

# よく飛ぶ紙飛行機はどんなカタチ？

日野市立  
夢が丘小学校  
6年 遠藤のあ

## 研究のきっかけ

つい先日、私が弟と外で遊んでいた時のことだ。いきなり弟が遊ぶのをやめて、「あっ、飛行機」と言って空を見上げた。見えなくなるまでずっと飛行機を目で追っていた弟を見て、飛行機に興味があるのだなと感じた。本物の飛行機は簡単には作れないけれど、紙飛行機であれば私でも弟でも簡単に作れる。だから、私は本物の飛行機の代わりに紙飛行機を使って、ある実験を試みようと考えた。具体的には、紙飛行機のカタチを色々変えてみて、一番よく飛ぶ紙飛行機はどんなカタチなのかを見つけるための実験である。そして、私が見つけた一番よく飛ぶ紙飛行機を弟に教えてあげたいと思った。

## 実験目的

色々な形の紙飛行機を作って飛ばし、その結果からどのような形の紙飛行機が「よく飛ぶ」のかを調べる。

## 方法や工夫した点

私が今回の実験で工夫した点は主に次の2つがある。  
(1) 毎回同じように紙飛行機を飛ばす方法  
(2) 紙飛行機の材料

## 工夫点(2) 紙飛行機の材料

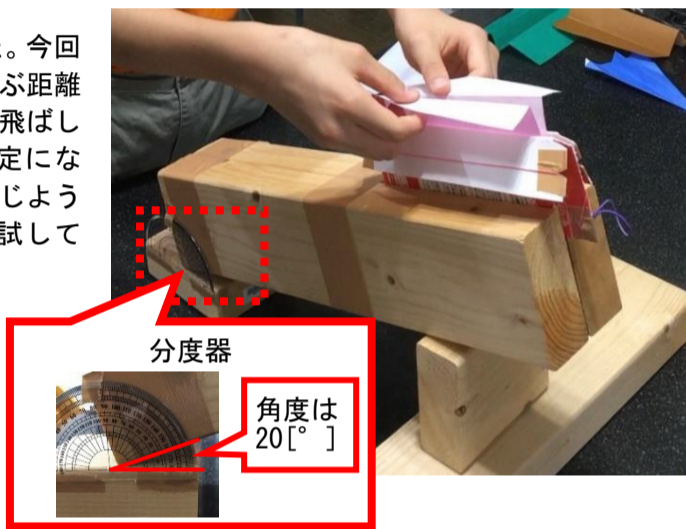
紙飛行機作りに使う材料について考えた。今回の実験ではたくさんの紙飛行機を作って飛び方を比較することになるため、どの紙飛行機でも同じ条件(大きさ、重さ、形)にすることができる素材が良いと考えて、下表のような比較をした。その結果、「折り紙」が最も良い素材だと考えた。

| No.  | 比較項目    | 段ボール    | 画用紙                     | 折り紙                        | ティッシュペーパー                 |
|------|---------|---------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1    | 入手のし易さ  | ○       | ○                       | ○                          | ○                         |
|      |         | 2       | 2                       | 2                          | 2                         |
| 2    | 価格      | ○<br>無料 | ×<br>10枚で110円<br>=11円/枚 | △<br>140枚で110円<br>=0.79円/枚 | △<br>400枚で65円<br>=0.16円/枚 |
|      |         | 2       | 0                       | 1                          | 1                         |
| 3    | サイズの均一性 | ×       | △                       | ○                          | ○                         |
| 4    | 重さの均一性  | ×       | △                       | ○                          | ○                         |
| 5    | 加工のし易さ  | ×       | △                       | ○                          | ×                         |
|      |         | 凸凹がある   | △                       | ○                          | すぐに破れる                    |
| 6    | 頑丈さ     | ○       | 1                       | 2                          | 0                         |
|      |         | △       | ○                       | △                          | ×                         |
| 総合評価 |         | ×       | △                       | ○                          | △                         |
|      |         | 5       | 7                       | 10                         | 7                         |

【凡例】○:2点、△:1点、×:0点として評価した。

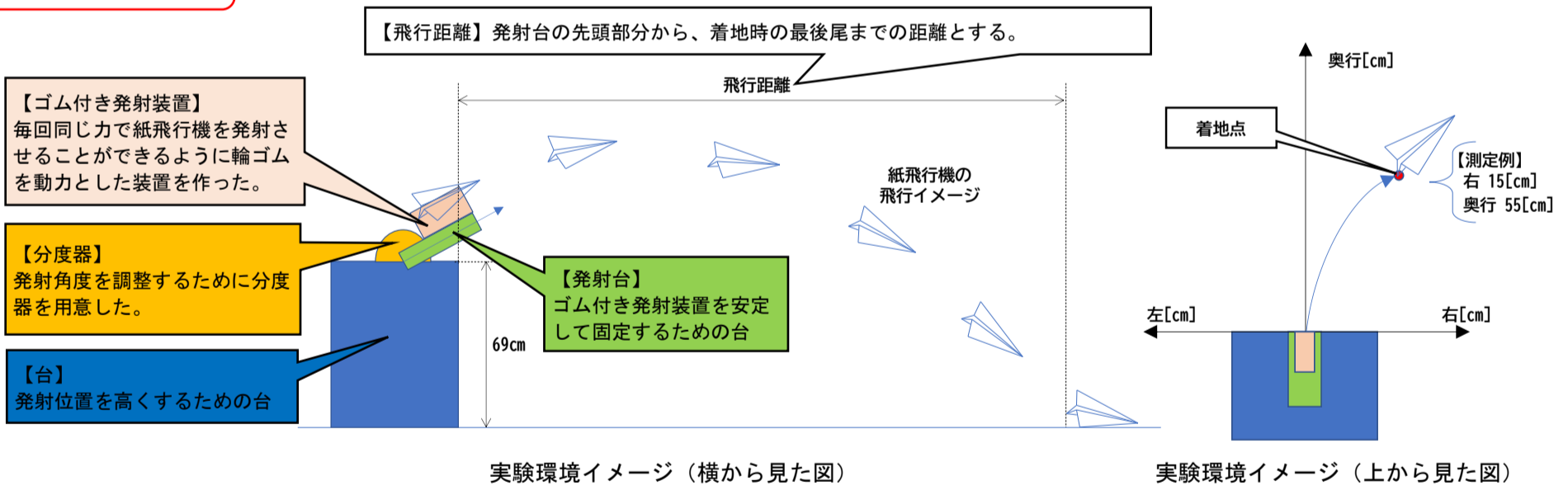
## 工夫点(1) ゴム付き発射装置の実物写真

紙飛行機の飛ばし方について考えた。今回の実験では紙飛行機を飛ばして、飛ぶ距離を測定することになる。紙飛行機の飛ばし方が毎回異なると同じ条件での測定にならない。私は紙飛行機を繰り返し同じように投げることができないか何度か試してみたが、うまくできなかった。そのため、紙飛行機を同じように飛ばせる装置を作って今回の実験を行うことにした。作った装置は右の写真のような装置である。



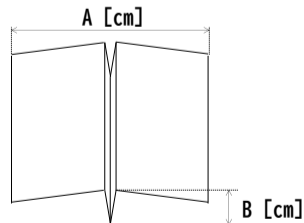
## 実験環境イメージ

今回、紙飛行機の飛行実験は次のような環境(左側の図)で行った。また、測定はゴム付き発射装置から飛ばされた紙飛行機が着地した点までの距離とその方向(右/左)を記録した。



## 実験1

15×15cmの大きさの折り紙を使って右図で示す「翼の長さ(A [cm])」と「持ち手の深さ(B [cm])」に着目し、AとBの値を少しずつ変えていったときに、紙飛行機の飛び方がどう変わるかを調べた。



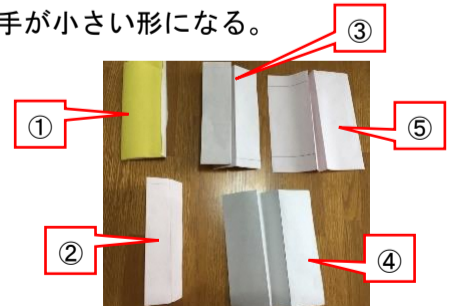
## 予想1

Aの長さが長いほど、羽の大きさが大きくなる為、翼の上面は圧力が低下し、翼の下面は圧力が上昇する「揚力」によってより上に上がり、遠くに飛ぶと予想した。

## 方法1

AとBを変えたときの違いを調べる。以下の5パターンを作った。①が一番翼が狭くて持ち手が大きい、⑤が一番翼が広くて持ち手が小さい形になる。

- ① 「A=4cm, B=5.5cm」
- ② 「A=6cm, B=4.5cm」
- ③ 「A=8cm, B=3.5cm」
- ④ 「A=10cm, B=2.5cm」
- ⑤ 「A=12cm, B=1.5cm」



## 実験結果1

左右方向に飛んだ距離[cm]と奥行方向に飛んだ距離[cm]から発射点から着地点まで一直線に飛んだ距離[cm]を算出した。参考文献によると、左右方向の距離を2回掛けた値と、奥行方向の距離を2回掛けた値を足して、その平方根を求めると計算できる。

<①「A=4cm, B=5.5cm」の実験結果>

| A | B   | 結果     | 1回目  | 2回目 | 3回目   | 4回目  | 5回目  | 平均   |
|---|-----|--------|------|-----|-------|------|------|------|
| 4 | 5.5 | 左[cm]  |      |     | 76    | 40   |      | 36.0 |
|   |     | 右[cm]  | 28   | 0   |       |      | 36   |      |
|   |     | 奥行[cm] | 30   | 0   | 90    | 70   | 43   | 46.6 |
|   |     | 距離[cm] | 41.0 | 0.0 | 117.8 | 80.6 | 56.1 | 58.9 |

<②「A=6cm, B=4.5cm」の実験結果>

| A | B   | 結果     | 1回目  | 2回目  | 3回目  | 4回目  | 5回目   | 平均   |
|---|-----|--------|------|------|------|------|-------|------|
| 6 | 4.5 | 左[cm]  | 2    | 25   | 17   | 60   |       | 22.8 |
|   |     | 右[cm]  |      |      |      |      | 10    |      |
|   |     | 奥行[cm] | 50   | 30   | 30   | 60   | 110   | 56.0 |
|   |     | 距離[cm] | 50.0 | 39.1 | 34.5 | 84.9 | 110.5 | 60.5 |

<③「A=8cm, B=3.5cm」の実験結果>

| A | B   | 結果     | 1回目   | 2回目  | 3回目   | 4回目  | 5回目  | 平均   |
|---|-----|--------|-------|------|-------|------|------|------|
| 8 | 3.5 | 左[cm]  | 75    |      |       |      |      | 46.2 |
|   |     | 右[cm]  |       | 70   | 60    | 13   | 13   |      |
|   |     | 奥行[cm] | 80    | 5    | 105   | 55   | 55   | 60.0 |
|   |     | 距離[cm] | 109.7 | 70.2 | 120.9 | 56.5 | 56.5 | 75.7 |



### 実験結果 1 (続き)

<④「A=10cm, B=2.5cm」の実験結果>

| A  | B   | 結果      | 1回目   | 2回目   | 3回目  | 4回目  | 5回目  | 平均   |      |
|----|-----|---------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 10 | 2.5 | 左 [cm]  |       | 40    | 60   | 45   | 32   | 25   | 40.4 |
|    |     | 右 [cm]  |       | 40    | 60   | 45   | 32   | 25   |      |
|    |     | 奥行 [cm] | 115   | 85    | 55   | 50   | 70   | 75.0 | 85.2 |
|    |     | 距離 [cm] | 121.8 | 104.0 | 71.1 | 59.4 | 74.3 | 74.3 |      |

<⑤「A=12cm, B=1.5cm」の実験結果>

| A  | B   | 結果      | 1回目  | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 左 [cm]  |      | 90    | 0     |       |       |       | 42.0  |
|    |     | 右 [cm]  |      | 70    |       | 30    | 20    |       |       |
|    |     | 奥行 [cm] | 70   | 130   | 200   | 110   | 120   | 126.0 | 132.8 |
|    |     | 距離 [cm] | 99.0 | 158.1 | 200.0 | 114.0 | 121.7 | 121.7 |       |

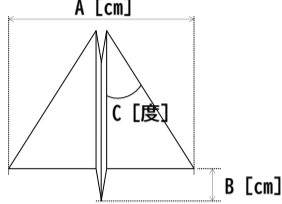
どれも途中で空気に見えない壁があるかのように一瞬止まり、減速して、ゆらゆらと木の葉のように落ちて、後ろや横に動いた。

### 考察 1

物体と空気が衝突することによって物体の進行方向とは逆向きに発生する空気抵抗によってすべての飛行機が押し返された。空気抵抗を減らすにはなるべく翼の大きさは小さいほうがいいのだろうか。

### 実験 2

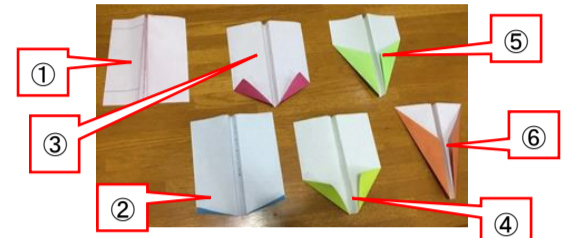
実験 2 では右図の A, B, C の各要素のうち、「翼の長さ (A [cm])」と「持ち手の深さ (B [cm])」は実験 1 で最も良く飛んだ⑤の値に固定し、飛行機の機首の角度 C の値を少しずつ変えていったときに、紙飛行機の飛び方がどう変わるかを調べた。



### 方法 2

C の値だけを変えたときの違いを調べるために、以下の 6 パターンを作った。⑥は翼の長さを 12 [cm] とする場合に最も C を鋭角にした場合の角度が 22 度であった。(22 度より小さくすると、翼の長さ (A [cm]) が 12 [cm] よりも狭くなってしまふ。)

- ① 「C=90 度」
- ② 「C=75 度」
- ③ 「C=60 度」
- ④ 「C=45 度」
- ⑤ 「C=30 度」
- ⑥ 「C=22 度」



### 予想 2

C の角度が 22° の紙飛行機が最もよく飛ぶと予想した。それは、C の角度を小さくすると、翼の先が尖がっていることが、速く走る新幹線の先頭車両のカタチ (尖がっている) に似ているからだ。

### 実験結果 2

④、⑤、⑥の飛行機は①の 90° の飛行機よりも飛んだが、②と③の飛行機が①の飛行機より飛ばなかった。そして、⑥の角度が 22° の飛行機が一番遠くまで飛んだ。

<①「C=90 度」の実験結果>

| A  | B   | C  | 結果      | 1回目  | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|----|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 90 | 左 [cm]  |      | 90    | 0     |       |       | 42.0  |       |
|    |     |    | 右 [cm]  |      | 70    |       | 30    | 20    |       |       |
|    |     |    | 奥行 [cm] | 70   | 130   | 200   | 110   | 120   | 126.0 | 132.8 |
|    |     |    | 距離 [cm] | 99.0 | 158.1 | 200.0 | 114.0 | 121.7 | 121.7 |       |

<②「C=75 度」の実験結果>

| A  | B   | C  | 結果      | 1回目   | 2回目  | 3回目  | 4回目  | 5回目   | 平均    |      |
|----|-----|----|---------|-------|------|------|------|-------|-------|------|
| 12 | 1.5 | 75 | 左 [cm]  | 5     | 35   |      | 20   |       | 25.4  |      |
|    |     |    | 右 [cm]  |       |      | 52   | 15   |       |       |      |
|    |     |    | 奥行 [cm] | 115   | 50   | 73   | 60   | 170   | 93.6  | 97.0 |
|    |     |    | 距離 [cm] | 115.1 | 61.0 | 89.6 | 63.2 | 170.7 | 170.7 |      |

<③「C=60 度」の実験結果>

| A  | B   | C  | 結果      | 1回目   | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 60 | 左 [cm]  | 40    | 23    | 10    |       | 15    | 23.6  |       |
|    |     |    | 右 [cm]  |       |       | 30    |       |       |       |       |
|    |     |    | 奥行 [cm] | 115   | 110   | 120   | 120   | 150   | 123.0 | 125.2 |
|    |     |    | 距離 [cm] | 121.8 | 112.4 | 120.4 | 123.7 | 150.7 | 150.7 |       |

<④「C=45 度」の実験結果>

| A  | B   | C  | 結果      | 1回目   | 2回目   | 3回目   | 4回目  | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|----|---------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 45 | 左 [cm]  | 2     | 40    |       |      | 65    | 30.0  |       |
|    |     |    | 右 [cm]  |       |       | 18    | 25   |       |       |       |
|    |     |    | 奥行 [cm] | 110   | 175   | 160   | 70   | 158   | 134.6 | 137.9 |
|    |     |    | 距離 [cm] | 110.0 | 179.5 | 161.0 | 74.3 | 170.8 | 170.8 |       |

<⑤「C=30 度」の実験結果>

| A  | B   | C  | 結果      | 1回目   | 2回目  | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|----|---------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 30 | 左 [cm]  | 12    | 5    |       | 13    | 38    | 28.6  |       |
|    |     |    | 右 [cm]  |       |      | 75    |       |       |       |       |
|    |     |    | 奥行 [cm] | 118   | 30   | 198   | 233   | 172   | 150.2 | 152.9 |
|    |     |    | 距離 [cm] | 118.6 | 30.4 | 211.7 | 233.4 | 176.1 | 176.1 |       |

<⑥「C=22 度」の実験結果>

| A  | B   | C  | 結果      | 1回目   | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|----|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 22 | 左 [cm]  |       | 91    |       | 78    | 19    | 63.4  |       |
|    |     |    | 右 [cm]  | 104   |       | 25    |       |       |       |       |
|    |     |    | 奥行 [cm] | 133   | 433   | 255   | 150   | 100   | 214.2 | 223.4 |
|    |     |    | 距離 [cm] | 168.8 | 442.5 | 256.2 | 169.1 | 101.8 | 101.8 |       |

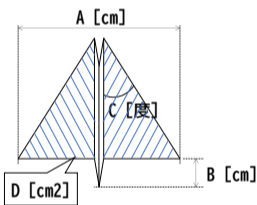
### 考察 2

やはり、⑥の飛行機は空気抵抗が一番小さいので、よく飛んだ。しかし、なぜ、②、③の飛行機は①の飛行機よりも飛ばなかったのだろうか。それは、折った部分 (右の図参照) が翼にくっついてると空気抵抗が小さくなり、くっついていないと空気抵抗が大きくなってしまふからであると思う。さらに、遠くへ飛ばすためには、B の持ち手の工夫も必要だと思う。



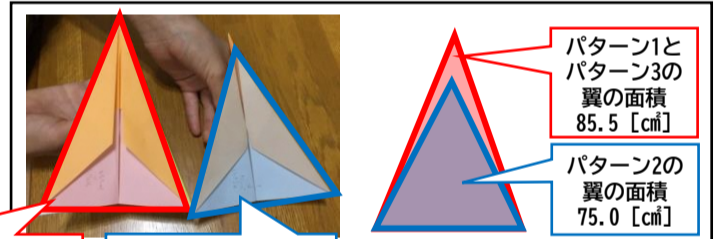
### 実験 3

右図の A~D の各要素のうち、「翼の長さ (A [cm])」と「持ち手の深さ (B [cm])」は実験 1 で最も良く飛んだ⑤の値に固定し、飛行機の機首をより鋭くして、翼の大きさを変えてきたときに、紙飛行機の飛び方がどう変わるかを調べた。



### 実験 3 の写真

実験 3 に使った 3 種類の紙飛行機の写真と特徴がわかる図を示す。

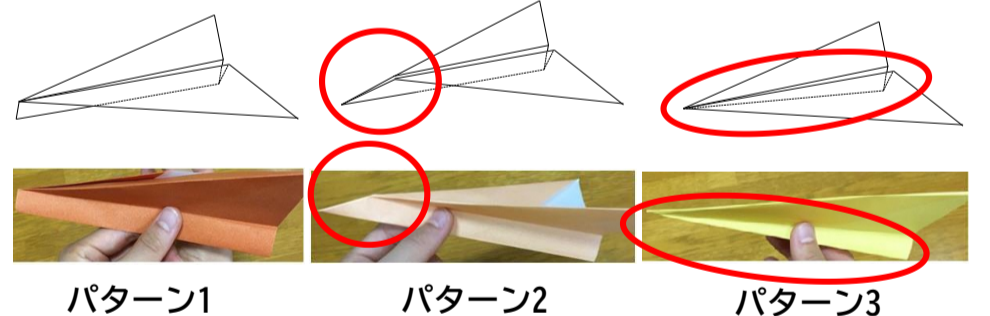


### 予想 3

一番翼の大きさが小さく、持ち手のところが鋭い②の飛行機は空気抵抗が小さく、よく飛ぶと思う。

### 方法 3

次の 3 パターンの形を作る。まず、パターン 1 は実験 2 で最もよく飛んだ値 (A=12cm, B=1.5cm, C=22 度) の紙飛行機で、翼の大きさ D は面積=85.5 cm² である。次に、パターン 2 では、パターン 1 に対して、A, B の値は変えず、翼の大きさ D を小さくした (翼の面積=75 cm²)。面積を小さくした際に、機首の部分が鋭い形になった。最後に、パターン 3 では、パターン 1 に対して、A~D の値は変えず、持ち手部分全体も鋭い形になるようにした。



### 実験結果 3

パターン 1 とパターン 2 を比較すると、面積が小さいパターン 2 のほうがよく飛んだ。また、パターン 1 とパターン 3 を比較すると、持ち手の部分が全体的に鋭いほうがよく飛ぶことがわかった。一方で、パターン 2 とパターン 3 を比較すると、翼の大きさが小さいパターン 2 より翼の大きさが大きいパターン 3 のほうがよく飛んだ。結果として、翼の大きさは大きい方が、持ち手が一番鋭い形であるパターン 3 が最もよく飛んだ。

<パターン 1 の実験結果>

| A  | B   | C  | D    | 結果      | 1回目   | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|----|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 22 | 85.5 | 左 [cm]  | 16    | 60    | 32    | 24    | 5     | 27.4  |       |
|    |     |    |      | 右 [cm]  |       |       |       |       |       |       |       |
|    |     |    |      | 奥行 [cm] | 223   | 223   | 444   | 225   | 260   | 275.0 | 276.4 |
|    |     |    |      | 距離 [cm] | 223.6 | 230.9 | 445.2 | 226.3 | 260.0 | 260.0 |       |

<パターン 2 の実験結果>

| A  | B   | C  | D    | 結果      | 1回目   | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|----|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 27 | 75.9 | 左 [cm]  |       | 60    | 16    | 32    | 56    | 44.0  |       |
|    |     |    |      | 右 [cm]  |       |       | 56    |       |       |       |       |
|    |     |    |      | 奥行 [cm] | 370   | 342   | 432   | 383   | 351   | 375.6 | 378.2 |
|    |     |    |      | 距離 [cm] | 374.2 | 347.2 | 432.3 | 384.3 | 355.4 | 355.4 |       |

<パターン 3 の実験結果>

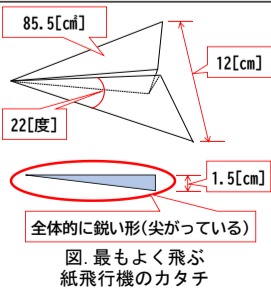
| A  | B   | C  | D    | 結果      | 1回目   | 2回目   | 3回目   | 4回目   | 5回目   | 平均    |       |
|----|-----|----|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12 | 1.5 | 22 | 85.5 | 左 [cm]  | 52    |       | 80    | 44    | 46    | 50.8  |       |
|    |     |    |      | 右 [cm]  |       |       | 32    |       |       |       |       |
|    |     |    |      | 奥行 [cm] | 580   | 462   | 522   | 356   | 445   | 473.0 | 475.7 |
|    |     |    |      | 距離 [cm] | 582.3 | 463.1 | 528.1 | 358.7 | 447.4 | 447.4 |       |

### 考察 3

パターン 1 とパターン 2 の結果と、パターン 1 とパターン 3 の結果は予想通りであった。しかし、パターン 2 とパターン 3 の結果は予想とは異なり、パターン 2 と比較して翼の大きさが大きく、持ち手が全体的に鋭い形であるパターン 3 がより遠くに飛んだ。実験 1 の結果を振り返ってみると、翼の大きさが大きいほうが遠くまで飛ぶことがわかる。しかし、パターン 1 とパターン 2 をみると、翼の大きさが小さいほうが遠くへ飛んでいることがわかる。それは、パターン 1 に比べ、持ち手の先端がとんがった為であると思う。つまり翼の大きさが大きく、持ち手の形が鋭い飛行機がよく飛ぶことがわかる。したがって、パターン 2 の飛行機はよく飛ばない条件が重なってしまったため、パターン 1 よりも飛び、パターン 3 よりも飛ばなかったのである。

### 結論

実験 1 では A の長さが長い方が遠くまで飛び、実験 2 では C の角度が小さい方が遠くまで飛び、実験 3 では翼の面積が大きく (85.5 cm²)、持ち手が全体的に鋭い形である方が遠くまで飛ぶことがわかった。今回の実験では、A の長さが 12 cm、B の長さが 1.5 cm、C の角度が 22 度で、持ち手の形が全体的に鋭い紙飛行機である **パターン 3 のような形が最も遠くまで飛ぶ紙飛行機** である。右の図にその特徴を整理した。



### 感想

実験 1 で A を 12 cm より長くするとゴム付き発射装置のゴムに引っ掛かり、翼が折れてしまったため A を長くできなかった。また、実験 1 で最もよく飛んだ A の値を固定したため、22° よりも小さくすると、A の値が変わってしまうため、C をこれ以上小さくできなかった。次回は、そこを考慮して実験したり、今回はできなかった滞空時間についても実験したりしてみたいと思った。ちなみに、世界ギネス記録を達成したスザンヌ号という紙飛行機は、折り紙ではなく、A4 の紙 (長方形) を使って作られている。だから、次は一番よく飛ぶ紙飛行機を A4 の紙 (長方形) で折り、今回一番飛んだ紙飛行機と A4 の紙 (長方形) で折った紙飛行機のどちらが遠くまで飛ぶのかということを検証してみたい。

### 出典

1. ギネス記録 69. 14M を出したスザンヌ号 <https://origami-mania.com/>
2. 紙飛行機発射装置 <http://www.step.aichi-edu.ac.jp/crafts/easy090.html>
3. 揚力の発生原理 <https://pigeon-poppo.com/lift-theory/>
4. 空気抵抗とは? <https://zatugaku-gimonn.com/entry310.html>
5. 三平方の定理 <https://manabi.matirialab.com/pythagorean-theorem/>