

滑車の機能を調べる

～すごいぞ、クレーンに使われている動滑車と定滑車～

渋谷区立神宮前小学校

5年 廣 佳乃子

1 研究の動機

家の窓から見える建設現場に大きなクレーンがあり、そのクレーンは夏休み前から、機材を持ち上げたり、運んだりしていた。クレーンには複数のロープと滑車がついている。滑車は、引き上げる重さを軽くする働きがあることは知っていたが、実際に滑車がどのくらいの働きをするのか確かめたいと思ったから。

2 研究の内容

1 予想

- (1) 重いものを持ち上げているクレーンには滑車がたくさん使われているはずだ。
- (2) 滑車を使えば、小さな力で物を持ち上げられると思う。

2 研究の方法

(1) 情報収集・実験準備

- (2) クレーンの種類を調べた。 8/1
- (3) ホームセンターで滑車と自作の滑車をつくるための器材を購入した。 8/8

(2) 実験 8/21～29

- ① 体感による実験
- ② 計測器を用いて力を測定する実験
- ③ モデルを作成して滑車の効果を確かめる実験

(3) 結果のグラフ化と数値分析 8/30～9/5

3 実験結果

滑車には動滑車と定滑車があるということを姉から教わった。

- (1) 実験 1 動滑車を使うと軽く持ち上げられるのか(体感) 滑車は、どれくらい重いものを軽くできるのか体感する。

器材 3連動滑車、洋服用ラック、S字フック、ウォーターサーバー用水タンク(3ガロン/11.4L)、エコバック

方法

- ① ラックにS字フックで滑車をつるす。エコバックに水タンクを入れ、滑車の動滑車部分につるす。
- ② ロープで引っ掛ける滑車の数を1個ずつ変えながら引く時の重さを体感する。
- ③ 滑車を使わずにラックに直接水タンクが入ったエコバックに取り付けたロープを引く。

結果

- ① 定滑車4+動滑車3 上まで簡単に上げられたが、引く長さが長かった。
- ② 定滑車3+動滑車3 上まで上げられるが、上に引くので引きにくかった。
- ③ 定滑車3+動滑車2 上まで上げられたが、体重の重さを使って引かないと上がらなかった。
- ④ 定滑車2+動滑車2 引く重さがとても重く感じ、19cmしか上がらなかった。

⑤ 定滑車2+動滑車1

手が滑り、ロープが引けないくらい重かった。たった10cmしか上がらなかった。

⑥ 定滑車1+動滑車1

引く時にとっても重く感じたが、26cmも上げられた。

(2) 実験 2 引く長さはどう変わるのか(定規で計測)

動滑車の数とロープを引く長さとおもりが上がる長さの関係。

器材 3連動滑車、洋服

用ラック、S字フック、メジャー、定規

方法 ラックにS字フックで滑車をつるす。

- ① 滑車の引手のロープを10cmから10cmきざみに80cmまで順に引く。動滑車部分の一番



図1:物を上げる長さを計測しているところ

下の部分で上がった高さを計測する。

- ② 滑車の数を1つずつ変えながら2回ずつ繰り返す。

結果

- ① すべて引く長さのほうが上がる長さより大きかった。
- ② 定滑車、動滑車の数にかかわらず、引く長さを長くすると上がる長さも長くなる。
- ③ 動滑車の数が1個の場合は、引く長さは上がる長さの1.9倍～2.0倍、2個の場合は3.3倍～4.1倍、3個の場合は4.7倍～6.1倍となった。
- ④ 動滑車の数が増えると「引く長さ÷上がる長さ」は大きくなる。
- ⑤ 定滑車の数が変わっても動滑車の数が変わらなければ上がる長さはほとんど変わらない。
- ⑥ 滑車の数が増えると、「引く長さ÷上がる長さ」の数値のばらつきが大きくなる。

(3) 実験 3 実験 1 を電子スケールを用いて計測した。

器材 3連動滑車、洋服用ラック、S字フック、ウォーターサーバー用水タンク、エコバック、魚釣り用の電子スケール(秤量25kg 感量50g)

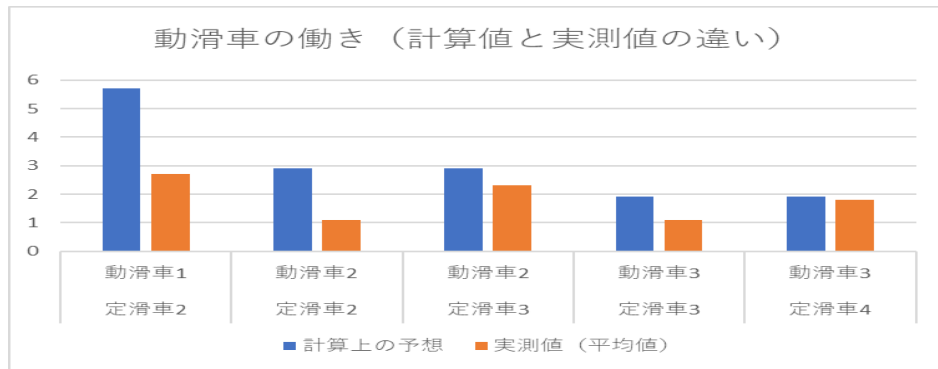
方法

- ① ラックにS字フックで滑車をつるす。エコバックに11.4kgの水タンクを入れて動滑車の部分につるす。
- ② 滑車の数を変えて引く力を電子スケールで計測する。

結果 表1:電子スケールによる計測 (10回実験をした平均値)

	動滑車1個	動滑車2個	動滑車3個
平均値	2.72kg	2.28kg	1.84kg
最大値	3.14kg	2.43kg	1.94kg
最小値	2.26kg	2.19kg	1.76kg

図2: 計算上の動滑車の働き(予想値)と実験結果(実測値)の違い (kg)



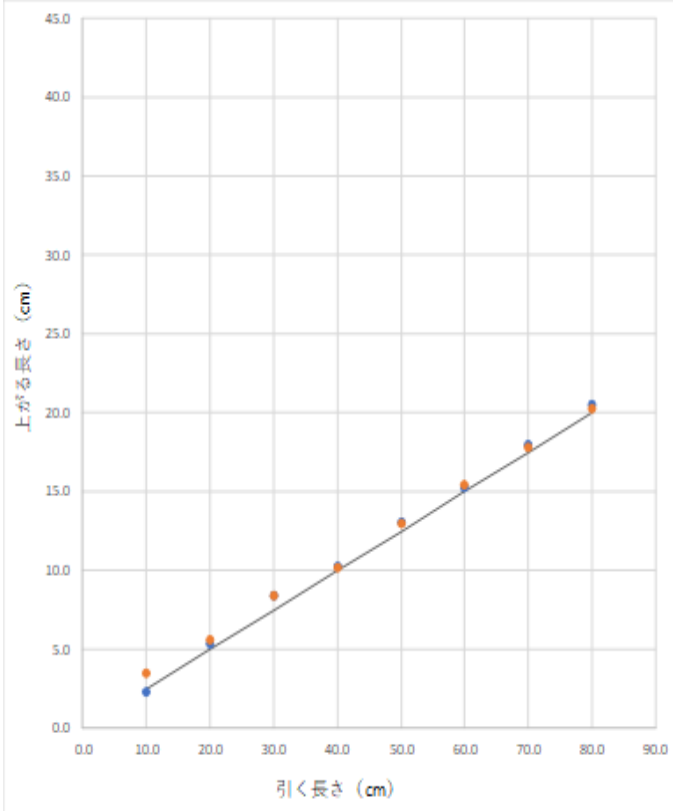
3 考察

電子スケールを使った実験では、表1のように最大値と最小値のばらつきが大きかった。電子スケールを横向きや斜めに使用したことで正しく計測できていない可能性が高いと考えた。

ロープを引く長さは、図3のグラフのように予想値と実測値が近かった。ロープの伸びは、それほど大きくなかった。

今回の実験では、動滑車の数が増えるほど、引く力が小さく軽く感じ、引くロープの長さが増えた。定滑車は、重さや引く長さに変化はなかった。

図3: ロープを引く長さと重りの位置の変化 (直線が予想値、点が実測値)



しかし、図2のように電子スケールで引く力を計測してみると計算した予想値とは違った。原因として考えられることは

- 実験者の体勢やロープを引く方向。
- 計測者の定規の当て方や、目盛りを読む角度。
- おもりと滑車のバランスが崩れた時の修正方法の違い。
- 滑車へのロープのかけ方。(ずれたり、外れたりする。)
- 実験中のロープの伸びやたるみ。
- 滑車とロープの摩擦。

今回の実験に使用した滑車を作っている会社に電話で質問したところ、会社での計測結果も、私の実験結果と同じで「おもりの重さ÷引く力」の結果は理論値 1/6 に対して実測値は 1/4 であったそうである。その原因は摩擦であるということであった。このことから私が行った滑車の実験の誤差は摩擦によるものが大きいと考えられる。複数の滑車を組み合わせると、理論上の働きが発揮されないことが分かった。

また、ロープを引く方向で力のかかり方が変わるので、実際のクレーンでは定滑車と動滑車をのうまく組み合わせ、ロープを引く向きを変えて力をかけやすくしていると思った。

【実際のクレーンは、どのように滑車が使われているか】

- クレーンは、物を引き上げるところに動滑車が使っており、ロープの向きを変えたり、クレーンの角度を変えたりするところに定滑車が使われている。
- 図4の家の前のクレーンだと動滑車が3個ついていたので、引く重さを軽くする分、ロープで巻き取る長さは長い。しか

し、引き上げるのは人ではなく、電気で行うので、たくさんロープを引き上げることは問題にならないと考える。

- 実験の途中で支点にしたS字フックが変形し、はじめの留め具が取れて壊れた。

支点には少なくとも定滑車から出るロープ両方の力がかかっている。クレーンには、アームの部分の先端におもりがかかっているため、この原理により大きな力になってしまう。アーム自体はそれだけの重さを支えられる頑丈なものでなければならない。また、支点への力のかかり方も考えなければならない。さらに、ロープはアームを立ち上げるために大きな力で引いても、切れなくてもいい必要がある。クレーンはこうしたことを考えて、計算だけでなく実際の動き、力のかかり方を試しながら、作られていると思った。

図4: 家の前のタワークレーン



3 研究の成果と今後の課題

1 研究の成果

- 今回の実験で誤差が発生しているが、大きく①理論値計算の際に考えられていなかったことにより、予想値と実際の値にずれが生じているもの、②実験ごとのぶれが発生しているもの、③機器が正常に機能していないことにより発生しているものに分けられることが分かった。
- ①については、最大の原因は予想値に摩擦が計算されていなかったことと考えられる。また、影響は小さいかもしれないが滑車の重さや、おもりを取り付けるための金具の重さ、ロープの重さも予想値からのずれの原因だと考えられる。
- 実験2・3から実験者や計測者によって個人差があることがわかった。このことから5年生で学んでいる「条件をそろえる」ことが大切であるということを実感した。

2 今後の課題

- 電子スケールが正しく機能しなかった。インターネットに掲載されている論文には、ばねばかりを斜めにしたり横向きにしたりすると正常に計測できないことが書かれていた。次回はおもりのつり合いを利用した実験をするつもりである。
- 実際に起こっていることと教科書・インターネットなど紹介されていることに違いがあることが分かった。教えてもらったことやインターネットに掲載されていることを鵜呑みにせず、これからは一度よく考えてから実際にやってみようになりたい。

【参考文献・Web ページ】

一般社団法人日本クレーン協会 Web (2021/8/1)

<http://www.cranenet.or.jp/>

工場タイムズ「クレーンの種類って? 作業現場に欠かせない重機の特徴と運転に必要な資格」(2021/8/1)

<https://04510.jp/times/articles/-/11?page=1>

大林組 Web「解決タワークレーンの謎」(2021/8/1)

<https://www.obayashi.co.jp/towercrane/study/feature.html>

高原光「物理教育実験の考察(第1報)三力のつり合いの実験におけるばね秤の目盛補正」『津山工業高等専門学校紀要』電話での質問「3連動滑車の誤差」オーエッチ工業株式会社