

就実大学教育学部初等教育学科

平成30年度

卒業研究

題 目

小学校理科における理解度向上を促す教材開発

－第5学年『振り子の運動』を通して－

学籍番号 5115024

氏 名 川上 敦史

指導教員 福井 広和

目次

第1章 序論

1. 動機
2. 背景
3. 研究仮説

第2章 文献調査

1. 学習指導要領での位置づけ
 - (1) 物質・エネルギー学習の系統
 - (2) 学習指導要領における目標
2. 歴代教科書での扱い
3. 振り子に関する素朴概念の先行研究

第3章 歴代教科書の追試

第4章 教材開発

1. 市販教材の改善
2. 新教材開発

第5章 授業実践

1. レディネス調査
2. 調査授業
3. 考察

第6章 改善案

1. 教材の改善
2. 振り子単元指導案
3. おわりに

【引用・参考文献】

第1章 序論

1. 動機

私は小学生のとき勉強が好きだった。なかでも特に理科が好きだった。理科が好きだった理由としては、教科書を読んで考えるだけで終わるのでなく、楽しくワクワクするような実験を通して自分自身の力で教科書の内容と同じ実践ができたという達成感を味わうことができたからだ。しかし、好きといっても決して得意だったというわけではなく、テストでは間違えてしまうことが多かった。どうして好きなのに間違えることが多かったか考えてみると、学習内容に対する理解度が低かったからではないかと思うようになった。実験などその場では楽しいことが多かったが、ただ楽しい、ワクワクするという気持ちだけで、実験を行う意味や学習内容との関係性などを十分に理解できていなかったのである。

この「理解度」という言葉は単に実験だけではなく、学習内容全般に言えることではないかと考えた。授業中に学習内容を何となく理解したような気持ちになることがある。しかし、その内容を正確に理解できているのかとなると恐らく違う場合の方が多いのではないかと思う。将来私が教師になって理科を教えることを考えると、授業において何らかの対策をしなければ私と同じように学習内容を理解できない児童が生じてしまうのではないかと危惧している。

授業において児童の理解度が低い原因はどこにあるのか考えてみると、実験等を行う際の楽しい、ワクワクするといった気持ちを理解に繋げることができていないからではないかと考えた。授業を行うにあたって、児童の理解度を向上させるために大切なことの一つに簡単に扱いやすく、仕組みを理解しやすい教材を用いることがあるのではないかと推察する。

実験の意図が明確で、操作がシンプルで扱いやすい教材があれば、児童は問題解決の過程に集中できるのではないだろうか。このような視点をもって教材開発に取り組めば、児童の理解度が向上する授業を実現することができるのではないかと考えた。

以上の理由から「小学校理科における理解度向上を促す教材開発」とテーマを設定し、研究を進めていこうと考えた。

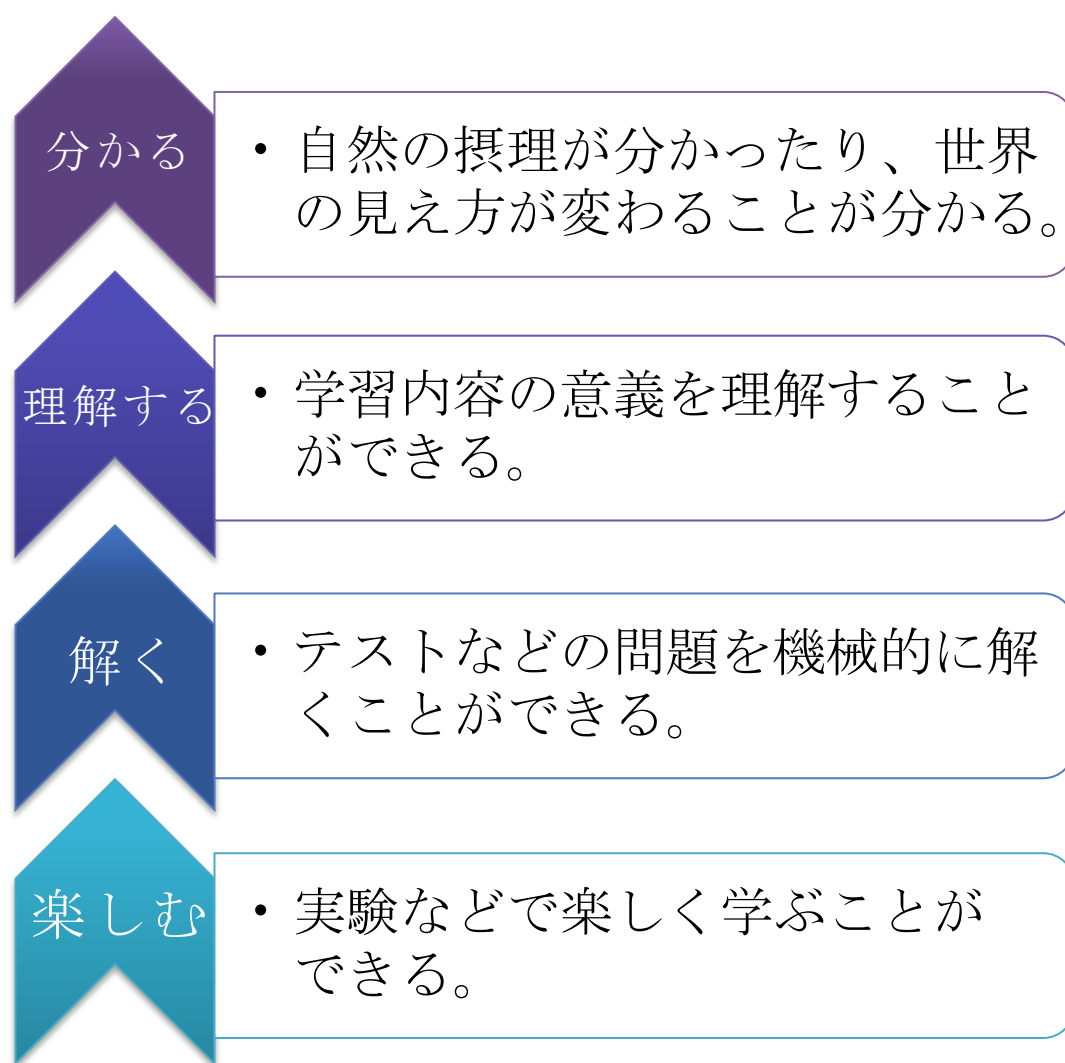


図 1. 理解度向上を促す教材開発

2. 背景

理科学習において、授業中に行われる観察・実験が児童の学習内容の理解に影響を与えているのではないだろうか。文部科学省の『小学校学習指導要領解説理科編』（2008）においては、小学校理科の目標は次のように示されている。

自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う¹⁾。

また理科教育研究会の『新学習指導要領に定める理科教育』（2009）において、次のように述べられている。

授業で最も大切なことは、観察・実験を行うことではなく、授業の目的を達成することです。そのための方法の1つとして、観察・実験があるのです²⁾。

つまり、理科学習において観察・実験は、授業の目的を達成するための方法の1つとして行われるものであり、行為そのものが重要であるというわけではない。そのため、観察・実験は目的を達成するためにどのような役割を担うのか意識し、見通しをもって行わなければならない。児童・生徒に対しても観察・実験はただ楽しんで行うだけのものではなく、そこから分かる情報を考察し、理解につなげる目的があるということを指導しておく必要がある。従って、確かな理解へつなげるという理科の目的を明確に達成することができる観察・実験の開発が必要であるのではないかと考える。

山崎は『小学校理科における授業改善の試み－児童の学習を支援する教材と授業構成－』（2015）において、次のように述べている。

教科書に掲載されている観察・実験の中には、実施が容易でないものや期待通りの結果が得られないものもある³⁾。

また、同論文において、次のようにも述べている。

実施が難しかったり期待する結果が得られなかったりする観察・実験では児童に任せることができないため、教員の指示や説明が多い授業にならざるをえない³⁾。

つまり目的達成のために不可欠な観察・実験であっても、中には実際に行うのが難しく、期待通りの結果が得られない場合があり、児童主体ではなく教員主体の授業になってしまい、観察・実験が楽しいものではなく、次第に苦手な科目として認識するようになる可能性がある。観察・実験は、理科授業において、最も楽しい活動といっても過言ではないのにそこでワクワクできないならば、観察・実験の方法を改善することが必要不可欠であろう。

また軸丸・藤井・中崎・山下・大岩の『児童の理解を助ける実験装置－大学と小学校の連携－』（2003）においては、次のように述べられている。

教科内容を児童生徒に少ない時間で効率よく楽しく興味を持って学ばせ、正しく理解させるかが授業を行う教師の大きな課題でもある⁴⁾。

つまり観察・実験で期待通りの結果が得られ、効率よく学べて正しく理解させることができる理科授業を行うことが大切である。

さらに柿島は『理科における児童の素朴概念と学習指導の実態－第5学年「ふりこのきまり」より－』（2012）において、児童が日常生活で次第に形成してきた素朴概念について次のように述べている。

素朴概念変容のためには授業において、まず児童が持つ素朴概念を活かした指導が求められている⁵⁾。

つまり、児童が持つ素朴概念を活かした授業を行うことができれば、児童の素朴概念を修正し、正しい科学概念を獲得させることができるといえるだろう。そして、正しい科学概念を獲得することができれば学習内容を正しく理解することも可能であると考ええる。

しかし一方で、柿島は同論文において、次のように指摘している。

素朴概念は科学概念を学習しても容易には修正されないことが知られている。そして、学習を通して児童がたとえどのように望ましい科学概念を獲得したように見えても、時間の経過とともに、学習前に持っていた素朴概念に戻ってしまうことが指摘されている⁵⁾。

また同論文において素朴概念が変容しない原因を次のように説明している。

教師が児童の持つ素朴概念を念頭に置かずに科学概念を教授すると、科学概念と素朴概念とがお互いに関連づけられないことがないため、児童は両者が矛盾することに気づかないまま学習を進めてしまうことが指摘されている⁵⁾。

つまり、教師は授業を行う際に児童の持つ素朴概念と科学概念を関連づけ、科学概念の獲得から時間が経過しても、学習前の素朴概念に戻らないような指導をすることが求められていること分かった。素朴概念は日常生活の中で徐々に形成されてくるものであるため、日常にありふれている科学的事象と科学概念とを関連づけて授業することができれば、素朴概念は変容し、正しい理解へつなげることができるのではないかと考えた。

今村は『日常生活とのかかわりを実感できる理科学習についての一考察－考察の場を取り入れた学習活動の工夫を通して－』(2002)において、次のように述べている。

日常生活とのかかわりを考察することを取り入れた学習活動を工夫していけば、理科に対する興味・関心が高まり、そのかかわりを実感できる児童生徒を育てていけるのではないかと考え本主題を設定した⁶⁾。

つまり素朴概念の中でも日常生活との関わりを特に考察しやすい事象を学習活動に取り入れることで、素朴概念と科学概念を関連づけやすくなるということが分かった。

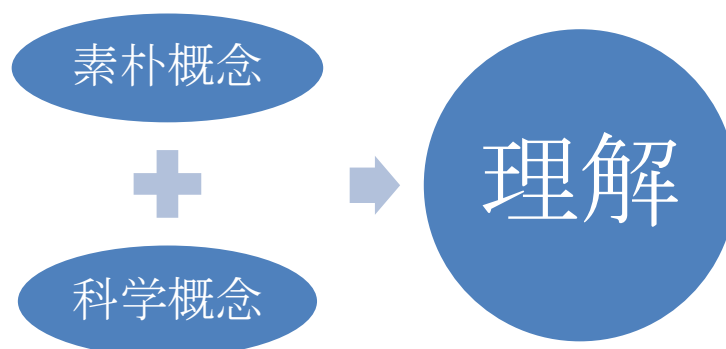


図 2. 概念と理解の関係

柿島は、『理科における児童の素朴概念と学習指導の実態－第5学年「ふりこのきまり」より－』（2012）において次のように述べている。

今回実践した授業では、実験を開始する前に、児童におもりの重さや振り子の長さを変えた場合に自分がどの様に考えているのかを記述させた。その結果、多くの児童が自分の生活経験から考えていることが分かった。また、その考え方について全体で討論する活動がほとんどなかったため、他と自身の比較から、他の意見の理解や矛盾に気付けなかった。また、授業の最後には教師主導で実験結果からどの様なことが言えるのか結論をまとめたことにより、児童の素朴概念を変容させることができなかった⁵⁾。

つまり児童は振り子の運動についての素朴概念を持っているが、授業において、素朴概念と科学概念とを関連づけた学習を行うことができなかったために、素朴概念と科学概念の矛盾に気づくことができなかった可能性がある。

素朴概念は正しくないとみなされることが多いが日常生活との関わりを考察することを取り入れた、科学概念の学習活動を通して、修正することができれば理解へとつながり、さらには、理解度向上を促すことも可能であるということが分かった。また、理科学習においては効率よい活動が求められるため、動機でも述べたように実験の意図が明確で操作がシンプルで扱いやすい教材が必要であると考えた。これらの背景を基に本研究では児童の理解度向上を促す教材開発について、特に5年生の「振り子の運動」を通して検討していくことにした。

3. 研究仮説

前項では、児童の持つ素朴概念と科学概念を関連づけた学習が、理科学習の理解度向上に影響することから、素朴概念と科学概念を関連づけることができる観察・実験を開発する必要があることを述べた。また、その中でも実験の意図が明確で操作がシンプルで扱いやすい教材が必要であることについて述べた。そこで本研究では第5学年「振り子の運動」の単元を対象として、理解度向上を促す教材開発について調べていこうと思う。研究仮説は以下の通りである。

1. 理科授業において、児童の持つ素朴概念と科学概念を関連づけることができる教材を用いることで、理解度の向上を促すことができる。
2. 「振り子の運動」の単元において、操作がシンプルで仕組みがわかりやすい教材を用いて観察・実験を行うことで、児童の持つ素朴概念を修正し、理解を定着させ向上を促すことができる。

ワクワクするような観察・実験を行うだけで学習を終えるのではなく、観察・実験を通して児童の持つ素朴概念を修正し、科学概念を獲得することができるような学習を行うことで理解度向上を促すことができる。しかし、前述したように素朴概念は、日常生活の中で徐々に形成されてくるものであり、容易に修正することはできないため、より科学概念と関連づけることのできる観察・実験の開発が必要不可欠であると考えた。そこで、児童の持つ素朴概念の実態に対応し、理解度向上を促すことのできる観察・実験の研究を進めていくことにする。

第2章 文献調査

1. 学習指導要領での位置づけ

(1) 物質・エネルギー学習の系統

平成29年6月発行小学校学習指導要領解説理科編⁷⁾によると、理科教育の内容は、「A物質・エネルギー」と「B生命・地球」の2つに区分される。振り子に関する学習はこの「A物質・エネルギー」に該当する。本研究で題材としている「振り子の運動」の単元では、様々な内容項目の中でも、「エネルギーの捉え方」についての内容になっている。これはその後、小学6年生の「てこの規則性」、中学3年生第1分野の「運動とエネルギー」につながっている。

これらのことから小学5年生で行われる振り子に関する観察・実験は中学での理科教育にまで継続される学習の始まりと考えることができる。つまり、振り子についての学習の始まりである「振り子の運動」の単元では、振り子が1往復する時間に着目し、条件統制を行いながら観察・実験を通してエネルギーの捉え方についての理解を深めるようにする。そこで振り子に対する素朴概念と科学概念を関連づけて理解度の向上を促し、後のエネルギーについての学習の意欲を高めることが重要であるのではないかと考える。

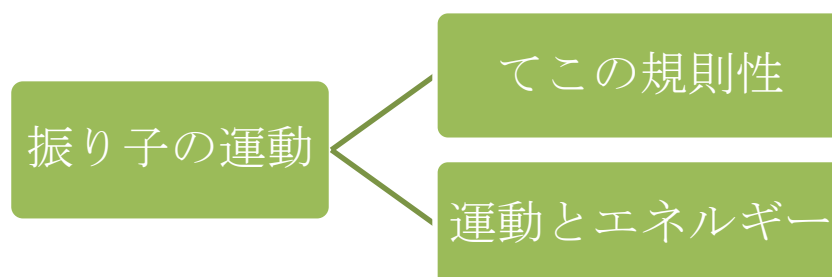


図3. 振り子の運動の位置づけ

(2) 学習指導要領における目標

平成 29 年 6 月発行小学校学習指導要領解説理科編⁷⁾では、第 5 学年「振り子の運動」の目標を次のように述べている。

振り子の運動の規則性について、振り子が 1 往復する時間に着目して、おもりの重さや振り子の長さなどの条件を制御しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア 次のことを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 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。

イ 振り子の運動の規則性について追究する中で、振り子が 1 往復する時間に関係する条件についての予想や仮説を基に、解決の方法を発想し、表現すること。

振り子の運動についての学習では、振り子が 1 往復する時間に着目し、おもりの重さや振り子の長さなどの条件を制御しながら振り子の運動の規則性について調べる。そして活動を通して振り子が 1 往復する時間は振り子の長さによって変わることを理解させ、観察・実験などに関する技能を身に付けさせることを目標としている。そして、振り子が 1 往復する時間に関係する条件についての予想や仮説を基に、解決方法を発想する力や主体的に問題を解決しようとする態度を育成することも目標としている。このように、ただ観察・実験などの技能を身に付け、観察・実験を行う知識理解だけでなく、振り子の運動の規則性についての予想や仮説を立て、解決方法を考える事で主体的に問題を解決するといった深い理解につなげることが重要であるのではないかと考える。

2. 歴代教科書での扱い

小学校学習指導要領の目標を受け、これまでの文部科学省検定教科書（東京書籍）において振り子の内容をどのように扱ってきたのか、以下の7冊について調査した。

【調査対象】

- ① 『平成4年度 新しい理科5下』 おもりのはたらき
- ② 『平成8年度 新編 新しい理科5下』 おもりのはたらき
- ③ 『平成12年度 新訂 新しい理科5下』 おもりのおはたらき
- ④ 『平成14年度 新しい理科5下』 おもりのはたらき
- ⑤ 『平成17年度 新編 新しい理科5下』 おもりのはたらき
- ⑥ 『平成23年度 新しい理科5』 ふりこのきまり
- ⑦ 『平成27年度 新編 新しい理科5』 ふりこのきまり

【調査内容】

- ・ 振り子を取り扱っている学年
- ・ 振り子の単元内容
- ・ 単元における導入段階の活動
- ・ 振り子の実験方法

教科書研究において、東京書籍の昭和の教科書では振り子が扱われていなかったため、平成のものから見ていき、上記の項目を調査していく。振り子の単元内容において導入段階で児童の素朴概念と結びつく活動はあるか、理解度を向上させることができる授業の流れであるか、という点に着目して調べていく。

表 1. 出版年度ごとの振り子に関する単元名と単元内容

出版年度 単元名	単元内容
平成 4年度 おもりの はたらき	<p>1－なぜはやさがちがうのか</p> <p>問い</p> <p>いったりきたりする時間がちがうのは、どうしてだろうか。おもりのつきかたがちがうのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予想を立てる ・おもりの重さや位置がちがうと、いったりきたりする時間がちがうか、調べよう。⑦おもりの重さを変える。⑧おもりの位置を変える。 <p>2－ふりこのふれる時間はなにで変わるか</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの説明 <p>問い</p> <p>ふりこが1往復する時間は、ふりこの長さ(支点からおもりまでのきょり)によってちがうのだろうか。</p> <p>実験1</p> <p>糸におもりをつるし、糸の長さを変えてふりこが1往復する時間をくらべよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・支点からおもりまでのきょりが60cmと30cmのときの、ふりこが10往復する時間を3回ずつはかり、平均を出して1往復する時間を調べる。 <p>1往復のはかりかた</p> <p><u>中央を同じ向きに通るときに回数を数える。</u></p> <p>(やってみよう)ふりこの長さが同じとき、ふれるはばを変えると1往復する時間はどうなるかくらべてみよう。</p> <p>結論</p> <p>ふりこが1往復する時間は、ふりこの長さによって決まっている。また、ふりこの長さが同じであれば、おもりの重さやふれるはばがちがっても、1往復する時間は変わらない。</p> <p>読み物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこを利用したもの－ふりこ時計、メトロノーム ・空中ブランコ <p>まとめよう</p>

<p>平成 8年度</p> <p>おもりの はたらき</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの説明 (例)ブランコやおもちゃ 1-ふりこのふれるはやさがちがうのは、どうしてか <p>問い</p> <p>ふりこのふれるはやさは、どうしたら変わるのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予想を立てる <p>実験 1</p> <p>ふりこのふれるはやさがちがうわけについて、(ア)(イ)のように条件を変えて、調べよう。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> ・実験の順序は、グループごとに決める。 ・調べる以外の条件は同じにする。 ・ふりこが 1 往復する時間をくらべる。 </div> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりに糸をつけて引っぱり、おもりの中心から 30cm と 60cm のところにしるしをつける。 ・(ア),(イ)の条件でふりこが 10 往復する時間を 3 回ずつはかり、平均を出して 1 往復する時間をくらべる。3 回のうち大きくちがうものがあればもう 1 回はかる。 <p>1 往復のはかりかた</p> <p><u>おもりが一方のはしにきたときに、数える。</u></p> <p>(ア)おもりの重さを変えるとどうなるか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふれるはば約 60 度、ふりこの長さ 60 cm、おもりの重さ 10g、20g <p>(イ)ふりこの長さを変えるとどうなるか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりの重さ 10g、ふれるはば約 60 度、ふりこの長さ 60 cm、30 cm <p>(やってみよう)ふれるはばを変えるとどうなるか、調べてみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 60 cm、ふれるはば約 30 度、50 度 <p>結論</p> <p>ふりこが 1 往復する時間は、ふりこの長さによって決まる。また、ふりこの長さが同じであれば、おもりの重さや、ふれるはばがちがっても、1 往復する時間は変わらない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入のふりこのおもちゃのしくみの解説 <p>資料</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこを利用したもの-ふりこ時計、メトロノーム ・空中ブランコ <p>読み物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガリレオ・ガリレイ <p>学習のまとめ</p>
--	---

<p>平成 12年度</p> <p>おもりの はたらき</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの説明 (例)おもちゃやブランコ 1 - ふりこのふれる時間のひみつをさぐろう <p>問い</p> <p>ふりこが1往復する時間がちがうのは、どうしてだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予想を立てる <p>実験1</p> <p>ふりこが1往復する時間がちがうわけについて、(ア),(イ)のように条件を変えて、調べよう。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> ・実験の順序は、グループごとに決める。 ・調べる以外の条件は、同じにする。 </div> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりに糸をつけて引っ張り、おもりの中心から50cmと1mのところに、しるしをつける。 ・(ア),(イ)の条件でふりこが10往復する時間を3回ずつはかり、平均を出して1往復する時間をくらべる。3回のうち大きくちがうものがあればもう1回はかる。 <p>1往復のはかりかた</p> <p><u>おもりが一方のはしにきたときに、数える。</u></p> <p>(ア) おもりの重さを変えるとどうなるか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの長さ1m、ふれるはば60°、おもりの重さ10g、20g <p>(イ) ふりこの長さを変えるとどうなるか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりの重さ10g、ふれるはば60°、ふりこの長さ1m、50cm <p>(やってみよう)ふれるはばを変えるとどうなるか、調べてみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりの重さ10g、ふりこの長さ1m、ふれるはば30°、50° <p>結論</p> <p>ふりこが1往復する時間は、ふりこの長さによって変わる。また、ふりこの長さが同じであれば、おもりの重さや、ふれるはばがちがっても、1往復する時間は変わらない。</p> <p>資料</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの発見 - ガリレオ・ガリレイ ・ふりこを利用したもの - ふりこ時計、メトロノーム <p>学習のまとめ</p>
---	---

<p>平成 14 年度</p> <p>おもりの はたらき</p>	<p>㊦テンポふりこ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・テンポふりこの説明 ・ちがう曲のテンポに合わせるには、どうすればいいかな。 <p>問題㊦</p> <p>テンポふりこが、曲のはやさに合わせてふれるようにするには、どうしたらよいか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの説明 <p>問い</p> <p>ふりこが 1 往復する時間は、どうすると変えることができるのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予想を立てる <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>[調べること]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○おもりの重さを変えると、ふりこが 1 往復する時間は、どうなるか。 ○ふりこの長さを変えると、ふりこが 1 往復する時間は、どうなるか。 ・それぞれについて調べるときに、調べる(変える)条件と、同じにする条件はなにかを考えて、実験の方法を考えよう。 </div> <ul style="list-style-type: none"> ・結果を予想してから実験する。 <p>実験㊦</p> <p>ふりこが 1 往復する時間は、どうすると変わるか、(ア)(イ)のように条件を変えて、調べよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりに糸をつけて引っぱり、おもりの中心から 50cm と 1m のところに、しるしをつける。 ・(ア),(イ)の条件で、ふりこが 10 往復する時間を、3 回ずつはかる。3 回のうち大きくちがうものがあれば、もう 1 回はかる。 <p>1 往復のはかりかた</p> <p><u>おもりが、一方のはしにきたときに、数える。</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>[1 往復する時間の求め方]</p> <p>ふりこが 10 往復する時間を 3 回はかり、合計して、3 でわる。それを 10 でわったものを、1 往復する時間とする。</p> </div> <p>(ア) おもりの重さを変えるとどうなるか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの長さ 1m、ふれるはば 60°、おもりの重さ 10g、20g <p>(イ) ふりこの長さを変えるとどうなるか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりの重さ 10g、ふれるはば 60°、ふりこの長さ 1m、50cm
--	--

	<p>(やってみよう)ふれるはばを変えるとどうなるか、調べてみよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 1m、ふれるはば 60°、30° <p>まとめ</p> <p>ふりこが 1 往復する時間は、ふりこの長さによって変わる。ふりこの長さが同じであれば、おもりの重さや、ふれるはばがちがっても、1 往復する時間は変わらない。</p> <p>資料</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの発見ーガリレオ・ガリレイ <p>ふりこを利用したものをつくろう</p> <p>ふりこの長さを変えると、ふりこが 1 往復する時間が変わることを利用したものを、くふうしてつくろう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・イルカのジャンプ ・玉のりダンス <p>学習の整理</p>
<p>平成 17 年度</p> <p>おもりの はたらき</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ふれるおもちゃ、メトロノーム <p>㊦ テンポふりこ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・テンポふりこの説明 ・ちがう曲のテンポに合わせるには、どうすればいいかな。 <p>問題 ㊦</p> <p>テンポふりこが、曲のはやさに合わせてふれるようにするには、どうしたらよいか。</p> <p>㊦ ふりこのふれかた</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの説明 <p>問い</p> <p>ふりこの 1 往復する時間は、どうすると変えることができるのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予想を立てる <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>[調べること]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○おもりの重さを変えると、ふりこの 1 往復する時間は、どうなるか。 ○ふりこの長さを変えると、ふりこの 1 往復する時間は、どうなるか。 ○そのほかに、調べることは考えられるか。 ・それぞれについて調べるときの、調べる(変える)条件と、同じにする(変えない)条件に気をつけて、実験の計画を立てよう。 </div> <ul style="list-style-type: none"> ・結果を予想して、記録する。

実験⑦

ふりこの1往復する時間は、どうすると変わるか、(ア)(イ)のように条件を変えて、調べよう。

- ・おもりに糸をつけて引っ張り、おもりの中心から50cmと1mのところに、しるしをつける。
- ・(ア),(イ)の条件で、ふりこの10往復する時間を3回ずつはかり、1往復する時間をくらべる。
- ・10往復する時間を、3回ずつはかるのは、どうしてかな。

1往復の数えかた

おもりがふれて、もういちど一方のはしにもどってきたときに、数える。

[ふりこの1往復する時間の求め方]

ふりこの10往復する時間を3回はかり、合計して、3でわる。それを10でわったものを、1往復する時間とする。(3回のうち、大きくちがうものがあるときは、もう1回はかりなおす。)

(ア) おもりの重さを変えると、どうなるか。

- ・ふりこの長さ1m、ふれるはば 60° 、おもりの重さ10g、20g

(イ) ふりこの長さを変えると、どうなるか。

- ・おもりの重さ10g、ふれるはば 60° 、ふりこの長さ1m、50cm

(やってみよう)ふれるはばを変えるとどうなるか、調べてみよう。

- ・おもりの重さ10g、ふりこの長さ1m、ふれるはば 60° 、 30°

まとめ

ふりこの1往復する時間は、ふりこの長さによって変わり、ふりこの長さが長いほど、1往復する時間は長くなる。ふりこの長さが同じであれば、おもりの重さや、ふれるはばはちがっても、1往復する時間は変わらない。

理科のひろば

- ・ふりこのきまりの発見ーガリレオ・ガリレイ
- ・ふりこを利用したものーふりこ時計、メトロノーム

ふりこを利用したものをつくろう

ふりこの長さが変わると、ふりこの1往復する時間が変わることを利用したものを、くふうして、1つつくろう。

- ・イルカのジャンプ
- ・玉のりダンス

たしかめよう

<p>平成 23 年度</p> <p>ふりこの きまり</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ふりこの説明 ・ガリレオ・ガリレイ ・思い出そう (例)ブランコ、メトロノーム、ふりこ時計 <p>調べよう ふりこのふれ方にはどんなきまりがあるのかな。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>ふりこの動きを利用して、おもちゃをつくろう。</p> <p>1ーふりこのふれ方にはどんなきまりがあるか</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メトロノームの役割 ・テンポふりこをつくろう ・テンポふりこの説明 ・テンポふりこが、曲の速さに合わせてふれるようにするには、どうしたらよいか。 <p>問い</p> <p>ふりこの 1 往復する時間は、何によって変わるのだろうか。</p> <p>話し合おう</p> <p>ふりこの 1 往復する時間は、何によって変わるかを予想して、実験の計画を立てよう。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>[調べること]</p> <ul style="list-style-type: none"> ㊸おもりの重さを変えると、ふりこの 1 往復する時間は、どうなるか。 ㊹ふりこの長さを変えると、ふりこの 1 往復する時間は、どうなるか。 ㊺ふれはばを変えると、ふりこの 1 往復する時間は、どうなるか。 <ul style="list-style-type: none"> ・調べる(変える)条件と、同じにする(変えない)条件に気をつけて、実験の計画を立てよう。 </div> <p>実験 1</p> <p>ふりこの 1 往復する時間を調べよう。</p> <p>○実験そう置をつくる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・おもりに糸を結びつけて、おもりの中心から、40cm、70cm、1m のところに、印をつける。 ・半円形の厚紙に、ふれはば 30°、60°、90° の印をつける。 ・ふりこと厚紙をスタンドにとりつける。 <p>○ふりこの 1 往復する時間を調べる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・㊸㊹㊺の条件で、ふりこの 10 往復する時間を 3 回ずつはかって、ふりこの 1 往復する時間を求める。 ・3 回はかって、大きく違う結果が出たときは、もう 1 回はかる。
---	--

1 往復の数えかた

おもりがふれて、もういちど一方のはしにもどってきたときに、数える。

[ふりこの 1 往復する時間の求め方]

(1 回め + 2 回め + 3 回め) ÷ 3 = ふりこの 10 往復する平均時間

ふりこの 10 往復する平均時間 ÷ 10 = ふりこの 1 往復する平均時間

⑦ おもりの重さを変えると、どうなるか。

- ・ ふりこの長さ 1m、ふれはば 60° 、おもりの重さ 10g、20g、30g

⑧ ふりこの長さを変えると、どうなるか。

- ・ おもりの重さ 10g、ふれはば 60° 、ふりこの長さ 40cm、70cm、1m

⑨ ふれはばを変えると、どうなるか。

- ・ おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 1m、ふれはば 30° 、 60° 、 90°

整理しよう

実験の結果を、表とグラフに整理しよう。

まとめ

- ・ ふりこの 1 往復する時間は、ふりこの長さによって変わり、おもりの重さや、ふれはばによっては変わらない。
- ・ ふりこの長さが長いほど、ふりこの 1 往復する時間は長くなる。

理科のひろば

- ・ 「科学の父」ガリレオ・ガリレイ

2 - ふりこのおもちゃをつくろう

ふりこの長さが変わると、ふりこの 1 往復する時間が変わる。このことを利用したおもちゃをつくろう。

- ・ イルカのジャンプ
- ・ 玉乗りダンス

たしかめよう

活用しよう

- ・ テンポふりこを速いテンポでふれるようにするには、テンポふりこの何を、どのように変えればよいか。ふりこの 1 往復する時間を調べて、わかったことをもとに考えよう。
- ・ ふりこの 1 往復する時間を調べるとき、10 往復する時間をはかって 10 でわる必要はなく、1 往復する時間をはかって記録すればよい。という意見に賛成か反対か、その理由も説明しよう。

	<p>やってみよう</p> <p>ふりこを利用したものをさがしてみようーメトロノーム、ふりこ時計</p>
<p>平成 27年度</p> <p>ふりこの きまり</p>	<p>・ふりこの説明</p> <p>・ガリレオ・ガリレイ</p> <p>・思い出そう (例)ブランコ、メトロノーム</p> <p>1ーふりこの1往復する時間</p> <p>・メトロノームの役割</p> <p>問題をつかもう</p> <p>曲のテンポに合わせてふれるふりこをつくりましょう。</p> <p>・ふりこが曲のテンポに合わせてふれるようにするには、どうすればよいだろうか。</p> <p>問い</p> <p>ふりこの1往復する時間は、何によって変わるのだろうか。</p> <p>予想しよう</p> <p>ふりこの1往復する時間は、何によって変わるかを予想しましょう。</p> <p>○ふりこの長さを変えると、どうなるだろうか。</p> <p>○おもりの重さを変えると、どうなるだろうか。</p> <p>○ふれるはばを変えると、どうなるだろうか。</p> <p>計画しよう</p> <p>自分の予想を確かめるにはどうすればよいかを考えて、実験の計画を立てましょう。</p> <p>・調べる条件と同じにする条件を整理して、実験の計画を立てましょう。</p> <p>1往復の数え方</p> <p><u>おもりがふれて、もういちど一方のはしにもどってきたときを1往復として数える。</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>[ふりこの1往復する時間の求め方]</p> <p>・ふりこの10往復する時間をデジタルタイマーやストップウォッチなどではかり、10でわる。</p> <p>・ふりこの1往復する時間を3回調べ、平均を求める。</p> <p>・わり切れない場合は、少数第2位を四しや五入する。</p> <p>$(1回目 + 2回目 + 3回目) \div 3 =$ ふりこの1往復する時間の平均</p> <p>※スタンドをたおさないように気をつける。</p> </div> <p>実験1</p> <p>ふりこの長さを変えて、ふりこの1往復する時間を調べましょう。</p>

- ・おもりの重さ 10g、ふれはば 20° 、ふりこの長さ 25cm、50cm、75cm

実験 2

おもりの重さを変えて、ふりこの 1 往復する時間を調べましょう。

- ・ふりこの長さ 25cm、ふれはば 20° 、おもりの重さ 10g、20g、30g

※おもりのつけ方—複数のおもりをつるすときは、すべてのおもりを糸にかけるようにする。上下につるさない。

実験 3

ふれはばを変えて、ふりこの 1 往復する時間を調べましょう。

- ・ふりこの長さ 25cm、おもりの重さ 10g、ふれはば 20° 、 40° 、 60°

※ふれはばのはかり方—おもりを手からはなすときは、ふりこを正面から見て、糸が、厚紙にかかれたふれはばの線と、ぴったりと重なるようにする。ななめから見ない。

考えよう

ふりこの 1 往復する時間の平均をクラス全体でグラフに表しましょう。そして、ふりこの 1 往復する時間が、何によって変わるかを考えましょう。

- ・調べた結果がほかのグループと大きく違っていた場合、実験方法を確かめながら、原因を考え、もういちど調べよう。

まとめ

- ・ふりこの 1 往復する時間は、ふりこの長さによって変わり、おもりの重さやふれはばによっては変わりません。
- ・ふりこの長さが長いほど、ふりこの 1 往復する時間は長くなります。

説明しよう

ある曲のテンポに合わせてふれているふりこがあります。もっと速いテンポの曲に合わせてふれるようにするためには、どうしたらよいのでしょうか。実験からわかったことをもとに考え、説明しましょう。

ふりこのおもちゃ

ふりこの長さが変わると、ふりこの 1 往復する時間が変わります。このことを利用したおもちゃをつくりましょう。

- ・イルカのジャンプ
- ・玉乗りダンス

理科のひろば

- ・「科学の父」ガリレオ・ガリレイ

たしかめよう

表 1 より、振り子が教科書で扱われるようになった平成 4 年から平成 23 年までは「おもりのはたらき」という単元名で振り子の運動と同時に物体の衝突などの力学的エネルギーの内容も同時に指導されていたことが分かった。しかし、平成 14,17 年の教科書では振り子の運動と物体の衝突のどちらか一方を選んで活動するように記載されていた。そして、平成 23 年からは単元名が「ふりこのきまり」と変更され、物体の衝突の活動はなくなり、振り子の運動のみの活動となった。このことから、振り子の運動と物体の衝突ではエネルギーの捉え方が異なるため、単元を分けることでの的を絞った活動を行い、それぞれの活動において理解を深めやすくするために、単元名や単元内容が変更されたのではないかと考えられる。また教科書の年代によって導入段階における活動と振り子の実験方法に違いが見られたので、導入段階における活動と、振り子の実験方法をそれぞれ以下のように表にまとめた。

表 2. 出版年度ごとの単元における導入での活動

出版年度	単元における導入での活動
平成 4 年	ふりこのおもちゃを用いた活動、ふりこの説明
平成 8 年	ふりこの説明 (例)ブランコ、おもちゃ
平成 12 年	ふりこの説明 (例)ブランコ、おもちゃ
平成 14 年	テンポふりこを用いた活動、ふりこの説明
平成 17 年	テンポふりこを用いた活動、ふりこの説明
平成 23 年	ふりこの説明、ガリレオ・ガリレイの話、 思い出そう (例)ブランコ、メトロノーム、ふりこ時計 テンポふりこを用いた活動
平成 27 年	ふりこの説明、ガリレオ・ガリレイの話、 思い出そう (例)ブランコ、メトロノーム テンポふりこを用いた活動

表 2 より、振り子の運動の導入では「テンポふりこ」を用いた活動が歴代の教科書で行われていることがわかった。テンポふりことは、棒に粘土などのおもりをつけて、曲のテンポに合わせて振り子のように棒が振れるようにした教材である。曲のテンポに合わせて振れるようにするためには、振り子の振れる速さを変えなければならないので、振り子の規則性を考えさせるために適しており、歴代の教科書の導入で取り入れられていると考えられる。しかし、導入において児童の素朴概念と結びつけるような活動は、身の回りにある振り子のような動きをするものを思い出すという活動だけなので、実際にそれらがどのような動きをしているのか、その動きをすることでどのような役割をはたしているのか、などを確かめたり、考え、話し合ったりする活動を取り入れることで、日常生活から芽生える素朴概念と科学概念とをより結び付けやすくすることができるのではないかと考える。

次に、単元における実験内容を以下の表にまとめた。

表 3. 出版年度ごとの単元における実験内容

出版年度	単元における実験内容
平成 4 年	<p>おもりの重さ、ふれはばは同じで、ふりこの長さを 30cm、60cm に変えて実験</p> <p>1 往復は、中央を同じ向きに通るときに回数を数える。</p> <p>10 往復する時間を 3 回ずつはかり、3 でわって平均を出して 1 往復する時間を調べる。</p>
平成 8 年	<p>おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 60cm、ふれはば 60° を条件統制の際の基準とし、おもりの重さ 20g、ふりこの長さ 30cm にそれぞれ変えて実験</p>

	<p>ふれはばを変える際には、おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 60cm を基準とし、ふれはばを 30°、50° に変えて実験</p> <p>1 往復は、おもりが一方のはしにきたときに、数える。</p> <p>10 往復する時間を 3 回ずつはかり、 3 でわって平均を出して 1 往復する時間を調べる。</p>
平成 12 年	<p>おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 1m、ふれはば 60° を条件統制の際の基準とし、おもりの重さ 20g、ふりこの長さ 50cm にそれぞれ変えて実験</p> <p>ふれはばを変える際には、おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 1m を基準とし、ふれはばを 30°、50° に変えて実験</p> <p>1 往復は、おもりが一方のはしにきたときに、数える。</p> <p>10 往復する時間を 3 回ずつはかり、 3 でわって平均を出して 1 往復する時間を調べる。</p>
平成 14 年	<p>おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 1m、ふれはば 60° を条件統制の際の基準とし、おもりの重さ 20g、ふりこの長さ 50cm、ふれはば 30° にそれぞれ変えて実験</p> <p>1 往復は、おもりが一方のはしにきたときに、数える。</p> <p>10 往復する時間を 3 回ずつはかり、 3 でわって平均を出して 1 往復する時間を調べる。</p>
平成 17 年	<p>おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 1m、ふれはば 60° を条件統制の際の基準とし、おもりの重さ 20g、ふりこの長さ 50cm、ふれはば 30° にそれぞれ変えて実験</p> <p>1 往復は、おもりが一方のはしにきたときに、数える。</p> <p>10 往復する時間を 3 回ずつはかり、</p>

	3 でわって平均を出して 1 往復する時間を調べる。
平成 23 年	<p>おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 1m、ふれはば 60° を条件統制の際の基準とし、おもりの重さ 20g、30g、ふりこの長さ 40cm、70cm、ふれはば 30°、90° にそれぞれ変えて実験</p> <p>1 往復は、おもりが一方のはしにきたときに、数える。</p> <p>10 往復する時間を 3 回ずつはかり、</p> <p>3 でわって平均を出して 1 往復する時間を調べる。</p>
平成 27 年	<p>おもりの重さ 10g、ふりこの長さ 25cm、ふれはば 20° を条件統制の際の基準とし、おもりの重さ 20g、30g、ふりこの長さ 50cm、75cm、ふれはば 40°、60° にそれぞれ変えて実験</p> <p>1 往復は、おもりが一方のはしにきたときに、数える。</p> <p>10 往復する時間を 3 回ずつはかり、</p> <p>3 でわって平均を出して 1 往復する時間を調べる。</p>

表 3 より、実験を行うにあたって「おもりの重さを変える」「ふりこの長さを変える」「ふれはばを変える」の 3 条件が基本となっている。年代によって、おもりの重さは変わらないが、ふりこの長さやふれはばにはいくらか違いが見られた。また、平成 8 年以降の教科書では 1 往復のはかり方が統一されており、変化は見られなかった。

全体的に見て、実験方法に大きな変化は見られなかったが、実験内容の条件であるおもりの重さ、振り子の長さ、振れ幅の数値が年代により異なっており、様々な変化があった。実験の追試を行い、科学概念と素朴概念が結びつきやすくなるように実験方法を工夫することで、児童の単元における理解度の向上を促すことができると考えられる。

3. 振り子に関する素朴概念の先行研究

振り子に関する素朴概念について、中村・荒木の『「ものの動きとはたらき」に関する小学生から大学生に至る素朴概念の比較⁸⁾』(1999)での調査をもとに考えていくこととする。

1 調査対象

兵庫県K市立T小学校	2年生	38名	(男子15 女子23)
山口県I市立I小学校	5年生	70名	(男子34 女子36)
愛媛県N町立N中学校	3年生	59名	(男子35 女子24)
兵庫県K市立K高校	3年生	38名	(男子13 女子24)
D大学大学生	3年生	45名	(男子15 女子30)

2 調査方法

「ものの動きとはたらき」の学習と関係する素朴概念を含む問題①～⑧について解答を○×△で示す調査を行った。

- ① 重い物と軽い物を同時に落とすと、重い物の方が先に地面につく
- ② 体重の重い人がブランコに乗ると、行って戻ってくるまでの時間は短くなる。
- ③ 体重の軽い人がブランコに乗ると早く動く
- ④ ブランコのゆれる幅が小さいと行って戻ってくるまでの時間は短い
- ⑤ ブランコのゆれる幅が大きいと行って戻ってくるまでの時間は短い
- ⑥ ブランコのロープの長さを変えても行って戻ってくるまでの時間はかわらない
- ⑦ ブランコに乗った時、地面に一番近くなると一番スピードが小さくなる
- ⑧ 坂では重いボールほど早く転がる

○…そう思うもの（素朴概念を含むと考えられる解答）

×…そう思わない（これら3つの解答の中で正しいとされる考え）

△…よくわからない

で記入させた。

中村らの研究は 1999 年の学習指導要領下で行われたもので、①、⑦、⑧は力学一般についての内容である。そのため本研究では問題①～⑧のうち、振り子の素朴概念である②～⑥の調査結果に限定して考えていくものとする。またこれらの問題の意味や問題同士の関連について同論文において中村・荒木は次のように述べている。

おもりと運動に関する子どもたちの考え方の一つは、重さをキーとしたものである。(中略) 重さに執着する子どもは、問題②で子どもたちは体重の重い方が勢いがつくので、一往復する時間すなわち周期は短くなると考える。しかし問題③では、体重の軽い方が速く動くと考えている子どもたちは重いと風の抵抗などを強く受けるが、軽いとそれらの抵抗が少なくなるため軽い方が速いと考える。問題④と考えるのは、揺れ幅(振幅)が小さいと周期が短くなると考えている子どもたちである。また、問題⑤と考えるのは、ふれはば(振幅)が大きいと勢いがつくので周期も短くなると考えている子どもたちである。問題⑥と答えるのは、ブランコのロープの長さや周期には一貫した関係がないと考えている子どもたちである⁸⁾。

これらの問題では、振り子の運動において変えることができる条件のおもりの重さ、糸の長さ、揺れ幅、の三つに関する素朴概念について、調べることができると考えられる。また、身近な生活体験をもとにして考えることができる問題なのでわかりやすいものとなっている。

そこで、学年ごとの○△×の人数・百分率を同論文の表をもとにし、問題ごとに以下の表 4～8 にまとめる。

表 4. 問題②「重い人がブランコに乗ると周期が短くなる」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 2 年生	11	28.9	5	34.2	22	57.9
小学 5 年生	14	20	13	18.5	43	61.4
中学 3 年生	18	30.5	8	13.6	33	55.9
高校 3 年生	6	16.2	4	10.8	27	75.7
大学生	13	28.8	12	26.6	29	64.4

表 5. 問題③「軽い人がブランコに乗ると周期が短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 2 年生	32	84.2	2	5.3	4	10.5
小学 5 年生	31	44.2	15	21.4	24	34.2
中学 3 年生	22	37.3	9	15.3	28	47.5
高校 3 年生	7	18.9	3	8.1	27	73.0
大学生	7	15.5	3	6.7	35	77.7

表 6. 問題④「ゆれ幅が小さいと周期が短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 2 年生	25	65.8	0	0	13	34.2
小学 5 年生	44	62.8	9	12.8	17	24.2
中学 3 年生	35	59.3	12	20.3	12	20.3
高校 3 年生	17	45.9	3	8.1	17	45.9
大学生	27	60	1	2.2	17	37.7

表 7. 問題⑤「ゆれ幅が大きいと周期は短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 2 年生	10	26.3	4	10.5	24	63.2
小学 5 年生	25	35.7	2	17.1	33	47.1
中学 3 年生	11	18.6	12	20.3	36	61.0
高校 3 年生	7	18.9	3	8.1	27	73.0
大学生	10	22.2	2	4.4	33	73.3

表 8. 問題⑥「ロープの長さを変えても周期は変わらない」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 2 年生	29	76.3	3	7.9	6	15.8
小学 5 年生	22	31.4	5	7.1	43	61.4
中学 3 年生	12	20.3	8	13.6	39	66.1
高校 3 年生	2	5.4	2	5.4	33	89.2
大学生	7	15.5	3	6.7	35	77.7

調査結果として、同論文において中村・荒木は次のように述べている。

自己中心性の残っている小学 2 年生の特徴的な反応として、問題③と問題⑧に対する解答に見られる。つまり彼らは重いより軽いことが速さと関係するとみており、この結果、問題③の「体重の軽い人がブランコをこぐ速さはやい」と考えて 84.2%の子どもが間違いを犯し、問題⑧「坂では重いボールほど早く転がる」で 81.5%の×解答をして、軽いことを速さと結びつけている。(中略) また、重い人のブランコは速いの解答が 57.9%もあり軽いということが速さと関係する回答率が高い。以上の点から、この調査の被験者は軽いということが速さと関わる素朴概念を強く持っていることがわかる⁸⁾。

問題②と問題③は対立しており、調査結果によると小学生は問題②の方が問題③より×と解答した割合が高いことから、「軽い」方が「重い」より早く動き、行って戻ってくるまでの時間が短い、つまり軽いものの方が周期は早くなるという素朴概念を持っていることが分かった。また、問題⑥よりブランコのロープの長さに関して小学2年生はロープの長さと周期は関係ない、という素朴概念を持っているが、学年が上がるにつれて×の回答率が高くなっているため、誤りへの気づきが着実に進められ、成長とともに素朴概念が変容され、科学概念を獲得することができるということが分かった。

一方で、振れ幅に関する問題の回答率は全体的に低く、同論文において中村・荒木は次のように述べている。

問題④は、小学2年生から大学生にまで学年に関係なく全体的に正答率が低いことから、小学2年生から大学生まで間違った強固な素朴概念であると見なせるものである。この問題は、科学的な考えに転換することが困難な素朴概念であると考えられる⁸⁾。

このことから、振り子の運動において振れ幅は関係ないものであるが、小学生は振れ幅が小さいと周期が早くなるという素朴概念を持っており、さらには中学生、高校生、大学生もが振れ幅が小さいと周期が早くなるという誤った認識をしており、正しい科学概念を獲得することができていないということが分かった。

これらの調査から分かる、振り子に関する児童の持っている素朴概念を次頁の表9にまとめる。

表 9. 児童の持つ素朴概念とその後の変容

おもりの重さ	軽いほうが速く動くので、周期は短くなる。 ↓ 学年が上がるにつれて正しい科学概念へと変容する。
糸の長さ	糸の長さは周期に関係していない。 ↓ 学年が上がるにつれて正しい科学概念へと変容する。
振れ幅	振れ幅が小さいほうが周期は短くなる。 ↓ 学年に関係なく正しい科学概念を獲得できていない。

必ずしもこれらが児童の持つ素朴概念であるということではないが、「ものの動きとはたらき」の問題を用いた調査を通してそれぞれの条件で最も割合の高かったものを、児童の持つ素朴概念であるとした。この素朴概念と結びつきやすく、変容させることができる活動を行うことで、振り子の運動の学習において正しい科学概念を獲得し、理解度の向上を促すことができるのではないかと考えた。

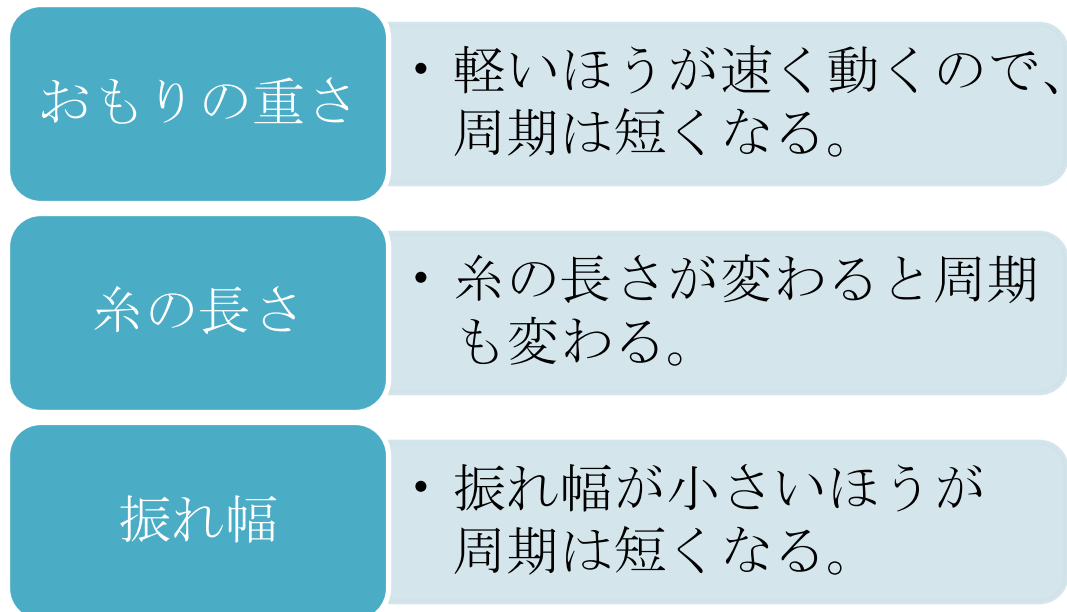


図 4. 振り子に関する素朴概念

第3章 歴代教科書の追試

前項までの教科書調査の結果をもとに、それぞれの教科書が示す実験を追試し、メリット・デメリットを明らかにする。

1) 東京書籍 平成4年度『新しい理科5下』

この時期の振り子実験の特徴は、①振り子の固定にツーダンクリップを用いている、②おもりの重さは10gだけでおもりの重さの違いによる振り子の周期の比較実験がない、③振れ幅の違いを調べる実験では振れ幅の角度が示されていない、④1往復のはかり方は、おもりが中央を同じ方向に通るときに数える、の4点である。導入では、おもりの働きで動くおもちゃを見て周期が違う理由について考え実験する活動がある。

【実験方法】

おもりの重さ10g、振れ幅 90° にして、糸の長さを60cmと30cmに変えてそれぞれ10往復する時間を3回ずつ計測し、10往復する平均の時間を求め、平均を10で割って1往復する時間を求める。またおもりの重さは10gのまま、振れ幅を半分にした状態で糸の長さを60cmと30cmに変えて、同じように計測する。

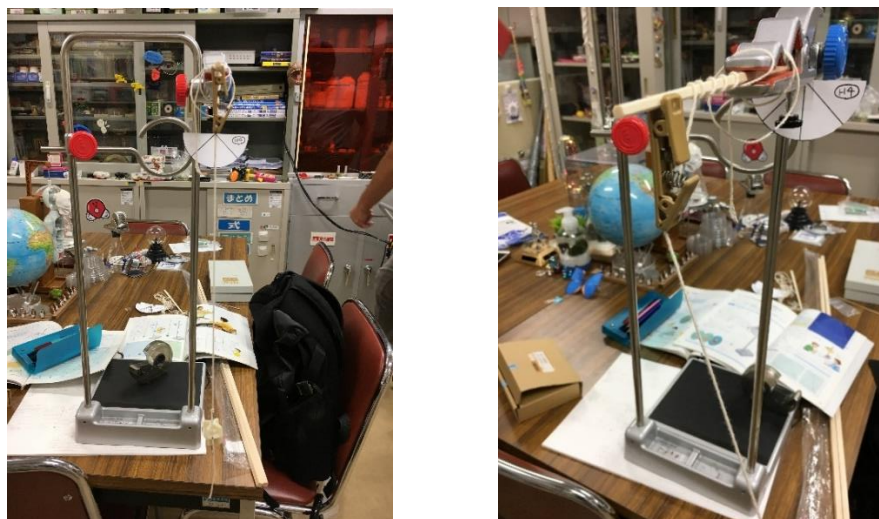


図5. ツーダンクリップの振り子（平成4年度）

【実験結果】

振れ幅 90° と半分 45° の周期は表 10 のようになった。

表 10. 振り子の長さ と 振れ幅 による 周期 の 違い

		おもりの重さ10g、ふれはば 90°		おもりの重さ10g、ふれはば半分	
	振り子の長さ	60cm	30cm	60cm	30cm
10往復する時間(秒)	1回目	16.26	11.76	15.77	11.69
	2回目	16.34	11.86	15.93	11.68
	3回目	16.14	11.89	15.8	11.62
	平均	16.25	11.84	15.83	11.66
1往復する時間(秒)	平均 / 10	1.63	1.18	1.58	1.17

【考察】

- ・ 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため振れ幅を正確に合わせる事が難しかった。
- ・ 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく、前後斜めに振れてしまった。
- ・ ツーダンクリップによる固定は、割り箸に直接くくりつけるよりも長さの調整が容易であるが、実験中に支点が揺れてしまう問題があった。
- ・ 10 往復で ± 0.5 秒程度の誤差が生じた。この誤差が物理の実験として大きいのか小さいのかは置いておくとしても、5年生児童が予想をたてそれぞれの思い(願い)をもって実験に臨んでいる時、納得できるものであるかどうかについては検討が必要であると考えられる。
- ・ 1 往復のはかり方が中央で数える方法だとタイミングが難しく、誤差が生じる原因になると考えられる。

2) 東京書籍 平成8年度『新編 新しい理科 5下』

この時期の振り子実験の特徴は、①1往復のはかり方はおもりが一方のはしにきたときに数えるようになった、②おもりの重さを変えて行う実験が加わった、③実験における振れ幅の基準が 60° になり、振れ幅の違いによる周期の変化を調べる実験の角度が示された、の3点である。

導入では、振り子についての説明や、振り子の一種であるブランコやおもりの働きで動くおもちゃの紹介がある。そしておもりの働きで動くおもちゃの振れ幅が同じであるが、振れる速さが違う理由について考え、試してみる活動がある。

【実験方法】

おもりの重さ 10g、振り子の長さ 60cm、振れ幅 60° を基準として、おもりの重さ 20g、振り子の長さ 30cm に変えて、それぞれ 10 往復する時間を 3 回ずつ計測し、3 で割って 10 往復する平均の時間を求め、平均を 10 で割って 1 往復する時間を求める。振れ幅を変える際は、おもりの重さと振り子の長さは基準のまま、振れ幅を 30° と 50° に変えて実験を行う。



図 6. 振り子のおもちゃとツェンクリップの振り子（平成8年度）

【実験結果】

それぞれの条件による周期は表 11 のようになった。

表 11. 条件の変化による周期の変化（平成 8 年度）

	変える条件	10往復する時間(秒)				1往復する時間(秒)
		1回目	2回目	3回目	平均	平均/10
ふれはば60° 振り子の長さ60cm	おもりの重さ	1回目	2回目	3回目	平均	平均/10
	10g	16.06	16	16.1	16.09	1.61
	20g	15.86	15.88	15.94	15.89	1.59
おもりの重さ10g ふれはば60°	振り子の長さ	1回目	2回目	3回目	平均	平均/10
	60cm	16.06	16	16.1	16.09	1.61
	30cm	11.51	11.26	11.36	11.34	1.13
おもりの重さ10g 振り子の長さ60cm	ふれはば	1回目	2回目	3回目	平均	平均/10
	30°	15.7	15.96	16.06	15.91	1.59
	50°	15.88	15.93	15.98	15.93	1.59

【考察】

- ・ 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため振れ幅を正確に合わせる事が難しかった。
- ・ 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく、前後斜めに振れてしまった。
- ・ ツーダンクリップによる固定は、割り箸に直接くくりつけるよりも長さの調整が容易であるが、実験中に支点が揺れてしまう問題があった。
- ・ 10 往復で±0.2 秒程度の誤差が生じた。しかし、1 往復のはかり方が変わったため、平成 4 年度の実験と比べて誤差が減少した。
- ・ 振れ幅を変えて実験を行う際に 30° と 50° では差が小さく、違いが分かりにくいため、素朴概念が変容しにくいと考えられる。

3) 東京書籍 平成 12 年度『新訂 新しい理科 5 下』

この時期の振り子実験の特徴は、①振り子の固定は割り箸に糸を直接はさんで巻き付ける方法を用いている、②実験を行う際の振り子の長さが 50cm、1m と長くなった、の 2 点である。導入では振り子についての説明や、振り子の一種であるブランコやおもりの働きで動くおもちゃの紹介がある。そして、おもりの働きで動くおもちゃの振れ幅が同じであるが、振れる速さが違う理由について考え、試してみる活動がある。

【実験方法】

おもりの重さ 10g、振り子の長さ 1m、振れ幅 60° を基準として、おもりの重さ 20g、振り子の長さ 50cm に変えてそれぞれ 10 往復する時間を 3 回ずつ計測し 3 で割って 10 往復する平均の時間を求め、平均を 10 で割って 1 往復する時間を求める。振れ幅を変える際は、おもりの重さと振り子の長さは基準のまま、振れ幅を 30° と 50° に変えて実験を行う。

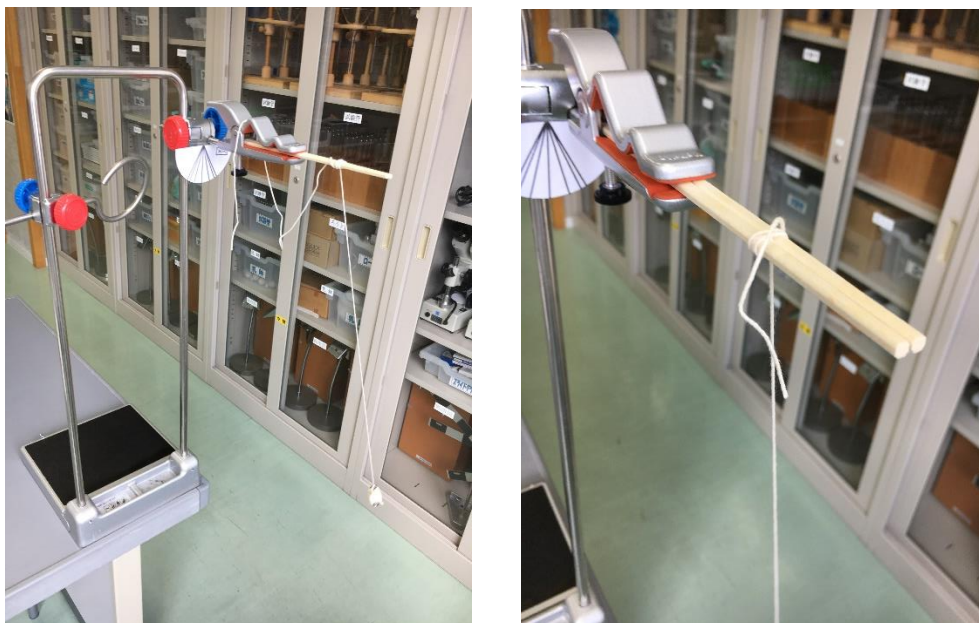


図 7. 割り箸に巻き付けた振り子

【実験結果】

それぞれの条件による周期は表 12 のようになった。

表 12. 条件の変化による周期の変化（平成 12 年度）

	変える条件	10往復する時間(秒)				1往復する時間(秒)
		1回目	2回目	3回目	平均	平均/10
ふれはば60° 振り子の長さ1m	おもりの重さ	1回目	2回目	3回目	平均	平均/10
	10g	20.5	20.5	20.42	20.47	2.05
	20g	20.44	20.48	20.6	20.51	2.05
おもりの重さ10g ふれはば60°	振り子の長さ	1回目	2回目	3回目	平均	平均/10
	1m	20.5	20.5	20.42	20.47	2.05
	50cm	14.76	14.64	14.79	14.73	1.47
おもりの重さ10g 振り子の長さ1m	ふれはば	1回目	2回目	3回目	平均	平均/10
	30°	20.36	20.36	20.43	20.38	2.04
	50°	20.4	20.3	20.21	20.3	2.03

【考察】

- ・ 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため振れ幅を正確に合わせる事が難しかった。
- ・ 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく、前後斜めに振れてしまった。
- ・ 割り箸に直接巻き付ける固定方法だと、ツェンクリップによる固定よりもしっかりと固定することができると分かった。
- ・ 10 往復で±0.2 秒程度の誤差が生じた。
- ・ 振れ幅を変えて実験を行う際に 30° と 50° では差が小さく、違いが分かりにくいため、素朴概念が変容しにくいと考えられる。
- ・ 振り子の長さを長くすることで振り子の長さによる周期の違いが分かりやすく、素朴概念を変容しやすいと考えられる。

4) 東京書籍 平成 14 年度『新しい理科 5 下』

この時期の振り子実験の特徴は、①振れ幅の角度が 30° 、 60° と少しではあるが差が大きくなったという点である。導入ではテンポ振り子についての紹介とテンポ振り子が曲のはやさに合わせて振れるようにするにはどうすればよいか考える活動、振り子についての説明がある。

【実験方法】

おもりの重さ 10g、振り子の長さ 1m、振れ幅 60° を基準として、おもりの重さ 20g、振り子の長さ 50cm、振れ幅 30° に変えてそれぞれ 10 往復する時間を 3 回ずつ計測し 3 で割ったものを 10 往復する時間とし、それを 10 で割ったものを 1 往復する時間とする。



図 8. テンポ振り子と振れ幅 60° の振り子 (平成 14 年度)

【実験結果】

それぞれの条件による周期は表 13 のようになった。

表 13. 条件の変化による周期の変化（平成 14 年度）

	おもりの重さ	1回目	2回目	3回目	10往復する時間	1往復する時間
ふれはば60° 振り子の長さ1m	10g	20.54 秒	20.24 秒	20.56 秒	20.45 秒	2.05 秒
	20g	20.69 秒	20.32 秒	20.57 秒	20.53 秒	2.05 秒
おもりの重さ10g ふれはば60°	振り子の長さ	1回目	2回目	3回目	10往復する時間	1往復する時間
	1m	20.54 秒	20.24 秒	20.56 秒	20.45 秒	2.05 秒
	50cm	14.72 秒	14.88 秒	14.84 秒	14.81 秒	1.48 秒
おもりの重さ10g 振り子の長さ1m	ふれはば	1回目	2回目	3回目	10往復する時間	1往復する時間
	60°	20.54 秒	20.24 秒	20.56 秒	20.45 秒	2.05 秒
	30°	20.37 秒	20.37 秒	20.3 秒	20.35 秒	2.04 秒

【考察】

- ・ 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため振れ幅を正確に合わせる事が難しかった。
- ・ 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく、前後斜めに振れてしまった。
- ・ 割り箸に直接巻き付ける固定方法だと、ツェンクリップによる固定よりもしっかりと固定することができる事が分かった。
- ・ 10 往復で±0.2 秒程度の誤差が生じた。
- ・ 振れ幅の差が過去の教科書の実験よりも大きくなったので、振れ幅の違いが分かりやすく、素朴概念の変容につながると考えられる。
- ・ テンポ振り子は振れている時間が短く、曲のテンポに合わせて振れるようにするのが難しいので、工夫が必要であると考えられる。

5) 東京書籍 平成 17 年度『新編 新しい理科 5 下』

この時期の振り子実験の特徴は、平成 14 年度の教科書における実験内容と同じで特に変化はなく、振り子の固定は割り箸に糸を直接はさみ巻き付ける方法で、用いる道具のおもりの重さは 10g と 20g、振り子の長さは 50cm と 1m、振れ幅は 30° と 60° である。導入では、ふれるおもちゃ、メトロノーム、テンポ振り子についての紹介があり、テンポ振り子が曲の速さに合わせて振れるようにするにはどうすればよいか、考える活動、振り子についての説明がある。また、テンポ振り子の棒が重なる部分の固定にはクリップが用いられるようになった。

【実験方法】

おもりの重さ 10g、振り子の長さ 1m、振れ幅 60° を基準として、おもりの重さ 20g、振り子の長さ 50cm、振れ幅 30° に変えてそれぞれ 10 往復する時間を 3 回ずつ計測し 3 で割ったものを 10 往復する時間とし、それを 10 で割ったものを 1 往復する時間とする。



図 9. テンポ振り子と 20g のおもりの取り付け部分

【実験結果】

それぞれの条件による周期は表 14 のようになった。

表 14. 条件の変化による周期の変化（平成 17 年度）

	おもりの重さ	1回目	2回目	3回目	10往復する時間	1往復する時間
ふれはば60° 振り子の長さ1m	10g	19.95 秒	20.19 秒	20.21 秒	20.12 秒	2.01 秒
	20g	19.99 秒	20.16 秒	20.23 秒	20.16 秒	2.02 秒
おもりの重さ10g ふれはば60°	振り子の長さ	1回目	2回目	3回目	10往復する時間	1往復する時間
	1m	19.95 秒	20.19 秒	20.21 秒	20.12 秒	2.01 秒
	50cm	14.23 秒	14.33 秒	14.22 秒	14.26 秒	1.43 秒
おもりの重さ10g 振り子の長さ1m	ふれはば	1回目	2回目	3回目	10往復する時間	1往復する時間
	60°	19.95 秒	20.19 秒	20.21 秒	20.12 秒	2.01 秒
	30°	20.01 秒	19.86 秒	19.81 秒	19.96 秒	2.00 秒

【考察】

- ・ 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため振れ幅を正確に合わせる事が難しかった。
- ・ 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく、前後斜めに振れてしまった。
- ・ 割り箸に直接巻き付ける固定方法だと、ツェンクリップによる固定よりもしっかりと固定することができる事が分かった。
- ・ 10 往復で±0.2 秒程度の誤差が生じた。
- ・ クリップによる固定のテンポ振り子は、棒の長さの調節が簡単であるが、勢いが強かった時に固定部分がずれてしまうことがあった。
- ・ 振れ幅を変える実験において結果に誤差が生じ、振れ幅が小さいほうが周期は短くなった。これは児童の持つ素朴概念と同じであるので、素朴概念を変容することはできないと考えられる。

6) 東京書籍 平成 23 年度『新しい理科 5』

この時期の振り子実験の特徴は、①実験を行う際の条件に、おもりの重さ 30g、振れ幅 90° が追加された、②実験内容の振り子の長さが 40cm、70cm、1m に変更された、③実験結果を表だけでなく、グラフにも整理するようになった、の 3 点である。導入では、初めに振り子の説明とガリレオ・ガリレイについての話、身のまわりにある振り子に関するものを思い出す活動や、メトロノーム、テンポ振り子についての紹介があり、テンポ振り子が曲の速さに合わせて振れるようにするには、どうすればよいか考え、様々なテンポの曲に合わせてみる活動がある。

【実験方法】

おもりの重さ 10g、振り子の長さ 1m、振れ幅 60° を基準として、おもりの重さ 20g、30g、振り子の長さ 40cm、70cm、振れ幅 30° 、 90° に変えて、それぞれ 10 往復する時間を 3 回ずつ計測し 3 で割ったものを 10 往復する平均時間とし、それを 10 で割ったものを 1 往復する平均時間とする。

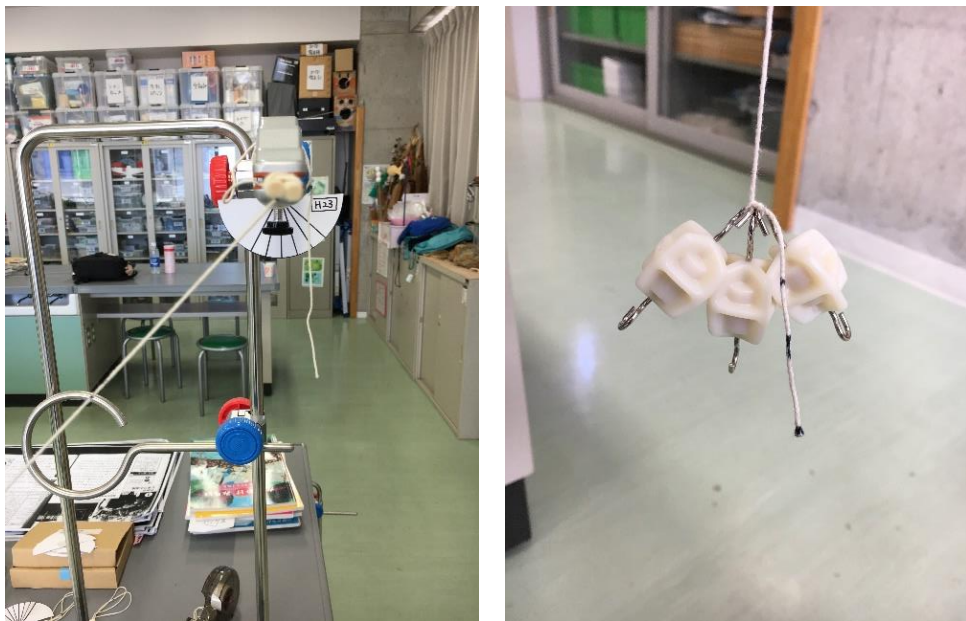


図 10. 振れ幅 90° の様子と 30g のおもりの取り付け部分

【実験結果】

それぞれの条件による周期は表 15 のようになった。

表 15. 条件の変化による周期の変化（平成 23 年度）

ふれはば60° 振り子の長さ1m	おもりの重さ	1回目	2回目	3回目	10往復する 平均時間	1往復する 平均時間
	10g	20.13 秒	20.11 秒	20.06 秒	20.10 秒	2.01 秒
	20g	20.14 秒	20.39 秒	20.20 秒	20.24 秒	2.02 秒
	30g	20.21 秒	20.25 秒	20.31 秒	20.26 秒	2.03 秒
おもりの重さ10g ふれはば60°	振り子の長さ	1回目	2回目	3回目	10往復する 平均時間	1往復する 平均時間
	40cm	12.67 秒	12.64 秒	12.65 秒	12.65 秒	1.27 秒
	70cm	16.83 秒	16.82 秒	16.80 秒	16.82 秒	1.68 秒
	1m	20.13 秒	20.11 秒	20.06 秒	20.10 秒	2.01 秒
おもりの重さ10g 振り子の長さ1m	ふれはば	1回目	2回目	3回目	10往復する 平均時間	1往復する 平均時間
	30°	19.88 秒	19.99 秒	19.96 秒	19.94 秒	1.99 秒
	60°	20.13 秒	20.11 秒	20.66 秒	20.10 秒	2.01 秒
	90°	20.35 秒	20.40 秒	20.36 秒	20.37 秒	2.04 秒

【考察】

- ・ 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため振れ幅を正確に合わせる事が難しかった。
- ・ 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく、前後斜めに振れてしまった。
- ・ 振れ幅を変えて行う実験の結果において 10 往復する平均時間に±0.4 秒程度の誤差が生じた。
- ・ おもりの数が増えた際に取り付けることが少し困難であった。
- ・ 振れ幅 90° のとき勢いが強くなり、スタンドごと少し揺れてしまったことが誤差の原因になったと考えられる。

7) 東京書籍 平成 27 年度『新編 新しい理科 5』

この時期の振り子実験の特徴は、①実験内容の振り子の長さが、25cm、50cm、75cm に変更された、②実験内容の振れ幅が 20°、40°、60° に変更された、③実験結果を表へ記入する際、振り子の 10 往復する時間を記入しないようになった、の 3 点である。導入では、初めに振り子の説明と、ガリレオ・ガリレイについての話があり、身のまわりにある振り子に関係するものを思い出す活動、メトロノーム、テンポ振り子についての紹介があり、テンポ振り子が曲の速さに合わせて振れるようにするにはどうすればよいか考える活動がある。

【実験方法】

おもりの重さ 10g、振り子の長さ 25cm、振れ幅 20° を基準として、おもりの重さ 20g、30g、振り子の長さ 50cm、75cm、振れ幅 40°、60° に変えて、それぞれ 10 往復する時間を計測し 10 で割る。同じように 3 回繰り返し、3 回の合計時間を 3 で割ったものを 1 往復する平均時間とする。割り切れない場合は小数第 2 位を四捨五入する。

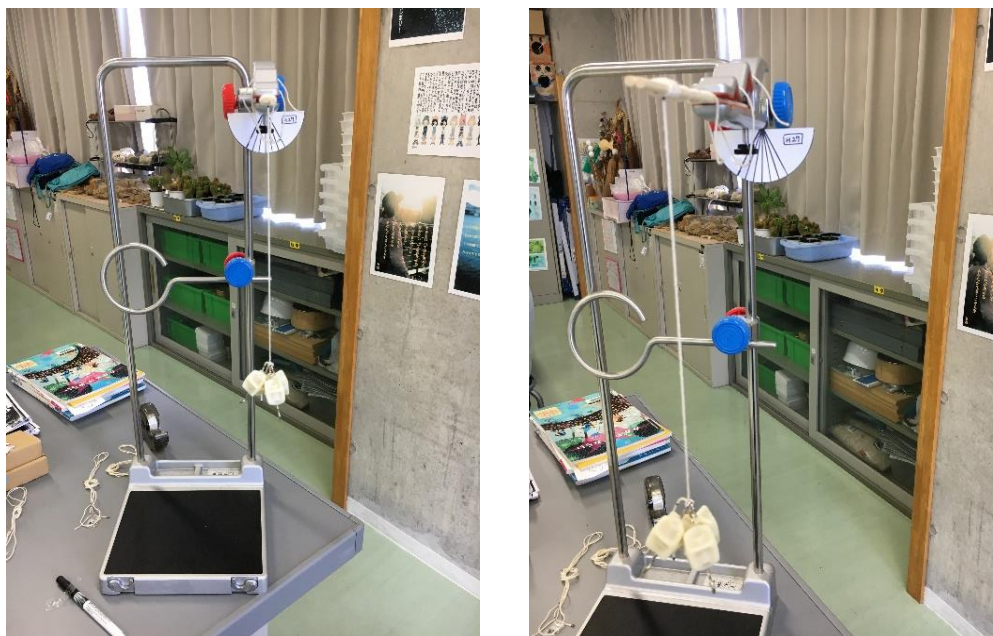


図 11. 30g のおもりを取り付けた振り子の様子

【実験結果】

それぞれの条件による周期は表 16 のようになった。

表 16. 条件の変化による周期の変化（平成 27 年度）

おもりの重さ10g ふれはば20°	振り子の長さ	1回目	2回目	3回目	平均
	25cm	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	50cm	1.4 秒	1.4 秒	1.4 秒	1.4 秒
	75cm	1.7 秒	1.7 秒	1.7 秒	1.7 秒
ふれはば20° 振り子の長さ 25cm	おもりの重さ	1回目	2回目	3回目	平均
	10g	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	20g	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	30g	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
おもりの重さ10g 振り子の長さ 25cm	ふれはば	1回目	2回目	3回目	平均
	20°	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	40°	0.9 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	60°	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒

【考察】

- ・ 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため振れ幅を正確に合わせる事が難しかった。
- ・ 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく、前後斜めに振れてしまった。
- ・ おもりの数が増えた際に取り付けることが少し困難であった。
- ・ 実験結果の記入において、割り切れない場合は小数第 2 位を四捨五入する、と記載されているので、結果として誤差は生じなかった。
- ・ 振り子の長さを変える実験結果において大きな差がないので、振り子の周期は振り子の長さによってのみ変わるという科学概念を獲得させ、素朴概念を変容させることが困難であると考えられる。ただ、これは児童がどの程度の実験結果の差を誤差と捉えるかによって、変わってくるので、検討が必要であると考えられる。

【考察】

歴代教科書の追試を行い、全ての実験に共通してみられる問題点は以下の3点である。

1. 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため、振れ幅を正確に合わせる事が難しい。
2. 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく前後斜めに振れてしまう。
3. 実験結果に誤差が生じる。

これらの他に教科書の年代ごとに問題点はいくつかあったが、教科書が変わるタイミングで実験内容も改善されてきた。しかし、最も新しい平成27年度の教科書の実験内容においても問題点が見つかったので、歴代教科書に共通する問題点と共に改善する必要があると考えられる。平成27年度の教科書の実験内容における問題点は以下の2点である。

1. おもりの数が増えた際に取り付けることが少し困難であった。
2. 実験結果の記入において、割り切れない場合は小数第2位を四捨五入することになっているので結果として誤差は生じなかったが、振り子の長さを変える実験結果において大きな差がない。

問題点の2は、誤差が生じないというメリットであるが、実験結果に大きな差がなく素朴概念が変容しにくいと考えられるため問題点としておく。

以上の考察をもとにして、問題点を改善し、児童に正しい科学概念を獲得させ、素朴概念を変容させることができるような教材を開発できるよう、研究を進めていくこととする。

第4章 教材開発

教科書の追試で明らかになった問題点の改善策は以下の通りである。

1. 振れ幅を合わせる厚紙と糸との距離が離れているため、振れ幅を正確に合わせる事が難しい。
→振れ幅を合わせる厚紙を大きくすることで、距離が離れていても振れ幅を合わせやすくなると考える。
2. 振り子が振れている間に徐々に軌道がずれていき、左右だけでなく前後斜めに振れてしまう。
→振り子の糸を垂直方向の1本からV字型2本にすることで前後斜めの振れを制御でき、左右の振れのみになると考えられる。
3. (1)実験結果に誤差が生じる。
(2)実験結果の記入において、割り切れない場合は小数第2位を四捨五入することになっているので結果として誤差は生じなかったが、振り子の長さを変える実験結果において大差ない。
→振り子の10往復する時間を計測する際に、デジタルタイマーを使用することで、小数第1位以下が表示されなくなるため、実験結果としての誤差はなくなると考えられる。
4. おもりの数が増えた際に取り付けることが少し困難であった。
→おもりの取り付け方を、糸で結んで取り付ける方法ではなく、振り子の先端の糸を輪状にして引っ掛けるようにすることで、おもりの取り付けが簡単になると考えられる。

このように教材を改善することで問題なくスムーズな実験を行うことができ児童の持つ素朴概念を変容させることができると考えられる。

1. 市販教材の改善

株式会社ナリカ製の振り子実験器を見てみると、前項で示した教科書実験の問題点がすでに何点か改善されていることが分かった。そこで、ナリカ製の振り子実験器を基に教材の改善を行うこととする。

ナリカ製の振り子実験器の特徴は、①振り子の糸が図のようにV字型2本になっているため、振り子の前後斜めのぶれ防止になっている、②振れ幅を調節する分度器が糸の近くにあるため振れ幅を合わせやすい、③振り子の長さ調節の際、上部の糸巻き取り器を巻き取るだけなので、糸を外さず簡単に調節することができる、の三点が挙げられる。このうち、①と②は前項で挙げた問題点のうち、1, 2が改善されたものとなっている。

しかし、まだいくつかの課題も残されている。そのため、確認できた問題点と改善策を以下に示す。

- ・ V字型の2本の糸の間隔が十分でないため、多少斜めに振れることがある。
→ V字型の2本の糸の間隔を広げる。
- ・ 長さを調節する度に振り子の長さを測るため、時間のロスが多い。
→ より簡単にするために糸を引っ掛けるだけで長さを調節することができるクリップを支柱に取り付ける。

上記2点を前項で挙げた改善策に加え、市販教材の改善を行った様子と、新たに確認できた問題点を以下に示す。

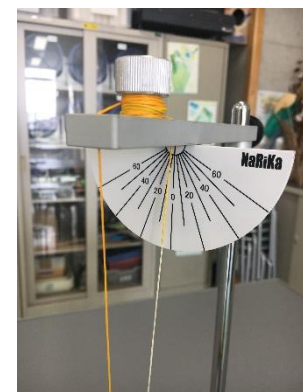


図 12. 市販の振り子

前項の改善策4. 振り子の先端に輪状に結んだ糸を取り付け、おもりをひっかけやすくする、と市販教材の改善策2点、の3点を踏まえて、図のような教材を開発した。



図 13. 市販の振り子改善策

図のように、V字型の2本の糸の間隔を広げることで、斜めに振れることは無くなった。しかし、糸の長さを長くして実験した際に、V字型の間隔を広げたために土台部分に糸が引っかかってしまい、正確な実験を行うことができなかった。また支柱の長さが元々短いため、長さ調節をより簡単にするためのクリップを取り付けるのに十分な高さが無く、クリップを取り付けることができなかった。振り子の先端に輪状にした糸を取り付けることで、おもりの取り付けが簡単になり、実験中に落下する心配も無くなった。しかし、結んだ糸がほどけることや、振り子の糸と結んだ糸との間に生じる摩擦を考えると、教材として適していないと考えられる。

これらのことから市販教材の改善策において新たに確認できた問題点として、①V字型の2本の糸の間隔を広げると、土台に振り子が当たる、②長さ調節のためのクリップを取り付ける支柱に十分な高さが無い、の2点が挙げられる。これら2点を前項までの改善策とまとめて、振り子実験器の問題点と改善策を次頁に示す。

1. (1)実験結果に誤差が生じる。

(2)実験結果の記入において、割り切れない場合は小数第 2 位を四捨五入することになっているので結果として誤差は生じなかったが、振り子の長さを変える実験結果において大きな差がない。

→振り子の 10 往復する時間を計測する際に、デジタルタイマーを使用することで、小数第 1 位以下が表示されなくなるため、実験結果としての誤差はなくなると考えられる。

2. V字型の 2 本の糸の間隔が十分でないため、多少斜めに振れることがある。

→V字型の 2 本の糸の間隔を広げることで、振り子が斜めに振れることは無くなる。

3. 間隔を広げるとスタンドの土台に振り子が当たってしまう。

→支柱を土台の端に取り付けることができるスタンドを用いて、机の端に器具を設置して実験を行うことで、振り子が土台に当たることは無くなる。

4. 糸を引っ掛けるだけで長さを調節することができるクリップを取り付けるための支柱の高さが足りない。

→支柱が 2 本のスタンドを用いることで、高さが無くても横の支柱にクリップを取り付けることができ、糸を引っ掛けるだけで長さをより簡単に調節することができるようになる。

これら 4 点の改善策を基に児童の持つ素朴概念を修正し、理解を定着させ向上を促すことができる、操作がシンプルで仕組みがわかりやすい教材の開発を進めていくこととする。

2. 新教材開発

歴代教科書の追試、市販教材の改善を通して教材の問題点を発見し、教材開発のための改善策を4点見出すことができた。そのため本項では、4点の改善策を基に、振り子実験器の教材開発を行っていくこととする。

(1) 使用材料

教材開発にあたっては、以下の材料を使用した。

- ① ナリカ製鉄製スタンド（U型支柱、支持環）
- ② 糸（伸縮性の無い物）
- ③ ストロー（曲がるタイプ、210mm）
- ④ 目玉クリップ（はさみ口約40mm）
- ⑤ 分度器（厚紙に印刷し、4枚重ねたもの）
- ⑥ 養生テープ
- ⑦ グルーガン
- ⑧ セロハンテープ

養生テープはストローの取り付けと、目玉クリップの取り付け位置の目印とするために使用した。グルーガンは、糸と目玉クリップを結んだ際の結び目に接着し、糸がほどけないようにするために使用した。セロハンテープは分度器を固定するために使用した。

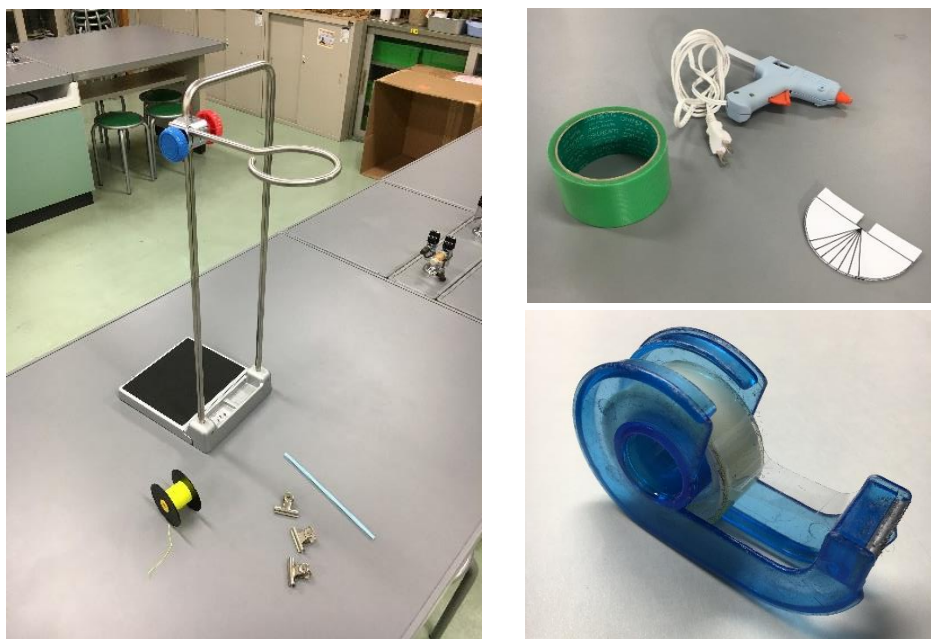


図 14. 改善振り子実験器開発材料

(2) 製作手順

次に、開発した教材の製作手順を説明していくこととする。

①ストローに切り込みを入れ、養生テープで支持環に取り付ける

図のようにストローの端（曲がらない方）から 3.5mm と 15.5mm の部分にひし形の切り込みを入れ、曲がらない方を養生テープで支持環に取り付ける。

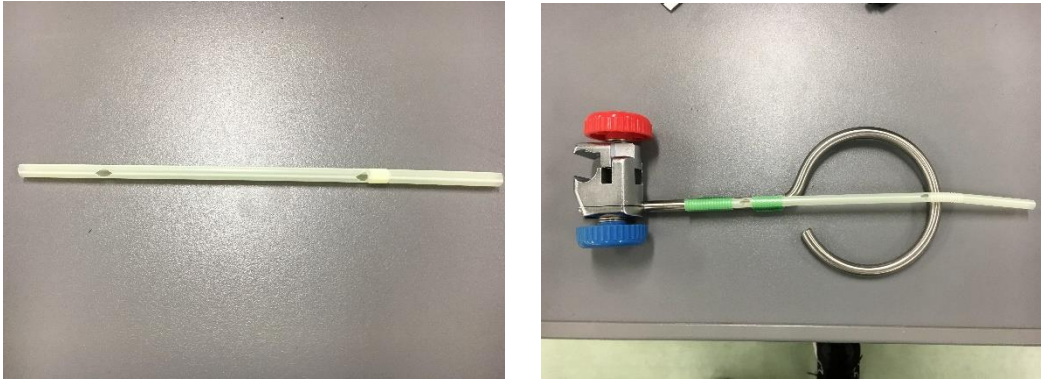


図 15. ストローと支持環

②支持環を鉄製スタンドに取り付け、ストローを固定し、切り落とす

支持環を鉄製スタンドに取り付け、図のようにストローを曲げた状態にして、養生テープで固定する。その後ストローの飛び出ている部分を切り落とす。

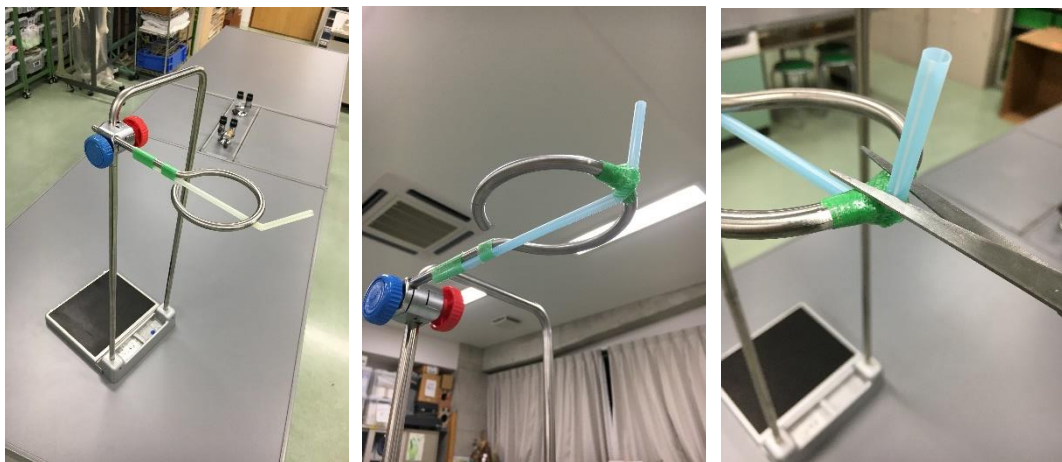


図 16. 振り子の土台

③ ストローに糸を通し、片方のみ支持環に結ぶ

まずストローの曲がない方から糸を通し、3.5mmの位置の切り込みから糸を出し、次に15.5mmの位置の切り込みに糸を入れる。そして切り落とした部分から糸を取り出し、支持環とストローとをクロスさせながらほどけないように結びつける。



図 17. ストローへの糸の通し方

糸の結び方をわかりやすくするために、結ぶ順番を写真で示す。

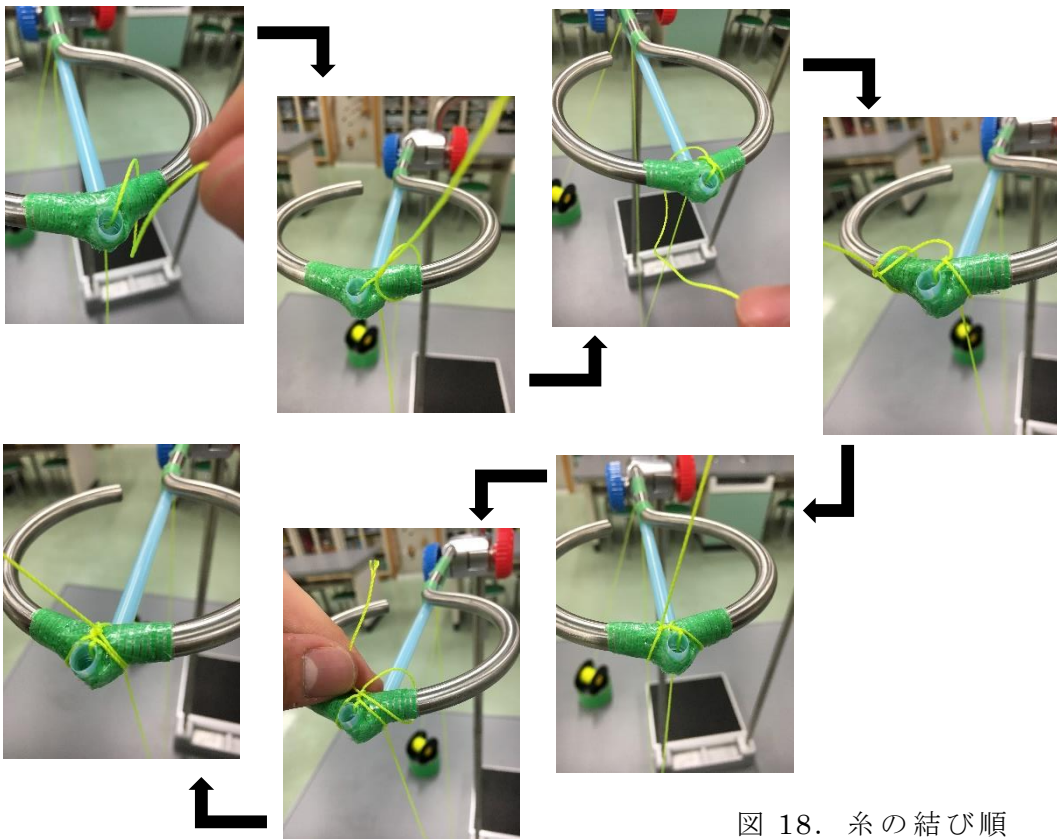


図 18. 糸の結び順

④振り子の基準の長さを調節し、目玉クリップに糸を結ぶ

振り子の長さを調節するため、V字型の糸におもりを取り付け、支点からおもりの中心までの長さを測る。平成 27 年度『新編新しい理科 5』の教科書実験においては、振り子の長さを変える条件は 25cm、50cm、75cm のため振り子の長さが最も長くなる 75cm に合わせる。長さを合わせる事ができたら、目玉クリップをスタンドの支柱に取り付け、クリップの穴に糸を通し、結ぶ。そして養生テープで糸の動きを制限し結び目がほどけないようにグルーガンで接着する。また、この段階で、クランプの上側と目玉クリップの下側に目印として養生テープを貼る。

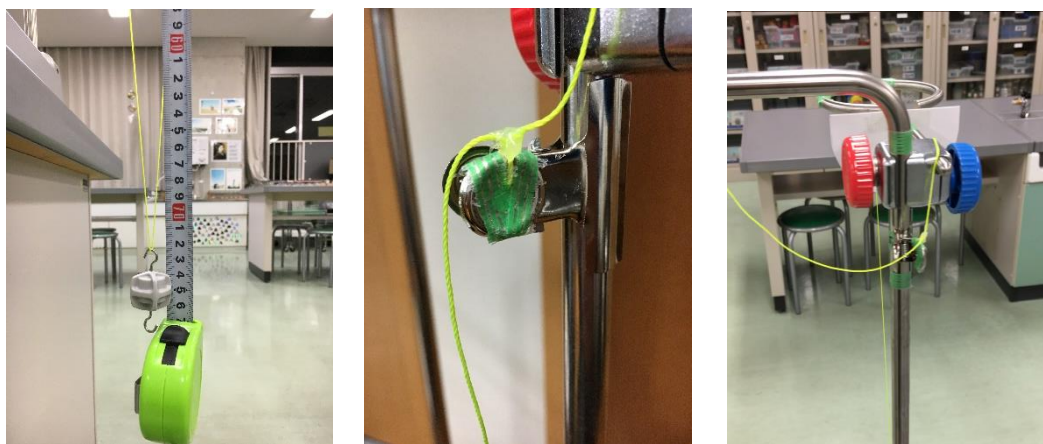


図 19. 振り子の長さ調節（基準）

⑤全ての長さ調節をする

振り子の長さを 50cm に合わせる際、支持環を取り付けている支柱と同じ支柱に目玉クリップを取り付け、そこに糸を引っ掛けて調節する。長さを 25cm に合わせる際は何もついていないもう一方の支柱に目玉クリップを取り付け、そこに糸を引っ掛けて調整する。このとき 50cm 部分のクリップに引っ掛けている糸は完全に外すのではなくクリップに糸がかかっている状態のまま糸を引っ張って 25cm 部分のクリップに糸をかけるようにする。次頁に写真を示す。

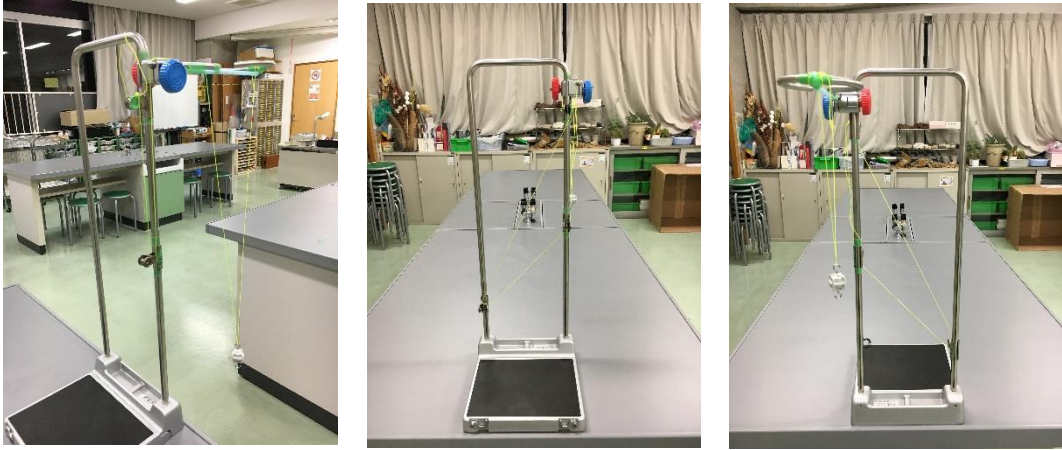


図 20. 振り子の長さ調節完成形

ここでも④と同じように、目印としてそれぞれの目玉クリップの上側と下側に養生テープを貼り付ける。また糸をかけたとき振り子の長さがわかるよう目玉クリップの横面に 25cm、50cm、75cm をそれぞれテープに書いて貼り付ける。

⑥分度器を取り付ける

分度器を厚紙に印刷し、4枚重ねるときに両側から角度を見ることができるよう重ねて貼り付ける。分度器は糸に当たらないように注意してセロハンテープで支持環に取り付ける。また接着が弱ければ角度にずれが生じてしまうので、しっかりと固定する。

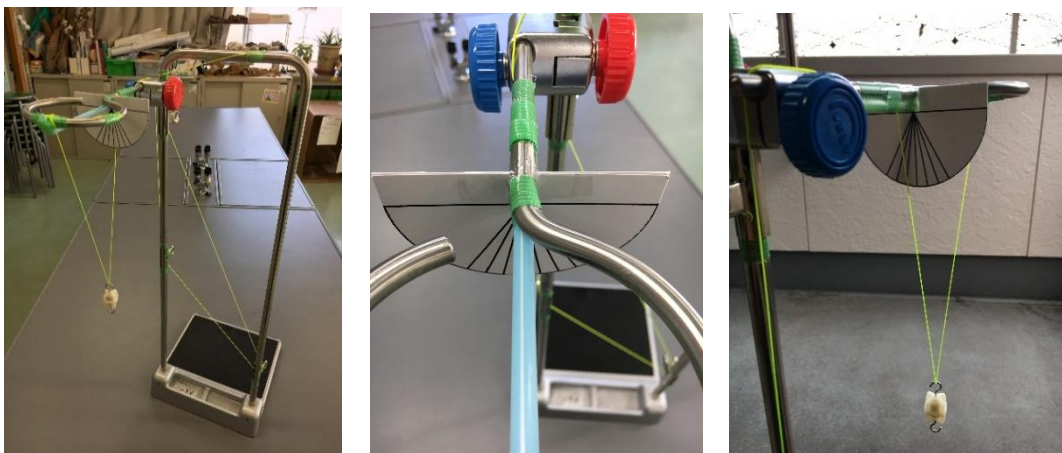


図 21. 振り子実験器完成形

(3) 考察

4点の改善策を基に前項の製作手順で振り子実験器を開発することができた。

実際に開発した教材の振り子実験器としての機能を確認するために、平成27年度『新編新しい理科5』の教科書実験と同じ内容の実験を行い、実験の様子やデータ、確認できたことを以下にまとめる。

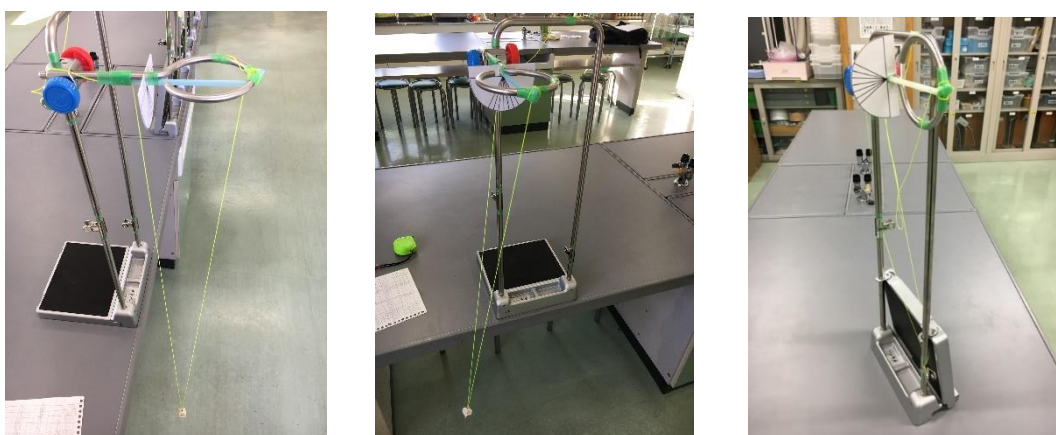


図 22. 開発教材を用いた実験の様子

表 17. 条件の変化による周期の変化（開発教材）

おもりの重さ10g ふれはば20°	振り子の長さ	1回目	2回目	3回目	平均
	25cm	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	50cm	1.4 秒	1.4 秒	1.4 秒	1.4 秒
	75cm	1.7 秒	1.6 秒	1.7 秒	1.7 秒
ふれはば20° 振り子の長さ 25cm	おもりの重さ	1回目	2回目	3回目	平均
	10g	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	20g	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	30g	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
おもりの重さ10g 振り子の長さ 25cm	ふれはば	1回目	2回目	3回目	平均
	20°	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	40°	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒
	60°	1 秒	1 秒	1 秒	1 秒

改善策に対する結果は次の通りである。

- ・振り子の 10 往復する時間を計測する際、ストップウォッチではなくデジタルタイマーを用いたため、ほとんど誤差は生じなかった。
- ・V字型の 2 本の糸の間隔を広くしたため、振り子が斜めに振れることは無くなった。
- ・土台の端にU型支柱が取り付けられている鉄製スタンドを用いて制作したため机の端に器具を設置して実験を行うことができ、振り子が土台に当たることは無くなった。また、2本の支柱にクリップを取り付けることで糸を引っ掛けるだけで長さを簡単に調節できるようになった。

改善策の結果以外にも確認できたことがあったので、以下に示す。

- ・分度器の角度を両面に示したため、実験器の後ろ側からでも振れ幅を確認することができるようになった。
- ・図 22 のように鉄製スタンドを折りたたむことが可能なため、教材をわずかなスペースに収納することができる。
- ・材料に用いているものがストローや糸、厚紙と安価なものであるため、鉄製スタンドと支持環があれば、安く、簡単に教材を製作することができる。

これらのことから、開発した振り子実験器は問題点を改善し、さらに新たなメリットを生むことができた。そのため、児童の持つ素朴概念を修正し、理解を定着させ理解度の向上を促すための、操作がシンプルで仕組みがわかりやすい教材として実際の授業で取り入れることは可能であると考える。しかし、実際に開発した教材を取り入れた授業を行っていないため、小学校現場において教材が適切であるか確認できていない。

そのため次章の授業実践では、小学校現場において教材として効果があり、適切かどうかを調査していくこととする。

第5章 授業実践

前章では研究仮説にもとづき教科書実験の追試を行い、改善策を提案した。本章では調査授業を行い、開発教材が実際の教育の場において、適切であるか調査・検討する。また、「振り子の運動」の学習前に児童の持つ素朴概念がどのように変容するのか先行研究を基に調べる。

1. レディネス調査

① 調査目的

本調査は「振り子の運動」の学習前に児童が生活経験を基にどのような素朴概念を持っていて、その素朴概念が学習後にどのように変容するかを目的とした学習前の素朴概念の調査を行う。

② 調査対象

岡山県K市立K小学校 5年生 47名

1組 23名（男子 12 女子 11） 2組 24名（男子 12 女子 12）

③ 調査日時

平成29年11月1日（水）

④ 調査方法・調査項目

「振り子の運動」の学習と関係する素朴概念を含む問題①～⑧について、解答を○△×で示すアンケート調査を図23の調査用紙で行った。全ての問題は×が正答である。

「振り子の運動」の単元では問題①、⑦、⑧の素朴概念は含まれないが、中村・荒木の『「ものの動きとはたらき」に関する小学生から大学生に至る素朴概念の比較⁸⁾』（1999）における調査用紙を参考に本研究の調査用紙を作成したので、同じように調査を行った。

本研究で使用した調査用紙を次頁に示す。

次の①～⑧の問題について、そう思うものには○、そうは思わないものには×、よくわからないものには△、を の中に書き込みましょう。

①重い物と軽い物を同じ
高さから同時に落とすと、
重い物の方が先に地面に
つく。



②体重の重い人がブラン
コに乗ると、いきおい
がつくので、行っても
どってくるまでの時間
は短くなる。



③体重の軽い人がブランコに
乗ると、行ってもどってくる
までの時間は短くなる。



④ブランコのゆれるはば
が小さいと、行っ
てもどってくるまでの
時間は短くなる。



⑤ブランコのゆれるはばが
大きいと、いきおいがつく
ので、行ってもどってくる
までの時間は短くなる。



⑥ブランコのロープの
長さを変えても、行っ
てもどってくるまでの時間
は変わらない。



⑦ブランコにのったとき、
地面に一番近くなると
一番スピードが小さく
なる。



⑧坂では、重いボール
ほど速く転がる。

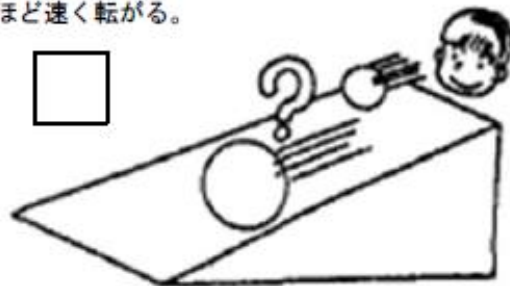


図 23. 振り子素朴概念調査用紙

⑤ 調査結果

アンケート調査の結果を基に、○△×の人数・百分率を問題ごとに以下の図 24 と表 18～25 にまとめる。問題は要約したものを示す。全ての問題は×が正答である。

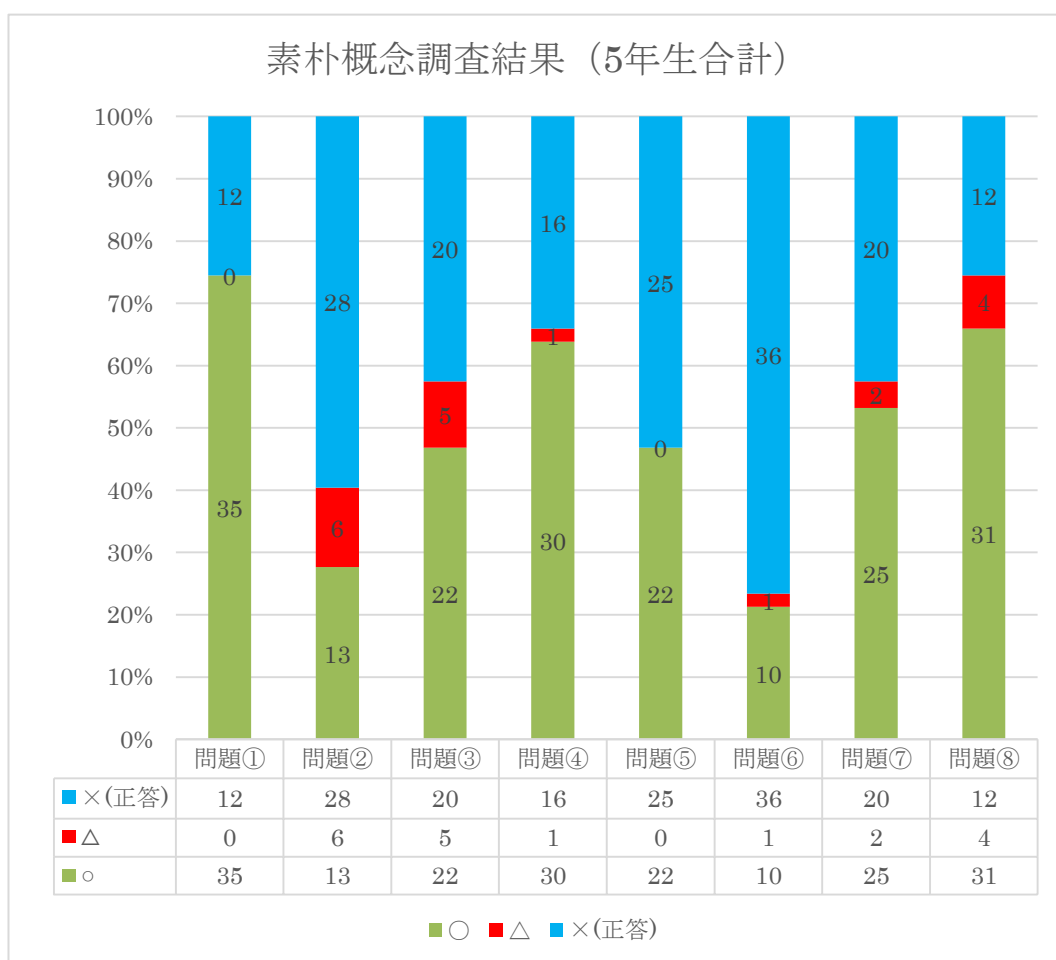


図 24. 素朴概念調査結果

表 18. 問題①「軽い物より重い物の方が先に地面に落ちる」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	19	82.6	0	0	4	17.4
小学 5 年生 2 組	16	66.7	0	0	8	33.3
合計	35	74.5	0	0	12	25.5

表 19. 問題②「重い人がブランコに乗ると周期が短くなる」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	6	26.1	4	17.4	13	56.5
小学 5 年生 2 組	7	29.2	2	8.3	15	62.5
合計	13	27.6	6	12.8	28	59.6

表 20. 問題③「軽い人がブランコに乗ると周期が短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	10	43.5	4	17.4	9	39.1
小学 5 年生 2 組	12	50	1	4.2	11	45.8
合計	22	46.8	5	10.6	20	42.6

表 21. 問題④「ゆれ幅が小さいと周期が短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	11	47.8	1	4.4	11	47.8
小学 5 年生 2 組	19	79.2	0	0	5	20.8
合計	30	63.8	1	2.1	16	34.1

表 22. 問題⑤「ゆれ幅が大きいと周期は短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	11	47.8	0	0	12	52.2
小学 5 年生 2 組	11	45.8	0	0	13	54.2
合計	22	46.8	0	0	25	53.2

表 23. 問題⑥「ロープの長さを変えても周期は変わらない」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	6	26.1	1	4.3	16	69.6
小学 5 年生 2 組	4	16.7	0	0	20	83.3
合計	10	21.3	1	2.1	36	76.6

表 24. 問題⑦「地面に一番近いとき一番スピードが小さい」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	10	43.5	2	8.7	11	47.8
小学 5 年生 2 組	15	62.5	0	0	9	37.5
合計	25	53.2	2	4.2	20	42.6

表 25. 問題⑧「重いボールほど速く転がる」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	14	60.9	3	13.0	6	26.1
小学 5 年生 2 組	17	70.8	1	4.2	6	25
合計	31	66.0	4	8.5	12	25.5

⑥ 考察

アンケートの調査結果から、①おもりの重さは軽いほうが周期は短い、②振れ幅は小さいほうが周期は短い、③糸の長さが変わると周期も変わる、という素朴概念を持っている児童が多いということが分かり、中村らの調査結果と同じであった。

2. 調査授業

① 調査目的

本調査は、教材開発を行った振り子実験器が、実際の小学校現場において、児童の持つ素朴概念を正しい科学概念の獲得と共に変容させ、正しい理解として定着し、その理解度向上を促すために適切な教材であるか調査するために行うものとする。

② 調査対象

岡山県K市立K小学校 5年生 47名

1組 23名（男子 12 女子 11） 2組 24名（男子 12 女子 12）

③ 調査日時

2月～3月

④ 調査方法

振り子の運動の単元において、教材開発を行った振り子実験器を取り入れて実験・観察を行う授業の様子を観察、記録する。授業は、東京書籍平成27年度『新編新しい理科5』の教科書の流れに沿って行う。その際、授業の流れにおける児童の動き、発言・反応、実験の際の動き、発言・反応等を映像、音声として記録するために録画撮影を行いながら授業の様子を観察する。

また、単元の終わりに2枚組のアンケート調査を行う。1枚目は単元を通しての感想、実験器具についての感想を記入する調査用紙、2枚目はレディネス調査の際に使用した調査用紙(図23)を用いる。調査の結果から、開発した実験器具に対する児童の意見の把握と、児童の持つ素朴概念の変容の結果を分析し、教材が児童の発達段階に即し、教育現場において適切であるかどうか考察する。

本研究で用いた記述式の調査用紙を次頁に示す。

年 組 番

このアンケートは、ふりこの学習を通して、みなさんがどのようなことを考えたのかについて質問します。 質問用紙は全部で2枚です。
これはテストではないので、安心して答えてください。
右上に、年 組 番 を書いてから質問に答えてください。

- ① ふりこの授業を通して、わかったことやおもしろかったこと、
むずかしかったことなどあれば、下のわくの中に書いてください。

- ② ふりこの実験器具を使ってみて、良かったところや、
悪かったところ（使いにくかったところ）などあれば、教えてください。

次のページに続きます。

図 25. 振り子実験器感想調査用紙（記述式）

⑤授業の様子

授業実践では、東京書籍平成 27 年度版教科書の流れに沿って実験を①振り子の長さを変える、②おもりの重さを変える、③振れ幅を変える、の順番で行った。授業では、まず「振り子が 1 往復する時間が短くなる順番」について予想を立てさせてから実験を行うようにした。どの実験にも意欲的に、楽しみながら取り組んでいる子供達の姿を観察することができた。実験中に振り子の往復する回数をグループで「いち、に一、さーん、、じゅうっ！」と声に出しながら数えたり、振れ幅を合わせて条件制御をするために、「もうちょっと大きく」など声をかけ合ったりと、協力して実験に取り組む様子も観察することができた。

①の振り子の長さについては、ほとんどの児童が振り子の長さが短いほど周期が短くなると予想していた。実験結果が分かり、自分の予想が当たった児童は「予想通り！」と喜んだり、振り子の長さを変えることで振れる速さが速くなった時には「速い速い！」と驚いたり、振り子の長さによって振り子の周期が変わることを捉えることができていた様子だった。一方で、振り子の長さが長いほど周期が短くなると予想していた児童は「最初思っていたのと違った！」や「短い方が速くなるんだ！」と発言しており、振り子の長さの短い方が周期は短くなるということが印象に残り、正しい理解につながってきていると感じられた。

実験器具に関しては長さ調節が簡単にでき、長さを変えるたびに測りなおす必要がないため時間短縮することができ、グループによって測定結果に誤差が生じることもなく、スムーズに実験を進めることができた。しかし、少数ではあるが長さ調節を難しく感じた児童もいるようだった。また、本来引っ掛けておくべき所に掛けていなかったり、糸が絡んだりするトラブルも散見したため、よりシンプルにする必要が感じられた。

②のおもりの重さについては、3分の2程度の児童がおもりの重さが重いほど周期が短くなると予想していた。しかし、レディネス調査では、重い人よりも軽い人がブランコに乗った方が周期は短くなる、と答えた児童が多く、授業時の予想との違いが見られた。これは、振り子実験器やおもりの実物を目にしたことにより、振り子の振れる様子をイメージしやすくなり、重い物の方が周期は短くなるといった思考が生まれたと考えられる。実際に児童から、「軽い方がスーってゆっくり動くと思う」や「重いときの方がビュンッて速く動くと思う」などの発言があった。また、「ちっちゃい子たちより自分たちの方が1往復する時間は速い」と生活経験と絡めて発言をしている児童もいた。20gのおもりをつけて実験を行った際、10gのときと結果が変わらず、「えっ、なんで一緒なん?」「変わってない!」といった驚きの声上がり、おもりを30gにした際にも、「さっきと一緒じゃん!」「どうなっとん?」のように、おもりの重さでは周期は変わらないことを強く意識し、疑問を抱くような発言もあった。

実験器具は、回数を重ねるごとに使い方に慣れていくようだった。

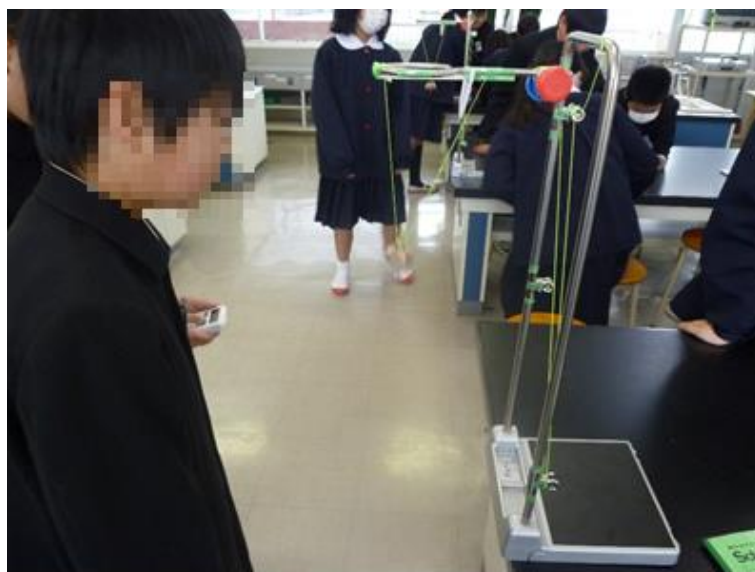


図 26. 振り子実験器使用の様子

③の振れ幅については、3分の2程度の児童が、振れ幅が小さいほど周期が短くなると予想し、3分の1程度の児童はおもりの重さを変えた実験の結果を踏まえて、振れ幅を変えても周期は変わらないと予想していた。振れ幅によって周期は変わらないと予想した児童は、予想通りに実験が進むことで、「いいね～」と感情を声に出し、振れ幅を変えても、周期が変わらないことを確認することができているようだった。振れ幅によって周期が変わると予想した児童は「え！これも一緒なん！」「長さ以外全部一緒じゃん！」のように、振り子が1往復する時間は、長さによってのみ変わり、おもりの重さや振れ幅を変えても変わらないことを、実験を通して考えているように感じた。

振れ幅を合わせる際に、実験器具の正面からと裏側からの2方向から見ながら協力して角度を調節しているグループがいくつかあり、分度器の両面に角度を示した効果があると考えた。また、「60°よりも大きい振れ幅で試してみたい」という児童の意見があったため、80°、100°など、60°以上の角度を示すことで、児童の興味・関心に沿った実験を行うことも可能であると考えられる。

次頁からは、アンケート調査の結果と分析についてまとめていくこととする。



図 27. 授業実践の様子

⑥ 調査結果と考察

調査用紙 1 枚目において、振り子実験器についてのメリットを記入した児童は 47 人中 27 人、デメリットについて記入した児童は 3 人、他 17 人は無記入であった。それぞれの意見・感想を分析し、以下にまとめる。メリットについて、大きく 3 点に分類することができた。1 点目は、実験器具全体について、2 点目は、振れ幅を合せる分度器について、3 点目は、振り子の長さ調節について、である。

・使いやすかった、分かりやすかった 10 人

〈具体記述〉

- ・実験器具の使い方がよく分かって良かった。
- ・使いやすく簡単に実験ができるのでとてもよかった。
- ・使ったらやり方など簡単なのでとてもよかった。

・分度器がついていて角度が分かりやすかった 5 人

〈具体記述〉

- ・角度が分かりやすく線になっていて、やりやすかった。
- ・分度器が上にあっただのでふれはばの位置が分かりやすかった。
- ・角度の目もりが分かりやすかった。

・振り子の長さ調節が簡単だった、分かりやすかった 12 人

〈具体記述〉

- ・振り子の長さを変えるとき、25cm,50cm,75cm のときの、それぞれのひもをひっかける場所が書いてありとても分かりやすかった。
- ・糸をかける場所に数字がかいてあるから使いやすかった。
- ・振り子の長さをはからなくてできたので、とても便利だった。
- ・クリップから糸を外すだけだったので、簡単にできた。
- ・長さの調節をすぐにできてよかった。

無記入の回答を除き、全体的にメリットについての回答を多く確認することができた。実験器具について、使いやすかった、分かりやすかったという回答が多いことから、児童にとって扱いやすい実験器具であったということが分かった。分度器を取り付ける位置や、メモリなども、実験を行うにあたって適切であることが分かった。さらに、振り子の長さ調節についての回答を最も多く確認することができた。糸を引っ掛ける部分にはクリップを用い、そのクリップに掛けると、振り子の長さが何センチメートルになるのかが分かるように、数字を記入していたことが、児童にとって分かりやすく便利であったようだ。クリップに糸を引っ掛けるだけで振り子の長さを変えることができることは、実験時間を短縮したり、誤差が生じてグループによって測定結果に違いが出ることを防いだりすることができるため、教材として適切であると考えられる。

次に、デメリットについての具体記述を以下に示す。(各 1 人)

- ・おもりのつけかた（たくさんつけるとき）が難しかった。
- ・糸の長さを変えるときの糸のかけ方や戻し方が難しかった。
- ・台がしまいにくかった。

「たくさんつけるとき」というのは、おもりの重さを変える実験で、例外で 100g までおもりを増やして実験を行ったときのことを指していると考えられるため、教科書実験に関しては問題ないと感じられる。また、台というのは振り子実験器の土台に用いた鉄製スタンドのことであるため、予めスタンドを開いておく等の支援により改善することができると考えられる。糸のかけ方や戻し方については、実験の前に操作の練習等を行うことで、簡単に扱うことができると考えられる。

次に、調査用紙 2 枚目の結果を基に、○△×の人数・百分率を問題ごとに、以下の図 28 と表 26～33 にまとめる。問題は要約したものを示す。全ての問題は×が正答である。

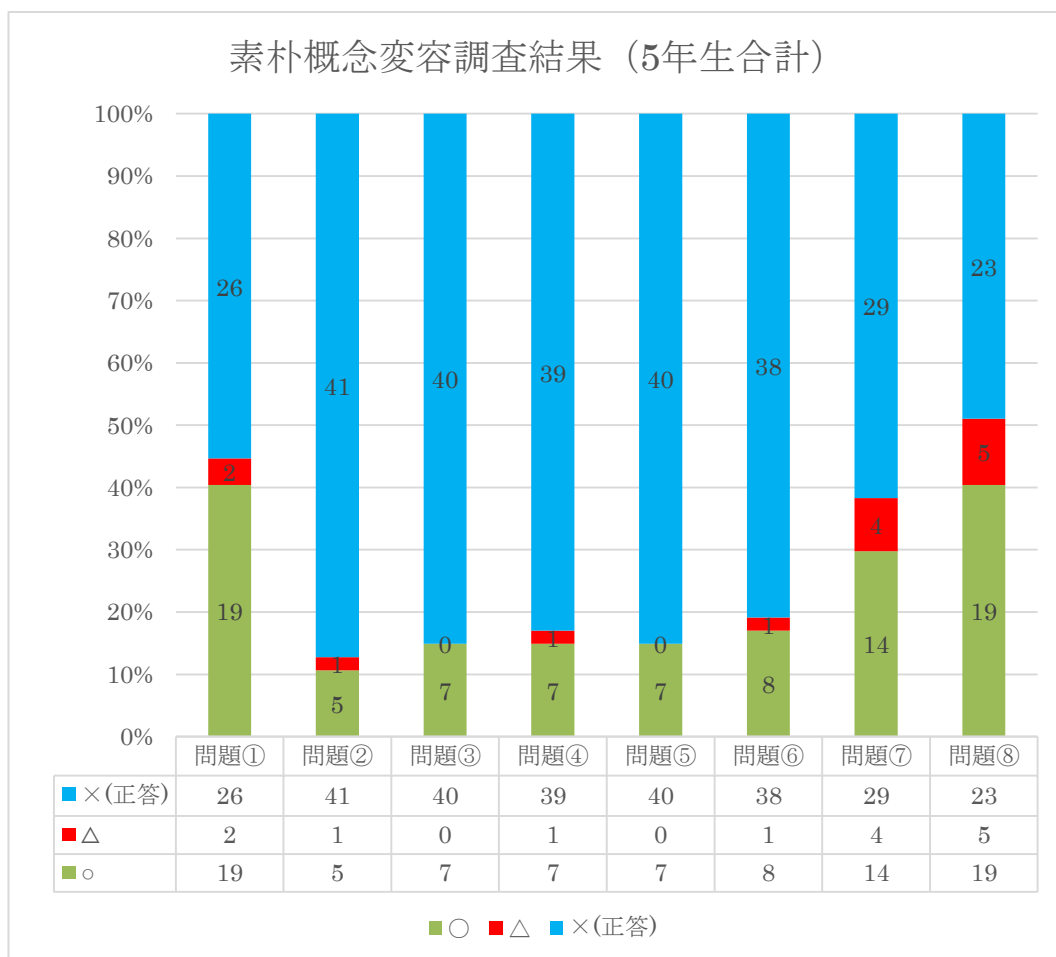


図 28. 素朴概念変容調査結果

表 26. 問題①「軽い物より重い物の方が先に地面に落ちる」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	9	39.1	2	8.7	12	52.2
小学 5 年生 2 組	10	41.7	0	0	14	58.3
合計	19	40.4	2	4.3	26	55.3

表 27. 問題②「重い人がブランコに乗ると周期が短くなる」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	3	13	1	4.4	19	82.6
小学 5 年生 2 組	2	8.3	0	0	22	91.7
合計	5	10.7	1	2.1	41	87.2

表 28. 問題③「軽い人がブランコに乗ると周期が短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	3	13	0	0	20	87
小学 5 年生 2 組	4	16.7	0	0	20	83.3
合計	7	14.9	0	0	40	85.1

表 29. 問題④「ゆれ幅が小さいと周期が短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	3	13	0	0	20	87
小学 5 年生 2 組	4	16.7	1	4.1	19	79.2
合計	7	14.9	1	2.2	39	82.9

表 30. 問題⑤「ゆれ幅が大きいと周期は短い」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	3	13	0	0	20	87
小学 5 年生 2 組	4	16.7	0	0	20	83.3
合計	7	14.9	0	0	40	85.1

表 31. 問題⑥「ロープの長さを変えても周期は変わらない」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	3	13	1	4.4	19	82.6
小学 5 年生 2 組	5	20.8	0	0	19	79.2
合計	8	17	1	2.2	38	80.8

表 32. 問題⑦「地面に一番近いとき一番スピードが小さい」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	6	26.1	3	13	14	60.9
小学 5 年生 2 組	8	33.3	1	4.2	15	62.5
合計	14	29.8	4	8.5	29	61.7

表 33. 問題⑧「重いボールほど速く転がる」の回答数

	○		△		×	
	人数	%	人数	%	人数	%
小学 5 年生 1 組	10	43.5	5	21.7	8	34.8
小学 5 年生 2 組	9	37.5	0	0	15	62.5
合計	19	40.4	5	10.7	23	48.9

調査結果から、問題②～⑥において正答率が全て 8 割を超えていることが分かる。このことから、全体の約 8 割以上の児童が正しい科学概念の獲得により素朴概念の変容に至ったと考えられる。また、47 人中 29 人の児童が問題②～⑥において全て×で答えており、振り子の決まりを日常生活の事象と結びつけて考える事のできている児童は、全体の約 5 割程度で、8 割の児童が全問正答という訳ではなかった。

3. 考察

アンケート調査の結果から、児童が学習前から持っている素朴概念が学習によって変容し、正しい科学概念の獲得や、理解につながることを確認することができた。学習前では、振り子の運動についての科学概念と同じ素朴概念を持つ児童の割合は、最も低くて3割程度、最も高くても7割程度のため、平均では5割程度であった。この割合が学習後には、平均で8割を超えていたため、多くの児童が正しい科学概念を獲得し、理解につなげることができていると考えられる。

また、授業においては本研究で開発した振り子実験器を使用し、児童の理解につながる実験を行うことができたため、開発教材は実際の教育の場において適切であると考えられる。中でも、振り子の長さを簡単に調節することができるようにしたことが、大きなメリットであることが分かった。教科書の方法に従って実験を行うと、振り子の長さを変えて行う実験の際には、長さを変える度に測り直す必要があり、時間のロスが大きくなる。一方で、開発教材ではクリップに糸を引っ掛けるだけで長さを調節することができるため、児童が長さを変える際に費やす時間は、10秒にも満たない短時間であった。すべての実験器具で同じように長さの調節を行っているため、グループによって長さに誤差が生まれ、実験結果が異なるという問題もなく実験を進めることができた。さらに、どのクリップに糸を掛けると長さが変わるのか分かりやすくするために、クリップに数値を示していたことも効果的であることが、児童に行ったアンケート調査の結果から分かった。その他にも、分度器の両面に角度を示したため、実験器具の裏側からも振れ幅の調節を行う役割ができ、グループ全員が協力して実験を行うことができていた。しかし、改善が必要な部分も発見したため、次章では改善案について述べていく。

第6章 改善案

教材開発・調査授業を通して、児童にとってより扱いやすい実験器具にするためには、どのような改善が必要であるかが分かった。

本章では、これらの結果をもとに教材を見直し、改善を図っていく。

1. 教材の改善

次の視点から振り子の教材を改善する。

- ・ 振り子の長さ調節の仕方をよりシンプルにする。
- ・ 振れ幅を調節するための分度器に示す角度を増やす。
- ・ 本来引っ掛けておくべき所から糸が外れないように固定する。

改善点の1つ目「振り子の長さ調節の仕方をよりシンプルにする」について。改善前は、振り子の長さを 50cm から 25cm に変える際には、図 29 のように指を掛けて調節する方法のため、調節部分の片方の糸は 50cm のクリップに引っ掛かったままである。しかし、この 50cm 部分に引っ掛けたままということが児童にとっては分かりにくい様子だった。そのため、一度糸をクリップから完全に外してから、調節したい長さのクリップに引っ掛けるという、図 30 のように改善を行った。

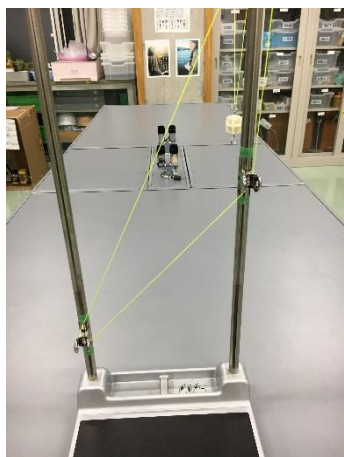


図 29. 改善前の長さ調節



図 30. 改善後の長さ調節

改善点の2つ目「振れ幅を調節するための分度器に示す角度を増やす。」について。改善前は、振れ幅を調節する分度器には 20° 、 40° 、 60° の角度のみ示していたが、「もっと振れ幅を大きくして実験したい。」という児童の意見が多かった。そのため、少しずつ振り子の振れ幅を大きくして実験を行うことができるよう、 180° までの角度を 20° ごとに示すよう改善を行った。

改善策の3つ目「本来引っ掛けておくべき所から糸が外れないように固定する。」について。改善前は図32のように、ただ糸を掛けているだけだったため、長さを調節するたびに外れてしまうことが多かった。そのため、長さを調節する際に糸が外れることのないように固定する必要がある。しかし、セロハンテープなどで糸を器具に固定してしまうと、振り子の長さを変えることができなくなってしまうため、図33のように短く切ったストローに糸を通し、そのストローを器具に固定することで、糸が外れることなく振り子の長さをスムーズに調節できるようになった。

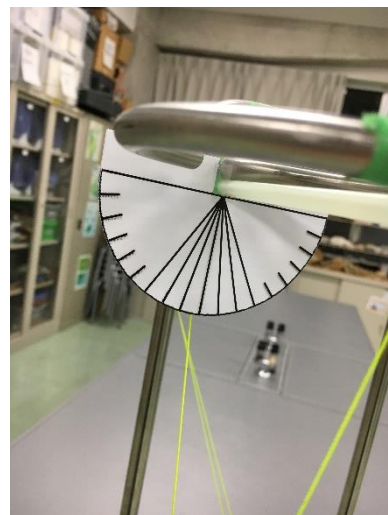


図 31. 改善後の振れ幅調節



図 32. 改善前の糸の位置



図 33. 改善後の糸の位置

2. 振り子単元指導案

調査授業を通じた改善策を基にして、振り子実験器を改善することができた。そのため、改善した実験器具のメリットや調査授業の際の児童の様子を踏まえ、「振り子の運動」の単元指導案を作成し、以下に示す。

第5学年 理科学習指導案

平成〇年〇月〇日(〇)第〇校時 〇〇教室 指導者 〇〇 〇〇

1 単元名 振り子の運動

2 単元の目標

- 振り子の1往復する時間が何によって変わるかを予想し、調べる計画を立てることができる。
[自然事象への関心・意欲・態度]
- それぞれの実験の結果から、振り子の1往復する時間が何によって変わっているのか話し合うことで、自分の考えを表現することができる。
[科学的な思考・表現]
- 振り子の長さ、おもりの重さ、振り子の振れ幅を変えて、振り子の1往復する時間が変わるか調べることができる。
[観察・実験の技能]
- 実験結果を整理し、振り子の決まりについてまとめることができる。
[自然現象についての知識・理解]

3 単元の評価規準

自然事象への関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての知識・理解
・ 振り子の1往復する時間が何によって変わるかに興味をもち、進んで実験の計画を立て、調べようとしている。	・ 実験の結果を基に、振り子の1往復する時間が何によって変わっているのか考え、自分の考えを表現している。	・ 調べる条件と同じにする条件を制御しながら定量的に調べ、結果を記録している。	・ 振り子が1往復する時間は、振り子の長さによって変わり、おもりの重さや振れ幅によっては変わらないことを理解している。

4 指導と評価の計画(全7時間)

次	時	主な学習活動	教師の指導・支援	評価規準及び評価方法
一		めあて ふりこの1往復する時間は、何によって変わるのだろう。		
	1	○ 教科書の絵や文章から「ふりこ」について理解し、身の回りに振り子に似ている道具があるか考える。 ○ 振り子を曲のテンポに合わせて活れるようにする活動後、振り子の1往復する時間は、何によって変わるかを予想する。	○ 身の回りの振り子を利用した物を紹介することで、一定のテンポで振れることに気づき、振れ方の決まりに興味をもつことができるようにする。 ○ 「ふりこ」という言葉とその定義をしっかりと捉えることができるように、具体物を示しながら振り子の説明をする。 ○ 児童からの気づきや疑問をまとめ、振り子が1往復する時間に関係があると予想される条件を整理する。	○ 振り子の振れ方の決まりに興味をもち、進んで振り子を作って調べようとしている。[関意態] 《発言・行動観察》
	2・3	○ 振り子の1往復する時間が何によって変わるかを調べる計画を立てる。	○ 前時でまとめた予想を基に、振り子の1往復する時間が何によって変わるのか、調べる条件と同じにする条件を明確にしながら計画を立てる。	○ 振り子の1往復する時間が何によって変わるかに興味をもち、進んで実験の計画を立て、調べようとしている。[関意態] 《発言・行動観察》

一	<p>○ 振り子の長さを 変えて、振り子の1 往復する時間が変 わるかを調べる。</p> <p>4 ○ おもりの重さを 変えて、振り子の1 往復する時間が変 わるかを調べる。</p> <p>5 ○ 振り子の振れ幅 を変えて、振り子 の1往復する時間 が変わるかを調べ る。</p> <p>6 ○ 実験結果を整理 し、振り子の決ま りについてまとめ る。</p>	<p>○ 調べる条件と同じにする条件を 意識しながら実験できるように する。○ 実験は、それぞれの条件で10 往復する時間を調べ、10で割っ て1往復する時間を求め、3回 実験を行い、平均を求めるよう にする。そして、3回分の1往 復する時間と、その平均の時間 の実験結果をワークシートに記 入するように指導する。○ 手 を離す、時間を計る、回数 を数えるなどの役割分担を固 定することで、役割の違いによ り実験結果に差が出ないように する。○ おもりの重さによって1往復 する時間が変化すると考える見 学童は多い。そのような見学童 に対しては、おもりの重さの条 件だけが違う2つの振り子で同 期比較実験を行うことで、周 期が変化しないということを実 感として捉えることができるよ うにする。○ 振れ幅についても、振れ幅 の変化によって1往復する時間 が変化すると思う見学童は多い ため、おもりの重さによる実験 と同様に、振れ幅の条件だけが 違う2つの振り子を用いて比較 実験を行うようにする。○ 各班の実験結果をグラフ等に まとめ、全体で共有することで、 振り子の決まりについて理解す ることができるようにする。○ 結 論に納得できない見学童がい る場合には、演示実験で確認す る。</p>	<p>○ 実験の結果を基に、振り子 の1往復する時間が変わ るかどうかにについて考 え、自分の考えを表現し ている。[思表] 《発言・記録》</p> <p>○ 調べる条件と同じにする 条件を制御しながら定 量的に調べ、結果を記録 している。[技能] 《行動観察・記録》</p> <p>○ 実験結果から、振り子 が1往復する時間の決ま りを考え、自分の考えを 表現している。[思表] 《発言・記録》</p> <p>○ 振り子が1往復する時 間は、振り子の長さによ って変わり、おもりの重 さや振れ幅によっては変 わらないことを理解して いる。[知理] 《発言・記録》</p>
<p>まとめ ふりこの1往復する時間は、ふりこの長さによって変わり、おもりの 重さやふれはばによっては変わらない。 ふりこの長さが長いほど、ふりこの1往復する時間は長くなる。</p>			
二	<p>1 ○ 振り子の決まり を利用したおもち ゃを作る。</p> <p>○ 振り子の決まり について、学習し たことをまとめ る。</p>	<p>○ 教科書の作品例を見せて説明 することで、動きのおもしろさ に興味をもたせ、意欲的に取り 組むことができるようにする。</p> <p>○ 作品例を参考に、自分の作っ てみたいおもちゃを考えさせ、 自分の力で完成させることが できるようにする。</p>	<p>○ 振り子の決まりを利用 したもののづくりに興味を もち、進んで作るうとし ている。「関意態」 《発言・行動観察》</p> <p>○ 振り子の決まりを利用 して、工夫してものづく りをしている。「技能」 《行動観察・作品》</p>

5 指導上の立場

○単元観

- ・ 本内容は、第3学年「A(2)風やゴムの働き」の学習を踏まえて、「エネルギー」についての基本的な見方や概念を柱とした内容のうち「エネルギーの見方」にかかわるものである。
- ・ ここでは、振り子の運動の規則性について興味・関心をもって追究する活動を通して、振り子の運動の規則性について条件を制御して調べる能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、振り子の運動の規則性についての見方や考え方をもちつことができるようにすることがねらいである。

6 本時案
第一次 第1時

(1) 本時の目標

振り子の決まりに興味をもち、簡易振り子を作って曲のテンポに合わせる活動を基に、振り子の1往復する時間を変化させる要因について予想することができる。

[関意態]

(2) 展開

学習活動	教師の指導・支援	学習評価
<p>1 教科書の絵や文章、デジタル教材の動画を見て、気付いたことや疑問に思ったことを話し合う。</p> <p>2 めあてをつかむ。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 話し合いの際に、身の回りに振り子に似ている道具があるか、についても考えることができるように声かけをする。 ○ 振り子について説明し、身の回りの振り子を利用した物を紹介することで、一定のテンポで振れることに気づき、振れ方の決まりに興味をもつことができるようにする。 ○ 振り子の決まりについて、実体験と関連付けて考えることができるようにするために、ブランコやメトロノームといった、児童の日常生活と関わりの深いものを紹介するようにする。 	
<p>めあて ふりこの1往復する時間は、何によって変わるのか予想しよう。</p>		
<p>3 班で曲のテンポに合わせて振れる簡単な振り子を作り、違うテンポでも合わせて振れるように工夫をする。</p> <p>(1) 糸とおもりを結び、簡単な振り子を作る。</p> <p>(2) 振り子が曲のテンポに合わせて振れるためにはどうすればよいか、自由に調べて考え、話し合う。</p> <p>4 活動3での考えを基に、振り子の1往復する時間が何によって変わるか予想を立てる。</p> <p>(1) 個人で予想する。</p> <p>(2) 班で共有する。</p> <p>(3) 全体で共有する。</p> <p>5 全体での予想をまとめる。</p> <p>6 振り返りをする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 児童が振り子に興味をもつことができるようにするために、糸とおもりを結ぶだけで作ることができる振り子を用いて実際に活動する時間を設ける。 ○ 振り子が曲のテンポに合わせて振れるようにする方法を考える際に、自由に調べる時間を設けることで、振り子の決まりについて見通しをもつことができるようにする。 ○ 3種類ほどのテンポの異なる曲で試すことによって、様々な方法で調べることができるようにする。 ○ 曲のテンポをつかむことが難しい児童がいる班には、テンポをつかみやすくすることができるようにするために、掛け声や手拍子をしながら調べていくように声かけをする。 ○ 予想を立てる前に、「ふりこ」という言葉と定義についてしっかりと捉えることができるように説明しておく。 (支点、ふりこの長さ、振れ幅、おもり、1往復) ○ 個人、班、全体で立てた予想は、それぞれノートに記録しておくことで、自分の考えも形として残すことができるようにする。 ○ 振り子が1往復する時間が変わるときの予想は、 ・ふりこの長さ ・おもりの重さ ・振れ幅 の三つ。 <p>まとめ ふりこの1往復する時間は、ふりこの長さ、おもりの重さ、ふれはばによって変わると予想できる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 振り子の振れ方の決まりに興味をもち、進んで振り子の振れ方を調べようとしている。 [関意態] 《発言・行動観察》 ○ 活動を基に、振り子の1往復する時間が何によって変わるか予想を立てることができている。 [関意態] 《発言・行動観察》

◎「おおむね満足できる」状況(B)と判断する児童の姿の例
振り子の振れる様子に興味をもち、進んで振り子の振れ方を調べようとしている。

(3) 準備物

糸(伸縮性の低い物)、おもり、メトロノーム、CDプレーヤー

第一次 第2, 3時

(1) 本時の目標

振り子の1往復する時間は何によって変わるかを調べる実験について、調べる条件と同じにする条件を明確にしながら計画を立てて、振り子の長さとの関係を定量的に調べ、結果を記録することができる。

[関意態] [思表] [技能]

(2) 展開

学習活動	教師の指導・支援	学習評価
<p>1 前時で立てた予想を基に、振り子の1往復する時間が何によって変わるかを調べる実験の計画を立てる。</p> <p>2 教科書 p.144 を読んで、「ふりこの1往復する時間の求め方」を確認する。</p> <p>3 実験装置の操作方法を確認し、班になって振り子の長さを変える方法を練習をする。</p>	<p>○ 前時でまとめた予想を基に、振り子の1往復する時間が何によって変わるのか、調べる条件と同じにする条件を明確にしながら計画を立てる。</p> <p>○ 調べる条件と同じにする条件を確認することで、条件制御を意識しながら実験に取り組むことができるようにする。</p> <p>○ 振り子の長さは25cm, 50cm, 75cm, おもりの重さは10g, 20g, 30g, 振れ幅は20°, 40°, 60°の条件を組み合わせて実験を行う。</p> <p>○ ふりこの1往復する時間は、10往復する時間をデジタルタイマーではかり、10で割って求めるように指導する。</p> <p>○ おもりがふれて、もう一度一方の端に戻ってきた時を1往復として数えるようにする。</p> <p>○ 長さを調節するためには手順があるため、しっかりと実験装置の操作方法を練習することで、実験の際にミスが生じないようにする。</p>	<p>○ 振り子の1往復する時間が何によって変わるかに興味をもち、進んで実験の計画を立て、調べようとしている。[関意態] 《発言・行動観察》</p>
めあて		
ふりこの1往復する時間は、振り子の長さによって変わるか調べよう。		
<p>4 振り子の長さを変えて、振り子の1往復する時間が変わるかを調べる。</p> <p>(1) 振り子の長さ25cm, おもりの重さ10g, 振れ幅は20°で実験する。</p> <p>(2) 振り子の長さを50cmに変えて実験する。</p> <p>(3) 振り子の長さを75cmに変えて実験する。</p> <p>5 実験結果を基に、振り子の1往復する時間が、振り子の長さによって変わったかどうか話し合い、発表する。</p> <p>6 まとめと振り返りをする。</p>	<p>○ 実験のめあてを確認したうえで、調べる条件と同じにする条件をどうすればよいか一つ一つ問いかけることで、条件制御を意識しながら正しく実験を行うことができるようにする。</p> <p>○ 振り子の1往復する時間について、時間が短い順に予想を立ててから実験を行うようにする。</p> <p>○ 実験は、それぞれの条件で10往復する時間を調べ、10で割って1往復する時間を求め、3回実験を行い、平均を求めるようにする。そして、3回分の1往復する時間と、その平均の時間の実験結果をワークシートに記入するように指導する。</p> <p>○ 手を離す、時間を計る、回数を数えるなどの役割分担を固定することで、役割の違いにより実験結果に差が出ないようにする。</p> <p>○ 振り子の長さを変えたときの振り子の1往復する時間は、あまり変わらないと捉えてしまう児童がいる場合には、振り子が10往復したときの時間はどうか問いかけることで、10往復したときの時間は大きく違っていたため、1往復する時間も変わると考え、気付くことができるようにする。</p> <p>○ 次の時間ではおもりの重さを変えて調べることを伝え、意欲をもつことができるようにする。</p>	<p>○ 調べる条件と同じにする条件を制御しながら定量的に調べ、結果を記録している。[技能] 《行動観察・記録》</p> <p>○ 実験の結果を基に、振り子の1往復する時間が振り子の長さによって変わるかどうかについて考え、自分の考えを表現している。[思表] 《発言・記録》</p>
<p>まとめ</p> <p>ふりこの長さを変えると、ふりこの1往復する時間が変わる。</p>		

◎「おおむね満足できる」状況(B)と判断する児童の姿の例
振り子の1往復する時間が振り子の長さによって変わるかどうかについて、実験の結果を根拠にしながら考察し、説明している。

(3) 準備物

振り子実験器, おもり, デジタルタイマー, ワークシート

第一次 第4時

(1) 本時の目標

振り子の1往復する時間が、おもりの重さによって変わるかどうかを定量的に調べ、結果を記録することができる。

[思表] [技能]

(2) 展開

学習活動	教師の指導・支援	学習評価
<p>1 前時では、振り子の1往復する時間はどのようになったか、復習をする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 振り子の長さを変えた時、振り子の1往復する時間は変わったということをしっかり捉えることができるようにする。 ○ 振り子の長さを変えた時、それぞれ1往復する時間がどのくらいであったか確認することで、今回の実験で僅かな差が生じた場合、誤差と捉える見方ができるようにする。 	
<p>2 めあてをつかむ。</p>	<p>めあて ふりこの1往復する時間は、おもりの重さによって変わるか調べよう。</p>	
<p>3 調べる条件と、同じにする条件を確認する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実験のめあてを確認したうえで、調べる条件と同じにする条件をどうすればよいか一つ一つ問いかけることで、条件制御を意識しながら正しく実験を行うことができるようにする。 	
<p>4 おもりの重さを変えた時、振り子の1往復する時間はどうか予想を立てる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ おもりの重さを変えた時、振り子の1往復する時間が短い順に予想を立ててから実験を行うようにする。おもりの重さによって振り子の1往復する時間は変わると考える児童は多いため、予想を立ててから実験を行うことで、予想と実験結果の違いを強く実感し、理解につながる考えをもつことができるようにする。 	
<p>5 おもりの重さを変えて、振り子の1往復する時間が変わるかを調べる。 (1) 振り子の長さ25cm, おもりの重さ10g, 振れ幅は20°で実験する。 (2) おもりの重さを20gに変えて実験する。 (3) おもりの重さを30gに変えて実験する。</p> <p>6 実験結果を基に、振り子の1往復する時間が、おもりの重さによって変わったかどうか話し合い、発表する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実験は、それぞれの条件で10往復する時間を調べ、10で割って1往復する時間を求め、3回実験を行い、平均を求めないようにする。そして、3回分の1往復する時間と、その平均の時間の実験結果をワークシートに記入するように指導する。 ○ 手を離す、時間を計る、回数を数えるなどの役割分担を固定することで、役割の違いにより実験結果に差が出ないようにする。 ○ 児童の興味・関心に合わせて、おもりの数をさらに増やす場合には、振り子の長さが変わらないように注意して実験を行う。 ○ おもりの重さによって周期は変わらないことに納得のいかない児童に対しては、おもりの重さの条件だけが違う2つの振り子で同時に比較実験を行うことで、周期が変化しないということを実験結果の数値だけでなく、実感として捉えることができるようにする。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 調べる条件と同じにする条件を制御しながら定量的に調べ、結果を記録している。[技能] 《行動観察・記録》
<p>7 まとめと振り返りをする。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 次の時間では振れ幅を変えて調べることを伝え、意欲をもつことができるようにする。 <p>まとめ おもりの重さを変えても、ふりこの1往復する時間は変わらない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実験の結果を基に、振り子の1往復する時間がおもりの重さによって変わるかどうかについて考え、自分の考えを表現している。[思表] 《発言・記録》

◎「おおむね満足できる」状況(B)と判断する児童の姿の例

振り子の1往復する時間がおもりの重さによって変わるかどうかについて、実験の結果を根拠にしながらか考察し、説明している。

(3) 準備物

振り子実験器、おもり、デジタルタイマー、ワークシート

第一次 第5時

(1) 本時の目標

振り子の1往復する時間が、振れ幅によって変わるかどうかを定量的に調べ、結果を記録することができる。

[思表] [技能]

(2) 展開

学習活動	教師の指導・支援	学習評価
<p>1 前時では、振り子の1往復する時間はどのようになったか、復習をしてからめあてをつかむ。</p>	<p>○ おもりの重さを変えても、振り子の1往復する時間は変わらなかったことを確認する。</p> <p>めあて ふりこの1往復する時間は、振れ幅によって変わるか調べよう。</p>	
<p>2 調べる条件と、同じにする条件を確認する。</p>	<p>○ 実験のめあてを確認したうえで、調べる条件と同じにする条件をどうすればよいか一つ一つ問いかけることで、条件制御を意識しながら正しく実験を行うことができるようにする。</p>	
<p>3 振れ幅を変えた時、振り子の1往復する時間はどうか予想を立てる。</p>	<p>○ 振れ幅を変えた時、振り子の1往復する時間が短い順に予想を立ててから実験を行うようにする。振れ幅によって振り子の1往復する時間は変わると考える児童は多いため、予想を立ててから実験を行うことで、予想と実験結果の違いを強く実感し、理解につながる考えをもつことができるようにする。</p>	
<p>4 振れ幅を変えて、振り子の1往復する時間が変わるかを調べる。 (1) 振り子の長さ25cm、おもりの重さ10g、振れ幅は20°で実験する。 (2) 振れ幅を40°に変えて実験する。 (3) 振れ幅を60°に変えて実験する。</p>	<p>○ 実験は、それぞれの条件で10往復する時間を調べ、10で割って1往復する時間を求め、3回実験を行い、平均を求めるようにする。そして、3回分の1往復する時間と、その平均の時間の実験結果をワークシートに記入するように指導する。</p> <p>○ 手を離す、時間を計る、回数を数えるなどの役割分担を固定することで、役割の違いにより実験結果に差が出ないようにする。</p> <p>○ 振り始めは、振り子を横から見ながらまっすぐに引き上げ、静かに手を離すよう、注意を促す。</p> <p>○ 児童の興味・関心に合わせて、振れ幅をさらに大きくする場合には、勢いが強くなり糸がたるんだり、おもりが外れたりしないように注意して実験を行う。</p>	<p>○ 調べる条件と同じにする条件を制御しながら定量的に調べ、結果を記録している。[技能] 《行動観察・記録》</p>
<p>5 実験結果を基に、振り子の1往復する時間が、おもりの重さによって変わったかどうか話し合い、発表する。</p>	<p>○ おもりの重さによって周期は変わらないことに納得のいかない児童に対しては、おもりの重さの条件だけが違う2つの振り子で同時に比較実験を行うことで、周期が変化しないということを実験結果の数値だけでなく、実感として捉えることができるようにする。</p>	<p>○ 実験の結果を基に、振り子の1往復する時間が振れ幅によって変わるかどうかについて考え、自分の考えを表現している。</p>
<p>6 まとめと振り返りをする。</p>	<p>○ 次の時間では振れ幅を変えて調べることを伝え、意欲をもつことができるようにする。</p> <p>まとめ 振れ幅を変えても、ふりこの1往復する時間は変わらない。</p>	<p>[思表] 《発言・記録》</p>

◎「おおむね満足できる」状況(B)と判断する児童の姿の例

振り子の1往復する時間が振れ幅によって変わるかどうかについて、実験の結果を根拠にしながらか考察し、説明している。

(3) 準備物

振り子実験器、おもり、デジタルタイマー、ワークシート

第一次 第6時

(1) 本時の目標

振り子の1往復する時間が何によって変わるかを調べる実験の結果を基に、振り子の決まりについて考える事ができる。

[思表] [知理]

(2) 展開

学習活動	教師の指導・支援	学習評価
<p>1 前時では、振り子の1往復する時間はどのようになったか、復習をしながらめあてをつかむ。</p> <p>2 各班の三つの実験結果を、条件ごとに一つのグラフにまとめ、比較しながら、結果から分かったことを話し合わせる。</p> <p>(1) 三つの実験での各条件の三回分の結果と平均の結果を、色分けしたグラフに記入する。 (2) 分かったことを班で話し合う。</p> <p>3 三つの実験での各条件の平均の時間を班ごとに発表し、掲示用グラフにまとめる。</p> <p>4 グラフを見て、分かったことや考えたことを発表し、振り子の決まりについてまとめる。</p> <p>5 教科書 p.151 の「たしかめよう」を解き、振り返りをする。</p>	<p>○ 振れ幅を変えても、振り子の1往復する時間は変わらなかったことを確認する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>めあて 振り子の1往復する時間は、何によって変わるのだろうか。</p> </div> <p>○ 振り子の長さを変えた時、おもりの重さを変えた時、振れ幅を変えた時、の三枚のグラフを各班に配り、実験結果を書き込むことで、視覚的に違いを捉えやすくできるようにする。</p> <p>○ 児童の興味・関心によって、教科書に示してある条件より大きな数値等の条件で発展的な実験を行うこともあるため、それらの結果も記入することができるようにグラフの罫線のみ印刷したワークシートも準備しておくようにする。</p> <p>○ 三つの実験での各条件の結果の一回目、二回目、三回目は青丸、平均は赤丸といったように、色分けをすることによって、三回の結果と平均を分かりやすくする。</p> <p>○ 話し合いが進んでいない班に対しては、実験のねらいと結果を一つ一つ確認して、振り子の1往復する時間が変化したデータとそのときの条件を確認するなどの助言・援助を行う。</p> <p>○ 各班のそれぞれの平均の時間をグラフにまとめることで、クラスでの実験結果としてより多くのデータでも同じような結果になることに気づき、振り子の決まりについて理解を深めることができるようにする。</p> <p>○ 結果に納得できない児童がいる場合には、演示実験をすることで確認し、納得できるようにする。</p> <p>○ 児童の発表は板書に残すことで、スムーズにまとめにつなげることができるようにする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>まとめ ・振り子の1往復する時間は、振り子の長さによって変わり、おもりの重さやふれはばによっては変わらない。 ・振り子の長さが長いほど、振り子の1往復する時間は長くなる。</p> </div> <p>○ 問題を解いた後は解答例を述べるだけでなく、授業の様子を振り返りながら確認していくことで理解度の向上を図るようにする。</p>	<p>○ 実験結果から、振り子が1往復する時間の決まりを考え、自分の考えを表現している。 [思表] 《発言・記録》</p> <p>○ 振り子が1往復する時間は、振り子の長さによって変わり、おもりの重さや振れ幅によっては変わらないことを理解している。 [知理] 《発言・記録》</p>

◎「おおむね満足できる」状況(B)と判断する児童の姿の例
振り子が1往復する時間は、振り子の長さによってのみ変わることを、実験結果を基に考え、理解し、表現している。

(3) 準備物

前時までのワークシート、振り子実験器、おもり、各班三枚のグラフ、掲示用グラフ

第二次 第1時

(1) 本時の目標

振り子を利用したものづくりに興味をもち、学習したことを生かしながら、工夫して製作することができる。

[関意態] [技能]

(2) 展開

学習活動	教師の指導・支援	学習評価
1 振り子の決まりについて復習する。	○ 振り子の決まりについて問いかけ、「ふりこの1往復する時間は、振り子の長さによって変わり、おもりの重さやふれはばによっては変わらない」「ふりこの長さが長いほど、ふりこの1往復する時間は長くなる」ということを、児童から引き出す。	
2 めあてをつかむ。	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> めあて ふりこの決まりを利用したおもちゃを作ろう。 </div>	
3 振り子の決まりを利用したおもちゃを作る。	○ 振り子の定義にもあるように、棒やひもなどにおもりを付けて、左右に振れる仕組みのおもちゃをつくるように指示する。 ○ 製作するおもちゃのイメージがわからない児童に対しては、教科書に掲載されている、イルカのジャンプや玉乗りダンスのおもちゃを真似して製作してもよいことを伝え、クラス全員が一つはふりこのおもちゃを作ることができるように支援する。	○ 振り子の決まりを利用したもののづくりに興味をもち、進んで作るうとしている。「関意態」 《発言・行動観察》
4 製作したおもちゃを使って、曲のテンポに合わせて振れるように工夫する。	○ 一定のテンポの曲を流し続けることで、児童が曲のテンポをつかみ、作ったおもちゃに様々な工夫をしながら曲のテンポに合わせて振れるようにすることができるようにする。 ○ 全員が曲のテンポに合わせて振れるようになったら、曲のテンポを変えて同じような活動を行う。 ○ 児童の興味・関心に沿って様々なテンポの曲に合わせて活動することができるようにする。	○ 振り子の決まりを利用して、工夫してものづくりをしている。「技能」 《行動観察・作品》
5 ふりこのおもちゃの発表会をする。	○ 数人の児童の製作したふりこのおもちゃの発表会をすることで、楽しみながら振り子の決まりについて理解することができるようにする。 ○ ふりこのおもちゃにおける振り子の定義についての確認も行う。	
6 改めて振り子の決まりについて確認する。	○ 振り子の決まりについて再確認し、しっかりと理解を深めることができるようにする。	
7 まどめと振り返りをする。	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> まどめ ふりこの決まりを利用したものには、様々なものがある。 </div>	

◎「おおむね満足できる」状況（B）と判断する児童の姿の例
 ものづくりに興味をもち、進んで振り子の決まりを利用したおもちゃを作ろうとしている。
 振り子の決まりを利用して、自分なりに工夫したおもちゃを作り、完成させている。

(3) 準備物

工作用紙、ストロー、細い棒、おもり（消しゴム、粘土）、モール、輪ゴム

3. おわりに

今回の研究テーマである「小学校理科における理解度向上を促す教材開発」は、これから始まる教員生活で追求し続けるライフテーマである。理科授業は実験などがあれば楽しいが、楽しいだけで終わってしまっただけではいけない。そのため教材や指導法の工夫により理解度向上を促す必要がある。今回は振り子実験器の教材開発であったが他の単元においても児童の理解度の向上を促すことのできるよう、より良い教材を目指して教材や指導法を改善していこうと思う。

この研究を通して、児童が持つ素朴概念は、学習によって科学概念を獲得することで正しい知識・理解へ変容するというを確認し、学習の過程においては観察や実験などの、児童が主体的に学ぶことのできる活動を取り入れることが重要だと学んだ。実験器具は児童の実態に即し、操作が簡単でシンプルな教材を用いることが大切であること、それらの教材を用いることにより、単元における児童の理解度の向上を促すことができるということも学んだ。また、この研究の過程で行った文献研究や調査授業は私にとってかけがえのない経験になった。全国の学校現場にいるたくさんの先生方が、よりよい授業を目指して研究していることが分かったからである。

今回、調査授業の際に発見した問題点をもとに改善した振り子実験器や指導方法の改善点を実際の児童を相手に行うことができているため、私も全国の先輩教員に負けないよう、児童の理解度向上を目指してより良い改善を行っていききたい。

【引用・参考文献】

- 1) 文部科学省, 2008, 『小学校学習指導要領解説理科編』, p.13
- 2) 理科教育研究会, 2009, 「新学習指導要領に応える理科教育」, 東洋館出版社, 東京都千代田区神田淡路町 2-13, p.114
- 3) 山崎, 2015, 『小学校理科における授業改善の試みー児童の学習を支援する教材と授業構成ー』, p.62
- 4) 軸丸・藤井・中崎・山下・大岩, 2003 『児童の理解を助ける実験装置ー大学と小学校の連携ー』, p.287
- 5) 柿島, 2012, 『理科における児童の素朴概念と学習指導の実態ー第5学年「ふりこのきまり」よりー』, p.230,p231,p233
- 6) 今村, 2002, 『日常生活とのかかわりを実感できる理科学習についてのー考察ー考察の場を取り入れた学習活動の工夫を通してー』, p.MI 1
- 7) 文部科学省, 2017, 『小学校学習指導要領解説理科編』, p.62,p.63
- 8) 中村・荒木, 1999, 『「ものの動きとはたらき」に関する小学生から大学生に至る素朴概念の比較』, 兵庫教育大学教科教育学会紀要第12号, pp.22-27