



## 作用・反作用と力のつり合い

本時の目標		<ul style="list-style-type: none"> <li>物体にはたらいている力を、作用点を意識しながら具体的に書き込めるようにする。</li> <li>作用反作用の法則と力のつりあいを正しく理解し、力のつりあいの式を立てられる。</li> </ul>			
段階	学習内容	学習活動		指導上の留意点	時間(分)
		教師の指導	生徒の活動		
導入	前時の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>生徒を指名し、力のつりあいについて答えさせる。</li> <li>本時で使用するプリントの配布</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指名された生徒は答える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「同じ物体にはたらいている力の合力が0」を強調する。</li> </ul>	5
展	作用・反作用の法則についての説明(*1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>発問 「中学校で習った作用反作用の法則を覚えているか」</li> <li>板書と説明</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>作用反作用の法則</p> <p>AからBに力をはたらかせると BからAに(同じ作用線上、同じ大きさ、反対向き)の力ははたらく</p> <p>*力は2つの物体の間で互いに及ぼしあうようにはたらき、必ず1対で現れる</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指名された生徒は答える</li> <li>板書を写す</li> <li>説明を聞く</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中学校で既習である。</li> <li>例えば、黒板を手で押しながら「手が黒板を押していれば、黒板は手を押し」</li> <li>*1 バネばかりを2つ使って演示することも効果的(別記)</li> </ul>	5
	問題演習① 重ねた物体にはたらく力を通して、作用・反作用と力のつり合いの違いを理解させる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>本当にわかっているかどうか問題を解いてみよう」などと言いながら、問1を解く。</li> <li>生徒を指名し、答えさせる。答えを板書する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指名された生徒は答える</li> <li>板書を写す</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>『「〇〇から△△にはたらく力」という語順にこだわって説明。</li> <li>作用点がどの物体にあるかを絶えず意識させる。</li> </ul>	10
	作用点についてのポイントの整理	<ul style="list-style-type: none"> <li>板書と説明</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>ポイント</p> <p>作用・反作用 違う物体に互いにはたらく 力のつり合い 同じ物体内にはたらく力の合力がゼロ</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>板書を写す</li> </ul>		5
開	問題演習と演示実験② バネにつけたおもりにはたらく力の図示をとおして学習内容の定着を図る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>板書、問題の概要の説明</li> <li>生徒を指名。物体にはたらく力を書き込ませる。</li> <li>発問。生徒を指名。「おもりについての力のつり合いを式で表すとどうなる」</li> <li>(1)の立式と答えを板書</li> <li>発問。生徒を指名「離れることを式で表すと」</li> <li>(2)の立式と答えを板書</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指名された生徒は前に出て、力のベクトルを板書する。</li> <li>指名された生徒は答える。</li> <li>板書を写す</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>適宜演示しながら問題をイメージさせる。</li> <li>ベクトルは物体ごとに色を変えて書き込ませる。</li> <li>計算は時間の関係もあるので、教員が行う。</li> </ul>	10
	問題演習と演示実験③ バネにはたらく力の図示を通して、作用反作用の法則の理解を深める。	<ul style="list-style-type: none"> <li>フックの法則の確認(板書)</li> <li>問題(1)~(3)の図を板書</li> <li>生徒を指名し、結果を予想させる。</li> <li>(1)~(3)を黒板で演示実験し、再現する。</li> <li>生徒を指名して、(1)~(3)の板書に力を記入させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指名された生徒は答える。</li> <li>板書を写す</li> <li>指名された生徒は前に板書</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「<math>N=0</math>」である。</li> <li>「<math>F=kx</math>」</li> <li>演示する際、生徒に手伝わせる。</li> </ul>	10
	まとめ	作用反作用と力のつりあいの特徴と違いを確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>発問。生徒を指名。「力のつりあいと作用反作用の違いを一言で言うとき」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>指名された生徒は答える。</li> </ul>	
評価の観点		<ul style="list-style-type: none"> <li>力の矢印を、力の働いている物質に書き込むことができたか。</li> <li>書き込んだ力のどれがつり合っていて、どれが作用・反作用の関係にあるか理解できたか。</li> <li>上記の結果から力の関係を数式化し、答を求めることができたか。</li> </ul>			

図2 指導案

## 2. 2 展開

### 2. 2. 1 作用反作用の法則の確認と演示実験

初めに前述のように作用反作用の法則の中学校での学習内容について生徒に発問する。その際「違う物質に互いにはたらく力である」ことを強調する。また、簡単な演示実験として中学校でも行われている、2つのバネばかりを向かい合わせて引き合う演示を示す。「お互いに引っ張ったとき、バネの伸びはどちらが長くなるか」、「片方を固定し、もう一方を引いたときはどうか」の順で生徒に答えさせると効果的である。また、もう一歩進めて、バネ定数の違うバネばかりを使って同じ演示をすると、バネの強さが違うのに目盛りは同じになり、生徒は意外に感じる。

### 2. 2. 2 問題演習①

かさねた二つの物体A、Bと床にはたらく力についての問題（問題演習①）を、生徒に発問しながら例題として解説していく。物体にはたらく力を全て正しくかけることは力学の基本なので「離れたところから重力がはたらき、それ以外は接触している物体からはたらく接触力である」ことを生徒に答えさせ、作用点がどの物体にあるかもしっかり意識させたい。その際、「物体Aから物体Bにはたらく力」と「物体Bから物体Aにはたらく力」のようなパターン化した表現で作用反作用の関係にある力が、違う物体に互いにはたらく力であることを認識させる。さらに力がつり合いは同じ物体内にはたらく力であることに気がつくよう発問し、「まとめ」として板書する。

なお板書の作図や説明では該当の力の作用点がどの物質にあるかを強調するため、物体によって力のベクトルを色分けする。力のつり合いは、同じ物体同士、つまり同じ色同士の力の合力がゼロになることであり、作用反作用の関係にある力は、違う物体に互いにはたらく力なので、すなわち色の違う力になることが、直感的にわかるよう工夫する。

### 2. 2. 3 問題演習②

問題演習①と「まとめ」をうけて問題演習②を行う。はじめに教卓の上に立方体を置き、バネばかりで引っ張り上げ、そのとき垂直抗力がどのように変化するかを生徒に想像させる。そのあと、板書した図に力のベクトルを書き込んでいく。このときも生徒を指名し、「物体にはたらく力は何？、バネにはたらく力は何？」と聞いていく。生徒が答えに困るようであれば、「離れているところからはたらく力は重力のみで、後は全てくっつい

ているものから力をもらうんだよね」とヒントを出す。力を書き込んだら「つり合っている力は？この力の反作用は何？」と発問していく。また浮き上がる時「 $N=0$ 」となることも生徒から聞き出すようにする。問題を解いた後、キッチンスケールの上に立方体を置いてバネばかりで引き上げる演示実験<sup>2)</sup>を行う。キッチンスケールの目盛りと物体にはたらく垂直抗力は作用反作用の関係になるので、キッチンスケールの目盛りを見せることで、浮き上がることは $N=0$ だと理解することができる。



図3 問題演習②の演示実験

### 2. 2. 4 問題演習③

板書案のように問題演習③(1)を板書し、図4(上)のように演示した後、(2)の問題を板書してバネの伸びがどうなるかを生徒に発問する。そうすると「大きくなる」と答える生徒が多くいる。「バネを引いている力が(1)は右側のみ、(2)は両側」と勘違いしているからである。問題演習①②を通して作用反作用や力のつり合いについて教えても、「直感」にはなかなかかなわないのだろう。ここで実際に(2)を実際に演示してみると多くの生徒は驚く。その後(1)(2)の力を図中に書き込み、同じになることを説明する。その上で(3)を予想させる。この段階できちんと理解できている生徒は正解し、不正解の生徒はどこで勘違いしていたかがわかるので、理解を深めることができる。

なお、教材用の滑車に市販の(少し大きめの)マグネ

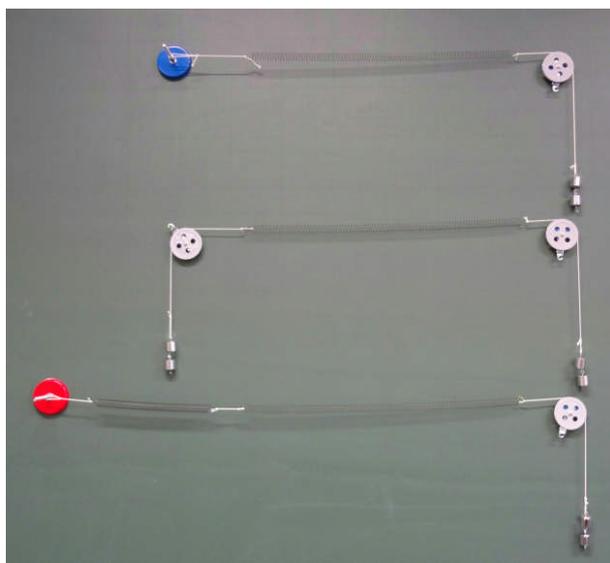


図4 問題演習③の演示実験

ットをつけると 100g 程度のおもりであれば黒板にはることができる<sup>3)</sup>。

### 2. 3 本時のまとめ

本時のまとめとして「力のつりあいと作用反作用の違いを一言で言う？」と発問し、生徒に答えさせる。答えは、「同じ物体内か違う物体に互いに働く力か」である。作用反作用の法則の授業だが、この法則は、力のつり合いと混乱することがよくあるので、最後までこの点を強調する。

### 2. 4 補足

図5のように、キッチンスケールの上にリング状のマグネットをそのまま乗せたとときと浮かせたときとは、同じ目盛りになる。生徒に写真の結果を予想させるのも面白い。磁気力はまだ習っていないが、定性的な話しをするだけでも十分効果がある。



図5 マグネットによる演示

### 3. まとめ

くり返しになるが、作用反作用の法則は力のつり合いとセットで学習することが効果的だと考えている。また、本授業案で示したように、生徒の素朴なイメージと違う（しかし正しい）結果を示すため、意外性があり生徒にとって印象に残るようである。生徒は理屈で分かってもらえなかなか気持ちで納得できないことが多い。簡単な演示実験ではあるが、このような演示実験を適宜組み合わせながら授業を行うと生徒の理解も進むと考えている。

なお、問題演習②は生徒の実態に合わせて省略することもある。

### 参考文献等

- 1) 使用した教科書は数研出版
- 2) キッチンスケール (2500 円程度)、一辺 5cm のアルミの立方体 (東急ハンズで購入、およそ 340g つまり 3.4 N)、5 N のニュートンバネばかり (単位の換算をしなくていいので便利)
- 3) 滑車 (1 個 900 円程度)、バネ (実験用バネセット 100g 用・200g 用・500g 用 3 種類×4 本で 3000 円程度)、おもり (50g)、たこ糸、マグネット
- 4) 図4のたこ糸をとめるためのマグネットは自作だが、ホームセンター等で市販の「マグネットハンガー」や「マグネットフック」で十分である。