ループコースターの謎

ナゾ1 ループの頂上で人が落ちない秘密

ナゾ2 ループの大小の秘密

ナゾ3 ループの形の秘密

市原 理子

目　次

・選んだ理由

1

ループコースター、エンタープライズで、人が逆さまになっても、落ちてこないのはナゼ？

・選んだ理由

〈実験1〉 バケツに水を入れて回してみよう。

〈実験2〉 カップに豆を入れて回してみよう。

・疑問

〈実験3〉 素手にものをのせて回してみよう。

・調べたこと

・わかったこと

・ループコースターで逆さになっても落ちない秘密。

・エンタープライズで逆さになっても落ちない秘密。

2

ループコースターに大きいループと小さいループがあるのはナゼ？

- 選んだ理由

〈実験1〉 大きいループと小さいループを全力で走ってみよう。

〈実験2〉 大きいループと小さいループを車に乗って走ってみよう。

- 疑問
- 調べたこと

〈実験3〉 カップに豆を入れて大きいループと小さいループを回して比べよう

- わかったこと
  - ループコースターに大きいループと小さいループがある秘密

3

ループコースターのループがまん丸ではないのはナゼ

- 選んだ理由
- 調べたこと 『クロソイド曲線』
- 気づいたこと

〈探査1〉　身の周りのクロソイド曲線を探してみよう。

〈実験1〉　リンゴの皮をむいてみよう。

・わかったこと

・ループコースターの形の秘密。

4　ループコースターをつくってみよう。

・選んだ理由

・目的

・方法

・ループコースター完成

・わかったこと

5 遠心力と関係ありそうな物を探そう!
～遊園地・身の周りのもの～

・選んだ理由

[1] ローター 壁にピッタリくっつくのはナゼ?遠心力に関係あり?

〈実験1〉 雨傘を回して遠心力を確かめよう.

[2] 綿アメ が回って作られるのはナゼ?

[3] 洗濯機 脱水コースが回るのはナゼ?

[4] 遠心力と科学捜査

[5] 遠心力と人工衛生

[6] チェーンタワー 大人と子供でどちらが高くあがる?
遠心力に関係あり?

〈実験2〉 重さのちがうスーパーボールどちらが高くあがる?

・わかったこと

6 資料

〔資料1〕 ジェットコースターのG

〔資料2〕 ジェットコースターの走りぬける力

『ジェットコースターの不思議』（2012年.自由研究より）

7 まとめ

8 感想

選んだ理由

選んだ理由

私は、ジェットコースター(絶叫マシーン)が大好きで昨年の自由研究では『ジェットコースターの不思議』について取り組んだ。ジェットコースターの魅力である浮遊感やスピードによる大きな快感は、科学による位置エネルギーやGの変化の工夫によってつくられているとわかった。

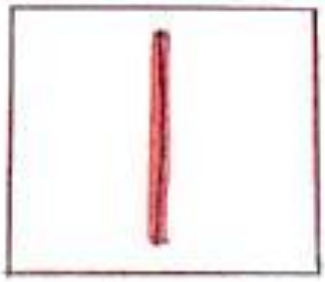
今年度は、さらにループコースターについて調べたいと思った。遊園地、テーマパークでループコースターを見た時に感じた3つの謎を探り科学による工夫が関係しているか調べたいと思った。

3つのナゾ

- ループコースターで人は逆さまになっても落ちないのはナゼ?
- ループコースターに大きいループと小さいループがあるのはナゼ?
- ループコースターのループがまん丸ではないのはナゼ?

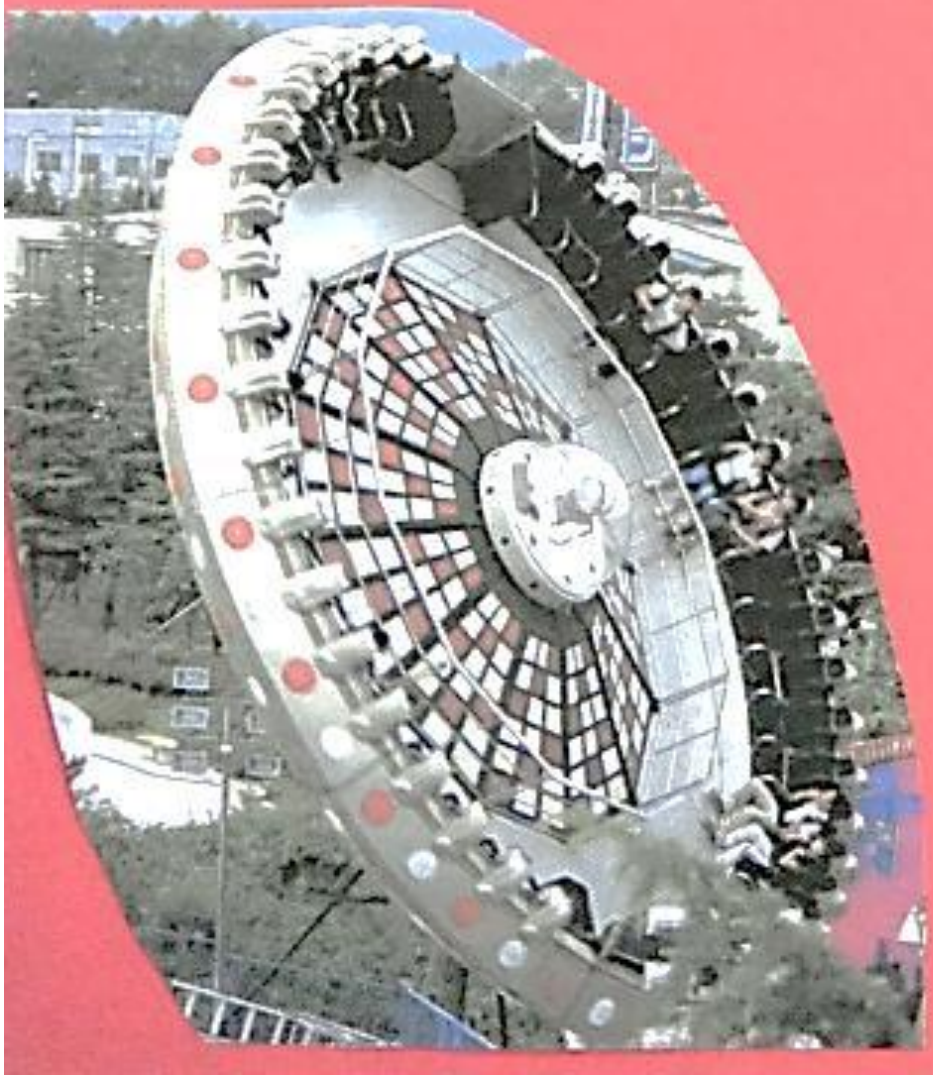
富士急ハイランド

ディズニーシー



ループコースター
エンタープライズで
人は、逆さまになっても、
落ちないのは、ナゼ？

ループコースター



エンター
プライズ

選んだ理由

人や物は逆さになると地面に向かって落ちていくのにループコースターやエンタープライズでは逆さになっても、人や物が落ちることがないのを不思議に思った。

初めは、安全バーをしているからかなと思ったが、頂上でも、座席から体が浮いて安全バーに支えられている、という感覚ではなかった。安全バーだけでなく、体を支える力がはたらいているのだろうか。

↓

身近な物で同じような動きをつくり実験してみる。

実験1

バケツに水を入れて回してみよう。

目的

・ループの頂上でもバケツの水は落ちないのだろうか。

・ループを回るバケツの様子をみてみる。

用意する物

・バケツ大、小　・水

方法 (写真①～④)

・バケツの大きさをかえる。

・水を入れたバケツを回す速さをかえる

・バケツに入れる水の量をかえる。

①

②

③

④

予想

バケツの水は落ちないと思う。
なぜなら、ループコースターで安全バーにもたれかかっている感覚じゃないので水も下へ落ちる力がはたらかないと思うから。

ループコースターの速度は速いけど、バケツはゆっくり回しても、速く回しても、水が落ちる量は変わらないと思う。

表1-A バケツをゆっくり回した時

水の量＼バケツの大きさ	大	小
多い	パラパラ落ちる	おちない
少ない	おちない	おちない

表2-A バケツを速く回した時

水の量＼バケツの大きさ	大	小
多い	落ちない	落ちない
少ない	落ちない	落ちない

結果

表1-B　ゆっくり回した時（写真⑤～⑧）

水の量 ＼ バケツの大きさ	大	小
多い	たくさん落ちた	たくさん落ちた
少ない	落ちた	落ちた

⑤

⑥

⑦

⑧

表2-B 速く回した時（写真⑨～⑬）

バケツの大きさ ＼ 水の量	大	小
多い	落ちない	落ちない
少ない	落ちない	落ちない

⑨

⑩

⑪

⑫

⑬

考察（実験より）

・予想通り、速く回した時は、水が落ちなかった。

・バケツを速く回した時とゆっくり回した時とでは、水の落ちる量に差があった。

・速さが速いほど落ちなかった。

・速さを少しゆるめるとバケツの取手がユラユラして、水が落ちてきそうに感じた。

わかったこと

⇨ 回す速さに関係があるのではないか。

速く回すと水は落ちないとわかった。
ゆっくり回すと水は落ちるとわかった。

・水の量が多ければ多いほどたくさん水が落ちた。

⇨ 水の重さに関係があるのではないか。

・バケツの大きさは関係していなかった。

↓

・バケツは重くて回しにくく、中の様子も見えなかったので中の様子が分かり、回しやすい物で様子を調べたい。(実験2)

実験 2

カップに豆を入れて回してみよう。

目的

- ループを回るカップの中の豆の様子をみる。
- 頂上で豆はどのような動きをするのだろうか。

用意する物

- カップ
- 軍手
- 豆
- たこ糸
- さり
- フィルムケース

方法（写真①～④）

- とう明な入れ物の両わきに穴をあけ、糸をしっかり結びつける。
- 糸のはしを持って上下にふり回してみる。
- 回す速さをかえる。

・入れ物の大きさをかえる。
・入れ物に入れる豆の量をかえる。

①

②

③

④

予想　（結果と様子について）

・結果はバケツの時と同じだと思う。

表3-A　ゆっくり回した時

豆の量＼入れ物の大きさ	大	小
多い	たくさん落ちる	たくさん落ちる
少ない	落ちる	落ちる

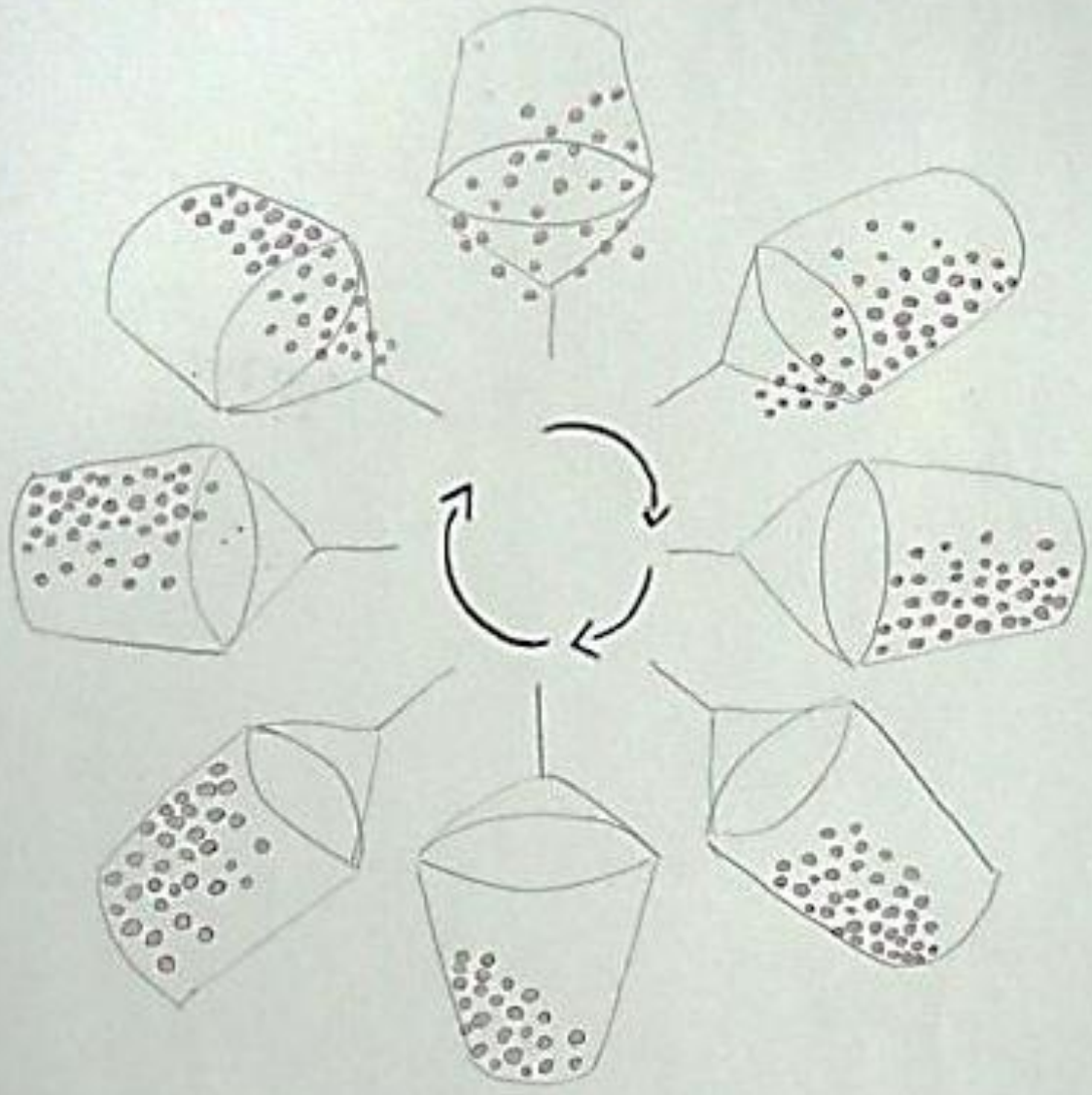
表4-A　速く回した時

豆の量＼入れ物の大きさ	大	小
多い	落ちない	落ちない
少ない	落ちない	落ちない

・豆の様子については、図を用いて予想する。
（図1-A～図4-A）

・バケツで実験した時、大きさが関係なさそうだったので、フィルムケースも、とう明な入れ物も動きが同じと予想する。

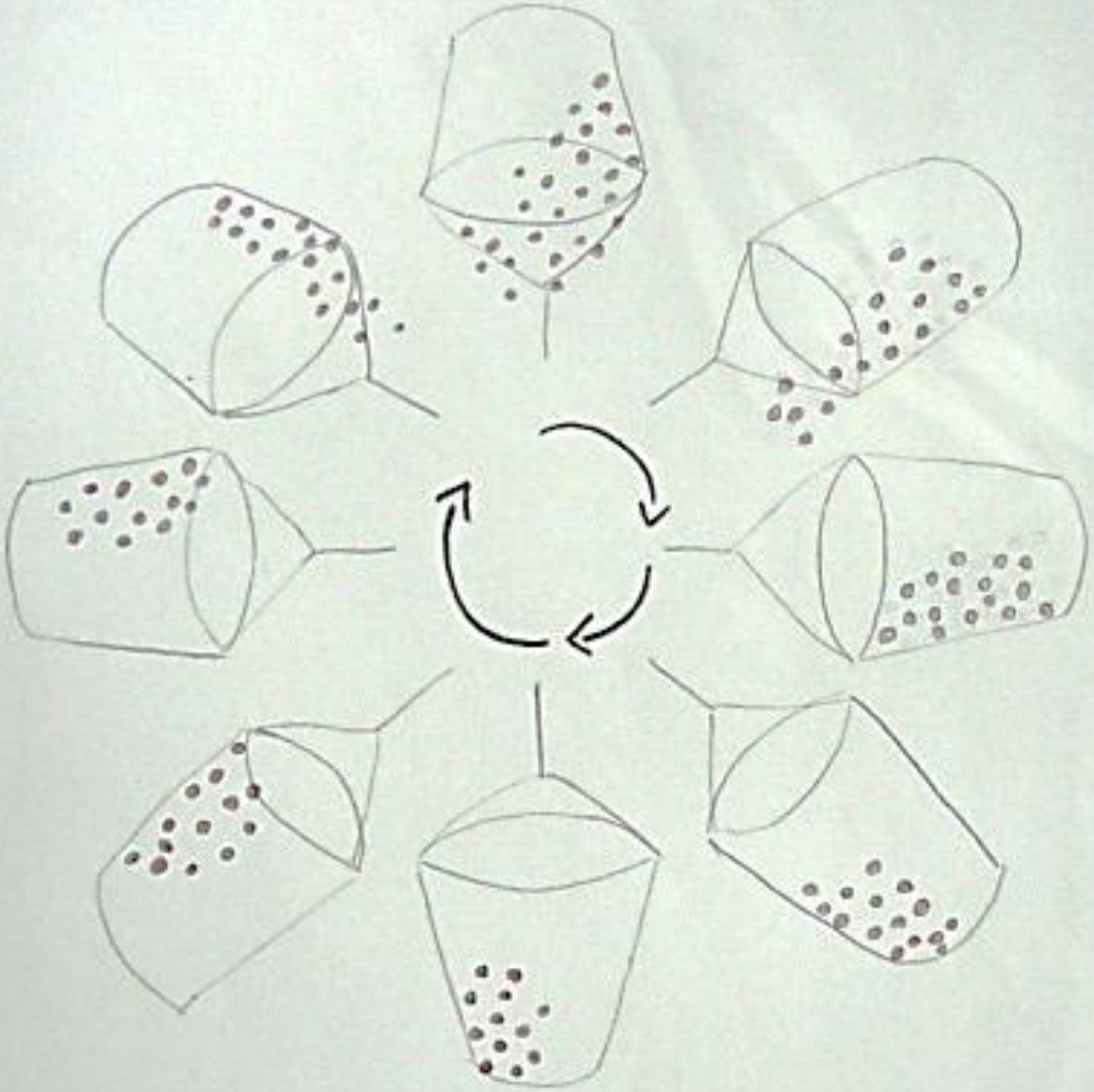
図1-A ゆっくり回した時(例)



・回すと勢いがつくので、回す方向に向かって豆が集まっていくと思う。

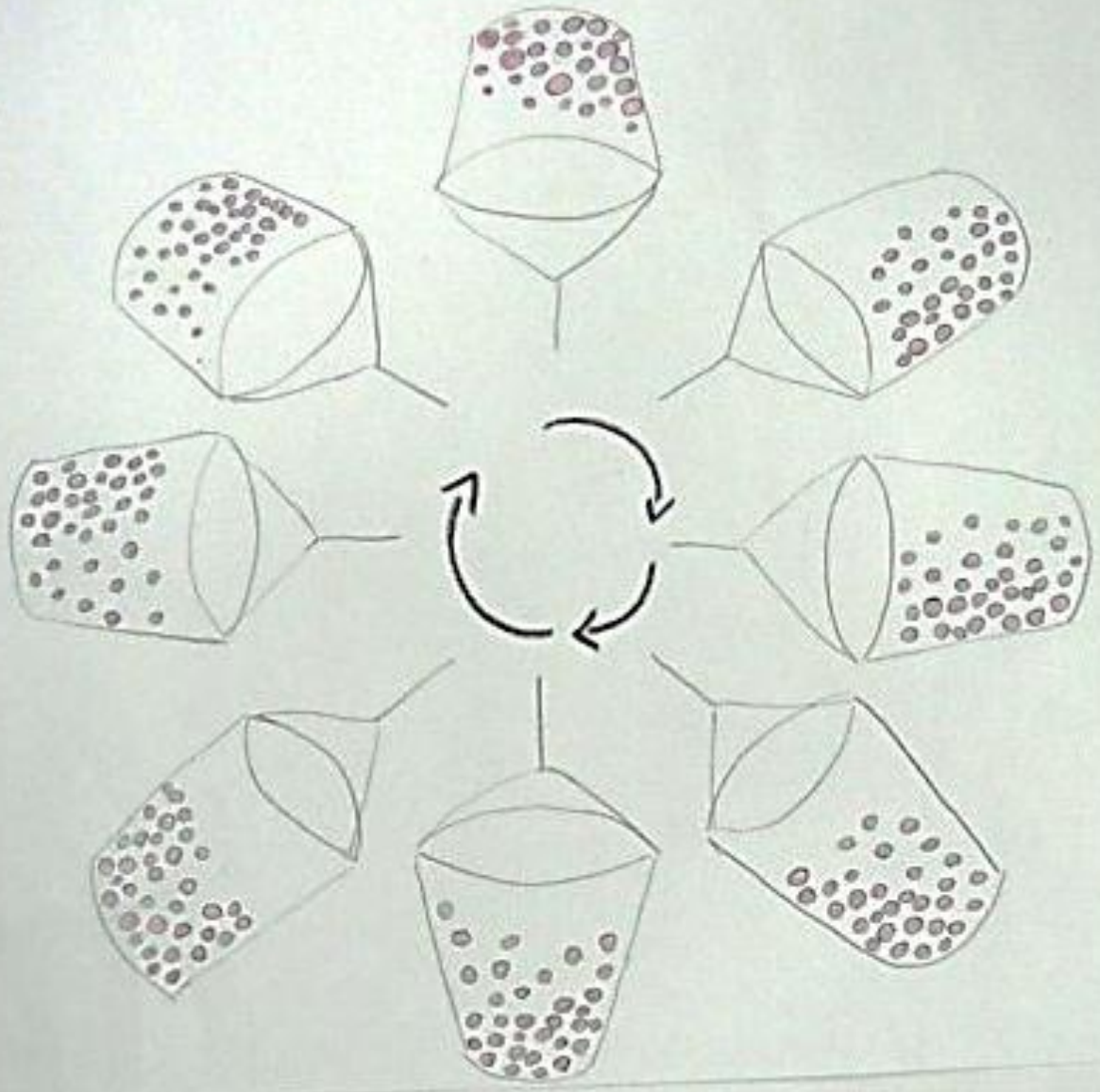
・速く回した時よりも豆の動きがおそいと思う。

図2-A ゆっくり回した時（少ない）



・図1-Aよりは豆が少ないから、豆の動きが速いと思う。

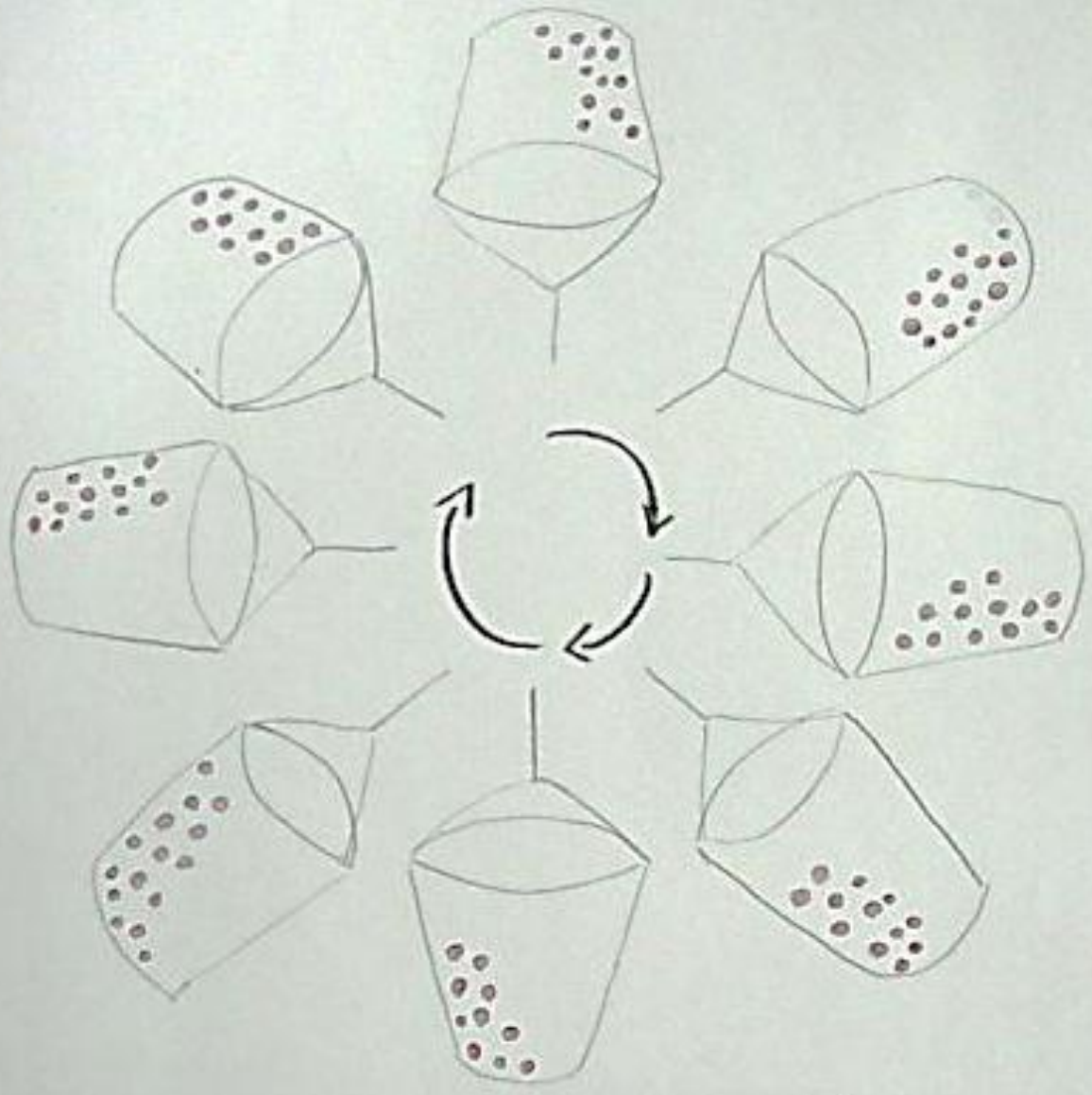
図3-A とう明な入れ物を速く回した時.(多い)



・勢いがあって豆が動くから豆がバラけると,思う.

・バケツで実験した時,大きさが関係なさそうだったから,フィルムケースも同じだと思う.

図4-A速く回した時(少ない)



・少ない時の方が豆がすはやく動くと思う。
バケツで実験した時、大きさが関係なさそうだったから、
フィルムケースでも同じだと思う。

結果

表3-B ゆっくり回した時（写真①）

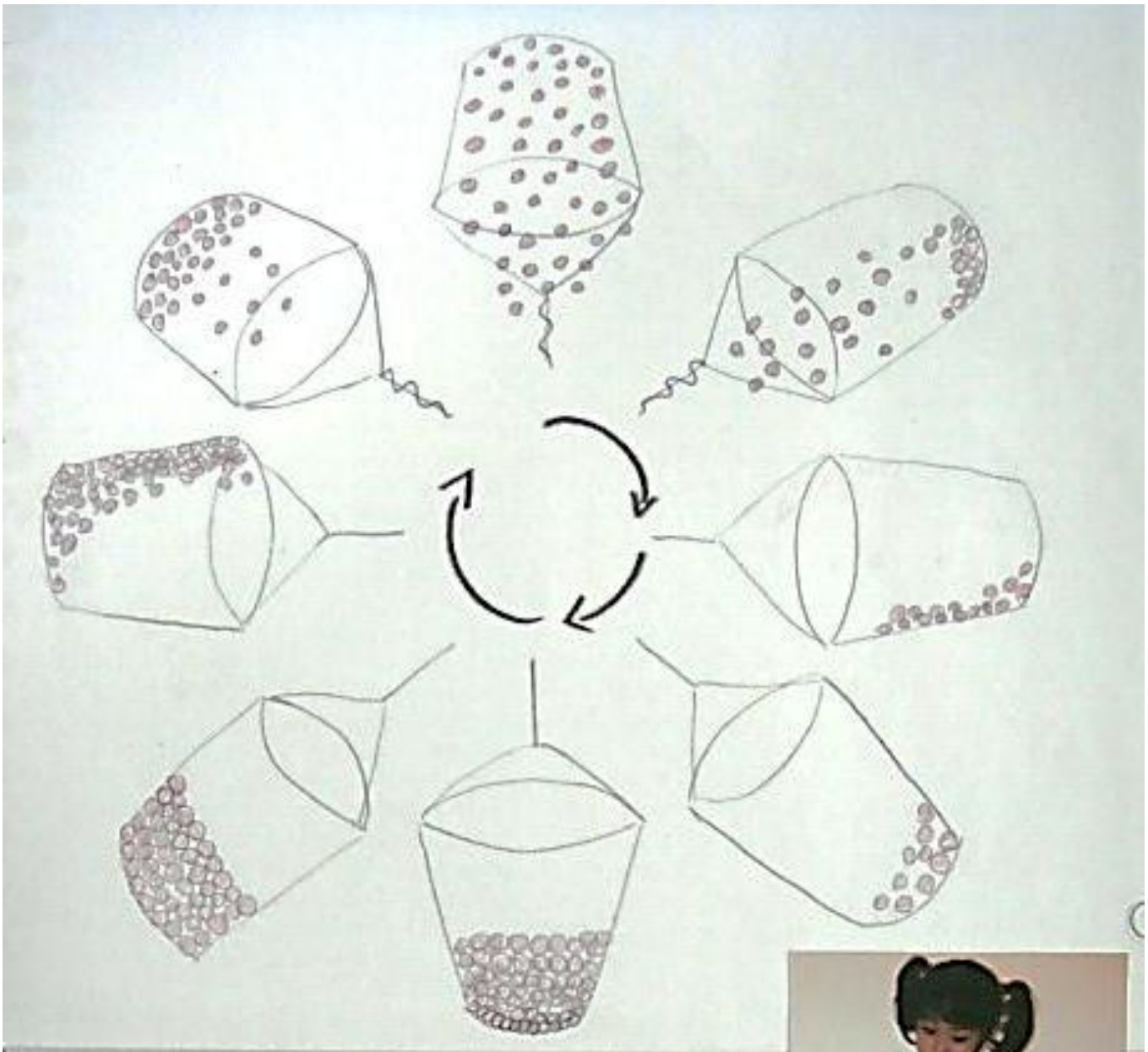
豆の量＼入れ物の大きさ	大	小
多い	たくさん落ちた	たくさん落ちた
少ない	落ちた	落ちた

表4-B 速く回した時（写真②～⑤）

豆の量＼入れ物の大きさ	大	小
多い	落ちなかった	落ちなかった
少ない	落ちなかった	落ちなかった

・豆の様子については、図を用いて表す。
（図1-B～図4-B）

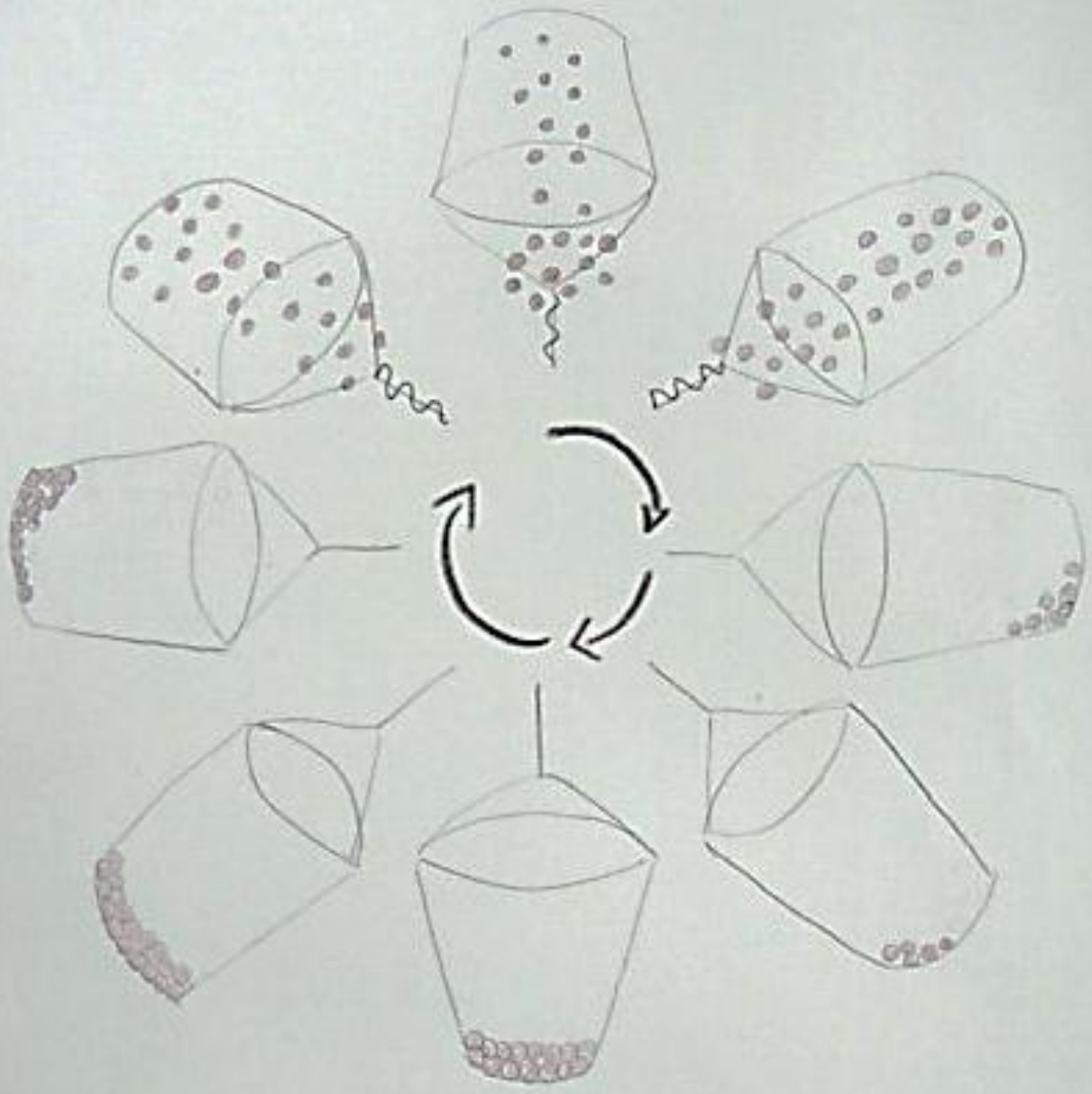
・実験1と同じく、入れ物の大きさは関係なさそうだった。



・回す方向に豆が動いていた。

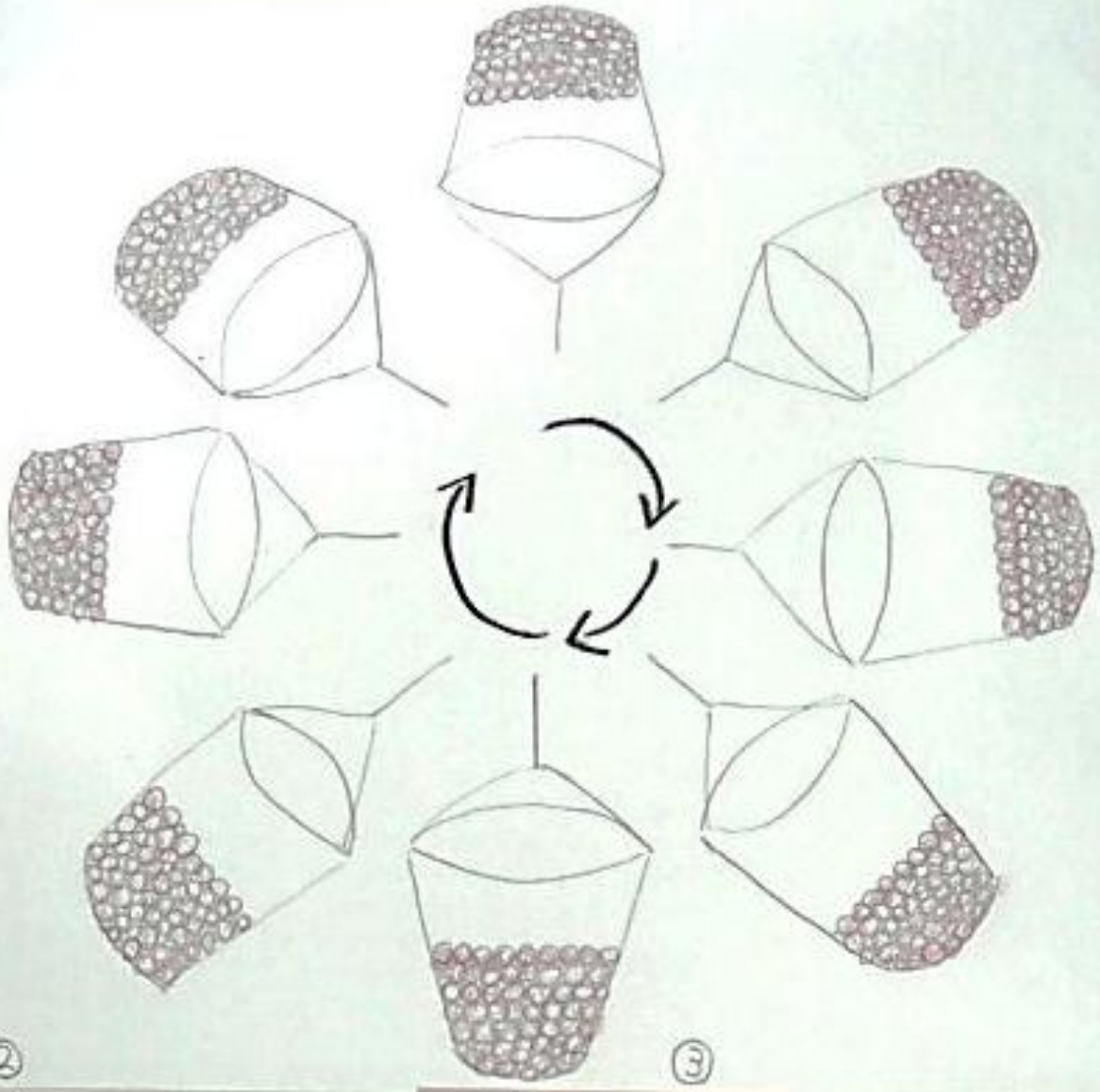
・上の方に行くと糸がたるみ、ドサッと豆が落ちてきた。

図2-B　ゆっくり回した時(少ない)



・図1-Bと同じだった。

図3－B速く回した時(多い)



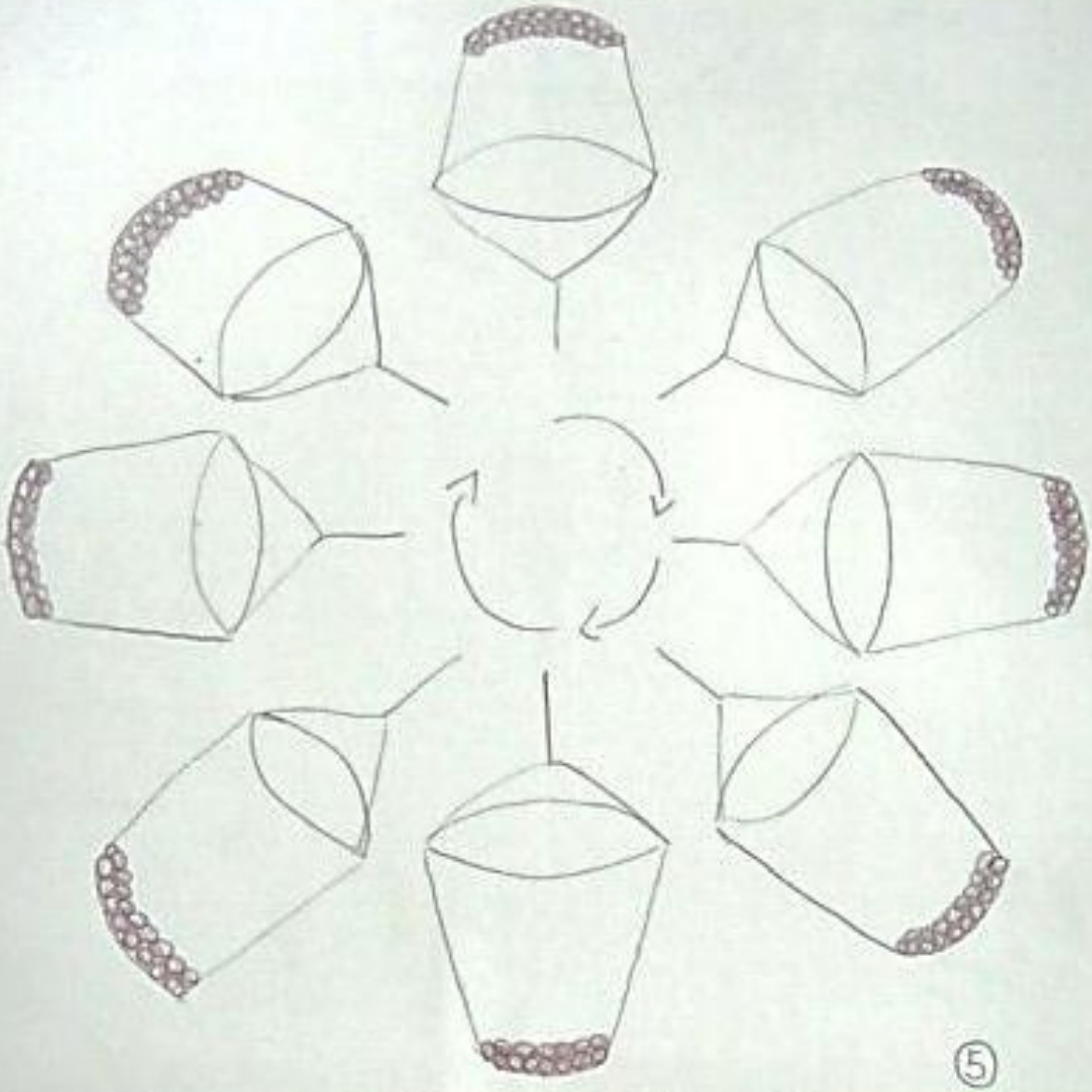
②

③

④

ずっと底に豆があった。

図 4-B 速く回した時(少ない)



⑤

・3-Bと同じだった。

実験1.2からの考察

- 容器の大きさは、関係なかった。
- 量は、関係なかった。
（ゆっくり回した時に容器に残っていた水や豆の量は、多い時も少ない時もほとんど同じだった。）
- 速く回すと落ちてこない。
豆（個体）も水（液体）も容器の底にぴったりとくっついていた。
- ゆっくり回した時に回している方向に豆が動いていた。

わかったこと

ある程度の速さがあると、逆さになっても中身も容器も落ちてこないとわかった。

疑問

容器を使わずに素手で回してみると、どのように感じるのかな？

頂上でも水や豆が落ちないのは、本当に容器にくっついていたからなのかな？

実験 3

素手にものをのせて回してみよう。

目的

ループを回る手の中のものは頂上でも、
本当に手にくっついて落ちないのだろうか

用意する物

・消しゴム　・豆　・イースターエッグ

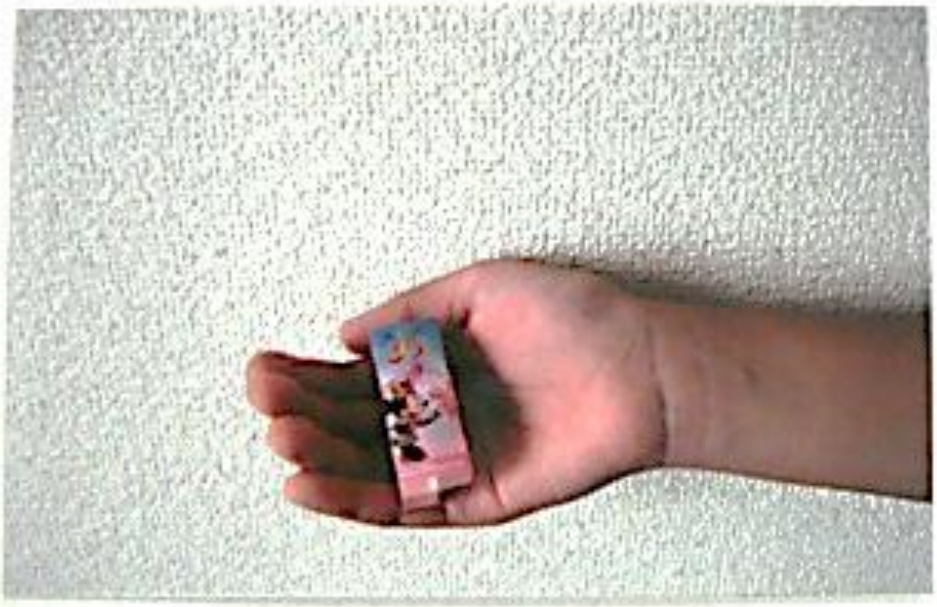
方法　（写真①～③）

・指をそろえておわんのように軽く丸め
そこに物をのせて回す。

・のせる物をかえてみる。

・落ちない速さで回す。

①



②

③

予想

・実験1.2から手にぴったりと物がくっついていると思う。

・のせる物の大きさによって手にぴったりとくっつく感じが変わることはないと思う。

結果（写真④～⑨）

・のせる物をかえても全て手の平にピッタリとくっついていた。

・大きすぎると手におさまらず回しずらかった。

・小さい豆も、ピッタリとくっついていたが、手の中で重なっていた豆が少し動いていた。

④

⑤

⑥

She talks
laughingly a

⑦

She talks
laughingly a

⑧

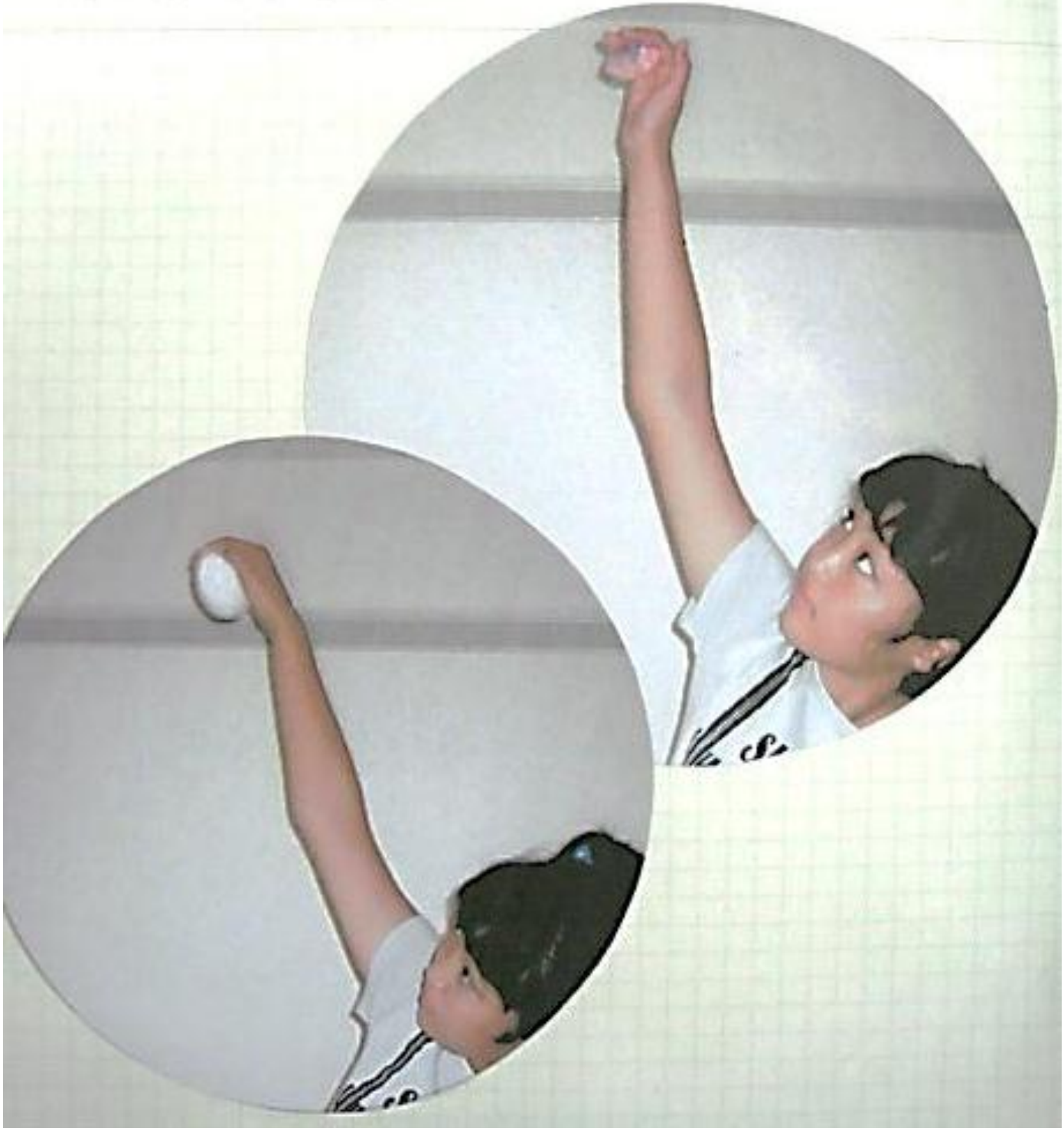
She talks
laughingly a

⑨

She talks
laughingly a

考察

・予想通り、ループを回る時、手の平のものは、ピッタリとはりつくように、くっついていた。



わかったこと

・素手にものをのせて回すと、円の中心から外へとむかうような力がはたらいているとわかった。

疑問

ループコースターやエンタープライズで逆さになっても人が落ちないのは速さと関係しているのかな？

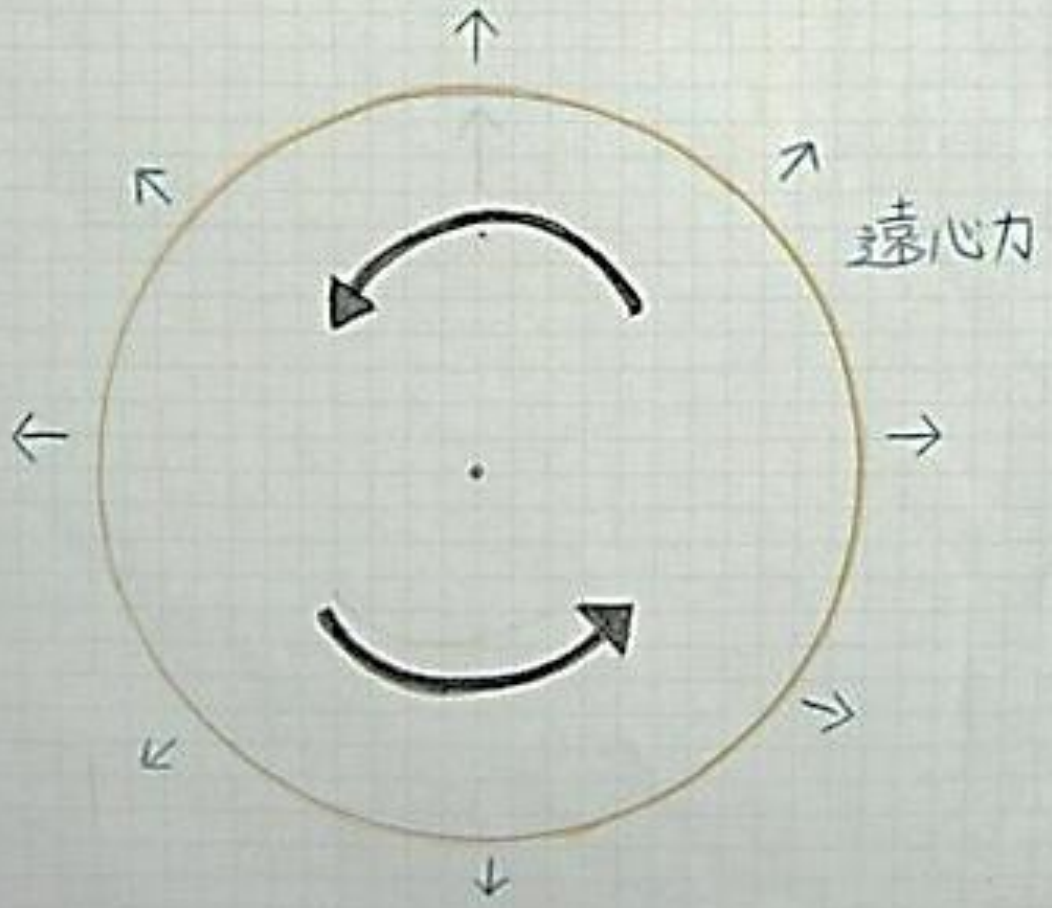
ある程度の速さがあると地上へ向かう力（重力）に逆らう力がはたらいているのでは？

調べたこと

円の周りを回っている物体が円の中心から外向きに受ける力が

遠心力

である。



・実験1の遠心力について

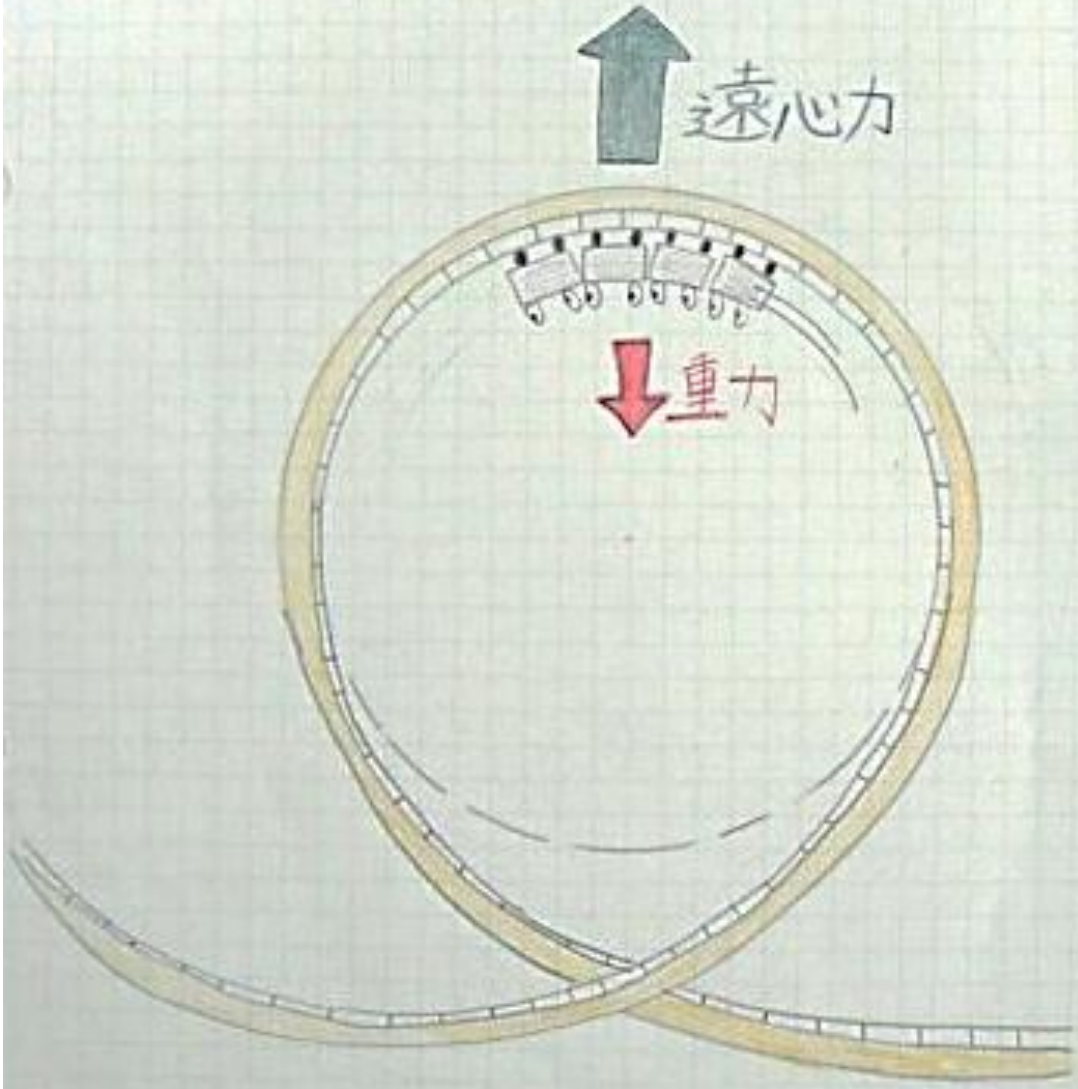
・バケツに水を入れて、上下にふり回してみると、ゆっくり回した時は頭上から水がこぼれてくるが、ある程度以上の速さにすると、上向きの遠心力が下向きの重力にうち勝って、こぼれることがない。(図5、6)

図5 遠心力による水の動き(ゆっくり回転)

図6　遠心力による水の動き（速い回転）

・ループコースターで落ちない秘密

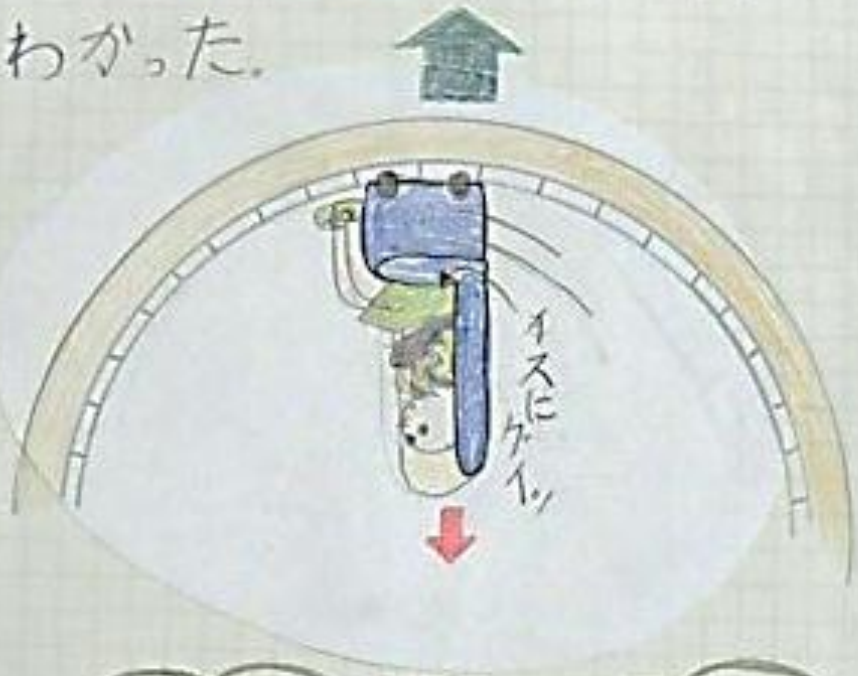
・ループの頂上で乗っている人は逆さになるが、速いスピードで走りぬけるので、上向きの遠心力がはたらき、下に落ちることはないとわかった。



式 ↑ − ↓ = ↑

わかったこと

イや物が逆さになっても落ちないのは、ある程度の速さで回転することで、重力を上回る大きな遠心力が生まれるからであるとわかった。

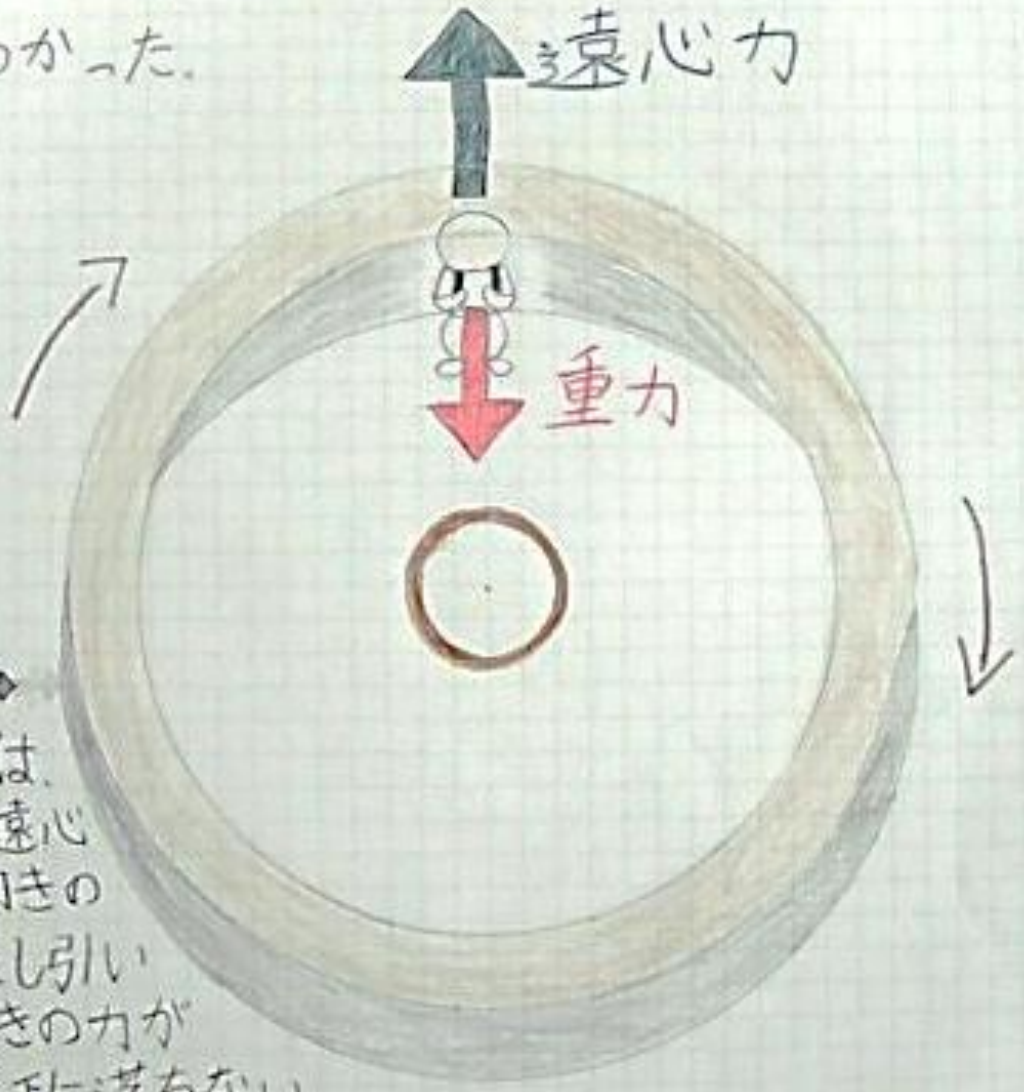


なるほど！　イスから体が浮かないのは、遠心力がはたらいていたからなんだね！

回転することで、イスにおしつけられるんだね！

・エンタープライズで落ちない秘密

・エンタープライズが回転していなければ、上側の人は必ず落ちてくる。落ちてこないのは、回転により、落ちる力（重力）より大きな遠心力がはたらくからである。なので私たちは安心して乗ってられるとわかった。

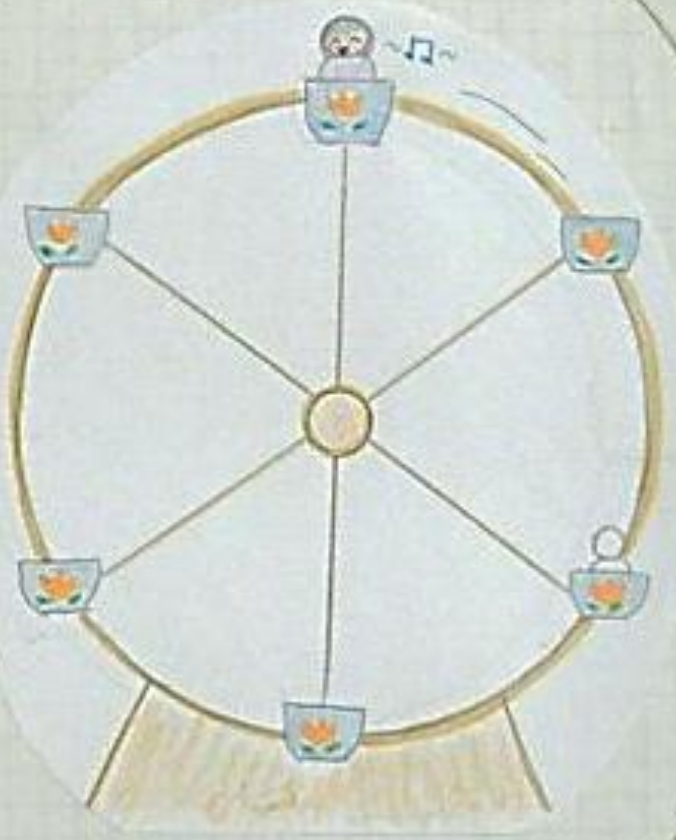


てっぺん（頂点）では、上向きの遠心力から下向きの重力を差し引いても、上向きの力が強いので、下に落ちない。

式 ↑ − ↓ = ↑

気づいたこと

そういえば… 観覧車は回る、て言ってもゆっくり回っているから、ゴンドラが逆さになっていないなぁ〜。



もし、ゴンドラが逆さになったら…

2

ループコースターに
大きいループと
小さいループが
あるのは ナゼ?

ユニバーサル・オーランド

選んだ理由

1の実験1、2でバケツを大きく回し、コップを小さく回しても遠心力の変化が感じられなかった。しかし、ループコースターには大、小がある。
昨年、取り組んだ自由研究『ジェットコースターの不思議』では、ジェットコースターは、様々なG(重力加速度)が感じられる工夫があると分かった。
なので、遠心力もちがいが楽しめるように造られているのではないか。
そのために、大きいループと小さいループがあるのではないか。

↓

身近な場所で大きいループと小さいループで実験してみる。

※ Gとは重力加速度のことである.

[資料1. ジェットコースターのG]

実験 1

大きいループと小さいループを
全速力で走ってみよう.

目的

・大きいループと小さいループで体に感じる遠心力の変化はあるのだろうか.

方法

・地面に大きいループと小さいループを描き、その上を全速力で走る.

予想

・大きいループを走ると、内側にかたむくような体への負担がかかりにくく、走りやすいと思う.(遠心力が小さいと思う.)

・小さいループは、ループの内側へ体がかたむき、走りにくいと思う.
(遠心力が大きいと思う.)

結果（実験1）

- ループの内側に体をかたむけないと走れなかった。
- ループが小さくなるほどより内側へ体をかたむけないと走れなかった。
- ループの外側に体をかたむけようと試してみたが、速く走れなくなった。かなりゆっくりであれば、走ることができた。

（写真①～④）

①

②

③

④

結果（実験2）

- 体が外側におしたされるようにグーッとかたむいた。
- 大きいループより小さいループの方がより体が外側にかたむいた。
- 運転していた母の様子をみると、内側にかたむいていた。大きいループより小さいループの方がより体が内側にかたむいていた。
- 内側に体をかたむけてみても、外側におしたされる感じがした。

考察（実験1,2）

- ループを走るためには、体を内側へ倒さなければ走れなかった。

- 車でループを走ると、体が外側におしだされて、運転手は体を内側にかたむけないと運転できない、と言っていた。

- どちらも、大きいループより小さいループの方がかたむく力が大きかった。

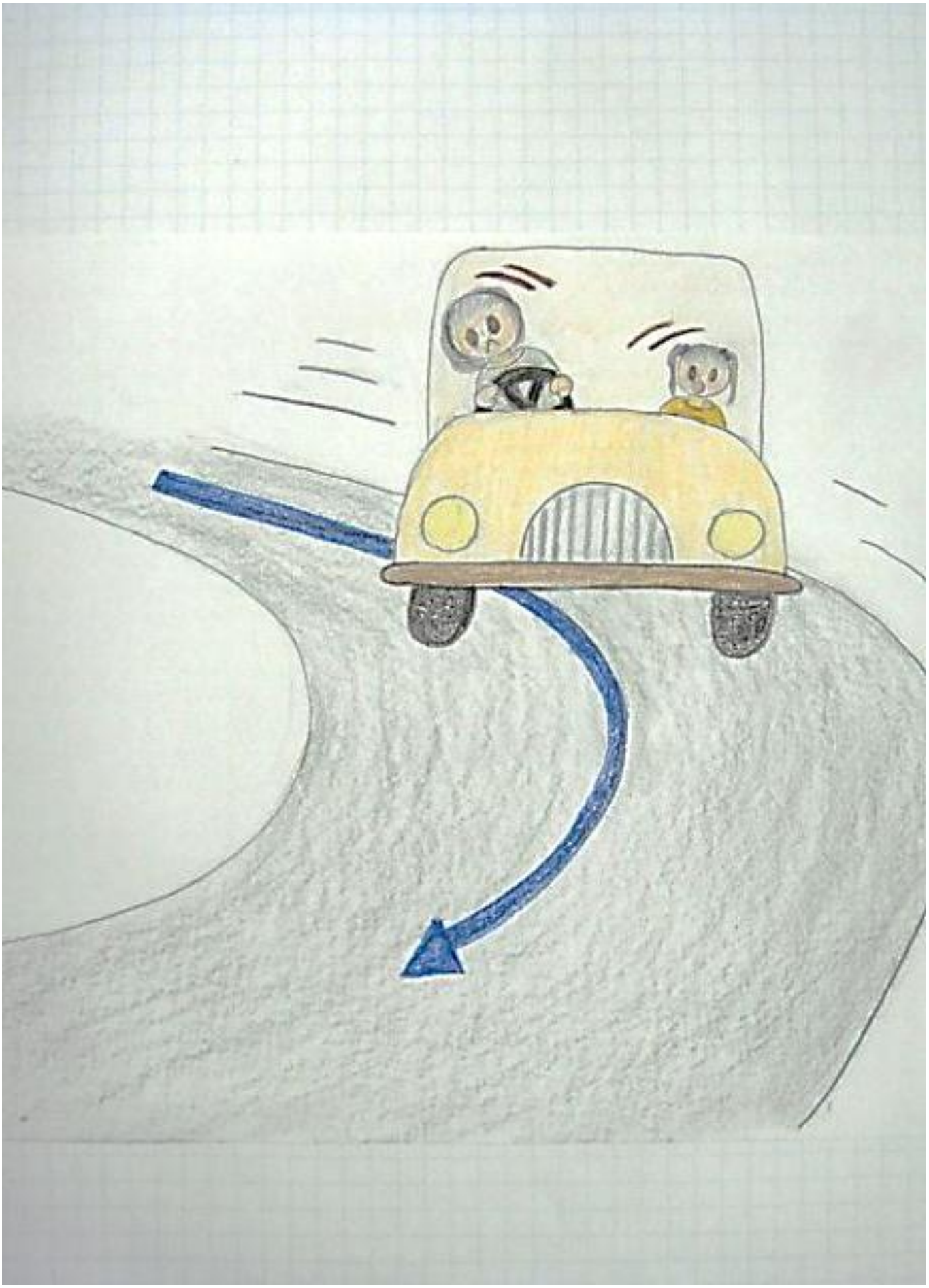
- 予想した通り大きいループと小さいループでは、体に感じる遠心力にちがいがあった。

わかったこと（実験1.2）

・ループを回る時に外側にかたむいたり、内側にかたむいたりするのは、どちらも遠心力によるものである。

・外側にかたむくのは、遠心力に体をまかせても安全なとき。
内側にかたむくのは、安全のため遠心力にうち勝とうとする体の反射的な動きである。

・大きいループより小さいループの方が体に感じる遠心力に変化がある。
小さいループの方が、遠心力が大きいとわかった。



疑問

ループを回る時外側にかたむいたり、内側にかたむいたりするのは、なぜだろう。
外側にはたらく遠心力とどのように関係しているのかな？

調べたこと（実験1.2）

・車にゆったりと乗せてもらっているときは、遠心力に逆らわずに、外側にかたむく。しかし、運転手や走っている本人は、体が外側にかたむくと、運転できにくくなったり、走りにくくなったりするため遠心力にうち勝つために、反射的に体を内側にかたむける。

気づいたこと

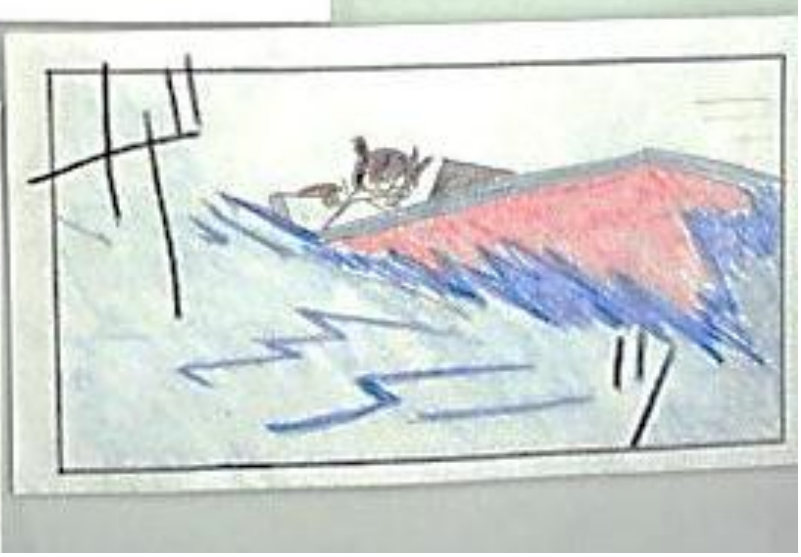
名探偵コナン「水平線上の陰謀」で少年探偵団とボートにのりこんだコナンがスピードをあげて犯人を追跡した時、コナンは少年探偵団に

「左へ寄れ!!」

「今度は右だ!!」

と方向を指示していた！
まがりやすくするために言っていたと思ったけれど、少年探偵団が遠心力でふり落とされないようにするために言っていたんだね。さすが、コナン！

「名探偵コナン
水平線上の陰謀（ストラテジー）」より



実験 3

カップに豆を入れて、大きいループと小さいループを回して比べよう。

目的

・カップから豆が落ちないように回す時、大きいループと小さいループでは回す速さに、ちがいがあるのだろうか。

用意するもの

・カップ（とう明な入れ物）
・豆　・たこ糸　・きり

方法（写真①）

・とう明な入れ物の両わきに穴をあけ、糸をしっかり結びつける。
・糸のはしを持って上下にふり回してみる。
・糸の長さをかえる。（小：半径10cm、大：半径50cm）
・豆が落ちない速さでカップを回す。

予想

・豆が落ちないように回すとき、大きいループはゆっくり回しても落ちず、小さいループはゆっくり回すと豆が落ちると思う。

・小さいループの豆を落とさないようにするには、速く回せはいいと思う。

・実験1、2から大きいループより小さいループの方が遠心力が大きいことがわかり、遠心力を大きくするためには、速く回して小さいループにした方が良いと思う。

結果（写真②～⑤）

・予想通り、大きいループよりふさいループの方が、より速く回さないと豆が落ちてしまいそうだった。

②

③

④

⑤

考察（実験3）

大きなループより小さいループの方がより速く回さないと、豆がこぼれ落ちてしまう。つまり、より力がかかっているのは、小さいループであると考えられる。

わかったこと（実験3）

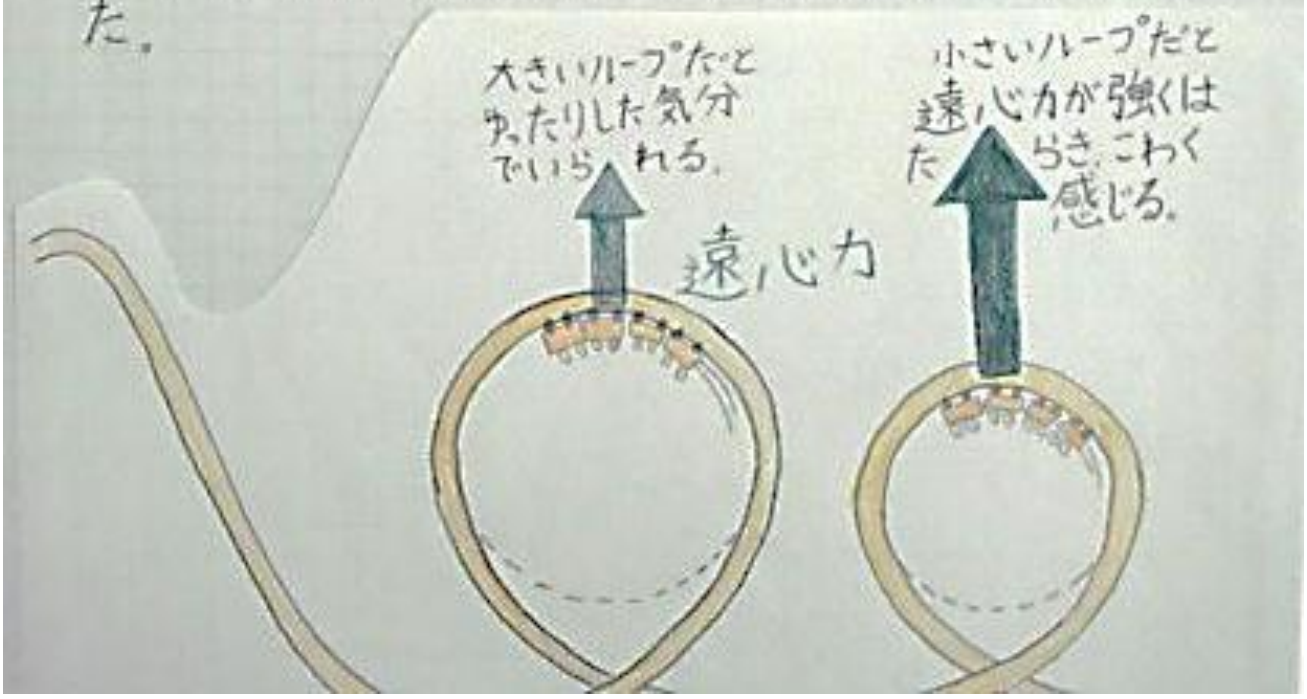
- 大きいループと小さいループでは、回す速さにちがいがあるとわかった。
- 大きいループより小さいループの方が回す速さが速く、遠心力も大きいとわかった。

わかったこと（実験1.2.3）

ループコースターに大きいループと小さいループがある秘密

- それは、遠心力の体感のちがいを楽しむための工夫であるとわかった。

- 大きいループより小さいループの方がスピードが速くなり、遠心力も強くなるため、体がグーッと外側におしつぶされるような感覚を味わうことができる。これにより小さいループの方がよりこわく感じることになるとわかった。



3

ループコースター
のループはナゼ
まんまるじゃないの?

ディズニー
カリフォルニア
アドベンチャー

富士急ハイランド

スペースワールド

選んだ理由

ループコースターをよく見た時に円がまん丸ではなくだ円である事に疑問を抱いた。
ループの形には、どんな秘密があるのだろうか。

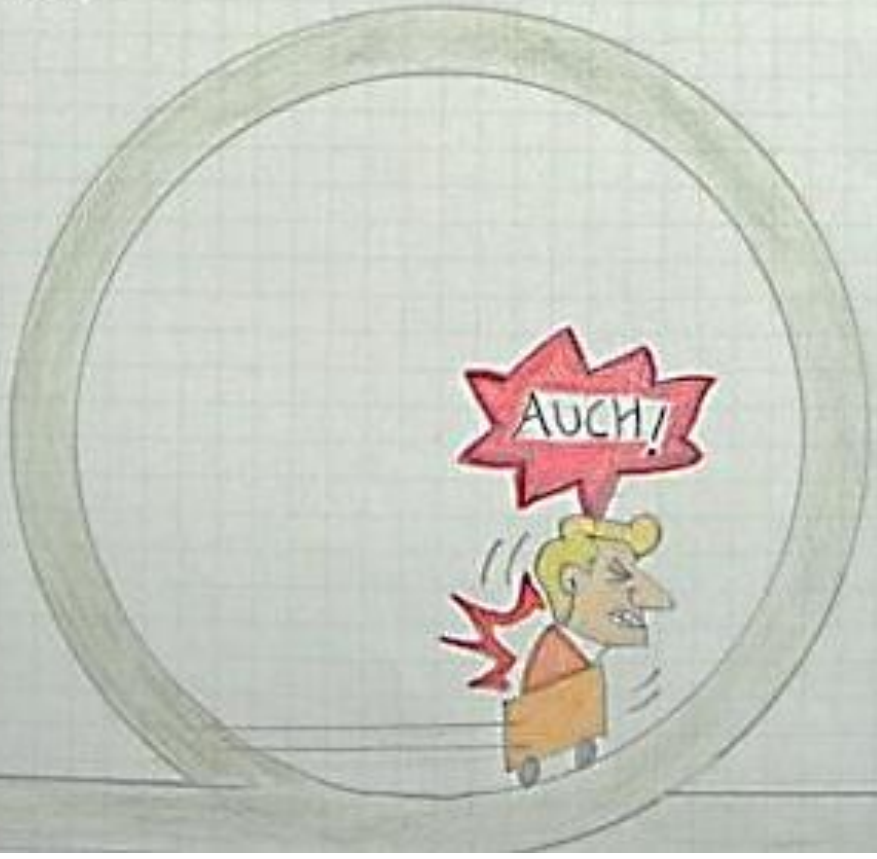
↓

調べてみる。

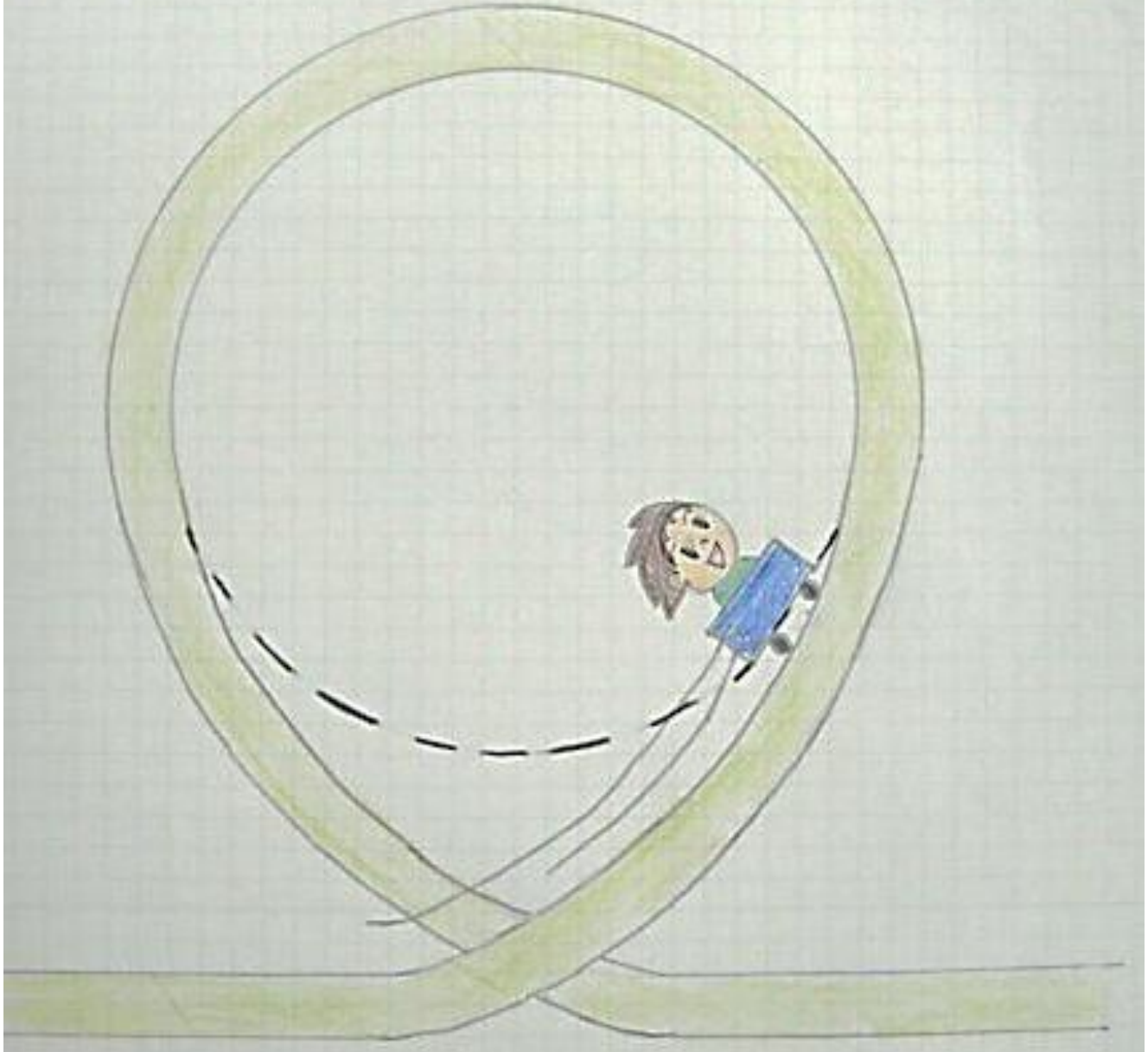
調べたこと

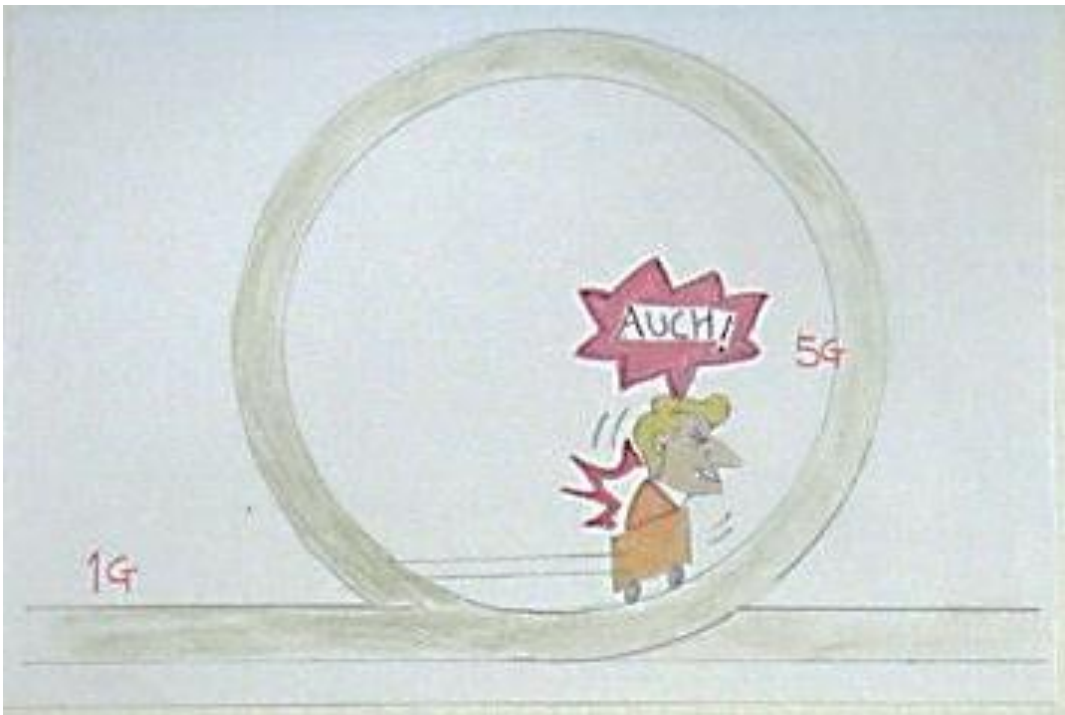
・ループコースタの設計について

・ループコースターが世界で初めて登場したのは、1895年のアメリカ。
このとき、ループがまん丸（真円）だったので、ムチウチ症になる人が続出し、すぐに取りこわされたそうだ。これにより、まん丸のループは危険だと分かり、だ円形のループコースターが開発された。

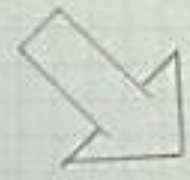


・体にかかる力が序々に変化していくなめらかな曲線だと、それだけ体への負担が少なくなる。
この曲線をクロソイド曲線という。

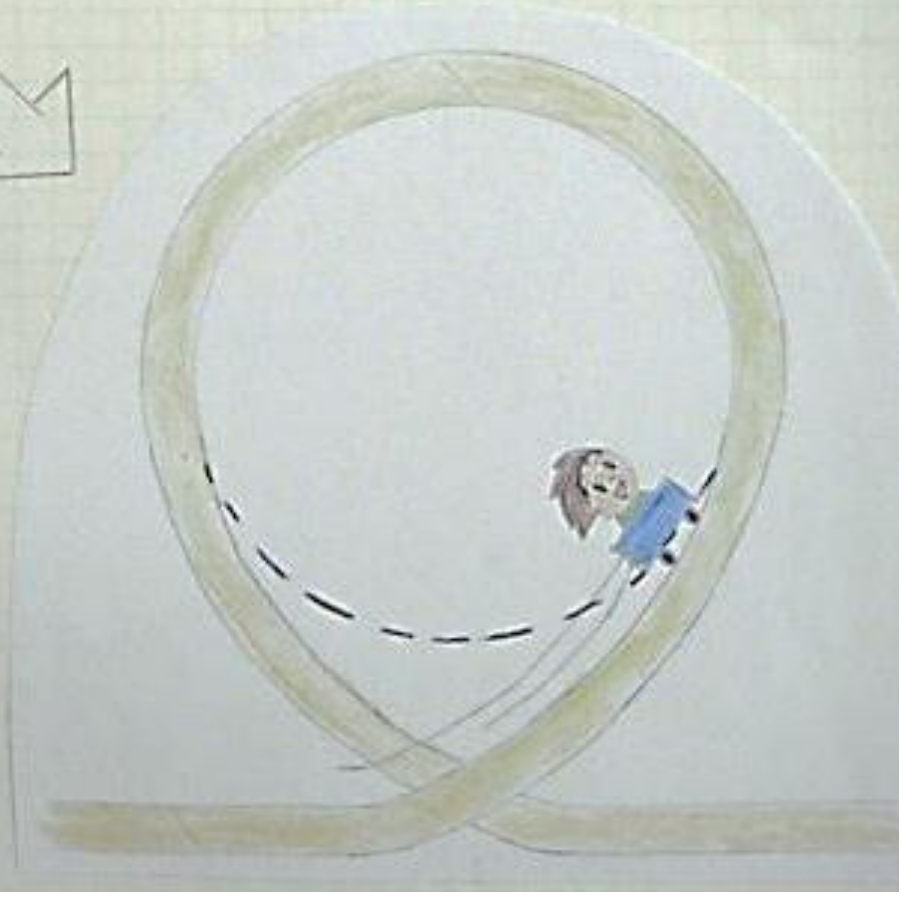




直線部分の重力は1Gだが、ループに入ると急に5G位になる。この急げきな変化は、しょうげきが大きすぎて危険。



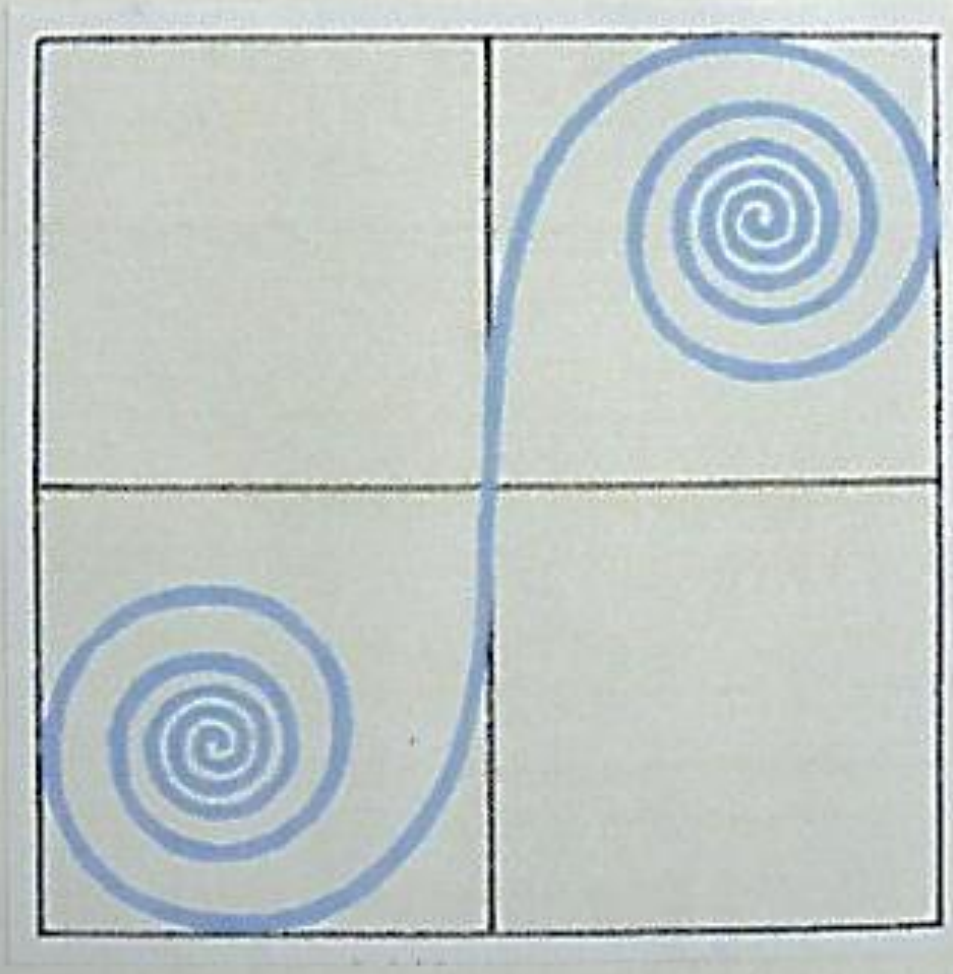
人間には、優しい変化が必要。



クロソイド曲線

車のハンドルを一定の速さでゆっくり回し続けると、単純な円ではなく、図1のようなうずまき曲線になる。

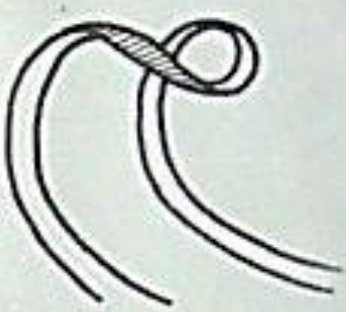
図1



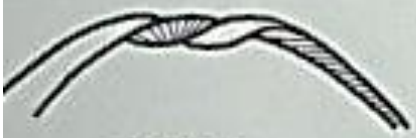
ジェットコースターの
クロソイド曲線

コークスクリュー

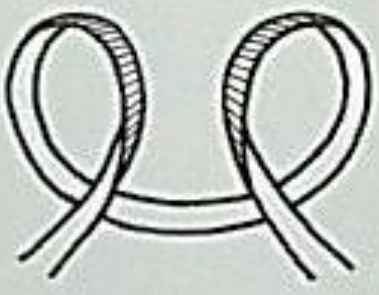
ダイビングループ



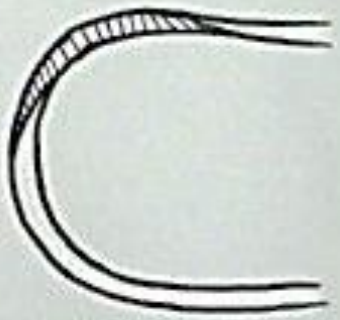
コブラロール



ゼロGロール

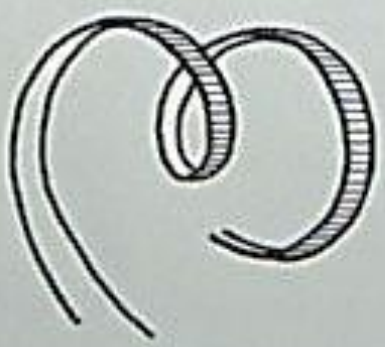


バットウィング



ツイストタイプ（ダイブドロップ）
／上から下へ
インメルマン／下から上へ

ハートラインロール



シーサーペント

傾斜ループ

探　査　1

身の周りのクロソイド曲線を探してみよう.

目的

身の周りにもクロソイド曲線があるのか探す.

方法

- 身の周りのものについて探る.
- 本やインターネットで調べる.

結果

貝がら

オウム貝

台風

銀河

動物の角

羊

植物

アロエの葉

ふうせんかずらのつる（自宅にて）

ヤギ

シカ

トナカイ

道路

高速道路（宮野木ジャンクション）

実験 1

リンゴの皮をむいてみよう。

目的

リンゴの皮をむいてできる形はどんな形だろうか。（リンゴ＝球形）

用意する物

・リンゴ　・果物ナイフ

方法（写真①）

リンゴを回転させながら、球形にそって途切れないように皮をむく。

予想

リンゴの皮はうずまき状になると思う。
小さいうずまき→大きいうずまき→小さいうずまきとなって重なると思う。

①

結果（写真②、③）

・クロソイド曲線ができた。

②

③

むいたリンゴは、
後でおいしくいただきました。

7示（写真④⑤）

- 予想通り、うず巻き状になった。皮を広げてみると、クロソイド曲線ができていた。

- 他にも球形をしている野菜（じゃがいも）をむいてみたところ、同じ結果だった。

↓

- 人の動作にあわせてじょじょに自然なクロソイド曲線ができたと考えられる。

④

⑤

わかったこと（探査1、実験1）

・動物の角や貝からのうずまき、植物のつるなど、自然界にもクロソイド曲線がたくさんあった。この曲線は、生命がもっている成長や強さ、しなやかさ、やさしさの表現なのかもしれないとわかった。

・球形をしている果物や野菜を一定の割合でゆっくりと包丁をまわしていくと、クロソイド曲線ができるとわかった。

ループコースターの形の秘密

- ループコースターのループは、体にかかる負担を少なくするために真円ではなく、だ円である。

- クロソイド曲線の一部がループコースターやジェットコースターの曲線部分に用いられており、スリルと安全という一見、矛盾する要求をかなえてくれるのだ。

スペースワールド

気づいたこと

そういえば…

レイジングスピリッツは

…　頭の両側、体全体がしっかり固定されていた。それに、「頭をしっかり座席につけるように」とも言われた。これは、真円に近いから、ムチうちの予防なのかな？

4

ループコースター
をつくってみよう。

選んだ理由

今までの実験でループコースターの秘密にせまってきた。

昨年取り組んだ「ジェットコースターの不思議」の中で、ジェットコースターの走りぬける力について取り組んだこと。この2つを用いてループコースターをつくってみたい。と思った。

※ジェットコースターの走りぬける力を位置エネルギーという。

[資料2]

目的

ループコースターの大きさや円の形や位置エネルギーを工夫して、何回転のループコースターがつくれるだろうか。

用意する物

・プラスチックのモール　・板
・ビー玉　・カッターナイフ　・木ねじ（小）
・きり　・プラスドライバー

方法

①モールの長さを変えて切る。

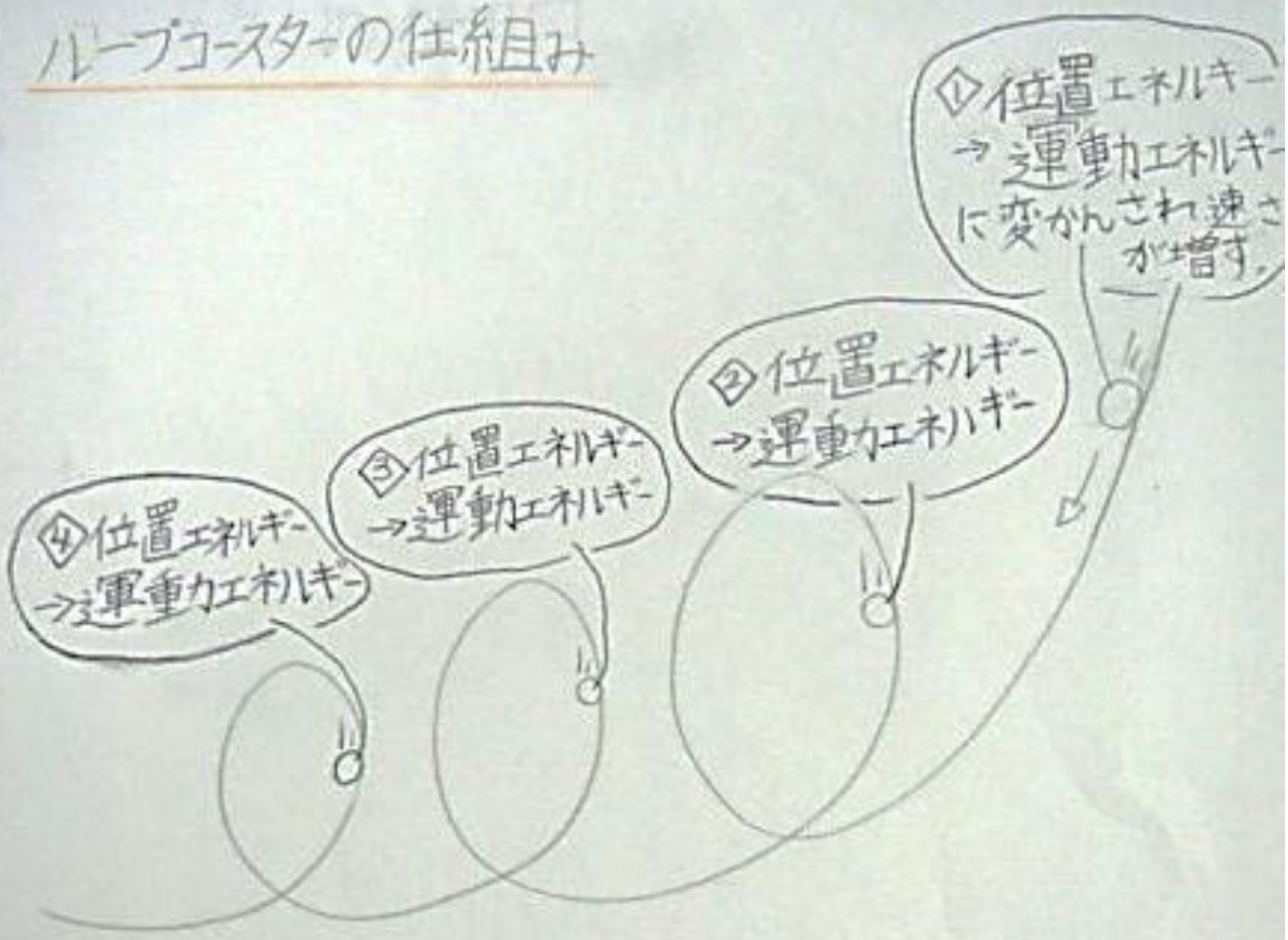
②位置エネルギーをつくる一番長いモールを板のはしに固定する。

③2番目の長さモールを丸めてループをつくり固定する。ビー玉を転がし、スムーズに流れるように、レールの曲がり具合などを調整する。

④3番目、4番目…と同じように固定し、調整する。

⑤ビー玉落とす最初の高さを変えて、ビー玉をすべらす。
ビー玉が外れたら、レール曲がり具合など調整する。

ループコースターの仕組み



工夫すること

- 位置エネルギーが充分得られるように初めの斜面を長くする。
- 位置エネルギーが減っていくので大きいループから小さいループにしていく。

ループコースター完成（写真①②）

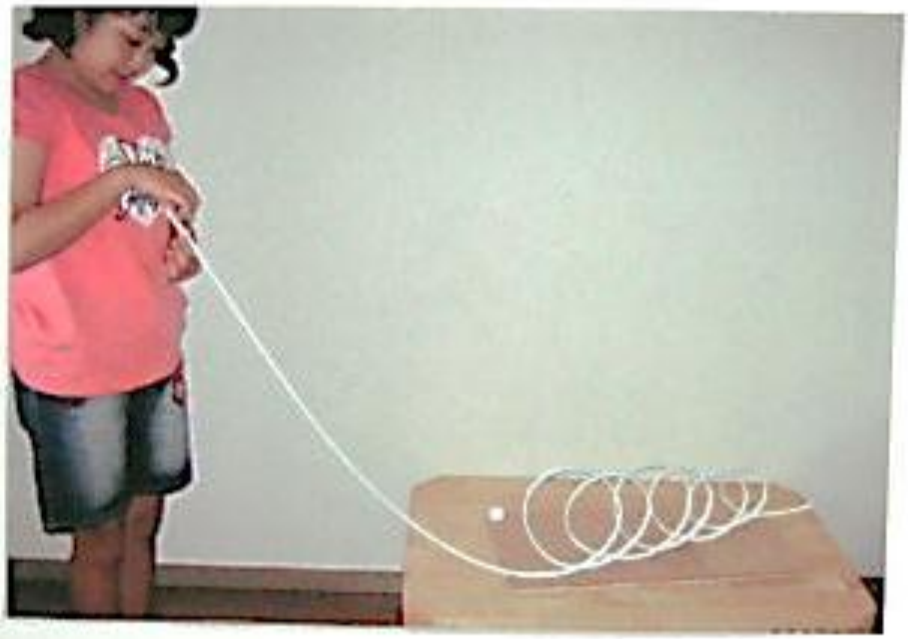
・6回転ループコースターが完成した。

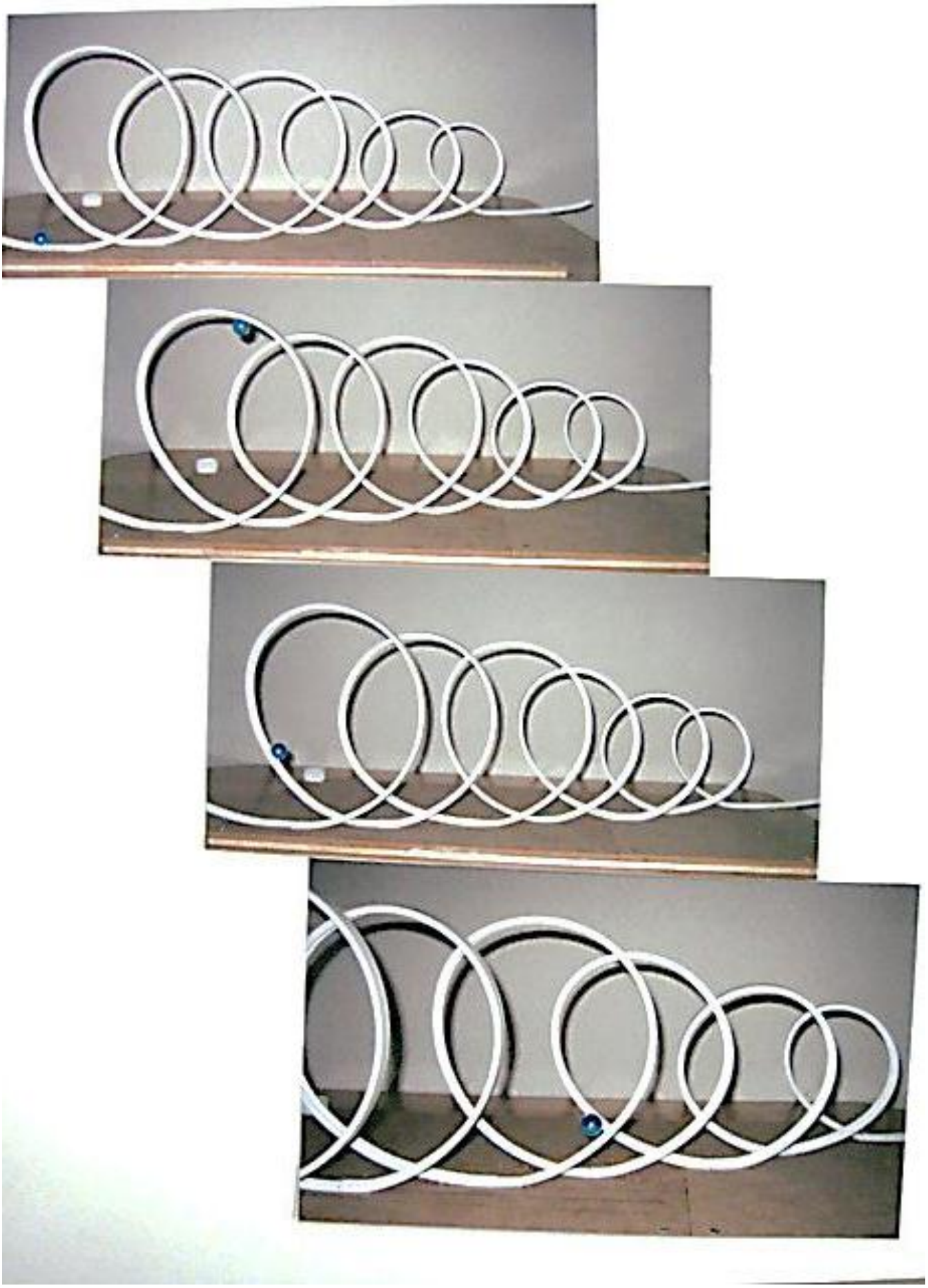
①

②

スタートの時高さを調整して、6回転分の
位置エネルギーをつくる。

↓





わかったこと

・何度も調整をくり返しながらつくったところ、位置エネルギーのえかたによる（しゃ面の長さや角度）運動エネルギーの変化でスピードや回転回数が変わるとわかった。

・位置エネルギーが大きければ小さいループから大きいループを回ることもできたが、ループの数が少なく、なってしまった。

・大きいループから小さいループだとエネルギーの変かんを続けながら6回転までつくることができた。

※ ジェットコースターの走りぬける力を位置エネルギーという。 【資料2】

5

遠心力と関係ありそうな物を探そう!

～遊園地、テーマパークの乗り物・身の周りの物～

[1] ローター

〈実験1〉

[2] 綿アメ

[3] 洗濯機

[4] 科学捜査

[5] 人工衛星

[6] チェーンタワー

〈実験2〉

選んだ理由

遊園地やテーマパークの乗り物は、ループコースターの他にも、回転する乗り物の楽しさは、遠心力とどのように関係しているのか。

また、身の周りの回転するものについても、遠心力とどのように関係しているのか、知りたいので調べることにした。

5 -[1]

ローター壁にぴったり

くっつくのは ナゼ?

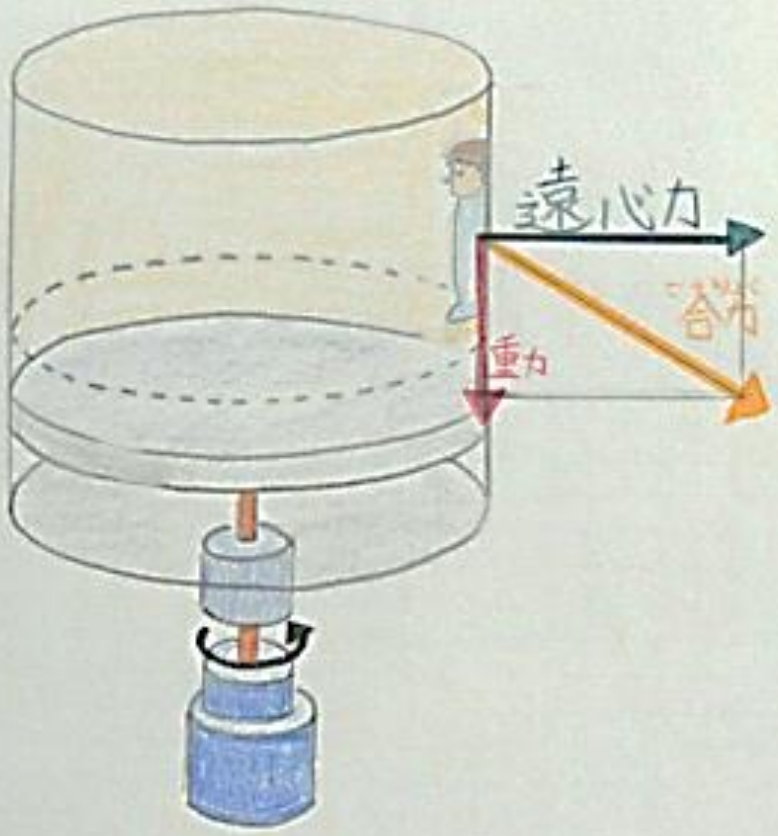
遠心力と関係あり?

ローター

ローターという乗り物は、円柱状の部屋の中に人が入り部屋全体が回転する乗り物。部屋全体が回り始めると、壁際にいた人は、壁にペタリとはりつき、まん中にいた人も、壁側におされる。

回転が速くなるにつれ、壁に顔まで横向きにはりつき、と中で足元のゆかが下がっても、人は壁にはりついて落ちなくなる。

調べたこと



実際に感じるのは、遠心力と重力を合わせた合力で、ななめ下におしつけられる。

遠心力によって、背中と壁の間に摩擦力が生まれる。

摩擦力が下向きの重力にうち勝つため、人間は下に落ちない。

表面がツルツルした摩擦の少ない服を着ていると、ズルズルと下へ落ちてしまう。

実験 1

雨傘を回して遠心力を確かめよう。

目的

ローターは、1、2で取り組んだ遠心力を用いた乗り物。しかし、ループコースターやエンタープライズは垂直方向に回転し、遠心力を楽しむ乗り物であるが、ローターは水平方向に回転する遠心力を楽しむ乗り物であるだろう。

水平方向に回す時の遠心力はどのようなものだろうか。

用意する物

・傘　・水

方法

水にぬれた傘をクルクル水平方向に回してみる.

予想

・水が外側に飛ぶと思う.（図1）

傘を上から見ると…。（図2）

図1

図2

結果 （写真①.②）

・回してる方向に水がななめに飛んでいった.

①

②

考察

・予想通り、水滴がはじかれてななめに飛んでいった. 回した方向＝外向きの方向へ飛んでいったと考えられる.

わかったこと（実験1）図34

・雨傘を回すと、水滴は回した方向外向きの方向へ飛んでいく。

これも外に引っぱられる力＝遠心力だとわかった。

図3

図4

5 − [2]

綿アメが回って作られるのはナゼ？

調べたこと

写真1

綿アメと綿アメ製造機

綿アメのもと（ザラメ）を穴の開いた円形の缶に入れて、勢いよく回すと、ザラメの液体が遠心力で外に飛び散っていく。

これが、周りの空気で冷やされて固まり、綿のような細い糸ができるのである。

綿アメ製造機内部

5-[3]

洗濯機 脱水コースが回るのは ナゼ?

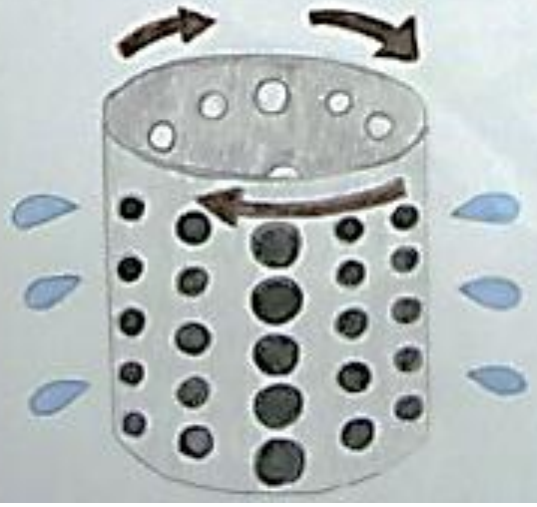
調べたこと

家にある洗濯機を開けて中を見ると…

筒状の壁面に小さな穴が開いている。

脱水コースでは、この筒を勢いよく回して、洗濯物の中に含まれている水分を、穴から外にはじき飛ばしている。

このカも遠心力である。



気づいたこと

そうか。だから洗濯機から洗濯カゴに洗濯物を移そうとして、ふたを開けた時に洗濯物が壁にくっついていたんだね！

5 -[4]

遠心力と科学捜査

調べたこと

警察の犯罪捜査にも遠心力が利用されている。

被害者や犯人のＤＮＡを調べる時に、遠心分離機が使われる。

犯行現場に残された血液などの証拠品に含まれるＤＮＡを取りだすために、証拠品と薬品を入れた小さな容器を遠心分離器にセットする。

装置は高速回転し、遠心力によって、重いものが容器の外の方へとかたよる。

これをくり返していくと、やがてDNAが取りだせる。

このDNAによって被害者や犯人が明らかになり、多くの事件が解決されている。

遠心分離器

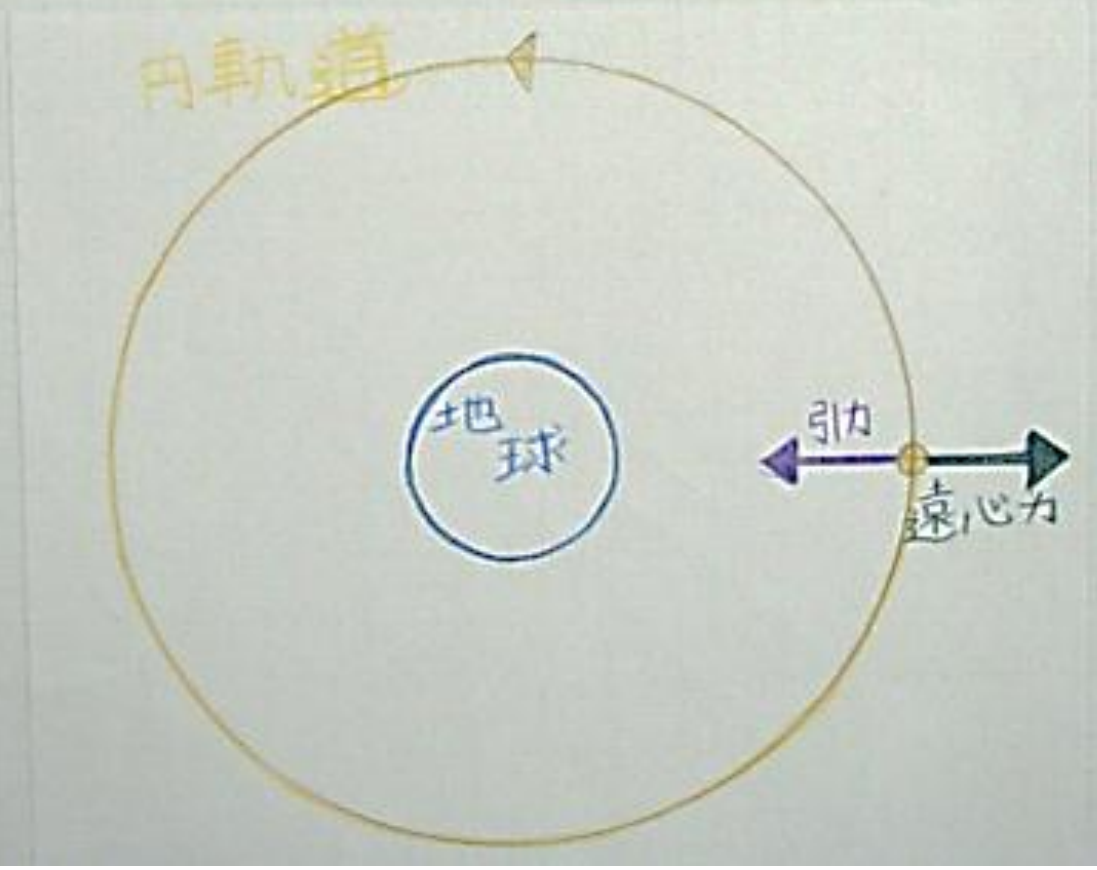
5-[5]

遠心力と人工衛星

調べたこと

人工衛星が落ちてこない秘密

人工衛星は地球の周りの円軌道に入ると、地球の引力と遠心力がつり合った状態になるから、落ちてこないのである。

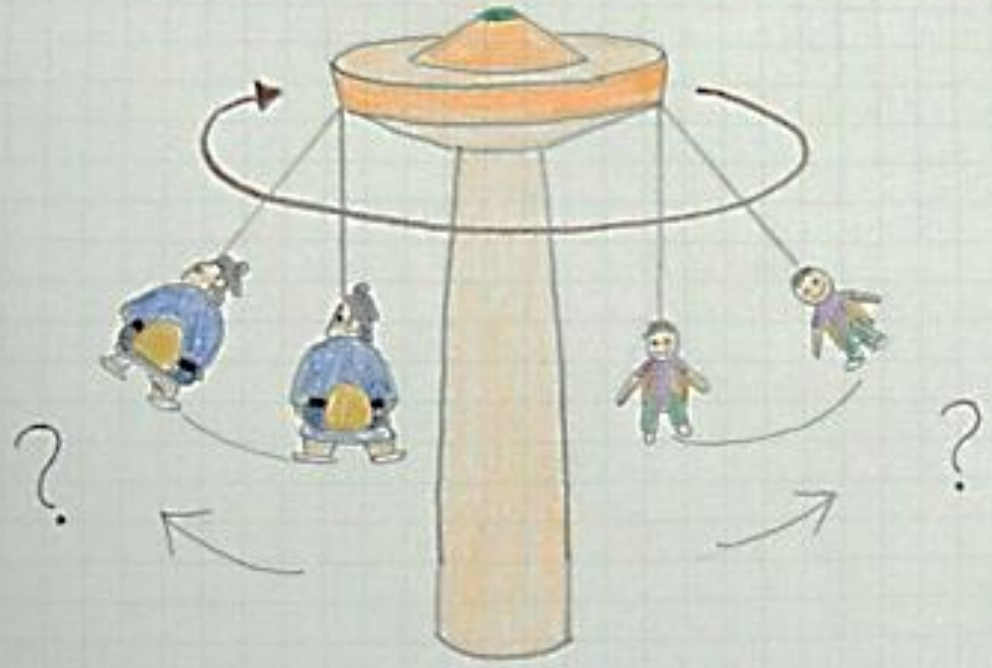


5 -[6]

チェーンタワー、大人と子供で
どちらが高くあがる?
遠心力と関係あり?

チェーンタワー

チェーンタワーは、アームの回転が速くなるにつれ、座席が外側に広がってしたいに高くまいあがっていく乗り物。



チェーンタワー

実験 2

重さのちがうスーパーボールどちらが高くあがる？

目的

チェーンタワーは、ローターと同じく、水平方向に回転する遠心力を用いて、高くあがる乗り物であるだろう。

水平方向に回すときの遠心力は回す物の重さやループの大きさに関係があるのだろうか。

用意する物

- スーパーボール
- マジックテープ
- きり
- ペットボトル
- ペットボトルのふた
- 板
- 両面テープ
- 接着剤
- カッターナイフ
- はさみ
- ガチャポンのカプセル
- たこ糸
- まる型の棒
- フック

方法（写真①～⑥）

・大小のスーパーボールにフックをつけて糸で結び、ペットボトルのふたに穴をあけて、糸を通す。このふたを棒にはりつけて実験用具（チェーンタワーのようなもの）を作る。

① 糸の長さを変えてみる。（大小のルーフ

② ボールの大きさや、重さを変えてみる。

③ 回転の速度を変えてみる。

☆①～③については、角度と高さを予想する。

(1)(3)①

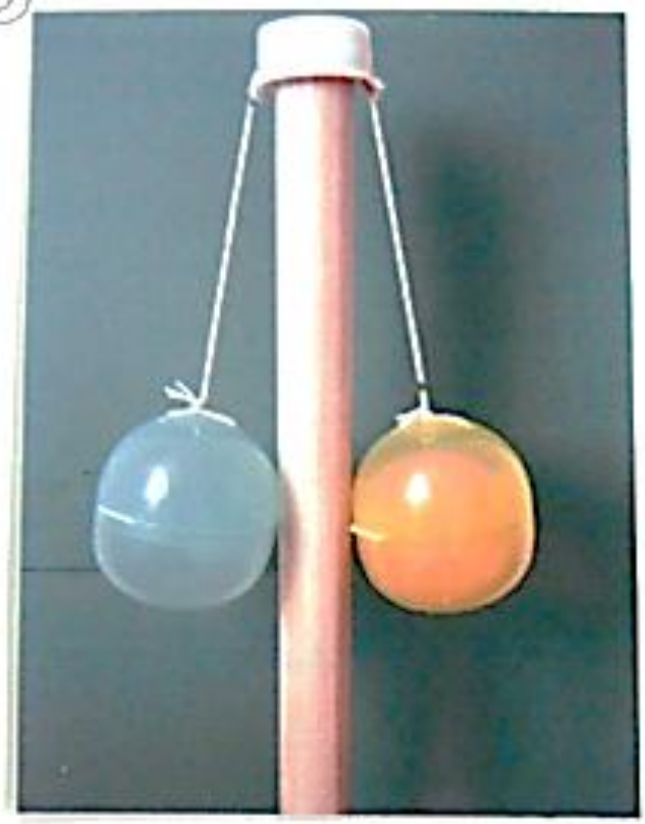
(1)②

(2)③

(2)④

(4)

⑤

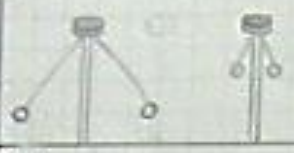
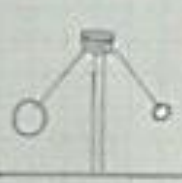
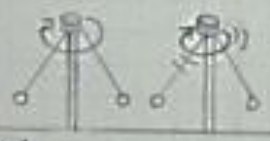


重りを入れて、
片方を重くする。

⑥

予想・結果

表1 実験2の予想と結果

条件 ＼ 角度・高さ	予想	結果	写真
(1) ・同じ大きさのボール ・大小のハープ 	・ボールは2つとも同じ角度高さで回る。 ・大より小ハープの方が少し高くなる。	予想通りだった。	⑪ ② ⑩ ⑪
(2) ・ボール大(重)・小(軽) 	回実験1.2から、2つとも同じ高さ、角度	予想通りだった。	③ ④ ⑫ ⑬ ⑭
(3) ・同じ大きさのボール ・回転速いおそい 	回実験1.2から、速い方が遠心力が大きいとわかったので、速い方が高くわかる。	予想通りだった。	① ⑮ ⑯
(4) ・重さがちがう同じ大きさのボール ・回転 速いおそい 	・重い方が低くなる。 ・速い方が2つとも高くなる。	速くなるにつれて高くなっていき、2つとも同じ高さになった。	⑤ ⑥ ⑰ ⑱

⑦

← 筒の先とペットボトルのふたの内側にそれぞれマジックテープをつけ、条件ごとに着脱できるようにする。

⑧

回しやすいように、ペットボトルに入れる。→

⑨

← 両あしで、しっかりと板を固定して棒を回す。

(1)

・同じ大きさのボール
・大小のハープ

⑩

⑪

(2)

・ボール大(重)・小(軽)

⑫

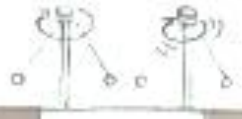
⑬

⑭

(3)

・同じ大きさのボール

・回転速いおそい



⑮

⑯

(4)

・重さがちがう同じ大きさのボール

・回転速いおそい

⑰

⑱

考察

- 予想通り、速度が同じならループの大小に関わらず、同じ角度高さで回った。高さは、小さいループの方が高くなった

- 速くなると、ボールは外側に広がって上にあがっていった。

- 予想通りボールの大小、重さに関わらず同じ角度、高さで回った。

わかったこと（実験2）

- チェーンタワーは、遠心力で高くまいあがり大人も子供も同じくらいの高さにあがる。

- 遠心力は重さに比例して、平等にはたらき、重い人には強い遠心力がはたらいて、軽い人には弱い遠心力がはたらいて、同じ結果が得られる。

- 人が乗っていなくても、お相撲さんが乗っていてもみんな同じくらいの高さにあがるとわかった。

わかったこと

遠心力は私達の周りでどのように関係し、活かされているのかを調べたところ、遊園地の乗り物には、遠心力を用いてスリルと安全をかね備えた乗り物、ローターやチェーンタワーがあった。身の周りには、洗濯機から科学捜査、綿アメ、人工衛星等、遠心力が用いられた物が数多くあった。

思った以上に遠心力は私達の生活に深く関わっているとわかった。

6

資料

〔資料1〕 ジェットコースターのG

〔資料2〕 ジェットコースターの走りぬける力

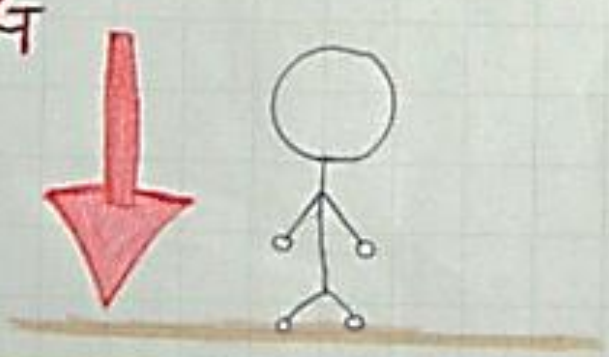
『ジェットコースターの不思議』（2012年、自由研究より）

③ジェットコースターのG

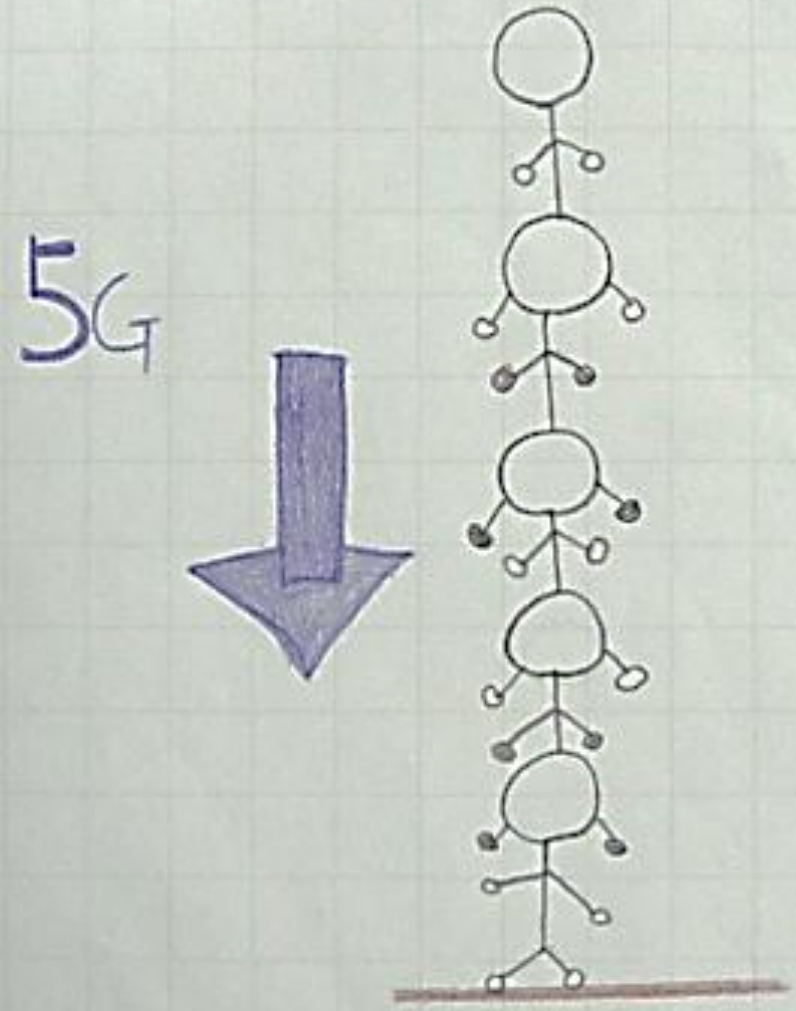
Gとは遊園地の乗り物に乗っている人に、はたらく力を表す単位です。

G ＝ 重力加速度
（地球上の重力を基準としている

地球上で私たちがふつうに感じているのが
1G



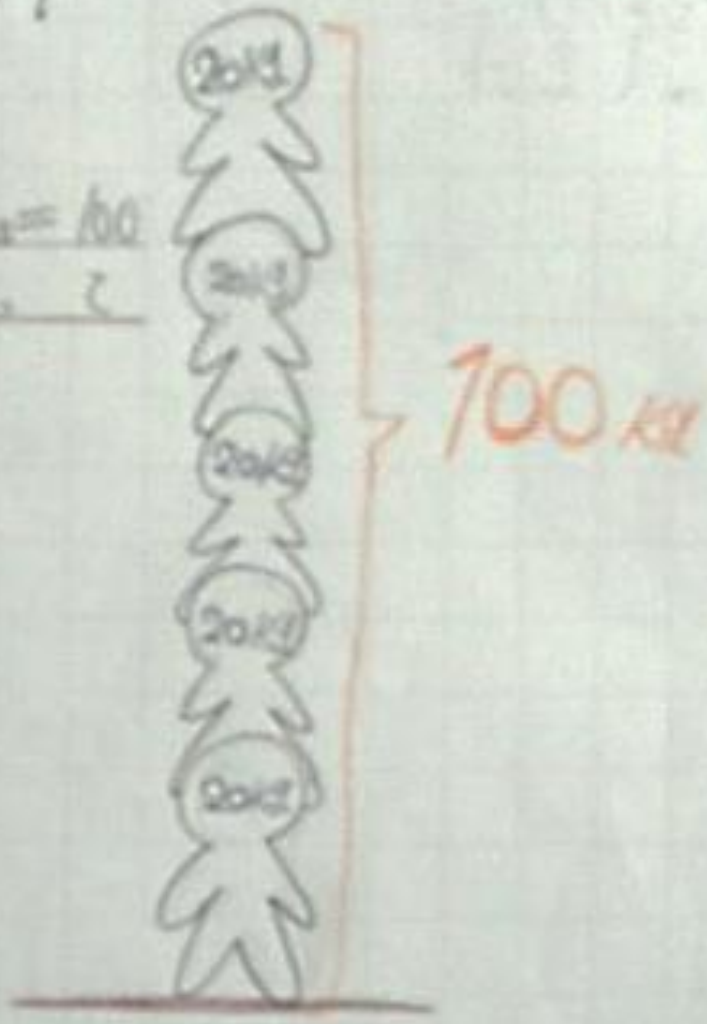
（例）5G：体重の5倍の力がかかっている。



5Gがかかっている時体重が20kgの人の場合

Q 体重20kgの人に5Gがかかっている時、体重20kgの人には一体何kgがかかっているでしょうか？

A 式 5G × 20kg = 100
100kgがかかっている。



体重が0になる　無重力
（重さがなくなる　無重量）

ゼロG

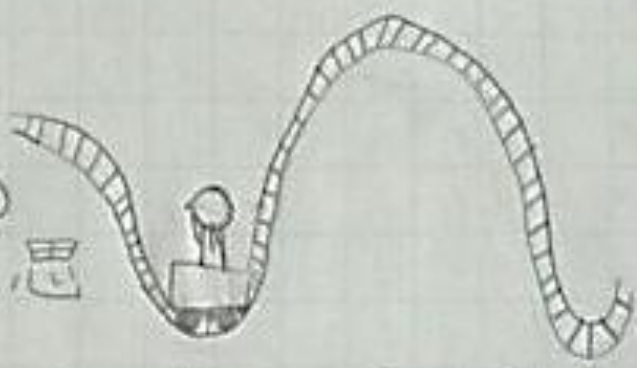
体験 1

ジェットコースターでGを体験してみよう

①ジェットコースターで強いG（圧はく感）を体験できるのは、どこだろうか。

②ジェットコースターで0G（ふゆう感）を体験できるのは、どこだろうか。

予想



①を体験できるのは
ジェットコースターの
谷へおちたところだと思
います。
理由は、谷へおちるスピードが、そのまま
のしかかってGになりそうだった
からです。

②を体験できるのは
ジェットコースターの
谷の頂上だと思います。

理由は、谷の下のGが、谷をあがる時
になくなりGからかいほうされて、ふゆう

感がうまれそうだったからです。

今まで乗った絶叫マシーンを思いだして予想しました。

東京ディズニーランド

・ビッグサンダー・マウンテン
・スペース・マウンテン
・スプラッシュ・マウンテン
・ガジェットのゴーコースター
・カリブの海賊

東京ディズニーシー

・タワー・オブ・テラー
・インディジョーンズ・アドベンチャー：クリスタルスカルの魔宮
・センター・オブ・ジ・アース
・レイジングスピリッツ

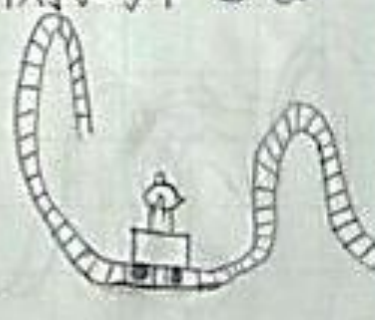
結果

〈自分で乗って感じたこと〉

東京ディズニーランドの絶叫アトラクションに意識して乗ってみたところ・・・

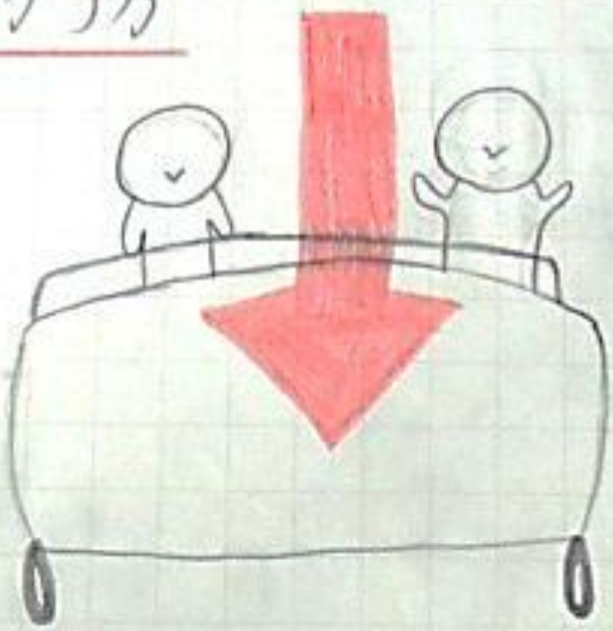
すべてに共通していることは、おちたところで、グッとのしかかる感じが少ししたことと、谷を勢いで越える時と谷からおちるときにふゆう感が感じられました。

ビッグサンダー・マウンテンとスペース・マウンテン、ガジェットのゴーコースターは、カーブもあったので、内側に引きよせられるのも感じられました。



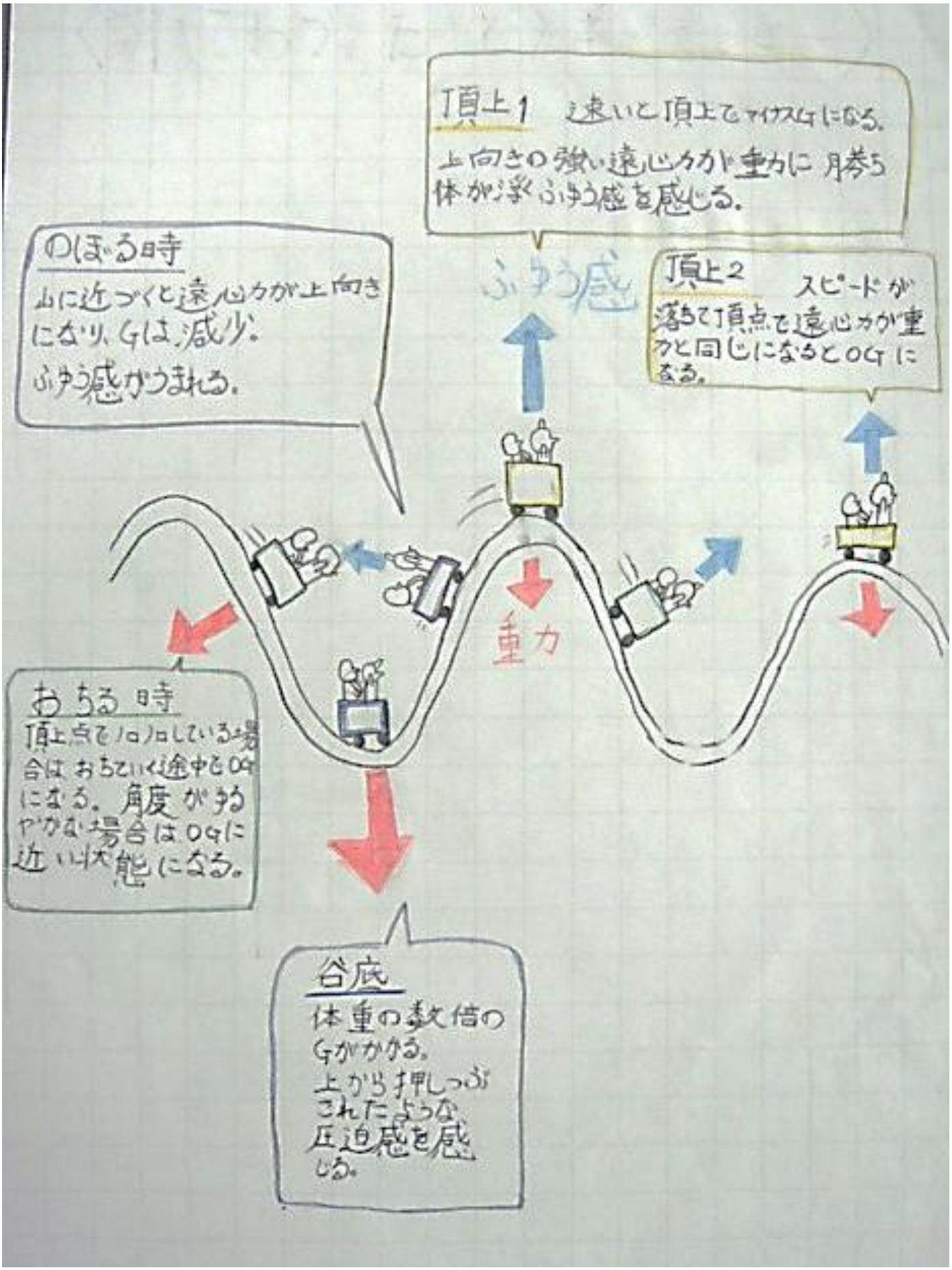
調べてみると・・・

Gのかかり方



（圧迫感）

（浮遊感）


頂上1 速いと頂上でマイナスGになる。
上向きの強い遠心力が重力に勝ち体が浮くふゆう感を感じる。
のぼる時
山に近づくと遠心力が上向きになり、Gは減少。
ふゆう感がうまれる。
ふゆう感
頂上2 スピードが落ちて頂点で遠心力が重力と同じになると0Gになる。
重力
おちる時
頂上点でノロノロしている場合はおちていく途中で0Gになる。角度がゆるやかな場合は0Gに近い状態になる。
谷底
体重の数倍のGがかかる。
上から押しつぶされたような圧迫感を感じる。

わかったこと

①強いG（圧迫感）を体験できるのは

谷底

②0G（浮遊感）を体験できるのは…

頂上

？体験からのぎ問？

前と後ろと真ん中どこに乗っても、ふゆう感やGなどの面白いところは変わるの？

△

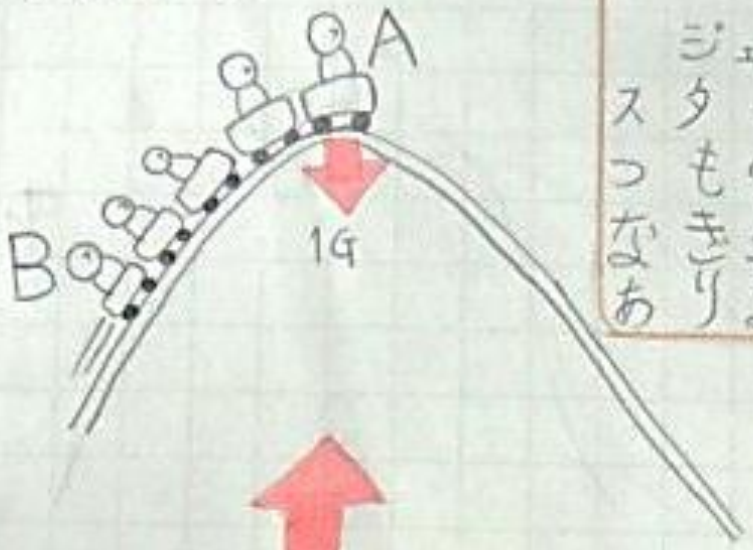
私が乗った時、
前より後ろの方がふゆう感を感じた気がしました。でも、Gがかかる感じはあまりしませんでした。

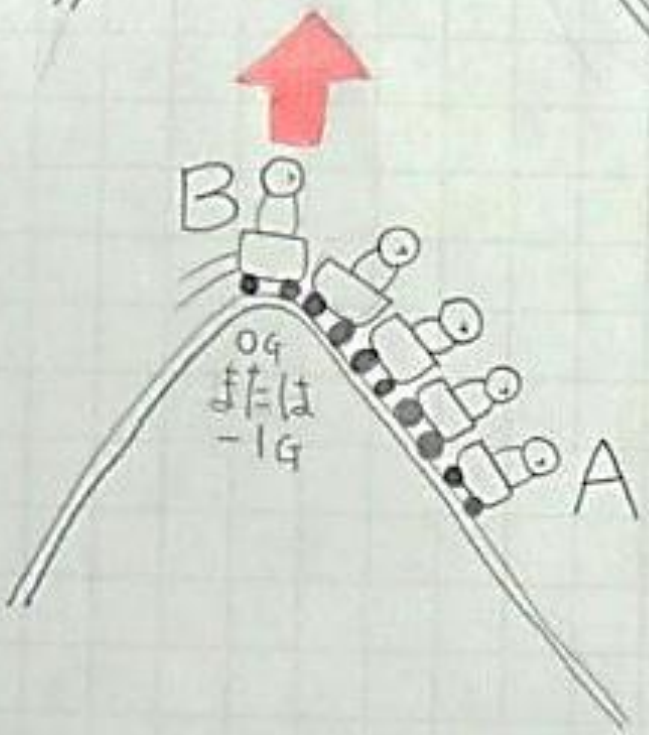
後ろより前の方がGがかかる感じがしました。でも、ふゆう感はあまり感じませんでした。

楽しいのは…
後ろかな～？

調べてみると・・・

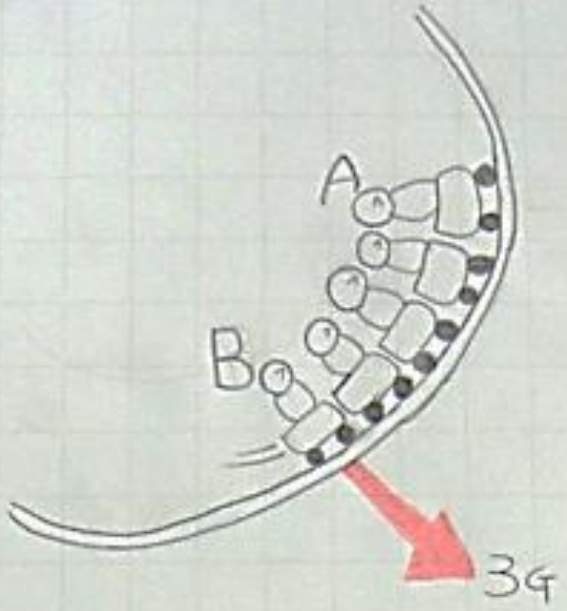
ジェットコースターは、いくつもの車両をつなぎ全長20m～30mあります。

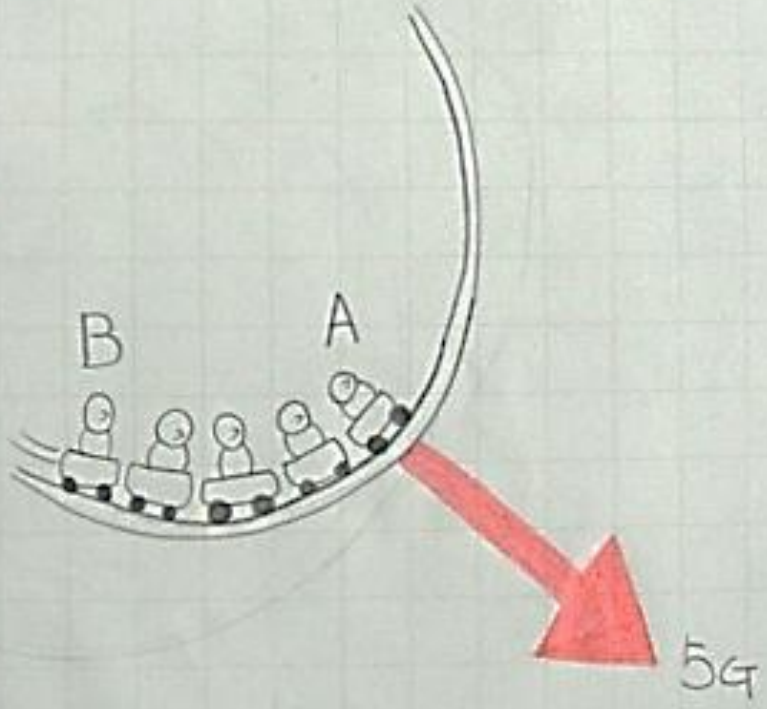




山の頂上では

頂点を通過したAは、いっきにスピードがでるはずですが、Bがまだのぼっているので、減速します。Bが頂点を通過する時には、すでにAがおちているので、Aよりスピードがでます。





谷底では
Aはのぼりはじめでスピードが落ちるはずですが、後ろからおされて加速され強いGを体験できます。　BはAのスピードが落ちているので、あまりGを体験できません。

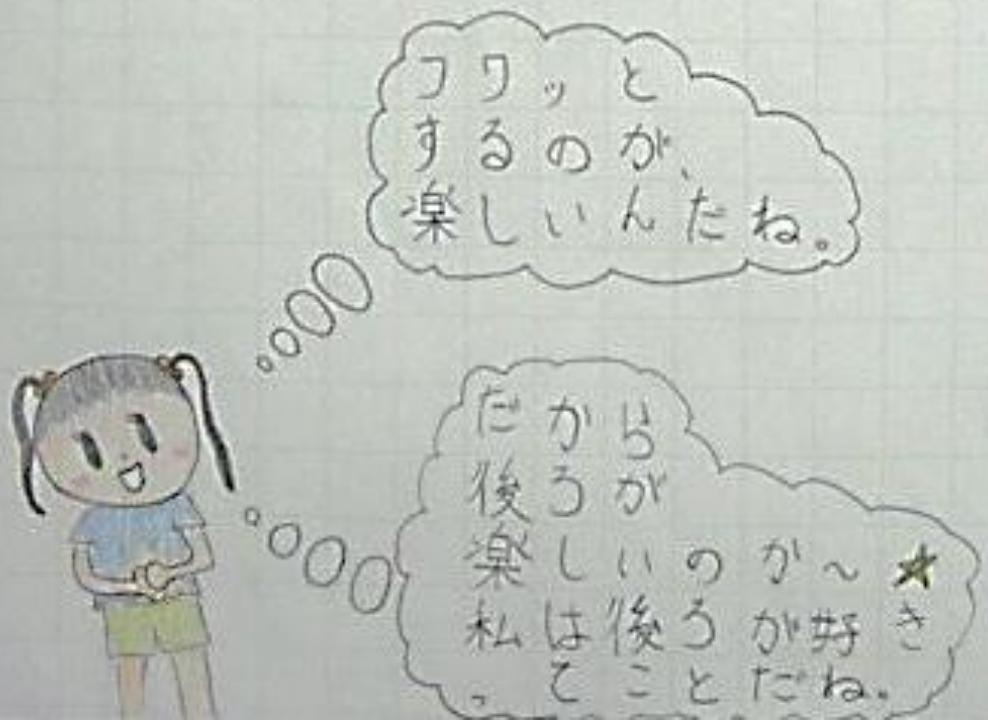
結論

・ジェットコースターの前は、Gを強く感じるがふゆう感はあまり感じない。

・ジェットコースターの真ん中は、Gもふゆう感もほどほどに感じる。

・ジェットコースターの後ろは、ふゆう感を強く感じるがGはあまり感じない。

(前と後ろは、およそ2Gの差がある。)



④ Gの魅力 ～人体に及ぼす影響～

実験 3 （VTRより）

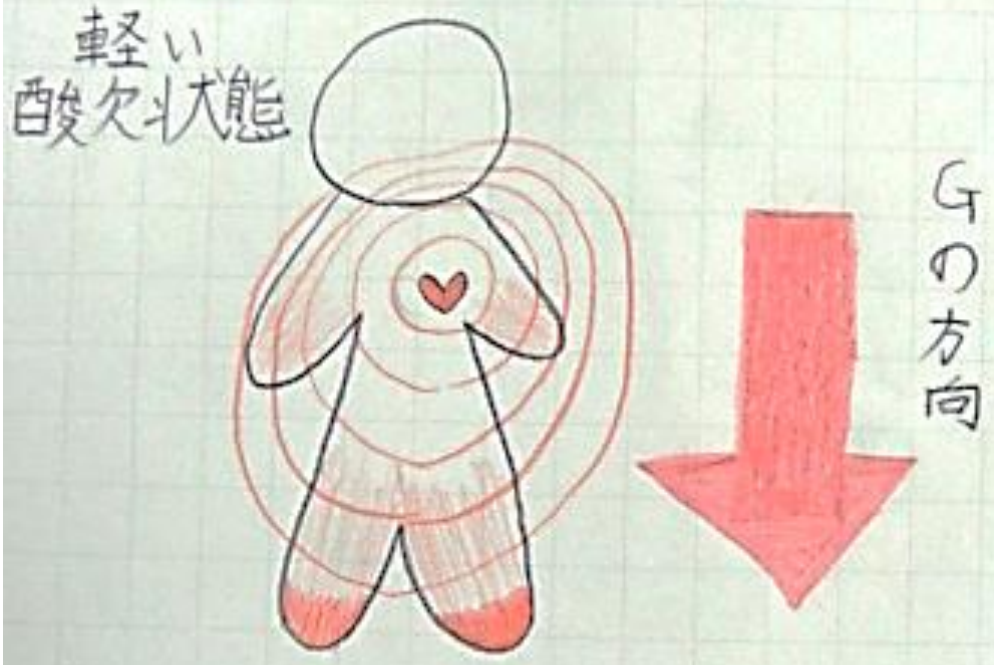
自衛隊加速度訓練装置による実験
ジェットコースターが好きな健康な大人に一人ずつ体験してもらう。1Gから少しずつGを加えていき、不快の大きなGに達したらGを解除していく。

結果　Gの強さと3人の様子　（表1）

G	Aさん 40代	Bさん 30代	Cさん 20代
4G以上	・顔がおしつぶされたようになる。 ・視野がせまくなる。（グレイアウト）		
	・目が開かない ・言葉をしゃべりにくくなる。	・苦しそうになる。 ・体がおしつぶされたようになる。	
Gを解放	・顔が元にもどる。 ・ホッとした表情になる。		
			・笑顔。 ・絶叫。

Gがかかるにつれ、脳内血量が減少。

視野がせばまり色を感じなくなったりもします。（グレイアウト）

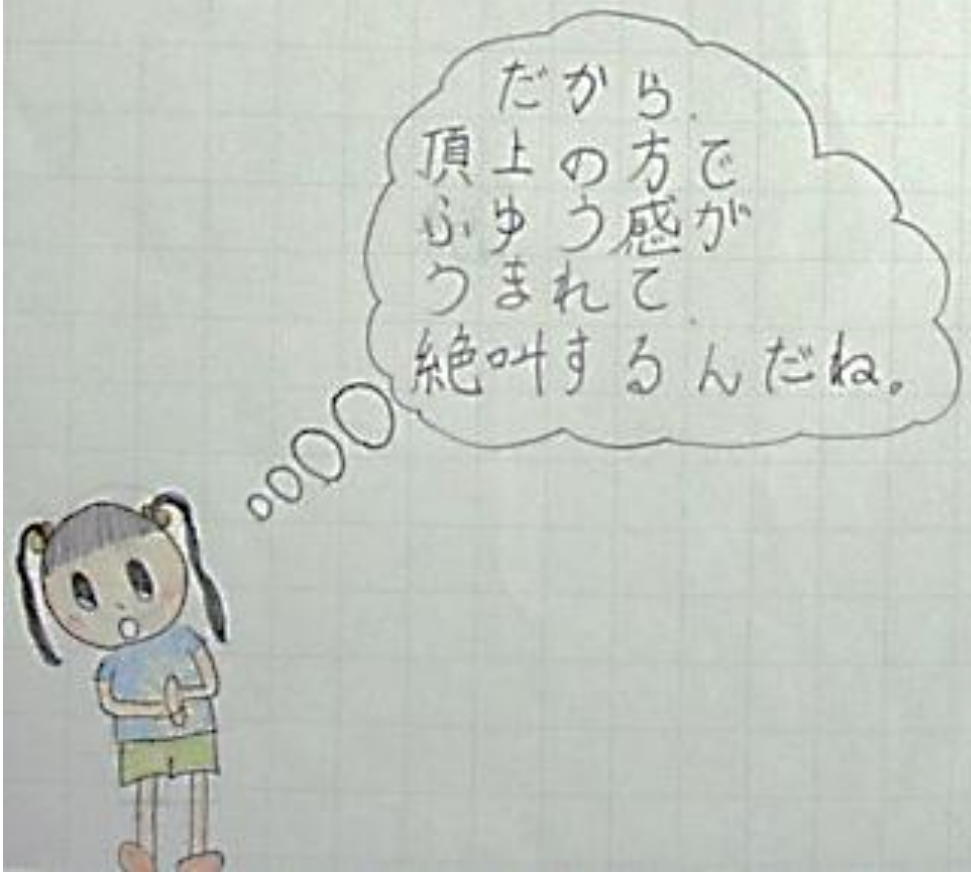


下向きにかかる強いGによって、血液が十分に流れません。

わかったこと

Gは、ある値を超えると、人に耐えがたい不快感を与えます。しかし、強いGから解放された瞬間に大きな快感へと変わります。

ジェットコースターには、小刻みに変わるG変化が大きな快感へと変わる。これがGの魅力ではないでしょうか。



②ジェットコースターが走りぬける力は？

ジェットコースターが急な坂をおりるとき、下向きの重力によって引っぱられるため、どんどんスピードが速くなっていきます。

少しでもスピードを速くさせ、最後まで走りぬける力をえるには、少しでも高いところからすべり始める必要があります。

↑富士急ハイランドにあるループコースター。最初に高いところに引きあげられて、位置エネルギーをえています。

この落差によるエネルギーを「位置エネルギー」と言います。

実験 1

高さが同じでも、斜面の角度によって、スピードは変わるのだろうか。？

用意するもの

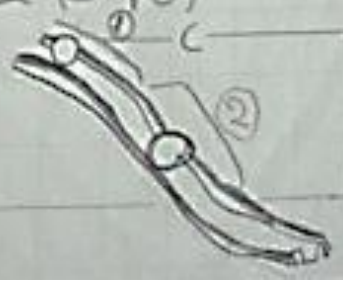
- 電気のコードをおわうモール…3個
- ビー玉
- 空き箱　・ストップウォッチ

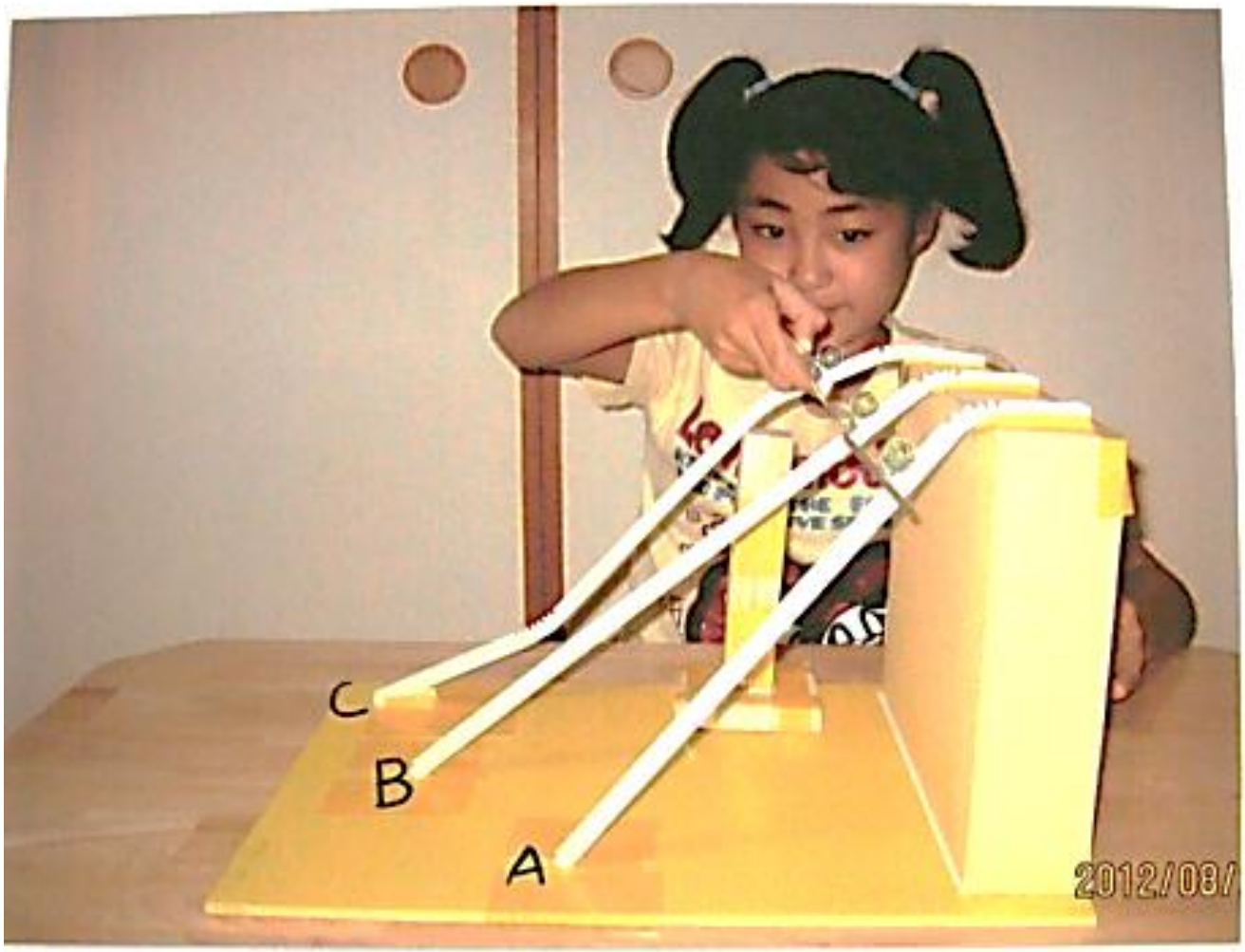
方法

角度を変えた3種類の斜面を作って、ビー玉を同時に転がす。

※高さは同じにしておく。

A.急な斜面
B.Aよりゆるやかな斜面
C.落差の大きい長い斜面　(2だん)




C
B
A
2012/08/

予想

・1番ビー玉が速く転がるのはA。
理由は、急な坂を走った時に速くなることと一緒でビー玉も速くなりそうだからです。

・2番目にビー玉が転がるのはC。
理由は、2だんになっていると、2回しょうげきを受ける。つまり、2回いきおいがついて速くなりそうだからです。

・3番目にビー玉が転がるのはB。
理由は、ゆるやかで何も無いと、いきおいがつく時がないので、おそそうだからです。

結果

・1番速かったのはAでした。

・BとCはほぼ同じ速さでした。

わかったこと

・きょりが短く、急だと速い。（A）

・きょりが長く、ゆるやかなコースター（B）
ときょりが長く、2だんの落差が大きい
コースター（C）はほぼ同じ速さ。

？ぎ問？

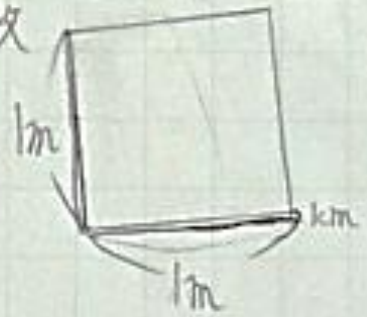
きょりを
もっと長く
したら
どうなるかな？

実験 2

落差がちがう2つのコースターでは、どちらが速いだろうか。？

用意するもの

- 2mの電気のコードをおおうモール
- 発泡スチロールの板…2枚
- 両面テープ
- ニッパー
- ビー玉…2個



方法

落差が大きくきょりが長いコースター（A）と落差が小さいがきょりが短いコースター（B）の模型を作って、はしにビー玉を置きあつ紙をあてて同時にビー玉を転がす。

B
A

LOVERS HOUSE
B
A
2012/08/

LOVERS HOUSE
B
A
2012/08/

予想

・速いのは　Aだと思います。
理由は、実験1の時少しだけC（きょりが長く、落差の大きいコースター）の方が速い気がしたからです。そして、Cは下の方まで斜面が続いていて、2だんで勢いがつきそうだったからです。

結果

・Aの方が速い。

わかったこと

・きょりが長くても、落差の大きい方が速い。

7

まとめ

まとめ

ループコースターについて、3つの謎を中心に調べたり実験したりして、探ってきた。

1 ループコースターで逆さまになっても落ちない秘密は遠心力と関係していた。

速いスピードで走りぬけることで、重力を上回る上向きの大きな遠心力が生まれるため、下に落ちることはないのである。

回転している物体は、円の中心から外側に向けて遠心力というカをうけているのである。

2 ループコースターに大きいループと小さいループがある秘密とは、遠心力の体感のちがいを楽しむための工夫である。

大きいループより小さいループの方がスピードも速く遠心力も強くなるため、体が強くおしつぶされるような感覚をうけ、よりこわく感じることになるのである。

3 ループの形の秘密は、真円ではなく、だ円というところにある。

体にかかる負担を少なくするために、だ円となっている。これは、スリルと安全という一見矛盾する要求をかなえる、科学の工夫による構造なのである。

○ ループコースターでは、遠心力によって頂上で落ちなかったり、ループの大きさのちがいをつくることで遠心力の体感のちがいを楽しめるよう工夫されてたり、ループをだ円にすることで安全性が確保されていた。

回転する物は、遠心力とどのように関係しているのか調べたところ、遊園地の乗り物には、遠心力を用いてスリルと安全性をかね備えた乗り物、ロータやチェーンタワーがあった。身の周りの物には、日常生活で用いられている洗濯機から、科学捜査、綿アメ、人工衛星等、遠心力が用いられた物が数多くあった。

遠心力は私達の生活に深く関わっているのである。

8

感想

感想

ループコースターに感じていた3つの謎について、本やインターネットで調べたり、実験をしたりして解明していくことがとても楽しかった。

昨年度自由研究で取り組んだ「ジェットコースター」同様に「ループコースター」にも科学による工夫がもりこまれていた。それは、遠心力によってうまれる大小のループの形や曲線の工夫によるとわかり、感心した。

私は、ループコースターは速ければ速いほどこわくて絶叫を呼ぶからだと思っていたけれど、そのスピードには、落ちないための遠心力、大小のループによってちがいをうむという理由があったことにとても、おどろいた。

私は、まだテレビなどで見ただけで実際にはコースの中に大小のループがあるループコースターに乗ったことがないので、今度乗って遠心力で体が外におしだされる感覚や大小のループのちがいを体感してみたいと思った。

車に乗って遠心力を体感した時に、同じ車に乗っていても、運転手と同乗車では、遠心力に対しての体の反射的な動きがちがうことにおどろいた。

私は、まだ車を運転できないので、今度、ゴーカートを運転して、運転手の反射的な動きを体感してみたいと思った。

また、遠心力というものが私の周りに多く用いられていることにもおどろいた。

今回調べられなかった遊園地の他の回転系の乗り物（メリーゴーランド、ティーカップ）や絶叫系アトラクションについても、その魅力や科学との関係を調べてみたいと思った。