

# 小学校理科における，子どもが持つ物理概念一覧表の作成

東京学芸大学附属世田谷小学校 堀 井 孝 彦

## 目 次

1. はじめに —研究の背景と目的—	56
2. 「小学校理科物理概念一覧表」の作成にあたって	57
3. 調査問題の分析を通じた概念一覧表の改善	57
4. 調査問題作成方法の改善	60
5. 研究を通して分かったこと	61
6. 研究のまとめ	61
【資料】小学校物理概念一覧表（力と運動）	63

# 小学校理科における，子どもが持つ物理概念一覧表の作成

東京学芸大学附属世田谷小学校 堀井孝彦

## 1. はじめに ー研究の背景と目的ー

1990年代前後においては，子どもがもつ素朴概念について，多数の研究が行われ，子どもは数多くの素朴概念を持っており，しかも，これらはあまりにも強固で極めて変容しづらいということが，こうした数々の先行研究によって明らかにされてきた（例えば，Osborne, R., Freyberg, P., 1988<sup>1)</sup>，White, R. T., 1990<sup>2)</sup> など）。現代の日本の教育システムにおいては，小学校理科の主流を占めている問題解決学習を通して，児童が科学概念を獲得したとしても，一定期間が経過すると再び元の素朴概念に戻ってしまうことがある（堀井，2018）<sup>3)</sup>。Clement (1982) によると，理科系の大学生でさえ，多くの素朴概念をもっており，これらの素朴概念が正しい概念の獲得を阻害することもあり得るといふ<sup>4)</sup>。

子どもの概念形成は，幼少期の日常生活に遡ると言われている。井深（1971）によると，「幼児は，興味をもったものは，貪欲なまでに吸収し，記憶していきます」「そうした過程の中で，以後の頭脳の働きや性格形成にもっとも重要な役割を果たす意欲とか創造性とか，やる気とかいったものが育まれるのです」とある<sup>5)</sup>。そこには，科学的な裏付けは見られないが，例えば，隅田・深田（2005）は，近年における，複数の認知発達の理論に基づいて，「従来想定されていたよりもずっと年少の子どもの科学コンピテンスの高さが認められており，幼年時の豊かな科学学習可能性が示唆される」と述べている<sup>6)</sup>。それゆえに，子どもにとって，科学の学習への入門期にあたる小学校理科においては，誕生以来入学までの日常生活から連続している自然事象との関わりを通して獲得された，素朴概念も含めた数々の概念を大切にするとともに，中学校や高等学校，すなわち，中等教育段階の理科学習における正しい概念の獲得を目指して，その素地・基盤を無理なく形成していく必要がある。

小学校の理科授業において，授業者は皆，子どもが持つ素朴概念と対峙しながら，授業を実践してきたに違いない。ところが，これらの素朴概念のあまりの強固さのために，問題解決の結論まで至らなかつたり，「実は」という授業者の一言によって，児童による問題解決の流れが断ち切られてしまつたりすることも少なくない。その結果として，到達目標にはもちろん届かず，その時間の授業を終えざるを得ないという事態もしばしばある<sup>註1)</sup>。そのため小学校の理科授業においては，素朴概念の形成を抑制するための何らかの手立てを検討する必要がある。

そこで，その手立ての1つとして，当該単元への導入前に定量的な概念調査（事前調査）を行い，その結果の分析を通して，児童の素朴概念を事前に把握することにより，授業者が児童の個別の思考・判断・表現の場面や，小グループ，および，学級全体での話し合い活動に対して，介入する際に役立てることが可能であるものと考えられる。そして，当該単元の学習終了後に，事前調査と同一問題で同じく定量的な概念調査（事後調査）を行い，その結果を，事前調査の結果と比較・検討することによって，授業評価，および，授業改善を行うことができる（例えば，Hake, R., 1998<sup>註2) 7)</sup> など）。これは近年世界各国で行われている，「物理教育研究（Physics Education Research, PER）」の手法の1つである（例えば，Redish, E., 2003）<sup>8)</sup>。物理教育研究に基づいた授業実践において，定量的調査問題として，世界各国の大学や高等学校で，幅広く実施されているのは，多肢選択方式による，「力学概念調査（Force Concepts Inventory, FCI）<sup>9)</sup>」（Hestenes et al., 1992）である。小学校理科における，定量的な概念調査問題を作成するにあたり，FCIが作成されてきた方法を採用することにした。その1つが物理概念一覧表である。ここでは，数多くの先行研究における素朴概念の発生状況について調査するとともに

に、小学校、および、一部中学校における、筆者の授業実践の経験を生かしながら、「小学校理科物理概念一覧表」を作成することを目指した。

## 2. 「小学校理科物理概念一覧表」の作成にあたって

小学校学習指導要領において、理科の物理分野の学習内容は、その多くがエネルギー領域に、また、その一部は粒子領域に位置付いているほか、これらの2つの領域にまたがっているものもある。こうした状況を踏まえると、エネルギー領域と粒子領域とに分けることは得策ではないと考えた。そこで、物理学の各領域に合わせて、まず、力学領域（「力と運動」）、および、電磁気領域（「電気と磁石」）に関する概念一覧表を作成することにした。ところが、これらの概念一覧表の作成過程において、「空気」「水」「金属」に関わる概念は、当初は「力と運動」に位置付けていたものの、これらの概念が物性物理学との関連が深いということを考えると、物性領域（「物の性質」）を設けた方がよいと考えた。そこで、「力と運動」「電気と磁石」「物の性質」の3種類の概念一覧表を作成した。また、小学校理科の内容には「光・波動に関わる学習」も含まれているため、「光と波動」については、今後概念一覧表に追加していくことにする。

### 2. 1. 「力学概念調査 (FCI)」の作成過程からの援用

本研究において、その方法を援用したのは、「力学概念調査 (FCI)」の作成過程における物理概念一覧表である。力学概念調査の概念一覧表には、生徒・学生が持っている「正しい物理概念」と「素朴概念」が2つの表に分かれて掲載されている。問題によっては、複数の概念を含んでいるものもあり、概念一覧表においては、これらの複数の概念項目にわたって、問題番号が明示されている。また、Hestenesら (1992) によると、力学概念調査は、米国の非常に多数の高等学校や大学で試行され、その調査結果が問題や選択肢へと反映されている。また、必要に応じて、被検者に対してインタビューを行い、回答理由等を問うている<sup>9)</sup>。小学校理科物理分野の内容には、非常に多くの概念が含まれているため、同一の表において、正しい科学概念と素朴概念を対比しながら検討できるようにすることが望ましい。そこで、力学概念調査の概念一覧表のように正しい科学概念と素朴概念・誤概念の表を分けるのではなく1つの表にし、前者を「習得させたい知識・技能・概念」、後者を「素朴概念・誤概念」とした。また、この概念一覧表と対応させて、「物理概念予備調査」を3次にわたって行うことにより、その分析結果を概念一覧表、および、調査問題とその選択肢に反映させた。なお、現在のところ、インタビューは実施していない。

### 2. 2. 本研究における概念一覧表の作成方法

初期の概念一覧表においては、筆者の授業実践の経験や児童の授業ノート等を手掛かりとし、そこで見られた科学的概念や素朴概念等を「力と運動」「電気と磁石」「物の性質」の各概念一覧表に記述していった。ところが、こうした経験則によるものは、研究としての根拠に乏しいため、理科教育学研究（日本理科教育学会）、科学教育研究（日本科学教育学会）、理科の教育（日本理科教育学会）等に掲載されている論文や論説等の先行研究から、科学的概念や素朴概念を抽出し、これらの概念一覧表の充実を図った。

## 3. 調査問題の分析を通じた概念一覧表の改善

本概念一覧表は、小学生を対象とした、定量的な概念調査問題の作成に利用することを目的としているので、元来、概念一覧表があり、そこにある科学概念や素朴概念を手掛かりとして、多肢選択方式の問題やその選択肢を作成するのが望ましい。しかしながら、初期の調査問題は、概念一覧表と同様に、主として筆者の校内テスト作成や授業実践等における、児童の学習状況の把握に基づく経験則を手掛かりとしながら、問題や選択肢を作成

していったため、同じく研究としての根拠に乏しく、これらの問題自体や選択肢の妥当性について、十分検証を行っていく必要があった。

そこで、3度に亘って実施した、「物理概念予備調査」の調査結果について、定量的な方法、および、定性的な方法を併用して分析し、その検討・吟味を通して、概念一覧表の改善と問題・選択肢の改善を同時に行っていくことにした。

### 3. 1. 定量的な分析

定量的な分析においては、項目特性図（豊田，2012）<sup>10</sup>）を用いることにし、正答率や各選択肢の選択率以上の情報を得ることを目指した。

項目特性図の例を右の図1に示す。これは平成27年度国立大学附属S小学校、第6学年児童74名を対象として実施した、第2次物理概念予備調査の結果に基づいて作成したものである。同調査の項目数は25であり、正答1問当たり1点を与えて（誤答の場合0点）、合計25点満点とした。ここでは、その合計点によって、計74名の被検者児童を、ほぼ同人数の5群（下位から順に、1群：16名、2群：16名、3群：13名、4群：13名、5群：16名）に分けて、それぞれの群毎に、各選択肢の選択率を求めて、折れ線グラフで表した。このグラフの形状によって、問題（項目）の特性を把握することができる。

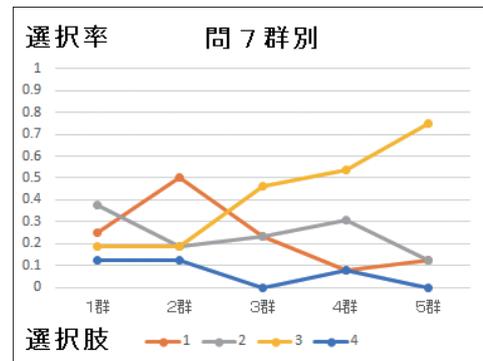


図1 項目特性図の例

このグラフの形状によって、問題（項目）の特性を把握することができる。

図1の例によれば、この問題の正答は3であり、上位の群に行くにつれて正答率が向上していることが分かる。最下位群の正答率が極めて低く、しかも最上位群の正答率が極めて高いとき、正答率のグラフが右上がりの線形になった場合、この問題は問題群全体の正答率の傾向とほぼ合致することになる。つまり、被検者の下位群から上位群までをよく識別できている問題であることが分かる。このような問題（項目）は、豊田（2012）<sup>10</sup>）によって、「高識別力項目」と呼ばれている。一方、下位群の正答率のグラフが低位で横ばいであるのに対して、中位群から上位群にかけての正答率のグラフが右上がりとなり、しかも最上位群の正答率が極めて高い場合、この問題は上位群を識別することができる問題であることが分かる。このような問題（項目）は、同じく豊田によって、「上位識別項目」と呼ばれている。逆に、上位群の正答率のグラフが上位で横ばいであるのに対して、下位群から中位群にかけての正答率のグラフが右上がりとなり、しかも最下位群の正答率が極めて低い場合、この問題は下位群を識別することができる問題であることが分かる。このような問題（項目）は、「下位識別項目」と呼ばれている。この図1の例では、1群と2群との間で正答率が概ね20%であり、3群より上位では4群、5群と概ね右上がりの直線状になっているので、この問題が「高識別力項目」と「上位識別項目」との中間型を示していることが分かる。

「高識別力項目」「上位識別項目」「下位識別項目」は、いずれも識別力の高い項目である。このように正答率や各選択肢の選択率のほかに、項目特性図を描いて、その識別力について調べることによって、調査問題として適しているかどうかという情報を得ることができ、図1のような項目特性図を描く問題は、調査問題として採用可能であることが分かる。それに対して、項目特性図による識別力が低い問題は、問題自体や選択肢に何らかの欠陥が含まれている可能性がある。例えば、正答選択率のグラフが右下がりとなり上位群と下位群との間で逆転する問題、正答選択率のグラフが下位群から上位群にかけて上昇せず横軸とほとんど平行になっている問題、正答選択率のグラフが不規則になり安定しない問題等は、そのままでは調査問題として採用することはできず、問題自体や選択肢を修正しても改善が見込めないと判断される場合、その問題を不採用とせざるを得ない。項目特性図による識別力が低い問題については、概念一覧表に表記された各項目を見直したり削除したりした。

こうして、調査結果に対して定量的な処理を行い、項目特性図を描いて分析することによって、単に正答率や各選択肢の選択率について検討するだけでなく、問題自体や選択肢がもっている特徴を視覚的に捉えることによって、問題や選択肢を修正するための手がかりを得ると同時に、概念一覧表の見直しのための手がかりも得ることができた<sup>1)</sup>。

### 3. 2. 定性的な分析

定性的な分析においては、多肢選択方式問題への回答理由の記述をもとに、これらに含まれている素朴概念・誤概念を見いだしていく。多肢選択方式問題では正答選択肢を選んでいるものの、回答理由記述では素朴概念や誤概念が見られるものを偽正答と呼ぶことにする。また、多肢選択方式問題では誤答選択肢を選んでいるものの、回答理由記述では正しい科学概念に基づいて思考していると判断できるものを偽誤答と呼ぶことにする。

例えば、第1次物理概念予備調査においては、右の図2のような問題を出題した。この調査も平成27年度国立大学附属S小学校、第6学年児童37名を対象として実施したものである。図2の問題の回答状況は、次の表1の通りである。

表1 第1次物理概念予備調査問7の回答状況

選択肢	無答	1	2	3	4	計
選択者数(名)	3	2	21	2	9	37

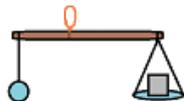
正答は選択肢2であり、正答者は、表1より37名中21名で、約56.8%と最も多いことが分かる。その一方では、母集団が37名と小さいながらも、選択肢4は、同じく表1より37名中9名であり、約24.3%とその一定数を占めていることが分かる。そこで、この問題における、選択肢4の回答理由記述を見てもみることにする。これを右の表2に示す。

この表2を見てみると、選択肢4を選んだ児童の中で、回答理由記述を書いたのは、9名中8名である。この9名のうち、2/3の6名が、「てこの支点の位置は、その中心になければならない」という素朴概念を持っていることが分かった。なお、被検者の児童は、調査を行った時点で、「てこの規則性」の学習は既習である。一方、この素朴概念は正答選択肢2を選んだ児童にも見られた。このことから当該児童は正答2を選んでいたので、その回答が偽正答であるということが分かった。なお、これと同様に、他の問題においては、誤答選択肢を選んでいたものの回答理由記述を見ると、妥当な考え方をしているものが見られた。その回答については、偽誤答として判断した<sup>3)</sup>。

これらのことに基づいて、選択肢4「上のどれでもない」に代わって、「はかりがつり合うように、はじめの位置から、ちょうどさおの真ん中までひもを動かす」という選択肢を採り入れて問題を改良することにした。それと同時に、概念一覧表も修正した。

<第1次物理概念予備調査より>

○右の図のようなはかりがあり、物体の重さをはかろうと思います。このことについて、次の問いに答えましょう。



問7 皿にある物体をのせたところ、皿の方(右側)が下がってしまいました。どうすればよいですか。

1. はかりをつり下げているひもの位置を左側に動かす。
2. はかりをつり下げているひもの位置を右側に動かす。
3. はかりをつり下げているひもの位置は変えずにおもりをつり下げている糸を長くする。
4. 上のどれでもない。

※選択肢1～4の図は省略

図2 第1次物理概念予備調査の問題例

表2 図2問題例選択肢4の回答理由記述

- ・支点は中心におかなければ、おもりをつり下げている意味がなくなってしまうから。
- ・1も2も3もつり下げている位置が真ん中ではないから。
- ・物をはかるには、支点から右のうでと左のうでの長さを等しくしなければいけないから。
- ・てこは支点を中心にしないと、おもりの重さを正しくはかれないから。
- ・つり下げているのを中心にしないとつり合わないから。
- ・棒の真ん中に支点がくるぐらいが水平になるから。
- ・おもりを増やしておき、つり合うときのおもりの重さをはかればよい。
- ・1・2・3・4どれをやっても正しくはかることはできないと思ったから。

#### 4. 調査問題作成方法の改善

力学領域（力と運動）については、3度に亘って、予備調査の分析結果を通して問題を改良し、平成28年度には小学生のほか中学生を、平成29年度にはさらに高校生も対象として、小学校理科の内容に関する概念調査を行った。一方、平成30年度には、物性領域（物の性質）についての問題を新規に作成し、国立大学附属S小学校第4学年児童を対象として、調査を実施した。経験則に基づいて問題を作成すると、前述の通り、その妥当性を検討するのに相当の時間を要するため、ここでは、先行研究から抽出した科学的概念や素朴概念を加えて、内容の充実を図った概念一覧表を積極的に活用した。

##### 4. 1. 概念一覧表に基づいた調査問題の作成方法

力学概念調査（FCI）の概念一覧表は、正しい物理概念についての一覧表と、素朴概念についての一覧表が別々につくられているのに対して、ここでは、科学概念と素朴概念を同一の表の中で比較することによって平易に問題と選択肢を作成するために、科学概念と素朴概念を分けることなく1つの一覧表にまとめることにした。

物性領域の問題例を右の図3に示す。この問題は、概念一覧表「物の性質」の概念番号C4101に基づいて作成したものである。また、同概念一覧表の抜粋を表3に示す。

概念一覧表C4101<sup>註3)</sup>における習得させたい知識・技能・概念を見ると、「閉じていない容器の中に存在する空気は外の空気との入れ換えはあっても、総量が減少するのではない」とある。それに対して、素朴概念・誤概念には、「容器を閉じていないと、中の空気は逃げ出してしまう」と「穴の大きさが大きいほど空気が多く逃げ出してしまう」がある。この問題は、知識・技能・概念、および、素朴概念・誤概念のうち前者に関して作成したものである。この問題の選択肢は、閉じている容器のふたを開けたときに、中から出ていく空気と中に入ってくる空気の量との関係、および、容器の中の空気の総量についての正しい概念と素朴概念からなる。この概念一覧表にある概念は、そのほとんどが先行研究に示されているものであり、経験則に基づいて作成した概念一覧表と比較して、その信頼度がある程度担保されている。

そのため、3回にわたって調査を行い、問題を改良してきた、「力と運動」に関する調査問題と比較して、「物の性質」に関する調査問題も、たとえ初期段階であっても、ある程度の信頼度が担保されているということが出来る。但し、「力と運動」に関する調査問題と同様に、この調査問題を用いて概念調査を行ったときにも、定量的な分析、および、定性的な分析を併用しながら問題や選択肢の信頼度を高めていく必要がある<sup>註4)</sup>。

○右の図のような入れ物（集気びん）があります。  
その中には空気が入っており、はじめはふたをしています。

問1 入れ物のふたをはずすと、入れ物の中の空気はどうなりますか。

1. 入れ物の中の空気は、入れ物の外に出ていくので、中の空気の量はへる。
2. 入れ物の中に入れ物の外から空気が入ってくるので、中の空気の量はふえる。
3. 入れ物の中の空気は、入れ物の外に出ていくが、入れ物の外から入れ物の中に空気が入ってくる。ところが、出ていく空気の量の方が多いため、中の空気の量はへる。
4. 入れ物の中の空気は、入れ物の外に出ていくが、入れ物の外から入れ物の中に空気が入ってくる。出ていく空気の量と入ってくる空気の量は同じなので、中の空気の量は変わらない。



図3 「物の性質」(物性)の問題例

表3 「小学校物理概念一覧表（物の性質）」より抜粋<sup>12) 13)</sup>

概念番号	内容	習得させたい知識・技能・概念 ※学習指導要領・教科書等によるもの (但し、現行のものにとらわれない)	次期 関連 学年	素朴概念・誤概念1	素朴概念・誤概念2	備考
C4101	空気と水の性質	閉じていない容器の中に存在する空気は外の空気との入れ換えはあっても、総量が減少するのではない。	小4	容器を閉じていないと、中の空気は逃げ出してしまふ。	穴の大きさが大きいほど空気が多く逃げ出してしまふ。	文献17072401
C4102	空気と水の性質	小さな穴が開いた容器の中には空気は存在する。	小4	上に小さな穴が開いた容器の中には空気は存在しない。	下に小さな穴が開いた容器には空気は存在しない。	文献17072401
C4103	空気と水の性質	空気が入ったボールを上から手で押さえると空気は押し縮められる。	小4	空気が入ったボールを上から手で押さえても空気は変化しない。	空気が入ったボールを上から手で押さえると、手で押さえた付近の空気だけが押し縮められる。	文献17072401 文献17072405

#### 4. 2. 「物の性質」に関する調査の実際

この「物の性質」に関する調査問題は、平成27年度国立大学附属 S 小学校、第6学年児童37名を対象として実施した予備調査を改良した問題7問（初期段階では、「力と運動」と同様に、筆者の経験則に基づいて作成し、調査結果に基づいて改良したもの）に、概念一覧表を用いて、今回新規に作成した23問を加えた30問の問題群で実施することにした。そして、平成30年度国立大学附属 S 小学校、第4学年児童33名を対象として、「空気と水の性質」、および、「金属、水、空気と温度（温度と体積の変化、温まり方の違い、水の三態）」をすべて統合した、大単元「物の性質を探ろう」における事前調査として2019年1月に実施した。但し、教育実地研究（教育実習）の関係から、当該児童はこれらの学習内容の一部、「空気の性質」については、2018年9月に学習しており既習である<sup>註5</sup>。また、30問の調査問題のうち2問については児童に回答理由を記述させ、「力と運動」に関する調査問題と同様に定性的な分析を行っている。また、その他の問題についても、中間調査、事後調査、および、他の集団を対象として実施したときに順次回答理由を記述させ、定量的な分析と定性的な分析を併用して、問題や選択肢の信頼度を高めていく予定である。

#### 5. 研究を通して分かったこと

本研究を通して、小学校物理概念一覧表を作成するにあたって、次のようなことが分かった。

- ①小学生を対象とした、多肢選択方式による物理概念調査問題を作成するためには、力学概念調査（FCI）が作成されてきた方法を援用して、「力と運動」「電気と磁石」「物の性質」等についての概念一覧表を作成し、この一覧表を用いて、問題自体や選択肢を作成するのが有用であること
- ②授業者の経験則等に基づいて、概念一覧表や物理概念調査問題を作成した場合には、数回に亘って予備調査を行い、その結果に基づいて、偽正答や偽誤答を分離することにより、概念一覧表、問題、選択肢の信頼度を向上していく必要があること
- ③先行研究から、科学概念、素朴概念、誤概念を抽出しながら、概念一覧表を作成することによって、一定の信頼度が担保された問題や選択肢を作成できること
- ④経験則に基づいたもの、先行研究から抽出したものによらず、定量的な分析と定性的な分析を併用することによって、これらを単独で行う場合と比較して、概念一覧表、問題、選択肢の改善するために、より有用になること
- ⑤定量的な分析に基づいて項目特性図を作成することにより、上位群から下位群の被検者がそれぞれどの程度正答したり誤答選択肢を選択したりしているのかということを視覚的に捉えることができ、識別力という、概念一覧表、問題、選択肢の妥当性を判断したり、それに基づいて改善したりするための分かりやすい情報が得られ、問題の信頼度を高められること
- ⑥項目特性図から得た情報をもとに、回答理由記述等の定性的な分析と併用しながら考察・検討し、偽正答や偽誤答を分離することによって、概念一覧表、問題、選択肢等の改善に有用であること

#### 6. 研究のまとめ

小学校理科は、子どもにとって、物心がついた頃からの日常生活における、自然事象と関わる活動、物理事象と関わる活動から科学的な知識・技能、概念を構築していくための最初の公式の場となる。子ども、とりわけ、小学校児童は非常に多くの素朴概念や誤概念を持ち、しかも、これらが非常に強固であるため、科学的な知識・技能、概念も構築が必ずしも順当にいくというわけではない。さらには、中学校・高等学校・大学等においても、素朴概念・誤概念が正しい科学概念へと変容せずに、概念構築の障がいになることさえある。

科学的知識・技能・概念を適切に構築していくためには、小学校、中学校、高等学校、大学等の校種を問わ

ず、児童・生徒・学生の学習状況や概念獲得状況についての診断を適切に行うことが求められ、その診断のために、定量的な概念調査を行うのは、有用な方法であるということは、すでに物理教育の場において、広く認知されていることである。小学校児童を対象として、理科授業の中で行う物理教育においても、こうした診断方法は有用であることが分かり、定量的な概念調査をより一層普及させていく必要があるものと考え。信頼度の高い概念調査問題を合理的に作成していくためには、最初から信頼度がある程度担保された問題や選択肢を作成する方が、数回に亘る予備調査を行って少しずつ改善していくより効率的である。そのため、先行研究における情報を可能な限り収集し、物理概念一覧表を作成するとともに、実際概念調査結果の定量的・定性的な分析とその検討を通して、概念一覧表の精度と信頼度を高めていくことが得策であることが分かった。

【資料】小学校物理概念一覧表（力と運動） 12) 14) 15) 16) 17) 18) 19) 20) 21) 22) 23)

概念番号(註3)	内 容	次期学習指導要領関連学年	素朴概念・誤概念1	素朴概念・誤概念2	素朴概念・誤概念3	素朴概念・誤概念4	備 考(註3)	
F3101	物と重さ	習得させたい知識・技能・概念 ※学習指導要領・教科書等によるもの(但し、現行のものにとらわれない)	小3	髪の毛1本や綿などには重さはない。				文献17072402
F3102	物と重さ	アルミホイルをまるめても質量は変わらない。	小3	アルミホイルをまるめると重くなる。	アルミホイルをまるめると軽くなる。			文献17072402
F3103	物と重さ	粘土を分けても質量は変わらない。	小3	粘土を分けると軽くなる。	粘土を分けると重くなる。			文献17072402
F3104	物と重さ	粘土を細長くのばしても質量は変わらない。	小3	粘土を細長くのばすと軽くなる。	粘土を細長くのばすと重くなる。			文献17072402
F3105	物と重さ	ビーカーと水を合わせた質量が100gの水が入ったビーカーに、10gの食塩を入れて完全に溶かしたとき、全体の質量は110gになる。	小3 小5	110gより重い。	100gより重く、110gより軽い。	100g	100より軽い。	文献17072814 文献17080201
F3106	物と重さ	ビーカーと水を合わせた質量が100gの水が入ったビーカーに、10gの砂を入れたとき、全体の質量は110gになる。	小3	110gより重い。	100gより重く、110gより軽い。	100g	100より軽い。	文献17072814
F3107	物と重さ	ビーカーと水を合わせた質量が100gの水が入ったビーカーに、10gの木片を浮かべたとき、全体の質量は110gのなる。	小3 発展	110gより重い。	100gより重く、110gより軽い。	100g	100より軽い。	文献17072814
F3108	物と重さ	質量100gの粘土を細かく分けたとき、全体の質量は100gである。	小3	100gより重い。	100gより軽い。			文献17072814
F3109	物と重さ	すべての物質はこれ以上細かくできない粒子からできており、その粒子には質量がある。	小3 発展	小さな粒子には重さはない。				文献17080213
F3110	物と重さ	ものの出入りがなければ質量は変わらない。	小3	形が変わると重さが変わる。	1つの物を2つに分けると、合計の重さは変わる。	2つのものを1つにまとめると、合計の重さは変わる。		文献17080213
F3111	物と重さ	体積が同じでも質量が異なることがある。	小3	体積が同じ物はみな重さは同じである。	体積が大きい物はみな重い。	体積が小さい物はみな軽い。		文献17080213
F3112	物と重さ	水を入れる容器を変えたとき、水位は変わっても、水の量は変わらない。	小3	水位が下がると、水の量は減る。	水位が上がると、水の量は増える。			文献17072803
F3113	物と重さ	水が入った容器に、包装をはがしたばかりの水に沈む粘土を入れると、水位は上がる。	小3	包装をはがしたばかりの粘土を水に入れても水位は変わらない。	包装をはがしたばかりの粘土を水に入れて水位が下がる。			文献17072803
F3114	物と重さ	水が入った容器に、丸めた粘土を入れると、包装をはがしたばかりのときと水位は変わらない。	小3	丸めた粘土を入れると、包装をはがしたばかりの粘土を入れたときよりも水位が上がる。	丸めた粘土を入れると、包装をはがしたばかりの粘土を入れたときよりも水位が下がる。			文献17072401 文献17072803
F3115	物と重さ	水が入った容器に、バラバラにした粘土を入れると、包装をはがしたばかりのときと水位は変わらない。	小3	バラバラにした粘土を入れると、包装をはがしたばかりの粘土を入れたときよりも水位が上がる。	バラバラにした粘土を入れると、包装をはがしたばかりの粘土を入れたときよりも水位が下がる。			文献17072803
F3116	物と重さ	水が入った容器に、包装をはがしたばかりのときには水に沈む粘土を、円盤のように広げて入れても水に沈む。	小3	円盤のように広げた粘土は水に浮く。	円盤のように広げた粘土は、水の中には入るが、容器の底までは沈まない。			文献17072803
F3117	物と重さ	同じ体積の小球に働く浮力の大きさは、水の深さによらず同じである。	小3 発展	浅い方が浮力が大きい。	深い方が浮力が大きい。			文献17072808
F3118	物と重さ	同じ体積の小球と円すいに働く浮力の大きさは同じである。	小3 発展	小球の方が浮力が大きい。	円すいの方が浮力が大きい。			文献17072808
F3119	物と重さ	大きな水槽に同じ木の板を入れたとき、その置き方によらず、浮力の大きさは同じである。	小3 発展	浅い方が浮力が大きい。	深い方が浮力が大きい。	縦に置いた方が横に置いた方より浮力が大きい。	横に置いた方が縦に置いた方より浮力が大きい。	文献17072808
F3120B	物と重さ	同じかさでも重さがちがう物がある。	小3	かさと同じなら物の重さは同じである。	大きい物は重く、小さい物は軽い。			○物によって、単位体積当たりの質量(密度)は異なっており、そのため同じかさでも重さがちがう物がある。 ※小学校では、いわゆる質量のことを「重さ」と呼んでいる。
F3121B	物と重さ	形が変わっても重さは変わらない。	小3	形が変わると重さが変わることがある。	丸い物は軽くて、角張っている物は重い。	丸い物は重くて、角張っている物は軽い。		○物の材質や密度が同じであり、均質な場合、体積が同じであれば、形が変わっても質量は変わらない。
F3122B	物と重さ	物を二つ以上に分けても、その重さの合計は変わらない。	小3	物を二つに分けると、数が多くなるから、その重さの合計は重くなる。	物を二つに分けると、物を分けているから、その重さの合計は軽くなる。	物を二つに分けると、そのときに手にくっつくので、重さの合計は軽くなる。		※質量保存の概念を獲得させるための学習内容である。

概念番号(註3)	内容	習得させたい知識・技能・概念 ※学習指導要領・教科書等によるもの(但し、現行のものにとらわれない)	次期学習指導要領関連学年	素朴概念・誤概念1	素朴概念・誤概念2	素朴概念・誤概念3	素朴概念・誤概念4	備考(註3)
F3123B	物と重さ	重さにはg, kgという単位を使う。	小3	※実験結果等の記録のさいに、単位を書いていない。もしくは、正しく使えていない。				○g, kgは質量の単位であり、重力の単位はg重, kg重, dyn, Nであることを理解し、実際に正しく使うことができる。
F3124B	物と重さ	1000g=1kgである。	小3	※単位の換算ができていない。他の単位についての誤概念も持っている。				○k: ×1000, M: ×1000000, m: 1/1000, c: 1/100, d: 1/10等について理解し。実際に正しく使うことができる。
F3125B	物と重さ	台ばかりや電子天秤を使うと、重さを量ることができる。	小3	台ばかりと電子天秤を使うと、違う量を量っているみたいだ。※電子天秤の単位設定の誤操作による誤概念				○台ばかりや電子天秤を使ったとき量っているのは重力の大きさであり、重力加速度が異なると、測定値も異なる。
F3126B	物と重さ	天秤の両側に同じ重さの物を載せるとつり合う。	小3	同じ重さの物を載せても、大きい物を載せた皿の方が下に下がるはずだ。	全部足し合わせたとき、同じ重さになる物を載せても、数が多い方の皿が下に下がるはずだ。	同じ重さの物を載せても、そのときによってつり合うとは限らない。※支点の位置等操作上のわずかなずれによる変化を受け入れられない。		○天秤の左右で、力の大きさ×うでの長さが等しいとき、天秤はつり合う。
F3127B	物と重さ	天秤の両側にちがう重さの物を載せるとつり合わず、重い方が下に下がり、軽い方が上に上がる。	小3	大きい物を載せた皿の方が下に下がり、小さい物を載せた皿の方が上に上がる。				
F3128B	物と重さ	重さがちがう物を同じ高さから落下させたとき、床(地面)につくまでにかかる時間は同じである。	小3 発展	大きい物を落とした方が速く落下する。	重い物を落とした方が速く落下する。			
F3201B	風とゴムの力の動き	風の力によって車などの物が動くのは、車などに付けたほが風の力を受けるからである。	小3	風の力によって車などの物が動くのは、風が車などのに付けたほなどを速く通り過ぎるからである。				
F3202B	風とゴムの力の動き	程よくなめらかな床を走らせると、車はよく走る。	小3	なめらかな床では車がすべってあまり走らない。				
F3203B	風とゴムの力の動き	走らせた車がやがて止まるのは、タイヤと床との間にまさつの力が働くからである。	小3 発展	床は滑らかだったはずなので摩擦は働かない。				
F3204B	風とゴムの力の動き	風がまっすぐ当たると、車が速く走る。	小3	斜めから風が当たると風が強くなるので、車も速く走る。				
F3205B	風とゴムの力の動き	風が強くなると、車が速く走る。	小3	風が強くなると車がとんでいきそう。	風が強くなると車が倒れそう。			
F3206B	風とゴムの力の動き	ゴムの力をのばすともどろうとする力が働く。	小3	ゴムの力をのばすとどんだんのびてしまい、あまり力はたらない。	ゴムが切れてしまう。			
F3207B	風とゴムの力の動き	ゴムの力によって車などの物が動くのは、ゴムがもどろうとする力を使っているからである。	小3	ゴムの力を引張った勢いで車などの物が動く。				
F3208B	風とゴムの力の動き	ゴムの力を長くのばせばほど、ゴムの力を強くのばせばほど、ゴムの力が大きくなり、車が速く速くまで走る。	小3	ゴムの力を長くのばせばほど、どんだんのびてしまいがちで、ゴムの力を強くのばせばほど、ゴムの力が大きくなり、車が速く速くまで走る。	ゴムの力を引張った勢いで車は走るの勢いで、ゴムの力を強くのばせばほど、ゴムの力が大きくなり、車が速く速くまで走る。			
F3209B	風とゴムの力の動き	ゴムの力を横につなぐ数を増やすと、ゴムの力が大きくなり、車が速く速くまで走る。	小3	ゴムの力を縦につないだ方が力が大きくなる。	ゴムの力を引張った勢いで車は走るの勢いで、ゴムの数は関係ない。			
F5101	振り子の運動	ブランコに重い人が乗っても軽い人が乗っても、1往復するのにかかる時間は変わらない。	小5	重いほどブランコが速く動くので、重い人が乗ると1往復にかかる時間が短くなる。	重いほど動くのに時間がかかるので、重い人が乗ると1往復にかかる時間が長くなる。			文献17072408
F5102	振り子の運動	糸をびんと張って振り子の小球をある角度だけ持ち上げて手を離すと、最下点を過ぎた小球は、最初と同じ角度の位置まで反対側に振れる。	小5	小球は糸が水平になる位置まで振れる。	小球は最初の角度よりも少しだけ大きく振れる。	小球は最初の角度よりも少しだけ大きく振れる。	小球は最下点を少しだけ越した位置まで振れる。	文献17072810
P5103	振り子の運動	小球を重くしたときも、糸をびんと張って振り子の小球をある角度だけ持ち上げて手を離すと、最下点を過ぎた小球は、最初と同じ角度の位置まで反対側に振れる。	小5	小球は糸が水平になる位置まで振れる。	小球は最初の角度よりも少しだけ大きく振れる。	小球は最初の角度よりも少しだけ大きく振れる。	小球は最下点を少しだけ越した位置まで振れる。	文献17072810

概念番号(註3)	内 容	習得させたい知識・技能・概念 ※学習指導要領・教科書等によるもの(但し、現行のものにとらわれない)	次期学習指導要領関連学年	素朴概念・誤概念1	素朴概念・誤概念2	素朴概念・誤概念3	素朴概念・誤概念4	備 考(註3)
P5104	振り子の運動	小球が最下点にきたとき、糸が途中で引っかかるように棒を置き、糸の長さが短くなるようにしたとき、最下点を過ぎた小球は最初の高さまで反対側に振れる。	小5 発展	小球は糸が水平になる位置まで振れる。	小球は糸が水平になった位置よりも少しだけ大きく振れる。	小球は糸が水平になったときよりもっと先の位置まで振れる。	小球は最下点を少しだけ越した位置まで振れる。	文献17072810
P5105	振り子の運動	重い小球でも軽い小球でも、振れ幅は変わらない。	小5 発展	小球が軽いと振れ幅が大きい。	小球が重いと振れ幅が大きい。			文献17072810
P5106	振り子の運動	重い小球でも軽い小球でも、振れの速さは変わらない。	小5 発展	小球が軽いと振れの速さは速い。	小球が重いと振れの速さが速い。			文献17072810
F5107	振り子の運動	1人で乗っても2人で乗っても、ブランコがもどってくる時間は変わらない。	小5	1人で乗った方が、ブランコは短い時間でもどってくる。	2人で乗った方が、ブランコは短い時間でもどってくる。			文献17080202
F5108	振り子の運動	振れる幅を大きくしても小さくしても、ブランコがもどってくる時間は変わらない。	小5	振れる幅を大きくした方が、ブランコは短い時間でもどってくる。	振れる幅を小さくした方が、ブランコは短い時間でもどってくる。			文献17080202
F5109	振り子の運動	ロープの長さが長いほど、ブランコは短い時間でもどってくる。	小5	ロープの長さが短いほど、ブランコは短い時間でもどってくる。	ロープの長さが長くて短くても、ブランコがもどってくる時間は変わらない。			文献17080202
F5110	振り子の運動	おもりの質量によって振り子の周期は変わらない。	小5	重いと周期が長くなるのは、重いと遅くなるから。	重いと周期が長くなるのは、終点が高くなり移動距離が長くなるから。	重いと周期が長くなるのは、重いと途中で止まりそうだから。		文献17080214
F5111	振り子の運動	おもりの質量によって振り子の周期は変わらない。	小5	重いと周期が短くなるのは、重いと速くなるから。	重いと周期が短くなるのは、軽いと終点が高くなり、移動距離が長くなるから。			文献17080214
F5112	振り子の運動	おもりの質量によって振り子の周期は変わらない。	小5	重いと速いが最下点で止まるから変わらない。	重いと速いが空気抵抗を受けやすいから変わらない。			文献17080214
F5113	振り子の運動	おもりの振れ幅によって振り子の周期は変わらない。	小5	振れ幅が大きいと周期が長くなるのは、移動距離が長くなるから。	振れ幅が大きいと周期が長くなるのは、終点が高くなり移動距離がさらに長くなるから。			文献17080214
F5115	振り子の運動	おもりの振れ幅によって振り子の周期は変わらない。	小5	振れ幅が大きいと周期が短くなるのは、速さが速くなるから。				文献17080214
F5116	振り子の運動	おもりの振れ幅によって振り子の周期は変わらない。	小5	振れ幅が大きいと周期が変わらないのは、移動距離が同じだから。	振れ幅が大きいと周期が変わらないのは、空気抵抗が大きいから。			文献17080214
F5117	振り子の運動	糸の長さが長いと振り子の周期は長くなる。	小5	短いと空気抵抗が少ないから速くなる。	長いと遠心力がつくから。	長くするとおもりに力が伝わりにくい。		文献17080214
F5118	振り子の運動	糸の長さが長いと振り子の周期は長くなる。	小5	短いと勢いがなくなり遅くなる。	短いと移動距離が長くなる。	短いと振れる力が弱くなり遅くなる。	角度が大きくなるから。	文献17080214
F5119	振り子の運動	糸の長さが長いと振り子の周期は長くなる。	小5	おもりの重さも振れ幅も同じだから。	移動距離が同じだから。	長いと移動距離は長いから速くなるから。		文献17080214
F5120	振り子の運動	ターザンロープに重い人と軽い人が振れ幅を変えずに乗ったとき、1往復する時間は変わらない。	小5	重い人の方が軽い人より1往復する時間が長くなる。	軽い人の方が重い人より1往復する時間が長くなる。			文献17080216
F5121	振り子の運動	ターザンロープに振れ幅だけを変えて同じ体重の人が乗ったとき、1往復する時間は変わらない。	小5	振れ幅が大きいときの方が振れ幅が小さいときよりも1往復する時間が長くなる。	振れ幅が小さいときの方が振れ幅が大きいときよりも1往復する時間が長くなる。			文献17080216
F5122	振り子の運動	ターザンロープの長さを変えて同じ振れ幅で同じ体重の人が乗ったとき、1往復する時間は、ロープが長いほど長くなる。	小5	ロープの長さがによって、1往復する時間は変わらない。	ロープが短いほど、1往復する時間が長くなる。			文献17080216 Cf)短い方が速くもどってくる。長いともどるのに時間がかかる。
F5123	振り子の運動	ターザンロープに重い人と軽い人が振れ幅を変えずに乗ったとき、1往復する時間は変わらない。	小5	重いと勢いがつくので重い人の方が時間が短い。	重いとスピードがつくので、重い人の方が時間が短い。			文献17080216
F5124	振り子の運動	ターザンロープに重い人と軽い人が振れ幅を変えずに乗ったとき、1往復する時間は変わらない。	小5	軽いとスムーズに動くから時間が短い。				文献17080216
F5125	振り子の運動	ターザンロープに振れ幅だけを変えて同じ体重の人が乗ったとき、1往復する時間は変わらない。	小5	振れ幅が大きい方が勢いがつくから時間が短い。	振れ幅が大きい方が加速するから時間が短い。			文献17080216
F5126	振り子の運動	ターザンロープに振れ幅だけを変えて同じ体重の人が乗ったとき、1往復する時間は変わらない。	小5	振れ幅が小さい方が動く距離が短くなるから時間が短い。	振れ幅が小さい方が遅いが時間がかからない。			文献17080216 Cf)大きいと加速するけど長いし、小さいとあまり加速しないけど短いから同じ。
F5127	振り子の運動	ターザンロープの長さを変えて同じ振れ幅で同じ体重の人が乗ったとき、1往復する時間は、ロープが長いほど長くなる。	小5	長い方がスピードがつくから短い。	長いと速く行きそうだから短い。			文献17080216

概念番号(註3)	内容	習得させたい知識・技能・概念 ※学習指導要領・教科書等によるもの(但し、現行のものにとらわれない)	次期学習指導要領 関連学年	素朴概念・誤概念1	素朴概念・誤概念2	素朴概念・誤概念3	素朴概念・誤概念4	備考(註3)
F5128	振り子の運動	ターザンロープの長さを変えて同じ振幅で同じ体重の人が乗ったとき、1往復する時間は、ロープが長いほど長くなる。	小5	ロープの長さが変わるだけならかわらない。				文献17080216
F5129B	振り子の運動	振り子の振幅を変えると、振幅が小さいときには、周期はほとんど変わらない。	小5	振り子の振幅を大きくすると、周期が長くなる。	振り子の振幅を大きくすると、周期が短くなる。			
F5130B	振り子の運動	振り子の振幅を変えたとき、振幅が大きくなると、周期は少しずつ長くなっていく。	小5 発展	振り子の振幅を非常に大きくしても、周期は変わらない。	振り子の振幅を非常に大きくしても、周期が短くなる。			
F5131B	振り子の運動	振り子の糸に付けた小球の重さを変えても、振り子の周期は変わらない。	小5	振り子の糸に付けた小球を重くすると、周期が長くなる。	振り子の糸に付けた小球を軽くすると、周期が短くなる。			
F5132B	振り子の運動	振り子の糸の長さを長くすると、振り子の周期は長くなっていく。	小5	振り子の糸の長さを長くしても、周期は変わらない。	振り子の糸の長さを長くすると、周期は短くなる。			
F5133B	振り子の運動	振り子の糸の長さを長くしていったとき、最初は振り子の周期が急に長くなるが、少しずつ周期の増大が小さくなっていく。	小5 発展	振り子の糸の長さ と周期との関係は 比例する。				
F5134B	振り子の運動	振り子の糸に付けた小球の大きさを変えても、振り子の周期はほとんど変わらない。	小5 発展	大きな小球を付けると、周期が長くなる。	大きな小球を付けると、周期が短くなる。			
F5201	衝突	おもりが重いほど、ぶつけられた物体の動きが大きくなる。	旧 小5	おもりが軽いほど、ぶつけられた物体の動きが大きくなる。	おもりの重さによって、ぶつけられた物体の動きは変わらない。			文献17080202
F5202	衝突	速く動いているおもりがぶつかったときほど、ぶつけられた物体の動きが大きくなる。	旧 小5	遅く動いているおもりがぶつかったときほど、ぶつけられた物体の動きは大きくなる。	動いているおもりの速さによって、ぶつけられた物体の動きは変わらない。			文献17080202
F5203	衝突	高いところからおもりを転がすほど、おもりの速さは速くなる。	旧 小5	高いところからおもりを転がすほど、おもりの速さは遅くなる。	おもりの速さは、転がし始める高さによらない。			
F6101	てこ	同じおもりを両側につるしてつり合った天秤のおもりの1つを糸の上の方につるしても天秤はつり合う。	小6	おもりを糸の上の方につるした方が上がる。	おもりを糸の上の方につるした方が下がる。			文献17072402
F6102	てこ	同じおもりを両側につるしてつり合った天秤の一方の糸を短くしても天秤はつり合う。	小6	糸を短くした方が上がる。	糸を短くした方が下がる。			文献17072402
F6103	てこ	シーソーを使うとある程度体重が重い人を持ち上げることができる。	小6	体重が重い人を持ち上げることができない。	いくらでも体重が重い人を持ち上げることができる。			文献17080202
F6104	てこ	ある程度体重が軽い人とシーソーをつり合わせることができる。	小6	体重が軽い人とシーソーをつり合わせることができない。	いくらでも体重が軽い人とシーソーをつり合わせることができる。			文献17080202
F6105	てこ	同じ体重の人とシーソーをつり合わせるためには、支点から同じ距離のところに乗らなければならない。	小6	体重が同じならどこに乗ってもシーソーはつり合う。				文献17080202
F6106	てこ	つり合っているシーソーは、片方の人が立ってもつり合う。	小6	片方の人が立つとその方が上がる。	片方の人が立つとその方が上がる。			文献17080202
F6107B	てこ	てこの働きを変化させる三つの点として、力点、作用点、支点がある。	小6	手でおすところが作用点で、ものをつるすところが力点、棒を支える点が支点である。				
F6108B	てこ	てこの力点の位置を支点から遠くすると、物を持ち上げるのに必要な力が小さくなり、近くすると必要な力が大きくなる。	小6	力点の位置を支点に近くすると、物を持ち上げるのに必要な力が小さくなり、遠くすると必要な力が大きくなる。				
F6109B	てこ	てこの作用点の位置を支点から近くすると、物を持ち上げるのに必要な力が小さくなり、遠くすると必要な力が大きくなる。	小6	てこの作用点の位置を支点から遠くすると、物を持ち上げるのに必要な力が小さくなり、近くすると必要な力が大きくなる。				
F6110B	てこ	てこの力点と支点との距離を長くすると、物を持ち上げるのに必要な力が小さくなり、短くすると必要な力が大きくなる。	小6	てこの力点と支点との距離を短くすると、物を持ち上げるのに必要な力が小さくなり、長くすると大きくなる。				

概念番号(註3)	内 容	習得させたい知識・技能・概念 ※学習指導要領・教科書等によるもの(但し、現行のものにとらわれない)	次期学習指導要領関連学年	素朴概念・誤概念1	素朴概念・誤概念2	素朴概念・誤概念3	素朴概念・誤概念4	備 考(註3)
F6111B	てこ	てこの作用点と支点との距離を短くすると、物を持ち上げるのに必要な力が小さくなり、長くすると必要な力が大きくなる。	小6	てこの作用点と支点との距離を長くすると、物を持ち上げるのに必要な力が小さくなり、短くすると大きくなる。				
F6112B	てこ	てこには、力点・作用点・支点の位置の順序によって、三種類の物が存在する。	小6	てこはかならず、力点・作用点・支点の順序になっている。	てこの形態は無限に存在する。			
F6113B	てこ	実験用てこにつるしたおもりの重さと支点からの距離を表す番号をかけ合わせたものが左右で同じであればてこはつり合う。	小6	おもりを糸の上の方につるした方が上がる。つるす位置を表す数とおもりの数がてこの左右ですべて一致していないとてこはつり合わない。	おもりをつるす位置とおもりの数が実験用てこの左右で一致しないとてこはつり合わない。	おもりをつるす位置を表す数とおもりの数を左右で入れ替えさえすればてこはつり合う。		
F6114	てこ	てこの支点は棒の中心でなくてもよい。	小6	てこがつり合うためには、その支点は必ず棒の中心でなければならない。				
F6201B	力と運動	物をおしたとき、その力とおし返される力の大きさは同じである。	発展	おす力の方が強い。	おし返される力の方が大きい。	おし返される力は0である。		
F6202B	力と運動	友達どうし手を合わせておし合うときは、体重には関係なく、同じ大きさの力でおし合っている。	発展	体重が重い人がおす力の方が大きい。	体重が重い人がおす力の方が少しだけ大きい。	体重が軽い人がおす力の方が大きい。		
F6203B	力と運動	友達どうし手を合わせておし合ったとき、体重が重い人が軽い人に勝ったのは、まさつの力のちがいによる。	発展	体重が重い人がおす力の方が大きいから。	体重が重い人がおす力の方が少しだけ大きいから。			
F6204B	力と運動	物が水平方向に動いているとき、同じ速さであれば、水平方向の力はかかっている。	発展	物が動いている向きに力が水平方向の力がかかっている。				
F6205B	力と運動	物が水平方向に動いているとき、速さが加速(減速)していれば、水平方向の力が働いている。	発展	加減速する・しなやかにかかわらず、物が動いている向きに水平方向の力が働いている。				
F6206B	力と運動	水平方向に同じ速さで動いている物は、力が働いていなければ、同じ速さで動き続ける。	発展	水平方向に同じ速さで動いている物は、やがて止まってしまう。				

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、東京学芸大学教授新田 英雄先生、千葉大学教授山下 修一先生、東京学芸大学教授松浦 執先生、東京学芸大学准教授関口 貴裕先生の多大なる指導・助言を受けました。また、本研究は、平成28年度から平成29年度にかけて実施した、東京学芸大学特別開発研究プロジェクト「物理教育研究(Physics Education Research, PER)に基づいた小・中・高等学校理科(物理分野)の授業評価・授業改善」の一環として実施したものです。同研究は、プロジェクトチーム副リーダーの東京学芸大学附属世田谷中学校教諭宮崎 達朗先生、プロジェクトチームメンバーの東京学芸大学附属世田谷小学校教諭河野 広和先生、東京学芸大学附属高等学校教諭小林 雅之先生、東京学芸大学附属高等学校教諭市原光太郎先生、東京都稲城市立平尾小学校教諭五十嵐敏文先生の協力を得ながら実施しました。概念調査の実施にあたっては、平成28年度東京都杉並区立高井戸第二小学校校長遠藤 武司先生、同副校長山中 朗先生、同主任教諭野田 隆嗣先生、同第5学年・第6学年担任の先生方、東京学芸大学附属世田谷中学校主幹教諭岡田 仁先生、同教諭高田 太樹先生、平成27年度東京学芸大学附属世田谷小学校教諭青木 良太先生、平成27年度～平成29年度東京学芸大学附属世田谷小学校第5学年・第6学年担任の先生方の協力を得ました。先生方に厚く御礼を申し上げます。

## 【註】

- 1) 小学校授業において、到達目標と児童の学習活動との間にずれが生じたときに、児童の学習状況に関わらず、教師が「実は～となります」と言って、強引にあたかも到達目標にたどり着いたかのように見せかける場面が時折存在する。「実は～となります」と言った瞬間に、それまでの児童の学びがリセットされるため、小学校の授業実践研究の場で、このような状況になることを、しばしば「実はの害」と呼んでいる。
- 2) Hake によるゲイン  $g$   
$$g = \frac{\text{事後テストのクラス平均} - \text{事前テストのクラス平均}}{100 - \text{事前テストのクラス平均}}$$
- 3) C4101, および、同項目の文献番号17072401は、筆者による任意の記号とナンバリングである。資料の記号番号も同様である。
- 4) 調査問題や選択肢に何らかの不具合が見られた場合には、作成方法の如何に関わらず常時改訂していくべきものである。但し、調査問題の内容が少しでも異なると、これらの調査問題に対する回答をすべて同時に処理できない点に留意する必要がある。
- 5) 「空気と水」の学習においては、2018年9月、第1時「大きな袋を用いて空気を集めて閉じ込め、その空気に働きかける」、第2～3時「空気でっぽうを用いて、空気が押し縮められることによって、前玉が飛ぶという空気でっぽうの仕組みについて考える」のうち、第1時と第2時を教育実習生、第3時を筆者が担当した。空気についての学習を終えてからこの単元の授業を中断した。そして、2019年1月に、事前調査を行って、第4時「空気でっぽうに水や固体を入れると、これらがほとんど押し縮められないため、前玉がほとんど飛ばないという仕組みについて考える」より授業を再開した。この事前調査は、厳密には「事前」にならないが、便宜上事前調査として扱うことにした。

## 【参考・引用文献】

- 1) Osborne, R., Freyberg, P.: 森本 信也, 堀 哲夫訳, 子ども達はいかに科学理論を構成するか—理科の学習論, 東洋館出版社, 1988.
- 2) White, R.T.: 堀 哲夫, 森本 信也訳, 子ども達は理科をいかに学習し, 教師はいかに教えるか: 認知的アプローチによる授業論, 東洋館出版社, 1990.
- 3) 堀井 孝彦: 子どもが持つ支点の位置に関する素朴概念, 学校教育学研究論集第38号, 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科, pp61-70, 2018.
- 4) Clement, John.: Student's preconceptions in introductory mechanics, American Journal of Physics, 50, pp66-71, 1982.
- 5) 井深 大: 幼稚園では遅すぎる—真の幼児教育とは何か—, サンマーク出版, 1971, 2003.
- 6) 隅田 学, 深田 昭三: 幼い子どもの科学コンピテンスの再評価とその教育適時性に関する一考察, 科学教育研究 Vol.29, No.2, 日本科学教育学会, pp99-109, 2005.
- 7) Hake, R.R., Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, AMERICAN JOURNAL of PHYSICS, Vol. 66 No.1, pp64-74, 1998.
- 8) Redish, E.: Teaching Physics with the Physics Suite, John Wiley & Sons, Inc, 2003.
- 9) Hestenes D., Wells M., and Swackhamer G., Force Concept Inventory: THE PHYSICS TEACHER, VOL.30, pp141-158, 1992.
- 10) 豊田 秀樹: 『項目特性図』『項目反応理論 [入門編] 第2版』朝倉書店, pp1-7, 2012.
- 11) 堀井 孝彦: 小学校理科物理分野の調査問題作成と項目特性図による分析・評価, 理科教育学研究 Vol.59, No.2, 日本理科教育学会, pp243-251, 2018.
- 12) 鈴木 秀夫: 小学校3年「空気でっぽう」の指導, 理科の教育1987年2月号, 日本理科教育学会, 東洋館出版社, pp21-24, 1987.
- 13) 鈴木 京子: 空気をつかまえよう—学習カードを評価と助言のために活用した個別指導—理科の教育1988年11月号, 日本理科教育学会, 東洋館出版社, pp22-25, 1988.
- 14) 荒巻 信子: 小学校4年「ものの重さとてんびん」の指導, 理科の教育1986年12月号, 日本理科教育学会, 東洋館出版社, pp19-22, 1986.
- 15) 中島 稔, 戸北 凱惟: 葛藤教材の同時提示による溶解時の質量保存に関する学習者の理解, 日本理科教育学会研究紀要, Vol.39, No.1, 日本理科教育学会, pp31-39, 1998.
- 16) 宗近 秀夫: 小・中学生の溶解概念に関する実態調査, 理科教育学研究 Vol.40, No.3, 日本理科教育学会, pp13-22, 2000.
- 17) 山下 修一: 小・中学校理科全単元をつなぐコア知識一覧表の利用意識と試行授業の影響, 理科教育学研究, Vol.52, No.2, 日本理科教育学会, pp143-153, 2011.
- 18) 萩生田忠昭: 重さと体積に関する科学的推理の認知レベルについて, 日本理科教育学会研究紀要 Vol.32, No.2, pp47-54, 1991.
- 19) 堀 哲夫, 宮澤 研: 科学的概念の形成と理解—「浮力」概念の形成と教科書の内容構成について—, 日本理科教育学会研究紀要 Vol.35, No.1, pp1-10, 1994.
- 20) 隅田 学: 「振り子の運動」に関する学習者の認知の発達的変容と学校理科学習の効果, 日本理科教育学会研究紀要, Vol.36, No.1, pp17-28, 1995.
- 21) 松森 靖夫: 物理・化学概念に関する命題分の真偽判断に適用される子どもの論理の推定—コメント法による評価シートの記述理由を手がかりにして—, 理科教育学研究, Vol.42, No.1, pp13-22, 2001.
- 22) 川崎 弘作, 中山 貴司・松浦 拓也, 振り子の概念獲得に関する研究—子どもの認識に基づいた学習指導法を通して—理科教育学研究, Vol.53, No.2, pp241-249, 2012.
- 23) 清水 誠, 實川 和宏, コンフリクトマップを用いた教授方法が概念変容に及ぼす効果—振り子の運動の学習を事例として—, 理科教育学研究, Vol.55, No.1, pp37-46, 2014.