

力のつりあい

筑波大学附属視覚特別支援学校

石崎喜治

「力学」の学習で、生徒によくみられる混乱は、ある物体が受けている力を示させるときにわかる。例えば、図1のように、天井からつり下げられた糸の下端に物体Aが取り付けられているときの、物体Aが受けているすべての力を示させる場合である。このとき、図2のように、糸が天井から受ける力を物体Aが受けている力として示すことが多い。その理由は、天井が（上向きに）引いていないと物体Aが落ちるというものである。

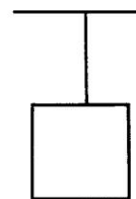


図 1

この混乱を生じさせないためには、「力は、別の物体から受ける。」ことを強調しつつ、いくつかの例について、作用点に注意させながら力の矢印を描かせ、その度に、描いたこの力の矢印は「～が～から受ける力」と表現させることである。力を受けている物体を主語にして表すことにより、描いた力がどの物体が受ける力かを意識させることができる。

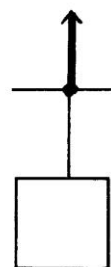


図 2

上記の混乱を避けるために、教育現場には、物体は接しているものから力を受けるという考え方がある。図1をこの方法で考えると、「物体Aは糸とつながっているのだから糸から上向きの力を受ける」となる。しかし、地球上のどの物体も、物体どうしが離れてはたらく力、重力を受けている。したがって、この考え方は、常に問題に現れる重力を例外として扱わなければならない。常に例外を含む考え方は、好ましくない。

物体が受けている力を考えさせる上で、力のつりあいは重要である。力のつりあいは、物体が受けている力を探す手がかりになるからである。例えば、2力のつりあいについて考えてみよう。2力のつりあいは、「1つの物体が2つの力を受けていて、静止しているときは、2力はつり合っている。その2力は、大きさが等しく、向きは反対である。」と表せる。2力の場合、2つの力は一直線にあるが、後で述べる理由によりこのことは教えない方がよい。

水平な机の上に物体Aがあるときの、物体Aが受けているすべての力を求める図3の

問題を考えよう。地球上の物体は、すべて地球から力（重力）を受けているから、ある物体が静止しているなら、重力と反対向きの力を受けていなければならない。したがって、物体は上向きの力を受けているはずだと推論できる。このような論理が展開できる生徒を育てたい。

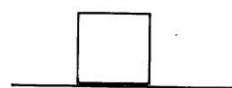


図 3

2力のつりあいについて、注意することがある。先にも述べたように、物体に2力だけがはたらき、この2力がつり合っているとき、2力は一直線上にある。しかし、一直線上にあることを教えない方がよい。地球上では、必ず重力がはたらく。したがって、2力のつりあいを考えるときは、重力と上向きの力の2力のつりあいとなる。しかし、2力のつりあいの実験は、物体が受ける水平方向の2力について行うので、物体は、水平方向の2力の他に、鉛直方向の2力（重力と垂直抗力）も受けている。つまり、4力のつりあいを考えていることになる。この場合、図4のように、物体が受ける水平方向の2力が一直線上にない場合でも、大きさが等しく向きが反対ならば物体は静止する。[1] このとき、物体が受ける力は、図5のようになる。図4のように、台の上に物体があり、さらに水平方向に2力を受けてつりあう現象は、日常よく見かける。一直線上にあるということを強調すると、図4の問題をどのように理解すればよいか迷ってしまう。



図 4

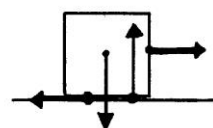


図 5

「力学」の学習では、いろいろな場合について、注目している物体が受ける力の矢印を描かせることが大切である。そして、描いた力の矢印は、「・・・の物体が・・・から受ける力」と表現させることである。私は、矢印を描かせる代わりに、鉄板の上に置いた触図（図1のような絵を描いたもの）に矢印の形に切ったマグネットシートを貼らせている（付録1参照）。また、2力のつりあいは、物体が受ける力を探す手だてとして重要である。したがって、力のつりあいの実験はかかせない。力のつりあいの実験では、通常ばねはかりを使うが、この方法だと、引いているときに目盛りを読む必要がある。付録2のようなばねはかりを使うと、物体を引き終わっても、ばねがどこまで伸びたか記録されているので、2力を容易に比較しやすい。

[1] 正確には、等速直線運動をする。

付録1 ゴム円板付大型押し引きばねはかり

用意するもの

- ① 大型押し引きばねはかり 2個（中村理科 カタログナンバー No.A05-4091）
- ② ゴム板（大きさ約 100mm×50mm，厚さ 10mm）
- ③ ドリル
- ④ 円切りカッター
- ⑤ ノギス

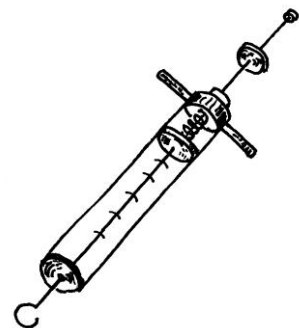
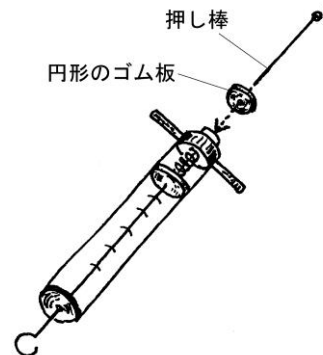
制作

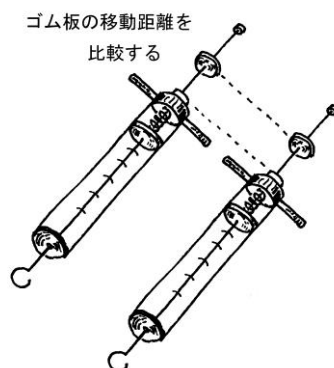
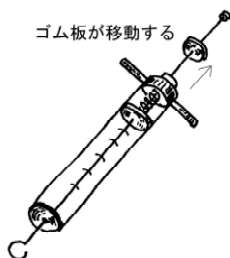
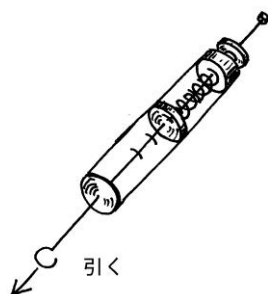
1. ゴム板から，直径約 40mm の円を 2つ，円切りカッターで切り出す。
2. 切り出した円形のゴム板の中心に，大型押し引きばねはかりの軸の太さと同じ径の穴をドリルであける。軸の太さはノギスで測る。
3. 円形のゴム板の穴に附属の押し棒を通し，この押し棒をはかりに取り付ける。このようにして，2つの大型押し引きばねはかりを改良する。

＊ 円形のゴム板を押し棒と同じ径のドリルで穴をあけても，押し棒に通したゴム板は，動かない。

しくみ

円形のゴム板をはかり側に密着させる。はかりのフックを引くと，押し棒がはかりの中に引き込まれていく。円形のゴム板は，はかりに密着したままである。引くのをやめると，押し棒がもとに戻る。このとき，円形のゴム板も押し棒と一緒に動いて動く。そのため，円形のゴム板は，押し棒が引き込まれた分だけ元の位置からずれる。

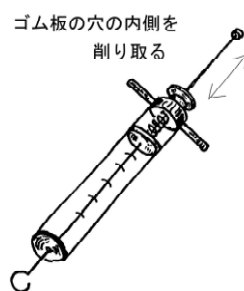




円形ゴム板の動き具合の調整

2つの円形のゴム板を同じ径のドリルで穴をあけても、押し棒に通したゴム板の動き具合は異なる。そのため、調整が必要になる。次のように調整する。

2つのはかりの円形のゴム板をばねはかりの方に押しつける。2つのはかりのフックを引っかけて、はかりどうしを引く。引き終わったときの、円形のゴム板の移動距離を比べる。移動距離の小さい方（はかりに近い方）のゴム板を棒上で往復運動をさせ、ゴム板の穴の内側をわずかに削り取る。円形のゴム板の移動距離が同じになるまで、この調整を繰り返す。



付録2 図に矢印を示す教材

鉄板を貼り付けたボード，マグネットシートの矢印，力を示す図の3つをセットで使う。

(1) 鉄板を貼り付けたボード

用意するもの

- ① 鉄板（大きさ A4）
- ② 板（大きさ 315mm×230mm 厚さ約 10mm）

- ③ 紙ヤスリ

- ④ ペンキ（2色）

- ⑤ コルク板(厚さ約 2mm)

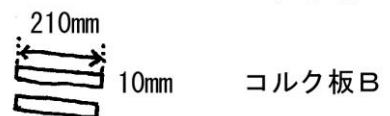
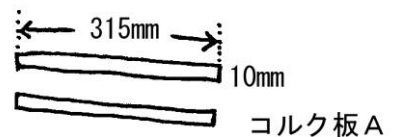
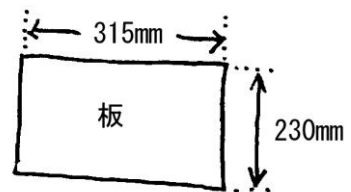
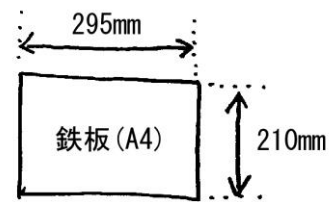
コルク板 A 2枚 315mm×10mm

コルク板 B 2枚 210mm×10mm

- ⑥ 木工用ボンド

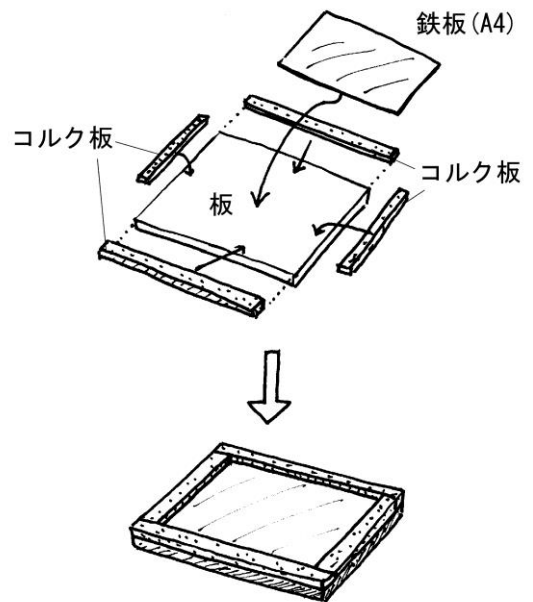
- ⑦ セメダイン スーパーXクリア
（接着剤）

- ⑧ はけ



制作

1. コルク板を図の大きさに切り出す。
2. 板の周囲にコルク板を木工用ボンドで貼る。
3. 鉄板の両面を紙ヤスリでこすり，油分やさびを取る。
4. 貼り付けたコルク部分にペンキを塗る。
5. 鉄板の片面に，コルクに塗った色と別の色のペンキを塗る
6. コルクと鉄板に塗ったペンキが乾いたら，鉄板をセメダイン スーパーXクリアで板に貼る。



(2) マグネットシートの矢印

用意するもの

- ① マグネットシート（弱視の生徒も使いやすいように、濃い色のものがよい。）
- ② はさみ

制作

1. マグネットシートをはさみで矢印の形に切り取る。

* 矢印の長さは、4 cm 程度がよい。



(3) 力を示す図

図は、ルレットで矢印を描いたりした後、生徒に渡すものなので、安価に作れる図がよい。図や描いた矢印のわかりやすさを考えると、亜鉛板で作成するのがよい。

用意するもの

- ① 亜鉛板
- ② 製版機（点字用）
- ③ ポンチ（先端が細いもの）
- ④ ハンマー
- ⑤ 鉛板（大きい方がよいが、少なくとも $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ くらいのものが使いやすい。）
- ⑥ ローラー（亜鉛板に点字用紙をはさんで点図を作成するもの）
- ⑦ 点字用紙
- ⑧ サインペン
- ⑨ ものさし

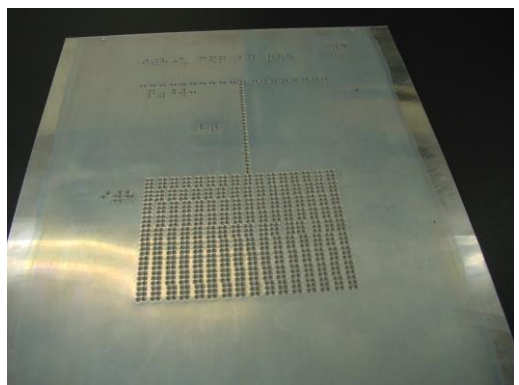
原板の制作

1. 亜鉛板を2つ折りして、ローラーにかける。
2. 製版機に2つ折りにした亜鉛板をセットする。
3. 製版機で描ける部分を、製版機で亜鉛板に描く。

*ルレットで矢印を描き加える部分が製版機で描いた線と交差しないように、裏点を使って描く部分を考えながら描いていく。

4. 製版機で描けない部分は、亜鉛板の裏側にサインペンで下描きする。
5. 鉛板を下敷きにし、その上に裏返しにして亜鉛板を置く。下描きした線上をポンチとハンマーで描く。

*ポンチの凹点の大きさをそろえるコツは、ハンマーをほぼ同じ高さから、ほぼ同じ強さで振り下ろすことである。



＊サインペンで描いた線に等間隔で凹点を打つには，まず，始点と終点に凹点を打ち，次に中点付近に凹点を打つ。次に，打った凹点の中点（2カ所）付近に凹点を打つ。これを繰り返す。

点字用紙への転写

- 1． 2つ折りになっている亜鉛板の間に，点字用紙をはさむ。
- 2． 亜鉛板をローラーにかける。
- 3． 点字用紙を取り出す。

