要がある。例えば「すべりだす直前のまさつ力」を問うように修正することが必要である。

問題 4 では,木のブロックの底面積が小さくなると真実接触面積も小さくなると考え予想した子どもが多かった。木のブロックがガラス板を押す力と接触面との関係に着目した子どもは 1 名いたが (C<sub>3</sub>), 正答と異なると予想だった。多くの子どもは,これまで示したでこぼこの接触面のモデルのイメージから,ブロックの底面積の大きさと同様接触面積を関連付けて考えたと思われる。正答は得られなかったものの,その理由を後のデコボコのスポンジを用いた説明をすることで理解できたと考えられる。その理由は質問 2 のコメントから伺える。

質問 1 では,予想は分れ,正答を選択できた子どもは全体の約 4 分の 1 だった。このことから,子供にとっては真実接触面積が科学で検証された事実よりも多いと認識されていたと言えるが,この発問とその後の説明によって,多くの子どもは科学的な事実を認識できたと考えられる。

質問 2 では,多くの子どもは,表面の凹凸の接触のイメージから,摩擦力がないと予想できたと考えられるが,一部の子どもは摩擦力を考慮せずに予想したと考えられ,今回の授業を理解できたかどうか明らかではない子どももいると言える。

その他に,子どものコメントからは,木のブロックは平らで滑らかとはいえないという指摘があったことから,平らで滑らかな面であることを子どもが納得できる教材を用いることを改訂に際して検討する必要がある。

## 5. 2 なかしべつ科学フェスティバルみるくラボでの実践 (ショー形式)

### 5. 2. 1 実践の概要

みるくラボでの実践の概要は次のとおりである。

① イベントの名称

なかしべつ科学フェスティバルみるくラボ (以下,みるくラボと言う)

② 日時

平成 22 年 8 月 1 日(日) 11:45 ~ 12:30 (45 分)

③ 場所

中標津町総合文化会館しるべつと コミュニティーホール ステージ

④ 受講者

最大 14 名、最小 6 名（いずれも小学生と推測される。出入り自由の会場だったために、徐々に人が減っていった。最後に残っていたのは 6 名である。）

⑤ 講師

講師は筆者が担当した。ティーチングアシスタントは配置しなかった。

なお実践の記録は、デジタルビデオカメラ及び IC レコーダーで記録した上で、文言に翻訳し行った。

授業はショー形式で、指導案を配布するとともに、プロジェクターで指導案をスクリーンに投影し行った。問題と質問については子どもに解答を予想させた後、その解答の根拠を聴いた。

## 5. 2. 2 改良した指導案と実践結果

みるくらぼでは、シルクワームで実践した指導案を、主に次のとおり改訂した。

- (1) 指導する摩擦力の内容が、子どもの日常生活での経験と結びつけて考えることができるよう、説明 1 の説明の一部に変えて、子どもに摩擦がなかったらどうなるかを問う内容を設定した（改訂した指導案の質問 1）。また、当初の指導案の解説 1 の後に、押しつける力を増やすと、摩擦力が増えたという経験を問う内容を設定した（改訂した指導案の質問 2）。
- (2) 生徒にとって、正答を予想することが容易であり、後の発問で教育内容の認識が可能と考えられる発問（当初の指導案の問題 1 と問題 2）を削除した。
- (3) 平面に載せた木のブロックを、明らかに平らで滑らかといえるアクリル板でできた箱に変えた。
- (4) 当初の指導案の質問 2（無重力状態での摩擦）の選択肢を、摩擦力の有無と関連付けて予想できるよう、内容を見直した。

次に、指導案と実践結果を記す。

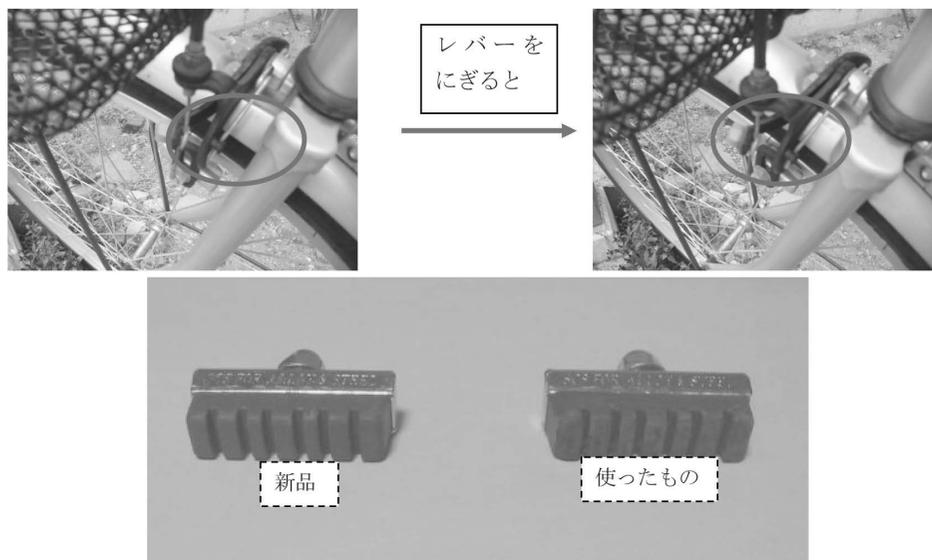
---

### 【説明 1】

私たちの身の回りにはまさつがたくさんあります。

例えば、ブレーキレバーをにぎると自転車が止まります。ブレーキレバーをにぎると、ブレーキのパッドが車輪に押し付けられます。押しつけられたブレーキのパッドと車輪の間には、大きなまさつ力（お）がはたらきます。このため、車輪の回転が止まるのです。





---

**【質問 1】**

もし、まさつがないと、自転車も自動車も止まらず、たいへんなことになってしまいます。まさつがなかったら、ほかにどのようなことが起こると思いますか。

下の欄らんに書いてみましょう。

(記入欄省略)

---

質問 2 では、子どもから、次のコメントがあった。

- ・交通事故が起こる。
- ・ビルが倒れる。
- ・電車と電車の事故が起こる。
- ・人が歩けない。

交通事故が起こることと、電車と電車の事故が起こることは、車が止まれないことから想起されると思われる。また、人が歩けないということは日常生活から想像しうられる。一方、ビルが倒れることは、ネジが抜けることや土と基礎鋼材の間の摩擦もなくなることに想像が至っていると思われる。内容は異なるが、これらを発表しあうことで、日常生活における摩擦の重要性は認識できたと考える。

---

**【説明 A】**

・質問 1 で発表させた後、次のとおり説明する。(発言を促しても、出ない場合にも、次の説明をする。)

まさつについての研究者だったそだのりむね曾田範宗さんは、「摩擦の話」という本の中で、まさつがなかったらどうなるかを次のように書いています。

「もしも摩擦という力が存在しなかったら、人が歩けない、机の上においたものがすべり

落ち、机やテーブルもまた走り出す。マッチやライターが使えない、ブレーキをしっかりとかけてとまっていた自動車や列車がとたんに走りだす。くぎやくさびはいっせいに抜け出してほとんどの建物は音をたてて倒壊して（倒れて壊れて）しまうだろう。ねじでしっかりとめてあったものもだめである。ネジやボルトもまた摩擦を利用しているからである。」

この説明は、摩擦の研究者の間で幅広く知られている著作からの引用であり<sup>9)</sup>、摩擦がない場合起こることを的確に例示している。しかし、この説明を挿入した結果、次の説明や発問に至るまで、時間を要することになった。

【説明2】

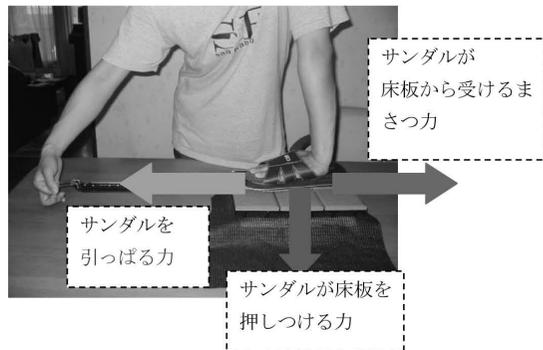
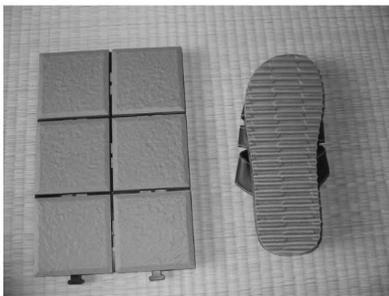
デコボコした床板ゆかいたの上にサンダルをのせました。サンダルの底もデコボコです。サンダルをまっすぐ下向きに手でおさえながら、サンダルをひもで引っばってみます。引っばると手ごたえがあります。サンダルと床の間にまさくあいつ力ちからがはたらくからです。

まさくあいつ力ちからの大きさを、ばねののび具合（ばねばかり）で測ることにしましょう。サンダルを引っばる力を少しずつ大きくしていきます。引っばる力を大きくしていくと、とつぜん、サンダルはすべり出します。

サンダルを下向きにおさえてみましょう。おさえる力の大きさを2kg分にしませ（押しつける力は、床板の下にある体重計ゆかいたで計ります）。このとき、どれくらいの大きさの力で引っばれば、サンダルはすべり出すでしょうか。

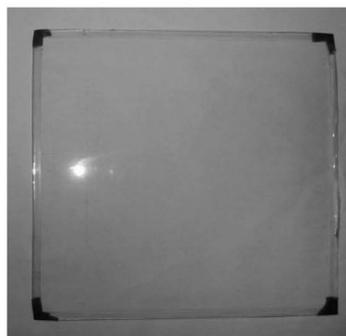
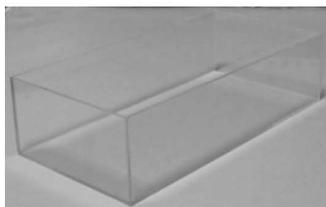
0.6kgの大きさでした。

（注意：長さの単位mのように、力の大きさを測るための単位があります。中学校の理科で勉強します。今日は、ばねばかりや体重計の示す重さの単位kgを、めやすとして使っておくことにしました。）

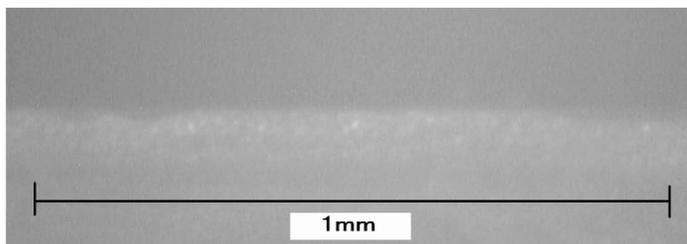


【説明 3】

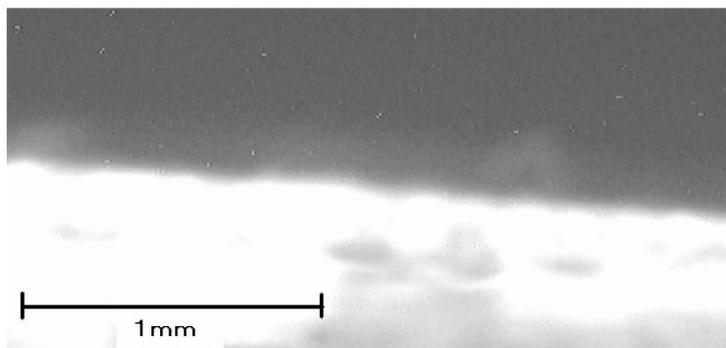
表面がつるつるのガラス板の上に、やはり表面がつるつるのプラスチックの箱をのせます。さて、ガラス板もプラスチックの箱もつるつるの表面です。ところが、表面を、顕微鏡で<sup>かくだい</sup>拡大して見ると、サンダル<sup>ゆかいた</sup>の底や床板と同じように、たくさんの細かなデコボコがあります。



プラスチックの箱の表面の写真



ガラス板の表面の写真



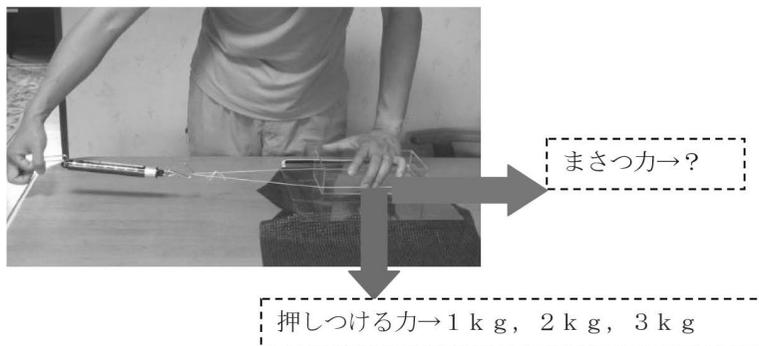
【問題 1】

プラスチックの箱をガラス板に 1 kg 分の力で押しつけます。

次に、プラスチックの箱をガラス板におしつけたままにして、ばねで引っばります。引っばる力を少しずつ大きくしていきましょう。

プラスチックの箱がすべり出すときのまさつ力を計ってみましょう。

まさつ力の大きさは 0.4 kg となります。



それでは、プラスチックの箱を押しつける力を大きくしていくと、すべりだす時のまさつ力の大きさはどうなりますか。

- ア すべりだす時のまさつ力の大きさは変わらない。→予想した子ども 1名
- イ すべりだす時のまさつ力は大きくなる。→予想した子ども 12名→正答
- ウ すべりだす時のまさつ力は小さくなる。→予想した子ども 1名

※この実験では、ばねばかりでの計測を子どもに行わせた。

※実験の結果（まさつ力の大きさ）を下の表に書きましょう。

| 押しつける力の大きさ | まさつ力の大きさ |
|------------|----------|
| 1 kg       | 0.4 kg   |
| 2 kg       | 0.5 kg   |
| 3 kg       | 0.9 kg   |

※この問いでは、実験の際には、より正確に測定するために、予め子どもに説明した上で、手で木のブロックを押し代わりに、水を入れたペットボトルと漬物石を重りにして、押しつけた。（以降の問題も同様に実験した。）

【解説 1】

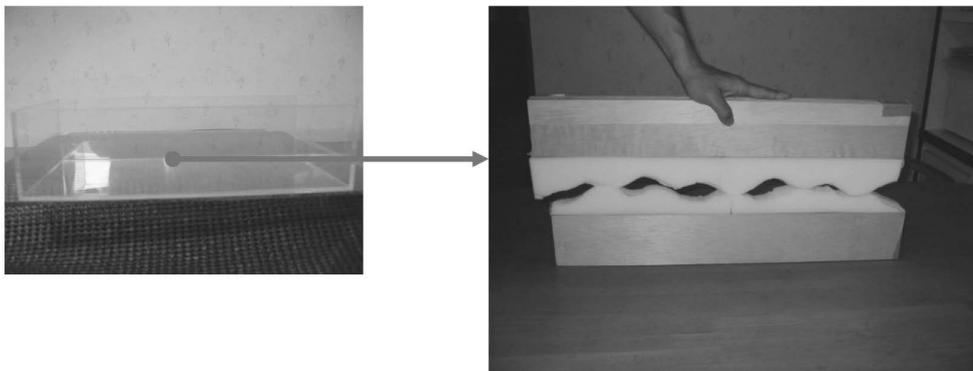
問題 1 の答えは「イ」です。すべりだす時のまさつ力は大きくなります。

その理由をガラス板とプラスチックの箱の表面を拡大したモデルを使って説明しましょう。ガラス板やプラスチックの箱のつるつるの表面でも、拡大して見ると、細かなデコボコがありました。プラスチックの箱をガラス板に押しつけると、細かなデコボコのでっぱりどうしがくっついたりひっかかたりします。

まさつ力は、くっついている部分を引き離そうとすると、ガラスと木の間に、はたらく力

です。

ガラス板にプラスチックの箱を押しつけて、力を大きくしていくと、くっつく部分が増えていきます。くっついている部分が増えれば増えるほど、すべりだす時のまさつ力は、大きくなるのです。



---

問題 1 では、正答を予想した子どもが大半であった。なお、解答予想後の子どものコメントは次のとおりだった。

ア すべりだす時のまさつ力の大きさは変わらない。

・なんとなく。

イ すべりだす時のまさつ力は大きくなる。

・なんとなく。(2名)

・重くなったら、引っ張るときにもっと力が必要になる。

・さっき 2 kg でやったとき、0.6 kg だったから、今度 2 kg でやっても増える。

ウ すべりだす時のまさつ力は小さくなる。

・なんとなく。

正答以外の選択の理由は、明らかとならなかったが、正答を選択した子どものコメントから、「押しつける力」を「重さ」に言い換えて認識を深めようとする試みや、前の問題の解答と関連付けて予想している試みが見られた。一方、「なんとなく」というコメントも多く、自覚的に内容を認識できていないと思われる子どももいた。

---

### 【質問 2】

最初の説明で、自転車のブレーキのしくみについて話をしました。自転車のブレーキでは、パッドを車輪に押しつけてまさつ力を増やして自転車を止めます。みなさんは、押しつける力を大きくすると、まさつ力が増えることを、経験したことはありませんか。経験したことや思いついたことを、下の欄に書きましょう。

(記入欄省略)

---

### 【説明 B】

面を押しつける力が大きくなるとまさつ力が大きくなることを実感する例として、次の例が

挙げられる。

発言を促しても、出てこない場合には、次の例を説明する。

- ・そりをひっぱるとき、人が乗るとまさつ力が大きくなってすべりにくい。
- ・消しゴムで字をきれいに消そうと強く消しゴムを押しつけると、まさつ力が大きくなる。
- ・鉛筆で字を書く時、濃く書こうと強く鉛筆を押しつけると、まさつ力が鉛筆が滑りにくくなる。
- ・つなひきでしっかりひもを握ると、まさつ力が大きくなってすべりにくくなる。

質問2に対する子どものコメントは、次の2点だった。

- ・自転車でブレーキを踏みながらペダルを踏み込むとまさつ力が大きくなって踏み込む力がたくさん必要になって、そのうち止まる。
- ・ない。

一点目のコメントは、授業冒頭の説明を出発点として、「まさつ力」という今回学んだ言葉を使って、日常経験を説明しようと試みていると言える。

### 【問題2】

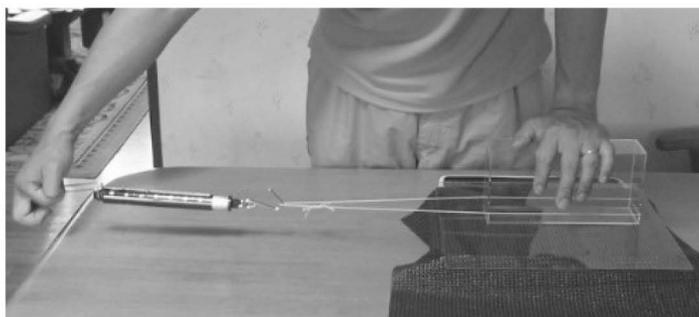
プラスチックの箱をガラス板の上に立てて置きます。プラスチックの箱をガラス板に押しつけて、問題2のときと同じようにひっぱります。すべりだす時のまさつ力の大きさは、問題2のときとくらべてどうなるでしょうか。

プラスチックの箱とガラス板が接している面積（プラスチックの箱の底面積）は、

$$\left. \begin{array}{l} \text{問題1のときは、} 200 \text{ cm}^2 \text{ (} 20\text{cm} \times 10\text{cm)} \\ \text{問題2のときは、} 100 \text{ cm}^2 \text{ (} 20\text{cm} \times 5 \text{ cm)} \end{array} \right\}$$

です。

- ア 問題1のときと同じくらいになる。→予想した子ども 0名→正答
- イ 問題1のときの半分くらいになる。→予想した子ども 3名
- ウ 問題1のときの2倍くらいになる。→予想した子ども 1名



※実験の結果（まさつ力の大きさ）を書きましょう。

| 押し付ける力の大きさ | まさつ力の大きさ     |             |
|------------|--------------|-------------|
|            | 横にしたとき（問題 1） | 立てたとき（問題 2） |
| 1 kg       | 0.4 kg       | 0.3 kg      |
| 2 kg       | 0.5 kg       | 0.6 kg      |
| 3 kg       | 0.9 kg       | 0.9 kg      |

【解説 2】

問題 2 の答えは「ア」です。横にしても立てにしても、まさつ力の大きさは、ほぼ同じになります。

プラスチックの箱とガラス板が接している面積（プラスチックの箱の底面積）がちがっていても、プラスチックの箱が動きだすときの、まさつ力の大きさは同じでした。デコボコの表面が広い面積で接しているほうが、まさつ力が大きくなるように思いませんか。そうならないのはなぜでしょうか。

デコボコの表面で何が起きているのかを、モデルを使って考えてみましょう。

これは、プラスチックの箱にデコボコにちぎったスポンジをはったものです。スポンジにインクをぬっておきます。この箱を方眼紙に押しつけると、スポンジが接しよくしたところに、インクがつきます。

箱を立てに置いたときと、横に置いたときで、色のつき方にちがいがあるでしょうか。箱は同じ大きさの力（2 kg）で押しつけます。

方眼紙の色のついた部分の面積をくらべてみましょう。

（以下、当初の指導案の解説 2 の写真及び図と同じなので、中略する。）

箱をおしつけるとき、箱の底面積を「見かけの接しよく面積」といいます。箱の底面積は、「ほんとう」ではない接しよく面積なので、見かけの接しよく面積といえます。見かけの接しよく面積（□）は、2 倍のちがいがあります。

ところが、ほんとうに接しよくしている部分（■）は、ほとんど同じ面積です。

ですから、箱の底面積のちがいは、見かけのちがいでしかないのです。

同じ大きさの力で押しつけると、見かけの接しよく面積がちがっていても、ほんとうの接しよく面積はほとんど変わりありませんでした。ほんとうにくっついている面積が同じなので、そこではたらくまさつ力の大きさも同じになるのです。

問題 2 では、予想した子どもから次のコメントがあった。

イ 問題 1 のときの半分くらいになる。

- ・立てにしたら、面積が半分になるからまさつ力も半分になる。

ウ 問題 1 のときの 2 倍くらいになる。

- ・なんとなく。

予想の分布は、子どもの数が少ないものの、シルクワームで実践した際と同様に正答を予想

した子どもはなく、見かけの接触面積を半分にすると摩擦力も半分になると予想した子どもが多かった。

---

**【質問3】**

プラスチックの箱を横にしておいたときの底面積は、 $200\text{cm}^2$ です。

このうちで、プラスチックの箱とガラス板がほんとうに接しよくしている部分の面積は、どのくらいだと思いますか。

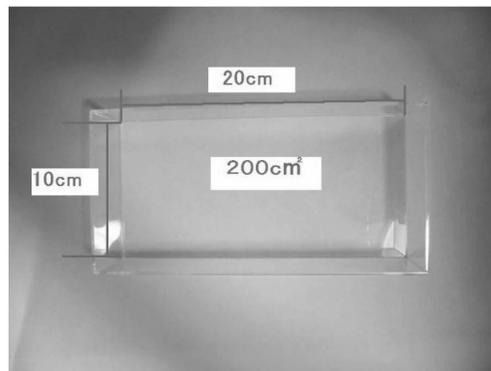
ア  $20\text{cm}^2$ ぐらい（底面積の $1/10$ ぐらい）→予想した子ども 2名

イ  $2\text{cm}^2$ ぐらい（底面積の $1/100$ ぐらい）→予想した子ども 1名

ウ  $0.2\text{cm}^2$ ぐらい（底面積の $1/1,000$ ぐらい）→予想した子ども 1名

エ  $0.2\text{cm}^2$ よりも小さい（底面積の $1/1,000$ より小さい）

→予想した子ども 2名→正答



---

**【解説3】**

質問3の答えは、「エ」です。ほんとうに接しよくしている部分は、底面積の $1/1000$ にも満たないごくわずかの面積です。

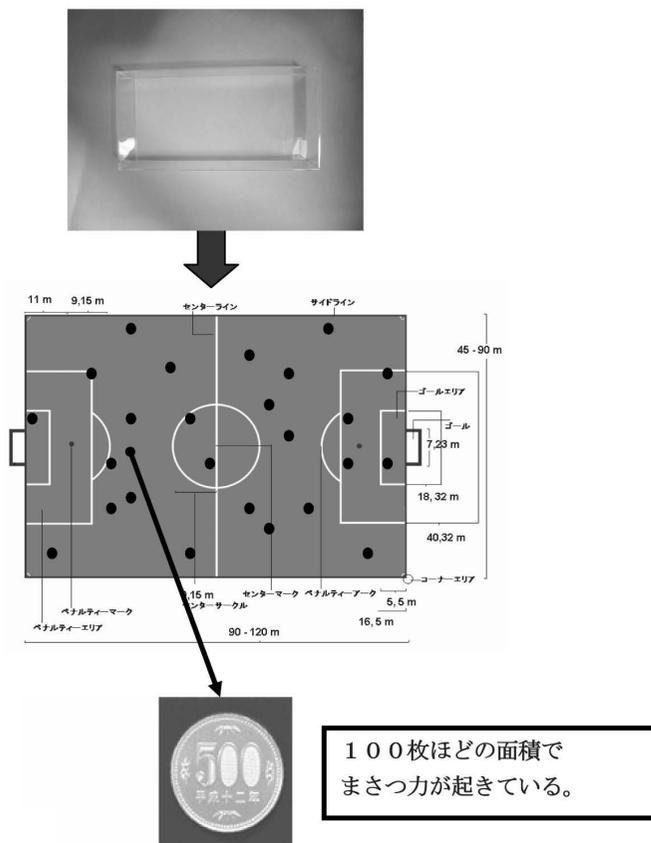
ほんとうに接しよくしている面積がどれくらい小さいかを、ブロックの底面積をサッカーコートと同じ広さにまで拡大して考えてみましょう。

サッカーコートの大きさの面の中で、ほんとうに接しよくしている場所は、500円硬貨くら

いの大きさのいくつかの点です。何個くらいの点で接しよくしているのでしょうか。

サッカーコート全体を 500 円硬貨で敷きつめるには、約 900 万枚の 500 円硬貨が必要です。ところが、ほんとうに接しよくしている部分は、500 円硬貨の枚数で 100 枚ほどの面積なのです。

500 円硬貨が本当に接しよくしている部分ひとつの大きさに当たります。そこで、まさつ力は起きているのです。



---

質問 3 を予想した後の子どものコメントは時間の都合で聞けなかった。子どもの予想はすべての選択肢に分かれた。シルクワームでの実践では、ウ、エという少ない面積に予想が集まったが、みるくラボでは選択肢の分布は選択肢の間で大きな差異はなかった。

---

#### 【質問 4】

プラスチックの箱を表面がつるつるの机にのせます。プラスチックの箱を軽く押し出すと、しばらく進んで止まります。

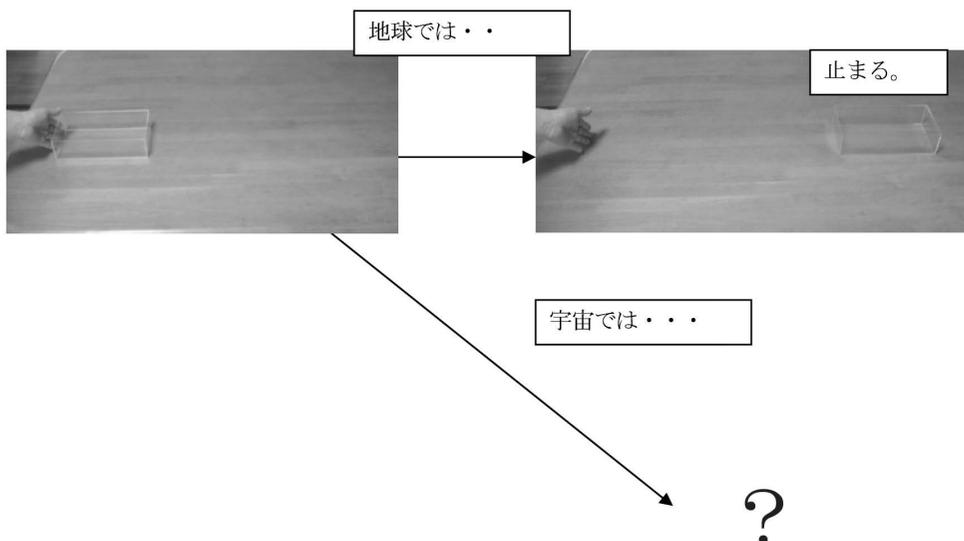
それでは、同じ実験を宇宙空間のような重力のない状態でやってみると、プラスチックの箱はどれだけ進むと思いますか。

ア まさつ力が地球の場合よりも大きくなるので、プラスチックの箱は、地球のときよりも

短い距離<sup>きより</sup>だけ進んで止まる。→予想した子ども 0名

イ まさつ力が地球の場合と同じ大きさなので、プラスチックの箱は、地球のときと同じ距離だけ進んで止まる。→予想した子ども 0名

ウ 重力のない状態ではまさつ力は起きないので、プラスチックの箱は進み続け、机の上から飛び出す。→予想した子ども 6名→正答



【解説4】

質問3の答えは、「ウ」です。宇宙空間にはすぐ行って実験することはできませんが、重力のない宇宙空間では、面を押しつける力がないので、まさつ力も起きません。

しかし、地球上では、2つのものが接しよくしていれば、多くの場合まさつ力が起きている、と言っても過言ではありません。

イギリスのある科学者はかつて、つるつるのもののどうしが接しよくしている状態を「スイスをマッターホルンやアイガーもろとも裏返して、ヒマラヤ山系にかぶせたような状態」を想像したらよいと言いました。(下の合成写真を見てください。上がマッターホルンとアイガーの山々、下がヒマラヤ山系です。)



そして、山のてっぺんどうしが接しよくしており (○), そこでまさつ力は起きています。

しかし、てっぺんどうしが接触しているところで何が起きているかについては、今でも、科学者の中で議論されています。今日の実験教室を機会に、関心のある人は、次の本を読むなど調べてみてください。(紹介した文献は、シルクワームの際と同様につき省略)

---

質問 4 では、全員がウを選択し、正答だった。予想した際の子どものコメントは次のとおりだった。

- ・浮いているので進み続ける。
- ・なんとなく。
- ・宇宙空間だと机も浮かんでるから、机の上ではプラスチックの箱が通りすぎちゃう。

これらから、日常生活の中でテレビなどで見た宇宙ステーション内の様子の映像から類推していることが予想されるが、今回の一連の発問に向き合った内容を予想に活かしているかは明らかではなかった。

なお、終了後の感想として、保護者から、「難しかった。質問を減らしてわかりやすく。」というコメントがあった。

#### 4. 2. 2 考察

最初に、当初の指導案から改訂した内容が子どもの認識形成などに寄与したかどうかを考察する。

(1)の質問の追加については、子どもの解答の予想がシルクワームでの実践と概ね同様であることから、選択肢を予想するという観点ではその利点は明確とならなかった。しかし、コメントの内容の一部の子どもには、学習したことを日常経験と結びつけようと試みている者が見られ、一定の成果はあったと言える。

(2)の発問の削除については、授業時間を約半分に短縮でき、ショー形式という出入り自由という状況の中で半分以上が途中退出したものの最後まで参加した子どもがいたことから、参加した子どもが授業に関心を持ち続ける上で利点があったと考える。

(3)の木のブロックをアクリル箱に変えた点については、平らで滑らかな箱であるという説明に対する異論がなかったことから、妥当だったと言える。

(4)の無重力状態の摩擦の選択肢を見直した点については、全員が正答を得られたものの、子どものコメントからは、その利点が明らかにならなかった。

次に、ショー方式での実践の課題について論じる。ショー方式の場合、子どもの出入りが自由であり、始終子どもの関心をひきつけ続けなければ、子どもは退出してしまう。今回のショーは、授業の進行の段取りが一部悪く、テンポ感に欠ける面があった。例えば、子どもたちになるべく直接的に実験の操作をしてもらえるよう、ばねばかりでの力の測定を子どもたちにやらせてみた。しかし、アクリル箱が動き出す直前の目盛を計ることや水平方向にばねばかりを引くことはある程度慣れていなければ容易ではなく、作業に苦慮する場面が見られた。このため、本来子どもたちに授業への関心を持たせようとして行ったことが、逆効果になった面があった。ショー形式で行う場合には、指導内容を早めに展開して発問を繰り返し、一方的な説明の時間をなるべく少なくすることが必要と考えられる。また、子どもに直接実験の演示に関わらせる場合には、周到に準備をして、進行に影響がないように配慮すべきである。

### 5. 3 青少年のための科学の祭典北見大会での実践（ショー形式）

#### 5. 3. 1 実践の概要

北見大会での実践の概要は次のとおりである。

- ① イベントの名称  
青少年のための科学の祭典北見大会（以下、北見大会と言う）
- ② 日時  
平成 22 年 11 月 3 日（水） 11:30 ～ 11:55（25 分）
- ③ 場所  
北網圏北見文化センター 2 階展示室
- ④ 受講者  
5 名（内訳 大人 男性 2 名、女性 1 名、子ども 小学 6 年男子 1 名、  
他女子（学年不明） 1 名）
- ⑤ 講師及びティーチングアシスタント  
講師は筆者が担当した。ティーチングアシスタントは 1 名付き、発問や説明のパワー  
ポイントの操作を行った。

なお実践の記録は、講師が進行しながら筆記し、授業終了直後に記載内容を確認、整理した。

授業は、プロジェクターでパワーポイントで作成した指導案をスクリーンに投影し行った。問題については子どもに解答を予想させた後、その解答の根拠を聴いたが、コメントは得られなかった。

#### 5. 3. 2 教材の改良と実践の結果

ショー形式で初めて行った、みるくラボでの実践した改訂案は、シルクワームで行った当初の指導案と比較して、発問の予想した解答の分布の傾向が概ね一致していたことや、新たに加えた質問でも一定の成果があったと考えられることから、教育内容構成や発問、説明の内容自体には大きな問題はなかったと考える。一方、授業手法の観点では授業をテンポよく進めるという点で課題があった。

そこで、北見大会での実践では、みるくラボで実践した改訂案をパワーポイントに整理し、問題、解答、説明を順に映像で移しながら説明し、実験を行う形式をとった。また、ショー形式では、指導案の配布は作業の負担が大きいため取りやめた。そして、実験については、すべて講師が行い、コメントを求めても発言がない場合には、速やかに次の発問や説明に移ることにした。

次に、授業で用いたパワーポイントと実践結果（選択肢ごとの予想した人数、質問に対する発言）を記す。

青少年のための科学の祭典北見大会  
サイエンスショー

まさつとは何だろうか？

NPO法人butukura

1



レバーをにぎると



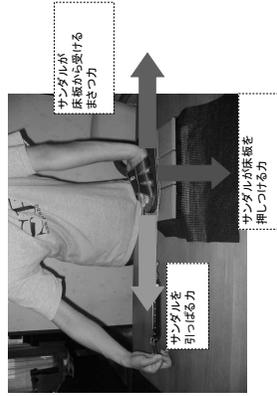
2

質問 1

もし、まさつがないと、自転車も自動車も止まらず、たいへんなことになってしまいます。

まさつがなかったら、ほかにどのようなことが起こると思いますか？

→次の発言があった。  
・人が立てない。(小学6年男子)



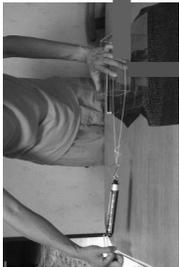
4



プラスチックの袋の  
表面の写真



がら紙の  
表面の写真



問題1

押しつける力→1kg、2kg、3kgと増やす。

①すべては摩擦のまさ  
つ力の大きさは変わらない。

②すべては摩擦のまさ  
つ力は大きくなる。

③すべては摩擦のまさ  
つ力は小さくなる。

まさつ力の  
大きさは？

→予想した人数 0名

→予想した人数 5名→正答

→予想した人数 0名

7

| 押しつける力の大きさ | まさつ力の大きさ |
|------------|----------|
| 1 kg       | 0. 2 kg  |
| 2 kg       | 0. 3 kg  |
| 3 kg       | 0. 4 kg  |

8

正解は、  
**②すべりだす時のまさつ力は  
 大きくなる。**

です。

9



10

## 質問2

自転車のブレーキでは、パッドを車輪に近づけてまさつ力を増やして自転車を止めます。

**みなさんは、押しつける力を大きくすると、まさつ力が増えることを、経験したことはありますか？**

**あったら、その内容を聴かせてください。**

→発言なし。

11

**問題2**

手を前にしているとき(問題1)

手を立てているとき

手の裏面は壁を立てると半分になる。

押しつけるかの大きさは同じ

**まさつ力の大きさは？**

→予想した人数 1名→正答

→予想した人数 2名

→予想した人数 2名

12

| 押しつける力の<br>大きさ | まさつ力の大きさ        |                |
|----------------|-----------------|----------------|
|                | 横にしたとき<br>(問題1) | 立てたとき<br>(問題2) |
| 1 kg           | 0.2 kg          | 0.2 kg         |
| 2 kg           | 0.3 kg          | 0.3 kg         |
| 3 kg           | 0.4 kg          | 0.4 kg         |

13

正解は、**①同じくらいになる。**です。

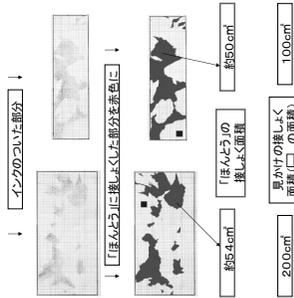
14



15



16



17

**ほんどうにくっついている面積が同じなのですから、そこではたらくまっつカの大きさも同じになるのです。**

18

### 質問3

プラスチックの箱を横においておいたときの底面積は、 $20\text{cm}^2$ です。このうちで、プラスチックの箱とガラス板が**ほんどう**に接しよくしている部分の面積は、どのくらいだと思いますか？。

- ①  $20\text{cm}^2$ ぐらい(底面積の  $1/10$  ぐらい)
- ②  $2\text{cm}^2$ ぐらい(底面積の  $1/100$  ぐらい)
- ③  $0.2\text{cm}^2$ ぐらい(底面積の  $1/1,000$  ぐらい)
- ④  $0.2\text{cm}^2$ よりも小さい(底面積の  $1/1,000$  より小さい)

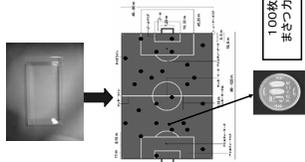
19

→予想した人 なし

正解は、

- ④  **$0.2\text{cm}^2$ よりも小さい(底面積の  $1/1,000$  より小さい)**です。

20



21

#### 質問4

- プラスチックの箱を数面がつるの箱にのせます。プラスチックの箱を軽く押し出すと、しばらく進んで止まります。それは、同じ距離を空面空間のような摩擦力のない状態でやってみると、プラスチックの箱はどれだけ進むと思いますか。
- ①まさつ力が地球の場合よりも大きくなるので、プラスチックの箱は、距離よりも強い距離(まより)だけ進んで止まる。
  - ②まさつ力が地球の場合と同じ大きさなので、プラスチックの箱は、地球の上と同じ距離だけ進んで止まる。
  - ③重力のない状態ではまさつ力は起きないので、プラスチックの箱は進み続け、箱の上から飛び出す。

22

→予想した人数 0名

→予想した人数 0名

→予想した人数 4名→正答

正解は、  
 ③重力のない状態ではまさつ力は起きないので、プラスチックの箱は進み続け、机の上から飛び出します。

23



山でっつぽんどうしが壊れよくしており(O)、そこでまさつ力は起きています。

24

### 5. 2. 3 考察

授業の実施に先立って、イベントスタッフが呼び込みをしてくれたにもかかわらず、今回の授業は、大人と子どもを合わせて5名という少ない人数で残念だった。しかし、全体の進行は円滑に進み、25分ですべての発問と説明を終えることができた。少ない人数ではあったが、最後まで参加してもらうことができた。

解答の予想については、質問2(押しつける力を大きくすると動き出す時の摩擦力が大きくなる体験)では促しても意見が出ず、質問3(見かけの接触面積のうちの真実接触面積の割合)では、予想が立たず、受講者を促しても予想ができなかったが、それ以外の発問については、これまでの実践と概ね同様の予想の傾向が出たと言える。なお、今回の実践で初めて問題2(見かけの接触面を変えた場合の摩擦力の変化)で正答者がいた。しかし、他の選択肢を選んだ人の方が多かったのは、これまでの実践と同様の傾向と言える。

また、授業終了後のティーチングアシスタントとの意見交換で、ばねばかりや体重計で力の大きさを測っている様子が子どもたちにはわかりにくいので、目盛の部分をカメラで撮影しプロジェクターで拡大して投影すれば、より子どもたちが関心を持てるのではないかとの助言があった。この内容は、今後の授業手法の改善に活かしたいと考えている。

## 6. すべての実践を通じた考察

### 6. 1 発問の選択肢ごとの予想分布についての考察

最初に、発問の選択肢ごとの予想した人数を一覧にまとめたものを表1に示す。

|                                | 問題1(面を押しつける力を大きくした時のまさつ力)    |                          |                      | 問題2(箱を立てにした時のまさつ力) |                              |                             | 質問3(真実接触面積の大きさ)   |                    |                      |                                | 質問4(宇宙での箱の運動)                   |                           |                       |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                                | ア<br>まさつ力の<br>大きさは<br>変わらない。 | イ(正答)<br>まさつ力は<br>大きくなる。 | ウ<br>まさつ力は<br>小さくなる。 | ア(正答)<br>同じくらい     | イ<br>積にして<br>いるときの<br>半分くらい。 | ウ<br>積にして<br>いるときの<br>2倍くらい | ア<br>底面積の<br>1/10 | イ<br>底面積の<br>1/100 | ウ<br>底面積の<br>1/1,000 | エ(正答)<br>底面積の<br>1/1,000<br>以下 | ア<br>地球より<br>も短い距<br>離で止ま<br>る。 | イ<br>地球と同<br>じ距離で<br>止まる。 | ウ(正答)<br>箱は進み<br>続ける。 |
| シルクワーム<br>(受講者26名)<br>(スクール形式) | 0                            | 24                       | 2                    | 0                  | 22                           | 1                           | 2                 | 1                  | 12                   | 7                              | 0                               | 0                         | 23                    |
| みるくらぼ<br>(受講者6~14名)<br>(ショー形式) | 1                            | 12                       | 1                    | 0                  | 3                            | 1                           | 2                 | 1                  | 1                    | 2                              | 0                               | 0                         | 6                     |
| 北見大会<br>(受講者9名)<br>(ショー形式)     | 0                            | 5                        | 0                    | 1                  | 2                            | 2                           | 0                 | 0                  | 0                    | 0                              | 0                               | 0                         | 4                     |
| 計                              | 1                            | 41                       | 3                    | 1                  | 27                           | 4                           | 4                 | 2                  | 13                   | 9                              | 0                               | 0                         | 33                    |

表1 摩擦力の指導案の発問の解答ごとの予想人数<sup>13)</sup>

3つの実践の傾向は概ね類似しており、問題1、質問4については、多くの子どもが、正答を予想できたが、問題2、質問3については、正答を予想した子どもは少なかった。特に問題2の正答の少なさが特徴的である。

問題2の正答数が極めて少ない理由は次のように考えられる。でこぼこモデルで押しつける力を大きくすると接触する部分が増えることを説明したが、これを手がかりに、見かけの接触面積が増えると単に真実接触面積も増えると予想した子どもが大半だったと言え、押しつける力の大小と真実接触面積の大小の関係に着目した子どもはほとんどいなかったといえる。この点については、その後の説明で理解できる道筋を明らかにしており、この指導案自体は問題がないと考える。

## 6. 2 到達目標に対する評価

第4章で記した到達目標に対して、実践結果を評価する。

### (1) 教育内容及び指導案の到達目標に対する評価

本論における教育内容及び指導案の到達目標は、次のとおりである。

- ① 摩擦は力であることを理解する。
- ② 物体が平面を押す力があるときには摩擦力があるということを理解する。
- ③ 摩擦力は、平面の上にある物体を動かそうとする力と正反対の向きであることを理解する。
- ④ 摩擦の法則に関する次の内容を理解する。
  - ア 物体が平面を押す力を大きくすると、最大静止摩擦力は大きくなる。
  - イ 物体が平面を押す力の大きさが変わらなければ、見かけの接触面積が変わっても、最大静止摩擦力は変わらない。

①については、まさつ力の大小を問う問題や質問で子どもの多くが解答を予想することができていることから、概ね達成したと考える。このことは解答を予想した際の子どものコメントで、まさつ力という言葉を用いていることから裏付けられる。

②については、次の理由から概ね目標を達成できていたと考える。その理由は、次のとおりである。

一点目は、問題1（面を押しつける力を大きくした時のまさつ力）と質問4（宇宙での箱の運動）で大半の子どもが解答を予想することができかつ正答を選択したことから、問題の内容を正しく理解できていたと言える。

二点目は解答を予想した際のコメントに、次のコメントがあり、平面を押す力と摩擦力を関連付けて考えている子どもがいたからである。

#### ○シルクワームでの実践の際のコメント（質問4・宇宙での箱の運動）

- ・押し付ける力がないから、まさつ力は全くない。
- ・浮くからまさつ力がないからそのままビューっと進む。
- ・上から押されるような感じがするとき、それが重力というんですけど、宇宙では、重力がないから、さっき勉強した表面がちがっても重さで決まるから、重さがないものを押し付けられないので、まさつ力がない。

#### ○みるくラボでの実践の際のコメント（質問2・まさつ力が増える経験）

- ・自転車でブレーキを踏みながらペダルを踏み込むとまさつ力が大きくなって踏み込む力がたくさん必要になって、そのうち止まる。

③については、問題1、問題2（箱を立てにした時のまさつ力）、質問4で多くの子どもが問題の内容を理解し解答を予想することができたことから、概ね目標は達成されていると考えられる。このことは、質問4を予想した際の子どもから、まさつ力がないので、箱はとまらず進むという趣旨のものが複数発言されたことから裏付けられる。

④のうち、アについては、子どもの大半が、この内容についての発問（問題1）で正答を予想できていることや、多くの子どもが質問4で正答を選択しており、物体が平面を押す力がないければ、まさつ力が起きないことを認識していることから、概ね目標は達成していると考えられる。

イについては、この内容に関する発問（問題2）で子どもの大半が正答以外の予想を選択し

ているが、その後の説明で理解し得るものとする。しかし、この点については本論の実践結果から明確な論拠が得られなかった。この点を明らかにすることによって、子どもの認識形成をより確実なものとするのが課題として挙げられる。その方策としては、問題 2 の後の説明（凸凹のスポンジを用いた真実接触面積の説明）を発問とすることが挙げられる。見かけの接触面積と凸凹のスポンジと方眼紙の接触面積の関係を問うことで、問題 2 で見かけの接触面積が変わっても最大静止摩擦力が変わらなかったことが手ごかりに、物体が平面を押す力と真実接触面積の関係を認識することで、この到達目標を達成できると考える。

また、子どもの実体的イメージの形成について実践結果を評価すると次のことが言える。

①, ②, ③に関しては、問題 1 の前の、サンダルと床板を用いた説明から、多くの子どもは、物体が平面を凸凹どうしがひっかかったりくっついたりするから、摩擦力が起きることは認識できたと思われる。

また、④については、多くの子どもは、真実接触面積が大きいほど、最大静止摩擦力は大きいことは問題 1, 問題 2 及びその後の説明で認識できたと思われる。また、真実接触面積はごくわずかであり、一個一個はごく小さい点であることが質問 3（真実接触面積の大きさ）とその解答の説明から認識できたと思われる。しかし、真実接触点の数が多くなると、最大静止摩擦力が大きくなるという理解に至ったかどうかは、今回の実践結果からは明らかとならなかった。

本論の実践結果から、小学校での摩擦の学習が、中学校以降の摩擦の学習の基礎となり、高等学校までの摩擦力と摩擦の法則の理解、そして動力学の学習をより容易にし得ると考える。その理由は、次のとおりである。

本論の実践結果から、接触のイメージを手ごかりとして、多くの子どもが、少なくとも次の点を理解できたと考える。

- a 摩擦は力であり、物体に、動かそう加える力の反対向きに働く。
- b 物体が平面を押す力が大きくなると、真実接触面積が大きくなる。
- c 真実接触面積はごくわずかであり、真実接触点はごく小さな点である。

a については、摩擦の学習の最も基礎的な内容であるとともに、日常経験に見られる物体の運動を理解する上で必要な内容であり<sup>14)</sup>、動力学の学習の基礎ともなり得るものである。動力学教育においては、生徒が物体の重さ、慣性質量、摩擦力の概念を明確に区分して理解することが容易ではないことが指摘されており、科学教育の早期の段階で、摩擦は力であるということ認識することは、その後の動力学教育において、これらの概念を区分して理解し、動力学の教育内容を日常経験と結びつけて理解する上で極めて重要である。

b については、この内容を出発点として、摩擦力の大きさ（最大静止摩擦力と動摩擦力）が、平面を押す力の大きさに比例することと見かけの接触面積に依存しないという摩擦の法則をより容易に理解することができる。

c については、圧力の概念と関連付けることで、真実接触点に極めて強い圧力が加わることがわかる。このことは、強い力で押し付けられていれば、動きにくいという理解から、摩擦力が起きる根拠を認識でき、摩擦力の認識形成に寄与すると考える。

### 6. 3 活動形式についての考察

次にスクール形式と比較することで、ショー形式での実践についての課題を論じる。

教育内容構成という観点では、スクール形式とショー形式は共に、発問に対して子どもの予想する回答の傾向が同様であり、特に変更を要するものではないと考える。

一方、授業方法という観点では、次のことが言える。スクール形式は、受講者の出入りがなく、出入りが自由で周囲でブース形式の実験の演示などが行われているにショー形式に比べて、受講者には授業に集中しやすい環境と言える。このため、当初の指導案に発問が多すぎたり、実験の演示に手間取ったりしても、多くのコメントを得ることができるなど、有意義な実践となった。

一方、ショー形式は、出入りが自由で周囲のブースにも子どもが気を取られやすく、子どもの関心をひきつけるためのより一層の工夫が必要である。具体的には、テンポ感のよい指導案の展開と発問の繰り返し、子どもが実験を観察しやすい工夫（拡大映像の投影など）、可能な範囲での子どもの実験への参加などが必要と考えられる。

## 7. おわりに

本論では、小学生を対象にした摩擦力の指導について、その教育内容及び指導案を設定し、これらの到達目標を明らかにした。そして、科学教育ボランティアの活動の中で指導案の実践をし、その結果を考察した。

その結果、次の点が明らかとなった。

- ① 小学生に対して摩擦力の指導は一定程度可能であり、その内容は、中学校及び高等学校における摩擦力や動力学の学習をより容易に行う上で、役立ち得る。
- ② 摩擦の法則の理解に当たっては、接触のイメージを実体的イメージと位置づけ、関係する教育内容を認識していくことが有効であると考えられる。
- ③ ショー形式の指導実践においては、スクール形式に比べて、子どもたちをひきつけるために、具体的な指導方法や教材について、より工夫を要することが明らかとなった。

## 謝 辞

本論の実践に当たっては、札幌市立桑園児童会館の職員の皆様、筆者が所属する NPO 法人 butukura の会員、サイエンス北見の皆様に、多大なる御協力をいただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 注釈・参考文献

- 1) 工藤保広：真実接触に着目した摩擦現象の授業プラン，教授学の探究，25（2008）1-54.
- 2) 工藤保広：接触の機構に着目した摩擦の法則の教育内容の設定と教材の構成，教育学の研究と実践，4，3（2009）55-64.
- 3) 市民による科学技術リテラシー向上維持のための基礎研究報告書（JST 委託研究），NPO 法人ガリレオ工房他（2008）
- 4) 鶴岡森昭，細川敏幸，小野寺彰：「青少年のための科学の祭典」の取り組みと今後の課題，科学技術コミュニケーション，2（2007）99-105.
- 5) 中司展人，物理教育研究，32，7（2004）4-5.

- 6) 高村泰雄他：物理教授法の研究，北海道大学図書刊行会（1987）44-47.
- 7) 小学校学習指導要領（理科編）（平成 10 年 12 月）
- 8) 小学校学習指導要領（算数編）（平成 10 年 12 月）
- 9) 例えば，次の文献を参照。曾田範宗：摩擦の話，岩波書店（1971）14.
- 10) C. Camp, J. Clement：Preconception in Mechanics, Kendall/Hunt（1994）.
- 11) 筆者は，実践の際に子どもたちと休み時間などに話した際に，このように理解されていると感じる場合が多い。
- 12) 例えば，仮説実験授業の授業書「ばねの力」のように，小学生を対象とした力の認識形成には教育内容構成に十分な配慮が必要である。
- 13) 表中の問題，質問の番号は，みるくラボ及び青少年のための科学の祭典北見大会で用いた改訂後の指導案の番号としている。以下，本文中も同様である。
- 14) 滝川洋二：実践記録の分析と概念形成，理科教室，47，12（2004）18-25.

資料（北見大会で実践した指導案）

青少年のための科学の祭典北見大会  
サイエンスショー

**まさつとは何だろうか？**

NPO法人butukura

1

**質問1**

もし、まさつがないと、自転車も自動車も止まらず、たいへんなことになってしまいます。

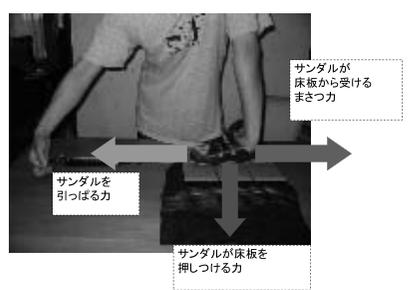
まさつがなかったら、ほかにどのようなことが起こると思いますか？

3



レバーをにぎると

2

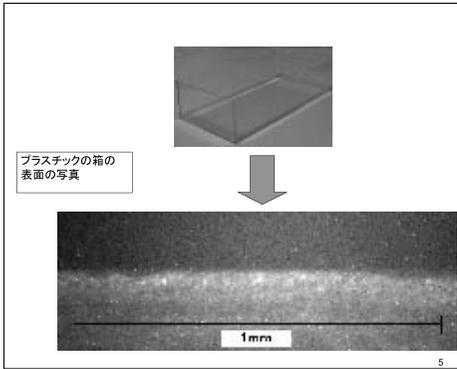


サンダルが床板から受けるまさつ力

サンダルを引っばる力

サンダルが床板を押しつける力

4



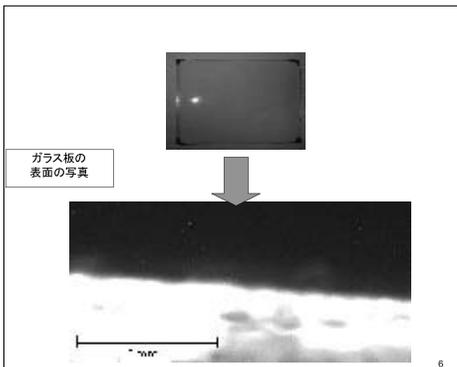
**問題1**

①すべりだす時のまさつ力の大きさは変わらない。  
 ②すべりだす時のまさつ力は大きくなる。  
 ③すべりだす時のまさつ力は小さくなる。

まさつ力の大きさは？

押しつける力→1kg、2kg、3kgと増やす。

7



| 押しつける力の大きさ | まさつ力の大きさ |
|------------|----------|
| 1 k g      | k g      |
| 2 k g      | k g      |
| 3 k g      | k g      |

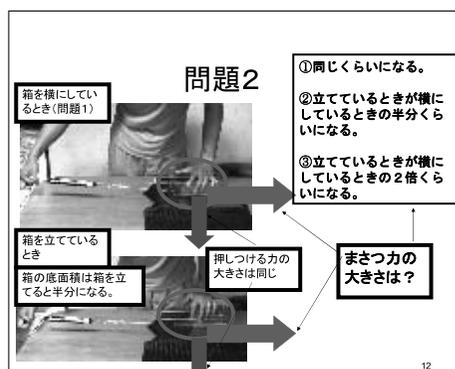
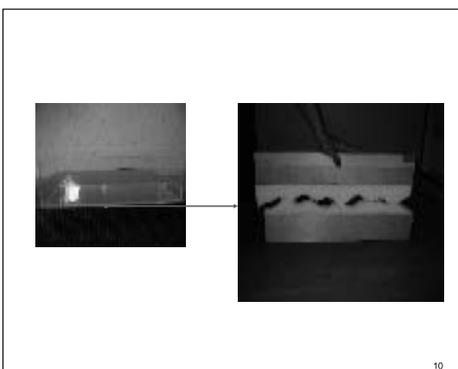
8

正解は、  
**②すべりだす時のまさつ力は大きくなる。**  
です。

9

**質問2**  
自転車のブレーキでは、パッドを車輪につけてまさつ力を増やして自転車を止めます。  
みなさんは、押しつける力を大きくすると、まさつ力が増えることを、経験したことはありますか？  
あったら、その内容を聴かせてください。

11



| 押しつける力の<br>大きさ | まさつ力の大きさ         |                 |
|----------------|------------------|-----------------|
|                | 横にしたとき<br>(問題 1) | 立てたとき<br>(問題 2) |
| 1 k g          | k g              | k g             |
| 2 k g          | k g              | k g             |
| 3 k g          | k g              | k g             |

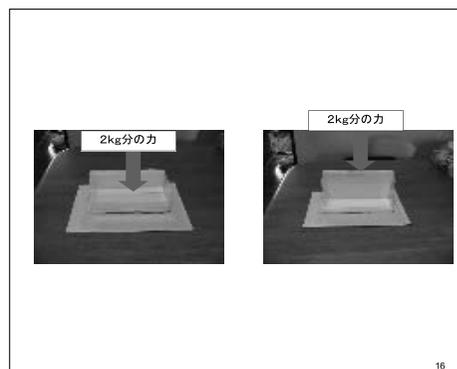
13



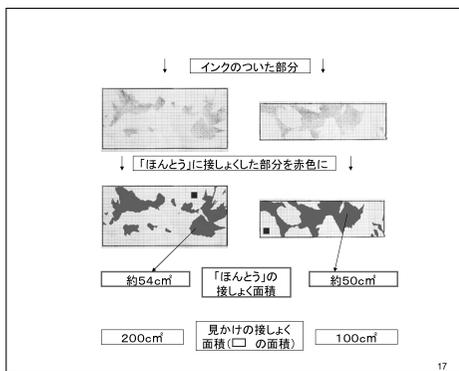
15

正解は、  
①同じくらいになる。  
です。

14



16



### 質問3

プラスチックの箱を横にしておいたときの底面積は、 $200\text{cm}^2$ です。  
このうちで、プラスチックの箱とガラス板がほんとうに接しよくしている部分の面積は、どのくらいだと思いますか？。

- ①  $20\text{cm}^2$ ぐらい(底面積の $1/10$ ぐらい)
- ②  $2\text{cm}^2$ ぐらい(底面積の $1/100$ ぐらい)
- ③  $0.2\text{cm}^2$ ぐらい(底面積の $1/1,000$ ぐらい)
- ④  $0.2\text{cm}^2$ よりも小さい(底面積の $1/1,000$ より小さい)

19

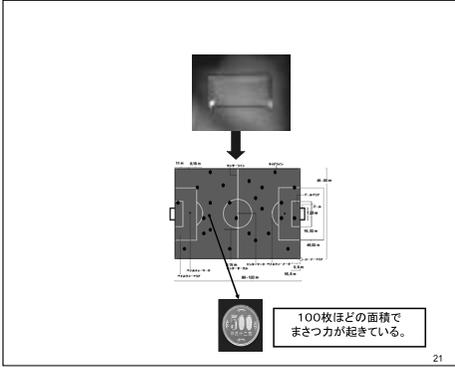
ほんとうにくっついている面積が同じ  
なので、そこではたらくまさつ  
力の大きさも同じになるのです。

18

正解は、

- ④  $0.2\text{cm}^2$ よりも小さい  
(底面積の $1/1,000$ より小さい)  
です。

20



21

正解は、  
③重力のない状態ではまさつ力は起きないので、  
**プラスチックの箱は進み続け、  
机の上から飛び出す。**  
です。

23

#### 質問4

プラスチックの箱を表面がつるつるの机にのせます。  
プラスチックの箱を軽く押し出すと、しばらく進んで止まります。

それでは、同じ実験を宇宙空間のような重力のない状態でやってみると、プラスチックの箱はどれだけ進むかと思いますか。

①まさつ力が地球の場合よりも大きくなるので、プラスチックの箱は、地球よりも短い距離(きょり)だけ進んで止まる。

②まさつ力が地球の場合と同じ大きさなので、プラスチックの箱は、地球のときと同じ距離だけ進んで止まる。

③重力のない状態ではまさつ力は起きないので、プラスチックの箱は進み続け、机の上から飛び出す。

22



山のてっぺんどうしが接しよくしており(○)、  
そこでまさつ力は起きています。

24