

# てこのつり合いの規則性に関する科学概念構築を志向した 小学校理科授業の実践

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 初等教育分野 藤本浩平

## 1. はじめに

我が国の学校理科において、てこのつり合いの規則性については、小学校第6学年理科「てこの規則性」で取り扱われている。具体的には、小学校学習指導要領解説理科編において、「力を加える位置や力の大きさを変えると、てこを傾ける働きが変わり、てこがつり合うときにはそれらの間に規則性があること」が明記されている（文部科学省，2018）。また、文部科学省検定済小学校理科教科書（例えば、毛利ら，2021）では、支点の左右1箇所を力を加えたり、おもりをつるしたりする場合を取り上げて、てこを傾ける働き「力の大きさ（おもりの重さ）×支点からの距離（おもりの位置）」が左右で等しくなる場合に、てこが水平につり合うという規則性を学習する。

これまでに、小学校第6学年を対象とした、てこのつり合いの規則性に関する学力調査の結果が報告されている。例えば、平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査（国立教育政策研究所教育課程研究センター，2005）では、てこのつり合いの規則性を式に表す問題の正答率（38.1%）が設定通過率（80.0%）を大幅に下回ったことが指摘されている。また、並行して、てこのつり合いの規則性に関する実践研究等も遂行されてきた。例えば、山口（2016）の自作てこを用いた実践、楠瀬・国沢・中城・蒲生（2017）の誤りを含む規則性（おもりの個数+おもりの位置）に基づく仮説検証による実践、山田・小林（2017）の反比例の知識の活用による規則性導出の実践、及び宮本（2021）の「マス目表現」等を用いた面積表象の形成・変換による規則性導出の実践等である。さらに、回転モーメントを導入したてこのつり合いに関する実践等も行われてきた（玉井，2019；丸山，2020）。

このように、てこのつり合いの規則性に関する小学校第6学年の低い正答率の実態が明らかにされるとともに、科学概念構築を志向した研究報告も多数認められる。しかしながら、上述した調査や実践研究のいずれも、てこにおける支点の左右1箇所でのつり合いの規則性（以下、1箇所のつり合いの規則性と略記）に着目しており、複数箇所のつり合いを扱ったものはほとんど見当たらない。僅かながら中山（2021）や高橋（2021）を挙げることができるが、双方ともに、複数箇所でのてこのつり合いに関する問題場면을提示するに止まり、その規則性導出を志向した学習指導等の詳細や導出過程に関する報告等も皆無である。

ところで、てこのつり合いは、力を加えたり、おもりをつるしたりする位置の数（1箇所 or 複数箇所）に関わらず、てこを傾ける働きの総和が支点の左右で等しくなるか否かが重要となる。例えば、日常生活では、てこにおける支点の左右複数箇所でのつり合いの規則性（以下、複数箇所のつり合いの規則性と略記）を用いる場面（洗濯物干しに複数の洗濯物をつるす場面や、シーソーの左右に複数人で乗る場面等）が多数存在する。そのため、てこのつり合いに関する科学概念構築にあたっては、複数箇所のつり合いの規則性についても理解を促す必要がある。そこで本研究では、複数箇所のつり合いの規則性に関する科学概念構築を志向した学習指導方を考案するとともに、その規則性の導出過程について詳細な分析を試みることにした。

## 2. 研究目的

本研究の主な目的は、以下の2点である。

- ① てこのつり合いの規則性（含：複数箇所のつり合いの規則性）に関する小学校第6学年

の科学概念構築を志向して、学習指導方策を考案すること

- ② 上記①で考案した学習指導方策を試行し、てこのつり合いの規則性の導出過程や、教育効果等を分析すること

### 3. 学習指導方策の設計

児童に複数箇所をつり合いの規則性への気づきを促すためには、まず、てこの左右複数箇所におもり等をつるすことが想定される状況を作り出す必要がある。また、理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめや、兵庫県教育委員会では、思考の深化や科学的な思考力、判断力、表現力等の育成の視座から、試行錯誤の時間と場の確保の重要性が指摘されている（文部科学省，2016；兵庫県教育委員会，2018）。そこで、本研究では、上述した状況の創出にあたり、試行錯誤の場の設定をすることとした。さらに、試行錯誤の実施前後の児童の変容を把握するための評価シートを作成した。

#### 3.1 試行錯誤の場の設定

図1のような実験用てこを使用した試行錯誤の場（左腕3の位置に10gのおもり2個をつるした実験用てこ、及び10gのおもり16個を配付）を設定した。さらに、実験用てこの右腕のどこにいくつのおもりをつるせば、水平につり合うかを考えさせた。また、試行錯誤の際の活動内容を記すためのワークシート（「試したこと」、「気づいたこと」、「話し合ったこと」を自由記述する欄を設けたB4判の用紙）も配付した。なお、本問題場面において、てこが水平につり合うパターンは、最大11通り（1箇所：4通り、2箇所：6通り、3箇所：1通り）である。

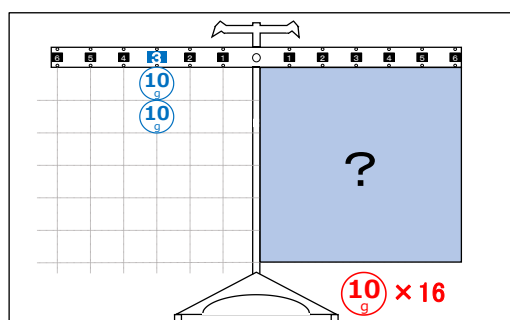


図1: 試行錯誤の際に提示した問題場面

#### 3.2 評価シートの作成

てこのつり合いの規則性に関する児童の変容を把握するために、評価シートを作成した。具体的には、図2に示したように、上記3.1の試行錯誤の場とほぼ同様の問題場面（左腕3の位置に10kgのおもり2個をつるしててこ、及び10kgのおもりは無制限に使用可）を提示して、回答を求めるものである（配付時はA3判）。また、図2の問題場面には「ぼうの右側に10kgのおもりを、どこにいくつ、つり下げると、水平につり合うかな。」の問題文が添えられている。さらに、問題場面の下のスペースには、「思いつく限りすべて描いてね。おもり10kgは、○で表してね。」を付記するとともに、図3に示した水平につり合った状態のてこに関する描画を計12個掲載して、児童が右腕につり下げのおもりを自由に回答できるようにした。なお、本評価シートは、学習前後の計3回の調査（事前、事後、及び追跡）で使用しており、事後・追跡調査では、回答理由の詳細な記述も求めた。

最後に、科学概念構築の判断基準を明らかにしておく。具体的には、本問題場面における、てこが水平につり合う計11通りのうち、1箇所（計4通り）と複数箇所（計7通り）とで、誤りを含むことなく、それぞれ過半数を超えた回答数が認められた場合を科学概念構築が認められるものとした。なお、事後・追跡調査では、上述した基準に加えて、回答理由にてこのつり合いの規則性に関する正しい説明が認められるか否かも判断基準に含めた。

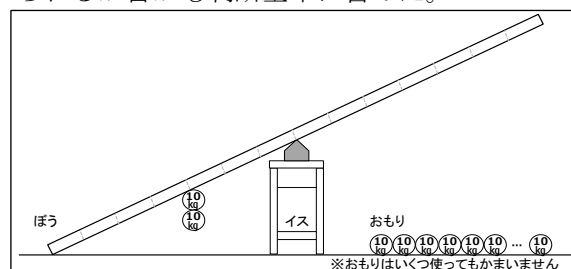


図2: 評価シートの問題場面

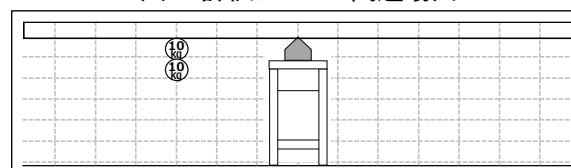


図3: 評価シートの回答欄(一部抜粋)

### 3.3 単元構成と学習指導方策の骨子

小学校第6学年理科「てこの規則性」(全10時間)は、3つの小単元(第1次「てこのはたらき(3時間)」,第2次「てこが水平につり合うとき(6時間)」,及び第3次「てこを利用した道具(1時間)」)から構成される(毛利ら,2021)。図4には、てこのつり合いの規則性を取り扱う第2次の学習指導方策の骨子を示した。

具体的には、まず、てこを傾ける働きに関する学習後(局面1)、上記3.1で示した試行錯誤の場を設定するとともに、てこのつり合いの規則性に関する仮説を導出する(局面2)。その後、1箇所のつり合いを取り上げ、表出した仮説に基づき検証実験を行い、その規則性に関する合意形成を図る(局面3)。引き続き、2箇所のつり合いの仮説検討と検証実験を行った後、複数箇所のつり合いを含めたてこのつり合いの規則性に関する科学概念構築を図る(局面4)という一連の流れである。

## 4. 授業実施の概要

2021年9月から10月にかけて、山梨県内の公立小学校の第6学年(計14名)を対象に実

施した。なお、図5に示した通り、本研究で構築を志向するてこのつり合いの規則性(規則性I,規則性II)は、2種類の適用場面(1箇所のつり合い,複数箇所のつり合い)で便宜的に分けて設定した。

規則性 I (1 箇所のつり合い):	
$\left( \begin{matrix} \text{力の大きさ} \times \text{支点からの距離} \\ \text{(おもりの重さ)} \quad \text{(おもりの位置)} \end{matrix} \right) = \left( \begin{matrix} \text{力の大きさ} \times \text{支点からの距離} \\ \text{(おもりの重さ)} \quad \text{(おもりの位置)} \end{matrix} \right)$	
規則性 II (複数箇所のつり合い):	
$\left( \begin{matrix} \text{力の大きさ} \times \text{支点からの距離} \\ \text{(おもりの重さ)} \quad \text{(おもりの位置)} \end{matrix} \right) + \left( \begin{matrix} \text{力の大きさ} \times \text{支点からの距離} \\ \text{(おもりの重さ)} \quad \text{(おもりの位置)} \end{matrix} \right) + \dots$	
$= \left( \begin{matrix} \text{力の大きさ} \times \text{支点からの距離} \\ \text{(おもりの重さ)} \quad \text{(おもりの位置)} \end{matrix} \right) + \left( \begin{matrix} \text{力の大きさ} \times \text{支点からの距離} \\ \text{(おもりの重さ)} \quad \text{(おもりの位置)} \end{matrix} \right) + \dots$	

図5:てこのつり合いの規則性

## 5. 授業実施(各局面)と結果の分析

### 5.1 事前調査の結果と分析

事前調査(評価シート)の結果は、表1の通りであり、おもりを下げる位置の個数(1~3箇所)における各児童の正答数を示した。表1を概観すれば分かるように、全児童が1箇所のつり合いを回答している。その一方、複数箇所のつり合いを回答した児童は5名(36%)存在したが、そのうち一部正答を含む者は2名(14%)のみであった。結果として、水平につり合う11

<p><b>局面1(第1時):てこを傾ける働きに関する科学概念構築</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>棒とおもり(5kg)等からなるてこを使用して、てこを傾ける働きに関する理解を促す。</li> <li>体重計とおもり(5kg)を用いて、手応えが重さで表せることに気づかせる。</li> <li>授業終了後、てこのつり合いの規則性に関する学習前の児童の考えを把握する。 <b>【事前調査(評価シート)】</b></li> </ul>
<p><b>局面2(第2・3時):てこのつり合いの規則性に関する仮説の導出</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2名ずつのグループで、実験用てこを使用して図1の問題場面を作り、学習問題「てこが水平につり合う時にはどのようなきまりがあるの?」に取り組む(30分)。 <b>【試行錯誤の場の設定】</b></li> <li>てこのつり合いの規則性に関する各グループの仮説を全体で共有する中で、検証実験の必要性に気づかせる。</li> </ul>
<p><b>局面3(第4・5時):1箇所のつり合いの規則性に関する科学概念構築</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>局面2で表出した仮説(1箇所のつり合いの規則性)に基づき、検証実験を行う。</li> <li>検証実験の結果から、1箇所のつり合いの規則性に関する合意形成を図る。</li> </ul>
<p><b>局面4(第5・6時):てこのつり合いの規則性(含:複数箇所のつり合いの規則性)に関する科学概念構築</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1箇所のつり合いの規則性の合意形成後、2箇所のつり合いの規則性について個人での検討を促す。</li> <li>2箇所のつり合いの規則性について、各自が考えた仮説の妥当性の検討後、検証実験を行い、合意形成を図る。</li> <li>左腕の2箇所におもりがつり下がった場合や、3箇所におもりがつり下がった場合を取り扱い、てこのつり合いの規則性に関する科学概念構築を図る。</li> <li>授業終了後、てこのつり合いの規則性に関する学習直後の児童の考えを把握する。 <b>【事後調査(評価シート)】</b></li> </ul> <p>※局面4の終了から約1.5月後に、再度てこのつり合いの規則性に関する児童の考えを把握して、長期記憶化の有無を調査する。 <b>【追跡調査(評価シート)】</b></p>

図4:第2次(てこが水平につり合うとき)の学習指導方策の骨子

通りのうち、最も正答数が多い児童でも2通りのパターンしか見出すことができなかった。

また、児童の回答に目を転じると、左右同一の位置のつり合い(右腕3の位置に10gのおもり2個)を13名(93%)が正しく回答できていた。さらに、図6に示したように、左腕3の位置の対象にあたる右腕3の位置を基準に、支点に近づくとおもりが1個ずつ増え、支点から遠ざかると1個ずつ減ると回答した児童が5名(36%)存在していた。誤った規則性ではあるものの、規則性の存在を想定していることを読み取ることができる。結果として、学習前の時点で、てこのつり合いの規則性に関する科学概念構築が認められる児童は皆無であった。

表1:事前調査における水平につり合うパターン (N=14)

児童番号	位置	1箇所 (計4通り)	2箇所 (計6通り)	3箇所 (計1通り)	合計 (計11通り)
2		2	-	-	2
4		2	-	-	2
9		1	1	-	2
8		1	1 (2)	-	2 (3)
1		2 (5)	- (1)	-	2 (6)
3		2 (4)	- (1)	-	2 (5)
5		2 (4)	-	-	2 (4)
13		2 (4)	-	-	2 (4)
14		2 (4)	-	-	2 (4)
10		1	-	-	1
7		1 (3)	-	-	1 (3)
11		1	- (1)	-	1 (2)
12		1 (2)	-	-	1 (2)
6		- (4)	-	-	- (4)

註)尚、正答数の多い児童番号順に並び変えており、括弧 () 内の数字は、回答数を示している。

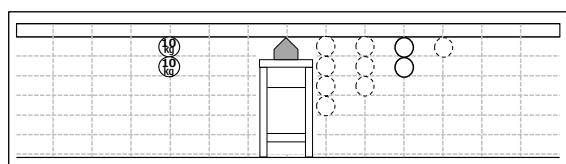


図6:子どもなりの規則性に基づいた回答

## 5.2 試行錯誤の場の設定と仮説の導出(局面2)

### 5.2.1 試行錯誤による水平につり合うパターン

表2は、児童が試行錯誤の中で見出した水平につり合うパターンの数を示している。一覧すれば分かるように、全グループが1箇所のつり合い(計4通り)を全て見つけている。また、事前調査とは異なり、見出した数に違いはあるものの、複数箇所のつり合いについても全ての

グループが見出していた。このように、児童に試行錯誤の場を設定することで、複数箇所のつり合いにも気づくことが分かる。

表2:試行錯誤による水平につり合うパターン

グループ (児童番号)	位置	1箇所 (計4通り)	2箇所 (計6通り)	3箇所 (計1通り)	合計 (計11通り)
① (7・9)		4	6	1	11
② (1・12)		4	6	1	11
③ (2・3)		4	6	1	11
④ (4・8)		4	5	1	10
⑤ (6・14)		4	4	1	9
⑥ (5・10)		4	4	1	9
⑦ (11・13)		4	2	-	6

### 5.2.2 てこのつり合いの規則性に関する仮説

#### 1) 導出された仮説について

全7グループの内、規則性導出に至ったのは3グループのみであり、計3つの仮説(重さ説:グループ⑤, 個数説:グループ①, 働き説:グループ⑥)が表出した。残りのグループは、規則性を検討していたものの、その導出には至らなかった。しかしながら、活動終了後も、試行錯誤や規則性の検討を続けていたグループが幾つか存在した。次節以降、3つの仮説について、動画撮影により得られた発話プロトコルやワークシートの記述から、その導出過程等を詳述する。

#### 2) 重さ説

重さ説は、グループ⑤(児童6・14)から表出しており、おもりの重さ(力の大きさ)とおもりの位置(支点からの距離)の積、もしくはその総和が支点の左右で等しくなる時に、てこが水平につり合うという考えである。つまり、図5に示したてこのつり合いの規則性(規則性I・II)に該当する。

表3は、グループ⑤の発話プロトコルであり、児童14の発話「この位置におもり20だから60じゃん」から始まり、左腕の位置とおもりの重さの積(左腕3の位置に20g)と、右腕の位置とおもりの重さの積(右腕6の位置に10g, 右腕1の位置に60g)とが等しくなることに気づき、重さ説が導出されたことが分かる。さらに、動画分析からは、規則性IIの導出の様子を見取れなかったものの、ワークシートには、規則性IIに関わる記述「2箇所は、力×きより

＋力×きより（重さ×位置＋重さ×位置）」も示されていた。

表3:重さ説の導出(グループ⑤の発話プロトコル)

児童 14-a : (実験用でこの左腕 3 の位置を指して) ここの位置におもり 20 だから 60 じゃん …<中略>…
児童 14-b : (実験用でこの右腕を触りながら) 6 の 位置に 10 (g) で 1 の時に 6 個だから… …<中略>…
児童 6 : ということか!

註) 尚, 括弧 ( ) の内容は, 動画分析から児童の様子を読み取ったものである。

### 3) 個数説

個数説は, グループ① (児童 7・9) から表出した考えであり, おもりの重さでなく, おもりの個数に着目している点が重さ説とは異なる。表 4 のグループ①の対話 (児童 7-a 「6 だね, 6 だ。」, 児童 9 「たぶんね。」) から, 個数説に繋がる何らかの気づきを得たことが分かる。

その後の児童 7-b 「分かった, 分かった, 分かった, 全部 6 になればいいってことでしょ。例えば, 2 と 4 で 6 でしょ。」から, 左腕の位置とおもりの個数の積 (左腕 3 の位置におもりが 2 個) と, 右腕の位置とおもりの個数の積の総和 (右腕 2 の位置におもりが 1 個+右腕 4 の位置におもりが 1 個) が等しくなるという個数説を見出していた。また, ワークシートの記述「①  $3 \times 2 = 6$ ; ②  $2 \times 3 = 6$ …<後略>…」からも, 個数説に基づく 1 箇所につき合いの規則性も読み取ることができる。

表4:個数説の導出(グループ①の発話プロトコル)

児童 7-a : 6 だね, 6 だ。
児童 9 : たぶんね。 …<中略>…
児童 7-b : 分かった, 分かった, 分かった, 全部 6 にな ればいいってことでしょ。例えば, 2 と 4 で 6 でしょ。

### 4) 働き説

働き説は, 表 5 の児童 5-a 「分かった! 1 とか 2 とか 1 つ 1 つがいくつくらいの重さを感じるのか…」からも分かるように, おもりを下げた位置により 10g のおもり 1 個がもつ働きが異なるという考えである。働き説は, グループ⑥ (児童 5・10) より表出した。

具体的には, 計 20g の働きになる左腕と水平につり合う場合の右腕の状況 (おもりを下げた位置とその個数) から, 右腕の各位置でのおもり 1 個がもつ働きを算出していた。例えば, 右腕 1 の位置におもり 6 個で水平につり合う場合, その位置でのおもり 1 個分は, 3.3g の働き ( $20 \div 6 = 3.3 \dots$ ) と考えるのである。同様にして, 右腕 2 の位置では約 6.6g の働き ( $20 \div 3 = 6.6 \dots$ ), 右腕 3 の位置では 10g の働き ( $20 \div 2 = 10$ ), 及び右腕 6 の位置では 20g の働き ( $20 \div 1 = 20$ ) としていた。一方, 右腕 4 と 5 の位置については, 1 箇所ですべて水平につり合うパターンを見出せなかったことから, 右腕 3 と 6 の位置でのおもりの働きから類推して, それぞれの値 (右腕 4 の位置は約 13g, 右腕 6 の位置は約 17g の働き) を算出していた。

表5:働き説の導出(グループ⑥の発話プロトコル)

児童 5-a : 分かった! 1 とか 2 とか 1 つ 1 つがいくつ くらいの重さを感じるのか…6 の位置では 20 なの分かる? …<中略>…
児童 5-b : (1 の位置を指して) 6 (個) ってことは (1 つあたりのおもりの重さは) 3 ってことだ! …<中略>…
児童 10 : もしかして, (おもりを指して) これを割っ ちゃうんじゃない

註) 尚, 括弧 ( ) の内容は, 動画分析から児童の様子を読み取ったものである。

### 5.3 規則性 I の合意形成 (局面 3)

図 7 に示した問題場面を設定して, 上記 5.2.2 に示す 3 つの仮説 (1 箇所につき合いの規則性) の検証を行った。また, 個数説や働き説の限界への気づきを促すため, 右腕に使用のおもりは, 10g の他に 20g も用意した。

検証実験前にどの説が最も支持できるかを尋ねたところ, 重さ説 4 名, 個数説 5 名, 働き説 5 名とほぼ拮抗した一方, 各説を導出した児童はいずれも, 自らのグループの説を支持していた (表 6 参照)。引き続き, 各自が支持した説に基づきグループを編成し, 結果の予想後に検証実験を行った。

検証実験では, 全てのグループが 10g のおもりのみを使用したため, 各説で予想通りとなり, いずれの説でも規則性が成り立つ結果となっ

た。しかしながら、結果の共有の際に、予想時に個数説を支持した児童3から「おもりの重さはそろえる」という考えや、重さ説を支持した児童14から「個数説と働き説は1つのおもりの重さが違うと応用が利かないと思う」という考えが表出したことで、より汎用性が高い説は重さ説であるという合意形成に至った。

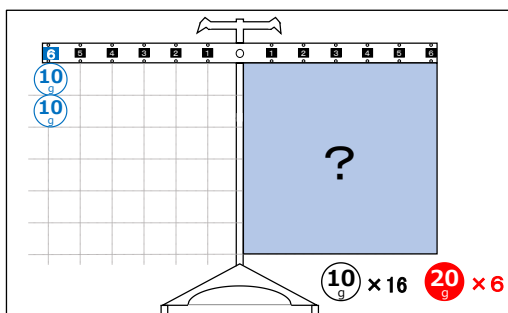


図7: 検証実験の設定(1 箇所のみつり合い)

表6: 各説を支持した人数と児童番号(1 箇所のみつり合い)

重さ説	個数説	働き説
4名 (2, 6, 13, 14)	5名 (1, 3, 7, 9, 11)	5名 (4, 5, 8, 10, 12)

註) 括弧 ( ) 内の数字には、児童番号を記している。

#### 5.4 規則性IIの合意形成(局面4)

上記5.3を踏まえ、2箇所のみつり合いの規則性を尋ねたところ、表7に示した下位類型を含む計10類型(a-1~g)が表出した。1箇所のみつり合いの規則性では、規則性Iにあたる重さ説の合意形成に至ったものの、個数説や働き説が再度表出した。また、2箇所のみつり合いの規則性に特有の考えとして、近づく説が表出した。近づく説は、右腕1と5の位置におもりが各1個つり下がったパターンを基準に、1の位置におもりが

1個増えると、5の位置にあったおもりが支点に近づいていくという考えである。近づく説を含む各説(a~d)を全体で共有したところ、3つの説(a-1, b-1, c)以外は汎用性がないということで、検証実験前の議論の中で淘汰された。

その後、図8に示した問題場面を設定して、残った仮説(a-1, b-1, c)の検証を行った。なお、個数説や働き説の限界への気づきを促すために、左腕に20gのおもりを使用した。また、検証実験前にどの説が最も支持できるかを尋ねたところ、表8に示すように、多くの児童が重さ説を支持していた。引き続き、各自が支持した説に基づき、グループを再度編成し、結果の予想後に代表児童による演示実験を行った。

その結果、重さ説を用いた予想はできた一方、働き説では時間内に予想をすることができなかった。また、重さ説での予想と実験結果とが

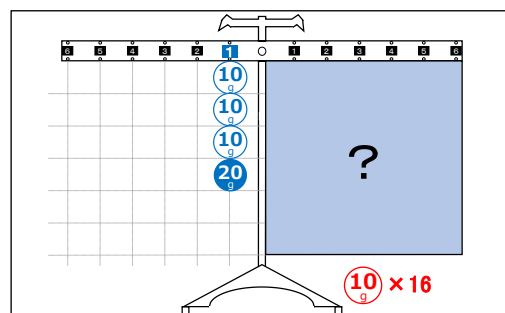


図8: 検証実験の設定(2 箇所のみつり合い)

表8: 各説を支持した人数と児童番号(2 箇所のみつり合い)

重さ説	個数説	働き説
10名 (2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14,)	0名	4名 (1, 3, 7, 10)

註) 括弧 ( ) 内の数字には、児童番号を記している。

表7: 2箇所のみつり合いの規則性に関する仮説

(N=14)

類型		延べ人数(%)
a : 重さ説	a-1 : (おもりの重さ×おもりの位置) + (おもりの重さ×おもりの位置)	4 (27)
	a-2 : (おもりの重さ×おもりの位置) × (おもりの重さ×おもりの位置)	1 (7)
	a-3 : (おもりの重さ+おもりの位置) × (おもりの重さ+おもりの位置)	1 (7)
b : 個数説	b-1 : (おもりの個数×おもりの位置) + (おもりの個数×おもりの位置)	1 (7)
	b-2 : (おもりの個数×おもりの位置) × (おもりの個数×おもりの位置)	1 (7)
c : 働き説		1 (7)
d : 近づく説		1 (7)
e : トートロジー		1 (7)
f : 表にまとめる		3 (21)
g : 無回答		1 (7)

一致したことから、1箇所の場合と同様、2箇所のつり合いの規則性についても、汎用性が高い説は重さ説であるという合意形成に至った。

その後、児童に実験用この左腕の2箇所におもりがつり下がった場面を提示し、左腕についても右腕と同様、おもりの重さとおもりの位置の積の和で表すことができるかを尋ね、左右2箇所のつり合いの規則性の理解に繋げた。さらに、重さ説を導出した児童14の学習感想「私の予想だと、3箇所も、4箇所もできると思うのですが…」を全体で共有し、2箇所以上のつり合いの規則性にも拡大して、規則性Ⅱの合意形成に至った。

## 5.5 事後及び追跡調査の結果と分析

### 5.5.1 誤りを含まない回答

事後・追跡調査（評価シート）の結果の推移は、表9に示す通りであり、おもりを下げる位置の個数（1～3箇所）における各児童の正答数を示した。表9を概観すると分かるように、事後・追跡調査において、誤りを含まない回答者は9名（64%）存在した。回答理由に目を転じると、その内の8名（57%）は、両調査において、例えば児童2の回答理由「左うでは、力の大きさ×支点からの距離をすると計60になるので、右うでも力の大きさ×支点からの距離

をして合計60になるようにしたから」のように、このつり合いの規則性に関する正しい説明が記されている。その一方、児童1は、事後調査では「…<前略>…おもりの位置×おもりの重さ+おもりの位置×おもりの重さ（だっただけ）を使って考えました。」と記していたものの、追跡調査では「自身のかん」と記しており、このつり合いの規則性に関する記述は見られなかった。そのため、科学概念構築が認められる児童は8名（57%）と判断した。

### 5.5.2 誤りを含む回答

回答に誤りを含む5名（36%）の内、事後・追跡の両調査で同一の意味内容の回答理由を記した者は、児童10を除く4名（29%）であった。児童10は、事後調査の回答理由「1…3, 2…7, 3…10, 4…14, 5…17, 6…20←コレヲツカイマシタ。スウチアッテイルカワカラナイ。」から明らかなように、働き説を用いて説明していた。本児童は、働き説を導出したグループの児童であり、自説に対する強い拘りを有していることがうかがえる。事後調査では、各位置のおもり1個の働きの数値を覚えており、それに基づき回答をしていたものの、数値が一部不正確であったため、誤りを1つ含んでいた（表9参照）。一方、追跡調査では、回答理由を「記

表9:事後・追跡調査の結果の推移

(N=14)

児童番号	位置	事後調査				追跡調査			
		1箇所 (計4通り)	2箇所 (計6通り)	3箇所 (計1通り)	合計 (計11通り)	1箇所 (計4通り)	2箇所 (計6通り)	3箇所 (計1通り)	合計 (計11通り)
9		4	6	1	11	4	6	1	11
14		4	6	1	11	4	6	1	11
13		4	5	1	10	4	6	1	11
8		4	4	1	9	4	6	1	11
1		4	6	1	11	4	5	1	10
3		4	6	1	11	3	6	1	10
7		3	5	1	9	4	4	1	9
2		4	3	1	8	3	5	1	9
5		3	4	-	7	3	4	-	7
6		4	- (6)	-	4 (10)	4	- (5)	-	4 (9)
4		3	- (1)	-	4 (3)	4	- (1)	-	4 (5)
12		3	1 (3)	-	4 (6)	2 (3)	- (4)	-	2 (7)
11		2 (4)	1	-	2 (5)	2 (3)	- (1)	-	2 (4)
10		3	1 (2)	1	5 (6)	1 (3)	-	-	1 (3)

註) 尚、追跡調査における正答数の多い児童番号順に並び変えており、括弧 ( ) 内の数字は、回答数を示している。

憶にたよったから（あっているかわからない）」としており、働き説への言及も認められなかった。事後調査時点でも記憶が曖昧なため、追跡調査では全ての数値を忘れてしまったものと推察される。

残りの4名（29%）の内訳は、次の2つに大別できる。1つ目は、規則性Ⅰのみを適用できた児童である。児童4・6は、1箇所のみを誤りなく回答（児童4の回答理由「重さ×位置＝重さ×位置」）できている一方、2箇所のつり合いは全て誤った回答であった（表9参照）。具体的には、図9の児童6の回答から類推すると、規則性Ⅱを「（おもりの重さ×おもりの位置）×（おもりの重さ×おもりの位置）」と認識しているものと思われる。

2つ目は、科学概念構築が認められない児童である。児童11・12は、例えば、児童12の回答理由「思い出したから」のように、実験等の記憶を拠り所に回答しており、規則性Ⅰ・Ⅱのいずれも適用できていない。両名は、1箇所のつり合いの規則性に関する仮説を立てる際、個数説や働き説を支持していた。検証実験後に、重さ説（規則性Ⅰ）の合意形成が図られたものの、重さ説を適用した種々の場面への適用機会は設けなかった。そのため、重さ説、すなわち規則性Ⅰへの理解が不十分となり、規則性Ⅱの構築にも至らなかったものと推察される。

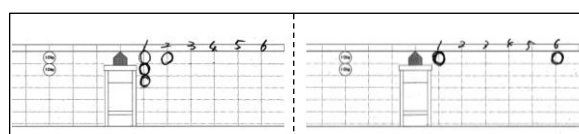


図9:児童6の回答(一部抜粋)

## 6. 今後の課題

試行錯誤の時間と場の確保により、全グループが複数箇所のつり合いを見出すことができた。さらに、試行錯誤で得られた仮説の検証等を実施することで、8名（57%）の児童がてこのつり合いの規則性に関する科学概念構築に至った。一方で、残りの6名（43%）は、規則性Ⅱの構築までには至っておらず、学習指導方略のさらなる改善の必要性が示唆された。

具体的には、規則性Ⅰ・Ⅱの合意形成が不十

分であったり、それらの適用機会が不足していたりすることが考えられたため、日常生活の場面（洗濯物干しやシーソー等）も取り入れて、適用機会を増やす必要がある。また、上述した通り、試行錯誤の場面で規則性導出に至ったグループは3グループのみであった。試行錯誤の時間として設けた30分を経過した後も、活動を続けるグループが存在したため、45分に増やすことも一策である。さらに、つり合いのパターン探しに夢中になり、規則性の検討に意識が向かないグループも存在したため、活動内での声掛けをより充実させる必要もある。合わせて、今後の自らの課題としたい。

## 【引用文献】

- 兵庫県教育委員会（2018）「小学校理科授業改善研究事業 指導事例集」<https://www.hyogo-c.ed.jp/~gimubo/rikajugyouhp/sidoujireishuu/jireishuudete/14%20syougakkou-web.pdf> (accessed : 2022.01.23)
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター（2005）「平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査 教科別分析と改善点（小学校・理科）」[https://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei\\_h15/H15/03001040020007004.pdf](https://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/03001040020007004.pdf) (accessed : 2022.01.23)
- 楠瀬弘哲・国沢亜矢・中城満・蒲生啓司（2017）「自己の思考を自覚する児童を育成するための具体的手法の開発—誤概念からの脱却による「てこの規則性」の獲得—」『高知大学学術研究報告』Vol.66, pp.11-17.
- 丸山哲也（2020）「「力」を学んでからの「てこ」学習」『理科教室』Vol.63, pp.24-28.
- 宮本直樹（2021）「てこのつり合いの等式導出のための指導法—内的表象の書き換えに着目して—」『理科教育学研究』Vol.61, No.3, pp.497-512.
- 毛利衛ら（2021）『新しい理科6年』東京書籍, pp.139-144.
- 文部科学省（2016）「理科ワーキンググループにおける審議の取りまとめ」[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/\\_icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376994.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/060/sonota/_icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1376994.pdf) (accessed : 2022.01.23)
- 文部科学省（2018）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編』東洋館出版社, p.80.
- 中山和人（2021）「てこのはたらき」『理科教室』Vol.64, No.1, pp.19-24.
- 高橋政宏（2021）「回転で考える、てこの授業」『理科教室』Vol.64, No.5, pp.82-85.
- 玉井裕和（2019）「てこの規則性—輪軸で回転モーメントを発見し、力が分かる学習を—」『理科教室』Vol.61, No.10, pp.20-25.
- 山田貴之・小林辰至（2017）「児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が「てこの規則性」に関する科学的知識の理解に与える効果：算数の反比例の知識に基づいて」『上越教育大学研究紀要』Vol.36, No.2, pp.555-564.
- 山口勇藏（2016）「てこのはたらき てんびんとの違いに気をつけて」『理科教室』Vol.59, No.10, pp.13-16.