

錯覚現象の理科教材化の意義

安 本 義 正

理科嫌いの学生に理科に興味・関心を持たせる目的で、教科理科の授業に錯覚現象を取り入れた。小さい物体の重さの実測値をもとに、大きい物体の重さを推定するという実験に起こる錯覚実験を行った結果、実測値の $1/4$ から $1/2$ の重さに感じるという錯覚に、学生たちは驚きの声をあげ、その後の学習態度に積極性が出て、学習活動を活発化させることがわかった。重さの錯覚現象は理科学習の導入に活用できるのではないかと考えられる。

キーワード：錯覚現象、物体の重さ、理科、教材化

1. はじめに

最近、子どもの「理科離れ」とか「理科嫌い」という言葉を耳にするが、事実そうだとすれば、理科教育の指導のあり方を考えなければならない。子ども自身が興味・関心の持てるような、科学する心を大切に理科教育が望まれる。一方で、民間の調査によると、むしろ理科好きは増えているとの報告もあり¹⁾、さらには、「第38回国際物理オリンピック」では、69カ国・地域から約300人が参加して、日本の高校生5人全員がメダル（金2、銀2、銅1）を獲得するなど活躍しているという事実もある²⁾。「理科離れ」「理科嫌い」と言われ、将来の科学研究者や技術者の不足が心配される一方で、「理科好き」で、世界的に活躍している生徒もいるということである。しかし、全体的に「理科離れ」「理科嫌い」が指摘されているのであれば、理科に興味・関心が沸くような工夫が必要である。学校現場における学習において、「おかしいなあ」「不思議だなあ」「なぜだろう」「すごいなあ」「わくわ

くするなあ」「調べてみたいなあ」などと、疑問や感動が沸くような導入の工夫も大切である。

理科の学習では、何らかの測定を伴うことも多い。例えば、小学生の「てこのつりあいと重さ」の学習や、中学生における「電子天秤」「上皿天秤」「バネばかり」なども、重さの測定に関連した学習である。しかし、学習の際に、「なぜ測定が必要なのか？」ということにはあまり時間を費やしないのではないだろうか。測定の必要性を体験的に理解することによって、科学への眼が養われ、理科学習における測定作業の意欲や技術向上にもつながるのではないだろうか。

筆者はこれまで、過去10数年間にわたって、担当の「教科理科」において、本学児童教育学科初等教育専攻Ⅰ回生に対して、錯覚現象を教材として取り入れてきた。理科嫌いの学生に何とか興味・関心を持たせようとの目的からである。

本稿では、これまでに行ってきた錯覚実験の結果をもとに、小学生や中学生に対して「理科学習の興味・関心を深める」「測定の重要性

を実感させる」ための一つの導入方法として、錯覚現象を活用した教材化の意義について述べる。

2. 方 法

錯覚現象には錯視や錯聴などいろいろあるが、ここでは、重さの錯覚現象を取り上げる。この現象は、二つの物体の重さが同じでも、物体の大小で、感じる重さがことなるという錯覚現象である。大きい物体の方が軽く感じるといふ重さの錯覚である。

実験に用いる物体は、大小の組み合わせのものを10組用意する。図1に示すように、大きい物体は、①空き缶、②発砲スチロール、③空き缶、④発砲スチロール、⑤ブックカバー、⑥発砲スチロール、⑦空き缶、⑧ブックカバー、⑨空箱、⑩空箱、である。

小さい物体は、①マッチ箱(10円玉入)、②10円玉5枚、③真鍮の円盤、④10円玉8枚、⑤10円玉10枚、⑥マッチ箱(10円玉入)、⑦マッチ箱(10円玉入)、⑧小石、⑨カナヅチの頭、⑩滑車、である。

これらの10組の物体を用いて、12年間(1995



図1 重さの錯覚実験に用いる大小の物体
左：大 右：小

年～2006年)にわたって、毎年本学初等教育専攻のⅠ回生10名に対して錯覚実験を行ってきた。12年間の実験のうちの、はじめの10年間(1995年～2004年)に行った錯覚実験の手順は次の通りである。

1. 43～58名の学生を10グループに分ける。
2. グループ1からグループ10まで順番に、まずグループの代表は、小さい物体を取りに来る。同時に、上皿天秤でその重さを測定した後に、各自のグループに持ち帰り、その物体の名前と重さを表に記入する。
3. グループごとに、その小さい物体を手のひらに載せて、上下させながら、その物体の重さを実感する。グループ内の全員が同じ作業を行う。
4. 次に、グループ代表は大きな物体を取りに来る。
5. 教員は『まず小さい物体をどちらかの手のひらに取り、上下させながら、その実測値の重さを記憶し、机上に戻してから、次に大きい物体を同じ手のひらに載せ、上下させながら、その物体の重さを推定してください』と指示する。
6. グループ全員が同じ作業を行い、大きい物体の推定値を表に書き入れる。
7. 全員が以上の作業を終わった段階で、代表は大きい物体の重さを上皿天秤で測定し、その重さを表に書き入れる。

上記手順中、5. のところで、片手を用いたが、12年間の最後の2年間(2005年～2006年)は、大きい物体を推定する場合、どちらかの手のひらに小さい物体、もう一方の手のひらに大きな物体を載せて、同時に上下させ

ながら、大きな物体の重さを推定した。

3. 結 果

まず、手順に従って錯覚実験を行ったときの学生の反応について述べておく。手順の1. から4. までは、通常の授業と同じで、淡々と手順通り作業を進めていくが、それほど興味も関心も示さない。5. の段階で、大きな物体の重さを推定する段階になると、どれぐらい正確に、大きな物体の重さを推定できるのかなどと多少の興味を示しながら、慎重に作業を進めていく。手順6. のところで、大きな物体の推定値を各グループの表に書き込んでいく段階になると、まず、自分たちのグループのメンバーによる推定値の大きな違いに気がつく。「Aちゃん、おかしいよ!それ」「B子だって、何それ!」などと、笑いが巻き起こる。あまりにも推定値が異なることに、お互いに不思議な様子である。しかし、まだこのときには、錯覚現象についてはわからない。手順7. のところで、グループ代表が、教壇にある上皿天秤で、自分たちの大きな物体の重さを測定した瞬間に、代表は「うっそ～」とか「信じられへん!」などと奇声を発するのである。後ろの席の方では、グループのメンバーが、「何?何?」「どうしたん?」などの声があがる。大きな物体の推定した重さと、実測値があまりにも違うことに驚くのである。学生たちは何が起きているのかよくわからないが、とにかく不思議なことが起ったことは実感するのである。「何で?何で?」としばらくは教室内が騒然とする。この後の学生たちは作業にも積極的に参加して、各グループ内の討議も活発になった。

学生たちの間で、なぜそのような驚きの状

表 1 大小物体の重さの実測値と推定値（片手による）

1995年～2004年（10年間535名）

	物体（小）の名称	物体(小)の重さ 実 測 値 (g)	物体（大）の 名 称	物体(大)の重さ 実 測 値 (g)	物体（大）の重さの推定値			参加 人数
					平均値(g)	最小値(g)	最大値(g)	
1	マッチ箱（10円玉入）	63	空き缶	80	38.2	8	60	58
2	10円玉 5 枚	23	発砲スチロール	26	7.8	1	18	57
3	真鍮の円盤	135	空き缶	146	69.4	19	95	56
4	10円玉 8 枚	36	発砲スチロール	40	9.8	1	30	55
5	10円玉10枚	45	ブックカバー	45	20.5	3	35	56
6	マッチ箱（10円玉入）	95	発砲スチロール	91	50.2	13	75	54
7	マッチ箱（10円玉入）	94	空き缶	132	63.2	3	85	57
8	小 石	18	ブックカバー	32	12.0	2	28	52
9	カナヅチの頭	37	空 箱	67	23.3	2	50	47
10	滑 車	44	空 箱	64	23.7	5	40	43

況が生まれたのか、錯覚実験の結果を見てみる。表 1 には、10年間の錯覚実験の結果を示している。実験に参加した学生数は535名である。年間約54名である。表の左端から、物体（小）の名称、物体（小）の重さの実測値、物体（大）の名称、物体（大）の重さの実測値、物体（大）の重さの推定値（平均値・最小値・最大値）、参加人数を示す。

本錯覚実験で用いた物体としては、大の方がやや重いものを選んだ。これは、錯覚の不思議さをよりわかりやすく実感してもらうためである。表の中の、重さの推定値の平均値を見るとわかるように、各グループの大きな物体は小さな物体より重いにもかかわらず、半分ぐらいの重さに感じている。推定値の最小値をみると、かなり軽く感じている学生がいるということがわかる。最大値の中には、大きな物体の実測値に近い重さに感じている者もいるが、それでも実測値より軽くは感じている。

表から、軽く感じる度合いは、平均すると、実際の重さの $1/4$ から $1/2$ 程度である。最小値をみると、数10分の1に感じる者もいる。

以上の結果は、大きい物体の重さを推定す

るのに、小さい物体の重さを実感する手のひらと同じ手のひらを用いた場合の結果であったが、2005年～2006年の2年間は、大きい物体の重さを推定するのに、両手のひらを用いて、一方の手のひらに小さい物体を、もう一方の手のひらに大きい物体を載せて、同時に上下に動かしながら、大きい物体の重さを推定してもらった。そのときの教員の、手順5.の指示は、

『まず、小さい物体をどちらかの手のひらに取り、上下させながら、その実測値の重さを記憶し、次に、もう一方の手のひらに大きい物体を載せ、両方の物体を同時に上下させながら、大きい物体の重さを推定してください』と指示する。

その結果を、表 2 に示す。両手を用いても、片手と同じ結果が得られた。大きい物体を軽く感じる度合いも、平均すると、実際の重さの $1/4$ から $1/2$ 程度である。両手で行う場合は、学生の中には、小さい物体と大きい物体を載せる手のひらを替えて行う者もいた。

錯覚の原因について、グループごとに話し合い、発表してもらった結果を表 3 に示す。表から、各グループが考えた原因は3つに分

表2 大小物体の重さの実測値と推定値（両手による）

2005年～2006年（2年間102名）

	物体（小）の名称	物体(小)の重さ 実 測 値 (g)	物体（大）の 名 称	物体(大)の重さ 実 測 値 (g)	物体（大）の重さの推定値			参加 人数
					平均値(g)	最小値(g)	最大値(g)	
1	マッチ箱（10円玉入）	63	空き缶	80	33.0	1	50	10
2	10円玉 5 枚	23	発砲スチロール	26	6.3	5	10	11
3	真鍮の円盤	135	空き缶	146	50.8	25	70	12
4	10円玉 8 枚	36	発砲スチロール	40	16.1	8	30	10
5	10円玉10枚	45	ブックカバー	45	19.1	10	27	10
6	マッチ箱（10円玉入）	95	発砲スチロール	91	51.7	12	65	12
7	マッチ箱（10円玉入）	94	空き缶	132	47.8	10	70	9
8	小 石	18	ブックカバー	32	10.1	5	20	8
9	カナヅチの頭	37	空 箱	67	18.9	7	45	10
10	滑 車	44	空 箱	64	15.4	5	30	10

表3 重さの錯覚の原因

（回答数：115グループ）

	理 由	複数回答数	%
1	大きな物体は手のひらに加わる面積が大きいので力が分散して軽く感じる。	99	86.1
2	発砲スチロールなどの材質が軽く感じる。軽いという先入観による。	65	56.5
3	大きな物体の密度が小さいので軽く感じる。空洞があると軽く感じる。	15	13.0
	計	179	155.6

けられる。一つは「大きな物体は手のひらに加わる面積が大きいので力が分散して軽く感じる」というもので、学生が考える錯覚の原因としてはもっとも多く、複数回答で86.1%

にのぼる。次に多いのが「発砲スチロールなどの材質が軽く感じる。軽いという先入観による」というもので、56.5%である。「大きな物体の密度が小さいので軽く感じる。空洞があると軽く感じる」というのも13.0%あった。

本年（2007年）の7月に、京都文教高校生が本学のキャンパスを訪れ、ミニ講義を受けた。そのときに、筆者は錯覚実験のミニ講義を行った。その結果を表4に示す。参加人数が14名と少ないが、学生による錯覚実験の結果と同じ傾向であった。錯覚の原因についても、大きい物体が軽く感じる原因として、学生たちと同様「手のひらに加わる面積が大きいから」「見た感じが軽く感じるから」などの回答がほとんどであった。

表4 大小物体の重さの実測値と推定値（両手による）

2007年（文教高校生14名）

	物体（小）の名称	物体(小)の重さ 実 測 値 (g)	物体（大）の 名 称	物体(大)の重さ 実 測 値 (g)	物体（大）の重さの推定値			参加 人数
					平均値(g)	最小値(g)	最大値(g)	
1	マッチ箱（10円玉入）	63	空き缶	80	30.0	25	35	3
2	10円玉 5 枚	23	発砲スチロール	26	10.0	8	12	3
3	真鍮の円盤	135	空き缶	146	75.0	50	120	3
4	10円玉 8 枚	36	発砲スチロール	40	7.0	5	10	3
5	10円玉10枚	45	ブックカバー	45	3.5	2	5	2

4. 考 察

12年間にわたって、教科理科の授業の中で錯覚の実験を取り入れてきたが、結果からみると、錯覚実験が理科や科学に興味・関心を持つきっかけになる教材として有効であると考えられる。まず、実験の手順6. で、大きい物体の重さの推定を行うが、まず、自分たちのメンバーによる推定値の大きな違いに気がつく。このときから、何か「おかしいな？」という思いが生じてくる。あまりにもグループ内の推定値が異なることに、お互いに不思議さを感じるようになる。そして、次の手順7. のところで、大きな物体の推定した重さと、実測値があまりにも違うことに驚くとともに、感覚の曖昧さに気がつくのである。そのことが実感としてわかるのである。大きい物体がこれだけ軽く感じるのであれば、学生が驚きの奇声をあげるのも当然のことである。

理科の学習では、導入時に「おかしいな?」「どうなっているの?」「不思議だなあ?」と感じることは、とても大切なことである。今回のように、感覚がいかに曖昧かということが実感されることによって、器具を用いた測定の必要性も理解でき、理科の学習においても、正確に測定する態度が身につくと思われる。

重さの錯覚が起こる原因について、グループで発表させた結果、一番多かったのが、「大きい物体は手のひらに加わる面積が大きいので力が分散されて軽く感じる」というものであるが、このことは、理科における「圧力」という学習が大きく影響していると考えられる。つまり「同じ力を加えても面積が大きければ圧力が小さい」という知識があるために、

大きい物体が軽く感じるのは圧力の大小であると考えた結果であると思われる。

これが正しいかどうかを確かめるにはどうすれば良いか、と次の問題意識を生じさせるように発展させていくことも出来るのではないだろうか。

- ① 大きい物体の手のひらにかかる面積を小さくしてはどうか?
- ② 軽いと感じる発砲スチロールの中に重い物を入れてみてはどうか?
- ③ 発砲スチロールとわからないように、表面に色をつけるなどの細工をしてはどうか?

などと、錯覚の原因について追求する態度が芽生えてくるのではないだろうか。

今回の錯覚の実験結果から、理科の学習における導入のための教材として、錯覚現象が有効に活用できるのではないかと考えられる。

5. おわりに

理科嫌いの学生に何とか興味・関心を持たせるとい目的と、小学生や中学生に対して「理科学習の興味・関心を深める」「測定の重要性を実感させる」ための一つの導入方法として、錯覚現象の教材化を目指して、錯覚現象の実験を行ってきた。

小さい物体と大きい物体を用いて、大きい物体の重さを推定させる実験を行った。結果は、大きい物体の重さの推定値が、実際の重さとかなりかけ離れて軽く感じることで、大きな驚きと不思議さを実感することとなった。このことにより、興味と関心とともに問題意識が芽生えて、学習意欲を持続させることになった。

以上の結果から、錯覚現象は児童・生徒た

ちの理科学習における導入の教材として、「理科学習の興味・関心を深める」「測定的重要性を実感させる」教材として有効に活用できるものと思われる。

参考文献

- 1) ベネッセコーポレーション教育研究開発センター, 「学習基本調査(国際6都市調査)速報版」2006年実施(2008年1月刊

行予定)

http://benesse.jp/berd/center/open/report/gakukihon_6toshi/soku/soku_02.html (検索日: 2007.9.4)

- 2) 国際物理オリンピック (於イラン) 2007年7月開催,

<http://www.phys-challenge.jp/ipho.html> (検索日: 2007.9.4)