

力学的エネルギーの実験に関する一考察

—中学校理科の第3学年「力学的エネルギー」において—

竹田 崇志^{*1}・佐伯 英人

A Study on An Experiment of Mechanical Energy:
Regarding “Mechanical energy” in the 3rd Grade Lower Secondary School Science

TAKEDA Takashi^{*1}, SAIKI Hideto

(Received August 3, 2023)

キーワード：力学的エネルギー、実験、中学校、理科

はじめに

中学校の第1分野の「(5) 運動とエネルギー」の「(ウ) 力学的エネルギー」では「㊦ 仕事とエネルギー」を学習する。『中学校学習指導要領 (平成29年告示)』では「(前略) 衝突の実験を行い、物体のもつ力学的エネルギーは物体が他の物体になしうる仕事で測れることを理解すること。」(p. 83) 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「位置エネルギーについては、例えば、物体を鉛直方向に落下させる衝突実験を行い、高いところにある物体ほど、また、質量が大きいくほど、大きなエネルギーをもっていることを理解させる。」(p. 57) 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3』(本稿では以下、『教科書』と称する) では「実験6 物体のもつエネルギーと高さや質量の関係」(p. 215) が示されている。「実験6」の「目的」では「エネルギーの大きさと、物体の高さや質量との関係を調べる。」(p. 215) と示されている。「準備物」の「器具」では「力学的エネルギー実験器、スタンド、いろいろな質量のおもり」(p. 215) と示されている。なお、ここで示されている力学的エネルギー実験器は「くい打ち実験器」である。

「方法」では「ステップ1 くい移動距離を調べる」(p. 215)、「ステップ2 おもりの高さや質量を変えて調べる」(p. 215) と示されている (大矢・鎌田ほか, 2022)。なお、「ポイント くいにはたらく摩擦力は一定にしているので、移動距離を比べることでエネルギーの比較をしたことになる。」(p. 215) と示されている (大矢・鎌田ほか, 2022)。つまり、「実験6」では、おもりの高さとおもりの質量を変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離をはかっている。

1. 研究の目的

前述したように、『教科書』の「実験6」では「くい打ち実験器」を使った実験が示されており、おもりの高さとおもりの質量を変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離をはかることが示されている。この実験では、おもりを落下させて、くいに当たる直前のおもりの速さを測定するようには示されていない。

本研究では、前述した実験 (『教科書』の「実験6」) に、くいに当たる直前のおもりの速さの測定を付加させた。

*1 山口大学教育学部附属山口中学校

本研究の目的は、くいに当たる直前のおもりの速さの測定を付加した実験器を製作し、予備実験を行い、実験の結果（基礎的なデータ）に関する知見を得ることである。また、製作した実験器を用いて授業を実践し（生徒に実験を行わせ）、授業を通して生徒が導出する結論について知見を得ることである。さらに、実験について、生徒の意識を調査し、生徒の意識に関する知見を得ることである。

2. 実験器の作り方と使い方

前述したように、『教科書』に示されている「実験6」に、くいに当たる直前のおもりの速さの測定を付加した実験器を製作した。実験器の部品等（作り方や使い方など補足説明を含む）を表1に示す。

表1 実験器の部品等（作り方や使い方など補足説明を含む）

<p>【落下させるおもりを通す装置の部品等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 1 mの透明のアクリルパイプ（外径：21 mm，内径：18 mm）…100 mm 間隔で8つの切れ込み（切れ込みの長さ：10 mm）を入れる。アクリルパイプは立てた状態で用いる。 ○ 100 mm の定規のシール（別名：テープ）…立てたアクリルパイプの下端に貼る。この定規のシールを使って、くいが移動する距離（ジョイントマットに立てたくいが、ジョイントマットに沈み込む距離）をはかる。 ○ 鉄製スタンド（図1・図2の左の鉄製スタンド）と2つ（上部，下部）の「自在はさみ」…アクリルパイプを2つの「自在はさみ」ではさみ、アクリルパイプを立てた状態で保持する。 <p>【おもりとそれを落下させる装置の部品等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 金属の小球（直径：14 mm，材質：ステンレス鋼球，用途：ボールベアリング用，質量：11.33 g） ○ ガラスの小球（直径：15 mm，材質：ガラス，質量：4.12 g） ○ プラスチックの小球（直径：15 mm，材質：フッ素樹脂（PTFE），質量：3.79 g） ○ 銅板…アクリルパイプの最下端の切れ込み（アクリルパイプの下端より100 mm 上に入れた切れ込み）以外の切れ込みに、銅板を差し入れ、アクリルパイプの上端から入れたおもり（小球）を一時的に（落下させる時まで）支えるために使用する。 <p>【くいの部品等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 150 mm の竹串 ○ セロハンテープ…竹串の上端（尖っていない方の先端）の側面にセロハンテープを巻いて貼る。 ○ 円柱の形をした発泡スチロール（直径：15 mm，厚さ：5 mm） ○ 木工用ボンド…円柱の形をした発泡スチロールの中央に、竹串の下端（尖っている方の先端）を使って穴をあけ、その穴に木工用ボンドを流し入れる。 ○ 粘着ゲル両面テープ（厚さ：1 mm）…円柱の形をした発泡スチロールの上面と竹串の上端に粘着ゲル両面テープを貼る。 <p>【くい打ち台の部品等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 中央に直径10 mm の穴を開けた木の板（縦：92 mm，横：142 mm，厚さ：12 mm） ○ 厚さ10 mm のジョイントマット（縦：90 mm，横：90 mm） ○ 鉄製スタンド（図1・図2の右の鉄製スタンド）と支持環…支持環の上に、中央に直径10 mm の穴を開けた木の板を置き、その上にジョイントマット（厚さ：10 mm）を置く。これをくい打ち台とする。 <p>【おもりの速さを測定する装置の部品等】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 速さ測定器 Bee Spi…落下するおもりの速さをはかる。 ○ 鉄製スタンド（図1・図2の左のスタンド）と1つ（下部）の「自在はさみ」（厚さ：27 mm）…速さ測定器 Bee Spi を「自在はさみ」の上に置いて支える。
--

実験器について述べる。実験器を図1、図2に示す。図1は、速さ測定器を取り付ける前のようす、図2は速さ測定器を取り付けた後のようすである。

落下させるおもりを通す装置について述べる。実験器では、図1・図2の左の鉄製スタンドを使って1 m

の透明の亚克力パイプ（外径：21 mm，内径：18 mm）を立てて用いる。この亚克力パイプには、切れ込みを100 mm 間隔で8つ入れており（切れ込みの長さ：10 mm（直径の半分の長さ））、亚克力パイプの下端には定規のシール（100 mm）を貼っている（図3）。つまり、定規のシール（100 mm）は、亚克力パイプの下端から1つめの切れ込みの間に貼っている。

使用するおもりとおもりを落下させる方法について述べる。使用するおもりは、金属の小球（直径：14 mm，材質：ステンレス鋼球，用途：ボールベアリング用，質量：11.33 g）、ガラスの小球（直径：15 mm，材質：ガラス，質量：4.12 g）、プラスチックの小球（直径：15 mm，材質：フッ素樹脂（PTFE），質量：3.79 g）である。おもりを落下させる方法は、前述した亚克力パイプの切れ込みに銅板（小球を支えるために使用）を差し入れ（図4）、亚克力パイプの上部からおもりを入れる。すると図5のように銅板上におもりがのることになる。次に、図6のように銅板を引く。銅板を引き抜くと、おもりが、切れ込みの位置から落下する（図7）。

くいの作り方を述べる。150 mm の竹串の上端（尖っていない方の先端）の側面にセロハンテープを巻いて貼る。発泡スチロールを円柱の形（直径：15 mm，厚さ：5 mm）にする。その円柱の形をした発泡スチロールの中央に、竹串の下端（尖っている方の先端）を使って穴をあけ、貫通させる。穴をあけた後、円柱の形をした発泡スチロールから竹串をぬく。その穴に木工用ボンドを流し入れ、竹串の上端（先端の側面にセロハンテープを巻いて貼った方）を差し込む。このとき、円柱の形をした発泡スチロールの上面と竹串の上端の高さを同じ位置にする（竹串の上端は、円柱の形をした発泡スチロールを突き抜けているが、発泡スチロールの上面からは出ていない）。発泡スチロールの上面と竹串の上端に粘着ゲル両面テープ（厚さ：1 mm）を貼る。発泡スチロールの上面と竹串の上端に粘着ゲル両面テープ（厚さ：1 mm）を貼ると、おもりがくいに当たる際（一度当たった後に）、おもりがはねて複数回、くいを打つことはなくなる。ちなみに、竹串の上端の側面にセロハンテープを巻いて貼り、円柱の形をした発泡スチロールを取り付けるのは、竹串から円柱の形をした発泡スチロールが抜けないようにするためである。くいを図8に示す。

くい打ち台とくいが移動する距離をはかる方法について述べる。支持環の上に「中央に直径10 mm の穴を開けた木の板（縦：92 mm，横：142 mm，厚さ：12 mm）」を置き、その上に「厚さ10 mm のジョイントマット（縦：90 mm，横：90 mm）」を置いたものがくい打ち台である。くいは、くい打ち台の厚さ10 mm のジョイントマットに、貫通させる。このとき、くいの先端部（長さ：9 mm）は尖っているため、その尖った部分はジョイントマットを貫通させ、ジョイントマットと接触しないようにする。くい打ち台にくいを通したようすを図9～図11に示す。「ジョイントマットに刺さっているくいの上面」と「亚克力パイプの下端に貼っている定規のシール（100 mm）の上端」を同じ高さに調整したようすを図12、図13に示す。このように設置すると、くいにおもりが当たり、くいが移動する距離（ジョイントマットに立てたくいが、ジョイントマットに沈み込む距離）をはかることができる。図14は、くいが移動した後のようすである。なお、「ジョイントマットに刺さっているくいの上面」が基準面になる。

おもりの速さを測定する方法について述べる。速さ測定器にはBee Spiを用いる。図1・図2の左の鉄製スタンドの下部の「自在はさみ」（厚さ：27 mm）の上に速さ測定器（Bee Spi）を置いたようすを図15、図16に示す。さて、前述したように「ジョイントマットに刺さっているくいの上面」と「亚克力パイプの下端に貼っている定規のシール（100 mm）の上端」を同じ高さに調整して設置する。このとき、鉄製スタンドの「自在はさみ」の下端を、両者（くいの上面、亚克力パイプの下端に貼っている定規のシール（100 mm）の上端）と、ほぼ同じ高さになるように設置する。すると、くいの上面と速さ測定器（Bee Spi）の下端との距離は、鉄製スタンドの「自在はさみ」の厚さ（27 mm）とほぼ同じになる。本稿では、この位置（くいの上面から27 mm（「自在はさみ」の厚さ）のところに置いた測定器）ではかったおもりの速さを「くいに当たる直前のおもりの速さ」とみなす。

実験の方法の概要（簡潔にまとめたもの）を表2に示す。

表2 実験方法の概要

1 m の透明の亚克力パイプ（外径：21 mm，内径：18 mm）の中で、おもり（金属の小球，ガラスの小球，プラスチックの小球）を落下させ、くいの上面に当て、くいが移動する距離（ジョイントマットに立てたくいが、ジョイントマットに沈み込む距離）をはかる。このとき、くいに当たる直前のおもり（金属の小球，ガラスの小球，プラスチックの小球）の速さをBee Spi（速さ測定器）ではかる。
--

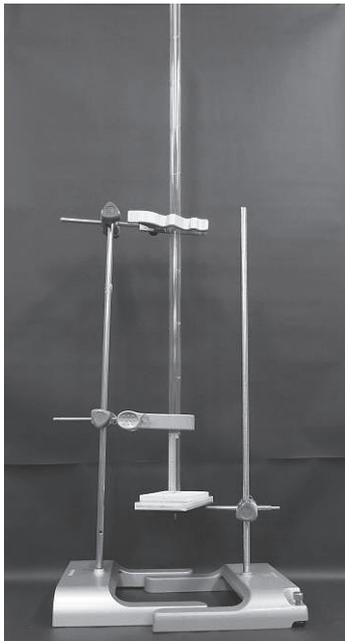


図1 実験器（速さ測定器を取り付ける前のようす）

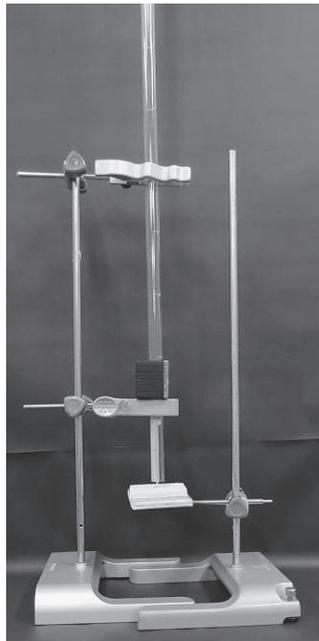


図2 実験器（速さ測定器を取り付けた後のようす）

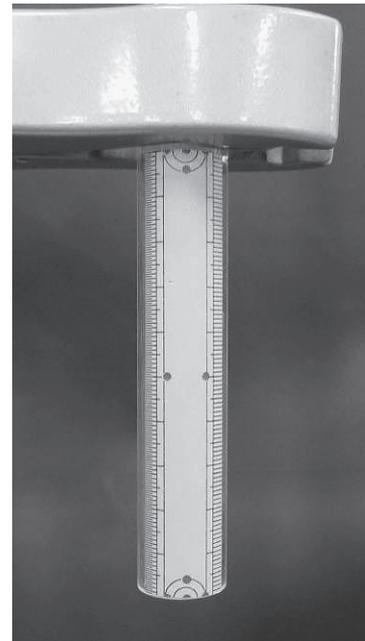


図3 アクリルパイプの下端に貼った100 mmの定規のシール

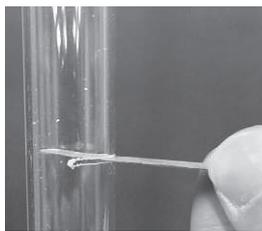


図4 実験器のおもりを落下させる装置（アクリルパイプの切れ込みに銅板を入れているようす）

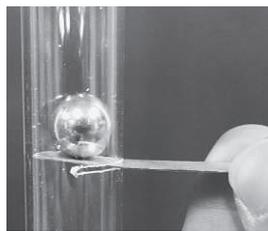


図5 実験器のおもりを落下させる装置（金属球を銅板で支えているようす）

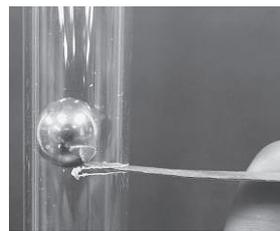


図6 実験器のおもりを落下させる装置（銅板を引いて金属球を落下させる直前のようす）

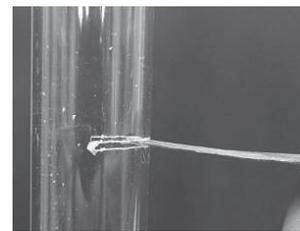


図7 実験器のおもりを落下させる装置（銅板を引いて金属球を落下させた後のようす）



図8 くい

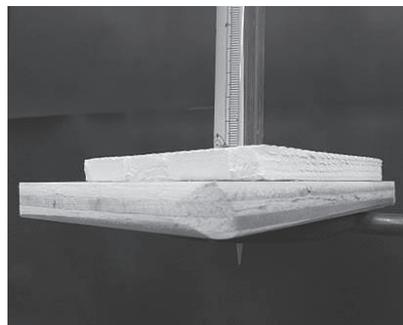


図9 くい打ち台にくいを通したようす



図10 くい打ち台にくいを通したようす

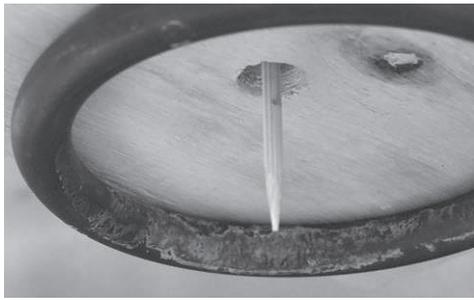


図 11 くい打ち台にくいを通したようす

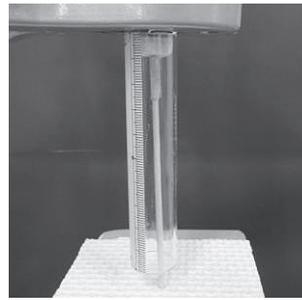


図 12 くいの上面と定規のシールの上端が同じ高さになるように調整して設置したようす

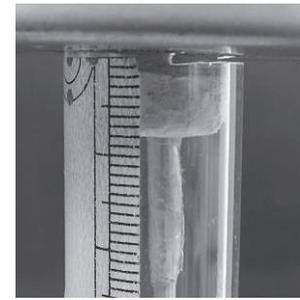


図 13 くいの上面と定規のシールの上端が同じ高さになるように調整して設置したようす

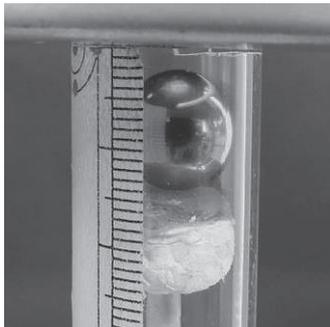


図 14 くいが移動した後のようす



図 15 おもりの速さ測定器を取り付けたようす

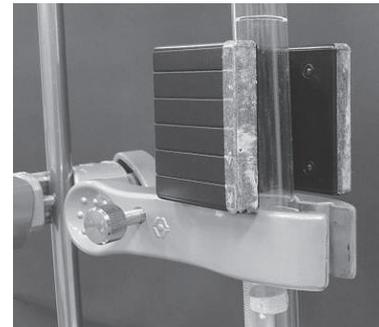


図 16 おもりの速さ測定器を取り付けたようす

3. 予備実験

3-1 予備実験で用いる単位

前述したように、『教科書』の「実験6 物体のもつエネルギーと高さや質量の関係」(p.215)では、おもりの高さとおもりの質量を変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離をはかっている。「実験6」では、おもりの高さの単位には「cm」、おもりの質量の単位には「g」、くいの移動距離の単位には「cm」が用いられている。

一方、『教科書』の「実験7 物体のもつエネルギーと速さや質量の関係」(p.217)では、「ステップ1 小球の速さを変えて、くいの移動距離を調べる」(p.217)、「ステップ2 小球の質量を変えて、くいの移動距離を調べる」(p.217)と示されている。実験方法は、小球の速さと小球の質量を変えて、小球をレール上で転がし、くいに当て、くいの移動距離をはかる方法である。なお、小球の発射装置を使って打ち出すことで小球の速さを調整しており、速さ測定器を用いてレール上を転がる小球の速さをはかっている。「実験7」では、小球の速さの単位には「cm/s」、小球の質量の単位には「g」、くいの移動距離の単位には「cm」が用いられている。

そのため、予備実験では『教科書』の「実験6」と「実験7」に従い、おもりの高さの単位には「cm」、おもりの質量の単位には「g」、くいの移動距離の単位には「cm」を用いた。ただし、おもりの速さの単位については、速さ測定器 Bee Spi で表示される速さの単位「km/h」を用いた。ちなみに、後述する授業においても、上記の単位を用いた。

3-2 予備実験の方法

予備実験では「おもりの高さを変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離とおもりの速さをはかる実験」と「おもりの質量を変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離とおもりの速さをはかる実験」を実施した。

「おもりの高さを変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離とおもりの速さをはかる実験」

では、おもりに金属の小球（質量：11.33 g）を用いた。おもりを落下させる位置は、くい打ち台に設置したくいの上（基準面）から10 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm、60 cm、70 cm、80 cm離れた8つの切れ込みの位置とした。一方、「おもりの質量を変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離とおもりの速さをはかる実験」では、おもりを落下させる位置を、くい打ち台に設置したくいの上（基準面）から80 cm離れた一番上の切れ込みの位置とした。おもりに金属の小球（質量：11.33 g）、ガラスの小球（質量：4.12 g）、プラスチックの小球（質量：3.79 g）を用いた。各実験において、おもりを落下させる回数は20回とした。

3-3 予備実験の結果と考察

「おもりの高さを変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離とおもりの速さをはかる実験」のおもりの高さ、くいの移動距離の平均値と標準偏差、1要因分散分析の結果を表3に示す。また、おもりの高さ、おもりの速さの平均値と標準偏差、1要因分散分析の結果を表4に示す。表3の多重比較の結果をみると、すべてのおもりの高さの間において、くいの移動距離に有意な差がみられた。また、表4の多重比較の結果をみると、すべてのおもりの高さの間において、おもりの速さに有意な差がみられた。

上記のことは、おもりの高さを変えて実験した場合、くいの移動距離に明瞭な違いがみられること、また、おもりの速さに明瞭な違いがみられることを示している。

表3 おもりの高さ、くいの移動距離の平均値と標準偏差、1要因分散分析の結果

記号	おもりの高さ [cm]	くいの移動距離の平均値 (標準偏差) [cm]	1要因分散分析の結果			
			自由度	F値	p	多重比較の結果
①	10	0.11 (0.03)	7 152	1233.26	***	①<②, ①<③, ①<④, ①<⑤, ①<⑥, ①<⑦, ①<⑧, ②<③, ②<④, ②<⑤, ②<⑥, ②<⑦, ②<⑧, ③<④, ③<⑤, ③<⑥, ③<⑦, ③<⑧, ④<⑤, ④<⑥, ④<⑦, ④<⑧, ⑤<⑥, ⑤<⑦, ⑤<⑧, ⑥<⑦, ⑥<⑧, ⑦<⑧
②	20	0.29 (0.03)				
③	30	0.46 (0.05)				
④	40	0.65 (0.05)				
⑤	50	0.85 (0.06)				
⑥	60	1.01 (0.06)				
⑦	70	1.21 (0.08)				
⑧	80	1.36 (0.07)				

n=20, n. s. : 非有意, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$, - : 無し (おもりの質量 : 11.33 g)

表4 おもりの高さ、おもりの速さの平均値と標準偏差、1要因分散分析の結果

記号	おもりの高さ [cm]	おもりの速さの平均値 (標準偏差) [km/h]	1要因分散分析の結果			
			自由度	F値	p	多重比較の結果
①	10	3.13 (0.09)	7 152	4119.42	***	①<②, ①<③, ①<④, ①<⑤, ①<⑥, ①<⑦, ①<⑧, ②<③, ②<④, ②<⑤, ②<⑥, ②<⑦, ②<⑧, ③<④, ③<⑤, ③<⑥, ③<⑦, ③<⑧, ④<⑤, ④<⑥, ④<⑦, ④<⑧, ⑤<⑥, ⑤<⑦, ⑤<⑧, ⑥<⑦, ⑥<⑧, ⑦<⑧
②	20	5.88 (0.20)				
③	30	7.72 (0.20)				
④	40	9.06 (0.31)				
⑤	50	10.44 (0.28)				
⑥	60	11.40 (0.29)				
⑦	70	12.53 (0.30)				
⑧	80	13.59 (0.21)				

n=20, n. s. : 非有意, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$, - : 無し (おもりの質量 : 11.33 g)

「おもりの質量を変えて、おもりを落下させて、くいに当て、くいの移動距離とおもりの速さをはかる実験」

のおもりの質量、くいの移動距離の平均値と標準偏差、1要因分散分析の結果を表5に示す。また、おもりの質量、おもりの速さの平均値と標準偏差、1要因分散分析の結果を表6に示す。表5の多重比較の結果をみると、すべてのおもりの質量の間において、くいの移動距離に有意な差がみられた。また、表6の多重比較の結果をみると、すべてのおもりの質量の間において、おもりの速さに有意な差がみられなかった。

上記のことは、おもりの質量を変えて実験した場合、くいの移動距離に明瞭な違いがみられること、また、おもりの速さに明瞭な違いがみられないことを示している。

表5 おもりの質量、くいの移動距離の平均値と標準偏差、1要因分散分析の結果

記号	おもりの質量 [g]	くいの移動距離の平均値 (標準偏差) [cm]	1要因分散分析の結果			
			自由度	F値	p	多重比較の結果
①	3.79	0.32 (0.04)	2 57	1661.52	***	①<②, ①<③, ②<③
②	4.12	0.43 (0.07)				
③	11.33	1.37 (0.08)				

n=20, n. s. : 非有意, * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$, - : 無し (おもりの高さ : 80 cm)

表6 おもりの質量、おもりの速さの平均値と標準偏差、1要因分散分析の結果

記号	おもりの質量 [g]	おもりの速さの平均値 (標準偏差) [km/h]	1要因分散分析の結果			
			自由度	F値	p	多重比較の結果
①	3.79	13.53 (0.25)	2 57	0.02	n. s.	-
②	4.12	13.55 (0.23)				
③	11.33	13.54 (0.22)				

n=20, n. s. : 非有意, * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$, - : 無し (おもりの高さ : 80 cm)

4. 授業実践

授業は2022年11月25日に山口大学教育学部附属山口中学校の3年A組(生徒数:33名)で行った。学習班の数は9つである。各学習班に1つの実験器を使わせて実験させた。生徒が実験しているようすを図17、図18に示す。実験の後、実験の結果をもとに考察させ、学級全体で話し合わせた。学級全体で話し合った結果、生徒が導出した結論は「基準面(くいの上面)からのおもりの高さが高いほど、くいの移動距離が大きい」、「基準面(くいの上面)からのおもりの高さが高いほど、おもりの速さが大きい」、「おもりの質量が大きいほど、くいの移動距離が大きい」、「おもりの質量の大小にかかわらず、おもりの速さはほぼ同じ」の4つであった。なお、「おもりの質量の大小にかかわらず、おもりの速さはほぼ同じ」を言い換えると「おもりの質量が大きいほど、おもりの速さが大きいとはいえない」である。



図17 実験のようす(金属球を銅板で支えているようす)



図18 実験のようす(銅板を引いて金属球を落下させた後のようす)

5. 生徒の意識

5-1 意識を調査する方法

授業を受けた生徒の意識を調べる方法として質問紙法（選択技法による調査，記述法による調査）を用いた。質問紙では「問い」を設定し、選択技法による調査と記述法による調査を行うようにした。

「問い」では「実験をして、あなたが感じたことを教えてください。当てはまるものを1つ選んで番号に○を付けてください。また、そのように回答した理由(わけ)を口の中に入れてください。」という指示を行い、質問項目「よく分かった」を設定した。選択技法による調査では、5件法（5：とても当てはまる，4：だいたい当てはまる，3：どちらともいえない，2：あまり当てはまらない，1：まったく当てはまらない）で回答を求めた。また、記述法による調査では、記述欄を設定して回答を求めた。

調査は、授業の終了時に生徒に質問紙を配付して実施した。

選択技法による調査の回答については、5件法の「5：とても当てはまる」～「1：まったく当てはまらない」を5点～1点とし、平均値と標準偏差を算出し、天井効果と床効果の有無を確認した。生徒の意識の評価の仕方について以下に示す。生徒の意識について、天井効果がみられた場合は「良好」、床効果がみられた場合は「不良」とした。天井効果と床効果がみられなかった場合、平均値をもとに評価した。平均値が4点以上であれば「概ね良好」、平均値が2点以下であれば「概ね不良」とし、平均値が2点よりも大きく、4点よりも小さい場合、「概ね良好でもなく、また、概ね不良でもない」とした。

記述法による調査の回答については、記述を読み、その理由が書かれているもの（意識の要因を見取ることができたもの、もしくは、意識の要因を類推できるもの）を抽出した。この時、選択技法による調査をもとに「5：とても当てはまる」と「4：だいたい当てはまる」を「ポジティブな意識」とし、「3：どちらともいえない」は「ポジティブでもなく、また、ネガティブでもない意識」とし、「2：あまり当てはまらない」と「1：まったく当てはまらない」を「ネガティブな意識」とした。この3つのカテゴリー（「ポジティブな意識」、「ポジティブでもなく、また、ネガティブでもない意識」、「ネガティブな意識」）ごとに内容の同質性にもとづいて分類し、整理した。

5-2 意識調査の結果と考察

5-2-1 質問項目「よく分かった」の選択技法による調査

有効回答者数は33名であった。分析の結果を表7に示す。質問項目「よく分かった」において、天井効果、床効果はともにみられない。平均値は4点以上であるため、生徒の意識（「よく分かった」）は「概ね良好」といえる。

表7 質問項目「よく分かった」の選択技法による調査を分析した結果

質問項目	分析の内容	結果
よく分かった	平均値	4.39
	(標準偏差)	(0.56)
	天井効果	-
	床効果	-

n=33, max = 5, min = 1, ● : あり, - : なし

5-2-2 質問項目「よく分かった」の記述法による調査

質問項目「よく分かった」の生徒の記述を抽出し、整理した結果について以下に述べる（表8）。なお、「ポジティブでもなく、また、ネガティブでもない意識」と「ネガティブな意識」について記述はみられなかった。そのため、以下（表8）に示した記述は、すべて「ポジティブな意識」に該当するものといえる。

S1の「自分の手で実験して結果がみれたから。」、S2の「実際に実験して確かめられたから。」、S3の「実際に実験をして実感がもてたから。」という文言がみられる。これらの記述から、要因として「実験をして調べられたこと」を見取ることができる。

S4の「班のみんなで協力して実験したから。」という文言がみられる。この記述から、要因として「友だちと協力して実験をしたこと」を見取ることができる。

S5の「同じおもりで高さを変えて、同じ高さで違うおもりにかえて実験したから。」、S6の「おもりを落とす高さやおもりの質量を変えて実験したから。」、S7の「おもりの高さとおもりの質量という条件を変えて実験できたから。」という文言がみられる。これらの記述から、要因として「条件を制御して実験できたこと」を見取ることができる。

S8の「おもりの高さや質量とくいの移動距離やおもりの速さの関係が分かったから。」、S9の「結果からきまりを見出すことができたから。」という文言がみられる。これらの記述から、要因として「実験の結果から結論を導出できたこと」を見取ることができる。

S10の「実験器が使いやすかったから。」という文言がみられる。この記述から、要因として「実験器の使い方が容易であったこと」を見取ることができる。

S11の「実験器の仕組みが簡単だったから。」、S12の「実験器の仕組みを理解することができたから。」という文言がみられる。これらの記述から、要因として「実験器の仕組みを理解できたこと」を見取ることができる。

S13の「実際のくい打ち機を想像して考えたから。」という文言がみられる。この記述から、要因として「実物（くい打ち機）と実験器を関連させて考えたこと」を見取ることができる。

表8 質問項目「よく分かった」の記述法による調査を抽出し、整理した結果

分類	生徒	記述
○	S1	自分の手で実験して結果がみれたから。
	S2	実際に実験して確かめられたから。
	S3	実際に実験をして実感がもてたから。
	S4	班のみんなで協力して実験したから。
	S5	同じおもりで高さを変えて、同じ高さで違うおもりにかえて実験したから。
	S6	おもりを落とす高さやおもりの質量を変えて実験したから。
	S7	おもりの高さとおもりの質量という条件を変えて実験できたから。
	S8	おもりの高さや質量とくいの移動距離やおもりの速さの関係が分かったから。
	S9	結果からきまりを見出すことができたから。
	S10	実験器が使いやすかったから。
	S11	実験器の仕組みが簡単だったから。
	S12	実験器の仕組みを理解することができたから。
	S13	実際のくい打ち機を想像して考えたから。
□	-	-
△	-	-

○：ポジティブな意識，△：ネガティブな意識

□：ポジティブでもなく、また、ネガティブでもない意識

-：なし

5. まとめ

本研究では、くいに当たる直前のおもりの速さの測定を付加した実験器を製作し、予備実験を行い、実験の結果（基礎的なデータ）に関する知見を得た。また、授業を実践し、生徒が導出する結論について知見を得た。さらに、実験について、生徒の意識を調査し、その知見を得た。

まず、予備実験を行い、実験の結果（基礎的なデータ）について明らかになったことは以下の①と②である。

- ① おもりの高さを変えて実験した場合、くいの移動距離に明瞭な違いがみられること、また、おもりの速さに明瞭な違いがみられることが分かった。
- ② おもりの質量を変えて実験した場合、くいの移動距離に明瞭な違いがみられること、また、おもりの速さに明瞭な違いがみられないことが分かった。

上記のことは、「実験の結果（基礎的なデータ）」という視点からみて、実験の有効性を示している。

次に、授業を通して（生徒に実験をさせ、実験の結果をもとに考察させ、学級全体で話し合わせて）、生

徒が導出した結論は、以下の4つ（A～D）であった。換言すると、生徒が授業を通して以下の4つ（A～D）の結論を導出することができたといえる。なお、AとBはおもりの質量が同じという条件、CとDはおもりの高さが同じという条件で実験して導出された結論である。

- A 「基準面（くいの上面）からのおもりの高さが高いほど、くいの移動距離が大きい」
- B 「基準面（くいの上面）からのおもりの高さが高いほど、おもりの速さが大きい」
- C 「おもりの質量が大きいほど、くいの移動距離が大きい」
- D 「おもりの質量の大小にかかわらず、おもりの速さはほぼ同じ」

上記のことは、「結論の導出」という視点からみて、「生徒に実験をさせ、実験の結果をもとに考察させ、学級全体で話し合わせる」という一連の活動の有効性を示している。この一連の活動の中では「学級全体で話し合わせる」といった活動も行っているため、実験のみの有効性が示されたものとはいえない。ただし、活動の中の1つに実験が含まれているため、実験の有効性もあわせて示されたものといえる。

さらに、実験について、生徒の意識を調査した。その結果、得られた知見を以下に示す。

実験について、生徒の意識（「よく分かった」）は「概ね良好」であった。このことは「生徒の意識」という視点からみて、実験が概ね有効であったことを示している。

なお、本研究では、生徒の意識（「よく分かった」）の要因のいくつかが明らかになった。具体的にいうと、生徒の意識（「よく分かった」）の要因として「実験をして調べられたこと」、「友だちと協力して実験をしたこと」、「条件を制御して実験できたこと」、「実験の結果から結論を導出できたこと」、「実験器の使い方が容易であったこと」、「実験器の仕組みを理解できたこと」、「実物（くい打ち機）と実験器を関連させて考えたこと」を見取ることができた。

おわりに

本研究では、『教科書』の「実験6」に、くいに当たる直前のおもりの速さの測定を付加した実験器を製作し、その実験器を使って授業を実践した。その結果、生徒は「基準面（くいの上面）からのおもりの高さが高いほど、くいの移動距離が大きい」に加えて「基準面（くいの上面）からのおもりの高さが高いほど、おもりの速さが大きい」というおもりの高さや速さの関係をとらえることができた。また、「おもりの質量が大きいほど、くいの移動距離が大きい」に加えて「おもりの質量の大小にかかわらず、おもりの速さはほぼ同じ」というおもりの質量と速さの関係をとらえることができた。

前述したように『教科書』の「実験7 物体のもつエネルギーと速さや質量の関係」（p. 217）では、「ステップ1 小球の速さを変えて、くいの移動距離を調べる」（p. 217）と示されており、小球の速さとくいの移動距離の関係を調べる。また、「ステップ2 小球の質量を変えて、くいの移動距離を調べる」（p. 217）と示されており、小球の質量とくいの移動距離の関係を調べる。『教科書』の「実験7から」では「小球の速さが大きいほど、また、小球の質量が大きいほど、くいの移動距離が大きくなり、小球のもっていたエネルギーが大きかったとわかった。」（p. 218）と示されている。

今後、『教科書』の「実験7」との接続の在り方等について検討し、生徒にとってより深い学びになるように授業改善を図りたい。

文献

大矢禎一・鎌田正裕ほか（2022）：『未来へひろがるサイエンス3』，啓林館．

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 2023. 8. 3）．