

# 見いだした複数の概念を関連付けることを通して、 自然の事物・現象を科学的に探究する授業

理科 齋藤 大紀

1 単元名 力のはたらき ～2力のつり合い～ (1年)

## 2 目標

- つり合いの状態にある物体に働く力を視覚化する活動を通して、力の役割や関係性について説明することができる。

## 3 評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
<ul style="list-style-type: none"><li>物体に働く力の三要素を正しく矢印で視覚化できる。</li><li>つり合いの条件に着目して、つり合いの関係にある力を見いだすことができる。</li><li>重さと力の関係に着目して、台ばかりに働く力を見いだすことができる。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>力の働き方(大きさ、向き、作用点)と2力のつり合いの条件を根拠に、物体に働く力の役割や関係性を説明することができる。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>既習内容を振り返ったり、検証実験を行ったりして、それぞれの力の役割や関係性を探究しようとする。</li><li>自分とは異なる仮説と自身の仮説を比較して吟味したり、批判的に検討したりして、より確かな仮説を作ろうとしている。</li></ul>

## 4 本単元を学習する意義

本単元は、中学校において学習するエネルギー領域の土台となる単元である。

小学3年生で学習した「磁石の性質」と「『重さ』の概念」、6年生でこのはたらきで学習した「力の概念」を基礎としている。また、中学3年生の「運動とエネルギー」につながる単元である。

力は、物体の運動のようすを決める要因の一つであり、力の三要素(力の大きさ、力の向き、力の作用点)を矢印で書きあらわすことが、物体の運動のようすを説明することにつながっていく。また、エネルギー保存則や仕事の原理の探究過程においても、物体に働く力の大きさや重さの概念が科学的な根拠となる。

生徒は、力が目に見えないことから、その存在は認識しているものの、どのようにはたらくかを説明することに困難を抱えている。特に、静止している物体に働く力や非接触系において働く力を見落としがちである。また、物理分野においては特に様々な素朴概念や誤概念を持っており、それらが科学的な概念による思考を妨げている。

新学習指導要領では、これまで中学3年生「運動とエネルギー」で学習していた「2力のつり合い」が、1年生「力のはたらき」に移行される。

よって、本単元を、力とは何か、力はどうのように書き表すか、力はどうのように測定するかなどの基本的な知識・技能の習得をさせたうえで、「2力のつり合い」によって生じる身近な現象で、かつ素朴概念と科学概念が対立するような現象を既習内容や観察・実験結果を根拠に探究していくよう構成する。これにより、目的意識の醸成が図られるとともに、身に付けた知識・技能が有機的に関連付いて生きてはたらく知識となっていくと考える。

生徒は、目の前の現象を「働く力」という視点で捉え、物体に働く力の矢印が浮かび上がって見え、つり合いの関係や重さの変化を科学的に説明できるようになる。

本単元を学習する意義は、生徒自身もっている素朴概念や誤概念を自己認識し、根拠を基に科学的な概念へと変容させることの意義を見いだすとともに、身の回りの現象を科学的な視点で捉えられるようになることである。

## 5 本単元における手だて

### <手だてア>

2力のつり合いによって生じる素朴概念と科学概念にずれが生じる現象を、根拠を基に探究する単元構成にする。

それぞれの単元で学習した複数の概念を関連付けて身の回りの現象を科学的に説明するという資質・能力を発揮させるために行う。

生徒は、様々な力について学習し、目に見えない力を矢印で書き表すことを学習し、「物体に働く力の種類や要素」に関する概念を獲得している。

また、実験からフックの法則を見いだすとともに、台ばかりの構造を観察する活動を通して、バネばかりと台ばかりの基本構造が同じことを見いだす。そして、はかりの目盛りの変化について「働く力と重さの関係」に関する概念を獲得している。

さらに、1つの物体に複数の力が働いている現象について観察・実験を行い、「2力のつり合い」に関する概念を獲得している。

生徒が理解し、見いだしている知識・技能

#### <「物体に働く力の種類や要素」に関すること>

- 力が働いているときの三条件
- 力の三要素
- 力を矢印で視覚化する方法
- 力の作用点は、物体同士の接点にある
- 非接触系で働く力（万有引力、静電気の力、磁力）の種類とその表し方

#### <「働く力と重さの関係」に関すること>

- 物体の重さは、その物体に働く重力の大きさによる
- 重さは、測定する場所によって変化する（月面上では1/6）
- 質量と重さの違いと測定する計器の違い
- バネばかりや台ばかりの目盛りを変化させるのは、その計器に働く力の大きさ

#### <「2力のつり合い」に関すること>

- 一直線上で1つの物体に働く力は、足したり引いたりして考えることができる
- 1つの物体に、一直線上にあり、逆向きで同じ大きさの2力を働かせると、その物体は静止する
- つり合いの条件
  - ・ 1つの物体に働く力が、一直線上にあり、向きが反対で、大きさは等しいとき。

それぞれの単元で見いだした概念を関連付けるために、このような生徒に、つり合いの状態にありながら、台ばかりの目盛りが変化する現象を提示する。

- 台ばかりに6 Nの物体を置くと、目盛りはどうか。
  - さらに、6 Nの物体を重ねると、目盛りはどうか。
- 台ばかりを手で押すと、目盛りはどうか。
  - もっと目盛りを大きくしたい。どうすればよいか。
- 台ばかりに6 Nの物体を乗せ、月面に持っていくと目盛りはどうか。
- 台ばかりに乗せた6 Nの物体に糸をつけ、その糸を手で引き上げると、目盛りはどうなるか。
  - さらに糸を引き上げ、物体が台ばかりから離れると、目盛りはどうか。

これらの働きかけによって、生徒は台ばかりの目盛りという視点で、「物体に働く力の種類や要素」と「2力のつり合い」の2つの概念を関連付けていく。しかしながら、つり合いの条件を「2力の相殺」と捉えている生徒は、台ばかり上にあり静止した（つり合いの状態

にある) 物体によって台ばかりの目盛りが変化することをうまく説明できず、台ばかり上にある様々な状態の物体の重さを調べ、「働く力と重さの関係」を解明したいという目的意識が醸成される。

### <本單元における課題>

つり合いの状態にある物体の重さは、どのような力によって生じるのだろうか。

### <手だてイ>

台ばかりの上に置かれた2つの磁石を提示し、反発して宙に浮いた状態の台ばかりの目盛りを予想する活動を組織するとともに、自分の考えの根拠や観点を視覚化できるワークシートを提示する。

「静止している物体には、つり合いの関係にある2力が働いていること」、「台ばかりの目盛りは、台ばかりを押す力の合計であること」などを根拠に、宙に浮いた磁石が台ばかりに及ぼす影響についての自分の考えを整理し、視覚化して表現するという資質・能力を發揮するために行う。

台ばかり上においた2つの磁石の重さを測定したうえで、磁石を反発させて片方を宙に浮かせた状態を示し、「このとき、台ばかりの目盛りはどうなるか」と問う。

この働きかけによって、生徒は宙に浮いているものは重さがなくなるのではないか、台ばかりに接していないものは台ばかりを押せないのではないかといった素朴概念や誤概念と物体に働く力の三要素やつり合いの条件などの科学的な概念を対立させながら、宙に浮いた磁石が台ばかりに及ぼす力について解明しようとする。

その際、見いだした力を可視化して整理し、「つり合いの関係にある力」や「台ばかりの目盛りを変える力」などの観点ごとに整理しやすいワークシートを提示する。

具体的には、ワークシートに以下のような工夫をする。

- ・ 宙に浮いた状態と浮いていない状態を示し、比較して考えられるようにする。
- ・ 図に格子模様を付け、力の三要素を表現しやすくする。
- ・ 力の矢印を種類ごとに色分けして、(自分にとっても、仲間にとっても) わかりやすく表現する。
- ・ 働いているすべての力を書き出させ、見落としがないかを吟味できるようにする。

①	磁石Aに働く重力
②	磁石Bにはたらく磁力
③	磁石Bが磁石Aを押す力
④	

磁 力
重 力
台ばかりを押す力
その他の力

この働きかけによって、なんとなく台ばかりの目盛りの変化を予想していた生徒も、2つの状態を比較し、力の三要素に着目して、予想の理由を「どの力がなくなったのか」や「どの力の大きさが変化したのか」、「どの力の作用点が変わったのか」などと具体を挙げることができ、自分の考えを整理していく。

### ＜手だてウ＞

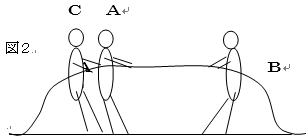
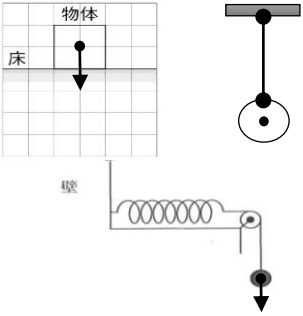
仮説や根拠が違う生徒同士のグループで検討する活動を組織する。

「静止している物体には、つり合いの関係にある2力が働いていること」、「台ばかりの目盛りは、台ばかりを押す力の合計であること」などを根拠に立てた仮説について、共通点や相違点を見だし、考えの違いや根拠の見落としなどを指摘して、仮説の妥当性を検討するという資質・能力を発揮させるために行う。

生徒は、自分と異なる予想をしている生徒がいるということから、その生徒の仮説はどんなものか、自分と考え方がどう違うのかを知りたいという思いになり、対話の必然が生じる。その上で、予想が異なる生徒や予想が同じでも根拠の捉えが異なる生徒同士で検討する活動を設定することで、自分の仮説を客観的に捉え直して吟味したり、互いの仮説の妥当性を検討し合ったりしてより確かな考えを見いだしていく。

### ＜参考・引用文献＞

6 本単元における構想 (全4時間 本時4/4)

目的意識	生徒の意識	学習活動・学習内容	教師の支援・指導	評価の観点 評価の方法
つり合いの状態にある物体の重さはどうなるのだろうか	2つの力が同時に働いたらどうなるのだろうか	① 2つの力が働く現象について考える ○ 綱引きを例に、1つの物体に2つの力が働く現象を考える。 ・ 力は、足したり引いたりして考えることができる。 ・ 一直線上で、逆向きで、等しい大きさの力が働くと、その物体は静止する。 ○ 2力がつりあう条件を見いだす。 ・ 物体に複数の力が働いていても、その物体が静止しているとき（または、等速直線運動をし続けるとき）、物体に働く力はつりあっている。 【つり合いの条件】	図2.  ○ 力を矢印で視覚化しやすいワークシートを提示する。	【思・判・表】 【学】 ワークシート
	つり合いの条件とはどんなものだろうか	② 様々な2力によるつり合いを考える ○ 様々な力によってつり合いの状態にある現象をもとに、どのような2力が働いているかを考える。 ・ 床に置いた物体 ・ 天井からつるされた物体 ・ 摩擦力とのつり合い ・ 弾性力とのつり合い	○ 力を矢印で視覚化しやすいワークシートを提示する。 	
	どの力がつり合っているのだろうか	③ 台ばかりの目盛りを変化させる方法を考える ○ 台ばかりに物体を置く。 ○ 台ばかりにさらに物体を重ねておく。 ○ 台ばかりを手で押す。 ○ 台ばかりに置いた物体を手で押す。	○ 2人に1台、台ばかりを用意する。 ○ 力を矢印で視覚化しやすいワークシートを提示する。	【知・技】 【思・判・表】 ワークシート
	台ばかりの目盛りは、どうすれば大きくできるのだろうか	④ つり合いの条件を満たしながら、台ばかりの目盛りが変化する現象について考える ○ 物体を引っばると目盛りが減る。 ○ 物体の重さと引き上げる力の大きさが等しくなると目盛りが「0」になる。 → 物体に働く力の大きさが等しくなるとつり合うからだ。 → 手を放して、台ばかりに置いた物体も静止しているからつり合いの状態にある。	○ 2人に1台、台ばかりを用意する。 ○ 力を矢印で視覚化しやすいワークシートを提示する。	【知・技】 【思・判・表】 ワークシート
	つり合いの状態にある物体の重さは、どうなるのだろうか	【課題】 つり合いの状態にある物体の重さは、どのような力によって生じるのだろうか。		
		⑤ 物体が台ばかりにのって静止している状態と、物体を引っばり静止している状態を比較して、働く力と重さの関係について考える ○ 静止している物体には、つり合いの関係にある2力が働いている ○ 台ばかりの目盛りは、台ばかりを押す力の合計である		

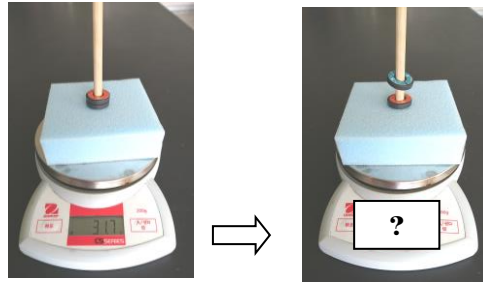
宙に浮いた物体にはどのような力が働いているのだろうか

どうすれば説明できるのかな

意外な結果になった

どうして同じ大きさになるのかがわかったぞ

⑥ しりぞけ合う磁力によって、宙に浮いてつり合っている物体による台ばかりの目盛りの変化について考える



- 仮説（結果の予想とそう考えた理由）を立てる。
  - ・ 台ばかりの上にある物体の合計は変わらないから、目盛りも変わらないはずだ。
  - ・ 宙に浮いている物体は台ばかりを押ししていないから、目盛りは減るはずだ。
  - ・ 下の磁石には、上の磁石と反発する力が働く分、目盛りは大きくなるはずだ。
  - ・ 宙に浮いた磁石の重力分が減り、下の磁石に働く反発する力の分が加わるため、相殺されて変わらない。

⑦ 仮説を検討・検証する

- 異なる予想や観点の捉えが異なる生徒同士で、仮説を検討・検証する。
  - ・ この状態で働いている力を全部矢印で書き表す。
  - ・ つり合いの関係にある力の組み合わせを書き出す。
  - ・ 磁石が浮いている理由を説明する。
  - ・ 台ばかりに働く力に着目する。

⑧ 確認実験を行う

- ・ 目盛りは変わらない。
- ・ 浮いていないときと浮いているときで、台ばかりを押し力の大きさの合計が変わらないということだ。

⑨ 再度、仮説を検討・検証し、学級全体で共有する

- ・ 台ばかり押し力は、どれだろう。
- ・ 宙に浮いているということは、台ばかりを押しすることはできない。
- ・ 宙に浮いて静止しているということは、重力とつり合う力が存在する。
  - この力は、下の磁石との間に働く反発する磁力だ。
- ・ 下の磁石には、重力と同じだけの反発する磁力が働いていることになる。
  - ゆえに、磁石2つ分の重力と同じ大きさの力で台ばかりを押しことになる。

発問：磁石を宙に浮かすと、台ばかりの目盛りはどのように変わりますか。 **(手だてイ)**

- 自分の考えの根拠や観点を視覚化できるワークシートを提示する。 **(手だてイ)**

- 仮説や観点のとらえが違う生徒同士のグループで検討・検証する活動を組織する。 **(手だてウ)**

- 検証に必要な実験を行うために、磁石と支柱を渡す。
- ポートフォリオでこれまでの学習を振り返るよう促す。

【思・判・表】  
【学】  
ワークシート

【思・判・表】  
ワークシート

## 7 本時の詳細

### (1) 前時までの学習を終えた生徒の実際

- 「物体に働く力の種類や要素」に関して、以下のことを理解している。
  - ・ 力が働いているときの三条件
  - ・ 力の三要素
  - ・ 力を矢印で視覚化する方法
  - ・ 力の作用点は、物体同士の接点にある
  - ・ 非接触系で働く力（万有引力、静電気の力、磁力）の種類とその表し方
- 「働く力と重さの関係」に関して、以下のことを理解している。
  - ・ 物体の重さは、その物体に働く重力の大きさによる
  - ・ 重さは、測定する場所によって変化する（月面上では1/6）
  - ・ 質量と重さの違いと測定する計器の違い
  - ・ バネばかりや台ばかりの目盛りを変化させるのは、その計器に働く力の大きさ
- 「2力のつり合い」に関して、以下のことを理解している。
  - ・ 一直線上で1つの物体に働く力は、足したり引いたりして考えることができる
  - ・ 1つの物体に、一直線上にあり、逆向きで同じ大きさの2力を働かせると、その物体は静止する
  - ・ つり合いの条件→「1つの物体に働く力が、一直線上にあり、向きが反対で、大きさが等しい」
- 台ばかり上に、磁石Aと磁石Bを重ねて置いたとき、台ばかりの目盛りが磁石2個分の重さを示すことを働く力を矢印で視覚化して説明している。
- 台ばかり上に、磁石Aと磁石Bをしりぞけ合うような向きで置き、磁石Bを宙に浮かせたときの台ばかりの目盛りの変化を「大きくなる」、「小さくなる」、「変わらない」の3つから予想し、その理由を考え、仮説を立てている。

#### 【生徒の予想の分布】（自信度）

<大きくなる>

<小さくなる>

<変わらない>

自信度			
4	3	2	1
1	0	15	23

自信度			
4	3	2	1
6	21	9	3

自信度			
4	3	2	1
11	20	8	0

### (2) 本時のねらい

宙に浮いた状態でつり合いの状態にある磁石の重さを予想する活動を通して、つり合いの条件を基に働いている力を視覚化し、台ばかりの目盛りの変化の理由を説明することができる。

### (3) 評価基準

#### ○ 評価の観点—思考・判断・表現

A	B
宙に浮いている（台ばかりと触れ合っていない）磁石の重さが台ばかりの目盛りに示される理由を、働く力を矢印で視覚化し、次の3つの既習事項すべてを根拠として説明できる。	宙に浮いている（台ばかりと触れ合っていない）磁石の重さが台ばかりの目盛りに示される理由を、働く力を矢印で視覚化し、次の3つの既習事項のうち2つを根拠として説明できる。
① これらの力の大きさは、すべて大きさが同じであること ② 宙に浮いた磁石（B）に働く「重力」と「しりぞけ合う磁力」がつり合っていること	

③ 台ばかりに働く力は、「『台ばかり上の磁石（A）に働く重力』によって生じる力」と「『台ばかり上の磁石（A）に働くしりぞけ合う磁力』によって生じる力」の2つであること

**(4) 本時の展開**

学習活動・予想される生徒の反応	教師の支援・指導 ■ 評価の観点・方法
<p>① 互いの仮説を説明し、比較する</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 前時に立てた仮説を、互いに説明し合う。</li> <li>○ 自身の仮説と比較しながら、違いに着目する。</li> <li>○ 仮説の違いの要因を見いだす。</li> </ul>	<p>指示：仮説を説明し合い、互いの仮説との違いを明らかにしなさい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 仮説や観点のとらえが違う生徒同士でグループ編成しておく。<b>(手だてウ)</b></li> </ul>

大きくなる	小さくなる	○ 変わらない
<p>○磁石A・Bには、それぞれ重力が働く(①と②)</p> <p>○①の力があるが、磁石Aは静止していることから、③の力が働き、つりあっていると言える。</p> <p>○③の力が、⑤のように台ばかりに伝わる。…☆1</p> <p>○磁石Bを持ち上げるためには、重さよりも大きな力④が必要。よって、重力よりも大きな力④(しりぞけ合う磁力)が働くと考えられる。</p> <p>○④の力には、対になる⑥の力が存在する。</p> <p>○⑥の力が、⑦のように台ばかりに伝わる。…☆2</p> <p>○⑤(☆1)と⑦(☆2)の2つの力が、台ばかりを押す力となるため、台ばかりの目盛りは、磁石2個分よりも大きな値になる。</p>	<p>○磁石A・Bには、それぞれ重力が働く(①と②)</p> <p>○①の力があるが、磁石Aは静止していることから、③の力が働き、つりあっていると言える。</p> <p>○③の力が、⑤のように台ばかりに伝わる。…☆1</p> <p>○磁石Bは、宙に浮いているため、台ばかりを押すことができない。</p> <p>○(☆1)の力が、台ばかりを押す力となるため、台ばかりの目盛りは、磁石1個分の重さになる。</p>	<p>○磁石A・Bには、それぞれ重力が働く(①と②)</p> <p>○①の力があるが、磁石Aは静止していることから、③の力が働き、つりあっていると言える。</p> <p>○③の力が、⑤のように台ばかりに伝わる。…☆1</p> <p>○磁石Bも静止していることから、④の力(しりぞけ合う磁力)が働き、つりあっていると言える。</p> <p>○④の力には、対になる⑥の力が存在する。</p> <p>○⑥の力が、⑦のように台ばかりに伝わる。…☆2</p> <p>○⑤(☆1)と⑦(☆2)の2つの力が、台ばかりを押す力となるため、台ばかりの目盛りは、磁石2個分の重さになる。</p>

② 互いの仮説を検討し、検証する	指示：グループ内で互いの仮説の相違点に注目して、意見を交わし、自身の仮説を修正しなさい。その際、矢印の修正はフリクションでおこない、説明の修正や加筆は赤ペンで行いなさい。
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 仮説の違いに着目して、互いの仮説を吟味する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 他者の仮説を批判的に捉え、矛盾や飛躍、見落としを指摘する。</li> <li>・ 自身の仮説を吟味し、修正する。</li> </ul> </li> <li>○ より確かな仮説を練り上げる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ポートフォリオを基に、根拠となる事実を補う。</li> <li>・ 検証のために必要な実験を行い、結果を基に再考する。</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 検証に必要な実験を行うために、磁石と支柱を渡す。</li> <li>○ ポートフォリオでこれまでの学習を振り返るよう促す。</li> </ul>



<具体的な検証のための実験>

【大きくなる】

- 磁石を手のひらの上に乗せ、上からしぞけ合う極の磁石を近づけると、手のひらを押す力が強くなる。

【小さくなる】

- 手のひらに乗せた磁石から、一方の磁石を遠ざけると、手のひらを押す力が小さくなる。

- 予想を修正する。
  - 仲間との検証・検討をもとに、最終予想をする。
  - 予想が変わった生徒に、予想が変わった理由を発表させる。

③ 確認実験の結果を基に、現象の理由を考察する

- 確認実験を行い、結果を知る。
  - やっぱり、目盛りは変わらない。
  - まだ、変わらない理由がよくわからない。
  - 変わらないと予想していたのは、〇〇さんだった。〇〇さんの仮説をもう一度説明してもらおう。
- 最初に、働く力をすべて矢印で視覚化する。
  - 予想の時は、6本しかかけていなかったけれど、8本あるのか。
  - この力とこの力は、つり合いの関係になっている。
  - 磁力は、どこに働くのかな。
  - 目盛りが変わらないということは、台ばかりを押す力は2つあるということだ。

- 実物投影機で、ワークシートを示させる。

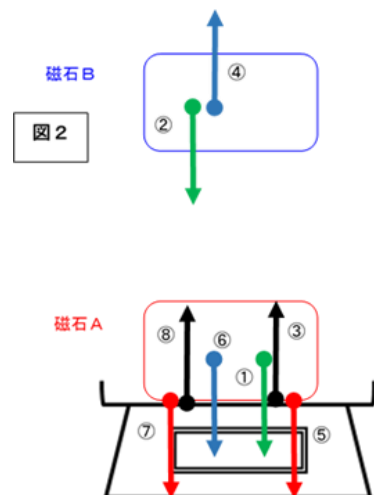
発問：1個が宙に浮いているのに、なぜ、台ばかりには、2個分の重さが表示されるのか再度、説明しなさい。

指示：ワークシートに従って、存在する力をすべて矢印で視覚化し、さらに、その力の説明しなさい。

<再構成>

① 働いている力、全部で8つある。

磁 力	④ 磁石A が磁石B を退ける力 ⑥ 磁石B が磁石A を退ける力
重 力	① 磁石A に働く重力 ② 磁石B に働く重力
台ばかりを 押す力	⑤ ①によって生じる磁石A が台ばかりを押す力 ⑦ ⑥によって生じる磁石A が台ばかりを押す力
その他の力	③ ①によって生じる 台ばかりが磁石A を支える垂直抗力 ⑧ ⑥によって生じる 台ばかりが磁石A を支える垂直抗力



- ① また、これらの力の大きさはすべて同じ大きさである。
- ② 磁石Bには、重力(②)が働いているが、磁石Aとしりぞけ合う磁力(④)が働いているため、つり合いの状態となり、宙に浮いたまま静止する。
- ③ 磁石Aと磁石Bは互いにしりぞけ合っているため、磁石Aにも、磁石Bとしりぞけ合う磁力(⑥)が働いている。
  - ⑥の力によって、磁石Aが台ばかりを押す力(⑦)がもうひとつ加わる。
  - よって、台ばかりの目盛りは、磁石2個分の重さを表示する。