

✦ 最優秀賞 ✦

●研究テーマ

北陸新幹線は紙の上に乗れるか

平章小学校6年

👑 宮守 裕理さん



動機

僕の町では、2023年に敦賀まで延伸する北陸新幹線の工事が行われている。そこで新幹線の線路が大きな柱に支えられていることに注目した。柱には形が違うものがいろいろあるので、形と強度の関係が気になり、調べてみることにした。

内容

画用紙を使っていろいろな形の柱を作り、まず形による強度の違いを調べた。その結果、一番強いと予想した三角柱よりも八角柱の方が強く、角の数が多いほど、たえられる重さが大きくなるという決まりが見つかった。したがって、角が無限にある円柱が一番強いことが分かった。

次に、円柱の本数や紙の枚数を2倍に増やして測定を行ったが、強度は単純に2倍にはならなかった。また、集合・分散など、柱の置き方を変えると強度に違いが出ることが分かった。

紙の柱でも予想外の強度を発揮したので、面白くなって人間も乗れるのではないかと仮説を立てた。すると、計算で割り出した3本では乗れなかったが、いろいろと工夫して実験した結果、4本で僕が乗ることができた。たった4本で人間が乗れたのだから、708トンの新幹線のぞみ号700系(16両編成)でもきっと紙の上に乗れるのではないかという考えにたどり着いた。表やグラフを使って実験結果をまとめて計算すると、本当に新幹線が紙の上に乗れそうな道筋が見えてきた。

まとめや感想

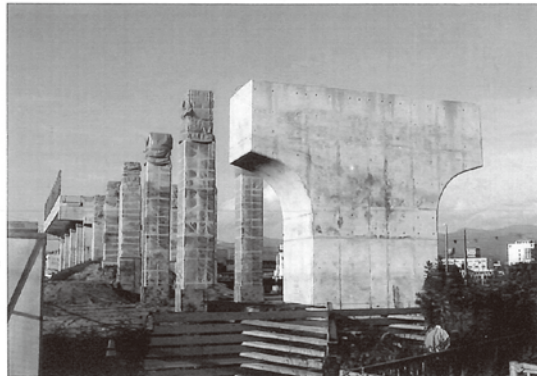
今回の実験では予想がよく外れた。しかし、本数を増やしても単純に強度が倍になるわけではないが、いくつかの法則があるということは分かった。僕は福井に新幹線が通るようになることがとても楽しみだ。

平成30年度 夏休み理科自由研究

目次

テーマ

「北陸新幹線は紙の上に乗れるか」



平章小学校 6年 / 組

名前 宮守 裕理

1 研究のテーマ.....	2 ページ
2 研究のきっかけ.....	2 ページ
3 研究の目的と仮説.....	3 ページ
4 研究の方法と結果.....	4~33 ページ
5 実験観察と考察.....	4~33 ページ
6 結論.....	34~35 ページ
7 感想.....	36 ページ
8 参考にしたもの.....	37 ページ

1. 研究のテーマ

「北陸新幹線は紙の上に乗れるか」

2. 研究のきっかけ

ぼくの町では2023年に開通する北陸新幹線に向けて着々と工事が進められています。そこでぼくは新幹線の線路が大きな柱に支えられていることに注目しました。柱には色々な形があります。柱は形によって強度に何か違いがあるのでしょうか。柱の形と強度の関係が気になりました。



3. 研究の目的と仮説

(目的)

画用紙を使って、柱の形と強度の関係のシミュレーションを試みる。

(仮説)

三角形は安定した形状と聞いたことがあるので、三角形の柱が強いのではないだろうか。三角形の面で支える三角柱が一番強いのではないだろうか。

また、紙の柱でも計算次第では重い物に乗せることができるのではないだろうか。

4. 研究の方法と結果 および

5. 実験観察と考察

〔実験1〕

画用紙1枚を色々な折り方で柱にして強度を測定する。

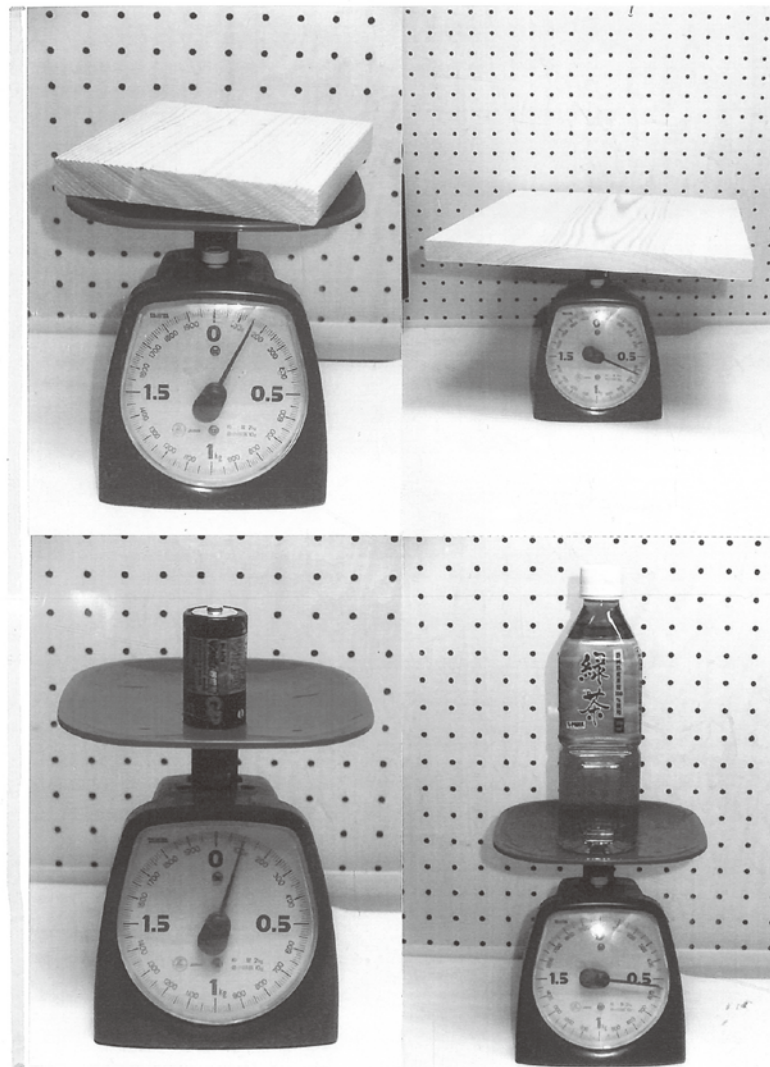
(準備物)

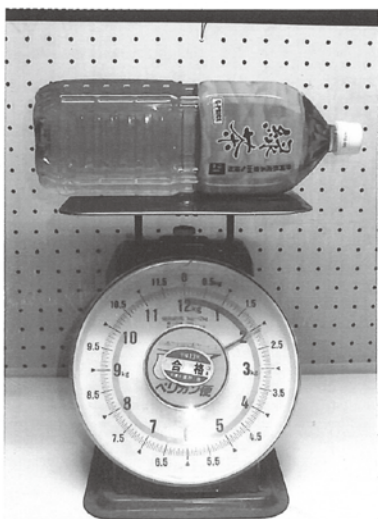
- ・ハツ切り画用紙(270×380mm 厚さ186.7g/m²)
- ・セロテープ・量り・ハサミ・カッター・定規
- ・木の板①(14×14×1.9cm 重さ150g)
- ・木の板②(28×28×1.9cm 重さ630g)
- ・重りとして

(1)100g…単1かん電池1本

(2)540g…500mLペットボトル1本

(3)2050g…2Lペットボトル1本





(方法)

- ① ハッ切り画用紙を3等分して、90×380mmの画用紙を作る。
- ② それを色々な折り方で柱にして、重りを乗せて強度を測定する。
- ③ 十字以降は、つなぎ目をセロテープでとめる。
- ④ 柱がつぶれた重さを記録する。3回の平均を出す。



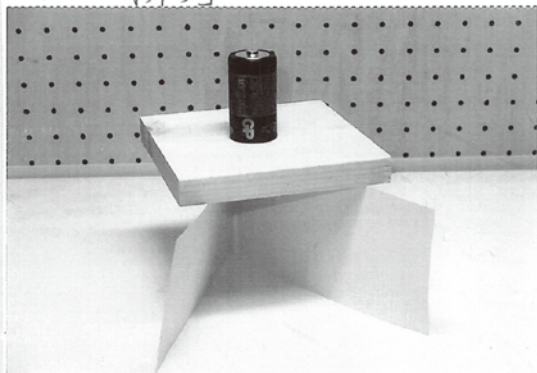
(結果)

名前	1回目	2回目	3回目	3回の平均
二つ折り	板①+電池×2 350g	板①+電池×1 250g	板①+電池×1 250g	283g
N字	板①+電池×6 +500mL×2 1830g	板①+500mL×2 1230g	板①+電池×1 +500mL×2 1330g	1463g
十字	板①+電池×1 +500mL×2+2L×3 6450g	板①+電池×3 +500mL×3+2L×3 8520g	板①+500mL×1 +2L×4 8890g	7953g
三角柱	板①+2L×2 4250g	板①+500mL×2 +2L×2 5330g	板①+500mL×3 +2L×1 3820g	4466g
四角柱	板①+2L×3 6600g	板①+2L×3 6600g	板①+500mL×4 +2L×2 6410g	6536g
八角柱	板①+500mL×4 +2L×6 15090g	板②+2L×6 12930g	板②+2L×5 10880g	12966g
円柱	板②+500mL×6 +2L×6 16170g	板②+500mL×6 +2L×6 16170g	板②+2L×9 19080g	17140g

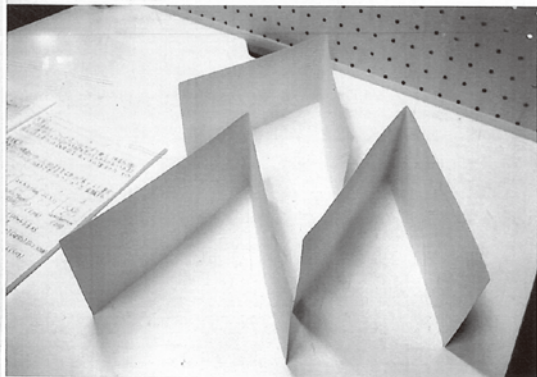
円柱が一番強く、最大で2のペットボトルが9本も乗った。

(観察)

「二つ折り」



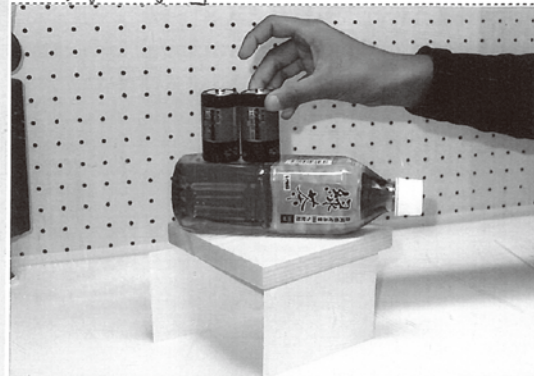
つぶれた後も、形に変形が無い。力が逃げてしまっているということが分かる。



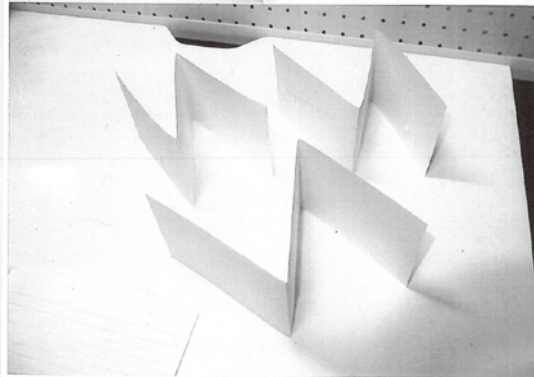
3回の平均
283g

(二つ折りのつぶれた後3回分)

「N字」



二つ折りよりはたえたがこちらもつぶれた後に変形が無かった。



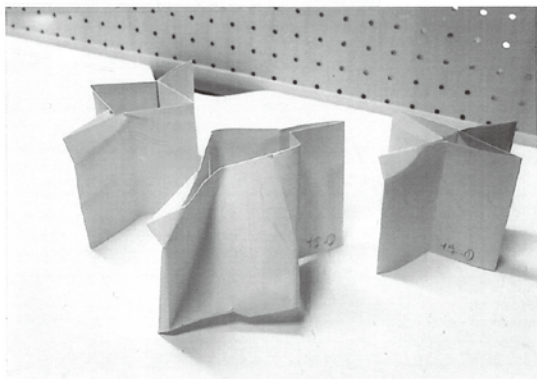
3回の平均
1463g

(N字のつぶれた後)

「十字」



急にたくさん乗るようになった。
セロテープでとめた効果か。つ
ぶれた形を観察すると1か所
かつぶれてバランスをくずしな
なめになって倒れたということ
が分かる。

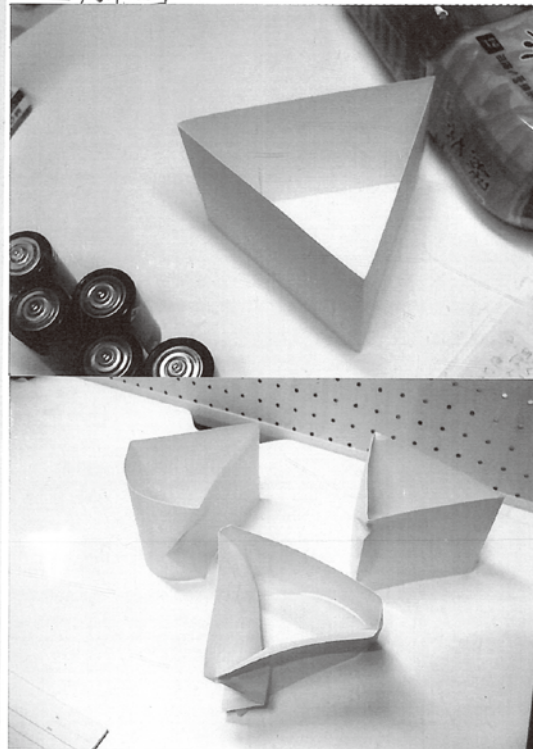


4か所のうち、1
か所かくずれて
いる。

3回の平均
1953g

(十字のつぶれた後)

「三角柱」



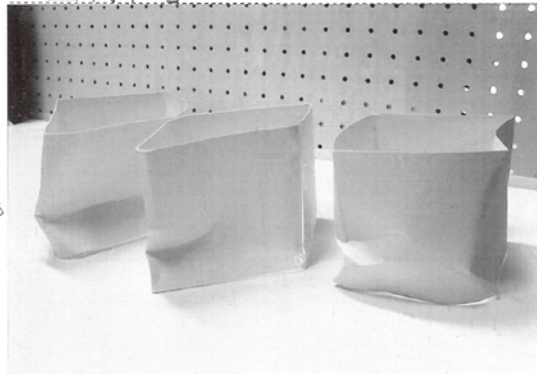
一番強いと
予想していたが
十字に負けてしま
った。

つぶれた後の
形は十字のよた
3つの角のうち1つが
つぶれてそこからバ
ランスがくずれている
ようだ。

3回の平均
4466g

(三角柱のつぶれた後)

「四角柱」



1つの角からつぶされているのは同じだが、四角柱は真ん中より下の同じ所から折れ曲がっているのかは、はっきりと分かる。

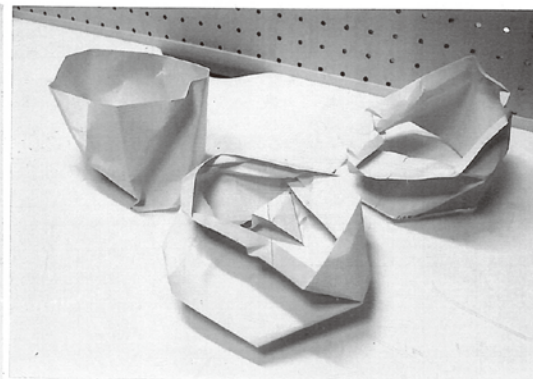
3回の平均
6536g

(四角柱のつぶれた後)

「八角柱」



八角柱は急激にたくさん乗せられるようになったので、より大きい板目に変更した。

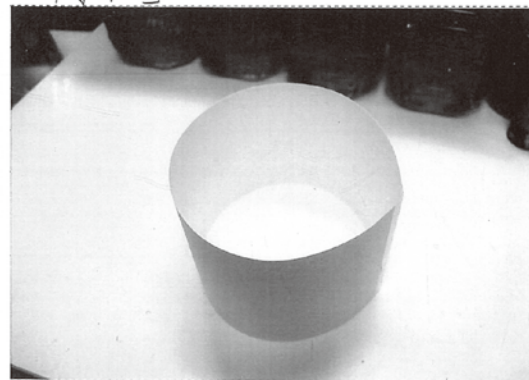


1個はななめにつぶれているが、残りの2個は均等に潰れていて、しゃんぽんになっている。

3回の平均
12966g

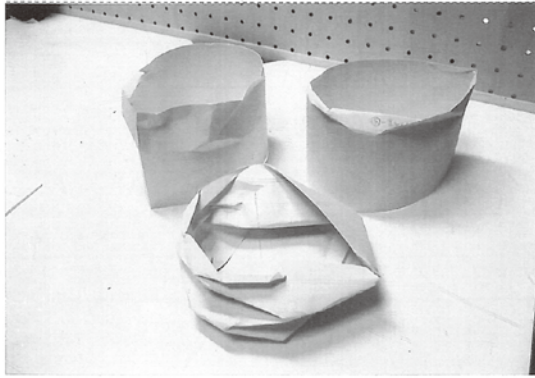
(八角柱のつぶれた後)

「円柱」



意外にも円柱が一番強かった。

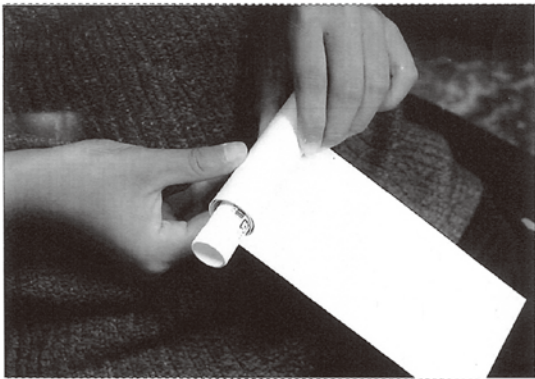
るをモミからつぶれている。



円のふちに均等にかか入っている。完全につぶれている物はバネのようになっていた。

3回の平均
17140g

(円柱のつぶれた後)



円柱のまるい形はスティックのりでくせをつけて作った。

(考察)

ほとくの仮説では三角柱が強いと考えていたが実験してみると三角柱はあまり強くなかった。四角柱は実際の建物にもよく使われているし三角柱を二つ組み合わせた形だから強いと思っていた。でもこちらもあまり強くなかった。一番強いのは円柱だった。強いものから順にならべてみる。下記のようになる。

順位	名前	平均	角の個数
1位	円柱	17140g	無限
2位	八角柱	12966g	8
3位	十字	7953g	8
4位	四角柱	6536g	4
5位	三角柱	4466g	3
6位	N字	1463g	2
7位	二つ折り	283g	1

角の個数が多いほどたえられる重さが増えるという法則が見えた。

ではその円柱の紙の厚さを2倍にしたり個数を増やしたりするとどれくらい重さが増えるようになるのだろうか。

〔実験2〕

画用紙を2重に重ねて強度を計測する。

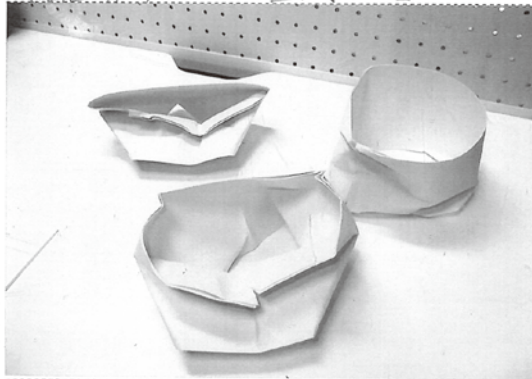
(方法)

- ①画用紙を2枚重ねて柱を作る。
- ②実験1の結果、一番強かった円柱を用いる。

(結果)

名前	1回目	2回目	3回目	3回の平均
二重円柱	板②+2LX10 21130g	板②+2LX12 +500mLX3 26850g	板②+2LX12 +500mLX5 27930g	25303g

(観察) 「二重円柱」



つぶれ方は上から真ん中押しはじに押しこんだ。均等にかかかかっているよ。

(二重円柱のつぶれた後3回分)



二重円柱は1枚の時よりも強かった。

3回の平均
25303g

(考察)

紙が1枚の時の円柱は17140gで2枚重ねの時は25303gだった。厚さを2倍にすると強度は1.48倍になった。2倍ではなかった。では円柱を2本に増やした場合はどうだろうか。2倍になるだろうか。

〔実験3〕

円柱を2本に増やして強度を計測する。

(準備物)

・木の板③(14×77×19cm 重さ830g)

(方法)

- ①円柱2本をくっつけて置いて強度を計測する。
- ②円柱2本をはなして置いて分散させて強度を計測する。

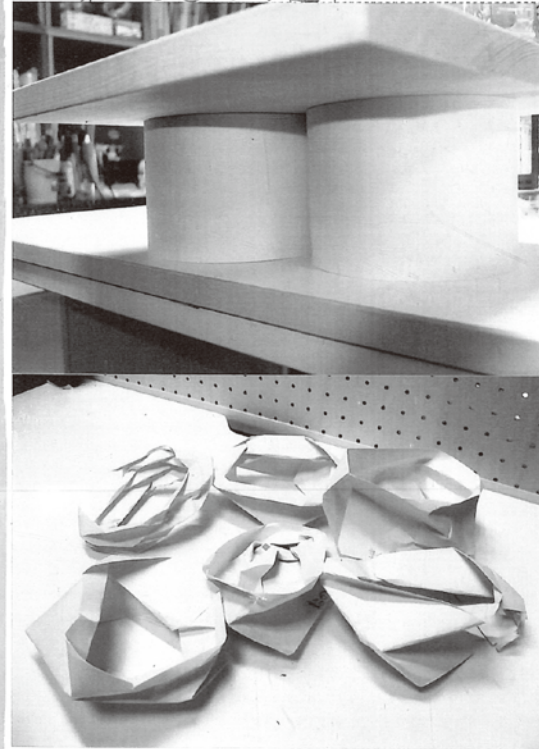
(結果)

名前	1回目	2回目	3回目	3回の平均
集合させた円柱	板②+2LX12 +500mLX3 26850g	板②+2LX11 23180g	板②+2LX12 25230g	25087g
分散させた円柱	板③+2LX12 +500mLX5	板③+2LX12+ 料理酒+2Lコー +1.5Lコーラ+おす +500mLの水	板③+2LX12 +500mLX5+経 口補水液+2L コーラ+1.5L コーラ	
	28130g	38860g	32820g	

(追加の重り) ・2Lの水 2050g ・料理酒1860g ・2Lコーラ2060g
 ・1.5Lコーラ1550g ・おす1050g ・500mL経口補水液540g
 ・500mLの水540g

(観察)

「集合させた円柱」



くっつけた円柱はつぶれた姿がバネのようになっている。均等にかかかかっているようだ。

ただし3回の平均は実験2の二重円柱とほぼ同じ値を示した。

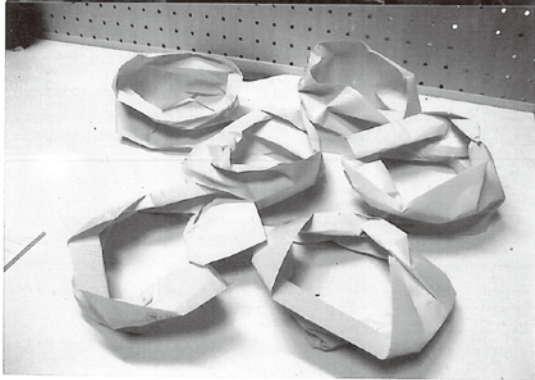
3回の平均
25087g

(集合させた円柱のつぶれた後)

「分散させた円柱」



こちら板①を
使って柱をはなして
おいた。



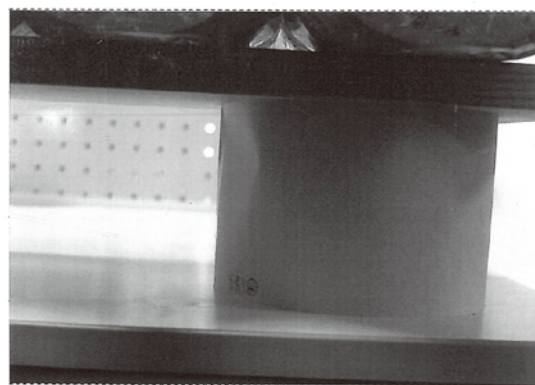
分散円柱もつぶ
れた形は真上から
おしつぶされバネ
のようになっていた。
均等に力がかかっ
ている。

(分散させた円柱のつぶれた後)



予想以上にた
くさん乗ったので
急ぎ、コーヤ経
口補水液など身
近にあったペットボ
トルを利用した。

(2回目 38860g乗った時のペットボトルの数)



つぶれる前の柱
を観察すると側
面が少したわんで
いた。

3回の平均
33270g

〔考察〕

集合させた場合は平均が25087gで二重に紙を重ねて厚くした場合の平均25303gとあまり変わらなかった。でも分散させると集合させた場合の約1.48倍から、約1.94倍に強くなった。重たくなるかは密にさせるより分散させる方がより大きくなるようだ。

名前	3本の平均値	円柱1本との強さの差	
円柱	17140g	1倍	1倍
二重円柱	25303g	約1.48倍	約1.48倍
集合円柱	25087g	約1.48倍	約1.48倍
分散円柱	33270g	約1.94倍	約1.94倍

ここで1つの仮説を立てる。たとえ画用紙で作った柱であろうと上手く力を分散させて配置すれば入を乗せることが出来るのではないか。

もし人が乗れるならば、重い新幹線も紙の柱の上に乗れるのではないだろうか。



〔実験4〕

紙の柱の上にぼくが乗ってみる。

〔準備物〕

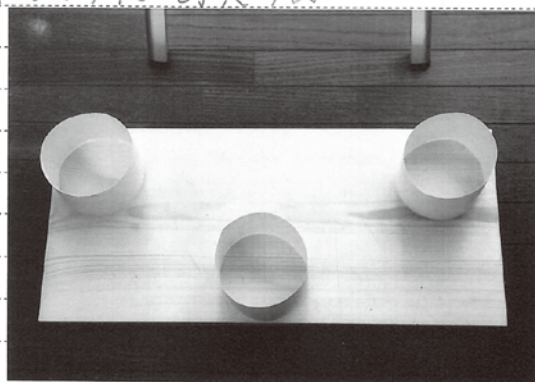
・木の板④(28.2×62.5×1.9cm 重さ1400g)

〔方法〕

①ぼくの体重を乗せられる円柱の本数を計算する。

円柱1本の本力=17.14kg

単純に計算すると $42 \div 17.14 = 2.45$ なので3本あれば乗れることになる。しかし実験3では柱の数が1本増えた時の増加は2倍ではなく1.94倍に低下した。3本では単純に計算すると3倍だが答えは2.45なので、2.45倍以下まで負の濃度に低下しなければつくれることはないはずだ。だから3本あれば乗れるはずだと予想する。

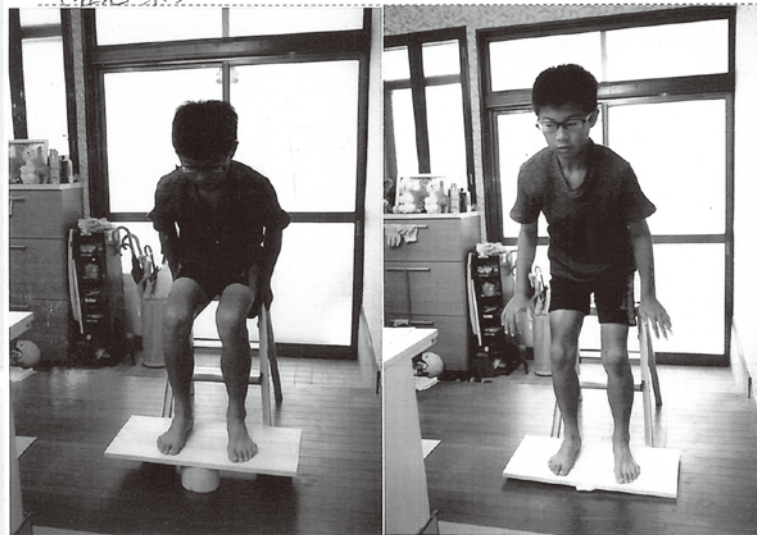


(板の下にこのように3本ならべる)

(結果)

名前	使った板	円柱の置き方	1回目	2回目	3回目	3回の平均	円柱の本数
3本分散A	板④	〇〇	X	X	〇		3本

(観察)



いきなり失敗した。つられる時は台から下りたしゃんかんにつられた。



3回中1回だけ成功した。成功率は33%だった。

(考察)

1回は成功したが予想は外れた。3回中2回は強度が2.45倍以下に低下したのだらうか。体の大きさに対して板が大き過ぎたのかもしれない。それと重心のかかるかかとの下に柱を1本置くことと安定するかもしれないと考えた。

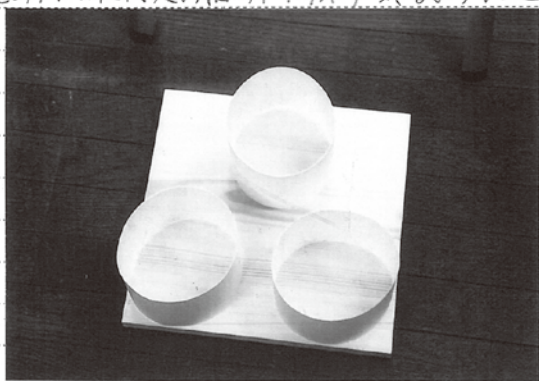
【実験5】

板を小さくし足の下に柱かくるようにしてやる。

(方法)

①板②を使う。

②柱3本をかかとの下に1本、両足の指の下に1本ずつるように配置する。



(結果)

名前	使用板	柱の置き方	1回目	2回目	3回目	3回の平均	柱の本数
3味 集合	板②	○ ○	×	×	×		3本

(観察)



3回とも失敗した。集合型はやはりあまり強くなかった。それと実験を何回かくり返して気づいたのだが台が高過ぎるのかもしれない。

(考察)

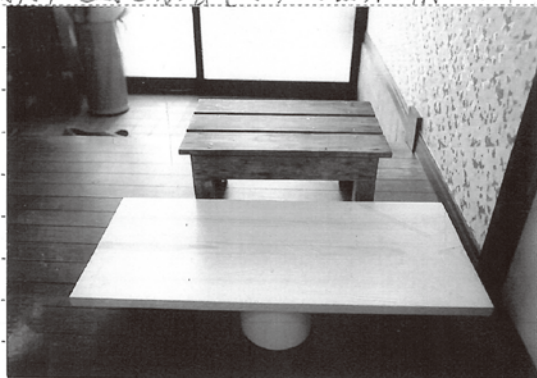
集合させたのは失敗だった。やはり板②を使えば分散型にするべきだった。それとハシコ段が高過ぎて下りる時に余計な力がかかっているように感じた。もっと低い台を用意した方が良さそうだった。

〔実験6〕

低い台を用意して1回だけ成りかた実験4の方法に戻す。

(方法)

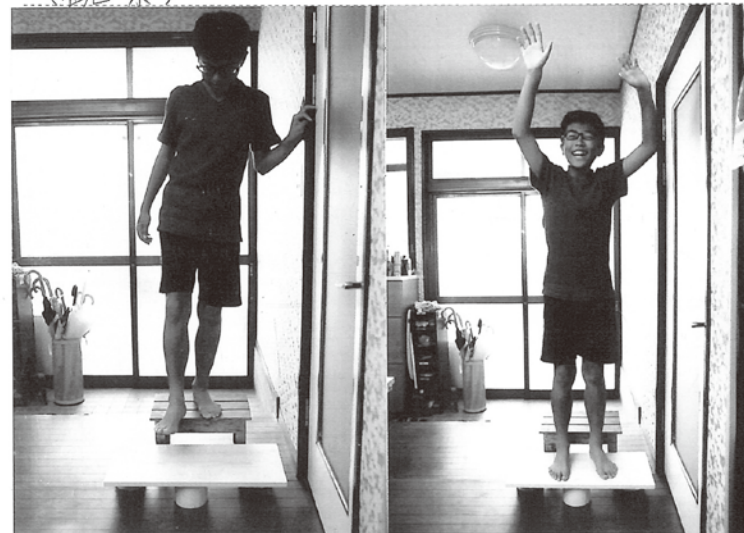
- ①低い台を使う。
- ②実験4と同じ方法で、よりしよ様に静かに乗る。



(結果)

名前	僕	円柱の置き方	1回目	2回目	3回目	平均	円柱の本数
分散B	板	○	○	×	○		3本

(観察)



3回中2回成りかたした。成功率は66%になった。

成りかたした3回の平均 42000g?

(考察)

低い台にしたら成功率が上がった。どうやら力のかけ方に問題があったようだ。実験4の結果と合計するとこの並べ方の成功率は6回中3回でちょうど50%だ。おそらく円柱3本の強度は実験4の計算の2.45倍くらいあったらと思う。

しかし建築物がこれでは困る。新幹線の柱が2回に1回倒れていたら大変だ。

〔実験ク〕

乗っても絶対につがぬ本数を探出す。

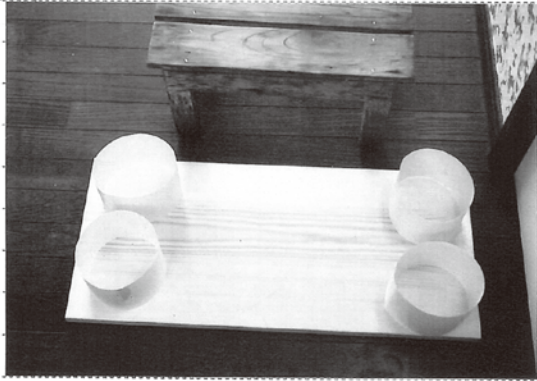
〔方法〕

①内柱を1本ずつ増やして3回成エカするまで続ける。

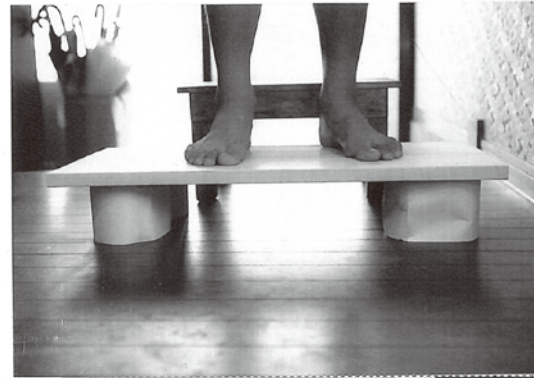
〔結果〕

名前	使った板	内柱の置き方	1回目	2回目	3回目	平均	内柱の本数
4本分散	板④	○ ○	○	○	○	56383g	4本
			板④+1+2+3	板④+1+2+3	板④+1+2+3		
			47500g	57750g	63900g		

〔観察〕



柱は左右に二本ずつ分けて置いた。



内柱が少したおんたかたいう余裕があった。



最初の4本で3回とも成エカした。強度にかなり余裕があり2Lのペットボトルが何本も乗った。

3回の平均
56383g

(考察)

4本はしても安定していた。平均を用柱体の力で割ると
 $56383 \div 17140 = 3.28 \dots$ なのでも強度は単純に4倍したとき
 の3.28倍だった。

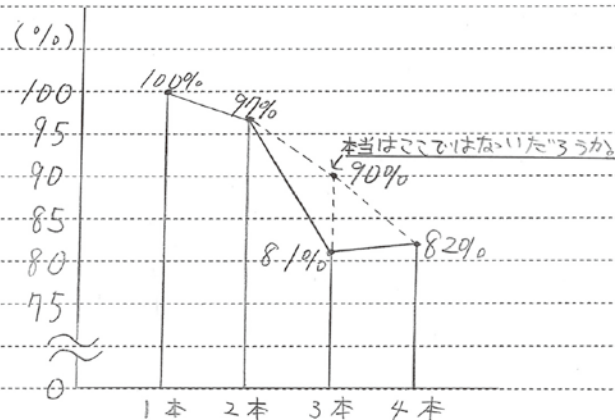
ここでそれぞれの本数の力の強さを比較し、柱が1本増えた時の低下
 率を計算する。

①円柱の本数	②力の強さの平均	③倍率	④単純にかけた 予想の強さ(①×②)	⑤柱が増えた時の 低下率(②÷③)
1本	17140g	1倍	17140g	100%
2本	33270g	1.94倍	34280g	97%
3本	42000g?	2.45倍	51420g	81%?
4本	56383g	3.28倍	68560g	82%

4本分散の低下率は約82%であった。これは4本分散よりも
 上がっている。2本で97%で4本で82%なら3本の本当の低下
 率は中間の約90%にならないといけないのではないだろう
 か。(深ページのグラフ)四角い木反に3本の木を1束にした不安定さか
 強度低下の原因 だろうか。

しかし画用紙の円柱であっても4本で厚くの体重(42kg)をしか
 りと支えることができるということは証明できた。

柱が増えた時の低下率



6. 結論



全ての実験を終え以下の事が分かった。

- ① 柱が1本の時は角か70いほど強度が強いという法測が見つかず。よって一番強いのは仮説に書いた三角柱ではなく角が無限にある円柱だった。
- ② 紙の枚数を増やして強度を上げる場合意外なことに紙を重ねた場合と柱を2本集合させた場合では約1.48倍でほぼ同じだった。しかし分散させた場合は約1.94倍でより強くなった。
- ③ ぼくの体重(42kg)を確実に乗せられる円柱の本数は4本だった。予想した3本では成功率は50%しかなかった。
- ④ 本数を増やすと強度は単に増えずに97%、81%と低下した。しかし、これも3本の不安定さをのぞくと何らかの法則があるように見える。三角形や三点には何か別の法則が働いているのか。これは別の研究だ。今後の課題にしたい。

(結論からさらに考察する)

画用紙で作った柱でも意外と少ない本数で人を乗せることができた。ということはちゃんと計算すれば新幹線を乗せることができるはずだ。そこで新幹線を乗せるのに必要な円柱の本数を計算する。

新幹線 のぞみ号 700系 (6両編成) の総重量 = 708t
(71キロトンより)

円柱1個あたりの平均強度 = 17140g

$708000000 \div 17140 = 41306.8848\dots$

よって単純に計算した場合は41307本である。

41307本に増やした時の強度の低下率はちょっと分からないが増やせば強度が増えるのは確かなので、なることはないはずだ。よって2倍の82614本なら北陸新幹線を紙の画用紙の柱の上にきちんと乗せられると考える。

しかし今回は実馬に乗してみると予想かとてもよく外れた。これも実験して本当の結果を調べてみたい。

ク、感想

はじめは三角柱が一番強いと予想していました。しかし円柱の方がはるかに強く予想が外れて悔しかったです。また実験していくうちに柱の間のまわりを大きくすると強度が強くなる点にもおどろきました。

一番最初に糸の柱が3本しかないのにぼく自身が本当に乗れた時はうれしかったです。計算した本で乗れると答えが出た時は正直信じられませんでした。

四本ではとても安定していて体重たけでは一度もつらわれることなく紙の力も馬鹿にできないなと思いました。

でも新幹線は時速300kmで重く走ります。重力がすたいたけでなく地震がきても倒れないように計算しないといけません。そういう計算を物理というそうです。ぼくの名前は裕理ですが親も好きみたい。名前たなと思いました。

ぼくは福井に新幹線が通るようになることでも楽しみにして新幹線は大変で速くて交通手段に便利だからです。この福井県の進化につながることでも期待できます。



(おまけ)

妹は3本でも乗っただけで乗れたが、女の子だから体重は秘密だ。

8. 参考にしたもの

ジュニアのための科学研究がだいじなもの。以技道院

言成文堂新光社