

滑車に対する大学生の理解度調査

沖花 彰, 澤田昌倫

京都教育大学 理学科 okihana@kyokyo-u.ac.jp, rik71208@kyokyo-u.ac.jp

キーワード: 滑車, 仕事, アンケート調査

(受付: 2011月 月 日)

抄録

滑車についての基本的な知識及び仕事の原理に関する理解度を教員志望の大学生を対象に調査した。定滑車についてはロープを引く角度によって引く力が異なるという誤概念を持っていることがわかった。また滑車を用いておもりを持ち上げる際の仕事は変わらないという理解も不十分であることが分かった。

I. はじめに

平成 20 年度に改訂された中学校学習指導要領(理科)¹⁾では「理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善を図る」ことが強調されている。また中学 3 年生の「運動とエネルギー」の単元には「仕事」が追加された。「仕事に関する実験を行い、日常の体験などとも関連させながら力学的な仕事を定義する」とあり、さらには「てこや滑車などを挙げながら、道具を用いて仕事をするとき、加えた力より大きい力を外部に出すことはできるが、道具に与えた仕事以上の仕事を外部にすることはできないという仕事の原理にも触れる」と、具体的に実社会・実生活にあるてこや滑車を用いた仕事の学習を薦めている。

ただ滑車については、現行では中学校の理科の学習には登場しておらず²⁾、定滑車の例としてよくあげられる井戸のつるべを目にしたことのある生徒も多くない。つまり滑車が生徒にとってよく知られた身近な例であるかは明らかではない。生徒が滑車についてどの程度理解しているかを調査する必要がある。そこで研究の第一歩として学校教員を目指す大学生を対象に調査を行った。その結果について報告する。高等学校では物理 I や理科総合 A で仕事を取り上げられ、その際教科書には滑車を使った事例があげられている。ただその扱い方は必ずしも十分ではなく、また実生活という意味では中学生と同じように経験も少ないと思われる。

II. 調査概要

滑車には定滑車、動滑車およびそれらを組み合わせたものがある。それぞれの特徴と、おもりを引く力と引いた長さの積はおもりの重さと引き上げる長さの積と変わらない、という仕事の原理をどの程度理解しているかを調べた。

調査対象は京都教育大学の大学生 102 名で、高等学校での物理分野の履修度（物理未履

修 30 名，物理Ⅰ又は理科総合 A 履修者 42 名，物理Ⅱ履修者 30 名）の他に自分が理系と
 思うか（41 名），文系と思うか（61 名）という意識についても聞いた。集計は全体，履修度
 別，意識別について行った。図 1a,b に調査問題を示す。問 1～3 は，定滑車について，ど
 のように引いても引く力はおもりの重さと変わらないということの理解を問うた問題であ
 る。また問 4～6 は 3 種類の滑車についての理解を問うたもので，おもりを引き上げるの
 に必要な力とロープを引く長さが，おもりの重さと引き上げる長さに比べてそれぞれ何倍
 になるかを問うことで仕事の原理も把握できているかを調べた。

問 1 井戸の水をくみ上げる時、直接桶を引き上げるのに比べて、つるべ（滑車）を用いて真下（ 0° ）
 へ引く場合に必要な力はどうなると思いますか。

大きくなる・変わらない・小さくなる

問 2 井戸の水をくみ上げる時、直接桶を引き上げるのに比べて、つるべ（滑車）を用いて 45° の
 角度で引く場合に必要な力はどうなると思いますか。

大きくなる・変わらない・小さくなる

問 3 井戸の水をくみ上げる時、直接桶を引き上げるのに比べて、つるべ（滑車）を用いて 90° の
 角度で引く場合に必要な力はどうなると思いますか。

大きくなる・変わらない・小さくなる

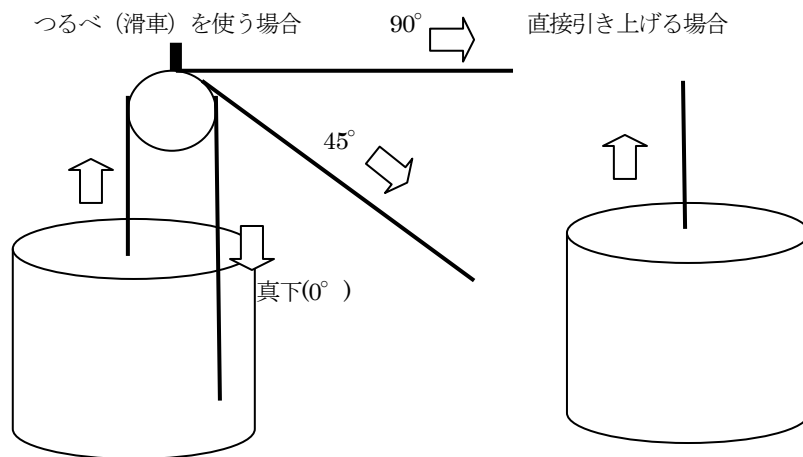


図 1a 滑車についての調査問題その 1

図 1

図 2

図 3

※以下の「何倍ですか」に答える時、「半分になる」と答える場合は「1/2」と分数で記入してください。

問4 図1のような仕組みでおもりを1m引き上げる時、引くのに必要な力の大きさはおもりが引いている力の大きさの何倍ですか。また、ロープを引く長さは、引き上げる長さ(1m)の何倍ですか。
 力の大きさ () 倍 引く長さ () 倍

問5 図2のような仕組みでおもりを1m引き上げる時、引くのに必要な力の大きさはおもりが引いている力の大きさの何倍ですか。また、ロープを引く長さは、引き上げる長さ(1m)の何倍ですか。
 力の大きさ () 倍 引く長さ () 倍

問6 図3のような仕組みでおもりを1m引き上げる時、引くのに必要な力の大きさはおもりが引いている力の大きさの何倍ですか。また、ロープを引く長さは、引き上げる長さ(1m)の何倍ですか。
 力の大きさ () 倍 引く長さ () 倍

図1b 滑車についての調査問題その2

Ⅲ. 調査結果

(1) 定滑車についての理解

表1に定滑車に関する調査結果を示す。

正解を2重線枠で示した。真下(0°)

や90°に引くときは5割以上が力は変

わらないと答えているが45°では変

わらないと答えたのは1/3で、半数以上が

小さくなると思っている。また90°では引く

力が大きくなると答えるものが25%と、45°や真下に引くときに比して多い。3問とも変

問1～3	大きくなる	変わらない	小さくなる
真下(0°)	5%	62%	33%
45°	9%	34%	57%
90°	25%	50%	25%

表1 定滑車についての調査結果

わからないと正しく答えたのは24%しかなかった。定滑車のような基本的なものでも理解が不十分であることがよくわかる。また、斜めに引く場合力は小さくて済むという誤概念を持っている可能性が示唆された。表2に高校物理履修度別、表3に意識別に集計した。母

問1～3	未履修			物理Ⅰ(理総A)まで			物理Ⅱまで		
	大	不変	小	大	不変	小	大	不変	小
真下(0°)	17%	50%	33%	0%	60%	40%	0%	77%	23%
45°	10%	37%	53%	5%	31%	64%	13%	37%	50%
90°	30%	37%	33%	21%	57%	21%	27%	53%	20%

表2 定滑車についての調査結果(高校物理履修度別)

数が少ないので確定的なことは言えないが、履修度に関わりなく45°で力は小さくて済むと答える傾向が強い。また90°では逆に大きくなると答える

問1～3	自分が文系だと思う			自分が理系だと思う		
	大	不変	小	大	不変	小
真下(0°)	7%	57%	36%	2%	68%	29%
45°	8%	28%	62%	10%	44%	46%
90°	25%	48%	28%	27%	54%	20%

表3 定滑車についての調査結果(意識別)

割合が多くなる傾向も履修度には関係なく共通している。3問とも正解は未履修23%(7名)、物理Ⅰ17%(7名)、物理Ⅱ33%(10名)であるが、統計的には顕著な違いはない。自分が理系と思うか文系と思うかという意識の違いで分類すると、こちらのほうが45°で顕著な差がみられた。自分が理系と思う学生には物理未履修者も含まれているのだが、日常的な事象に関しては履修度の差以上に理解度に差が出る可能性がある。

(2) 滑車と仕事についての理解

問4～6すべて正解は8名8%であった。そのうち7名7%が問1～3も正解であった。

1) 動滑車(問4)

問4は動滑車に関するもので表4に結果を示す。正解欄(2重線枠)の力の大きさ、引く長さは別々に正解した数を表し、仕事は両方とも正解した数を示して

問4	力の大きさ	引く長さ	仕事
正解(1/2倍, 2倍)	37%	42%	25%
変わらない	39%	42%	59%
大きくなる	24%	46%	27%
小さくなる	38%	13%	14%

表4 動滑車についての調査結果

問4	未履修			物理Ⅰ又は理総Aまで			物理Ⅱまで		
	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事
正解	17%	37%	10%	33%	38%	19%	63%	53%	47%
不変	43%	40%	47%	43%	50%	55%	30%	33%	77%
大	40%	47%	47%	24%	38%	29%	7%	53%	7%
小	17%	13%	7%	33%	12%	17%	63%	13%	17%

表5 動滑車についての調査結果(履修度別)

いる。引く力の大きさはおもりの重さの1/2でよいが、引く長さはおもりが上がる長さの

2 倍になるというのが正解であるが、両方正解は 25% しかなかった。力の大きさ、引く長さそれぞれ個別の正解は約 4 割あった。仕事が変わらないという認識は 6 割あった。滑車を使うことで力の大きさ、引く長さはどうなるかを「大きくなる」「変わらない」「小さくなる」の 3 区分で分類した。力の大きさは「小さくなる」、引く長さは「大きくなる」、仕事は「変わらない」が正解で表に太枠をした。動滑車 1 つの場合、力の大きさも引く長さも変わらないと思って

問 4	自分が文系だと思う			自分が理系だと思う		
	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事
正解	23%	33%	10%	59%	56%	46%
不変	44%	46%	49%	32%	37%	73%
大	33%	36%	36%	10%	59%	15%
小	23%	18%	15%	59%	5%	12%

表 6 動滑車についての調査結果（意識別）

あるものがそれぞれ 4 割もあった。表 5 に履修度別、表 6 に意識別に集計したものを示す。履修度別では物理Ⅱまで履修したものが 47% 正解で、他に比べて理解がよいことが分かる。仕事が変わらないという回答も 77% と高い。理系意識派も文系意識派に比べて有意に理解度が高い。力の大きさについては小さくなると答えたものが物理Ⅱまでの履修者が 6 割以上あるのに未履修者は 2 割未満である。その一方で引く長さは大きくなると答えたものがどちらも 5 割程度で差がない。力の大きさの理解が学習履歴と相関があるのに対し、引く長さについては相関がないことが分かる。

2) 動滑車+定滑車（問 5）

問 5 は動滑車に定滑車を組み合わせたもので力の大きさやロープを引く長さは動滑車 1 つの場合と同じである。表 7 に結果を示す。力の大きさ、引く

問 5	力の大きさ	引く長さ	仕事
正解(1/2 倍, 2 倍)	51%	30%	23%
変わらない	16%	20%	46%
大きくなる	12%	53%	20%
小さくなる	73%	27%	34%

表 7 動+定滑車についての調査結果

問 5	未履修			物理Ⅰ又は理総Aまで			物理Ⅱまで		
	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事
正解	50%	23%	10%	50%	33%	24%	53%	33%	33%
不変	23%	23%	33%	19%	21%	50%	3%	13%	53%
大	20%	40%	27%	10%	57%	21%	7%	60%	10%
小	57%	37%	40%	71%	21%	29%	90%	27%	37%

表 8 動+定滑車についての調査結果（履修度別）

長さともに正解は 23% あった。半数が力は半分ですむと理解できており、小さくなるという分類でも 7 割がわかっていた。それに対し、引く長さが倍になることを理解しているのは 3 割しかない。大きくなるという分類も半数程度しかない。引く力についての理解に偏っていて、仕事という観点から引く長さにも着目させる必要がある。表 8, 9 に履修度別及び意識別に集計したものを示す。力、長さともに正解したものは物理Ⅱまでの履修者で

問 5	自分が文系だと思う	自分が理系だと思う
-----	-----------	-----------

も 1/3 である。個々の正解率は履修度による顕著な差はない。力の大きさに対する理解のほうが引く長さに対する理解よりもよいことがわかる。意識別のほうが差が顕著に表れている。

3) 動滑車+動滑車 (問 6)

問 6 は動滑車 2 個を組み合わせたもので、力の大きさは 1/4 で、引く長さは 4 倍になる。表 10 に結果を示す。引く力、引く長さともに正解は 15%で、問 4～6 で最も低い。引く力が小さく

表 9 動+定滑車についての調査結果 (意識別)

	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事
正解	44%	25%	11%	61%	39%	39%
不変	23%	20%	33%	5%	20%	66%
大	16%	44%	28%	5%	66%	7%
小	61%	36%	39%	90%	15%	27%

問6	力の大きさ	引く長さ	仕事
正解(1/4 倍, 4 倍)	28%	20%	15%
変わらない	25%	25%	43%
大きくなる	21%	52%	30%
小さくなる	55%	23%	26%

表 10 動+動滑車についての調査結果

問6	未履修			物理 I 又は理総 A まで			物理 II まで		
	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事
正解	13%	10%	7%	29%	14%	10%	43%	37%	30%
不変	30%	30%	33%	26%	29%	38%	17%	17%	60%
大	33%	47%	43%	21%	55%	36%	7%	53%	10%
小	37%	23%	23%	52%	17%	26%	77%	30%	30%

表 11 動+動滑車についての調査結果 (履修度別)

なると答えたのは 55%で問 5 (動+定滑車) の 73%より少ない。引く長さについては問 5 と同じように約半数が大きくなると答えている。引く方向が上向きであることで、力が小さくならないと考えている可能性がある。表 11, 12 に履修度別、意識別の集計結果を示す。正解は物理 II までの履修者や理系型で約 3 割、それ以外は 1 割以下であった。仕事が変わらないというのが物理 II までで 6 割であるが、未履修は 1/3 しかない。力が小さくなるという理解も物理 II までの履修者と未履修では顕著な差が生じた。意識別でも理系と文系では差が顕著であった。

問6	自分が文系だと思う			自分が理系だと思う		
	力	長さ	仕事	力	長さ	仕事
正解	15%	8%	5%	49%	37%	29%
不変	30%	33%	38%	17%	15%	51%
大	28%	43%	34%	10%	66%	24%
小	43%	25%	28%	73%	20%	24%

表 12 動+動滑車についての調査結果 (意識別)

IV. まとめ

滑車についての理解度を教員志望の大学生に調査した。結果は予想以上に理解が不十分

で、定滑車を 45° にひくと力は小さくて済むという誤概念や、動滑車で力が $1/2$ で、引く長さが倍という理解も $1/4$ 程度の理解にとどまった。仕事の原理についても半数程度の理解であった。また高校での物理履修度による違いはあるものの物理Ⅱまでの履修者でも理解は十分ではなかった。中学生に対しても同様の調査が必要であるが、新しい学習の導入に際してはこういった現状を踏まえる必要がある。

文献

文部科学省，中学校学習指導要領理科，平成 10 年改訂

http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122602/005.htm

文部科学省，新中学校学習指導要領理科，平成 20 年改訂

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/ri.htm