

ペットボトルロケット Water Rocket

北山 勇志 間地 健太
KITAYAMA Yuji, MAJI Kenta

I 要旨

近年、ペットボトルロケットは、山岳地帯の電線の架線工事に利用されるなどさまざまな場面で活躍している。我々はペットボトルロケットの飛距離と水温との関係について調べた。

その結果、水温を変化させると飛距離もそれに伴い変化することがわかった。

II 研究動機

先輩がペットボトルロケットの最適な飛行条件について研究していた。それに興味を持ったためこのテーマで調べることにした。文献などを調べたところ、様々な研究がされていたが、液体に焦点を当てたものは見つけることができなかった。そこで、我々はペットボトルの中に入れる液体に着目して研究を行うことにした。

III 先行研究

先輩は長距離飛ばすための最適条件をみつけるために、ペットボトルの内圧や水量、羽根の枚数についての実験をしていた。また、他校の課題研究でもペットボトルの内圧や水量と飛距離の関係が調べられていた。しかし、結果が異なっていた。

IV 研究内容

1. 調査項目

今回の研究で調査した項目は、以下の通りである。

①先行研究を踏まえた再現実験

- ・水量一定で内圧を変化させたときの飛距離の変化
- ・内圧一定で水量を変化させたときの飛距離の変化

②予備実験

- ・熱湯を入れて空気の温度を70℃にし、そこからの温度の下がり方を調べる。
- ・常温の水をいれたとき内圧を3atmにするのに必要な、空気入れを押し回数を調べる。

③本実験

- ・熱湯、冷水を入れた時の内圧の変化を調べる。
- ・力積を用いてロケットの飛距離を想定できることを利用し、水温の変化と飛距離の関係を調べる。

2. 実験

①先行研究を踏まえた再現実験

(準備)

再現実験を行うにあたって、実験場所の都合などからペットボトルロケットを鉛直に飛ばすことにした。そこで、発射台にカーテンレールを取り付けて、ペットボトルロケット本体にカーテンレールのランナーを取り付けた。カーテンレールをつける前に比べ鉛直に飛ばせるようになった。



図1：カーテンレール



図2：カーテンレールのランナー

(再現実験)

- A.内圧を 3 atm に固定してペットボトルロケット内に入れる液体の量を 0, 150, 300 ml に変化させた時の飛距離の関係を調べる。
- B.ペットボトル内に水を入れずに、内圧を 3, 4, 5 atm に変化させた時の飛距離の関係を調べる。

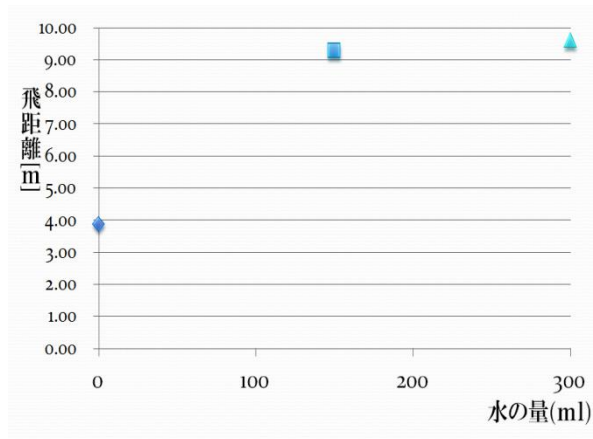
(測定方法)

1. 1 mものさしを発射する場所の近くで、カメラに映るところに設置する。
2. ペットボトルロケットを発射し飛んでいる様子をカメラで撮影する。
3. 1 mものさしがパソコンの画面上で何 cm になっているかを測定し縮小率を求める。
4. 3 で求めたものを利用してロケットの最高点を測定する。

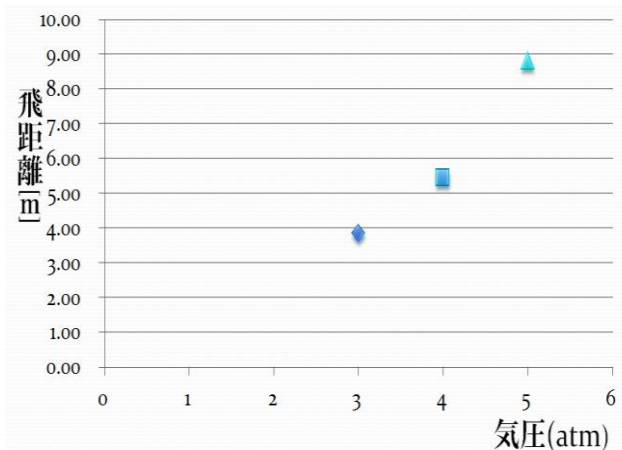
※実験はそれぞれの条件で 10 回ずつ行い、その平均値を出した。

(結果)

	気圧(atm)	水の量(ml)	飛距離の変化(m)
A	3	0	3.86
	3	150	9.27
	3	300	9.60
B	4	0	5.46
	5	0	8.70



グラフ 1 : 内圧一定 (3 atm)
水量と飛距離の関係



グラフ 2 : 水量一定 (水なし)
内圧と飛距離の関係

(考察)

- A 水の量を増やすと飛距離は伸びた。しかし、0 ml と 150 ml の飛距離の伸びと 150 ml と 300 ml の飛距離の伸びが大きく異なることから、水の量を入れすぎると飛距離は下がっていくと考えられる。
- B グラフからわかるように、内圧が大きくなる程飛距離が大きくなると考えられる。

②予備実験

- A 熱湯を入れて空気の温度を 70℃ にし、そこからの温度の下がり方を調べる。

(方法)

ペットボトルロケットに熱湯(98℃)を入れる。
ペットボトルに断熱材を巻いて、振る。そして空気の温度の下がり方を調べる。

(結果)

40～50秒で60℃になった。また、どんなに振ってもペットボトル内の空気の温度は約70℃にしかならないことがわかった。



図 3 : 断熱材を巻いてペットボトルを振る様子

B 常温の水を入れた時と温度を変化させた時の条件を等しくするため、常温の水を入れたとき内圧を 3 atm にするのに必要な、空気入れを押し回数を調べる。

(結果)

平均約 15 回で 3 atm になった。本実験を行うとき、空気入れを押し回数は 15 回に固定することにする。

③本実験

A 冷水・熱水を入れたときの内圧の変化をみる。

(方法)

- ①冷水もしくは熱湯をロケットに入れる。
- ②断熱材でペットボトルロケットを覆う。
- ③ペットボトルロケット本体をふる。
- ④圧力センサーで内圧を測定する。

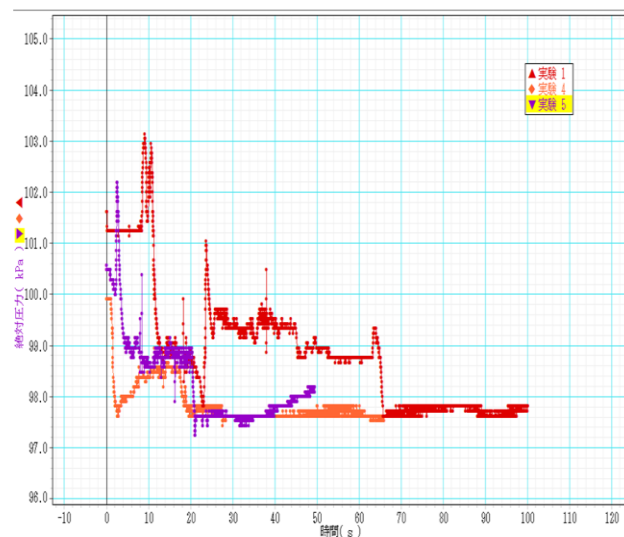
(条件)

ペットボトルに入れる水の量は 150 ml で一定にして、冷水(1.3℃)、熱湯(98℃)の2種類の水を入れた。

(仮説)

ボイル・シャルルの法則よりペットボトル内の体積が一定のため熱湯入れるとペットボトル内の気体の温度が大きくなり圧力が大きくなると予想した。逆に冷水を入れると気体の温度が小さくなり圧力が小さくなると予想した。

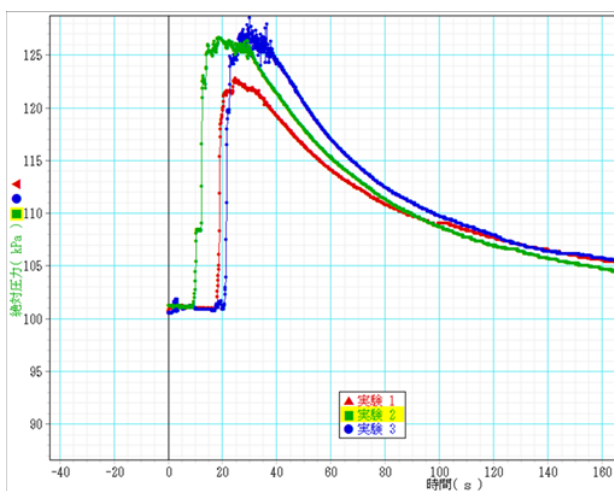
(結果)



グラフ 3 : 冷水を入れたときの圧力の変化

横軸 : 時間 (s)

縦軸 : 絶対圧力 (kPa)



グラフ 4 : 熱湯を入れたときの圧力の変化

横軸 : 時間 (s)

縦軸 : 絶対圧力 (kPa)

(考察)

グラフ 4 より熱湯を入れると内圧が大きくなるため飛距離も伸びると考えられる。しかし内圧は一定になることはなくだんだん小さくなっていることから熱湯を入れて時間がたつと常温の水を入れたときの飛距離とあまり変わらなくなると考えられる。一方、冷水を入れると内圧が小さくなるため飛距離も小さくなると考えられる。

またペットボトルロケットの内圧は水の蒸気圧が関係しているためボイル・シャルルの法則は成り立たないということがわかった。

B 力積を用いて水温の変化による飛距離の変化を調べる。

※力積を用いる理由

熱湯を入れたときに再現実験の方法で飛ばしてしまうと危険であると判断したため、安全に行える方法を選んだ。

※力積の説明

発射前の速度を v_1 、水がすべて出きる速度 v_2 、ペットボトルの質量を m とすると、 v_1 は発射前なので始めの運動量は 0 となる。したがって、 $F\Delta t = mv_2$ となる。水がすべて出きった後は鉛直投げ上げとなるため力積が大きくなると飛距離が大きくなるとわかる。

(方法)

- ①ロケット本体にタコ糸をつける。
- ②冷水もしくは熱湯をロケットに入れる。
- ③断熱材でロケットを覆う。
- ④ロケット本体をふる。
- ⑤発射台にセットする。
- ⑥タコ糸を力センサーにかける。
- ⑦空気入れで 15 回空気を入れて発射
これを 3 回行い平均値をとる。

※予備実験 B より、常温のとき空気入れで 15 回空気を入れると約 3 atm になる。

(条件)

ペットボトルロケットの中に入れる水の量を 150 ml に固定して、冷水(1.3℃)、常温の水(27.7℃)、熱湯(98℃)の 3 種類の水を入れた。

(仮説)

本実験 1 にて冷水を入れたとき内圧が小さくなったため、常温のときの力積よりも冷水を入れたときの力積の方が小さくなると考えた。また、熱湯を入れたとき内圧は大きくなったため、常温のときの力積よりも熱湯を入れたときの力積の方が大きくなると考えた。

(結果)

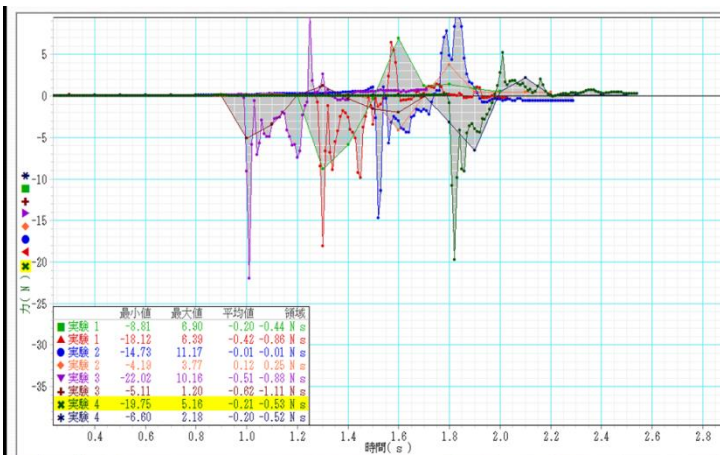
グラフからわかるように冷水を入れたときの力積は常温の水を入れたときの力積の平均値よりも小さくなっている。熱湯を入れたときは、ジョイントがすべて破損してしまいデータが取れなかった。



図 4 : 力積の説明



図 5 : セッティングの様子



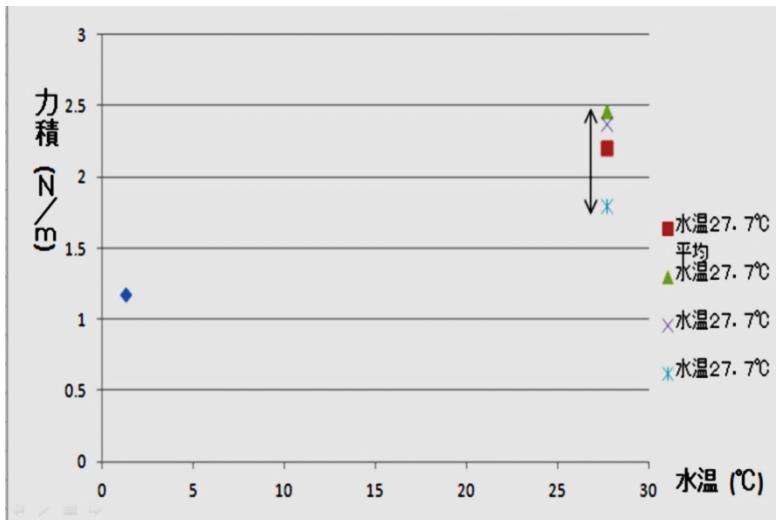
グラフ 5 : 常温の水を入れたときの力センサーの様子

横軸 : 時間 (s) 縦軸 : 力 (F)

取り込み速度 : 100Hz

発射したときにかかる力が下向きである。

軸から下の部分の面積を計算し、力積を求めた。



グラフ6：水温による力積の変化

横軸：水温(°C) 縦軸：力積(N・m)

(考察)

冷水を入れたときの力積が、常温の水を入れたときの力積の平均値よりも小さくなっていることから、冷水を入れると飛距離が小さくなると考えられる。しかし冷水のときのデータが1つしかとれていないため断言はできない。また、熱湯を入れたときにジョイントがすべて壊れてしまった理由は、器具を固定するために用いていた接着剤のボンドが熱湯の熱でゆるくなってしまったからだと考える。これは再現実験のときは5 atmでもジョイントが壊れなかったからである。

V まとめ

①再現実験

- ・内圧が大きくなると飛距離が大きくなる。
- ・水の量は多いほうが飛ぶが入れすぎると飛ばなくなる。

②本実験

- ・水温を上げると飛距離が大きくなる。
- ・水温を下げると飛距離が小さくなる。

VI 参考文献

- 1) 萱森智也, 川手一翔. “ペットボトルの運動解析”. www.mars.dti.ne.jp/~stamio/ssh/ss2_roket_H17.pdf
- 2) 中山侑祐, 増田吉昭, 坂上登亮, 山下日菜子. 2014. 水ロケットの最適飛行条件. 高松第一高等学校 2013年度 AS 課題研究論文集

VII 謝辞

この研究を行うにあたりご指導していただいた、本田先生、小谷先生、佐藤先生、伊賀先生、空先生、また研究の協力してくださったみなさんありがとうございます。