

## 「力の合成・分解」

### 〈要旨〉

「力の合成と分解」は、はじめて学習する生徒にとっては、意外と難しく感じる場所である。力は目に見えず、目に見えない力の中に潜む規則性を理解するのは、なかなかイメージしにくい。そこで、合力や分力をイメージできるように可視化することを意図として教材研究を進めていく。

草加市立松江中学校 教諭 本田 光平  
さいたま市立大成中学校 教諭 塚原 益夫  
川越市立寺尾中学校 教諭 矢島 啓子  
本庄市立本庄西中学校 教諭 新井 悠平

### 1 現状と課題

本単元では、力の基本的な性質を学習する。力とは肉眼では観察することができないものであるが、力を矢印で表して可視化する技能を定着化させることで理解度は高くなる。力の大きさや向きを矢印の長さや向きで表す技能の定着度は高いが、力のはたらく点を矢印で表す技能の定着度が低い。また、2力のつり合いについては理解しているが、力の合成や分解についての定着度は低い。

「2力のつり合いの条件を基にして、力の合成と分解についての実験を行い、合力や分力間の規則性を見出すこと」に関する定着度が低い。これは合力や分力を可視化し、イメージすることができないのが原因の1つと考えられる。また、合力や分力の規則性を正確に実験で調べることが難しいことも原因として考えられる。

本単元は、力の合成や分解について、図形的に分析して解釈し、説明することが求められる。力を可視化できる矢印の技能や、2力の合力を模型などで可視化することで、思考力を高める工夫をする必要がある。

### 2 改善の方向性

“一直線上にない2つの力の合力”についての実験において導き出したい内容は、「輪ゴムがリングを引っ張る力と、2つの力の合力は等しい」と、「2つの力の合力は、平行四辺形の対角線で表される」である。しかしこの実験では、これらの導き出したい内容に迫りづらい。

課題の1つが、実験装置の結果がわかりづらいことである。輪ゴムが引っ張られて伸びるとき、輪ゴムには元に戻ろうとする逆向きの力が働く。しかし、逆向きの力が生徒には理解しづらい。そのため、輪ゴムがリングを引っ張る力と、2つの力の合力が等しいことになかなか気付くことができない。この課題を解決するには、実験装置の力が働いている方向などがわかりやすくなるように改善する必要がある。また、2つの力の合力は、平行四辺形の対角線で求めることができることを理解させるのに実際に図を描かせることが多い。しかし、実験の結果からは理解しにくく、作図を行っても平行四辺形にならない。輪ゴムの伸び方や取り付け方を改善することで、再現性の高い実験にし、2つの力の合力が平行四辺形の対角線になるような工夫をしていくべきだと考える。

### 3 具体的な取り組み

#### (1) 大型模型を作成する

生徒への提示教材として、大型模型を作成した。

【材料】・簡易コートハンガー（1台）

- ・単滑車（2個）
- ・透明なプラスチックのコップ（3個）
- ・テグス（適量）
- ・おはじき
- ・クリップ（1個）
- ・白模造紙（適量）

※簡易コートハンガーは、幅・高さ等により値段は変わるが、2,000～5,000円程度でホームセンター等にて購入できる。単滑車は、65mmφのものを使用した。おはじきや透明なプラスチックのコップは100円均一ショップで購入できる。テグスは手芸用の4号のものを使用した。



図1. 主な材料

簡易コートハンガーの上面に滑車を布ガムテープで固定した。透明なプラスチックのコップに2カ所穴を空け、テグスを通して三角形になるように結んだ。先ほどのコップ2個を2mほどのテグスの両端に固定し、滑車に引っかけた。中央に吊すコップのテグスにクリップを取り付けることで、大型模型への着脱ができるようにした。テグスが見えにくいので、白模造紙を背面に取り付けた。

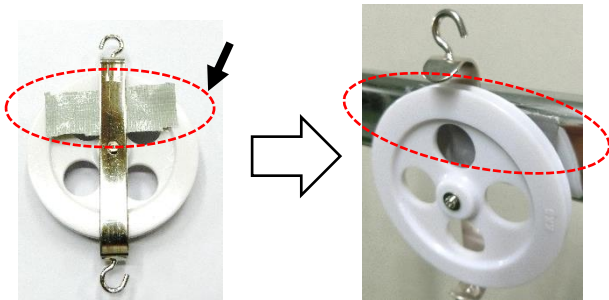


図2. 滑車を簡易コートハンガーに接着した様子

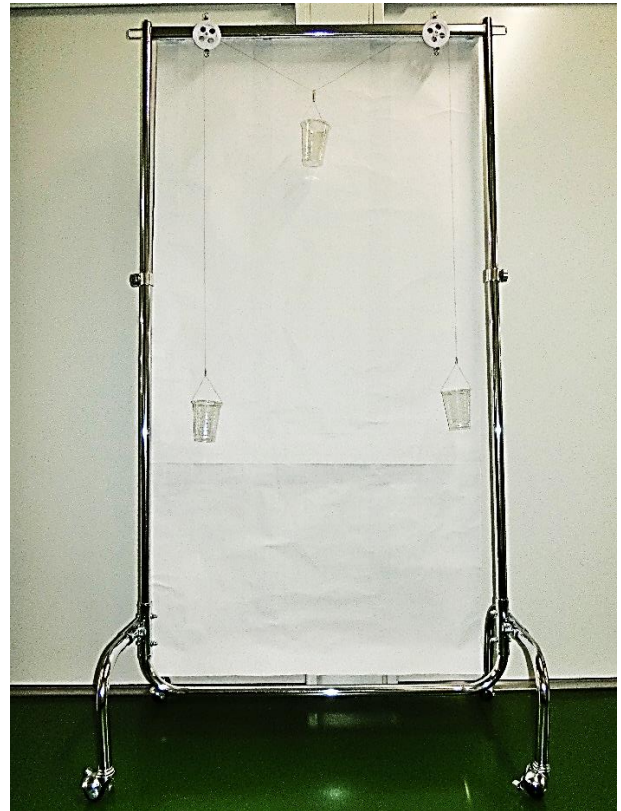


図3. 模型全体(中央にコップを吊している様子)

※中央にコップを吊すことで、力の合成と分解の観点から、中央のコップにはたらく重力をテグスの両端にあるコップにはたらく重力が支えていることを説明できる。

※中央のコップを取り外し、コップ2個で使った場合、力のつり合いの様子を見せることができる。また、コップに高低差をつけ、高い方におはじきを1個(約1g/個)入れると、自由落下の様子が観察できる。



図4. 吊すコップとおはじきを入れた様子

※生徒から見えやすくするため、透明なコップと色鮮やかなおはじきを使用した。

## (2) 授業で使用実践

### ① 実験導入時での使用

力の合成についての実験を行う前に、この装置を用いて「力のつり合い」について復習した。前述の通り、両端のコップは同じ質量なので、滑車間のテグスは一直線になり、コップにはたらく重力2つがつり合っている状態にあることを説明した。片方におはじきを1個入れることで、動き始めがゆっくりとしていて徐々に加速していく「自由落下」の様子を見せることができた。また、滑車により、力の方向を変えることができていくことについても説明した。

次に中央にコップを吊し、力の合成と分解の状況を作り、説明を行った。このとき、先程確認した「2力のつり合い」との関係に注目させた。すなわち、中央のコップは静止状態にあるので、「重力とつり合う関係にある力が存在している」ということ、実際に中央のコップを支えているのは、テグスの両端にある2個のコップの質量（2力）であるという点である。さらに、中央のコップにはたらく重力の大きさを変化させることで、テグスの角度が変化することも提示し、2力と同じはらたきをする1つの力についてと、2力の角度の違いによる合力の変化について意識することを生徒達に伝え、実験を行わせた。

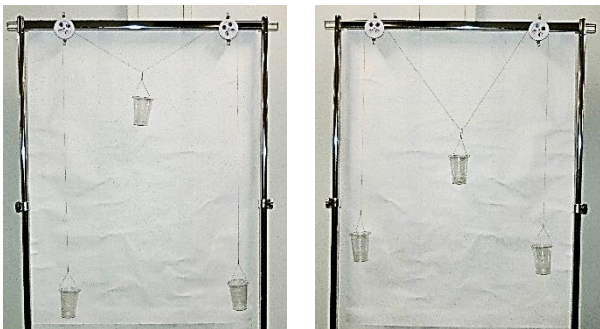


図5. 模型を使用している様子

- (左) 中央にコップのみを吊した様子
- (右) 中央のコップにおはじきを1個入れた様子



図6. 実験の様子

### ② 実験のまとめの際に使用した場合

今回の実験で得られた実験結果から、実際に測定した3つの力の作図を行った。作図の際には、各自で1Nの長さを何cmで表すのかを決めさせ、1年次の力の作図を思い出させながら行った。その結果からどのようなことが考えられるのかを考察させ、実験レポートとして提出させた。

ばね(輪ゴム)ののびが長いほどばねばかりを1つ使用したときの力の大きさは大きくなる。力Aと力Bを足して合力Fとつり合いにならなかった。

図7. 考察の例

多くの生徒は $1 + 1 = 2$ という概念でいたようで、角度をもった力の合成ではそのように単純な結果にはならないことに驚く生徒が多かった。

\*結果(テーブルの記録)

回数	輪ゴム(ばね)ののび(cm)	ばねばかりを1つ使用したときの力の大きさ(N)	ばねばかりを2つ使用したときの角度(°)と力の大きさ(N)	
			角度(°)	力の大きさ(N)
1回目	4 cm	4N	30°	2.5N
			30°	2.5N
2回目	4.5 cm	4.5N	65°	2.5N
			45°	3.5N

<実験結果・記録> 及び <力の作図> ※1N = 1 cm  
(1回目)

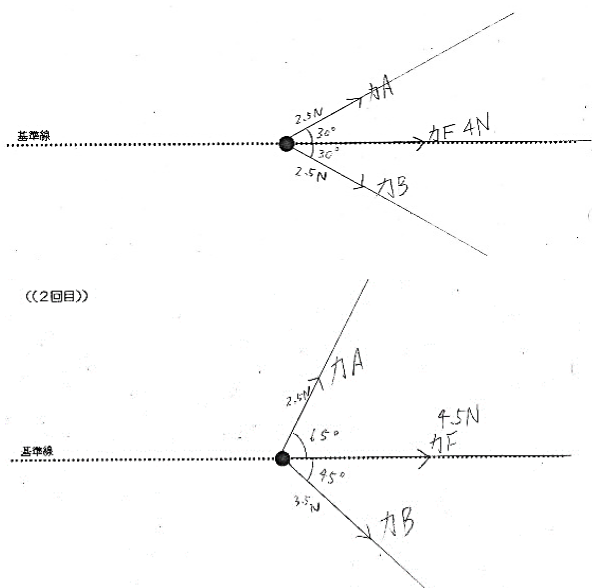


図8. 生徒の実験結果の例

これらの実験結果を受け、まとめの授業でもう一度大型模型を使用して、説明を行った。作図を行った後ということもあり、おはじきを左右のコップに入れてテグスと中央のコップが作る角度の変化を予想しながら、実際に見せることができた。

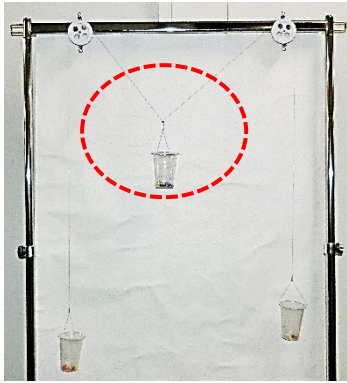


図 9. おはじきを左に4個、右に3個入れたときの様子

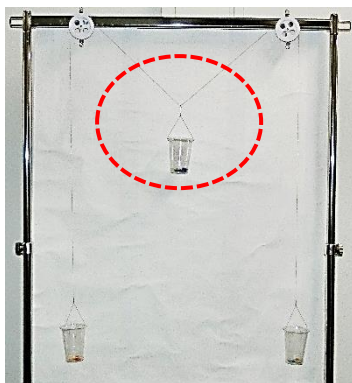


図 10. おはじきを左右ともに4個ずつ入れたときの様子

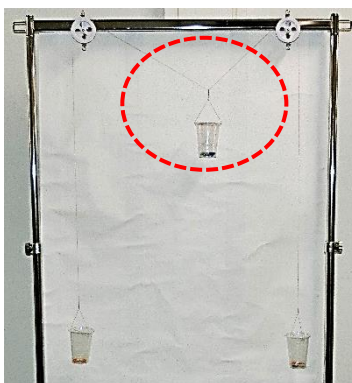


図 11. おはじきを左に4個、右に5個入れたときの様子

※3つとも、中央のコップにはおはじきを6個入れている。2力が作る角度が変化するとともに、力点の位置が変化することも、生徒にとっては

新しい発見のようだった。

#### 4 成果と課題

今回、装置を授業で使用すると、生徒からテグスが見にくいという課題があがった。実験結果を再現性の高いものにしようとする、どうしても細くて摩擦の少ないものに頼らざるを得ない。生徒から見やすく、なおかつ摩擦力の低いものに変える必要がある。また、模型の様子から2力の合成が平行四辺形に近い形になるが、再現性は低く、結果も正確ではない。導入で活用することで、生徒が固定概念として陥りやすい合力が $1+1=2$ になるのではないかという考えを払拭しやすいのではないかと考える。さらに、力の合成についてだけでなく、自由落下の様子も観察することができるので、運動のようすを説明する際にも今回の模型は使用できることがわかった。

#### 5 参考図書・文献

- ・理論がわかる 力と運動の手づくり実験  
川村康文 東京理科大学川村研究室