

押しばねを使った実験に関する一考察（その1）

－中学校理科の第1学年「力の働き」において－

田中 聰^{*1}・佐伯 英人

A Study on an Experiment using Compression Springs (I):
A Case Study of “Function of force” in the 1st Grade Lower Secondary School Science

TANAKA Satoshi^{*1}, SAIKI Hideto

(Received March 31, 2025)

キーワード：押しばね、実験、中学校、理科、力の働き

はじめに

『中学校学習指導要領（平成29年告示）』では、「第2章」「第4節 理科」「第2 各分野の目標及び内容」「第1分野」「2 内容」「(1)身近な物理現象」のアの(イ)の「⑦ 力と働き」において「物体に力を働かせる実験を行い、物体に力が働くとその物体が変形したり動き始めたり、運動の様子が変わったりすることを見いだして理解するとともに、力は大きさと向きによって表されることを知ること。また、物体に働く2力についての実験を行い、力がつり合うときの条件を見いだして理解すること。」(p.79)と示されている（文部科学省, 2018）。また、「第1分野」「3 内容の取扱い」の（3）のエにおいて「アの(イ)の⑦については、ばねに加える力の大きさとばねの伸びとの関係も扱うこと。また、重さと質量との違いにも触れること。力の単位としては『ニュートン』を用いること。」(p.85)と示されている（文部科学省, 2018）。

『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編 平成29年7月（令和3年8月一部改訂）』では、「⑦ 力と働きにおいて」において「物体の変形については、例えば、ばねにおもりをつるしてばねの伸びを測定する実験を行い、測定結果から力の大きさとばねの伸びが比例することを見いださせ、力の大きさはばねの変形の量で測定できることを理解させる。測定結果を処理する際、測定値には誤差が必ず含まれていることを踏まえた上で規則性を見いださせるように指導し、誤差の扱いやグラフ化など、測定値の処理の仕方の基礎を習得させることが大切である。」(p.33)と示されている（文部科学省, 2021）。

2021年度版の啓林館の『未来へひろがるサイエンス1』では、「3章 力による現象」の「2. 力の大きさのはかり方」(p.241-p.246)が示されている（大矢・鎌田ほか, 2024）。この「2. 力の大きさのはかり方」では「手でばねに力を加えたり、ばねに物体をつるしてばねをのばしたりしたとき、手や物体がばねに加えた力の大きさは、どれくらいだろうか。（後略）」(p.241)と示されている（大矢・鎌田ほか, 2024）。なお、「2. 力の大きさのはかり方」で示されているばねは、すべて「引きばね」である。本稿では、2021年度版の啓林館の『未来へひろがるサイエンス1』を『教科書』と称する。

上記のことについて、別の言い方をすると、以下のようになる。

『中学校学習指導要領（平成29年告示）』では「ばねに加える力の大きさとばねの伸びとの関係も扱うこと」(p.85)と示されている（文部科学省, 2018）。また、『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編 平成29年7月（令和3年8月一部改訂）』では「ばねにおもりをつるしてばねの伸びを測定する実験を行うこと」が例示されている（文部科学省, 2021）。そのため、『教科書』で示されているばねは、すべて「引きばね」であるといえる。

*1 山口大学教育学部附属山口中学校

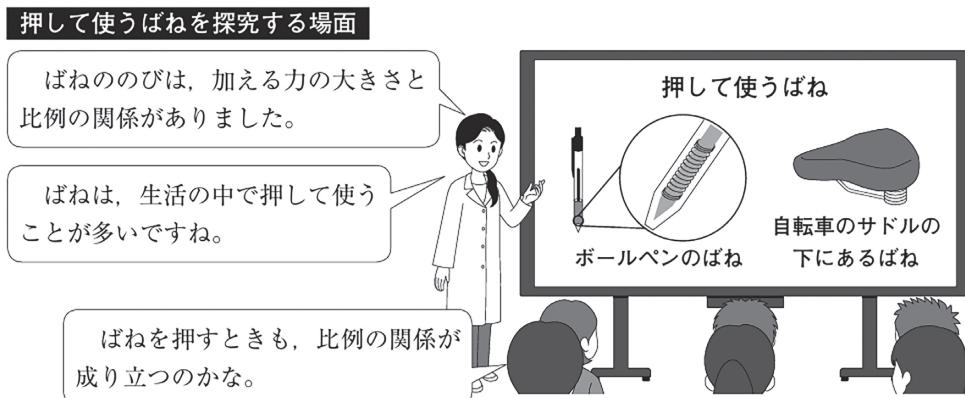
1. 研究の目的

『令和4年度全国学力・学習状況調査 中学校理科』では「大問5」がp.13-p.16に示されている（国立教育政策研究所, 2022）。この「大問5」では「ばねを押すとき、加える力の大きさとばねが縮む長さの関係について、理科の授業で科学的に探究しました。（1）から（3）までの各問いに答えなさい。」(p.13)と示されており、「押して使うばねを探究する場面」が示されている（図1）。この場面では「押して使うばね」の1つとして「ボールペンのばね」(p.13)が例示されている。この後、「ノートの一部」(p.13)、(1)と(2)の問い合わせ(p.14)が示されている。このp.13-p.14に示されているばねは「押して使うばね」であり、一般的にいう「押しばね」である。

次に、「磁石を使ったばねを探究する場面」(p.15)が示されており、その後、「ノートの続きの一部」(p.15)、「グループで個人の考察を検討している場面」(p.16)、(3)の問い合わせ(p.16)が示されている。このp.15-p.16に示されているばねは「磁気ばね」である。一般的にいう「押しばね」ではないが、「押しばね」の1つのタイプといえる。

そこで、本研究の1つめの目的は「押しばね」を使った教具を製作することである。2つめの目的は、製作した教具を使って予備実験（基礎研究）を行い、データを得て、それをもとに授業で生徒が行う実験方法を検討し、授業の展開を提案することである。

- 5 ばねを押すとき、加える力の大きさとばねが縮む長さの関係について、理科の授業で科学的に探究しました。
(1)から(3)までの各問い合わせに答えなさい。



国立教育政策研究所 (2022) より

図1 『令和4年度全国学力・学習状況調査 中学校理科』の「大問5」(p.13)の一部

2. 「押しばね」を使った教具の製作と予備実験

2-1 教具の部品

「1. 研究の目的」で前述したように、本研究では、教具の製作を行った。教具の部品を表1に示す。教具の各部品（部品⑦～部品⑩）について以下に述べる。

部品⑦は「竹ひごを立てる穴（直径：3 mm, 深さ：5 mm）をあけた板（100 mm × 100 mm × 12 mm, 材質：木材）」である（図2）。

部品⑧は「尖っている先端部を切り取って150 mmの長さにした竹ひご（直径：3 mm）」である（図2）。以下、竹ひごと称する。

部品⑨は「3Dプリンターで製作した『おもり（2枚のワッシャーを接着したもの）をのせる台』」である（図3, 図4）。以下、「おもりをのせる台」と称する。

部品⑩は「約30 gのおもり（約15 gのワッシャー2枚を接着剤で接着したもの）」である（図5）。以下、おもりと称する。

部品⑪は「ボールペン（ノック式）に入っているばね」である（図6）。このばねは「押しばね」である。予備実験で用いたばねの自由長は24.00 mm、外径は4.20 mm、内径は3.34 mmであった。以下、ばねと称す

る。

図7は、ノック棒を押した後のボールペン内のはねの長さを測っているようすである。ノック棒を押した後のボールペン内のはねの長さは定規（最小目盛：1 mm）で測って14.0 mmであった。

表1 予備実験で使用した教具の部品

記号	教具の部品	図
部品⑦	竹ひごを立てる穴（直径：3 mm, 深さ：5 mm）をあけた板（100 mm × 100 mm × 12 mm, 材質：木材）	図2
部品①	尖っている先端部を切り取って150 mmの長さにした竹ひご（直径：3 mm）	図2
部品⑨	3Dプリンターで製作した「おもり（2枚のワッシャーを接着したもの）をのせる台」	図3・図4
部品⑩	約30 gのおもり（約15 gのワッシャー2枚を接着剤で接着したもの）	図5
部品⑪	ボールペン（ノック式）に入っているばね（自由長：24.00 mm, 外径：4.20 mm, 内径：3.34 mm）	図6

2-2 重さ（質量）を量る器具及び長さを測る器具

予備実験で用いた器具について以下に述べる。

重さ（質量）を量る器具として、電子天秤（最小表示：0.01 g）を用いた（図12・図14）。

長さを測る器具として2つのノギス（ノギスA, ノギスB）を用いた。

ノギスAを図8に示す。ノギスAは「本尺目盛とバーニヤ目盛が表示されているノギス」である。ノギスAは、全長が210 mm、測定範囲が150 mm、本尺目盛の目幅は1 mmである。また、バーニヤ目盛の目盛形式は39 mmを20等分したものであり、最小読取値は0.05 mmである。

ノギスBを図9に示す。ノギスBは「本尺目盛のみが表示されているノギス（バーニヤ目盛が表示されていないノギス）」である。ノギスBは、全長が210 mm、測定範囲が150 mm、本尺目盛の目幅は1 mmである。

2-3 教具の組み立て方及び予備実験の方法の概要

教具の組み立て方、また、予備実験の方法の概要について以下に述べる。

部品⑦「竹ひごを立てる穴をあけた板」に、部品⑪の竹ひごを取り付ける（図10）。部品⑪の竹ひごに、部品⑩のはねを通す（図11）。2つのノギス（ノギスA, ノギスB）を使って、部品⑩のはねの長さを測る。

電子天秤を使って、部品⑨の「おもりをのせる台」の重さ（質量）を量る（図12）。部品⑩のはねの上に、部品⑩の「おもりをのせる台」をのせる（図13）。2つのノギス（ノギスA, ノギスB）を使って、部品⑩のはねの長さを測る。

電子天秤を使って、部品⑩のおもりの重さ（質量）を量る（図14）。部品⑨の「おもりをのせる台」の上に、部品⑩のおもりをのせる（図15）。2つのノギス（ノギスA, ノギスB）を使って、部品⑩のはねの長さを測る。この活動を繰り返し、行う。ノギスBを使ってばねの長さを測っているようすを図16に示す。

ノギスAとノギスBを用いた測り方の詳細は「2-4 予備実験の方法と結果」で後述する。

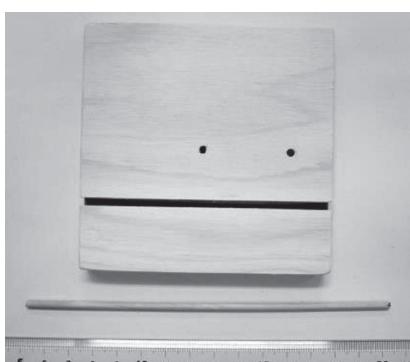


図2 「竹ひごを立てる穴をあけた板」と「尖っている先端部を切り取った竹ひご」

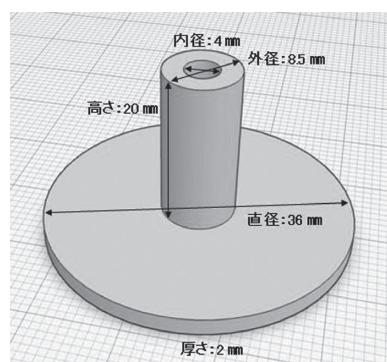


図3 3Dプリンターで製作した「おもりをのせる台」の図面



図4 3Dプリンターで製作した「おもりをのせる台」



図5 おもり(ワッシャー2枚を接着剤で接着したもの)

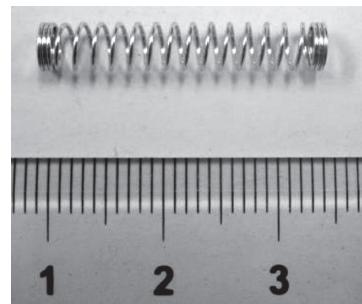


図6 ボールペンに入っているばねを取り出したようす

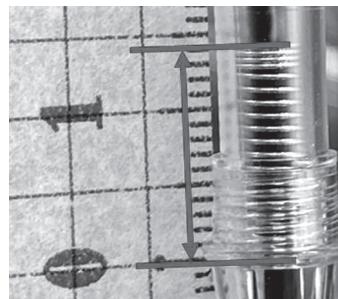


図7 ノック棒を押した後のボールペン内のばねの長さ

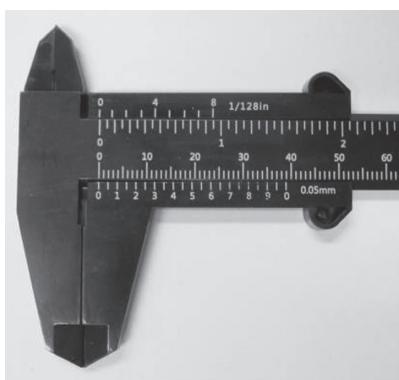


図8 ノギスA(一部)

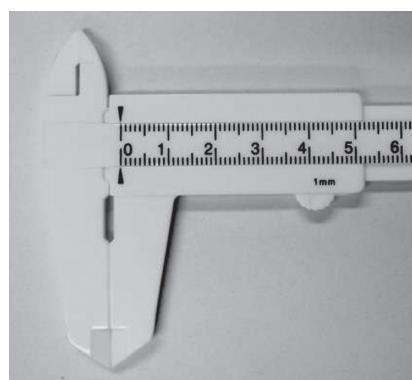


図9 ノギスB(一部)

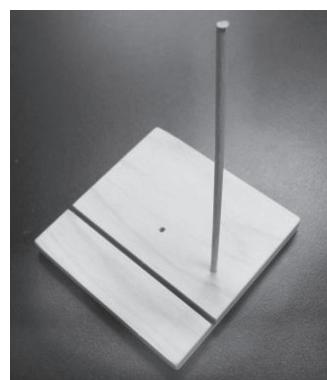


図10 「竹ひごを立てる穴をあけた板」に竹ひごを取り付けたようす



図11 竹ひごにばねを通したようす



図12 電子天秤を使って、「おもりをのせる台」の重さ(質量)を量っているようす



図13 ばねの上に「おもりをのせる台」をのせたようす



図14 電子天秤を使って、おもりの重さ(質量)を量っているようす



図15 「おもりをのせる台」を取り付け、その上におもりをのせたようす

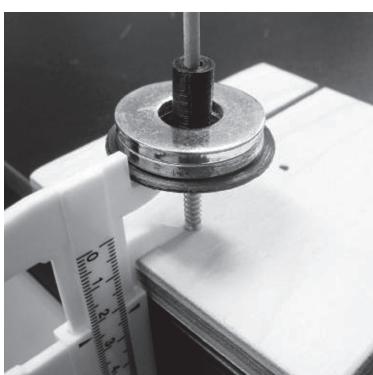


図16 ノギスBを使ってばねの長さを測っているようす

2-4 予備実験の方法と結果

製作した教具を使って予備実験を行った。予備実験で、ばねの上にのせるものは「おもりをのせる台」とおもりである。おもりは23個のせた。おもりをのせる順に、おもり(1)～おもり(23)と称する。

「おもりをのせる台」とおもり(1)～おもり(23)の重さ(質量)をそれぞれ電子天秤で量った。この「おもりをのせる台」とおもり(1)～おもり(23)のそれぞれの重さ(質量)を、表2では「ばねの上にのせたものの「ものの重さ(質量)(g)」として示した。さらに、この重さ(質量)をもとに、その和を算出し、「ばねの上にのせたもののすべての重さ(質量)(g)」として示した(表2)。

上記に示した重さ(質量)をもとに、ばねに加える力の大きさ(単位:N)を算出し、表2では「ばねに加える力の大きさ(N)」の「算出した値」として示した。

『教科書』の巻末の「探Qラボ」では「力の大きさ[N]」を0.2、0.4、0.6、0.8、1.0といった小数第1位までの数値で表記している。そこで、この表記の仕方に従い、「ばねに加える力の大きさ(N)」の「算出した値」に示した数値の小数第2位を四捨五入し、小数第1位までの数値にして「ばねに加える力の大きさ(N)」の「表記上の値」として示した(表2)。

次に、ばねの長さ(単位:cm)を2つのノギス(ノギスA、ノギスB)で測った。なお、『教科書』の「探Q実験5」の「実験のスキル」(p.243)に示されているばねののび(ばねAののび、ばねBののび)の単位にはcmが用いられている。その他、『教科書』の「探Q実験5の例」の「結果」(p.245)、「探Q実験5のから」の図57(p.246)、例題(p.246)、練習(p.246)、巻末の「探Qシート」、巻末の「探Qラボ」に示されているばねののびの単位も同様にcmである。そこで、『教科書』に従い、本稿において、以下に示すばねの長さ、ばねの縮む長さの単位にはmmではなく、cmを用いて表記した。

ノギスAの本尺目盛とバーニヤ目盛を用いてばねの長さを測った。この測り方を測り方Aと称する。この測り方Aで測ったばねの長さを、表3では「ばねの長さ(cm)」の「測り方A」として示した。さらに、この数値を用いて、ばねの縮む長さを算出し、「ばねの縮む長さ(cm)」の「測り方A」として示した(表3)。

ノギスBにはバーニヤ目盛が示されていない。そのため、ノギスBの本尺目盛の目幅(1mm)を用いてばねの長さを測った。長さは、最小目幅の10分の1を読み取った。この測り方を測り方Bと称する。

この測り方Bで測ったばねの長さを、表3では「ばねの長さ(cm)」の「測り方B」として示した。さらに、この数値を用いて、ばねの縮む長さを算出し、「ばねの縮む長さ(cm)」の「測り方B」として示した(表3)。

『教科書』の巻末の「探Qラボ」では「ばねののび[cm]」を1.2、2.2、3.4、4.4、5.6といった小数第1位までの数値(単位でいうとmmまでの数値)で表記している。そこで、この表記の仕方に従い、「ばねの縮む長さ(cm)」の「測り方B」の数値の小数第2位を四捨五入し、小数第1位までの数値にして「ばねの縮む長さ(cm)」の「表記上の値」として示した(表3)。

表2 ばねの上にのせたものの重さ(質量)とばねに加える力の大きさ

のせた 順番	ばねの上にのせたもの		ばねの上にのせたものの すべての重さ(質量)(g)	ばねに加える力の大きさ(N)	
	ものの名称	ものの重さ (質量)(g)		算出した値	表記上の値
1	おもりをのせる台	2.74	2.74	0.0274	0.0
2	おもり(1)	30.02	32.75	0.3250	0.3
3	おもり(2)	30.04	62.80	0.6280	0.6
4	おもり(3)	29.86	92.66	0.9266	0.9
5	おもり(4)	30.22	122.88	1.2288	1.2
6	おもり(5)	29.89	152.77	1.5277	1.5
7	おもり(6)	29.86	182.63	1.8263	1.8
8	おもり(7)	30.10	212.73	2.1273	2.1
9	おもり(8)	30.08	242.81	2.4281	2.4
10	おもり(9)	30.15	272.96	2.7296	2.7

11	おもり(10)	29.99	302.95	3.0295	3.0
12	おもり(11)	30.29	333.24	3.3324	3.3
13	おもり(12)	30.24	363.48	3.6348	3.6
14	おもり(13)	30.19	393.67	3.9367	3.9
15	おもり(14)	30.09	423.76	4.2376	4.2
16	おもり(15)	29.82	453.58	4.5358	4.5
17	おもり(16)	29.85	483.43	4.8343	4.8
18	おもり(17)	29.92	513.35	5.1335	5.1
19	おもり(18)	29.96	543.31	5.4331	5.4
20	おもり(19)	29.84	573.15	5.7315	5.7
21	おもり(20)	29.84	602.99	6.0299	6.0
22	おもり(21)	29.97	632.96	6.3296	6.3
23	おもり(22)	29.98	662.94	6.6294	6.6
24	おもり(23)	29.93	692.87	6.9287	6.9

表3 測り方Aと測り方Bの2つの方法を用いて測ったばねの長さとばねの縮む長さ

のせた 順番	ばねの上にのせた ものの名称	ばねの長さ (cm)		ばねの縮む長さ (cm)		
		測り方A	測り方B	測り方A	測り方B	表記上の値
1	おもりをのせる台	2.395	2.40	0.005	0.00	0.0
2	おもり(1)	2.305	2.30	0.095	0.10	0.1
3	おもり(2)	2.220	2.20	0.180	0.20	0.2
4	おもり(3)	2.105	2.10	0.295	0.30	0.3
5	おもり(4)	2.025	2.00	0.375	0.40	0.4
6	おもり(5)	1.930	1.95	0.470	0.45	0.5
7	おもり(6)	1.810	1.85	0.590	0.55	0.6
8	おもり(7)	1.740	1.78	0.660	0.62	0.6
9	おもり(8)	1.680	1.65	0.720	0.75	0.8
10	おもり(9)	1.550	1.55	0.850	0.85	0.9
11	おもり(10)	1.495	1.50	0.905	0.90	0.9
12	おもり(11)	1.410	1.40	0.990	1.00	1.0
13	おもり(12)	1.370	1.30	1.030	1.10	1.1
14	おもり(13)	1.275	1.25	1.125	1.15	1.2
15	おもり(14)	1.220	1.20	1.180	1.20	1.2
16	おもり(15)	1.175	1.10	1.225	1.30	1.3
17	おもり(16)	1.025	1.00	1.375	1.40	1.4
18	おもり(17)	0.940	0.90	1.460	1.50	1.5
19	おもり(18)	0.850	0.85	1.550	1.55	1.6
20	おもり(19)	0.800	0.80	1.600	1.60	1.6
21	おもり(20)	0.800	0.80	1.600	1.60	1.6
22	おもり(21)	0.800	0.80	1.600	1.60	1.6
23	おもり(22)	0.800	0.80	1.600	1.60	1.6
24	おもり(23)	0.800	0.80	1.600	1.60	1.6

測り方A：本尺目盛とバーニヤ目盛を用いて長さを測る方法

測り方B：バーニヤ目盛を用いず、本尺目盛の目幅 (1 mm) を用いて、最小目幅の10分の1を読み取って長さを測る方法

3. 生徒が行う実験方法の検討

3-1 予備実験の結果の考察

予備実験で得られた結果をもとに、授業で生徒が行う実験方法を検討した。

表2の「ばねの上にのせたもの」の「ものの重さ（質量）(g)」をみると、個々のおもりの重さ（質量）には $30.29\text{ g} \sim 29.82\text{ g}$ という違いがみられるが、ばねに加える力の大きさで表記すると 0.3 N になることが分かる。そこで、生徒が行う実験では、1つのおもりをのせることで生じる「ばねに加える力の大きさ」を 0.3 N とした。

表2の「おもりをのせる台」の「ものの重さ（質量）(g)」は 2.74 g である。「ばねに加える力の大きさ(N)」の「算出した値」は 0.0274 N 、「表記上の値」で表すと 0.0 N である。このことは「算出した値」の小数第2位を四捨五入した場合、 0.0 N になることを示している。そこで、生徒が行う実験では「おもりをのせる台」をのせることで生じる「ばねに加える力の大きさ」は無視できるものと判断した。

表3の「おもりをのせる台」の「ばねの縮む長さ(cm)」の「測り方A」は 0.005 cm である。一方、「測り方B」は 0.00 cm であり、「表記上の値」は 0.0 cm である。「ばねの縮む長さ」の「測り方A」の小数第2位を四捨五入した場合、 0.0 cm になる。そこで、生徒が行う実験では、「おもりをのせる台」をのせることで生じる「ばねの縮む長さ」を無視できるものと判断した。

表3の「ばねの縮む長さ(cm)」の「測り方A」と「表記上の値」をもとに相関分析を行った。その結果、相関係数は 0.998 であった。このことは、強い正の相関があることを示している。なお、ここで使用した統計解析ソフトはSPSSである。このことから、生徒が行う実験では、ばねの長さの測り方として「測り方B」を用いることにし、「測り方B」で得られた数値の小数第2位を四捨五入し、小数第1位までの数値にすることにした。つまり、表3の「ばねの縮む長さ(cm)」の「表記上の値」を求めるにした。

図17は、表2の「ばねに加える力の大きさ(N)」の「算出した値」と表3の「ばねの縮む長さ(cm)」の「測り方A」を用いて散布図を作成し、グラフを表示させたものである。一方、図18は、表2の「ばねに加える力の大きさ(N)」の「表記上の値」と表3の「ばねの縮む長さ(cm)」の「表記上の値」を用いて散布図を作成し、グラフを表示させたものである。なお、両者とも、グラフの式は、 $Y = 0.2857X + 0$ であった。

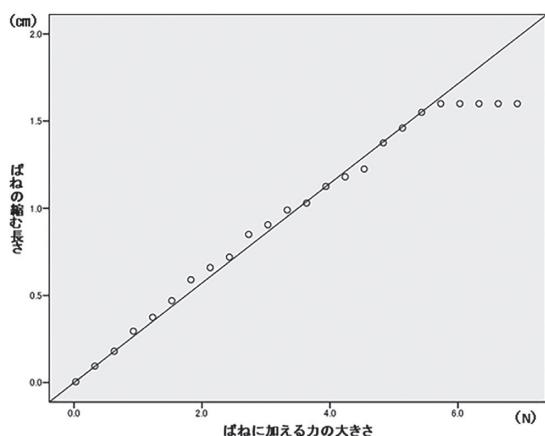


図17 「ばねに加える力の大きさ」の「算出した値」と「ばねの縮む長さ」の「測り方A」を用いて作成したグラフ

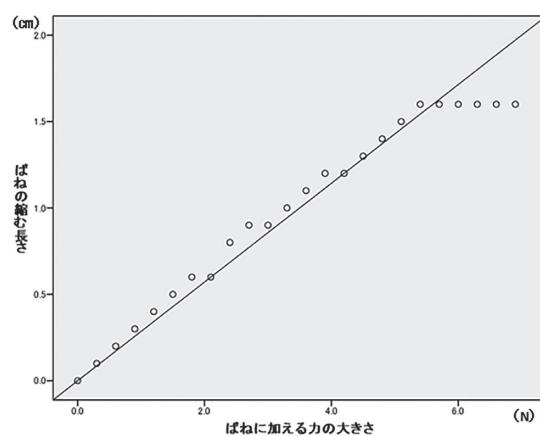


図18 「ばねに加える力の大きさ」の「表記上の値」と「ばねの縮む長さ」の「表記上の値」を用いて作成したグラフ

3-2 生徒が行う実験方法のまとめ

前述したとおり、予備実験を行い、予備実験で得られた結果をもとに、授業で生徒が行う実験方法を検討した。その結果、生徒が行う実験では、次の4つのが明らかになった。

- ① 1つのおもりをのせることで生じる「ばねに加える力の大きさ」を 0.3 N とする。
- ② 「おもりをのせる台」をのせることで生じる「ばねに加える力の大きさ」と「ばねの縮む長さ」を無視できる。つまり、おもりをのせることで生じる「ばねに加える力の大きさ」と「ばねの縮む長さ」で考えて良い。
- ③ ばねの長さの測り方は、測り方B（バニヤ目盛を用いず、本尺目盛の目幅 (1 mm) を用いて、最小目

幅の10分の1を読み取って長さを測る方法)を用いる。つまり、「測り方B」の数値の小数第2位を四捨五入して、小数第1位までの数値にする。表3でいうと「ばねの縮む長さ(cm)」の「表記上の値」を求める。

- ④ ボールペン(ノック式)に入っているばねを取り出し、ばねの長さを測った。ばねの長さ(自由長)は2.4 cmであった。ばねをボールペン(ノック式)に入れ、ノック棒を押した後のばねの長さを測ると1.4 cmであった。つまり、「ばねの縮む長さ」は1.0 cmといえる。

4. 提案する授業の展開

提案する授業の展開を表4に示す。学習過程を表記するにあたり、『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編 平成29年7月(令和3年8月一部改訂)』の「図1 資質・能力を育むために重視する探究の過程のイメージ」(p.9)で使われている用語(課題の把握(発見), 課題の探究(追究), 課題の解決)を用いた(文部科学省, 2021)。学習活動については、教員が行う活動をT、生徒が行う活動をSと表記した。

表4 提案する授業の展開

学習過程	学習活動
課題の把握 (発見)	<p>T : ボールペン(ノック式)を見せ、使った経験を問う。</p> <p>T : 学習課題「どれくらいの力の大きさでボールペンを押しているのだろうか。」を提示する。</p>
課題の探究 (追究)	<p>T : ボールペン(ノック式)を配付する。</p> <p>S : ボールペンのノック棒を押して、力の大きさを予想する。</p> <p>T : 実験器具を配付し、教具の組み立て方と実験の方法を説明する。このとき、1つのおもりを重さは30 gであり、おもりをのせることによって生じる「ばねに加える力の大きさ」は0.3 Nになること、また、部品②の「おもりをのせる台」は「ばねに加える力の大きさ」や「ばねの長さ」に影響を及ぼさないこと(無視してよいこと)を伝える。なお、各学習班に部品②のおもりを6個配付する。</p> <p>S : 各学習班で教具を組み立て、実験を行う。その手順をS1~S7(T1を含む)に示す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>S1 : ボールペンから、部品②のばねを取り出す。</p> <p>S2 : ノギスBを使って、部品②のばねの長さを測る(部品②のばねの長さが2.4 cmであることを確認する)。</p> <p>T1 : モニターを使って、ノック棒を押した後のボールペン内のばねの長さが1.4 cmであることを見せる(部品②のばねの縮む長さが1.0 cmであることを確認する)。</p> <p>S3 : 部品②「竹ひごを立てる穴を開いた板」に、部品④の竹ひごを取り付ける(図10)。</p> <p>S4 : 部品④の竹ひごに、部品②のばねを通す(図11)。</p> <p>S5 : 部品②のばねの上に、部品④の「おもりをのせる台」を取り付け(図13)、ノギスBを使って、部品②のばねの長さを測る。</p> <p>S6 : 部品②の「おもりをのせる台」の上に、部品④のおもりをのせ(図15)、ノギスBを使って、部品②のばねの長さを測る(図16)。</p> <p>S7 : その上に、部品④のおもりをのせ、ノギスBを使って、部品②のばねの長さを測る。この活動(S7)を繰り返し、行う。</p> </div> <p>S : 実験をして得られた結果を、タブレットPCを使って表に入力する(入力した表(各学習班の実験の結果)は、タブレットPCとモニターの画面で見ることができる)。</p> <p>S : 実験をして得られた結果をもとに、ワークシートにグラフを書く。</p> <p>T : グラフを書き終わった時点で、モニターを使って、グラフを表示して見せる。</p>
課題の解決	<p>S : 作成した表やグラフをもとに、計算をしたり、話し合ったりして、結論を導出する。別の言い方をすると、学習課題「どれくらいの力の大きさでボールペンを押していくのだろうか。」に対して回答をする。</p>

おわりに

本研究では、「押しばね」を使った教具を製作し、製作した教具を使って予備実験を行い、データを得た。そのデータをもとに生徒が行う実験方法を検討し、授業の展開を提案した。今後、表4の「提案する授業の展開」で示した授業を実践し、実験や授業について知見を得て、議論する必要がある。

付記

本研究において、田中は、教材を開発し、予備実験を行い、授業を立案した。佐伯は、それらについて指導助言を行った。また、データの分析・解釈を行い、論文を執筆した。

文献

- 大矢禎一・鎌田正裕ほか（2024）：『未来へひろがるサイエンス1』，啓林館。
- 国立教育政策研究所（2022）：『令和4年度全国学力・学習状況調査 中学校理科』，https://www.nier.go.jp/22chousa/pdf/22mondai_chuu_rika.pdf (accessed 2025.3.31).
- 文部科学省（2018）：『中学校学習指導要領（平成29年告示）』，東山書房。
- 文部科学省（2021）：『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編 平成29年7月（令和3年8月一部改訂）』，https://www.mext.go.jp/content/20210830-mxt_kyoiku01-100002608_05.pdf (accessed 2025.3.31).