

## 理 科

# 力学実験を効率化するための「実験用糸」の開発

—中学校第3学年「運動とエネルギー」の授業実践を通して—

風 呂 和 志

### 1 はじめに

近年、生徒の自然体験や生活体験などの不足が課題になっている。科学に関する基本的概念の定着を図ったり、科学的な見方や考え方を育成したりするためにも、可能な限り実験を授業に取り入れる必要があることは言うまでもないであろう。

理科の学習における実験は、設定した仮説に基づいて自然に働きかけ、その結果を観察する行為である。実験は生徒の自然事象に対する興味や関心を高めるとともに、生徒の持っている素朴概念を科学概念へと変容させるはたらきがある。また、グループで実験することが多く、人間関係形成能力や自己管理能力の育成にも寄与している。

しかし、実験には多くの時間を必要とするため、教科書に掲載されているもの以外の実験を追加していくのが現実である。授業時数は増加したが、それに伴い学習内容も増加しており、その定着を図るための活動も必要としているからである。

実験に時間がかかる原因の一つとして、生徒による準備や片付けの際の不手際が挙げられる。中学校理科の力学実験ではニュートンばねはかりにおもりや力学台車などを取り付けて力の大きさを測っている。その取り付けに用いられるのが糸である。ニュートンばねはかりやおもりにはフックがついており、直接つなぐこともある。しかし、ばねはかりを水平使用したり、滑車を用いたりするときには糸を用いてこれらの器具をつないでいる。

中学校理科の力学実験は準備や片づけが簡単で短時間でできるはずであるが、実際は多くの時間を必要とする。実験班がすべて測定を終えて、

片づけを終えるのを待っていると、考察やまとめをする時間がなくなっていることが多い。実験の様子を観察すると、意外にも糸を使って器具を結びつける作業に時間がかかっていることがわかった。

そこで、本研究では力学実験における糸の取り扱いについてアンケート調査を行い、生徒の実態を明らかにすることとした。さらに、生徒の実態に基づいて、力学実験に用いられる器具の取り外しを効率よく行うための「実験用糸」を作成し、その効果を明らかにすることとした。

### 2 実態把握のためのアンケート調査の概要

平成24年10月に広島大学附属三原中学校第3学年の生徒81名を対象にアンケート調査を実施した。単元「運動とエネルギー」を指導中であり、実施時期までに糸を用いる力学実験を6回行っていた。アンケート内容は表1に示す通りで、糸の取り付けと取り外しに時間がかかる理由について①から⑥、糸の片付けについて⑦と⑧の合計8問とした。回答は、(ア)よく当てはまる、(イ)だいたい当てはまる、(ウ)どちらともいえない、(エ)あまり当てはまらない、(オ)全く当てはまらないの5つの尺度を設け、その中から最もよく当てはまる記号を1つ選んで回答するようにした。

### 3 調査結果からわかった生徒の実態

アンケート調査の結果を表2に示す。対象生徒81名のうち欠席者が1名で、合計80名から回答が得られた。なお、アンケート項目の番号は表1

のものである。

表1 実態把握のためのアンケートの内容

番号	内容
①	糸巻きから糸を切るまでの順番待ちの時間が長いからだと思う。
②	先生の説明と同じような長さを一度見ただけで忘れてしまうからだと思う。
③	糸で輪を作って結ぶのに時間がかかるからだと思う。
④	糸を輪にして結ぶ方法をよく知らないからだと思う。
⑤	糸が器具から外れやすいからだと思う。
⑥	糸を器具から取り外すのに時間がかかると思う。
⑦	糸が使い捨てになるのもったいないと思う。
⑧	糸をきちんと片付けないので、ゴミになると思う。

表2 アンケート調査の結果(単位：上段は人数, 下段は%)

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	合計
①	22 (27)	27 (34)	7 (9)	19 (24)	5 (6)	80 (100)
②	2 (2)	9 (11)	5 (6)	38 (48)	26 (33)	80 (100)
③	13 (16)	34 (43)	4 (5)	20 (25)	9 (11)	80 (100)
④	2 (2)	13 (16)	6 (8)	30 (38)	29 (36)	80 (100)
⑤	12 (15)	21 (26)	10 (13)	26 (32)	11 (14)	80 (100)
⑥	2 (2)	11 (14)	4 (5)	36 (45)	27 (34)	80 (100)
⑦	10 (13)	22 (27)	8 (10)	26 (32)	14 (18)	80 (100)
⑧	2 (2)	24 (30)	11 (14)	25 (31)	18 (23)	80 (100)

### (1) 糸を切り取ることについて

これまでの授業では10の実験班に対して糸巻き2巻と竹さし2本を用意して、糸巻きから必要な長さだけ生徒に切り取らせていた。必要な長さを

糸巻きから切り取ることに時間がかかる(質問②)と肯定的に回答した生徒が11人に対して、順番待ちに時間がかかる(質問①)と肯定的に回答した生徒は49人であった。このことから糸巻きの数を増やせば課題は解決すると考えられる。しかし、経費の面や糸が使い捨てになることに問題がある(質問⑦)と感じている生徒が32人、ゴミになる(質問⑧)と考えている生徒が26人それぞれいることを考慮にいと、糸はあらかじめ所定の長さに切り分けておく方がより現実的な問題解決になると考えられる。

### (2) 器具に取り付けるための輪を作ることについて

力学実験における糸には器具どうしを結びつけるというはたらきがある。力学実験で用いるばねはかりやおもり、力学台車などには糸の取り外しが簡単にできるようにフックなどの取り付け器具が取り付けられている。それらの取り付け器具に糸を取り付けるためには糸の両端に輪を作ることになる。輪を作らずに直接結びつけると糸が取れなくなり、はさみで糸を切り取ることになる。図1は取り付け器具に直接糸を結びつけてしまい、ほどけなくなったため糸を切断したと思われる力学台車の写真である。実験器具の整理中たまたま発見したものである。

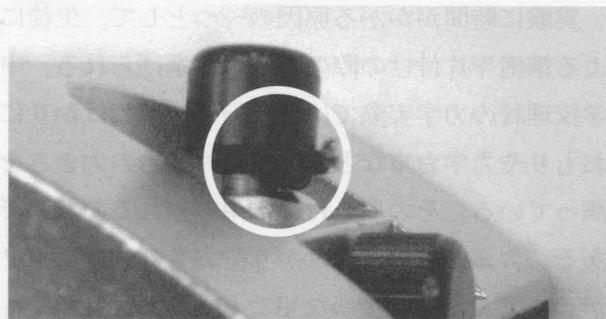


図1 糸が結ばれたままの力学台車

輪を作る方法をよく知らないから時間がかかる(質問④)と肯定的な回答をした生徒が15人に対して、結ぶのに時間がかかる(質問③)と肯定的な回答をした生徒は47人である。結び方は知ってい

でも日常生活の中で用いない結び方なので時間がかかるのではないかとと思われる。日常的に糸を輪にして使用することがないことは、糸で取り付けでも器具から外れやすいと肯定的に回答した生徒が33人もいることから考えられる。また、取り外しに時間がかかる(質問⑥)と肯定的に答えた生徒が13人いるのは、器具に糸を直接結びつけた経験があるからであると考えられる。これらのことから、糸の両端を輪にしておけば、取り付けや取り外しの時間が短縮できると考えられる。

【糸の実験用】と記入された糸の用器袋(写真)

#### 4 「実験用糸」の開発構想と作成

##### (1) 「実験用糸」の開発構想

調査結果から糸を用いる力学実験で生徒が時間がかかると考えている点は、糸巻きから糸を切り取ることと糸の両端に取り付け用の輪を作ることの2点であった。また、糸の使い捨てに対して40%の生徒が問題意識を持っていることも明らかになった。

以上のことから、力学実験用の糸は長さが行う実験に適した長さで、両端に取り付け用の輪を作ったものであるとともに、繰り返し使用できるように丈夫でもつれにくいものにするという構想が得られた。

##### (2) 「実験用糸」に用いる糸

「実験用糸」に用いる糸は合成繊維でできた連だこ用のもの(図2)で、これまでも授業の中で用いていた。この糸は木綿製のたこ糸よりも細く、もつれにくい。また、色が黒いため汚れが目立たない。購入先は本校が毎年7月に宿泊研修で利用している三瓶青少年交流の家である。連だこ作りの活動で余った物である。メーカー名や糸の基本性能については調査中である。

##### (3) 糸の両端に輪を作る方法

糸の両端に輪を作る方法は糸を結ぶことが一般的であるが、大きな力を加えると結び目が滑ったり、輪の大きさを一定にできなかつたりした。

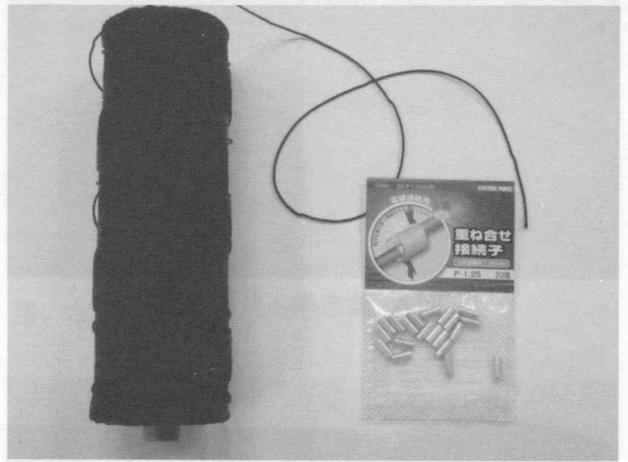


図2 用いた糸と重ね合わせ接続子

そこで、電線接続用の重ね合わせ接続子を使って糸の両端に輪を作る方法を考案した。本研究で用いた重ね合わせ接続子は(株)オーム電機製のもので全長8.0mm、外径3.3mm、内径1.8mm、材質は銅でスズめっきを施した物である(図2)。

##### (4) 「実験用糸」の作成手順

作成手順を以下に示す。

- i) 実験に必要な長さだけ糸を切り取る。本研究では10cmと50cmの「実験用糸」を作成するために、それぞれ20cmと60cmの糸を切り取った。
- ii) 先端から約5cmを図3のように折り曲げ、接続子に差し込む。このとき、糸を回しながら押し進めると容易に通る。

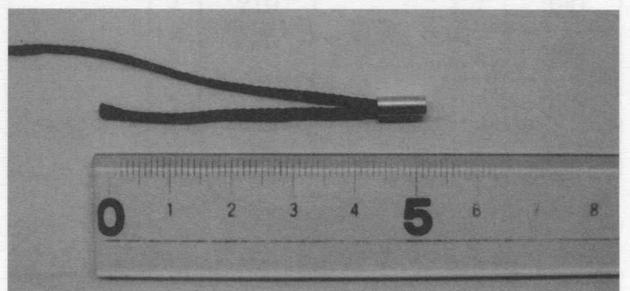


図3 糸を折り曲げて接続子に差し込んだ様子

iii) 糸が通ったら、接続子から2cm程度出るように調整し、輪を作る(図4)。

iv) 輪の大きさが調整できたら、電工用の圧着工具でかしめる(図5)。i)からiv)の手順をもう一方の端にも行い、完成させる(図6)。

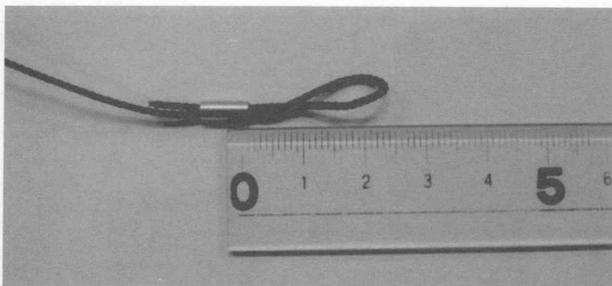


図4 輪を作った様子

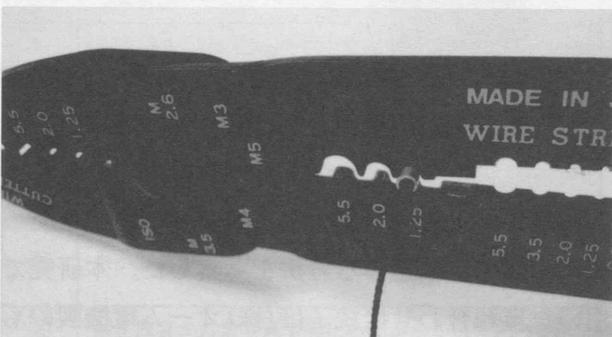


図5 圧着工具で接続子をかきめている様子

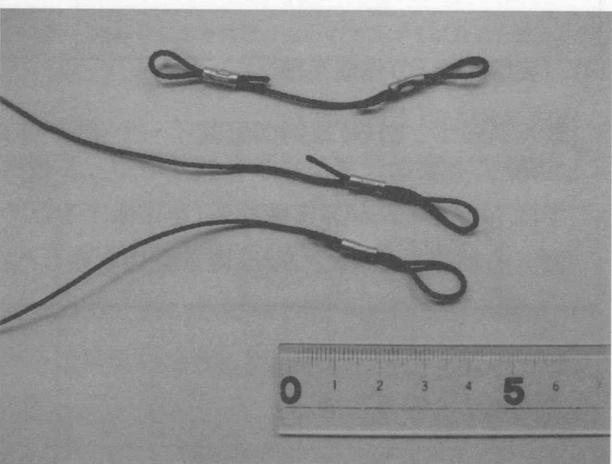


図6 完成した「実験用糸」

v) 保管用の袋を用意し、実験で用いる本数を入れておく。図7では1本ずつ入れている。

## 5 「実験用糸」の使用効果の検証方法

### (1) 検証計画

「実験用糸」を用いて実験を行うグループは用いないグループよりも短時間で実験を終えることが予想される。そこで、本中学3年生(81人)の既存の2学級を「実験用糸」を用いるグループ(40人)と用いないグループ(41人)に割り当てた。



図7 保管用の袋に入れた「実験用糸」

2学級に対する「運動とエネルギー」の学習指導計画及び指導方法は同一であった。

教材は単元「運動とエネルギー」の中の動滑車を用いて仕事の原理を確かめる実験<sup>1)</sup>とした(図8<sup>2)</sup>)。この実験の目標は道具(滑車)を使っても使わなくても仕事の量は同じであること(仕事の原理)を見いださせることである<sup>3)</sup>。教科書では台車を20cm引き上げるように指示されている<sup>4)</sup>が、今回の検証では引き上げる高さを10cmとした。実験技能についての観点別評価規準は、動滑車を使う場合と使わない場合について糸を引く力の大きさと糸を引く距離を測定・記録し、仕事の量を求めることができる<sup>4)</sup>ことである。時間計測は糸の準備から力の大きさと糸を引く距離の測定ができた時点までとした。時間計測は実験班ごとに1名ずつ指名し、ストップウォッチで行わせることとした。

検証実験の最後に「実験用糸」の改善のために、使用した学級の生徒に対してアンケートの実施も計画した。質問紙は表3のとおりで、回答は、(ア)よく当てはまる、(イ)だいたい当てはまる、(ウ)どちらともいえない、(エ)あまり当てはまらない、(オ)全く当てはまらないの5つの尺度を設け、その中から最もよく当てはまる記号を1つ選んで回答させることとした。

### (2) 検証実験

検証実験はグループごとに授業開始から15分間

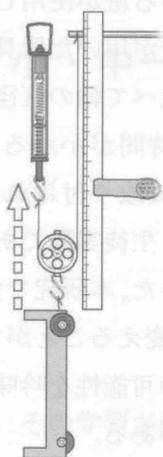


図8 動滑車を用いた仕事の量の測定

表3 「実験用糸」改善のためのアンケート用紙

番	質問	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
1	糸を切り取る待ち時間が短い点が良い。					
2	実験に適する長さになっていてよい。					
3	器具に取り付けるための輪が良い。					
4	輪を金属で固定しているのがよい。					
5	糸が自然にまっすぐになるのがよい。					
6	器具から外れにくい点が良い。					
7	糸がもつれにくくなっている点が良い。					
8	器具から取り外す時間が短い点が良い。					
9	糸が丈夫な点が良い。					
10	糸を繰り返し使える点が良い。					
11	糸のゴミがなくなる点が良い。					

で実施した。はじめに実験の目的や方法、時間計測について説明した。方法については実験装置を実際に組み立て、それを用いながら具体的に説明した。実験に用いる糸以外の器具は全て時間計測前に準備させておき、時間計測について計画にあげたように指導した。また、実際に時間計測を行う生徒は実験班の係の1つである点検係に行なわせた。

「実験用糸」は50 cmのものを1本ずつ実験班名のラベルを貼った小袋に入れておいた。「実験用糸」を使用しない学級では、十分に糸が巻いてあ

る糸巻きを2巻、1 mの竹製のものさしを2本、はさみを数丁用意しておいた。「実験用糸」を使用しない学級に対して予め切り取る糸の長さは50 cmにするよう指示した。

実験班の数は2学級とも10で、検証実験当日は「実験用糸」を用いる学級が38人(2人欠席)、用いない学級が41人であった。

## 6 結果

表4は糸の準備から力の大きさと糸を引く距離の測定までにかかった時間をグループごとに示したものである。

表5は結果をグループごとに示したものである。「実験用糸」を用いたグループの平均がおよそ3分に対して、用いないグループの平均はおよそ6分20秒となった。

表4 グループ別の実験に要した時間

グループ	班	時間(秒)	グループ	班	時間(秒)
「実験用糸」を用いたグループ	1	182	「実験用糸」を用いないグループ	1	410
	2	158		2	295
	3	189		3	471
	4	125		4	204
	5	212		5	389
	6	191		6	392
	7	210		7	390
	8	223		8	389
	9	144		9	228
	10	169		10	634

表5 グループ別の実験結果

	「実験用糸」を用いたグループ	「実験用糸」を用いないグループ
データ数	10	10
平均(秒)	180.3	380.2
S. D.	29.8	116.4

また、表6は「実験用糸」を使用した学級に対す

る「実験用糸」についてのアンケート結果である。対象者40人のうち、当日欠席が2人いたため、回収人数は38人となった。

表6 「実験用糸」についてのアンケート結果(単位：人)

番	質問	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
1	糸を切り取る待ち時間が短い点が良い。	18	14	6	0	0
2	実験に適する長さになっていてよい。	20	13	4	0	1
3	器具に取り付けるための輪が良い。	26	7	2	0	3
4	輪を金属で固定しているのがよい。	21	12	4	0	1
5	糸が自然にまっすぐになるのがよい。	18	14	6	0	0
6	器具から外れにくい点が良い。	18	10	8	2	0
7	糸がもつれにくくなっている点が良い。	16	12	9	1	0
8	器具から取り外す時間が短い点が良い。	14	16	8	0	0
9	糸が丈夫な点が良い。	21	14	3	0	0
10	糸を繰り返し使える点が良い。	24	11	3	0	0
11	糸のゴミがなくなる点が良い。	23	9	6	0	0

が最も低くなっている班が使用した「実験用糸」を調べたところ、生徒が用いた器具や鉄製スタンドの取り付け部分に比べて輪の直径が少し小さく、取り付けるまでに時間がかかることが明らかになった。他の部分に取り付けられれば問題は生じなかったのであるが、生徒実験であることを踏まえないければならなかった。本研究で作成した「実験用糸」では輪の直径を変えることができないため、器具の取り付け部分の可能性を吟味した上で輪の直径を決定する必要がある。

<引用・参考文献>

- 1) 塚田捷ほか:「未来へひろがるサイエンス3」, p.151, 2011, 株式会社 新興出版社啓林館.
- 2) 図8は, 前掲1), p.151より引用
- 3) 塚田捷ほか:「指導書 第2部詳説 未来へひろがるサイエンス3」, p.241, 2011, 株式会社 新興出版社啓林館.
- 4) 前掲1), p.151
- 5) 前掲3), p.252

7 考察

「実験用糸」を用いることで、実験時間が大幅に短縮されることが明らかになった。また、実験時間のばらつきも小さいことがわかった。以上のことから、本研究で作成したような「実験用糸」を実験の種類に応じて作成し、生徒に使用させれば実験時間を短縮できるとともに、実験に要する時間のばらつきも小さくできるといえる。実験班がすべて測定を終えて、片づけを終えるのを待つからでも、考察やまとめをする時間を確保できるようになるだろう。

「実験用糸」の使用後のアンケート結果はどの項目も「よく当てはまる」と「だいたい当てはまる」という回答の割合が多く、実用に耐え得るものであったといえよう。今後は実験の種類に応じた「実験用糸」を作成していく予定である。

しかしながら、今回の検証実験で使用した「実験用糸」の中に、器具に取り付けるための輪に問題があるものが1つあった。生徒のアンケートで評価