

# ペットボトルキャップの形状と飛距離の関係

群馬県立高崎高等学校  
細田晃佑 木村尋音

## 要旨

ペットボトルキャップに異なる大きさの穴を開けたものを数種類用意し、形状による飛距離の違いを調べた。結果として、穴が大きいほど空気抵抗を大きく受け、飛距離が短くなると考えられる。

## 1.はじめに

### 1.1 研究全体の目的

令和4年の群馬県立高崎高等学校の研究やあすなる学習室の「ペットボトルキャップ飛ばしについての研究」では投射角度と飛距離の関係について研究されていたが、ペットボトルキャップの「形状」と飛び方についての研究は発見できなかったため、調べることにした。

## 2.実験

### 2.1 仮説

先行実験により、図1の様々な形状のキャップ型の物体を3Dプリンターにより作成し、実験装置で飛ばして変化を見た時に穴の空いた2,3,4番は縦方向の飛距離が他のものより小さいという結果を得た。そのため、条件を穴の大きさに絞った。穴の大きいキャップほど縦方向の飛距離は小さいと仮説を立てた。



図1 ペットボトル型の物体

### 2.2 実験方法

①図3のように、底面を加工したペットボトルキャップをモーターを用いて水平投射し、前方向の飛距離を図2のように計測した。

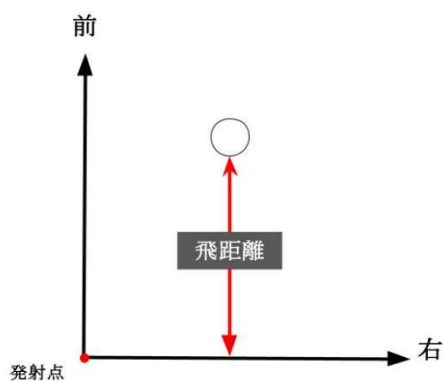


図2 計測方法の説明

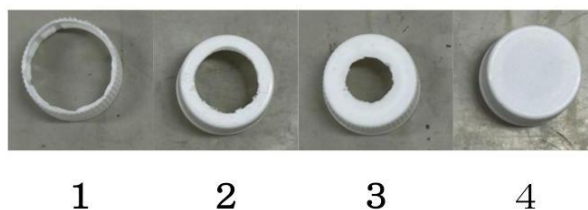


図3 ペットボトルキャップの形状

②図5の実験装置を組み立て、飛距離を計測するときの基準としてビニル紐を実験装置と平行になるように床に貼り付けた。高さ108.4cmの高さから投射し(図4),投射した瞬間の速さと飛距離を計測した。ただし,高さは地面と物体の下面との距離である。計測は図6のように行った。

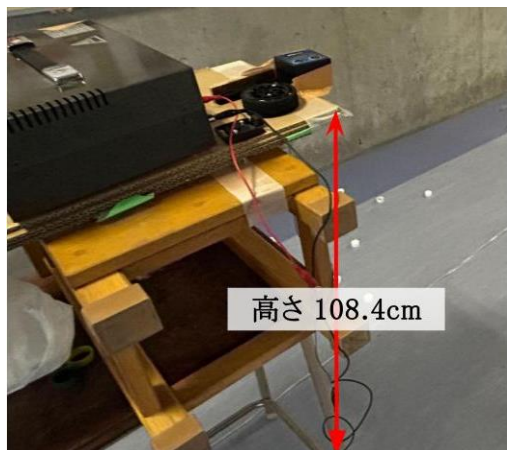


図4 実験装置の高さ



図5 発射装置

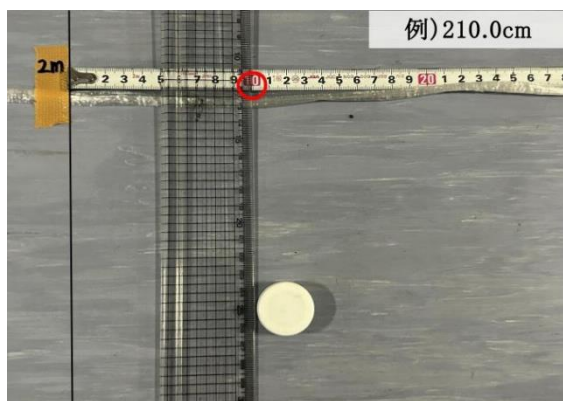


図6 計測方法

また、投射装置に用いたモーターは,Hilitand DCモーター(7000rpm,定格回転数:7000rpm,定格電圧:12V,定格電流:0.32A,定格電力:60W)である。実験では,電圧:7V 電流:0.5Aで使用した。タイヤは直径約4cmのプラスチック製のものにスポンジテープ(厚さ4mm)を巻いて使用した。(図7)



図7 モーターとタイヤ

③それぞれの形状で同質量の質点を水平投射したときの飛距離を計算して計測結果と比較した。ただし自由落下の法則  $h = \frac{g}{2}t^2$  ( $g$ :重力加速度[m/s<sup>2</sup>], $t$ :落下時間[s], $h$ :落下距離[m])より,落下時間は  $t = \sqrt{\frac{2g}{h}}$ とした。  
 また,角度誤差を考える。角度誤差とは、投射する方向との前方向との角度差であり,飛距離の範囲は $h\cos\theta$  ( $h$ :着地点と発射点の距離, $\theta$ :角度誤差)で表す。

### 2.3 結果

縦軸は飛距離、横軸をキャップの番号(図3)とした散布図(図8)を書いた。また、図8の青い点は実験値、赤い点は計算値の最大値と最小値を表す。結果は、キャップの番号が大きいくほど飛距離は大きくなった。

図9にはペットボトルキャップの種類と標準偏差、標準誤差のグラフであり、番号が大きいくほど値の散らばりが少なくなっている。

図10と図11より、キャップの番号が大きいくほど実験値と計算値は近づいた。

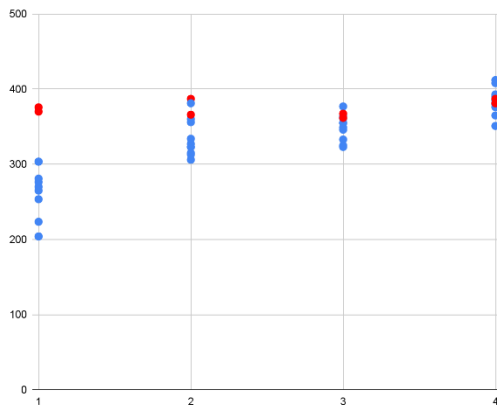


図8 キャップのタイプ飛距離

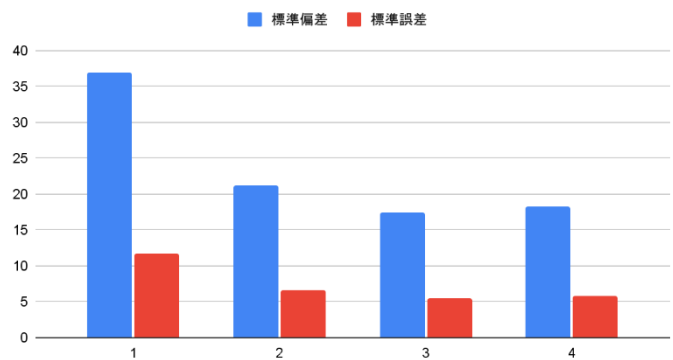


図9 標準偏差、標準誤差と形状

仮定、計測値	数値	単位	計算結果	数値	単位	数値	単位
重力加速度	9.80	m/s <sup>2</sup>	落下時間	0.470	s		
高さ	1.084	m	1の進んだ距離	3.76	m	~	3.70 m
円周率	3.141		2の進んだ距離	3.87	m	~	3.81 m
1の平均速度	7.99	m/s	3の進んだ距離	3.67	m	~	3.62 m
2の平均速度	8.23	m/s	4の進んだ距離	3.87	m	~	3.81 m
3の平均速度	7.81	m/s					
4の平均速度	8.23	m/s					
左右の角度誤差	10.0	°					

図10 理論値の計算結果

1	204	2	313	3	377	4	351
1	204	2	315	3	364	4	365
1	223.5	2	323	3	361	4	376
1	253.5	2	323	3	355	4	380
1	265.0	2	327.0	3	355	4	381
1	270.0	2	334.0	3	349	4	385
1	276.4	2	356	3	346	4	390
1	280.9	2	360	3	333	4	393
1	303.5	2	366	3	325	4	408
1	303.5	2	306	3	323	4	412
平均値	258	平均値	332	平均値	349	平均値	384

図11 実際の計測値のデータ (cm)

### 2.4 考察

キャップの番号が大きいくほど飛距離は大きくなったのは、キャップの番号が大きいくほど実験値と空気抵抗を無視した計算値は近づくことから、キャップの穴が大きくなることで空気抵抗の影響が大きくなるためだと考えられる。また、キャップの穴が大きくなることでキャップの質量と形状が変化するため、どちらかが今回の実験に関わっていると思われる。また、キャップ番号が大きいくほど値の散らばりが少なくなっているため、飛距離の安定性にも関係している可能性があると考えられる。

### 3.まとめ

#### 3.1 結論

底面に穴の開いたペットボトルキャップを水平に左回転で投射したとき、穴が大きいほど空気抵抗により前方向の飛距離が小さくなり、飛距離が安定しなくなる可能性があると思われる。

#### 3.2 今後の展望(課題)

ペットボトルキャップの形状により、どのような空気の受け方が起こり、どのように変化していくのか、その要因を詳しく突き止めていきたい。

### 謝辞

実験の進め方,実験装置製作を支援してくださった群馬県立高崎高等学校SSH課の岡田直之先生には心より感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) ペットボトルキャップの飛び方に関する考察(課題研究ポータルサイト 3学年)  
<https://drive.google.com/file/d/1QBT-kVEIXDQQhdgOtKrYJRDD5ekhf-qw/view>
- 2) ペットボトルキャップ飛ばしについての研究(あすなる学習室)  
<https://gakusyuu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/R2/203075.pdf>