

# 子どもが持つ支点の位置に関する素朴概念

堀 井 孝 彦\*

## 1. はじめに ー研究目的ー

理科の学習において、子どもがさまざまな素朴概念や誤概念をもち、これらが授業を通して変容しづらいことは、よく知られた事実であり、これまでに非常に多数の研究が行われてきた（例えば、Osborne and Freyberg, 1985, White, 1990）。堀（1990）は、児童・生徒の持っている概念は早期に形成・獲得され、非科学的前科学的であることが多いことを示している。また、麻柄（1996）は、学習者の誤った知識が修正されにくい原因について、「誤った考えがスキーマとして作用して、既知の単純な事実がそれに同化する形で歪められるために、問題解決に必要な情報が正しく認知構造に取り入れられない」（第1段階）、「かりに情報が正しく取り入れられたとしても、誤った考えと相互交渉を持ちえず、それだけで孤立化した知識を構成してしまう」（第2段階）という、2つの段階による困難モデルを提示している。小学校理科においては、これらが同時に起こることさえある。したがって、児童がどのような概念をもって学習に臨んでいるのかを把握することは、授業者にとって重要になる。

筆者は、児童が持つ概念を分析することを目的として、2015年～2017年にかけて、主に小学校第6学年児童を対象として、また、一部対象を中学生にも拡げて、小学校理科物理分野についての概念調査を行ってきたが、その中で、一連の調査結果を通して、子どもには、「てこの支点の位置は、その中心になければならない」という素朴概念が存在すること、また、「てこの規則性」<sup>1)</sup>について学習したにも関わらず、この素朴概念が

根強く存在し続けることが分かった。本論文では、今までの概念調査結果に基づいて、てこの支点の位置に関する素朴概念について吟味・検討する。

## 2. 研究方法

概念調査においては、多肢選択式問題による定量的な分析方法と回答理由記述による定性的な分析方法を併用することにした。下に詳述するように、多肢選択式問題による調査問題の典型的な例として、近年高等学校や大学でしばしば用いられている「力学概念調査（Force Concept Inventory, FCI）」が挙げられる。Hestenes et al. (1992)によると、FCIは、その作成段階において、力学概念に関する一覧表が「正しい概念」と「誤概念」に分けて作成され、これらに基づいて問題や選択肢がつくられている。さらには結果の分析、生徒・学生へのインタビューを通して問題や選択肢の改良が行われ、現在の版へと至っている。

ここでは、「児童・生徒が持つ素朴概念の発生状況を調査問題や選択肢に反映させる」ということに関して、FCIの問題作成のプロセスを一部援用した。特に、「てこの規則性」に関する調査問題においては、「てこの支点の位置は、その中心になければならない」という素朴概念が、すでに初期の調査段階で見られたため、その発生状況を踏まえて、3回にわたって問題を修正改良した。以下、それぞれの段階における調査問題を、「第1次物理概念予備調査（第1次調査）」「第2次物理概念予備調査（第2次調査）」「第3次物理概念予備調査（第3次調査）」と呼んで区別する。問題の修正改良後には、「てこ

---

\* ほりい たかひこ 東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科、東京学芸大学附属世田谷小学校

キーワード：小学校理科／素朴概念／物理概念調査／てこの規則性／支点の位置

の規則性」の授業の進捗状況に合わせて事前調査－中間調査－事後調査を行った。児童の概念獲得状況を比較するために、事前調査－中間調査－事後調査では、すべて同一の問題を使用した。これらの結果に基づいて比較・検討した。

### 3. 結果と考察

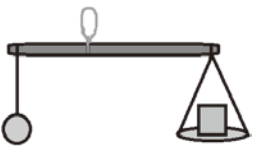
#### 3. 1 初期の調査で明らかになった素朴概念

##### 3. 1. 1 第1次調査

第1次調査は、2015年12月、S小学校第6学年児童37名を対象に行い、その問7として図1の問題を出題した。児童にとって身近ではない、「さおばかり」についての問題を出題した理由は、実験で扱った物を出題すると、授業で習得した知識に基づいて回答する可能性があり、児童が持つ概念を調査するのに適さないためである。また、さおばかりは、「てこの規則性」の授業では、通常取り扱われないが、「てこの規則性」を適用し、類推することにより、回答できるのではないかと考えて、この問題を出題した。各選択肢の選択状況は、表1の通りである。

<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を変えずに、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1 第1次調査におけるさおばかり問題

表1 第1次調査における問7の回答状況（名）

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

問7の回答状況を見ると、正答2が21名で最も多かった。また、誤答4も、9名と目立っているので、表2の回答理由から誤答分析を行った。その結果、「てこの支

表2 第1次調査 問7 誤答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。

点の位置は、その中心になければならない」ということを示唆している回答は、9名中6名に見られることが分かった。多くの児童が保有する、この素朴な考え方（素朴概念）を、本論文では、「支点中心説」と呼ぶことにする。調査時点で、「てこの規則性」は既習であったにも関わらず、6名の児童が、この素朴概念を持っていることが分かった。

一方、他の選択肢を選んだ児童についても、誤答分析・正答分析を行った。回答理由記述を見ると、誤答1の回答者にも、「支点中心説」を示唆する記述が見られ、正答2の回答者でさえ、「天秤などは、物と支点の長さが均等になるようにした方がつり合うから」「つり上げているところを真ん中にするため」「つり下げているひもの位置を真ん中にしなければ、つり下げているひもより左側の方の棒の重さと右側の方の棒の重さが等しくならないから」という記述が見られた。これらは、誤った根拠をもとに正答選択肢を選んでいる回答、すなわち、偽正答と見做す必要がある。結局、37名中10名（約27%）もの児童が、「支点中心説」という素朴概念をもっていることが分かった。

「支点中心説」という素朴概念が発生した要因として、「てこの規則性」の単元の後半で、主要な教材として「実験用てこ」が用いられていることが挙げられる。「実験用てこ」は、力を加える位置やおもりをつるす位置を変えることにより、力点や作用点の位置を変えるが、支点の位置は固定されている。たとえ力を加える位置やおもりをつるす位置を変えても、「実験用てこ」の形状は変わらないため、「てこの支点の位置は、その中心になければならない」と誤解している児童が多数いるということが、この問題の回答理由の記述内容から分かった。

但し、「支点中心説」自体が、どのような素朴概念であるのか、厳密に検討することについては、今後の課題である。

### 3. 1. 2 第2次調査

第1次調査では、正答者の中には偽正答者が含まれることが分かった。そこで、正答選択肢から偽正答を分離するために、第2次調査では、「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」という選択肢を加えることにした。また、第1次調査の選択肢4「上のどれでもない」は削除し、自分の考えに最も近い回答を選択させるようにした。第2次調査は、2016年3月、S小学校第6学年児童74名<sup>2)</sup>を対象に行った。同問を下の図2のように改題し、他の領域の問題も含めた計25問の調査として実施した（「てこの規則性」に関する問題は、25問中2問）。74名の被

<第2次物理概念予備調査より>

○右の図のようなはかり（さおばかり）があり、物体の重さをはかろうと思います。

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。物体の重さを正しくはかるために、はかりをつり下げているひもをどうすればよいですか。

- 1 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。
- 2 はかりがつり合うまで、はじめの位置から、ひもを左側に動かす。
- 3 はかりがつり合うまで、はじめの位置から、ひもを右側に動かす。
- 4 はかりがつり合うまで、おもりをつり下げている糸を長くする。

※選択肢1～4の図は省略




図2 第2次調査で改良したさおばかり問題

表3 第2次調査 さおばかり問題 群別回答数（名）

	1群	2群	3群	4群	5群	全体
無答	1	0	1	0	0	2
1	4	8	3	1	2	18
2	6	3	3	4	2	18
3	3	3	6	7	12	31
4	2	2	0	1	0	5
計	16	16	13	13	16	74

験者を合計得点により13名、または、16名の5群に分け、最下位を1群、最上位を5群として、項目特性図<sup>3)</sup>（豊田、2012）を作成し、回答状況を分析した。この問題における、群別の回答状況を表3に、項目特性図を図3に示す。但し、無回答の2名は、項目特性図には反映されていない。

この問題の正答は選択肢3である。正答率は、上位群で高いことが、項目特性図から分かる。第1次調査で、「支点中心説」をもっていると考えられる児童が37名中10名（約27%）であることを考慮すると、第2次調査で、「支点中心説」の誤答1を選択した児童は、18名（約24%）であるので、両者で「支点中心説」の素朴概念をもつ児童の割合は、あまり変わらないということが分かる。第1次調査で、正答した児童が37名中21名（約57%）であることを考慮すると、第2次調査で、正答3を選択した児童は、31名（約42%）であるので、正答率が約15%下がっていることが分かる。このことから、正答率や各選択肢の選択率、および、回答理由記述をもとに問題を改善することによって、偽正答が選択肢1によりある程度分離できていることが分かる。

前述の通り、「さおばかり」は、「てこの規則性」の単元で、取り扱うのが必須ではないが、「てこの規則性」を適用することによって、類推することも可能である。ところが、今回の調査結果から、「てこの規則性」を教科書や授業で取り扱われた事象以外に適用するのが難しい児童は、相当いることが分かった。しかしながら、第2次調査では、多肢選択方式の調査のみを行ったため、明確な事実や根拠を示すことはできなかった。

選択率 問7 群別

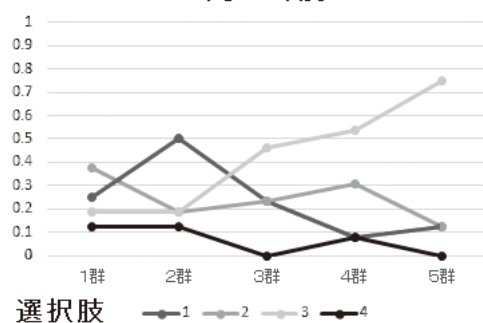


図3 第2次調査 さおばかり問題の項目特性図

### 3. 1. 3 第3次調査

そこで、第3次調査では問題を改題することなく、追跡調査として、S小学校からS中学校への進学者91名に対して、2016年7月に実施した。問題は第2次調査と同一だが、各選択肢が当方の意図通り機能しているかどうかを確認するため、回答理由も記述させた。各選択肢の選択者数、および、選択率は、表4の通りである。なお、これらの生徒は、その時点で、中学校理科物理分野の学習内容は未習である。

第3次調査においては、第2次調査と同様に、誤答1(支点中心説)を選択した生徒が多かったものの、その選択率は約19%と、小学校第6学年のときの約24%より若干減少している。また、正答3の正答率は約58%で、小学校第6学年のときの約42%より上昇している。

回答理由の記述状況は、表5の通りである。なお、表5の①②③は、当該生徒が小学校第6学年児童の頃に第

表4 第3次調査における内部進学生徒の回答選択傾向

選択肢	1	2	3	4	計
選択者数(名)	17	17	53	4	91
選択率(%)	18.7	18.7	58.2	4.4	100.0

表5 誤答1(支点中心説)の回答理由記述

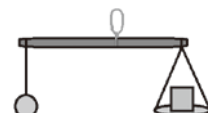
<p>【誤答1選択理由で見られた支点中心説】</p> <p>○旧6年1組：第2次調査受検せず</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・正しく重さを量るためには、おもりから支点までの長さを同じにしないとイケないから。</li> <li>・中心からのキョリが長い方が大に下がるので、まん中にもってゆく。</li> <li>・はかりをつり下げているひもから左右の物体までが同かんかくでないと正しくはかれないから。</li> <li>・つりさげているひもが真ん中でなければ正しくはかれないから。</li> </ul> <p>○旧6年2組：第2次調査受検</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・真ん中におもりを戻すことでつり合う。①</li> <li>・ひもの位置を中心にしなけいけいから。①</li> </ul> <p>○旧6年3組：第1次調査・第2次調査受検</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・まん中でやらないと、うまくちょうせいできないから。①</li> <li>・真ん中で動かさないとはかりではない。</li> </ul> <p>※第2次調査は無回答</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中心にあれば、はかりたい物だけをはかれるから。③</li> <li>・糸が真ん中でないと正しくはかれないから。③</li> <li>・まず、真ん中によせないと正しい重さがはかれないから。③</li> <li>・ひもからはかる物の長さが同じにならなくてはならないから。②</li> <li>・真ん中にひもをつけることで、真ん中から右側までのきより、真ん中から左側までの距離が等しくなり、物体の重さが正しくはかれるとおもったから。③</li> </ul> <p>※①②③は第2回調査における回答を示す。</p>
--

2次調査で選択した回答である。表5の回答理由記述を見ると、第2次調査で、誤答1を選んだ生徒のうち3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、依然として持ち続けていることが分かる。また、第2次調査では、正答3を選んでいても関わらず、今回誤答1を選んだ生徒が4名いた。

こうして、小学校第6学年3学期末と中学校第1学年1学期末との間で、数値の上では、若干の改善が見られ、徐々に概念形成がなされていく状況は見られるものの、一定数の生徒は、依然として不十分であり、正しい概念の定着に課題があることが分かった。そして、「支点中心説」という素朴概念を持ち続けている生徒や、一度は正答できたにもかかわらず、一定の期間が経過すると、また、元の「支点中心説」に戻ってしまう生徒が見られたことから、「支点中心説」は、児童・生徒が持っている強固な素朴概念として、位置付けることができる。

ところで、誤答1以外の誤答選択肢を選んだ生徒の回答理由記述にも「支点中心説」を示唆する記述が見られた。これは、問題に提示した図において、ひもの位置が棒の中心よりおもりの側にあることに起因するものと考えられたため、下の図4のように、再び問題の選択肢と図を修正した。

○次の図のようなはかり(さおばかり)があり、物体の重さをはかろうと思います。



問10 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。物体の重さを正しくはかるために、ひもの左右でさおばかりがつり合わなければなりません。はかりがつり合うようにするためには、ひもの位置をどう動かせばよいですか。1～4の中から1つだけ選びましょう。

- 1 ひもをはじめの位置から、さおのちょうど真ん中をこさずに、左側に動かす。
- 2 ひもをはじめの位置から、さおのちょうど真ん中まで、左側に動かす。
- 3 ひもをはじめの位置から、さおのちょうど真ん中をこえて、左側に動かす。
- 4 ひもをはじめの位置から、右側に動かす。

図4 事前—中間—事後調査で用いた修正問題

### 3. 2 「てこの規則性」の授業を通して、「支点中心説」は、改善されるのか。

2016年11月～12月に、S小学校第6学年3学級の児童を対象として、「てこの規則性」の単元の授業実践を



行った際に、「支点中心説」の素朴概念を保有する児童の割合がどのように変化するのかを調査した。本単元の授業は計12時間扱いで、本単元の学習の開始前、中間、および、終了後に、それぞれ事前調査、中間調査、事後調査を行った。

小学校理科では、実験・観察等を行いながら、これらの事象についてのきまりを見いだしていくことが科学的追究として位置付けられ、専門的な知識、科学理論を根拠として追究していくプロセスとは異なるものである。したがって、「てこの規則性」においては、「モーメント」「回転力」等の概念まで踏み込むことはない。

そこで、その前半の授業では、長さ約2mの長い棒と、質量が約5kgの砂袋を用いて、「力点の位置」「作用点の位置」「支点の位置」という3つの条件を制御しながら、「力点と支点との距離が長ければ長いほど小さな力で砂袋を持ち上げられる」というきまりを見いだしていった。その後半の授業では、実験用てこを用いて実験を行い、「てこの規則性」が実験用てこでも成り立つことを確かめてから、「てこの左右でつるしたおもりの数（重さ）とうでの長さをかけ合わせた数値が一致したときにてこがつり合う」というきまりを見いだしていった。

なお、調査問題の内容は、「てこの規則性」に関する問題が10問（図4の問10を含む）、小学校理科物理分野「力と運動」に関する問題が10問の計20問である。前述の通り、授業開始前には、この「力と運動についての調査問題」を用いて事前調査を、単元の前半終了後には、同一問題により中間調査を、後半終了後には、再び同一問題で事後調査を行った。問10（図4）の結果は右の表6の通りである。なお、事前調査、中間調査、事後調査のいずれかを受検しなかった児童の数は含めない。

これらを比較すると、誤答2（支点中心説）の選択率は、事前調査（約33%）→中間調査（約32%）→事後調査（約28%）と漸減している。一方、正答4（正答）の選択率は、事前調査（約44%）→中間調査（約45%）ではあまり変化が見られなかったが、中間調査→事後調査（約53%）では増加している。そこで、誤答2、および、正答4に関して、事前-事後調査間で $\chi^2$ 検定を行った。統計学的有意水準 $\alpha$ 値を0.05に設定したとき、誤答2の有意確率 $p$ 値は約0.52であるので、「てこの規則性の学習を通して、支点中心説の誤答2が、他の概念に変

容するのではないか」という仮説は棄却される。そのため、「支点中心説」という素朴概念の根強さを裏付けている。一方、正答4の $p$ 値は約0.18であるので、「てこの規則性の学習を通して、そのきまりをさおばかりの問題に適用し、正答を得ることができるのではないか」という仮説も棄却される。このことから、教科書に準拠した標準的な「てこの規則性」の授業は、児童がそのきまりをさおばかりの問題に適用し、正答を得ることには、あまり役立っていないことが分かる。

このときの授業実践が、「てこの規則性」に関する、児童の知識・技能の育成に役立っているのかどうか評価するためには、他の問題との比較も重要である。そこで、同じく今回出題した「てこの規則性」に関する問題の中で、「力点と支点との距離が長ければ長いほど必要な力は小さくてよい」というきまりを理解していれば、容易に回答できる問題の例として、問7（蛇口についての問題）を、図5に示す。同一集団における、この問題の正答率は約91%（事後調査）であり、問10の正答率約53%（事後調査）と比較して、約38%も高いことが分かった。また、事前調査（約82%）→中間調査（約80%）→事後調査（約91%）と正答率も上昇している。

表6 事前－中間－事後調査の誤答2・正答4の選択者数と選択率（N=92）

	事前調査	中間調査	事後調査
誤答2選択者数(名)	30	29	26
同選択率(%)	32.6	31.5	28.3
正答4選択者数(名)	40	41	49
同選択率(%)	43.5	44.6	53.3

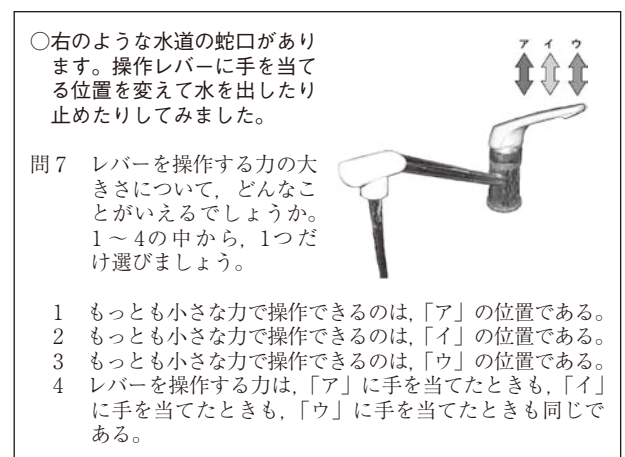


図5 蛇口についての問題

ところが、 $\chi^2$ 検定を行うと、そのときの  $p$  値は約0.053  $> 0.05$  となり、「てこの規則性の学習を通して、そのきまりについて、理解できる児童が増えるのではないか」という仮説が棄却されてしまう。一方、問7と問10との結果を比較することによって、「てこの規則性」の学習を通して、「力点と支点との距離が長ければ長いほど必要な力は小さくてよい」というきまりや「日常生活におけるてこの活用」について理解できている児童が90%を超えているにも関わらず、支点中心説の素朴概念をもっている児童は約28%もあり、その正答率も約53%に過ぎない。このことから、「支点中心説」の素朴概念が根強く、「てこの規則性」の標準的な授業では、この素朴概念が正しい科学概念へとあまり変容していかないということが分かった。

### 3. 3 中学生では、「支点中心説」の素朴概念が改善されるのか。

児童・生徒の「支点中心説」という素朴概念の保有状況についてより詳しく調べるために、2016年11月から2017年3月にかけて、異集団の児童・生徒を対象として、同一問題で調査を行った。「支点中心説」の素朴概念の保有率に対応する誤答2の選択率を表7に示す。これらの児童・生徒は皆「てこの規則性」が既習である。なお、S小学校は国立大学附属小学校であり、在籍児童は、入学調査による選抜を経ているので、調査の客観性を持たせるために、東京都にある公立T小学校の第6学年児童を対象として調査を行うことにした。さらには、異年齢の集団と比較するため、国立大学附属S中学校の第2学年、および、第3学年生徒を対象として調査を行った。

S小学校第6学年児童 (N=92) のうち、事前調査、または、中間調査を受検しなかった者を含んだ誤答2の選択率は約28%、T小学校第6学年児童 (N=98) の誤答2の選択率は約24%であり、「支点中心説」の素朴概念の

発生状況は概ね同等である。前年の2015年に、S小学校第6学年児童を対象に行った、第1次調査問7の誤答2の選択率が、約24%であったことを考慮すると、小学校第6学年のうち、一定数（ここまでの調査結果によると、20%～30%）の児童は、「てこの規則性」を学習したにも関わらず、「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ち続けていることが示唆される。また、S中学校第2学年生徒 (N=152) の誤答2の選択率は約11%、同じくS中学校第3学年生徒 (N=136) の誤答2の選択率は約14%である。

これらの結果についても、 $\chi^2$ 検定を行った。まず、S小学校第6学年児童の事後調査の結果とT小学校の第6学年児童の結果を比較すると、有意水準  $\alpha$  値を0.05に設定したとき、誤答2に関する有意確率  $p$  値は約0.45であるので、「S小学校の児童とT小学校の児童との間で、支点中心説という素朴概念の保持について違いがあるのではないか」という仮説は棄却され、支点中心説という素朴概念を保持している児童の状況は、S小学校とT小学校との間では変わらないことが分かる。次に、S小学校第6学年児童とS中学校第2学年、および、第3学年生徒との結果を比較する。同じく  $\alpha$  値を0.05に設定したときに、誤答2に関する有意確率は、S小学校第6学年児童（事後調査）とS中学校第2学年生徒との間における  $p$  値は約0.00 (0.0006914) で、同第3学年生徒との間における  $p$  値も約0.01 (0.00782) となり、「S小学校の児童とS中学校の生徒との間で、支点中心説という素朴概念を保持について違いがあるのではないか」という仮説は、支持されることが分かる。以上のことから、この素朴概念が、一部の生徒には、依然として根強く残っているものの、中学生になると、「支点中心説」の素朴概念の発生状況が改善されるということが示唆される。

## 4. 研究のまとめ ー結論と課題ー

本論文では、「さおばかり」に関する多肢選択方式に

表7 S小学校第6学年児童以外における「支点中心説」の状況

児童・生徒	S小学校6年	T小学校6年	S中学校2年	T中学校3年
選択肢2 選択人数 (名)	26	23	17	19
調査人数 (名)	92	98	152	136
選択率 (%)	28.3	23.5	11.2	14.0

よる調査問題を小学校児童、および、中学校生徒を対象として行うことにより、これらの児童・生徒が「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、「支点中心説」を持っているということを示してきた。また、多肢選択式問題の回答理由を記述させることを通して得られた児童・生徒の思考に基づいて、問題自体や選択肢を修正した問題を用いることによって、この問題が「支点中心説」を的確に検出できているということが分かった。特に後者については、正答4を選択した児童・生徒の回答理由記述には、「支点中心説」に類する素朴概念を示唆する記述が皆無であったことから、正答選択肢を「支点中心説」に基づく偽正答から分離できたことが裏付けられる。

一方、一般的な「てこの規則性」の授業を行っても、児童が持つ「てこの支点の位置に関する素朴概念」は、他の素朴概念と同様に、それほど改善しないという事実が分かった。また、学習を通して、たとえ正しい概念について一時的に理解できたとしても、それは極めて脆弱であり、時間が経つとやはり「支点中心説」が優勢になることも分かった。さらには、中学校に進学して、生徒が、力と運動に関する新たな学習内容について学んだとしても、「支点中心説」は、一部の生徒には根強く残っていることが明らかになった。

第6学年「てこの規則性」の学習においては、支点の位置が棒の中心ではない事象を取り扱っている。長い棒を用いたてこも実験用てこも、支点が棒の中心になるのは特別な場合であり、支点の位置がいつもその中心になるとは限らない。今回の一連の調査において、「支点中心説」は、事前調査の段階ですでに出現しているが、この素朴概念が、子どもの発達段階のどの段階で形成されるのかという点については、現在のところまだよく分からず不明である。また、「さおばかり」に関する問題で、すべての児童・生徒が、提示した事象を「てこ」として認識できているかどうかという点についても、まだよく分からない。これらの解明については、今後の課題とする。

現段階において、実験用てこは、支点の位置が、その中心に固定されているため、この素朴概念が生まれる、もしくは、強化される可能性があるといえるが、その点も含めて、回答理由記述だけではなく、今後児童に対し

てインタビューを行うなど、「支点中心説」の発生要因をさらに詳しく調査する必要があると考える。また、素朴概念は、科学的な概念の獲得を阻害する要素とも成り得るため、実験用てこを取り扱う際には、「てこの支点の位置は、その中心にあるとは限らない」ということを強調して指導するとともに、演示を行ったり、実際に「さおばかり」を製作させたりすることによって、このことを確かめさせる必要があると考えている。

## 5. おわりに

高等学校や大学の物理講義において、伝統的な形式の授業は、素朴概念・誤概念を改善し、正しい物理概念を生徒・学生に習得させるのにほとんど効果がないと言われている (Redish, 2003)。そのため、アクティブラーニングの導入をはじめ、世界各国の高等学校や大学において、物理の授業改革が進んでいる。伝統的な形式の授業があまり効果がないのは、小学校理科においても同様である。てこ自体が子どもの日常生活に浸透している割には、「支点中心説」という素朴概念が学習後においても根強く残っていたことから、子どものてこに対する認識は十分ではないといえる。そのため、小学校理科においても、授業改革が必要である。そこで、授業改革に向けた方策の1つとして、今回作成した調査問題を授業評価・授業改善のための指標として活用していきたいと考えている。

## 謝辞

本研究は、東京学芸大学大学院博士課程連合学校教育学研究科自然系教育講座において、新田 英雄教授の指導のもと、科学研究費補助金（奨励研究）、「子どもの物理的認識に関する定量的・系統的分析法の開発と授業評価・改善への活用」、課題番号16H00297（研究代表者：堀井 孝彦）の助成を受けて実施いたしました。また、千葉大学山下 修一教授、東京学芸大学関口 貴裕准教授の助言を受けるとともに、調査においては、平成28年度東京都杉並区立T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、第5・6学年担任の先生方、平成28年度S中学校主幹教諭岡田 仁先生、同教諭高田 太樹先生、宮崎 達朗先生、平成27年度S小学校理科専科青木 良太先生、平成27～28

年度同第6学年担任の先生方の多大なる協力を受けました。ここに厚く御礼を申し上げます。

## 註

- 1) てこの規則性：平成10年の小学校学習指導要領改訂までは、「てこ」は、第5学年で取り扱われていたが、平成20年の改訂で、第6学年での取り扱いに変更された。
- 2) S小学校第6学年児童74名：第1次調査の対象児童37名も、これらの74名の中に含まれる。
- 3) 項目特性図：項目反応理論[入門編]【第2版】において、豊田は226名の受験者が50問の項目から構成されているテストを、受験した結果について、7通りの正答分析を行うとともに、誤答分析も行っている。その際に、受験者を総合成績によって、5群に分け、横軸に群を縦軸に群毎の各選択肢の選択率をとってグラフに表し、豊田はそのグラフのことを項目特性図と呼んでいる。項目特性図を用いると、合計得点が上位から下位の各群における、正答・誤答選択肢の選択率が分かり、正答・誤答の発生状況を把握することができる。また、正答選択率の変化に着目することによって、当該問題が被験者の概念獲得状況を識別できているかどうかについても把握でき、問

題の可否を評価する判断基準の1つともなり得る。

## 参考文献・引用文献

- Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G.: Force Concept Inventory, THE PHYSICS TEACHER, VOL30, 141-158, 1992.
- 堀 哲夫：理科教授・学習における児童・生徒の思考の特徴－科学的概念の形成と理解の実態調査・研究を基礎にして－『日本理科教育学会研究紀要』Vol.31, 61-70, 1990.
- 麻柄 啓一：学習者の誤った知識はなぜ修正されにくいのか，教育心理学研究44巻第4号，379-388，1996.
- 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.
- Redish, E. F.: Teaching Physics With the Physics Suite, John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- 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，1-7，2012
- 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：認知論的アプローチによる授業論，東洋館出版社，1990.



# Children's naive conceptions about the fulcrum point

Takahiko HORII\*

It is a well-known fact that children have strong naive conceptions. In the process of designing a survey of physics conceptions for elementary school students, we found that many children have naive conceptions about the fulcrum point of a steelyard-“it must be at the center of the rod”. For further understanding of the naive conceptions, we improved the questions based on children's detailed written answers. The pretest, middle test, and posttest with the improved question implemented in the classes of the regularity of a lever revealed that only a few students changed their naive conceptions about the fulcrum point even after the end of the class. It is found that a certain number of junior high school students also have the naive conception. If they understood “the regularity of the lever”, their thought came back to the original naive conceptions, after some time had passed. We

found that children's naive conceptions about the fulcrum point of a steelyard- “it must be at the center of the rod” were very strong, and what it was hard to transform to a right science conceptions.

---

## Key words

Elementary school science, Naive conceptions, Physical concepts survey, Position of fulcrum, Regularity of lever

---

\*The United Graduate School of Education Tokyo Gakugei University

\*Setagaya Elementary School attached to Tokyo Gakugei University

# 子どもが持つ支点の位置に関する素朴概念

堀 井 孝 彦\*

子どもが強固な素朴概念を持っていることは、よく知られた事実である。小学生を対象とした、物理概念調査の作成過程において、「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つ児童が多数いるということが明らかになった。こうした素朴概念を確実に把握するために、子どもの実態を通して、問題を改良した。「てこの規則性」の授業において、事前調査、中間調査、および、事後調査を行い、子どもが持つ概念の状況を調査すると、さおばかりの問題においては、正しい概念に変容した児童は少なかった。さらには、中学生でさえ、同様な素朴概念を持っていることが分かった。「てこの規則性」について理解しても、時間が経つ

と、元の素朴概念に戻ってしまい、「てこの支点の位置は、その中心になければならない」という素朴概念は、非常に強固であり、正しい科学概念へと変容しづらいことが明らかになった。

---

## Key words

小学校理科、素朴概念、物理概念調査、てこの規則性、支点の位置

---

\*東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科

\*東京学芸大学附属世田谷小学校