

レポート表題

摩擦係数の測定による、「おむすびころりん」が実現可能であるかどうかの検証

第1チャレンジ番号：
(※1)

1 5 3 3 0 1 8

(※1) 第1チャレンジ番号を必ず記入してください。

第1チャレンジ番号は、6月中旬頃参加申込者の自宅宛に郵送します。

氏名：田上大喜

学校名又は卒業校名：京都教育大学附属高校 学 年：1

学校のある都道府県名：京都府 実験をした場所：自宅

共同実験者 (共同で実験を行った人がいる場合に記入してください。)

氏名：田上千笑

学校名・学年：京都教育大学附属木兆山中中学校・2年

実験課題に取り組んだ感想を書いてください。

たくさんのおむすびを転がして、本当に楽しい実験でした。いくつかこうなるのではないかと予想で解いた部分もあるので、もっと物理を勉強して、~~実験~~実際に僕の計算式が合っていたのかどうか知りたいです。物理って面白いなと思いました。

参加申込み、および実験レポート送付の際には、下のラベルを切り取り封筒に貼って宛名として利用することもできます。

参加申込書送付用ラベル

実験課題レポート提出用ラベル

〒192-0081
東京都八王子市横山町10-2 八王子SIAビル 2F
(株)教育ソフトウェア内
科学オリンピック共通事務局 物理チャレンジ係 行
(参加申込書在中)

〒162-8601
東京都新宿区神楽坂1-3 東京理科大学内
特定非営利活動法人
物理オリンピック日本委員会 行
(実験レポート在中)

(1) 実験の目的

実際のヒクニックや遠足などでは、お弁当から落としたおむすびやおかずが数秒以上ころころ転がるのを見た事がない。しかし、昔から親しまれている童話の一つである「おむすびころりん」では、落としたおむすびが後から追いかけるおじいさんの速度より速く転がり、おじいさんをお釜の穴へと導く。本実験ではおむすびの摩擦係数と実際の速度を求め、山道の斜面では「おむすびころりん」のおむすびはおじいさんに追いつかれることなく先に転がっていったのを検証する。

(2) 実験手法

先に、実験の条件となる山道の斜面傾斜角度とおむすびの形状、おじいさんのおむすびを追いかけた速度を決める。

〈条件1〉 山道の斜面傾斜角度

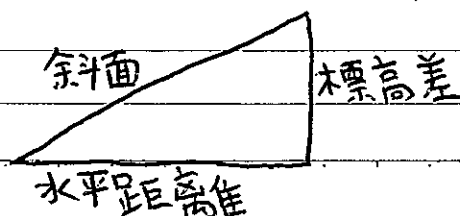
斜面傾斜角度が急であればあるほど、おむすびにとっては早く転がる事が出来、有利である。しかし、あまりにも急だとおじいさんが安全に追いかけれない。では、おじいさんがおむすびを追いかける事が出来る最大斜面傾斜角度は何度なのか。

以下の条件により、山道の斜面傾斜角度は30度以内とする。

- ・ 地表面が水平面に対し30度を~~超~~超える角度となる土地は法律上「崖」となる。(参考文献⑩)
- ・ 富士山の最も急な登山道である富士宮ルートは勾配32.6%であり、これを平均傾斜角度に換算しても18.2度である

(式)

$$(\text{標高差} \div \text{水平距離}) \times 100 = \text{勾配}(\%)$$

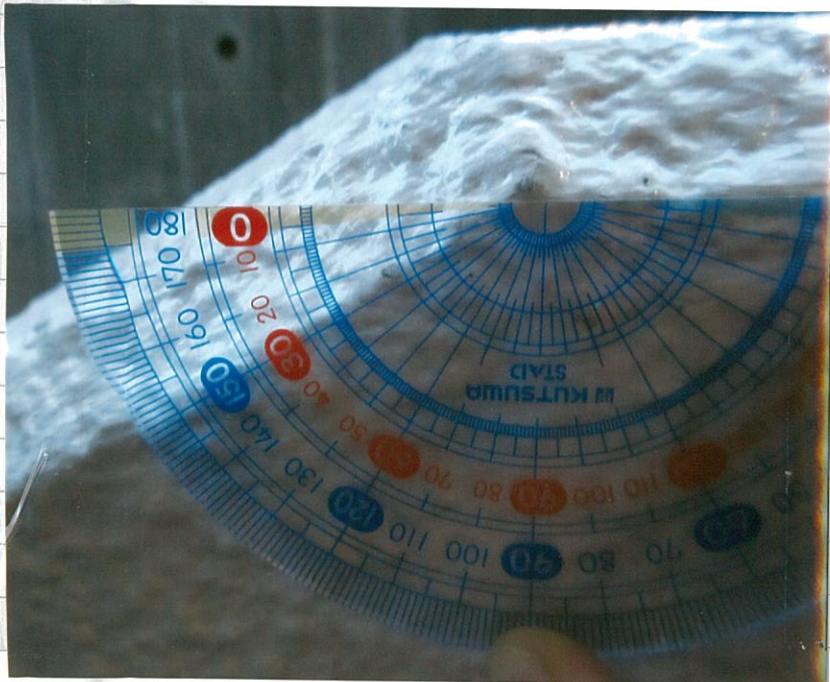


(参考文献⑫⑬)

- ・「石少走り」と呼ばれる下山専用の道がある須走ルートの
9合目から頂上への急な勾配で、ようやく平均化傾斜
角度30.6度。(参考文献⑫、⑬)



実際におむすびを追いかけて走れるのが、斜面化傾斜角度が
30度を体感してみる。
おむすびおじいさんの履物であるわらじをはく。

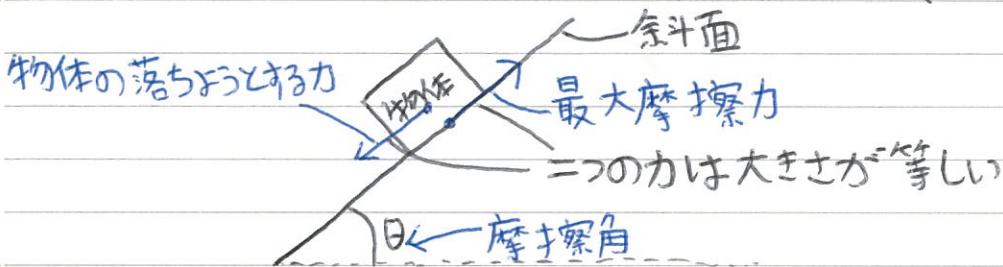


↑ちょうど30°の坂道↓

とても歩ける状態ではない。この角度では手をつながなければ、
おじいさんは滑って歩くことができない。意外にわらじは滑るた
め、わらじの摩擦角を調べる。

実験1: おらじの摩擦角を調べる。

摩擦角: 斜面に物体を乗せた際に、力を加えなくても滑り出して
しまう時の角度。この時、静止摩擦力は最大となる。
(参考文献⑭、⑮)



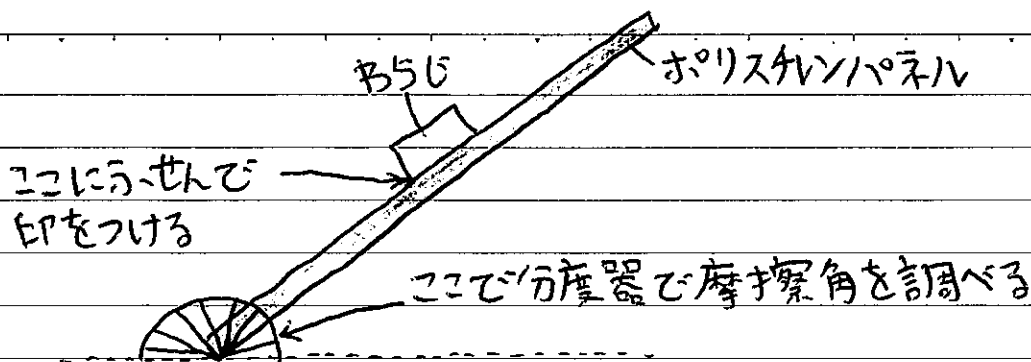
目的: ~~おらじ~~ 一度ずつ変化する斜面上にのせたおらじの滑り出す角
度を調べ、おらじの摩擦角を測定する。この摩擦角を超え
てしまうと、おらじをかけたおじいさんが山道でおむすびを追い
かけていく時に滑ってしまう。

実験器具

- ・発砲ポリスチレンパネル(安価で軽量であり、一定の強度を持つ)
- ・おらじ
- ・ふせん
- ・角度器

実験は次のような手順で行った。

- (1) 発砲ポリスチレンパネルでふせんで印をつける。
- (2) おらじを開始位置の印としてつけたふせん上に置く。
- (3) パネルの端を手で持ち床とパネルで作られる任意の斜面角度を一度ずつ上げていき、おらじが滑り出す角度を調べる。
- (4) 印をつけられた同じ場所から同様に角度を5回計測し、平均値で摩擦角を出す。



実験結果: 表面が凹凸のないパネルを使ったこと、同じ場所から測定したこと、一度ずつ傾斜角度を上げていったという点から5回とも摩擦角は同じ数値が出た。

おらじの摩擦角 = 20度

考察: 誤差が少なくなるように5回測定した。今回は凹凸の無いパネルを使用したか、山道にはどこどこな道や滑りやすい道等があるため、摩擦係数が大きく異なる可能性がある。この結果は、あくまでも斜面が凹凸の無い道であればという仮定の数字にすぎない。

結論: おじいさんは高歯令ではあるが、毎日山へ芝刈りに行くほどの健脚である。したがって、おらじさえ滑らなければある程度急な勾配に慣れていると仮定し、山道の斜面傾斜角度はおらじが滑らず歩ける20度未満と設定する。

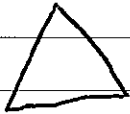
<条件2> おむすびの形状

おむすびの形状を、「おむすびころりん」の書籍10冊から調べる。

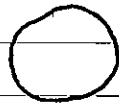
丸型	6つ	うち、のりがついているもの1つ	(参考文献 ①~⑩)
三角型	4つ	うち、のりがついているもの2つ	
俵型	1つ		

以上からおむすびの形状は、丸型、三角型、俵型の3つのりがついているものについていないものをそれぞれ調べる。

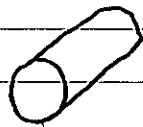
三角型



丸型



俵型



<条件3> おじいさんのおむすびを追いかける速度

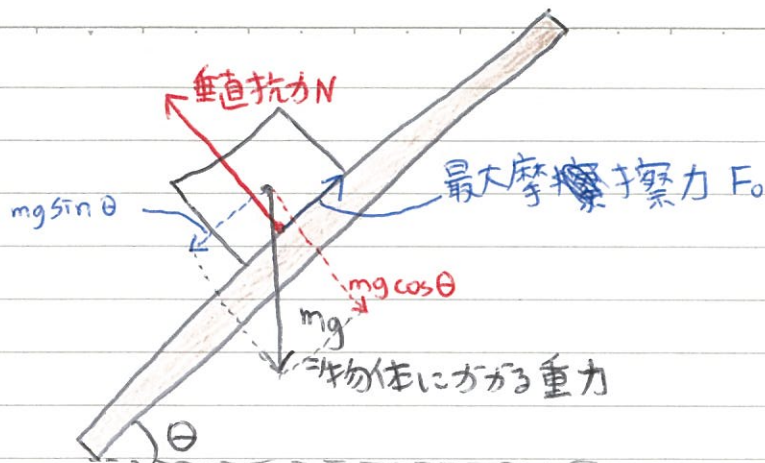
中学校2年の妹に転がるおむすびを追いかける場面を想定しながら、下を向きながら50メートルを走ってもらおう。2度走ってもらい平均10秒08となる。妹は科学部であり普段から運動が不足しているため、高歯令とはいえ毎日山登りをしている健康なおじいさんとはほぼ同じ速度と考える。計算がしやすいように、おじいさんのおむすびを追いかける速度を50メートル10秒(5m/s)と設定する。

条件が決まったため、実験を行う。

実験2: おむすびの摩擦角と静止摩擦係数を調べる。

$$\begin{aligned} \text{静止摩擦係数 } \mu &= \frac{\text{最大摩擦力の大きさ}}{\text{垂直抗力の大きさ}} \\ &= \frac{F_0}{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_0 &= \text{最大摩擦力の大きさ} \\ N &= \text{垂直抗力の大きさ} \end{aligned}$$



θ が摩擦角の場合

合同な三角形の利用から 垂直抗力 $= mg \cos \theta$
 最大摩擦係数 $= mg \sin \theta$ ということが分かる

$$F_0 = \mu N \text{ より } \mu = \frac{F_0}{N} = \frac{\text{最大摩擦係数}}{\text{垂直抗力}} = \frac{mg \sin \theta}{mg \cos \theta} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta$$

よって、静止摩擦係数 $\mu = \tan \theta$ となる。

(参考文献⑭、⑮)

目的: それぞれのおむすびの静止摩擦係数を調べ、どのおむすびが転がりやすいのかを確認する。また、その時の摩擦角を調べることにより、今回の実験条件である斜面傾斜角度 20° 未満でもおむすびが転がるのかどうか、転がるならば斜面傾斜角度が何度以上必要なかを調べる。

実験器具:

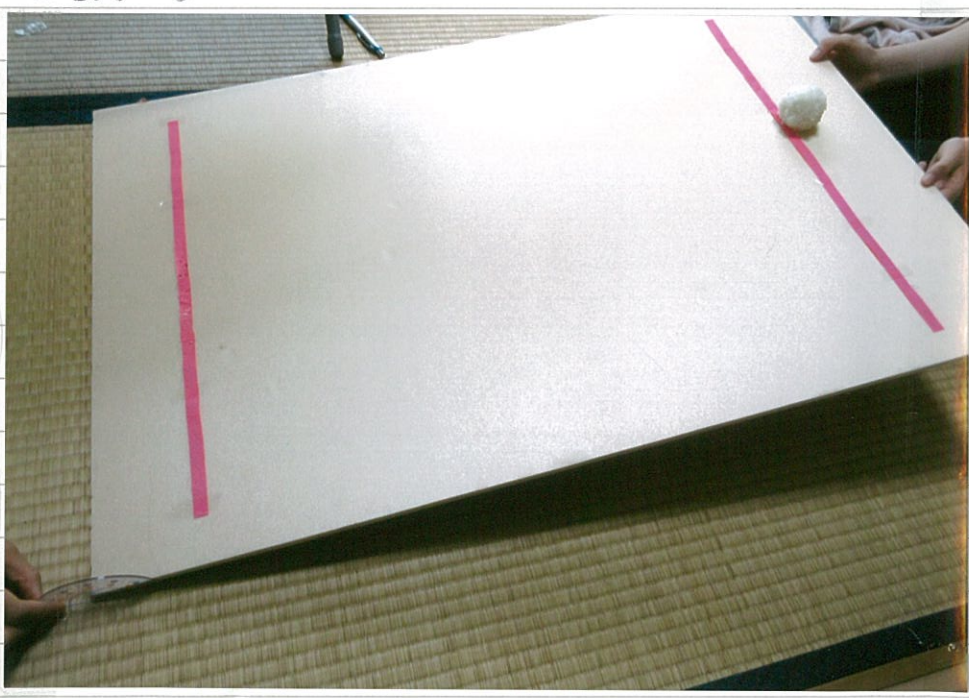
- ・発砲ポリスチレンパネル
- ・ふせん
- ・分度器
- ・おむすび

※ おむすびは、丸型、三角型、俵型の3種類のりが付いているもの、ラップに包まれているもの、のりもラップも付いていないものをそれぞれ60グラムと120グラム的大小一つずつ揃え、計18個を用意する

実験方法:

- (1) 珪石包ポリエステルパネルにふせんで印をつける。
- (2) おむすびを開始位置の印として付けたふせん上に置く。
- (3) パネルの端を手で持ち、床とパネルで作られる傾斜角度を一度ずつ上げていく。おむすびが滑り出す角度を計測する。
- (4) 印をつけられた同じ場所から同様に角度を5回計測し、平均値で摩擦角を出す。
(平均値の小数点以下は四捨五入)
- (5) 摩擦角から静止摩擦係数を計算し、転がり抵抗のおむすびを調べる

実験に使った
パネル →



分度器で →
角度を測る

実験結果

おむすびの摩擦角 (静止摩擦係数)

		何も付けず	のり付き	ラップ付き
丸	大	17° (0.31)	9° (0.16)	15° (0.27)
	小	19° (0.34)	19° (0.34)	16° (0.29)
三角	大	26° (0.49)	24° (0.45)	23° (0.42)
	小	32° (0.62)	32° (0.62)	21° (0.38)
俵	大	11° (0.19)	13° (0.23)	10° (0.18)
	小	15° (0.27)	15° (0.27)	13° (0.23)

三角おむすびは全て摩擦角が 20° を超えてしまい、おむすびが転がらないことが分かった。丸型、俵型は凹凸の無いパネル上であれば、おむすびの大きさ、のり付きラップ付きに関わらず全て 20° 未満で転がる。

考察：誤差が少なくなるように5回測定した。5回の測定値のうち大きく外れた角度を除き平均値を出している。丸型や俵型の大きいおむすびが静止摩擦係数が小さく転がりやすいたことが分かった。凹凸の無いパネル上ではあるが、童言通り転がるおむすびがあることが判明した。

結論：おむすびが意外に転がり、「おむすびころしの戻り補であるおむすびが多数出てくる。次は転がったおむすびが、その後おじいさんに追いつかれなかったのだから検証するため、おむすびの動摩擦係数を調べてその値からおむすびの速度を調べる。

実験3：おむすびの摩擦角の原理を利用して、動摩擦係数を求めることとする。

$$\text{動摩擦係数 } \mu' = \frac{F'}{N} = \frac{\text{動摩擦力の大きさ}}{\text{垂直抗力の大きさ}}$$

動摩擦係数は静止摩擦係数と同様に $\tan \theta$ で求める

目的：おむすびを平面上に置き、ばねばかりで平行に引っ張る時の値により、動摩擦係数と動摩擦係数を調べようとしたが、おむすびが崩れてしまい上手くいかなかった。

そこで摩擦角の原理である、動摩擦係数と物体が落ちようとしている力がかつ等くなる時の角度を測定し、その角度を利用して動摩擦係数を出すことにする。動摩擦係数と物体が落ちる時

の力が等しくなるのは、静止摩擦が取り除かれて物体が動き出したその時からである。したがってこの角度とは、斜面に置かれた物体を少し指で押しこむことにより静止摩擦力を取り除いた時に、止まらずに最後までおむすびが転がった角度と考えられる。

実習器具:

- ・発石包ホリスクリンパネル
- ・ふせん
- ・分度器
- ・おむすび

※おむすびは、丸型、三角型、俵型の3種類、のりが付いているもの、ラップに包まれているもの、のりもラップも付いていないものをそれぞれ60グラムに120グラム的大小一つお持ち下さい、計18個用意する

実習方法:

- ①発石包ホリスクリンパネルをふせんで印をつける。
- ②おむすびを開始位置の印として付けたふせん上に置く。
- ③パネルの右端を手で持ち、床パネルで作られる傾斜角度を一度おら上げていく。おむすびを指で押しこむにやらず最後まで転がった時の角度を計測する。
- ④印をつけた同じ場所から同様に角度を5回計測し、平均値で摩擦角を出す。
(平均値の小数点以下は四捨五入)
- ⑤計測した角から動摩擦係数を計算する。

実験結果:

動摩擦係数と物体が落ちようとしている力が等くなった時の角度 (動摩擦係数)

		何も付けず	のり付き	7、70付き
丸	大	9° (0.16)	7° (0.12)	6° (0.11)
	小	7° (0.12)	10° (0.14)	5° (0.09)
三角	大	11° (0.19)	13° (0.23)	12° (0.21)
	小	9° (0.16)	10° (0.18)	6° (0.11)
俵	大	3° (0.05)	5° (0.09)	4° (0.07)
	小	3° (0.05)	9° (0.16)	3° (0.05)

考察: おむすびは手作りであり面によっては車云がリヤすてに違いがある。そのため誤差が少なくなるように5回測定をし平均値をだした。また、指でおむすびを押す際に強く押しすぎて、指の力で静止摩擦係数のスローパーを外すだけではなくおむすびを転がしすぎないように気を付けた。動摩擦係数の出し方を自分で考えたため、指の力が動摩擦係数にどれだけ影響があったのかと、これで正確な動摩擦係数が出ているかどうかは不明。

結論①: 摩擦角の原理から動摩擦係数を出した。この係数を使って、以下の計算によりおじいさんがおむすびに追いついたのかどうかを検証する。

〈考え方〉

1. 物体が斜面を落ちようとする力を求める

$$\text{物体が落ちる力} = \sin \theta_0 mg$$

$$\text{動摩擦係数} = \text{動摩擦係数} \times \text{垂直抗力} (\cos \theta_0 mg)$$

この際 θ_0 (摩擦角) で計算をしてみる。もしこの角度でもおじいさんがおむすびに追いつけないのであれば、これ以上低い角度でおむすびは転がらないので、おじいさんはおむすびに追いつけないものとする。

この際 g (重力加速度) を 9.8 m/s^2 とする。

2. (1)で求めた力を重さで割り、加速度($a \text{ m/s}^2$)を求める。

ニュートンの第二法則(運動の法則)に

$F=ma$ / カ=重さ×加速度 という式がある。

カは(1)で求め、重さは大のおむすびで 0.12 kg 、小のおむすびで 0.06 kg あるので、加速度が計算できる。

3. (2)で求めた加速度をもとに、おむすびの速さとおじいさんの速さの間に方程式を作る

おむすびは加速度 $a \text{ m/s}^2$ である等加速度直線運動になるので、移動距離は:

$$\text{移動距離} = \frac{1}{2} a (\text{加速度}) \times \text{時間}^2 \dots\dots (1)$$

という公式でわかる。

おじいさんの速度は実馬車の条件より、 5 m/秒 。

立ち上がるのに3秒かかるとする、おじいさん*の移動距離は

$$5 \times (\text{時間} - 3) = \text{移動距離} \dots\dots (2)$$

となる

時間を x (秒)とし、①、②の方程式を作ると、

$$\frac{1}{2} a x^2 = 5(x-3) \quad \text{となる}$$

a の値は分かっているので、 x に関する2次方程式となり解は出てくる。

この際 x の解がない、あるいは $x < 3$ の時におじいさんはおむすびに追いつけない。

もしおじいさんがおむすびに追いつけた場合1度おっ代入し、何度までおじいさんがおむすびに追いつけたのかを求める

なお、この時^{考えない}摩擦以外の抵抗は~~ない~~ものとし、斜面の傾斜角度と摩擦は常に一定であるとする。

結論2: 「おむすびころりん」が可能などうか

		何もつけず	のり付き	ラップ付き
丸	大	12度か50	○	○
	小	○	○	○
三角	大	×	×	×
	小	×	×	×
俵	大	○	○	○
	小	○	○	○

- ・それぞれのおむすびの摩擦角が斜面傾斜角度20度までを検証したものである。
- ・摩擦角が20度以上である三角おむすびは、そもそも転がらず「おむすびころりん」は不可能である。
- ・丸型大の何も付いていないおむすびは、12度未満だとおじいさんが追いついてしまう。

実験2と実験3より、凹凸の無いパネルの上では「おむすびころりん」のおむすびは、おじいさんが追いつかないうちにころころ転がっていくことが分かった。次は実際におむすびの速さを測定することによって、上記の考え方と実際の数値があるのかを検証する。

実験4: 斜面傾斜角度が摩擦角と一致する場合の一定区間のおむすびの速さを測定する。

目的: 実験2と実験3より、計算上ではいくつかの種類のおむすびがおじいさんに追いつかれず転がるという結果が出た。その数値が実際のおむすびの速さとあるのかどうかを実験により確認する。

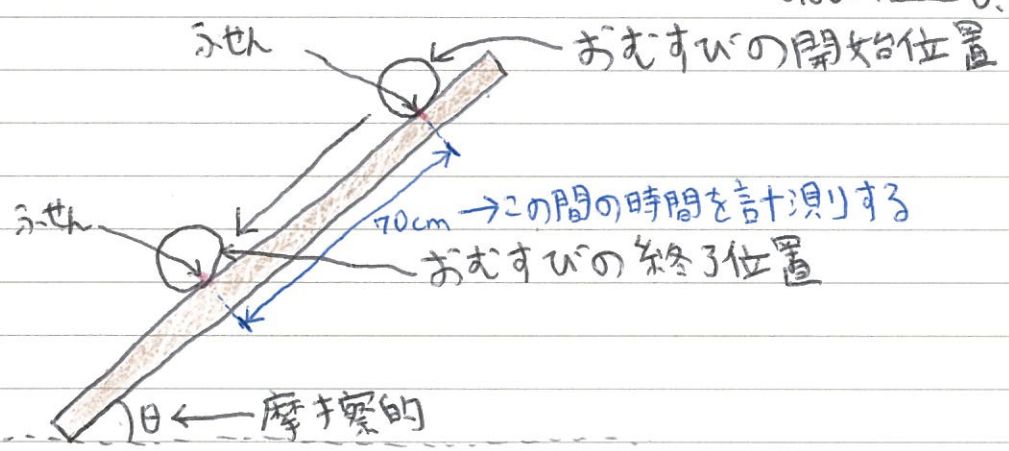
実験器具:

- ・発石包ポリスチレンパネル
- ・ふせん
- ・分度器
- ・ストップウォッチ

実馬兎手法:

- (1) 発砲ホルストンパネルに、開始位置とその70cm下にふせんを貼る。
- (2) おむすびを開始位置の印として付けたふせん上に置く。
- (3) パネルの下端を手で持ち、床とパネルで作られる傾斜角度を一度おっ上げていく。
- (4) おむすびが車云がり出した瞬間から、70cm下のふせんまで車云がる時間を計測する。
- (5) 印を付された同じ場所から同様に5回計測し、70cm区間の平均時間を出す。(平均値の~~小数以下~~は四捨五入)

0.1秒未満



<考え方>

実馬兎と同様の方法でおむすびの加速度を求める。

式 移動距離 $= \frac{1}{2} \times \text{加速度} \times \text{時間}^2$ を

$$\text{時間} = \sqrt{2 \times \frac{\text{移動距離}}{\text{加速度}}} \text{ と変形させる (時間} > 0 \text{)}$$

この実馬兎の移動距離は0.7(m)なので、

$$\text{時間} = \sqrt{\frac{1.4}{\text{加速度}}} \text{ となる}$$

実馬実験結果

実際に測定した70cm区間の平均時間

		何も付けず	のり付き	テープ付き
丸	大	0.74秒	0.92秒	0.65秒
	小	0.68秒	0.97秒	0.83秒
三角	大	1.38秒	0.95秒	0.95秒
	小	0.93秒	0.73秒	0.99秒
俵	大	1.10秒	0.76秒	0.95秒
	小	0.90秒	0.80秒	0.87秒

計算で出した70cm区間の平均時間 (実際の誤差)

		何も付けず	のり付き	テープ付き
丸	大	0.62秒 (-0.12秒)	1.23秒 (+0.31秒)	0.96秒 (+0.31秒)
	小	0.84秒 (+0.16秒)	0.97秒 (誤差なし)	0.87秒 (+0.03秒)
三角	大	0.76秒 (-0.62秒)	0.88秒 (+0.13秒)	0.88秒 (-0.07秒)
	小	0.62秒 (-0.11秒)	0.63秒 (-0.1秒)	0.75秒 (-0.22秒)
俵	大	0.97秒 (-0.33秒)	0.91秒 (+0.15秒)	0.97秒 (-0.17秒)
	小	0.78秒 (+0.28秒)	0.83秒 (+0.03秒)	0.91秒 (+0.04秒)

考察: 計算上の数値と実際の数値の誤差が、思ったより大き
 出た。置くおむすびの面によって速度が変わってくることや、ストップ
 フォッチを押すタイミングが影響したのだと思う。また、比較的
 大きく差が出ている三角型は最初、骨、たものもあり、その分の
 差も大きく出たと考えられる。

結論: 計算上の数値と実際の数値に誤差があった。なるべく誤
 差のないように5回ずつ測り、たが、少し大きく差が出たものが
 あった。次は凹凸の無いパネルよりも山道に近い芝生を
 使って実験してみる。

実馬更5: 今度は山道と似た芝生を使い、実馬更2,3と同様の実馬更を行い、その際の静止摩擦係数と動摩擦係数を出し、芝生の上では「おむすびころりん」のおむすびがおじいさんに追いつかれることなく先に転がって行けたのがを検証する。

目的: でこぼこの無いパネルの上ではいくつかのおむすびがおじいさんに追いつかれることなく先に転がって行けたのがを検証する。

実馬更1同様、芝生上のおむすびの摩擦角を調べる。
摩擦角31度となり20度を超えているため、引き継ぎ斜面傾斜角度20度未満と設定する。

実馬更器具:

- ・正方形の芝生
- ・発砲ポリスチレンパネル ~~おむすびころりん~~
- ・分度器
- ・おむすび

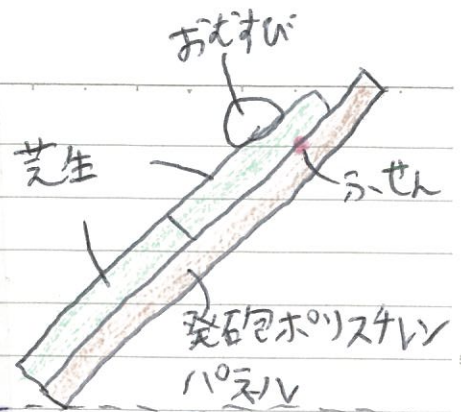
(実馬更2と同様のものを準備する。)

実馬更手法-1 静止摩擦係数と摩擦角を求める。

- (1) 発砲ポリスチレン上に芝生をつける。
- (2) おむすびを開始位置の印として付いたふせん上に置く。
- (3) パネルの端を手に持ち、木とパネルで作られる傾斜角度を1度ずつ上げていく。おむすびが滑り出す角度を調べる。
- (4) 印をつけた同じ場所から同様に角度を5回計測し、平均値で摩擦角を出す。

(平均値の小数点以下は四捨五入)

- (5) 摩擦角から静止摩擦係数を計算し、転がりやすいおむすびを調べる。



↑
実馬糞に使用したパネル

実馬糞結果

おむすびの摩擦角(静止摩擦係数)

		何も付けず	のり付き	テープ付き
丸	大	10°(0.18)	13°(0.23)	14°(0.25)
	小	13°(0.23)	15°(0.27)	15°(0.26)
三角	大	26°(0.49)	14°(0.25)	15°(0.26)
	小	20°(0.36)	18°(0.32)	17°(0.31)
俵	大	10°(0.18)	12°(0.21)	10°(0.18)
	小	12°(0.21)	18°(0.32)	10°(0.18)

実馬糞手法-2 実馬糞と同様に、動摩擦係数を出す

- (1) 発石包ホリスチルパネル上に芝生を乗せる。
- (2) おむすびを開始位置の印して付けたふせん上に置く。
- (3) パネルの右端を手で持ち、床とパネルで作られる傾斜角度を一度ずつ上げていく。おむすびを手で少し押し、おむすびに最後まで転車云が流す時の角度を調べる。
- (4) 印をつけた同じ場所から同様に角度を5回計測し、平均値で摩擦角を出す。(平均値の小数点以下は四捨五入)

(5) 計測した角から動摩擦係数を計算する。

実験結果

動摩擦力と物体が落ちようとしている力が等しくなった時の角度 (動摩擦係数)

		何も付けず	のり付き	ラップ付き
丸	大	7° (0.12)	7° (0.12)	7° (0.12)
	小	8° (0.14)	6° (0.11)	6° (0.11)
三角	大	9° (0.16)	9° (0.16)	6° (0.11)
	小	11° (0.19)	10° (0.18)	7° (0.12)
俵	大	5° (0.09)	7° (0.12)	5° (0.09)
	小	7° (0.12)	6° (0.11)	5° (0.09)

考察: 一連の実験と同じく、おむすびは手作りであり面によっては転がりやすさに違いがある。そのため誤差が少なくなるように5回測定をして平均値を求めた。また、おむすびの凹凸が出てくるため、静摩擦係数、動摩擦係数共にもう少し大きな値になるかと思っていたが、土が付着する為粘着力が邪魔をせおむすびに大きな値にならないと考えられる。

結論: おむすびの斜面による静摩擦係数が計算できた。次は実験と同様に、これを使って導いた一定区間の速さが、実際の値と同じなのかがどうかを検証したい。

実験6: 斜面化角と斜面角度が摩擦角と一致する場合の一定区間の速さを測定する。

目的: 実験4より2.5倍の無いパネルを使用した場合、計算上出した摩擦角と一致する斜面に置いたおむすびの一定区間の速さは、実際に計った数値と異なっていた。今回も計算上の数値と実際の数値の間に誤差が無いのかどうかを検証する。

実馬具器具

- ・発砲ポリスチレンパネル

- ・芝生

- ・ふせん

- ・分度器

- ・ストップウォッチ

- ・おむすび

(実馬具2と同様のものを用意する)

実馬具方法

砲

(1) 発砲ポリスチレンパネルに芝生を置き、ふせんで開始位置とその70cm下に印をつける

(2) おむすびを開始位置印の印として付けたふせん上に置く。

(3) パネル左端を軸持ち、床とパネルに作られる直角を一度ずつ上げていく。

(4) おむすびが転がり出した瞬間から、70cm下のふせんまで転がる時間を計測する。

(5) 印をつけられた同じ場所から同様に5回計測し、70cm区間の平均時間を出す。

(平均値の1秒以下は四捨五入)

実馬具結果

実際に測定した70cm区間の平均時間

		何も付けず	のり付き	ラップ付き
丸	大	2.33秒	1.31秒	1.21秒
	小	2.12秒	1.03秒	0.75秒
三角	大	1.20秒	1.00秒	1.15秒
	小	1.28秒	1.05秒	1.22秒
俵	大	1.53秒	1.18秒	1.28秒
	小	1.44秒	1.00秒	1.24秒

計算で出した70cm区間の平均時間 (実際との誤差)

		何も付けお	のり付き	ラップ付き
丸	大	1.66秒 (-0.67秒)	1.18秒 (-0.13秒)	1.09秒 (-0.12秒)
	小	1.29秒 (+0.83秒)	0.96秒 (-0.04秒)	0.96秒 (+0.21秒)
三角	大	1.60秒 (+0.40秒)	1.29秒 (+0.29秒)	0.96秒 (-0.26秒)
	小	0.97秒 (-0.47秒)	1.03秒 (+0.02秒)	0.91秒 (-0.31秒)
俵	大	1.28秒 (-0.25秒)	1.29秒 (+0.09秒)	1.28秒 (誤差無し)
	小	1.29秒 (-0.15秒)	0.83秒 (-0.17秒)	1.29秒 (+0.04秒)

考察: 今回も、計算上の数値と実際の数値の誤差が、思ったよりも大きく出た。置くおむすびの面平によって速度が変わることや、ストップウォッチを押すタイミングが影響したのだと思う。なかなか誤差を解消するのは難しい。

総論: 計算上の数値と実際の数値に誤差があった。なるべく誤差の無いように5回ずつ測ったが、あまり効果はなかった。今回の結果をふまえて芝の上でもおむすびころんのが可能かどうかを検証し、最後の結果とする。

芝の上でも「おむすびころん」が可能かどうか。

		何もつけお	のり付き	ラップ付き
丸	大	11.9度か50	○	○
	小	○	○	○
三角	大	13.9度か50	○	○
	小	○	○	○
俵	大	○	○	○
	小	○	○	○

・それぞれのおむすびの摩擦角が5度前後、傾斜角度20度までを検証したものである。

・丸型大のおむすびは、11.9度未満だとおじいさんが追いついてしまう。

・三角型大のおむすびも、13.9度未満だとおじいさんが追いついてしまう。

総括: 凹凸の無いパズルであっても、多少でこぼこのある先生であっても、落としたおむすびが後から追いかけるおじいさんに追いつかぬことなくネズミの穴まで転がっていく「おむすびころりん」の言合は、可能である。また、表面上はなめらかなパズルよりせらせらの先生の方が、形状によっては転がりやすくおじいさんのちらじも滑りにくい為、より「おむすびころりん」の状況に近い事が分かった。

家で行ったこと、自分で考えた式を使って出した数字が多く、誤差も出してしまったが、実馬場を通じてなんとか式を考え結果を出ると最後まで考えたことは今までにない経験だったので、とても楽しかった。自分の考えが正しかったのかどうか、最後まで気になり、物理に興味を持てた。もって他の方法で解くことが出来なかったのが、是非学んでみたい。

参考文献

- ① おむすびころりん (はじめのめいさくえいほん) 若山奇書店 (2000/05)
いもとよこ ~~いもと~~
- ② おむすびころりん 金の星社 (2007/12) いもとよこ
- ③ おむすびころりん (世界名作ファンタジー22) ポプラ社 (1998/1/13)
平田昭吾 中本力
- ④ おむすびころりん (絵本・日本むかし話) 偕成社 (1967/06)
よだじゅんいち
- ⑤ おむすびころりん (木谷みよ子むかしむかし) 童心社 (2006/12)
木谷みよ子
- ⑥ おむすびころりん (日本昔ばなしアニメ絵本(10)) 永岡書店 (1998/03)
いそが本昇
- ⑦ おみかせ日本昔話 おむすびころりん 言葉談社 (2012/2/25)
令丈ヒロ子 真珠まりに
- ⑧ おむすびころりん (はじめのめいさくえいほん) 学習院研究所
(1998/07) すがらけいこ
- ⑨ おむすびころりん (日本名作おはなし絵本) 小学館 (2009/6/11)
富安陽子 うかたみお

⑩ おむすびごころ PHP 研究所 (2002/09)

くすこ

⑪ <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/537/537SE016.html>

電子政府の相談窓口 E-Gov

⑫ <http://www.fujisan-climb.jp/index.html>

富士山オアシスサイト

⑬ <http://www.fujisanpo.com/> 富士さんぽ

⑭ 理解しやすい物理 文英堂 (2013/3)

⑮ 視覚でとらえる物理 7トサバックス 物理学図録 数文石出版

⑯ これでおける基礎反復問題集 物理 文英社 (2013/8)

⑰ 名門の森 物理力学・熱・波動 I 河合出版 (2014/3)

⑱ すまになる高校物理 学研教育出版 (2011)

⑲ 物理レベル別問題集3 上級及編 東進ブックス (2014/12)

⑳ <http://wakaoriyasui.sakura.ne.jp/> おもしろい高校物理の部屋

㉑ <http://fnorio.com/index.htm> FNの高校物理

共同実馬兎者として役割分担

本人 第一希望者番号 1533018 田上大喜

(京都教育大学付属 高校1年)

全2の実馬兎の実施、及びデータ採集を一歩目に行く

実馬兎2、実馬兎5 静止摩擦係数を求める

実馬兎3、実馬兎5 摩擦角の原理を利用して、

動摩擦係数を求める

実馬兎3、実馬兎6 動摩擦係数からおむすびご

ころが可能などうかの実証

実馬兎4、実馬兎6 動摩擦係数から一定区間

のおむすびの速さを求める

共同実馬兎者 第一希望者番号 1533019 田上千笑

(京都教育大学付属 桃山中学校 2年)

書籍10冊からおむすびの形状を調査する

山道の斜面傾斜角度の調査

実馬兎に使われたおむすび全2(540個)をにぎる。

*清潔なパネルの上で行われたおむすびは全2、実馬兎後おいいただきました。