

論 文

教師を目指す大学生による小学校理科の学び直し I
—「てこ」や「天秤」から学ぶこと—

水野 暁子

日本福祉大学 教育・心理学部

Relearning elementary school science by university students aiming to become teachers I
—What can we learn from “levers” and “balances”?—

Akiko MIZUNO

Faculty of Education and Psychology, Nihon Fukushi University

Keywords : 理科, てこ, 天秤, シーソー, 力のモーメント

要旨

小学校教師を目指す大学生による理科の学び直しに取り組んだ。小学校の理科で学ぶ内容は、学生たちは過去に学んでいたはずであり、将来は教えることになるものだが、よく理解されていないことがいくつかある。そのうち今回は、小学校6年生で学ぶ「てこ」について取り上げ、「てこ」を介して、自然の法則を見出すことを学ぶ方法を探った。なお、「学び直し」の内容やレベルについては、小学校教師を目指す大学生にとってという意味で考えており、小学校の学習指導要領や教科書には掲載されていない内容も含まれている。

1. 研究の背景と目的

「理科研究」の授業では、毎年、「はかる（測る・量る・計る）」ことについて、取り組んできた。ここでは、何を「はかる」場合にも使われやすい「測る」を用いることにする。では、測るとはどうすることなのか、測るとどんな良いことがあるのか、測って何をするのか。先ず、「測る」ことができるものを挙げ、測る道具を挙げ、もしそれらの道具がなかったらどのようにして測るのかを考えてきた。次に、市販の工作用のバネを用いて学生たちが作ったバネ秤で何かの重さを測ることを介して、「測って関係を見る」こと、および、「関係を利用して測

る」ことを学ぶようにしてきた。言葉を変えれば、測ることで自然の法則や構造を知ること、自然の法則や構造を利用して測ること、さらに、予測することを学ぶのである。その後、測る道具として、簡単な天秤や竿秤を作って何かの重さを測り、それらの道具で重さを測ることができる仕組みを考えることを試みてきた。学生たちは、特に竿秤の敏感さには驚嘆したが、その仕組みを理解することは簡単ではなかった。そのような取り組みを何年かするうちに、学生たちは小学校で学ぶ「てこ」について、よく理解できていないのではないかとも思え、また、関連する先行研究から学ぶことも多くあったた

め、「てこ」に関わる内容を改めて学び直す機会を設けることにした。

2. 大学での授業実践：「実験用てこ」を用いた課題

(1) 卒業生が提案した課題

重さを測る代表的な道具である天秤で、なぜ重さが測れるのか？この課題に取り組むため、卒業生（数年前の在学学生）が提案した課題に、毎年、理科研究で取り組んでいる。理科実習室には、小学校の理科室にもよく置かれている「実験用てこ」がある。上に渡した棒の中心に支点があり、その左右に等間隔に6つの目盛がふられていて、それぞれの目盛の下には錘を吊るす吊り金具がついているものである。錘は、重さ500gで、両端の吊り金具で錘をつないで吊り下げられるようになってい

る。課題を提案した卒業生が当時記したレポートには、「てこの原理として、 $d_1F_1=d_2F_2$ という式を覚えるのは簡単だけど、どうしてそうなるのかを見つける過程は難しいと思った。この実験はシーソーなどに応用できるので、導入部で、「自分よりも体重が重い人と一緒にシーソーをする方法は？」といった発問をして、授業をしたら、面白いと思った。」と書かれていた。

最初の課題（課題1）は、「実験用てこ」の支点の右端（目盛6の位置）に錘を1個吊り下げた場合、棒が水平になるには、支点の左側にどのように錘をつければよいかというものである（図1-1）。課題1に取り組んだ後、学生たちは課題2にも取り組んだ（図1-2）。課題2は、支点の右側の6と4の位置に錘が1個ずつ吊り下げられている場合の、支点の左側に配置する錘の

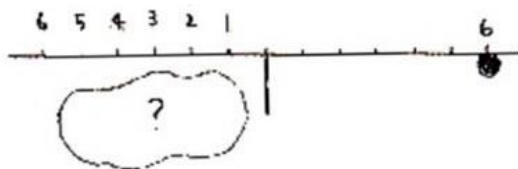


図1-1 「実験用てこ」を用いた課題1

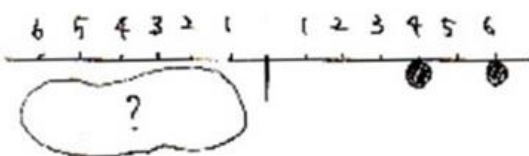


図1-2 「実験用てこ」を用いた課題2

位置と個数の組み合わせを考えるものである。

これらの課題の条件を満たすすべての組み合わせを、表1-1、表1-2に記すが、学生たちがこれらの課題にどのように取り組むかについては、特別なルールは設けなかったため、中には1つの組み合わせを考えただけで満足したか、とりあえず課題は済ませたと思ったかして、それ以上考えなかった学生もいたが、すべての組み合わせを考えた学生もいた。また、「実験用てこ」にやみくもに錘を吊り下げて、たまたま棒が水平になると「当たった！」と喜んでいる学生もいれば、錘を吊るす前に考えてから実際に試して確認する学生もいれば、最後まで頭で考えるだけで取り組んだ学生もいた。人数は集計していないが、まず手を動かす学生たちは、一つあるいは少しの組み合わせしか考えず、考えてから試す学生たちと最後まで考えるだけの学生たちが、錘の個数と錘を吊るす位置の組み合わせを多く考える傾向にあるように見受けられた。

錘の位置と個数の組み合わせ①

錘の位置	No.6	No.5	No.4	No.3	No.2	No.1
1						1
	1					
		1			1	
			1			2
				2		
				1	1	1
				1		3
					3	
					2	2
					1	4
						6

表1-1 課題1の条件を満たす、錘の位置と個数の組み合わせ

錘の位置	No.6	No.5	No.4	No.3	No.2	No.1	錘の位置	No.6	No.5	No.4	No.3	No.2	No.1
1			1							1			6
1				1		1				2		1	
1					2					2			2
1					1	2					3		1
1						4					2	2	
	2										2	1	2
	1	1				1					2		4
			1	1							1	3	1
				1		2					1	2	3
					2	1					1	1	5
					1	3					1		7
						5							5
													4
					1	2							2
					1	1	1	1					3
					1	1		3					2
							3						6
							1	3					1
							1	2	2				8
							1	1	4				10

表1-2 課題2の条件を満たす、錘の位置と個数の組み合わせ

(2) 上記の課題に取り組んで、一般則を導き出せたか
 学生たちには、課題1と2について考えると同時に、「実験用てこ」の棒が水平になる（釣り合う）条件はど

んなものかを考えてもらった。2022年度の理科研究を履修した学生41名のうち、考えた条件とそれぞれ的人数は、表2のようであった。

表2 課題1, 2を考えた学生たちが導き出した一般則と、それらを考えた人数

	実験用てこがつり合う条件	考えた人数
a案	支点の左右が同じ重さになること	9
b案	支点からの距離が左右で等しいこと	1
c案	重さ×支点からの距離が、支点の左右で等しいこと	8
d案	支点の左右の数字の合計が同じであること	10
e案	支点からの距離 ₁ ×錘の重さ ₁ +支点からの距離 ₂ ×錘の重さ ₂ +...が、支点の左右で同じになること	11
f案	個別の例を挙げているだけ	1
g案	よく分からなかった	1

この活動は、「てこの規則性」と呼ばれている法則を見出すという取り組みである。学生たちがレポートに記述する際には、各自の表現で行っていて、いわゆる選択肢から選ぶという方式は採っていなかったため、表2では各案の代表的な表現を採用した。なお、d案を考えた学生たちの中には、e案と同様のことを考えた学生もいたかもしれないが、「数字」の内容が明記されていないため、本当に理解したものとは言えないとした。c案についても、組み合わせの中には錘を吊るす位置が複数あるものもあるため、やはり正確には理解されていない可能性があると思われる。そうしてみると、卒業生が提案した課題に取り組みながら「てこの規則性」を見出すに至ったのは、全体の約4分の1(e案)、見出せる途上にあったのが約半数(c案, d案)であり、約4分の1の学生たちは、一般則を見出せなかったか、間違った一般則を考えるに至ったのである。

そうしてみると、「てこの規則性」(以前には、「てこの原理」と呼ばれていた。)は、小学校教師を目指す大学生にも、まだ十分に理解されていないと考えざるを得ない。天秤で重さを測る方法は身に着けていても、それがなぜ可能であるかは理解されていないと言えよう。そうであれば、筆者が目論んでいた「測って関係を見る、法則を知る」「法則を利用して測る」ことも、覚束ない。また、この実践の結果は、手を動かして実験することが理解を深めるとは限らないということも示しており、何か根本的な問題があると考えられる。

3. 「てこ」と「天秤」についての先行研究を基にした授業実践

学生たちは、小学校で「てこ」について学び、中学校

では「力のつり合い」を学んでいるが、「てこの規則性」の理解については危なっかしい。このことに関しては、「てこ」と「天秤」との違いが以前には明らかにされておらず、現在の教科書でもあいまいになっていることが、「てこ」を分かりにくくさせているのではないかという指摘がされている。山口(2016)、後藤&鈴木(2016)、玉井(2019)、藤(2022)、いずれも授業実践記録のような様式ではあるが、小学校の理科の授業での実践に基づいた理論的な取り組みである。以下、それらの先行研究を紹介し、それに基づいた大学での授業実践について考察する。

(1) 「てこ」と「天秤」に関する先行研究について

山口(2016)は、「てこのはたらき」の単元のねらいとして、第一に、「回転運動をするものは、力のモーメントの大きい向きに回ることを理解する。(てこの原理)」を挙げていて、「てこ」は回るか、回らないかが大切で、傾きとは本来無関係」と述べている。そして、重心に支点がある「実験用てこ」を厚紙の工作用紙で作って実験し、その結果から「きまり」を子どもたちが発見できる授業を行っている。その「きまり」(自然の法則)とは、「モーメントの大きい向きに回り、モーメントが同じときは回らない」ということである。実は、筆者は、この報告を読むまでは、「てこ」と「てんびん」との違いについて考えたこともなく、山口の報告に載っていた工作用紙で作った「実験用てこ」を自作して試した時、支点の両側でつりあっていると「てこ」はどんな角度でも止まるを見て、驚愕したものである。山口(2018)は、自身の考案による「実験用てこ」の支点から同じ距離に同じ重さのおもりをつるし、「実験用てこ」を傾けて手を放すと、どのような状態になるかという問いに対する小学校6年生の予想は、「そのまま何もおこらない」が約20%であったことを報告している。約80%の小学生たちは、予想を外していた。後藤&鈴木(2016)による大学生の授業での調査では正答率はさらに低く、2%であった。後藤&鈴木(2016)は、山口(2016)と同様の実践を、小学校教師を目指す大学生に対する授業で行ったのであるが、当時の学習指導要領には、「水平につり合った棒の支点から等距離に物をつるして棒が水平になったとき、物の重さは等しいこと。」が「てこの規則性」の指導事項として書かれており、教科書にも「てこが水平につり合うときのきまり」が挙げられてい

て、水平になる＝つり合うといった認識が生まれることが予想されるとしている。また、この結果（水平＝つり合う）は、ある条件を満たした道具によってだけ得られるものであること、そのため、中学校で力のつり合いを学ぶときに「同じ重さのおもりを支点から等距離に吊るしても水平にならない」といった事実に出会って混乱することを危惧している。因みに、2022年度の理科研究履修学生たちも、上記の先行研究での大学生や小学生と同じ時期の学習指導要領のもとに学んできている。

玉井（2019）は、学習指導要領（平成20年版）に書かれていた「水平につりあった棒の支点から等距離に物をつるして棒が水平になった時、物の重さは等しいこと」について、「天秤とてこ実験器の特殊な道具でしか成り立たないキマリ」に対して疑問を持ち、「おもりをてこ実験器のメモリに吊り下げる実験で、水平を探して、「規則性を見つけ」させるという指導姿勢、つまり特殊なキマリに依存して学習を進めていく姿勢は、ただ、児童に活動をさせて「てこの規則性」の結論を押しつけ「覚える理科」を作っているだけのように思えます。」と述べている。そして、「回転モーメントの発見」を授業に加えることを提案している。

藤（2022）は、山口（2018）を受けて、授業を実施し、同様の問いを発したところ、「ほとんどの子どもたちは「つり合う」とつぶやいていたが、中には深く考え込む子どもたちもいた。」と報告している。

実は、小学校理科の学習指導要領は、けっこう変遷しており（水野 2018）、その中でも、「てこ」や「てんびん」に関する項目は、ほぼ10年ごとに行われた改訂の度に変わっていて、「てこ」の理解と教育についての先人たちの苦心が偲ばれる。特に、平成29年版では、「水平につり合う」ということ自体が消されている。（上記で紹介したような研究がもとになっているか否かは分からないが。）

(2) 先行研究から学んで行った大学での授業実践

以下に、先行研究から学んで筆者が大学で行った授業（理科研究）について報告する。「てこ」と「天秤」それぞれの支点と重心との関係に着目したものである。実は、この考察ができると、天秤は何も載せたり吊るしたりしない時に水平になるが、誰も載っていないシーソーは水平にならず、必ずどちらかの端が地面についていることも考察できるのである。

授業の進行

- 1) 「てんびんの支点から等距離に物をつるして棒が水平に釣り合うとき、物の重さは等しい」は正しいか？

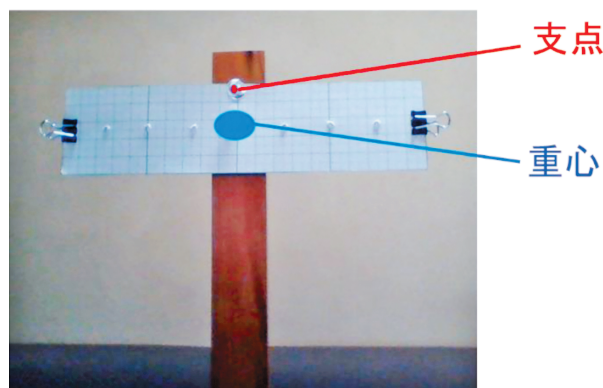


図2 水平な状態に落ち着く天秤：支点が重心と離れている。

山口（2016）が提案した方法を活用し、工作用紙を2枚貼り合わせて天秤を作成した（図2）。工作用紙板の重心は、板の中心にあり、図2の場合は、支点が重心から離れているもので、山口（2016）によれば、「天秤」と分類される。この天秤を用いて、以前の学習指導要領に書かれていること「てんびんの支点から等距離に物をつるして棒が水平に釣り合うとき、物の重さは等しい」が正しいかを確認した。工作用紙天秤には、等間隔に重りを吊るす孔があけてあるが、ここでは簡単にするため、左右両端に同じ重さのダブルクリップを挟んだ。こうすれば、天秤の支点から左右に等距離の位置に同じ重さの錘を付けたことになる。この天秤に一瞬力を加えて天秤を傾け、すぐに手を離れたところ、天秤は揺れながら、次第に水平な状態に戻っていった。この実験結果を見る限り、以前の学習指導要領に書かれていたことは正しいことになる。

では、図2と同様の工作用紙板の両端に同じ重さのダブルクリップを挟み、ただし、図3のように支点を重心のところに置いた場合にはどうか。山口（2016）は、このようなものを「てこ」としている。先ほどと同様に、一瞬手を添えて「てこ」を傾けて、すぐに手を離れたところ、山口（2016）が報告しているのと同様に、「てこ」は、傾いたまま静止していた。どの角度でも同様に静止していた。学生たちは、かつての筆者と同様に驚いていた。

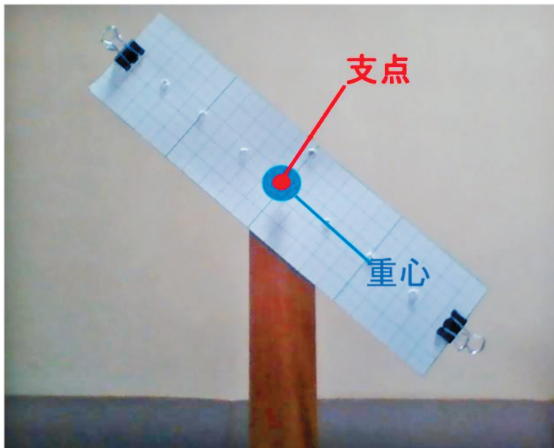


図3 斜めのまま静止している「てこ」: 支点が重心の位置にある。

同じ重さでも、支点から離れるほど、物を回転させようとする働き（力のモーメント）は大きくなる。力のモーメントは、「支点からの距離」×「力の大きさ」であらわれ、支点の両側に力のモーメントの差がなければ、いずれの方向にも回転しようとはしないので、どんな角度でも静止するという、「てこ」として当然の行動である。

では、天秤はなぜ水平になって落ち着くのか。大きさのある物体にはたらく重力がその物体のある一点に集まってはたらいていると考えることができる点を、重心と呼ぶのだが、物体を一つの点（支点）で吊り下げると、重心が支点の真下に来るように物体が動く。天秤は、重心が支点の下にあり、何も吊るしていないときには棒が水平になって安定しているが、その時には、重心は支点の真下にある。左右のどちらかに錘を足すか減らすかすると、重心がずれるため、重い方に棒が傾き、重心が支点の真下になったところで落ち着いて安定する。「錘の重さ」×「支点からの距離」の和が支点の左右で等しくなれば、重心の位置がずれないため、棒が水平になって落ち着くというわけである。山口（2016, 2018）によれば、図2のようなものを「天秤」、図3のようなものを「てこ」としており、その違いに注意しようと述べている。

2) 「天秤」にはどんな条件が必要か

ところで、天秤は、左右に同じ重さのものを吊るしたり載せたりすれば、水平に落ち着くことができる。実はこのことは、物の重さを測る道具としてはとても重要なことである。では、道具として見たとき、支点と重心の

関係はどのようなものが相応しいだろうか。

図4は、重心から上に離れたところに支点がある「天秤」、図5は、重心のところに支点を設けた「てこ」の右端に、ダブルクリップをもう一つ付け足したものである。図4の「天秤」は、少し揺れた後、右に傾いた状態で落ち着いたが、図5の「てこ」は、ダブルクリップを付け足した瞬間、くるっと右に回転してしまった。「てこ」は敏感すぎて、ぴったり同じ重さでないと回転してしまって重さを測ることもできなくなる。図5のような「てこ」は、重さを測る道具としては役に立たないのである。一方、図4のような「天秤」は、支点の左右の端に付けた物の重さの差が大きければ大きく傾き、小さければ小さく傾くので、様子を見ながら左右双方の物の重さが等しくなるように近づけていくことができ、物の重さを測る道具として使うことができる。なお、図4の「重心」は、この「天秤」の元々の重心であり、左右の重さをアンバランスにした場合には、新たな位置に重心がずれることになる。

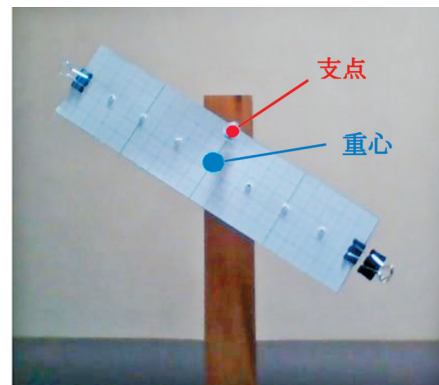


図4 右端に錘を足して傾いた「天秤」

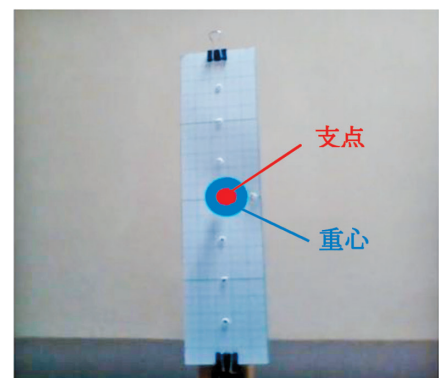


図5 右端に錘を足した直後、右回転した「てこ」

なお、時間が余った学生たちに、「好きな形の天秤を

作っていいよ」と言ったところ、図6、図7のような天秤が現れた。非常に安定しているが、「錘の重さ」×「支点からの距離」が左右でかなり違っても、あまり、あるいは、ほとんど傾きが生じないので、天秤としては使い難い。超鈍感天秤と名付けたくなるが、これらを作った学生たちも面白がっていた。

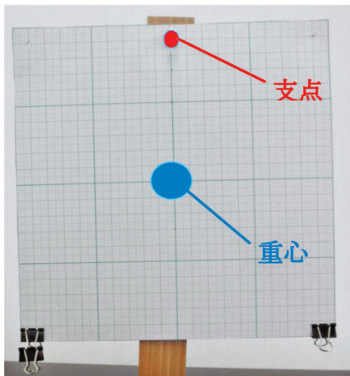


図6 正方形の天秤



図7 大きな三角形+長方形の天秤

「てこ」は、本来、物の回転を利用して、小さな力で大きな力を得たり、小さな動きを大きな動きに変えたりするものであって、物の重さを測るための道具ではない。図1-1、図1-2に描かれている卒業生提案の課題は、理科実習室に置いてある「実験用てこ」を想定しているが、それは、支点の左右に何も吊るさないときには棒が水平になり、支点の左右双方の力のモーメントが等しくなるような「錘の重さ」と「支点からの距離」の組み合わせでは、棒が水平になって落ち着く。これを、つり合いがとれた状態と称しているわけだが、上記の図3に見られるような「てこ」では、支点の左右の力のモーメントが等しければ、どの角度でも静止するはずである。理科実習室の「実験用てこ」は、小学校の理科室のものと同様のもので、よく見れば、支点は棒の中央にあり、錘を吊るす金具は棒の下に取り付けられていて、図2の「天秤」と同様である。そうしてみると、山口(2018)が指摘したように、理科室に置いてある「実験用てこ」は、「実験用天秤」と名付けた方が相応しいと考えられる。因みに、市販されている小型の「実験用てこ」や「てこ実験器」も、同様の構造になっているので、それらも「実験用天秤」と言い換えた方が相応しく思える。また、小学校の教科書『わくわく理科6』(啓林館)(2022)では、バールを紹介した後、「棒のてこ」

の実験を行い、支点・力点・作用点がどこにあるかを知って、それらの位置と錘の重さや加える力との関係を見出した後、「てこのうでをかたむけるはたらき」という項目で、「実験用てこ」を用いて「てこが水平につり合うときの規則性」を発見することになっている。最初の「棒のてこ」では、支点は棒の重心に置かれ、「実験用てこ」では、重心より少し上に支点が置かれている。教科書に載せられている「実験用てこ」も、上記の分類によれば、「実験用天秤」と言えよう。他の数社の教科書もほぼ同様であった。

4. 「ニンジンてこ」と「三角形てこ」の実験から学んだこと

大学生の授業では、次に、「少し遊んでみよう」と呼びかけて、「ニンジンてこ」の実験を行った。

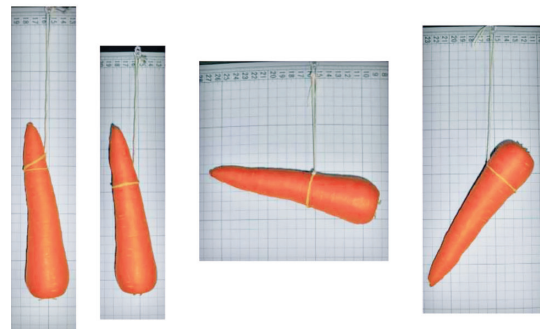


図8 様々な位置で吊るしたニンジン

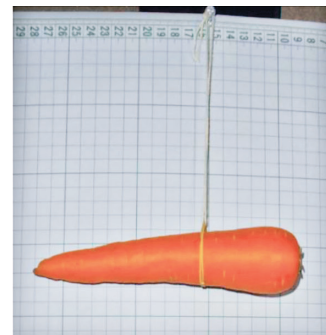


図9 水平に吊るされたニンジン

図8のように、ニンジンを紐で吊ると、吊るす位置によって、ニンジンの角度が違う。ここで、ニンジンがほぼ水平に吊り下げられるようにして(図9)、その時の紐の場所でニンジンを切断する(図10)。

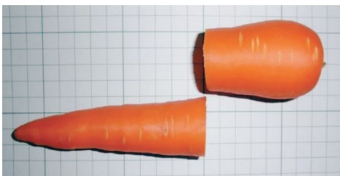


図10 水平に吊るされたニンジン
を、吊るした紐の位置で切
断したもの

この時、図10のニンジンの右側（太短い方）と左側（細長い方）で、どちらが重いかについて、学生たちに予想を立ててもらった（表3）。

表3 「ニンジンてこ」の左右の重さについての大学生たちの予想

予想の内容	人数	予想の理由
左右同じ重さ	29	左右にかかる力が同じでない とつり合わない 重さが同じでない とつり合わない
右が重い	12	支点からの距離が関係している。 支点からの距離×重さ 支点からの距離が違うので、 短い方が重い
左が重い	0	

図9の紐がある位置の内部に、このニンジンの重心がある。この実験は、「遊んでみよう」と呼びかけて行ったものであるが、重心についての理解を深める課題でもある。表3に見られるように、卒業生が提案した課題や「工作用紙てこ」の実験で学んだ後でも、4分の3近くの学生たちが、左右にかかる重さが同じでないと思つり合わないと思つていたのである。大学生による予想の状況は、中山（2012）の報告でも同様で、77%の大学生が、左右同じ重さと答えていた。いずれも、「てこ」についての学習をした後であるにもかかわらず、多くの学生たちが支点の左右の重さにのみ着目していたということである。

では、「ニンジンてこ」の実験結果はどうであったか。表4に見られるように、どの班の実験でも、右の方（太い方）が重かった。

表4 図9のように切断した際のニンジンの左右の切片の重さ

班	全体の重さ(g)	右（太い方）の重さ(g)	左（細い方）の重さ(g)
A	181.8	97.8	84.0
B	96.9	52.7	44.2
C	162.3	97.4	64.7
D	136.4	81.9	53.9
E	186.4	102.9	82.9
F	121.3	65.5	55.2
G	185.8	101.6	83.5
H	159.0	87.5	69.0
I	160.5	88.7	71.4
J	166.0	91.4	74.6
K	134.0	77.1	56.5
L	112.4	64.5	47.4

さて、表4に示された実験結果を板書した直後に、「この実験結果は事実であることを受け入れるか」と学生たちに尋ねたところ、全員が「受け入れる」と答えた（挙手した）。続いて、「納得しているか」と尋ねたところ、多くの学生は納得していなかった。このあたりにも、実験によって学ぶことの難しさがある。実験結果は見分かって受け入れても、心から納得できるためには、もう一段階、考えて試すことが必要である。

なお、予想が外れたことの原因について、ニンジンの太短い方（右切片）と細長い方（左切片）とでは、密度が違うのではないかと考えた学生たちもいた。これについては、筆者が試し、左右それぞれの部分から、1辺1cmの立方体を切り取って重さを測ったところ、1.4gと1.3gであった。この結果は誤差の範囲で、両者の重さはほぼ等しいと言え、密度の違いが原因ではないことを示した。

そこで次に、ニンジン立体で少々複雑でもあるので、工作用紙を用いて、ニンジンの形を模して平面にした二等辺三角形の「てこ」を作って、同様の実験を行った。工作用紙を用いたのは、ほぼ均一な密度で作られた厚紙であること、目盛がついていて、重心の位置を求めるにも楽で、ニンジンモデルとしても受け入れやすいからである。

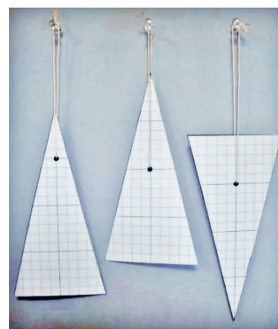
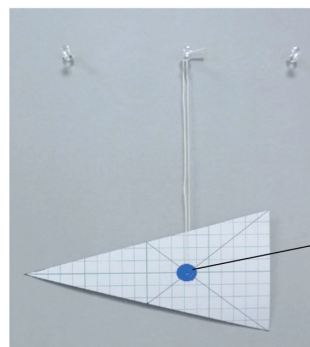


図11 様々な位置で吊るした時の「三角形てこ」



重心

図12 重心で吊るした時の「三角形てこ」

二等辺三角形の頂点から底辺に引いた垂線上のいろいろな位置に糸を通して吊ると、頂点が上になったり下になったりしながら縦方向に吊り下げられた(図11)が、ニンジンの場合と同様、重心に糸を通して吊ると、「三角形てこ」は水平になった(図12)。

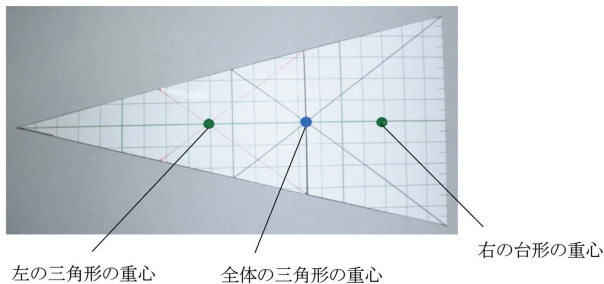


図13 「三角形てこ」全体の重心、および、全体の重心の位置で切断した場合の、左側の三角形の重心、右側の台形の重心

「ニンジンてこ」の場合と同様、重心の位置で左右に切断し、それぞれの重さを測るとともに、右の台形および左の三角形の重心を求め、全体の重心を支点とした場合の、左右の力のモーメントも計算した。

この「三角形てこ」全体の重さは3.6g、重心のところで切り取った左側の三角形の重さは1.6g、右側の台形の重さは2.0gで、ニンジンの場合と同様、太短の方が重かった。左側の三角形の重心は、全体の重心から左へ44mm、右側の台形の重心の位置は、全体の重心から右へ35.25mmであることが分かったので、左右に切り離す前の「てこ」の重心を支点として、左側に回そうとする力のモーメントは、 $1.6 \times 44 = 70.4$ (g力・mm)、右側に回そうとする力のモーメントは、 $2.0 \times 35.25 = 70.5$ (g力・mm)となり、左回りと右回りの力のモーメントは等しくなる。そのため、この「三角形てこ」を重心の位置で吊ると、水平になるのである。ここに記した測定値は筆者が測ったものであるが、学生たちは各班でそれぞれ好きな大きさの二等辺三角形を作り、それぞれ重さを測ったり重心を求めたりして確認していた。この実験を介して、「ニンジンてこ」の結果だけでは納得できなかった学生たちの多くは、納得できたようであった。理科を暗記科目だと思っていた学生も多いが、おそらく、実験をした場合でも、その結果に納得できないまま覚えてきたことが多かったのだろう。なお、力のモーメントの単位は、現在ではN・mで表されるが、ここでは大学生や子どもたちが実際に測定した値をそのまま

適用できる単位を用いることにし、左巻&玉井(2004)での表記に倣った。実感として理解しやすいからである。

5. シーソーから学んだこと

「てこ」に関連することと言えば、シーソーも不思議である。数十年前の子どもたちは、シーソーでよく遊んでいたもので、大きい子と小さい子が一緒に遊ぶときや、同じくらいの体重の子どもでも3人や5人で一緒に遊ぶときなど、どのようにしたらよいかを、考えたり試したりして、学校で「てこの原理」を学ぶ前から、体験的には知っていたりした。ところが、天秤は、支点の両側で重さが同じ時には水平になるのに、誰も乗っていないシーソーが空中で水平になっているのは見たことがない。これも、重心の位置を考えれば分かる(福武2011)ので、学生たちにも工作用紙でシーソーを作って試してもらった。図14に見られるように、シーソーの支点は重心よりも下にあり、通常のシーソーのように地面に近いところにあれば、傾いて片方の端が地面に着いている。このシーソーが地面よりはるかに高いところにあると、回転してしまい、大きく揺れながら、最終的にはひっくり返って重心が支点の真下に来る状態になり、水平になって安定する(図15)。この状態は、天秤と同様で、シーソーはひっくり返った天秤とも言えよう。通常、シーソーは地面に近いところに置いてあり、そこに人が乗るが、図16に見られるように、シーソーの片端が地面に着いていて、足で蹴らないと上がれない。なお、人が乗った場合の重心は、シーソーそのものの重心よりも上になる。

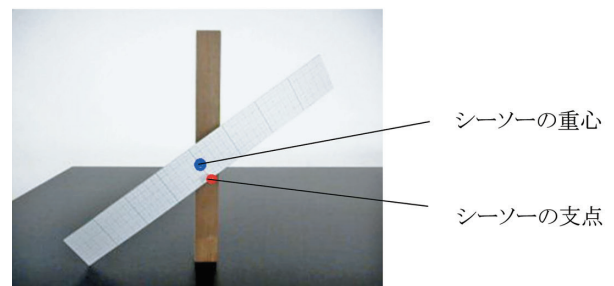


図14 誰も乗っていないシーソーのモデル

多くの学生たちは、シーソーにとって重心と支点の位置関係が重要であることは実感したが、その仕組みについて考察した学生は多くはなかった。また、「てこ」の

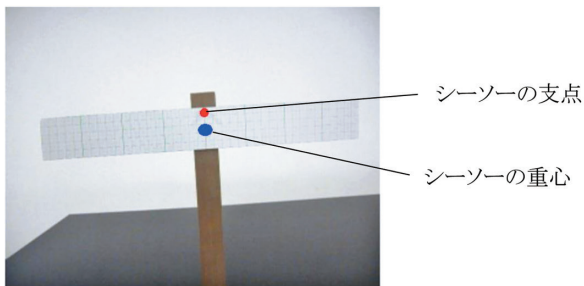


図15 誰も乗っていないシーソーは、高いところにあれば空中でひっくり返る

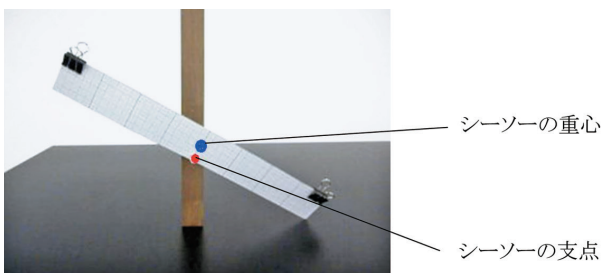


図16 人が乗っているシーソーのモデル

実験の場合と同様に、支点の両側の重さだけに着目した学生たちもいた。「てこ」「重心」「つり合い」に関わるこの理解は、なかなか難しいようである。

6. 大学の授業での実践からの考察および今後の課題

(1) 理科研究の授業での実践からの考察

大学生に対する授業の結果、以下の点について学生たちが理解し納得したか、新しい知見や技術を得られたかについて考えてみたい。

1) 「てこの規則性」を理解し納得できたか

理科実習室に置いてある「実験用てこ(天秤)」を使った課題に取り組んだだけでは、学生たちは「てこの規則性」をよく理解したとは言えない。「ニンジンてこ」に関する予想が当たっていた学生は約3分の1だけであった。約3分の2の学生たちは、支点の左右での重さにしか着目しておらず、その重さがかかるところと支点からの距離について考えることができないでいた。「三角形てこ」の実験を経て納得できたようだが、「ニンジンてこ」や「三角形てこ」は、重心が問題となるため、本来ならば、もっと単純な系で「てこの規則性」を理解できた方が望ましいようにも思える。今回は、山口(2016)考案の「工作用紙てこ」で「錘の重さ」と「支

点からの距離」との関係は何通りも試すことはしていなかったため、次回の授業では、そこに重点を置きたいと考えている。ただ、「てこ」の理解の低さに関する山口(2018)の報告が、もし山口(2016, 2018)考案の「実験用てこ」(支点が重心にあるもの)で学習した後の結果であるならば、まだ何か工夫を要することがあるのかもしれない。あるいは、「ニンジンてこ」は、「てこ」についての理解をもう一步進めるための良い教材であるという可能性も考えられる。重心について考えて初めて、支点からの錘の距離の重要性に気付くことができるのかもしれない。

2) 簡単な系を用いて考え、実験することの意義

今回、「ニンジンてこ」の結果について考察するために、より簡単な「三角形てこ」を用いた。理科の実験では、簡単な系を用いることが重要であると考えたからである。複雑な系のままで実験しても、知りたいこと以外の要素が影響して、明瞭な実験結果が得られないことも多く、また、考える要素が多すぎると、何を知るために実験しているのかが分からなくなったりするからである。何を知りたいのかを明らかにして、そのことを知るために問題を単純化することは、小学校教師を目指す大学生が身に着けるべき技術の一つであると、筆者は考えている。

3) 「天秤」を学習する意義

「てこ」の学習に「天秤」を用いることの問題点について、これまで見てきたが、「天秤」は、別の面では、良い教材となろう。重さを測る道具として、「天秤」は、数千年の歴史を経た優れた計測器であり、道具としての条件を考えることのできる良い教材となると考えられる。小学生に対して直接、「道具としての天秤」の授業をするかは別として、小学校教師を目指す大学生にとっては、理科のみならず、広く一般的な教養として備えておくことを考えてもよいと、筆者は思っている。

(2) 「てこ」について学ぶ順序

先行研究や筆者自身による大学での授業を介して、「てこ」について学ぶ順序も大切ではないかと考えた。現在筆者が考えている順序は、以下のようなものである。

1) 「てこ」の規則性を利用した様々な道具などを試

して、これらの道具などが全て、物の回転を利用して
いることを知る。

- 2) それらの「てこ」を試して、何らかの法則(きまり)があることを感じる。
- 3) 感じられたことを整理すると、「支点から離れているほど力はトクダ(田中&真船 1961)」とまとめられることを知る。
- 4) 「棒のてこ」を用いた実験で、「てこの規則性」を実感する。ここで、山口(2016)考案の工作用紙の「てこ」を用いてもよいが、小学生が最初に学ぶには、重さや力を実感できる方法が良いと思われる。
- 5) 山口(2016)考案の工作用紙で作られた「実験用てこ」を作って実験・測定し、「てこの規則性」を式で表す。この式は、「錘の重さ」×「支点からの距離」という形でよい。
- 6) 「てこ」のはたらきを利用して重さを測る道具として、天秤を学ぶ。
この順序で学んでいけば、混乱はかなり防げるのではないかと考えており、次に授業をする際に試してみたい。
- 7) 「ニンジンてこ」の予想を立てることで、「てこの規則性」の理解ができているか否かを確認し、「三角形てこ」で重心についても実験しながら学ぶ。その際、図13に記した全体の三角形、左の三角形、右の台形それぞれの重心に爪楊枝を刺してコマを作り、重心に軸を通したコマが滑らかに回るのを体験するのもよい。

(3) 小学校で分からなかったことが大学生になっても 分からない理由

大学生の「てこ」についての思い込みや理解の難しさを見てみると、小学校で理解できなかったことは、中学や高校を経ても理解できないままになっているようである。中学や高校の教科書を調べたところ、力のつり合いは中学で学ぶのだが、力のモーメントについては、高校の物理基礎で「発展」として触られているが、全員がしっかり学ぶことになっているのは、高校の物理が初めてである。筆者が子どもだったころには中学2年で学習していたことが、高校2年まで待たされることになっている。また、中学、高校いずれの教科書を見ても、小学校で学んできた「てこ」や「天秤」については触れら

れていないので、かつて学んだことと結び付けて学び直すことがしやすいメニューにはなっていない。学んだことの繋がりが見えてこない生徒にとっては、小学校で分からなかったままになってしまうと思われる。さらに、高校の理科は選択制であるため、高校の3年間、物理分野のことは学習しないままとなることも多い。それを考えると、玉井(2019)が提案しているように、小学校の段階で、力のモーメントを見出すことを目標にするとともに、中学・高校で学ぶ際に、小学校の時には体験的に感じ取っていた法則を改めて取り上げ、理論的に見直して学び直す過程が必要と思われる。このことは、「てこ」の課題に限らないので、別の機会にまた取り上げたい。

(4) 子どもたちの身近な体験について

筆者が小学生のころ、自分より大きい子がシーソーの反対側の端に乗ってしまって、筆者は足をバタバタさせてもシーソーの端に乗ったまま空中にいて、その子は笑いながかなか降ってくれなくて困ったことがある。とは言え、なぜか面白くもあった。また、もっと幼くてまだ幼稚園にも行っていなかったころ、大八車に野菜を積んでくる八百屋さんが、人参や大根や菜っ葉の重さを測るのに、とても不思議なことをしておられた。不思議で不思議で、私はその八百屋さんにあこがれていた。竿秤を使っておられたのである。あの道具を竿秤と呼ぶのだということは、小学生の頃に知ったが、その仕組みはまだ分からなかった。そして十年ほど後、中学2年生の理科の授業で、力のモーメントについて学んだ瞬間、一挙に理解した。その時自分が教室の右後ろの方の席にいて、竿秤の仕組みを理解したと同時に、幼いころに嗅いだ人参の香りまで思い出したことを、今でも覚えている。体験したことの意味がすぐには分からなくても、後で学んで理解できるということでもある。

学生たちは、身近なところから授業の導入を行うのが子どもの興味を引き付けると思っていることが多いが、筆者が子どもだった数十年前と現在では、子どもの身近にあるものがずいぶん違ってきている。シーソーから降りられなかった話をして学生たちがポカンとしているので尋ねてみたら、シーソーにあまり乗ったことはないし、今では学校にも公園にもシーソーはないと聞かされた。そうしてみると、現在では、日常の遊びや生活での体験が基になって自然の仕組みに対して疑問を抱いた

り、学んだことが過去の体験と結びついたりすることが、数十年前ほどは期待できないと考えられる。身近な体験をあまりあてにできないというのが現状であるとすれば、それに対応した方法を考えなくてはならない。これも、今後の理科教育の課題である。

謝辞

理科研究を履修し、率直な感想や提案をいただいた、日本福祉大学子ども発達学部および教育・心理学部の卒業生ならびに在学生の皆様に、感謝申し上げます。また、折に触れて現在の小学生の状況についてお話下さり、「てこ」に関わる議論をしていただきました板垣賢二氏（日本福祉大学 教育・心理学部教授）に、感謝申し上げます。

引用文献

- 教科書『わくわく理科6』 啓林館（令和4年）
- 後藤 幹，鈴木哲也（2016）「『水平にならない天秤』の授業実践——小学校教員を希望する学生への実践事例を通して——」 未来の保育と教育——東京未来大学保育・教職センター紀要 第3号 89-94 頁 2016
- 左巻健男，玉井裕和（2004）『新しい理科の教科書 小学5年』 文一総合出版 2004年
- 田中 実，真船和夫（1961）『どうしたら理科ができるようになるか おかあさんの教育相談』 日本評論新社 昭和36年 pp.44-48
- 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、力がわかる学習を——（教科書を超えるプラスワンの授業 小学校6年）」 理科教室 2019.10：20-25
- 中山貴司（2012）「教員志望大学生の「てこの規則性」に関する実態調査」 日本理科教育学会中国支部大会研究発表要項 2012-12-08： p.36
- 福武 剛（2011）「シーソーを水平に保てないのはなぜ？」 左巻健男 編著『たのしい理科の小話事典 小学校編』 東京書籍 p.180 2011年
- 藤 誠（2022）「てこのはたらき ～実験用てこは傾いたまま？～・・・子どもたちが納得できる学び方を探して・・・（ここがポイント！理科の授業 小学校6年）」 理科教室 2022.10：11-14
- 水野暁子（2018）「理科の目標と重さや力の法則につい

- て——小学校理科の学習指導要領の変遷」 日本福祉大学 教職課程研究論集 17：109-120
- 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（今月の授業 小学校6年）」 理科教室 2016.10：13-16
- 山口勇藏（2018）「てこのはたらき てんびんとの違いに気をつけて」 小佐野正樹 編集『授業づくりシリーズ これが大切 6年 小学校理科』 本の泉社 2018年