

ペットボトルフリップ成功率向上のための条件の検討

宮城県仙台第三高等学校

はじめに

まずペットボトルフリップとはペットボトルの中に水を入れそれを回転させて立たせるという遊びである。この遊びは主に500ml容量のペットボトルを使い行う。

一つのペットボトルと少量の水があれば行うことができるので様々なタイミングや場所で行うことができる。そのため世界各地で年齢問わず様々な人達に親しまれている。

私達はこの遊びを行ってきたなかで水の量によって成功しやすさや投げやすさ、人によって得意な水の量があるということ、ペットボトルの種類(硬さや形)によって成功しやすさが違うこと、また立ち方にもたくさん種類があるということを発見した。

一見単なる遊びではあるが、たくさんの物理的な要因によりペットボトルフリップは成り立っている。そこで私達は主に、水の量の変化による重心の位置の違いと成功率の関係や水の動きなどについて着目し研究をしようと考えた。

1 実験1

ペットボトルフリップに関する研究を探し、オランダの大学がそれについて研究していることがわかった。それによるとペットボトルに対し25%から30% (500mlペットボトルの場合125mlから150ml)の量の水が入っている際に成功しやすいということがわかった。

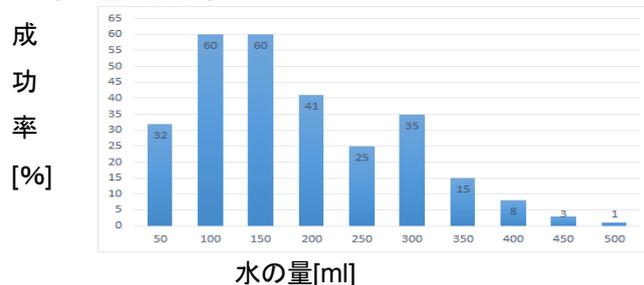
そのことから私達においてもそれが成り立つか調べるために実験1を行うことにした。

実験方法

500mlの大きさのペットボトルと水を用いた。0mlから500mlまで50ml間隔で区切りかく100回ずつペットボトルフリップを行いどの水の量のときに成功率が高くなるかを調べた。その際に私のグループは5人いるので各20回ずつ投げ合計が100回になるようにした。そうすることで個人個人の得意不得意によって結果が偏ることを防いだ。

実験結果

水の量と成功率



考察・展望

おおよそオランダの大学の結果と等しくなった。一定の力で投げられることを可能にしたら結果はどうなるのか、重心の位置、反発係数と成功率にはどのような関係があるのかについて調べることにした。

2 実験2

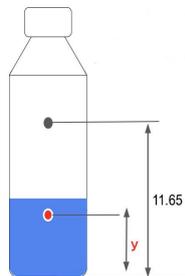
ペットボトルに入っている水の量と重心の位置、反発係数の関係を調べることにした。

実験方法 重心の位置

実験1と同じペットボトルを用い、ペットボトルに0mlから500mlまで50ml感覚で水を入れ数式を用いて、位置を求めた。

用いた数式

$$y_G = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2}{m_1 + m_2}$$



実験方法 反発係数

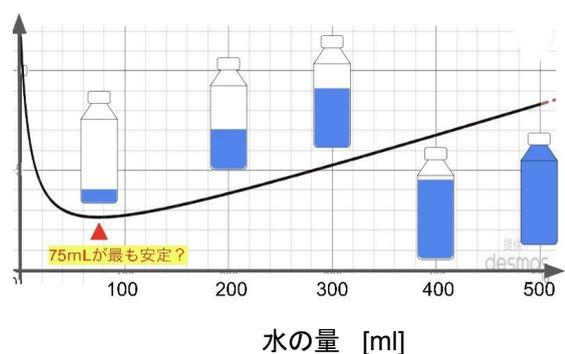
実験1と同じペットボトルを用い重心の位置を求める実験のときと同じ間隔で水の量を変えた。

そこでそのペットボトルを64cmの高さから静かに落としスローモーションで動画を撮り、何cmまでペットボトルが跳ねるかを求め

反発係数を求めた。

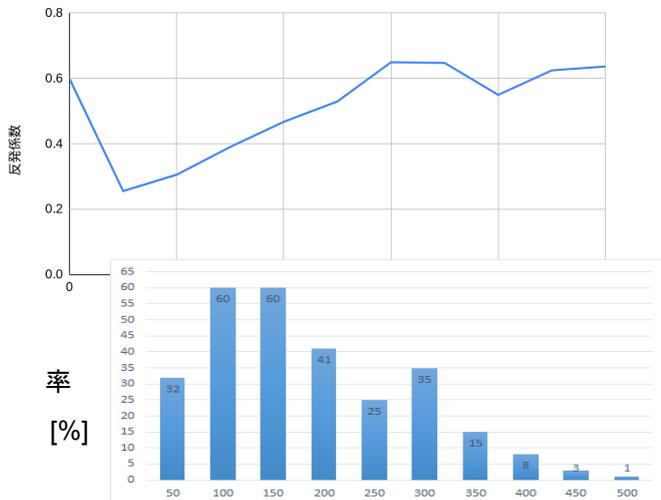
結果 重心の位置

[水の量と重心の位置の変化]



結果 反発係数

水の量と反発係数



水の量[ml]

手で投げた際の成功率と反発係数重心の位置の結果を比較すると、反発係数ンパ帯が小さければ小さいほど重心の位置が低ければ低いほど成功率が高くなりやすいということがわかった。

3 実験3

ペットボトルを一定の大きさの力で投げられる装置を作成し、水の量と成功率の関係について調べた。

実験方法

機械を制作し、ペットボトルを0mlから150mlまで25ml感覚で各10回ずつ投げた。

その際にうまく底面から着地したときのみを1回と数え10回計測し成功率を計測した。

機械の製作方法

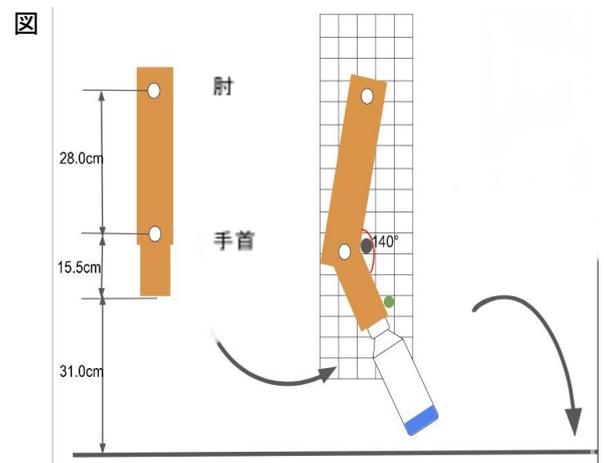
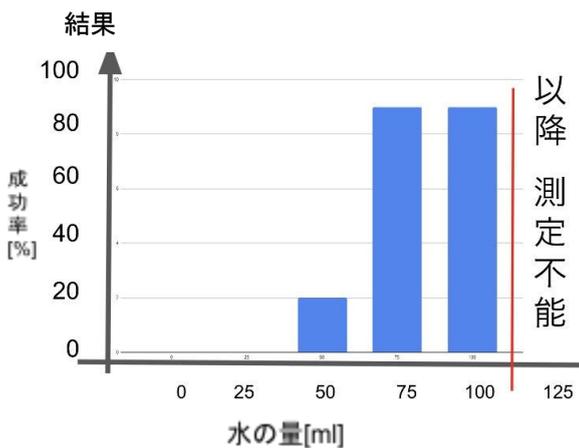


図1 作製した機械

前のページの図1のような装置を作成した。この装置を作る際に、なるべく実際にペットボトルフリップをする時の状況に近づけるため、グループのメンバーの腕から手首、手首から指までの長さを参考にし機械の長さを決定した。この装置でペットボトルを投げる際には、振り子の運動を用いてペットボトルに力を加え、最後に図1で黒い丸と緑の丸で表されているストッパーによりペットボトルが回転し投げ

出されるようにした。ここでペットボトルは機械にフックで引っ掛けられているため、機械がストッパーにぶつかる機械がストッパーにぶつかる時の肘から手首、ペットボトルを持っている部分までの角度はモデルにした人の手首の可動域を参考にし147度に設定した。またペットボトルを離す高さもグループのメンバーが実際にペットボトルフリップを行う際に離す高さに近くなるようにした。



機械を用いたこの実験では125ml以上の水を含んだペットボトルを回転させることができなかったため測定不能とした。

考察・展望

0mlから50mlの水の量を含んでいるときに成功率が極端に低くなっている理由として考えられることは、ペットボトルを投げる際に加えた力が水の量が少ないため水の運動によって消費されきれず着地した際にペットボトルに対し影響を及ぼしたことや、重心の位置が高いため着地したときに安定しないためだと考えられる。逆に、75mlと100mlで成功率が高いのは重心の位置が比較的低いことやペットボトルに加えた力が水の運動によりしっかりと消費されたためではないかと考えられる。

この結果から私達は水の動きの重要性について調べる実験に取り組むことにした。

4 実験4

水の動きの重要性について調べるために高級性ポリマーを用いて、水の動きを制限し成功率を調べた。また高吸水性ポリマーを用いたときの反発係数の大きさを調べ、成功率との関係を調べた。

高吸水性ポリマーを用いて実験をする前私達は水の動きを制限するために中の水を凍らせて実験を行おうとしていたが、氷を用いた場合氷が簡単に砕けてしまうことや、実験中にすぐに溶けてしまうこと、反発係数が高いため成功させることがかなり難しかったため、氷での実験は諦め、高吸水性ポリマーを用いることにした

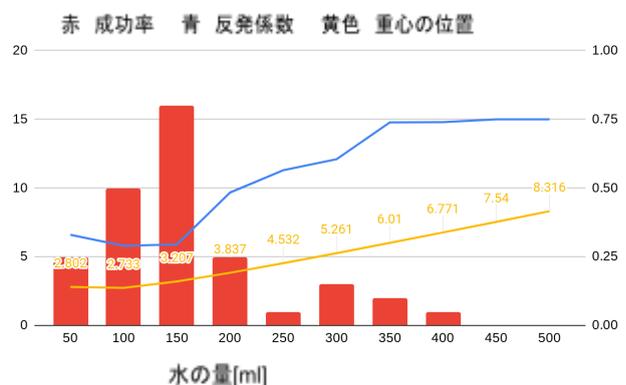
実験方法

0mlから500mlまで50ml間隔で区切り各100回ずつ投げ成功率を調べた。

これを行う際に水を高吸水性ポリマーを用いてゼリー状にすることで水の動きを制限することができた。

また実験を行い、ペットボトルを投げる際に毎回水の位置が衝撃で変わってしまったため一回ごとに水の位置をもとに戻し実験を行った。

結果



考察・展望

水で実験を行った際の結果と比較してみるとグラフの全体の概形はだいたい同じであるが、成

功率について着目してみると、水のときは最大で約60%ほどであったが、高吸水性ポリマーでは高くても約15%ととても低いため、やはり、水の動きもペットボトルフリップにおいて重要な要因であるということがわかる。

全体の結論

実験1から実験4までを通して私達は、水の量と反発係数、重心の位置、水の動きがペットボトルフリップの成功には必要な条件であり、これら4つの観点から私達が考える最も成功しやすい水の量は約75mlの量の水が入っているときであると考える。

この水の量のときは重心の位置も他の水の量のときに比べ低いことや、反発係数の大きさも低いこと、また、ペットボトルに加えた力を消費するのに十分な量の水が入っているためである。

またオランダの大学の研究では125mlから150mlの量の水が入っているときに成功しやすいという結果になっていて、私達の結論とは異なっているが、そのことの理由として私達が考えたのは、私達の結論は人間よりも小さな力で調節をすることができる器械を用いた実験に基づいて出しているということだ。

展望

私達の研究ではどのように水が動いているのかということを解明することができなかったのので、その水の動きを解明し、どのように水が動いているときに成功率が高くなるのかなどを調べたい。

また機械を用いて、実験を行った際に加える力をおおよそ一定に保っているのにも関わらず成功率が100%にならなかったため、他にもペットボトルフリップ成功には要因があると考えため、それを発見したい。

参考文献

<https://www.desmos.com/calculator/pkisdj63y>
[Water Bottle Flipping – Bottle Flip Challenge Drives Parents Crazy](https://www.desmos.com/calculator/pkisdj63y)

科学実験データベース

<https://www.proto-ex.com/data/810.html>
Water Bottle Flipping Physics *American Journal of Physics* **86** (10): 733-739.
<https://arxiv.org/pdf/1712.08271.pdf>