

科学的リテラシーを育む「千葉大学×墨田区」プロジェクト —小学校5年「振り子の動き」の支援例—

山下修一¹⁾*・保刈栄紀²⁾・古市綾乃³⁾

¹⁾千葉大学・教育学部

²⁾すみだ教育研究所

³⁾墨田区立二葉小学校

“Chiba University x Sumida Ward” Project to Nurture Scientific Literacy —Example of Support for Studying “Pendulum Movement” —

YAMASHITA Shuichi¹⁾*, HOKARI Hideki²⁾ and FURUICHI Ayano³⁾

¹⁾Faculty of Education, Chiba University, Japan

²⁾Sumida Educational Research Institute

³⁾Futaba Elementary School

本研究では、小学校5年「振り子の運動」において、特に理解することが難しいと指摘されている①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」、②「振れ幅を大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」についての読み物とワークシートを開発して、読み物の読解から児童がどの程度理解して説明できるようになったのかを検討した。

その結果、支援前は①62%・②62%が不十分な説明で、科学的に説明することは難しかったが、支援後には自信度も向上し、①80%・②69%が科学的に説明できるようになった。学習によって成長したことについては、ほとんどの児童が読み物を読んでワークシートに情報を整理したことから、理解が深まったことを実感していた。

This study was performed to investigate how newly developed the reading material and worksheet facilitated students' scientific explanation of “Pendulum movement”.

A total of 100 students tackled to explain “Pendulum movement” in a 1-hour science lesson using the reading material and worksheet. The students' responses on the worksheet were analyzed. The results showed that 80 students were able to explain scientifically why the pendulum swing time does not change even if the weight is increased. In addition, 69 students were able to explain scientifically even more difficult task about why the pendulum swing time does not change even if the swing width is increased. Most of the students realized that they had deeper understandings because they read the reading material and organized the information on the worksheet.

キーワード：科学的リテラシー (scientific literacy), 振り子 (pendulum), 読み物 (reading material), ワークシート (worksheet)

1. 問題と目的

2021年度に「千葉大学墨田サテライトキャンパス」が開設されたのを機に、千葉大学教育学部と墨田区が連携プロジェクトを立ち上げ、児童・生徒の学習支援をすることになった。学習状況調査結果から、墨田区には活用力について課題があったため、PISA型の科学的リテラシーを育む支援への依頼があった。本研究での「科学的リテラシーを育む支援」とは、「読み物を読んで情報を整理し、理解を深めて科学的に説明できるようにするための支援」とした。「科学的リテラシーを育む支援」については、山下・野村・岩本(2022)が、千葉県教育委員会との共同研究で(勝田・桜庭, 2018)、コア知識(山

下, 2018)とOPPA(One Page Portfolio Assessment)(堀, 2018)の知見を生かして、発展的課題に取り組むために開発した読み物とワークシートを参考にして、小・中学校理科各12単元についての支援が進められた。

2017年改訂の学習指導要領の小学校5年「振り子の動き」では、「(ア) 振り子が1往復する時間に着目して、おもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅などの条件を制御しながら、振り子が1往復する時間を変化させる条件を調べる。これらの活動を通して、振り子の運動の規則性についての予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現するとともに、振り子が1往復する時間は、おもりの重さなどによっては変わらないが、振り子の長さによって変わることを捉えるようにする」とされている。「振り子の動き」の理解は非常に困難であると指摘され(高垣・田原・富田, 2006)、特に「周期はおもりの重さに

*連絡先著者：山下修一 syama@faculty.chiba-u.jp

表1 教科書5社の小学校5年「振り子の動き」の取り扱い

	A社	B社	C社	D社	E社
3条件の順序	振れ幅→ ふりこの長さ→ おもりの重さ	ふりこの長さ→ おもりの重さ→ 振れ幅	振れ幅→ おもりの重さ→ ふりこの長さ	ふりこの長さ→ おもりの重さ→ 振れ幅	ふりこの長さ→ おもりの重さ→ 振れ幅
ふり幅	30°・15°	10°・20°	10°・20°・30°	10°・20°・30°	20°・40°・60°
おもりの重さ	10g・20g・30g	10g・20g	10g・20g・30g	10g・32g・110g	10g・20g・30g
ふりこの長さ	30cm・45cm・60cm	30cm・60cm	25cm・50cm・75cm	20cm・40cm・60cm	15cm・30cm・45cm
誤差の扱い	10往復の平均3回、ストップウォッチの押し方の差、小数第2位以下は四捨五入	10往復の平均5回	10往復の平均3回、ストップウォッチの押し方の差、小数第2位以下は四捨五入	10往復の平均3回、約2回往復させた後にはかり始める、小数第2位以下は四捨五入	10往復の平均3回、小数第2位以下は四捨五入

関係しない」、「周期は振れ幅の大きさに関係しない」という考え方が形成されにくいと指摘されている（加藤，2000）。2017年改訂の学習指導要領に対応した主要教科書会社5社の小学校5年「振り子の動き」での内容の取り扱いについては、表1のようになっている。

本研究では、小学校5年「振り子の運動」において、特に理解することが難しいと指摘されている①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」、②「振れ幅を大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」についての読み物とワークシートを開発して、読み物の読解から児童がどの程度理解して説明できるようになったのかを検討した。

2. 方法

1) 調査対象および実施時期

2021年12月～2022年1月に、D社の教科書で「振り子の動き」を学習済みの墨田区内の公立小学校5年生3クラス100名を対象にして、各4ページの読み物（図1・図2）+A4版ワークシートで構成された①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」、②「振れ幅を大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」を用いて一単位時間（45分）で発展的学習を行った。なお、調査は千葉大学教育学部×墨田区連携プロジェクト「リテラシー育成のための分析、授業開発および検証」の一環として実施され、個人情報保護して児童に研究参加による不利益が生じないように配慮した。

2) 調査項目

ワークシートの①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」、②「振れ幅を大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」「この学習で成長したこと」に対する児童の記述を分析した（図3・図4に児童のワークシートの記述例を示した）。

3) 読み物

児童にとって、実験結果から「振り子の長さ」で1往

復する時間が変わるということは納得できても、「おもりの重さ」「振れ幅」によって1往復する時間が変わらないことは受け入れ難い。そこで、各4ページの読み物+A4版ワークシートを開発した（山下，2022）。読み物はA41枚に4ページ分両面印刷し、A5に折って小冊子と利用した。まずワークシートを配布して、読み物を読む前に自分の考えを記入させ、読み物を配布して、読み物を読みながらワークシートの空欄を埋めさせた。①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」では、ピンポン玉とゴルフボールを用意して、実際に落下させて観察させた。

3. 結果

1) 児童の説明状況

ワークシートの記述を分析することで、①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」、②「振れ幅を大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」が説明できるようになったのか、学習によって成長したことを実感できたのかについて探った。

「予想」と「学習後」の①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」、②「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」についての説明と自信度の推移を表2・表3に示した。①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」のレベルについては、

レベル2：重くなって早く移動しようとするけど、重くなった分「動かしにくい」

レベル1：ふりこの長さで決まる

レベル0：誤答

として分析した。

②「振れ幅を大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」のレベルについては、

レベル2：早く移動するけど距離が長くなる

レベル1：ふりこの長さで決まる

レベル0：誤答

として分析した。

自信度「5：自信あり 4：やや自信あり 3：どち


©千葉大学教育学部山下研究室

<① おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由>
読み物を読んで、ワークシートに情報をまとめよう！

ふりが1往復する時間は、ふりの長さで変わることは納得できても、おもりを重くしても変わらないことに納得できる人は少ないでしょう。大学生でもほとんど説明できません。


ここでは、ふりが1往復する時間は、おもりを重くしても変わらない理由を考えていきます。
教科書には、ガリレオの絵が出ています。

ガリレオは、ピサの斜塔で



重い物と軽い物を落とす実験をして、
「重い物も軽い物も同時に落ちる」
ことを発見したと言われています。
本当に、重い物も軽い物も同時に落ちるのでしょうか？

<問題>同じくらい大きさのピンポン玉(2g)とゴルフボール(50g)を2mの高さから同時に落下させると、2つの球はどのような順序で地上に落下すると思いますか？



下の1~3の中から一つ選んで下さい。

1. ピンポン玉の方が早く落下する
2. ゴルフボールの方が早く落下する
3. ほぼ同時に落下する

<<実際にためて試してみして下さい>>

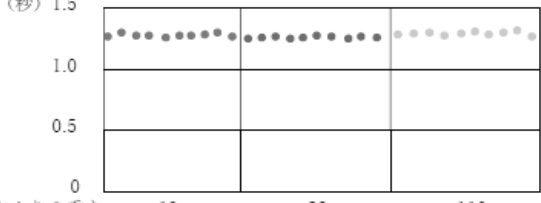
1

©千葉大学教育学部山下研究室

50gのゴルフボールは、2gのピンポン玉よりも、重力に引かれて25倍落ちようとしていますが、
止まっているところから急に動かそうとすると、25倍「重いものほど動かしにくい」のです。

そのため、ほぼ同時に落下します。

教科書では、



おもりの重さ	時間 (秒)
10g	約1.1
32g	約1.1
110g	約1.1

となっています。

3

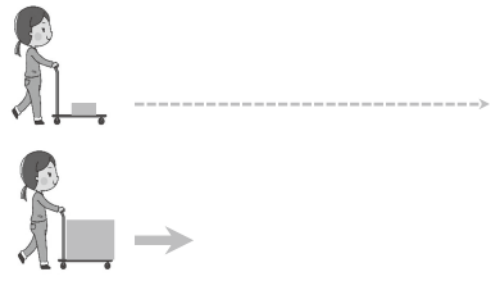
©千葉大学教育学部山下研究室

実際にためてみると、2m程度の高さからの落下なら、空気抵抗もわずかで「3. ほぼ同時に落下する」ことがわかるでしょう。
ただし、2mよりも高いところから落下させると、軽い方が空気抵抗の影響を受けやすいので、重い方が早く落下します。

単純に考えると、ゴルフボール(50g)は、ピンポン玉(2g)の25倍の重たいので、25倍早く落ちると考えられます。でも、ゴルフボールはピンポン玉の25倍も早く落ちましたか？

そこで、ゴルフボール(50g)とピンポン玉(2g)が落下する時には、地球の重力以外に何かが、はたらいているのではないかと考えてみます。

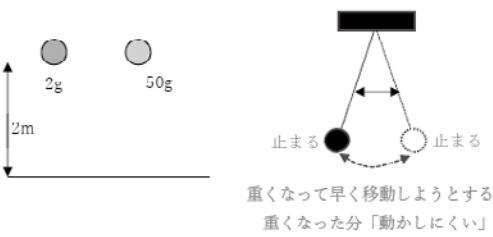
止まっているところから急に動かそうとすると、「重いものほど動かしにくい」ことを感じたことはありませんか？



2

©千葉大学教育学部山下研究室

ふりこの場合はどうでしょうか？
ふりこの場合は移動方向が斜めですが、落下と同じように考えて、おもりが重くなって早く移動しようとするけど、重くなった分「動かしにくい」ので、おもりが重くなっても、ほぼ同じように移動します。



重くなって早く移動しようとするけど
重くなった分「動かしにくい」

<<この読み物を見ながら、ワークシートに情報を整理して下さい>>

4

図1 ①「おもりを重くしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」の読み物

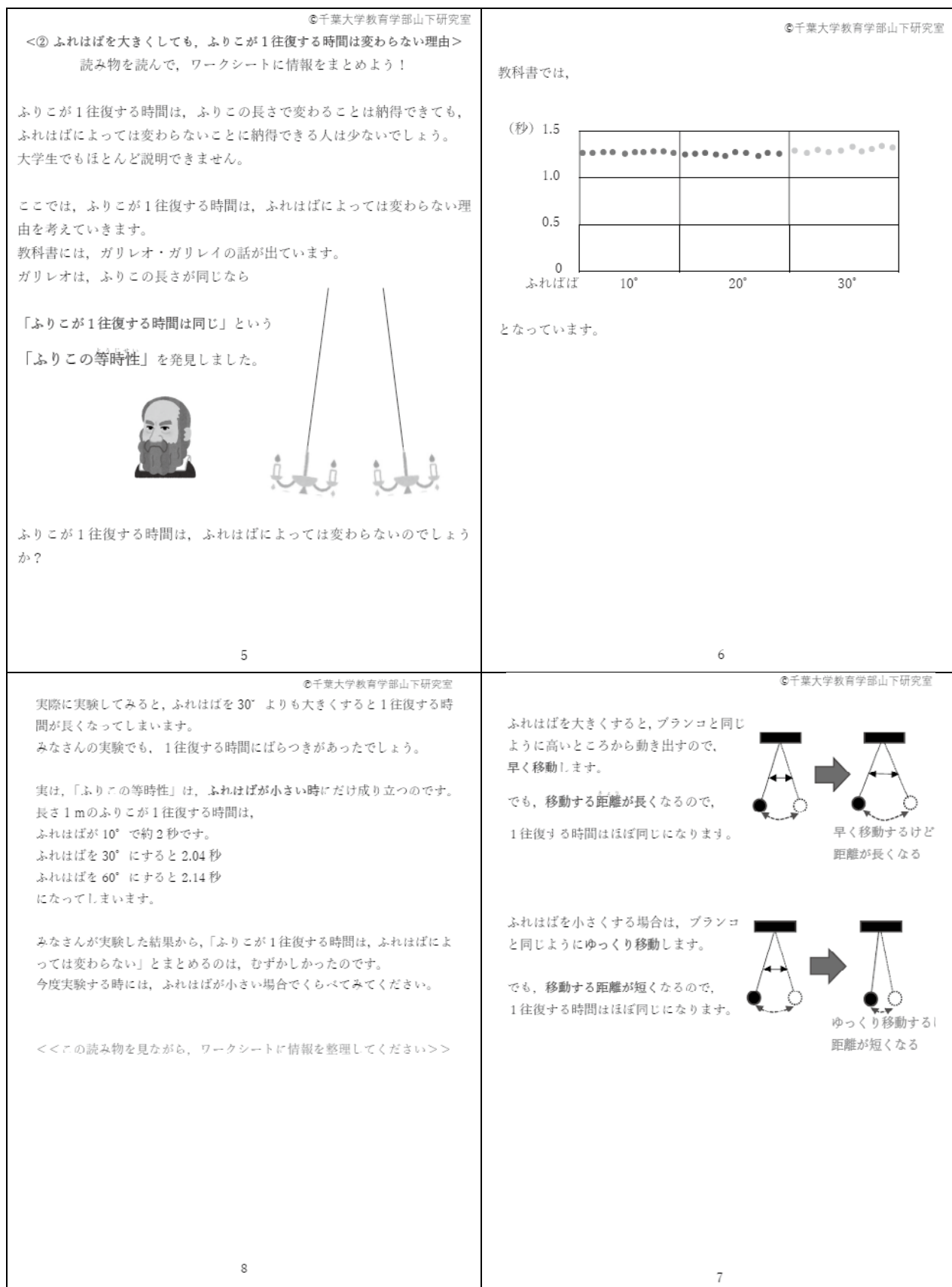


図2 ②「振幅を大きくしても、ふりがが1往復する時間は変わらない理由」の読み物

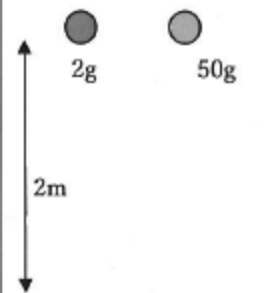
読み物を読む前 <おもりを重くしても、ふりがが1往復する時間は変わらない理由> :

ふりがの長さを変えない場合は、長さの下より半分はふりが幅が変わらないから同じ速度で動く。だから、おもりを重くしてもふりがが1往復する時間は変わらない。

(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)

<<読み物を参考にしながら、下の質問に答えて下さい>>

コア知識: 止まっているところから急に動かそうとすると、「重いものほど動かしにくい」

<落下の実験>	同じくらい大きさのピンポン玉(2g)とゴルフボール(50g)を2mの高さから同時に落下させると、2つの球はどのような順序で地上に落下すると思いますか？ 下の1~3の中から一つ選んで、理由も書いて下さい。
 <p>2g 50g</p> <p>2m</p>	<p>1. ピンポン玉の方が早く落下</p> <p>2. ゴルフボールの方が早く落下</p> <p>3. ほぼ同時に落下</p> <p>理由: 軽いものは軽い分早くおちる 重いものは勢いがあるため重いものも早くおちる。 だから、ほぼ同時におちる</p>
(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)	

読み物を読んだ後<おもりを重くしても、ふりがが1往復する時間は変わらない理由> :

おもりを重くすると軽いものよりも動かしにくくなるためおもりを軽くした時と重くした時の差がほとんどない

(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)

読み物を読んで成長したこと:

この読み物を読んで最初に考えて分からなかったことが説明を聞いて、「そうや、てや子のや」と知れたからスッキリとした気持ちになって新しいことに気付けようことがうれいと感じることができるようになった。

<番号に○をつけ忘れていないか、もう一度確認して、提出してください>

図3 ①A 4版ワークシートの児童の記述例

らでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし」については、回答番号をそのまま5点~1点と得点化して平均値(SD)を示した。

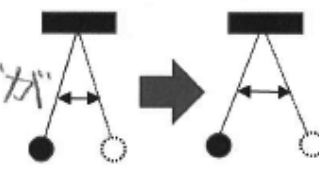
表2から、「予想」では、①「おもりを重くしても、ふりがが1往復する時間は変わらない理由」については、レベル2: 5名(5.0%) 自信度: 2.60(1.14) / レベル1: 33名(33.0%) 自信度: 2.45(1.20) であり、レベル0: 62名(62.0%) 自信度: 2.40(1.29) となり、教科書で

学習済みでも、発展的課題について科学的に説明することは難しかった。

読み物とワークシートでの学習後には、レベル2: 76名(76.0%) 自信度: 3.74(1.14) / レベル1: 4名(4.0%) 自信度: 2.75(0.96) であり、レベル0: 20名(20.0%) 自信度: 3.45(1.47) となり、多くの児童が科学的に自信を持って回答できるようになった。なお、レベル0: 20名(20.0%) の回答は、「重さは関係しない」などといっ

読み物を読む前<ふれはばを大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由> :

ふれはばを大きくすると大きくした分
勢いがついて速くなるから、ふれはばが
小さい時と大きくした時の速さは
変わらない



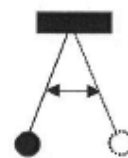
(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)

<<読み物を参考にしながら、下の質問に答えて下さい>>

コア知識: 「ふりこの^{ようしき}等時性」は、ふれはばが小さい時に成り立つ

<ふれはばの実験> ふれはばを変える実験で、1往復する時間の結果が、ばらついてしまうのはなぜでしょうか?

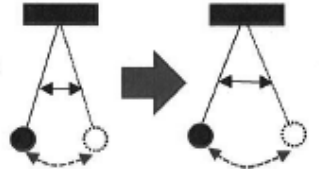
理由:
ふれはばが小さいときは、1往復する時間
がゆっくりになるから。



(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)

読み物を読んだ後<ふれはばを大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由> :

ふれはばを大きくさせると動く速さは
速いけどまわりも長くなるからふれはば
が小さい時と変わらない。



(5: 自信あり 4: やや自信あり 3: どちらでもない 2: やや自信なし 1: 自信なし)

読み物を読んで成長したこと:
2枚を通して読み物を読む前と後で自分の考えを変化
させることができました。そして自分の考えをもつことの大げ
がわかった。

<番号に○をつけ忘れていないか、もう一度確認して、提出してください>

図4 ②A4版ワークシートの児童の記述例

た不十分な説明であった。

表3から、「予想」では、②「振れ幅を大きくしても、ふりが1往復する時間は変わらない理由」については、レベル2: 28名 (28.0%) 自信度: 3.14 (1.30) / レベル1: 10名 (10.0%) 自信度: 2.70 (1.57) であり、レベル0: 62名 (62.0%) 自信度: 2.47 (1.36) となり、教科書で学習済みでも、発展的課題について科学的に説明することは難しかった。

読み物とワークシートでの学習後には、レベル2: 66名 (66.0%) 自信度: 3.80 (1.19) / レベル1: 3名 (3.0%) 自信度: 2.67 (2.08) であり、レベル0: 31名 (31.0%)

自信度: 2.58 (1.43) となった。開発した読み物を読んでワークシートに情報を整理したことで、科学的に自信を持って回答できる児童が増加した。ただし、レベル0: 31名 (31.0%) の回答は、「ブランクと同じ」などといった不十分な説明であった。

2) 学習によって成長したこと

学習によって成長したことについての記述内容を「理解深化」「考えられた・説明できた」「興味・面白い」「日常生活」の категорияに該当するものに分け (複数該当有), 図5には①「おもりを重くしても、ふりが1往

表2 ①理由と自信度の推移 (N=100)

説明	予想(前)		学習後
レベル2	5名(5.0%) 自信度： 2.60(1.14)		76名(76.0%) 自信度： 3.74(1.14)
レベル1	33名(33.0%) 自信度： 2.45(1.20)		4名(4.0%) 自信度： 2.75(0.96)
レベル0	62名(62.0%) 自信度： 2.40(1.29)		20名(20.0%) 自信度： 3.45(1.47)

自信度：自信度の平均値 (SD)

表3 ②理由と自信度の推移 (N=100)

説明	予想(前)		学習後
レベル2	28名(28.0%) 自信度： 3.14(1.30)		66名(66.0%) 自信度： 3.80(1.19)
レベル1	10名(10.0%) 自信度： 2.70(1.57)		3名(3.0%) 自信度： 2.67(2.08)
レベル0	62名(62.0%) 自信度： 2.47(1.36)		31名(31.0%) 自信度： 2.58(1.43)

自信度：自信度の平均値 (SD)

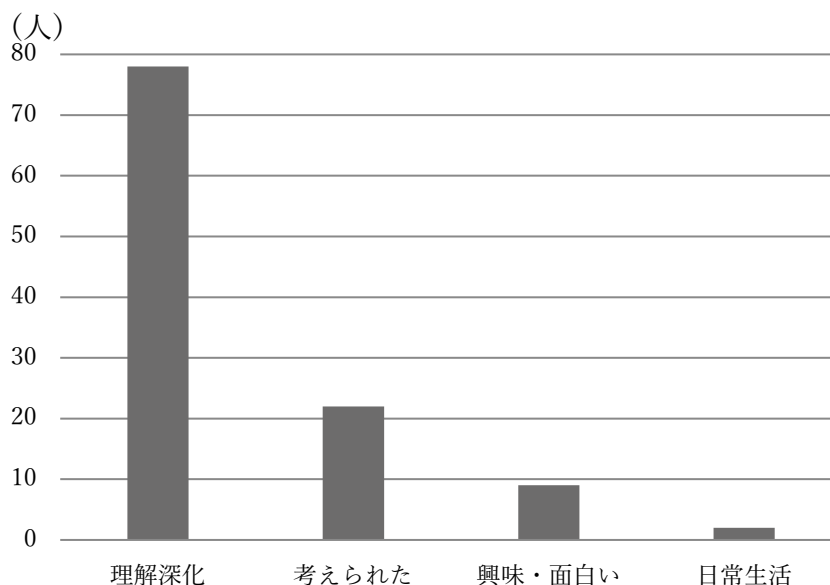


図5 ①成長したことの該当数 (N=100)

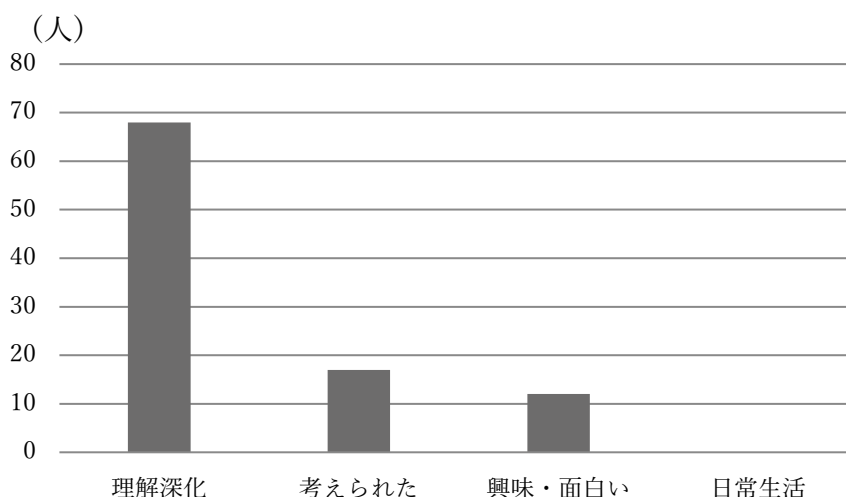


図6 ②成長したことの該当数 (N=100)

復する時間は変わらない理由」, 図6には②「振れ幅を大きくしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」のカテゴリーの該当数を示した。なお, 「理解深化」については, 「ワークシートに情報を整理することで, 自分の考えが整理されてよくわかるようになった」などの記述を「理解深化」として分類した。

①「おもりを重くしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」については, 100名中78名(78.0%)が学習によって成長したこととして「理解深化」をあげ, 22名(22.0%)が「考えられた・説明できた」, 9名(9.0%)が「興味・面白い」と記述していた。これらのことから, 開発した読み物を読んで, ワークシートに情報を整理したことから, 理解が深まったことを実感していた様子が伺える。

②「振れ幅を大きくしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」については, 68名(68.0%)が学習によって成長したこととして「理解深化」をあげ, 17名(17.0%)が「考えられた・説明できた」, 12(12.0%)が「興味・面白い」と記述していた。これらのことから, 開発した読み物を読んで, ワークシートに情報を整理したことから, 理解が深まったことを実感していた様子が伺える。ただし, 振れ幅については日常生活との関連を見いだすことは難しかった。

4. まとめと今後の課題

支援前には, ①「おもりを重くしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」について科学的に説明できたのは, レベル2:5名(5.0%) 自信度:2.60(1.14) / レベル1:33名(33.0%) 自信度:2.45(1.20)で, 不十分な説明だったのは, レベル0:62名(62.0%) 自信度:2.40(1.29)であった。教科書で学習済みでも, ①「おもりを重くしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」について説明することは難しく, 支援が必要であった。

ワークシートと読み物で支援後には, 科学的に説明できたのは, レベル2:76名(76.0%) 自信度:3.74(1.14) / レベル1:4名(4.0%) 自信度:2.75(0.96)で, 不

十分な説明だったのは, レベル0:20名(20.0%) 自信度:3.45(1.47)となった。

②「振れ幅を大きくしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」については, 支援前に科学的に説明できたのは, レベル2:28名(28.0%) 自信度:3.14(1.30) / レベル1:10名(10.0%) 自信度:2.70(1.57)で, 不十分な説明だったのは, レベル0:62名(62.0%) 自信度:2.47(1.36)であった。教科書で学習済みでも, 発展的課題の②「振れ幅を大きくしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」について科学的に説明することは難しかった。

ワークシートと読み物で支援後には, 科学的に説明できたのは, レベル2:66名(66.0%) 自信度:3.80(1.19) / レベル1:3名(3.0%) 自信度:2.67(2.08)で, 不十分な説明だったのは, レベル0:31名(31.0%) 自信度:2.58(1.43)となった。

自信度も向上し, 理解することが難しい①「おもりを重くしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」, ②「振れ幅を大きくしても, ふりが1往復する時間は変わらない理由」について理解して説明できるようになったと言えよう。学習によって成長したことについては, ほとんどの児童が, 読み物を読んでワークシートに情報を整理したことから, 理解が深まったことを実感していた。ただし, 振れ幅については, 実際に実験してみても, 振れ幅を30°よりも大きくすると1往復する時間が長くなってしまい, 1往復する時間が変わらない理由を理解することは難しかった。加藤(2000)も, 「周期は振れ幅の大きさに関係するという先行概念は, 学校教育の場で振り子の学習を受けた後も容易に変容せず, 大学生まで保持され続ける場合がある」と指摘している。また, 振れ幅については日常生活との関連を見いだすことも難しかったので, ②振れ幅の読み物とワークシートを今後改善していく必要があるだろう。

付 記

本研究の一部は, 科学研究費補助金 基盤研究(C) 課題番号21K02921「コア知識とOPPAの知見を統合し

で発展的課題に対応するワークシートの開発と評価」研究代表者：山下修一，千葉大学教育学部×墨田区連携プロジェクト「リテラシー育成のための分析，授業開発および検証」を受けて実施したものである。

引用文献

堀哲夫（2018）授業改善の方法：OPPAの活用を中心に
して，科学技術教育，229，2-4.
加藤尚裕（2000）「振り子の特性」に関する概念形成の
研究：自由試行を中心にして，理科教育学研究，40(3)，
1-11.
勝田紀仁・桜庭一慶（2018）科学的な思考力を高める授

業と評価の実践：コア知識を活用したコミュニケーション活動・OPPAの活用を通して，科学技術教育，
229，15-17.

高垣マユミ・田原裕登志・富田英司（2006）「理科授業の
学習環境のデザイン」教育心理学研究，54，558-571.
山下修一（2018）コア知識を用いたコミュニケーション
活動，科学技術教育，229，5-7.
山下修一（2022）深い学びをめざした小学校理科授業と
評価，大学教育出版.
山下修一・野村裕美子・岩本華子（2022）脊椎動物分類
の発展的課題に対応するワークシートの開発と評価，
日本教育大学協会研究年報，40，27-37.