

ゴム鉄砲を遠くまで飛ばすには

静岡県立下田高等学校

1. 動機

誰もが子供の頃は、日々遊ぶことに明け暮れていたことだろう。ドラマや映画で見た鉄砲に憧れて、ゴム鉄砲を作ったことがある人も少なくないはずだ。そのゴム鉄砲を遠くまで飛ばす方法は主に発射角度を 45 度にするにとされていて、それは物理的に証明されているため確かに飛距離は伸びる。しかしながら、そうして伸びる飛距離はわずかなものであり、空気抵抗によって結局輪ゴムはすぐに落下してしまう。このことから、さらに飛距離を伸ばすためには空気抵抗を軽減する必要があると考えられる。そこで私たちは、輪ゴムの回転に着目することにした。物体の回転によって生まれるジャイロ効果というものがある。これは物体が自転しているとき、周りから受ける力が軽減されて物体の姿勢が乱されにくくなる効果である。これによって輪ゴムが受ける空気抵抗が少なくなることが期待できる。また、物体の回転によって発生するもう 1 つの現象としてホップアップというものがある。これは縦回転がかかった物体が浮き上がるような軌道を描いて直進する現象で、実際、それを利用して弾の威力を強めるエアガンも販売されている。このホップアップもまた輪ゴムの飛距離を伸ばす要因として利用できると考えた。

まずはこれらの効果や現象を両方発生させる仕組みを備えたホップアップ式ゴム鉄砲 [参考 1] を作成して飛距離を測り、その記録をもとに仮説検定を行う。そして、ジャイロ効果およびホップアップの有無により輪ゴムの飛距離における有意な差が生じるかを確かめた上でそのデータをグラフで表すことによって数学的に考察することが、本研究の目標である。

2. 方法

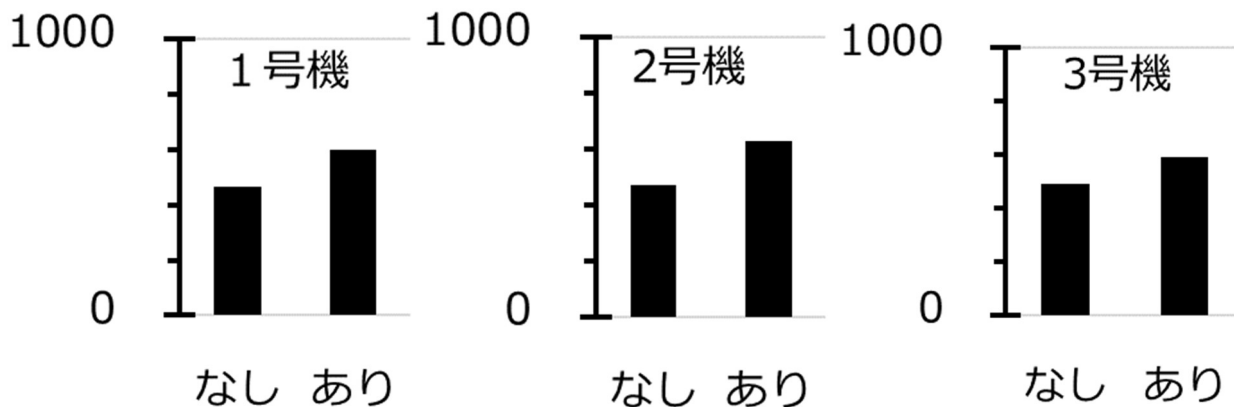
はじめにカットした割り箸を輪ゴムで固定し、回転を生むためのボビン、トリガーとなる洗濯バサミを取り着けてホップアップ式ゴム鉄砲を作成した。このとき、割り箸 3 膳、洗濯バサミ、ボビン、輪ゴム (株式会社共和) を使用した。なお、輪ゴムの原材料は天然ゴムである。

第一の実験では、ホップアップ式ゴム鉄砲でホップアップなしとホップアップあり (輪ゴムの上側の伸び 8 cm) の飛距離をそれぞれ 10 回ずつ測り、平均を求めるとともにそのデータをもとに仮説検定を行い有意な差があるか確かめた。

第二の実験では、輪ゴムの上側の伸びを変え (6 cm、7 cm、8 cm、9 cm、10 cm)、どの長さが一番飛距離の伸びが大きいかを調べた。

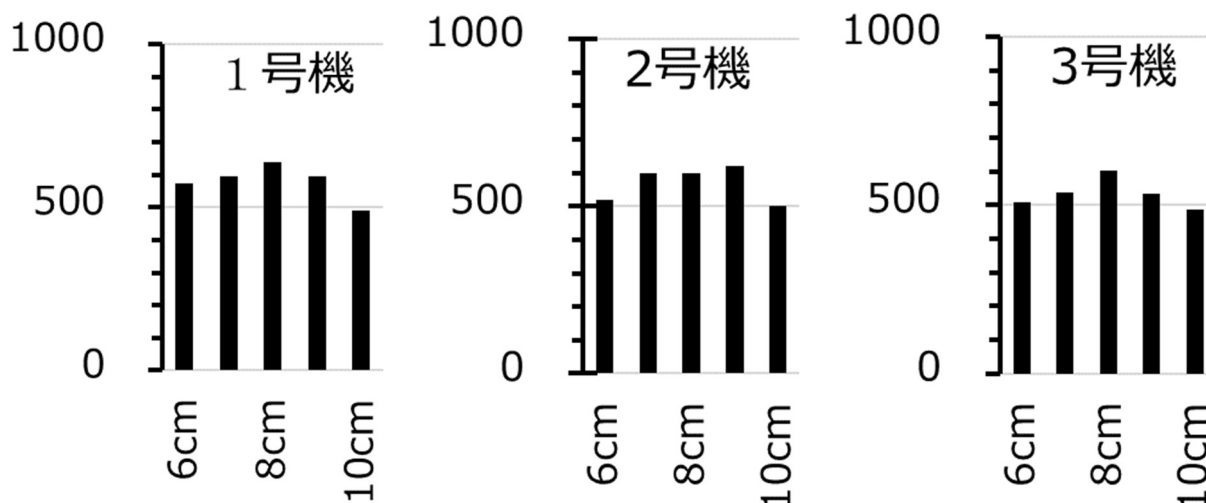
3. 結果

ホップアップ式ゴム鉄砲でホップアップありとホップアップなしの場合の飛距離を比較した第一の実験 [図 1] では、1 号機、2 号機、3 号機のすべてで、ホップアップありの飛距離が大きく、より遠くまで飛ぶという結果が得られた。 t 分布を使った母平均の仮説検定で調べてみると、統計学的に意味ある差が検出された ($P < 0.05$)。この場合、仮説検定の帰無仮説は「平均に差がない」であり、対立仮説は「平均に差がある」である。



【図1】ポップアップなしとありの飛距離の比較。ただし、縦軸は飛距離（cm）を意味する。

輪ゴムの上側の伸びを変えた第二の実験 [図2] では、輪ゴムの上側を 8 cm 伸ばしたときが一番遠くまで飛ぶことを示す結果が得られた。



【図2】輪ゴムの伸びを変えたときの飛距離の比較。縦軸は飛距離（cm）を意味する。

4. 考察

輪ゴムの上側を伸ばすことで輪ゴムが縦回転して、ジャイロ効果とポップアップが発生したことにより、輪ゴムの上側を伸ばさない時よりも遠くまで飛んだと考えられる。そして、輪ゴムの上側を 8 cm 伸ばした時が、伸ばしすぎて輪ゴムに負荷がかかりすぎることなく、一番遠くまで飛んだと考えられる。結果では平均の記録のみを書いたが、実際の記録ではばらつきがあった。それは、トリガーを引く勢いや、発射角度の誤差、風の向きや強さによるものだと考えられる。しかし、仮説検定により有意な差があることが証明できたため、この結果は正しいと言える。

5. 参考ウェブページ

[参考1] 長距離射撃用輪ゴム鉄砲の作り方 (相楽製作所)

<https://sagara-works.jp/how-to-make-rubber-band-gun/>