

# 水ロケットをより遠くに飛ばせ ver. 2

静岡大学教育学部附属静岡中学校  
2年 海野遙光

## 1 動機

僕は、小学4年生の頃から、空気を閉じ込めた時の元の体積に戻ろうとする力を利用して水やストローロケットを飛ばす実験をしてきた。きっかけは理科の「とじこめた空気や水」という授業だったが、水だけでなくストローロケットも飛ばしたいという思いから、一昨年・昨年と研究を進めてきた。また、昨年度には、水ロケットを飛ばさずに地上実験で性能を求める研究を行い、素晴らしい結果を得た。

今年度は、その水ロケットの研究をさらに進め、より遠くへと飛ぶ水ロケットを製作したい。水ロケットを構成する要素には、様々なものがある。例えば、フィン大きさ、発射角度、などである。僕はその中でも水ロケットのエンジンであるペットボトル部の大きさについて調べたいと考えた。大きなペットボトルでは、水や空気を多く積むことができるが、その分重くなる。逆に、小さなペットボトルでは軽くなるが十分な水や空気が積めない。この問題を解決するために、今年度は、数式を活用して自由研究を行おうと考えた。自由研究を行っていく中で数式を用いることは、データを比較しやすくなったり、違った視点から比較できたりするため、より遠くまで飛ぶ水ロケットを開発するうえで非常に役に立つと考えた。また、数式を用いることで、僕の夢であるロケットの技術者になるという視点からも学んでいくことができると思っている。

また、昨年度の特徴であった地上実験は、今年も継続して取り入れていこうと考えている。

## 2 仮説

(1) 水ロケットの機体が大きい方が水ロケットはよく飛ぶことができるだろう。

理由は、その分たくさんの水や空気を積み、より加速することができるため、より遠くまで飛ぶことができるからだと考えた。

## 3 研究の方法

(1) 大きさの違う3本の炭酸飲料ペットボトルを用意する。それぞれのペットボトルを胴体としたペットボトルロケットを製作し、 $F = M \frac{dv}{dt} = v_e \frac{dm}{dt}$  に計測値を代入することで推力  $F$  を算出し、ペットボトルの大きさと推力の関係について調べる。

## 4 実験装置

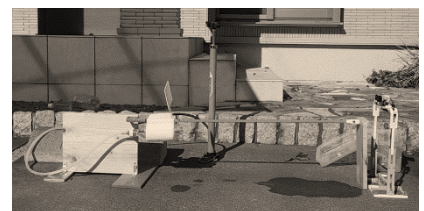
(1) 水ロケットは、昨年度使用したものを基に改良した。また、発射台については試行錯誤の末、水平に発射できるような装置とした。

(2) 水平発射実験とする利点は

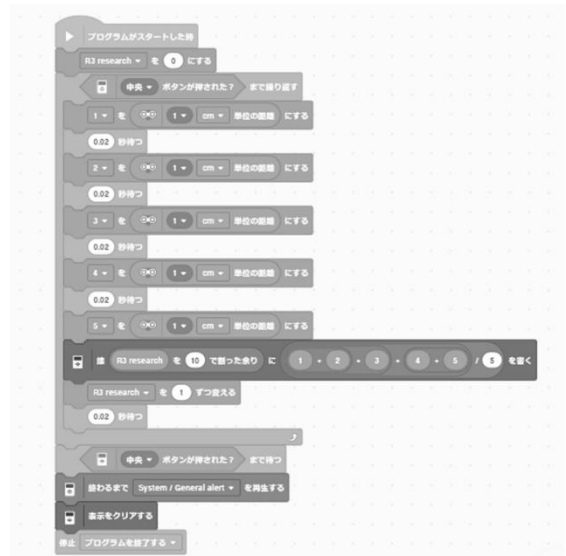
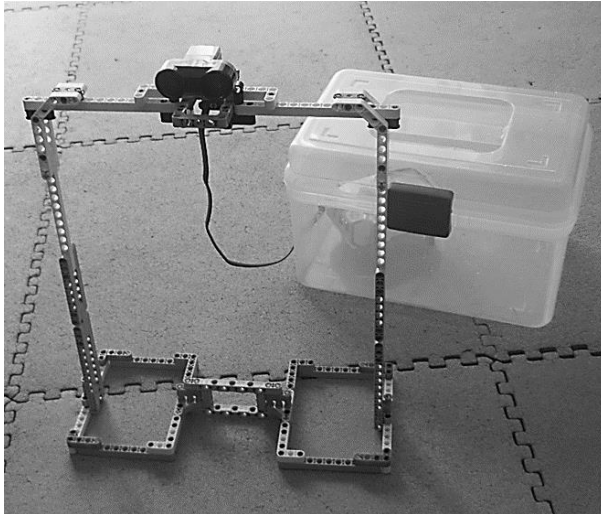
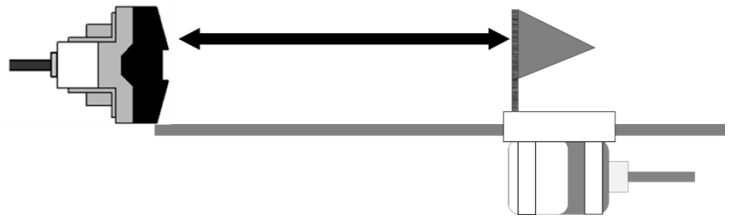
ア. 速度が重力に影響されにくいいため、より正確な実験を行える。

イ. 測定装置を取り付けやすい。

事が挙げられる。また、日本のロケット草創期に東京大学生産科学研究所の糸川英夫博士がペンシルロケットの実験に用いたことでも有名である。



- (3) Lego® MINDSTORMS® EV3 を使用して測定装置を自作した。超音波センサーを用いて測定装置と水ロケットとの距離の変化を時間とともに測定し、そこから算出することで、ストップウォッチ等では正確に測定することができない水ロケットの速度を求めることにした。



- (4) 0.1 秒ごとに 0.02 秒毎に計測した値より平均を求め、それを表示できるようにした。平均を求める理由は、超音波センサーの計測値にブレがみられたからだ。変数を用いて表示する列をずらし、スマートフォンのカメラで記録できるようにした。

## 5 実験方法

- (1) 実験は、家の駐車場の父の車用の駐車用ブロックの東寄りに測定装置を置いて行う。(写真 30) 理由としては、少し傾斜がついており、水はけがよいこと、駐車用のブロックなど目印になるものが多いこと、父が土日仕事であることから常に使用できると考えたためである。
- (2) 実験では、以下の点に留意する。
  - ア. 屋外で行う実験のため、熱中症にならないよう、水分補給をしっかりと行う。
  - イ. 測定方法は、次のルールに従う。
    - (ア) 水ロケットに記されている線まで水を入れる。
    - (イ) マジックテープを用いて水ロケットを実験装置に固定する。
    - (ウ) Lego® Mindstorms® EV3 のプログラムを開始し、インテリジェントブロックの表示部をスマートフォンで動画の撮影を始める。
    - (エ) 空気を入れて、水ロケットを飛ばす。
    - (オ) スマートフォンの動画の撮影を止める。
    - (カ) 水ロケットが飛んだ瞬間の値の変化を記録する。
    - (キ) その後パソコンに記録する。
  - ウ. 条件をそろえるため、三ツ矢ゼリー機、三ツ矢サイダー機、C.C.Lemon 機の順にこれを 1 クールとし、1 クールは、同じ時間内で行うようにする。
  - エ. スマートフォン、Lego® Mindstorms® EV3 などが、水にぬれて故障するようなことがないように留意する。
  - オ. できるだけ正確に実験を行うため、雨が降ってくるなど、Lego® Mindstorms® EV3 での測定を妨

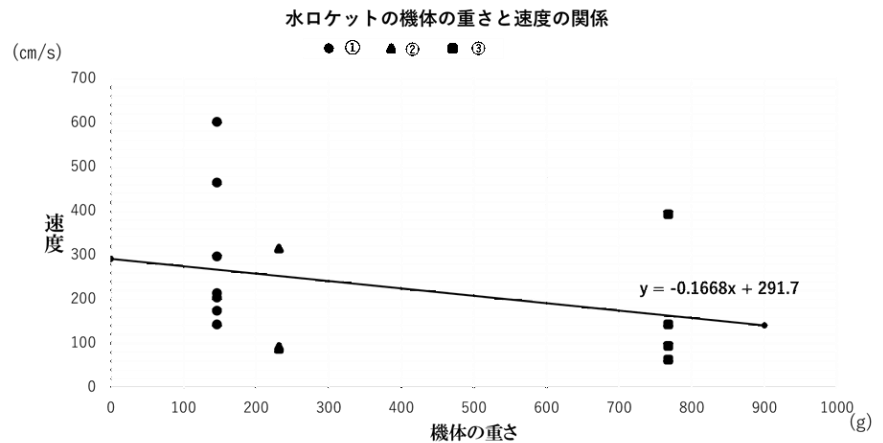
げることがあった場合、直ちに実験を中止し、それが1クルールの途中であったならば、そのクルールの結果は、無効とする。

## 6 実験結果

(1) 実験結果は次の表のとおりである。また、散布図に表し、線形近似直線を引いた。

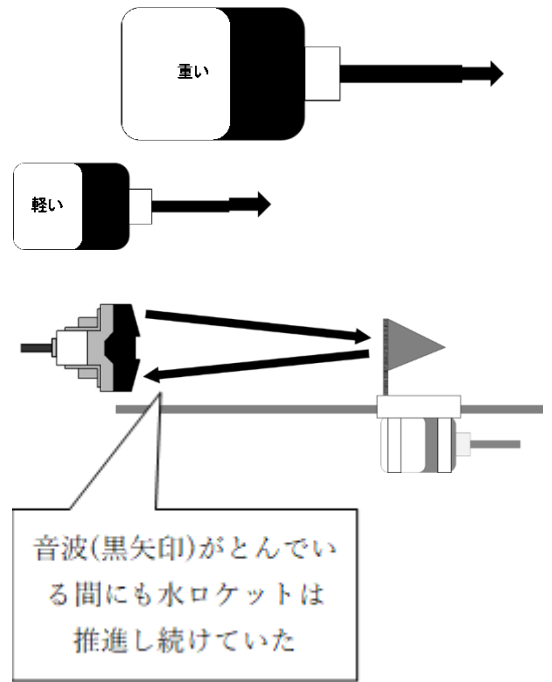
表 3 実験結果(まとめ)

回数(回)	①	②	③
1	173.9	—	62.4
2	143.7	—	—
3	602.2	—	392.1
4	214.8	87.1	—
5	203.8	91.4	94.2
6	465.0	—	—
7	297.5	314.2	—
8	—	—	—
9	—	—	142.5
10	—	—	—
平均	300.1286	164.2333	172.8



## 7 考察

(1) 水ロケットの機体が軽いほど、水ロケットの飛ぶ速度は速い。同じ推進力に対して動かす対象(機体)が軽い方が速度が出るからだ。



## 8 問題点

(1) 測定値のブレが激しいため、実験の精度が低かったといえる。特に三ツ矢ゼリー機は、データのばらつきが大きくなってしまった。理由として、超音波センサーのレンジと水ロケットの速さが挙げられる。超音波センサーでは、本体から音波を発信し対象物にあたって返ってくるまでの時間から距離を算出する。ところが、今回の実験では音波が発泡スチロールの板にあたってセンサーに返っているときにも水ロケットが飛行し続けていたため、超音波センサーの測定値が狂ってしまったのだと考えた。

(2) 超音波センサーの測定値がどれも似通っていて、特定の数字を出すことができず、結果的に速度をうまく測定することができないことが多かった。(1)でも挙げたが、超音波センサーの測定方法を起因とする誤差が原因と言うことができる。

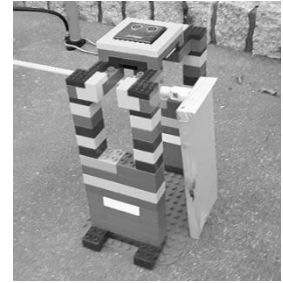
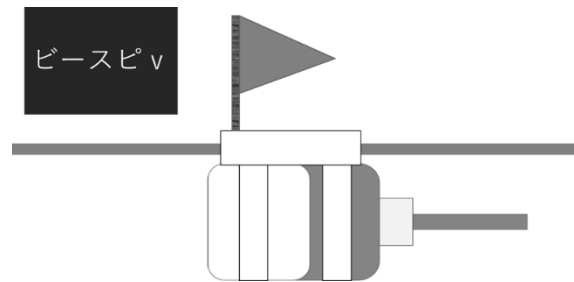
(3) 一番大きなC. C. Lemon機が噴射終了時の水の残量が多いにも関わらず、あまり飛ばなかった。水平発射であるため、水面がノズル位置よりも下がり十分に水を出し切ることができていなかったのかもしれない。

## 9 実験装置

(1) 測定装置としてピースピvを使用することにした。ピースピvとは、株式会社ナリカから発売されている速度測定器である。物体が2つの赤外線センサーの発信部と受光部の間を通過することによって、赤外線が遮られ、その時間差から速度を算出している。



- (2) ビースピvは小型であるため、実験装置上に固定しておく装置が必要であると考え、Lego®とLego® DUPRO®を使用してコの字型の装置を製作した。



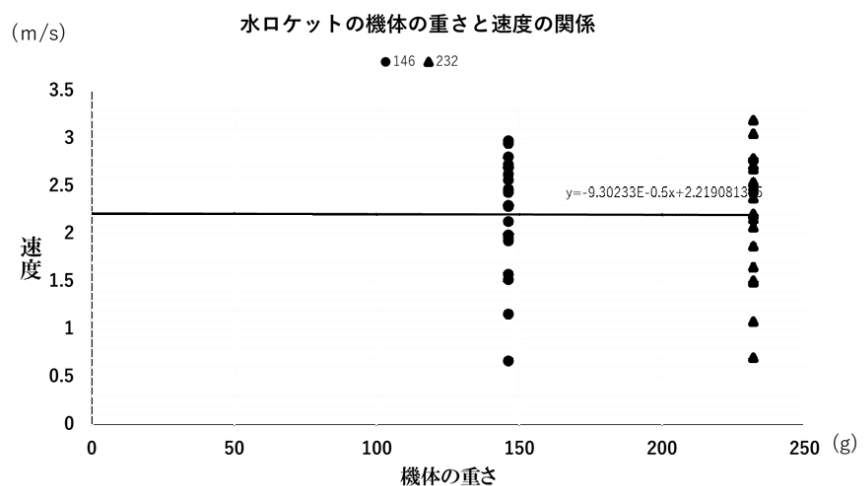
## 10 実験方法

- (1) 前の発射実験と同じように実験は、家の駐車場の父の車用の駐車用ブロックの東寄りに測定装置を置いて行う。理由としては、少し傾斜がついており、水はけがよいこと、駐車用のブロックなど目印になるものが多いこと、父が土日に仕事であることから常に使用できると考えたためである。
- (2) 実験では、以下の点に留意する。
  - ア. 屋外で行う実験のため、熱中症にならないよう、水分補給をしっかりと行う。
  - イ. 測定方法は、次のルールに従う。
    - (ア) 水ロケットに記されている線まで水を入れる。
    - (イ) マジックテープを用いて水ロケットを実験装置に固定する。
    - (ウ) ビースピvのスタートボタンを押す。
    - (エ) 空気を入れて、水ロケットを飛ばす。
    - (オ) ビースピvの測定結果をスマートフォンで撮影する。
    - (カ) その後パソコンに記録する。
  - ウ. 条件をそろえるため、三ツ矢ゼリー機、三ツ矢サイダー機の順にこれを1クールとし、1クールは、同じ時間内で行うようにする。
  - エ. スマートフォン、ビースピvなどが、水にぬれて故障するようなことがないように留意する。
  - オ. できるだけ正確に実験を行うため、雨が降ってくるなど、ビースピvでの測定を妨げるがあった場合、直ちに実験を中止し、それが1クールの途中であったならば、そのクールの結果は、無効とする。

## 11 実験結果

- (1) 実験結果は次の表のとおりである。また、散布図に表し、線形近似直線を引いた。

回数(回)	① (m/s)	② (m/s)
1	1.93	1.08
2	2.3	1.65
3	1.97	1.49
4	1.99	2.07
5	2.98	0.7
6	1.58	1.87
7	2.73	2.49
8	0.67	1.51
9	2.57	3.19
10	2.95	2.54
11	1.52	2.15
12	1.16	2.68
13	2.29	2.79
14	2.44	3.05
15	2.81	2.77
16	2.13	2.37
17	2.47	2.21
18	2.29	2.71
19	2.7	2.18
20	2.63	2.45
平均	2.2055	2.1975



(2)  $F = M dV/dt$ の式を使って推力を算出した。

	$M$ (g)	$dV/dt$ (m/s)	$F$ (N)	
①	146	2.2055	322.003	$F = 322.0N$
②	232	2.1975	509.820	$F = 509.8N$

## 12 考察

(1) ロケットの機体が大きい(水と空気がたくさん入る)方が水ロケットは遠くまで飛ぶ。ロケットの機体が大きい方が推力は大きくなるからだ。また、水がたくさん入ると推力が大きくなるのに速度が変わらないのは、水ロケット自体を動かすために推力を使うため、加速できないことが推測できる。

## 13 感想

今年度は、昨年度から続く水ロケットの自由研究をさらに大きく前進させることができた。自作ロケットを使用した実験装置を製作する際には、昨年度培った水ロケットを作るうえでの知識を十分に生かし、深めることができた。

今年度は、水ロケットの推力を公式から求めようとして、速度を測定するための実験を行ったが、ストップウォッチなどを用いた「距離÷時間」では速すぎて測定できないため、測定装置の開発を1から行った。Lego® Mindstorms® EV3 を使用した装置は、自分で試行錯誤しながら制作し、完成したが、超音波センサーによって誤差が大きくなってしまい、満足な結果が得られなかった。速度測定器であるビースピvを使用したことで、速度を簡単に測定することができ、水ロケットを飛ばすうえで重要なデータが手に入ったと思う。

来年度は、この水ロケットの研究をさらに進め、そして自作の水ロケットを固定実験から飛行実験へと移行していきたい。一般の水ロケットには、空気抵抗を減らすため、ノーズコーンやフィンといった部品がついている。また、発射台も打ち上げにはかなり関与してくるはずだ。「よく飛ぶ水ロケット」を目指すために、こういった点について研究していこうと思う。



また、実験の方法も日本のロケット開発の草創期に糸川英夫博士が考えたような形で行うことが出来、僕の夢であるロケットの技術者としての模倣体験ができた。来年度自由研究を行って水ロケットの完成度を上げていく過程で、ロケットの技術者になるという夢に一步近づけたと思う。

今年は、宇宙旅行が大きく前進した年でもあった。アメリカを拠点とする2社が宇宙旅行を開始し、民間の乗客が次々と宇宙に旅に出て、無重力空間を楽しんだり美しい地球を眺めたりしている。日本人では、前沢有作さんがロシアの宇宙船に乗ってISSに飛び、宇宙空間に滞在した。金額的な面から宇宙を旅できる人はまだ限られているが、僕は将来的に誰もが宇宙に行くことのできるようなロケットを開発する技術者になりたいと思っている。



最後に、ご指導をいただいた静岡 STEM アカデミーの先生方、ビースピvを貸してくださった静岡大学教育学部附属静岡中学校の先生方に、心から感謝したいと思う。