

「科学の芽」賞 応募論文

ラワンの紙模型の研究

私立 武蔵中学校 1 年

氏名 佐藤 璃輝

① 動機

小学生の頃、学校の理科の授業で紙で簡単に作れる種の模型を飛ばした。飛ばして楽しむ授業だった。

とてもよく飛ばすことで有名なアルミトラ^{*}の種の模型や、日本ではなじみ深いマツの種の模型まで四つの種の模型を作って飛ばした。その中で材木として知られるラワンの種の模型はとても単純な作りでしかもヘリコプターのようによく飛び興味深かった。

そこで、ラワンの紙模型はなぜ飛ばすのか、どのような形がよく飛ばすのか知りたくなり、考えてみることにした。

※ アルミトラ・マクロカルパについて

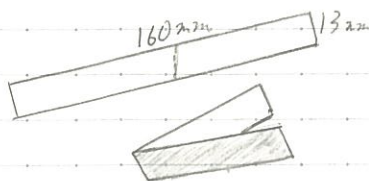
熱帯アジア産のウリ科のつる性の木で帽子のような果実がでる。果実の中に入っている。その種子は無風でも30mほど落ちれば120m先まで飛び熱帯アジアでよく起こる上昇気流にのると飛距離がさらに1kmを超える。ハンググライダーや音の飛行機を作るに当たってヒントにされた植物。

② ラワンと紙ラワンについて

ラワン……東南アジア産のフタバガキ科の樹木で高さ70mにもなる。大木。果実には2~5枚の翼を持ち、回転しながら落ちる。



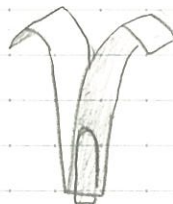
紙ラワンの作り方



半分の所で折り
少しずらして
小さなV型にする。



種(クルマ)を
つける。



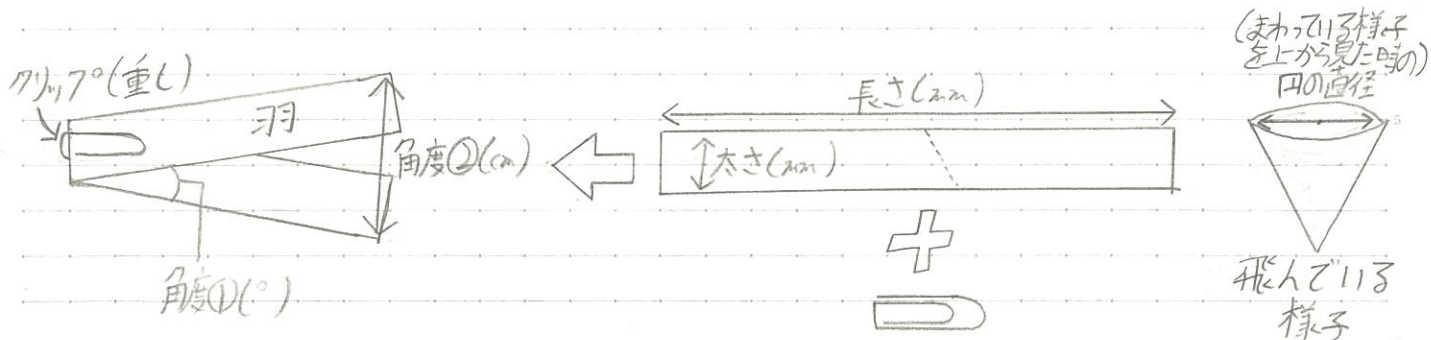
両羽の先だけ
外側にそらす。

飛ばし方



高く投げあげる

③ この研究における言葉の定義と主な実験方法

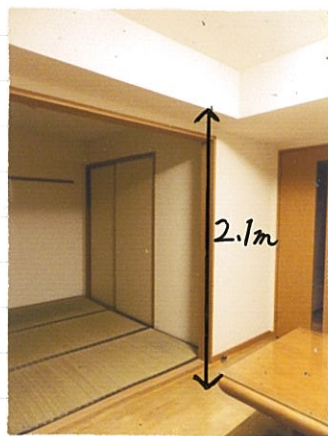


・飛ばし方

作り方は図と同じで長さ等の条件を変える。
しかし上に高く投げ上げて飛ばすと何処から落ちたのかわからないので、投げあげずに落とすこととする。

・実験場所

僕の家のリビングルームの天井の出っ張っている部分から落とす。床まで2.1mある。



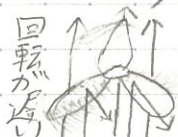
・時間

落ち始めてからラフの種が地面に着くまで、つまりラフの先が2.1m動いた間を飛んだ時間とする。しかし誤差が大きいので回ばかり平均をとる。

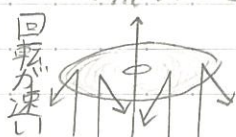
④ なぜよく飛ぶのか

① 仮説

回転すると空気抵抗が大きくなり、早く落ちるから長く飛ぶのだと考えた。つまりよく回転する=よく飛ぶと考えた。



空気がぶつかからない



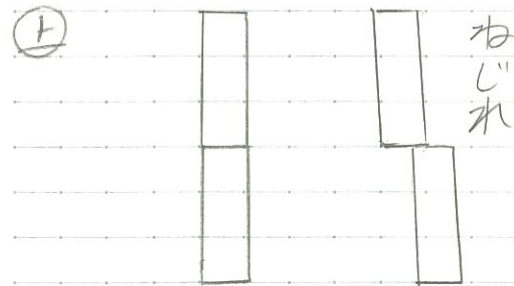
空気がぶつかる

回転の速さの有無はこの段階で自由に操作することができないので、なぜ②で記したような作り方だとよく回るのか考えることにした。

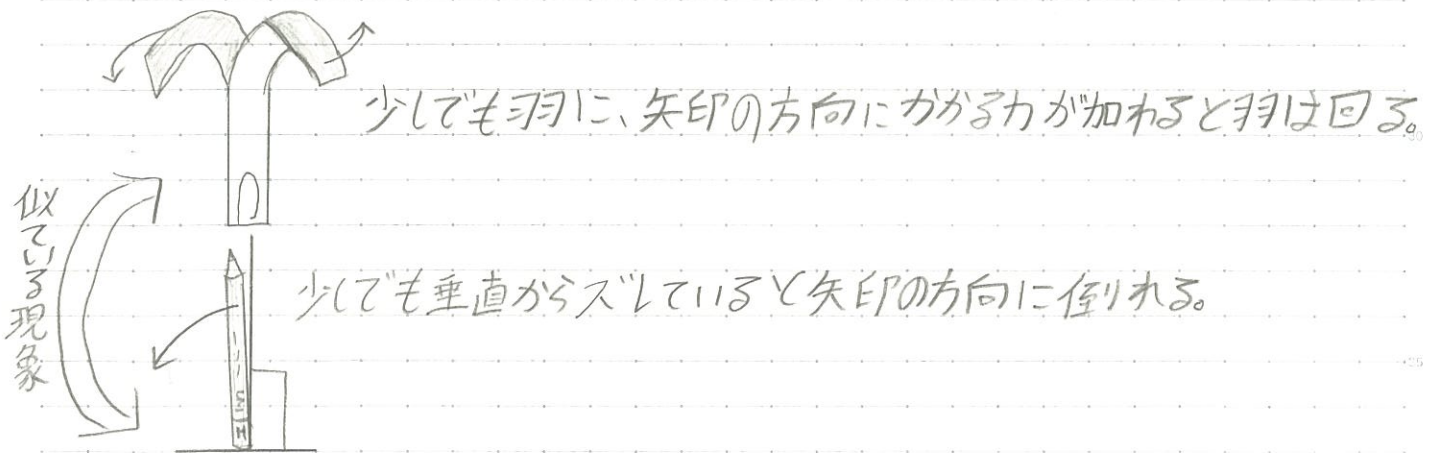
5) なぜよく回るか

① 仮説

- 角度がついたら羽にねじれが生じる。そのねじれが「スクリュー」と同じように空気をかきわける。具体的にどういプロセスで「回る」かわからないが、そのねじれが関係すると思った。



- 鉛筆を立てた時、どちらかに倒れるように、ちょっとした傾きやズレがあることにより、回るのだと考えた。



②実験と結果

(実験Ⅰ)

角度①が0°の時と8°の時で落としてみた。


 おし水X おし水Oとなる。

0°の時

8°の時



(結果Ⅰ)

0°の時はほぼ回らず落ちた。8°の時は回転しながら0°の時よりゆっくり落ちた。

(実験Ⅱ)

折り方の違う二つのラワンを5回落し、どの回転方向が多かったか調べた。



折る方向を逆にしたラワンを落とす

(結果Ⅱ)

内側に折った場合、5回全て時計回りに回転した。
外側に折った場合、5回全て反時計回りに回転した。

(実験Ⅲ)

内側(外側)に折ったラワンを手で反時計回り(時計回り)にひねりながら落とした。この時は洗たくばさみで落とさなかった。

(結果Ⅲ)

途中で逆転し、実験Ⅱと同じように時計回り(反時計回り)に回った。

③考察

①の最初の仮説通り、おし水がないと回らないことがわかった。

おし水の方が逆だと回り方も逆になることがわかった。

しかし、①の次の仮説は間違っていることがわかった。

それは結果Ⅲからわかることだが、羽に反時計回りになるように力を加えてもそのようにはならなかった。

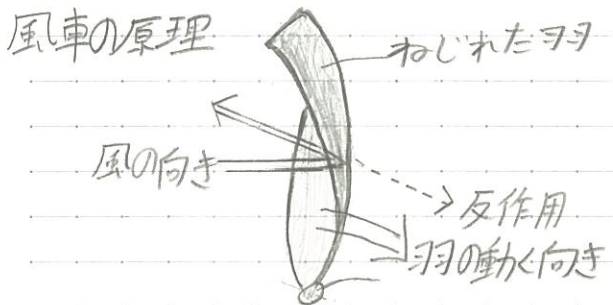
なぜ羽におし水があると回転するのかは不明だがおし水は回転に不可欠だった。

⑥ なぜねじれている羽はよく回るのか

⑤の考察でねじれは回転に不可欠であることがわかった。なぜねじれた羽は回転するのか反説だけ記した。(実験段階まで思考が反はなかった。)

① 仮説

^{がぐるま}
風車は羽によって向きが変わった風の反作用で回っている。
風車は真正面から息を吹きかけて回すため、羽がねじれていないと風の向きを変えられない。ラワンにも同じことが起きているのだと思う。



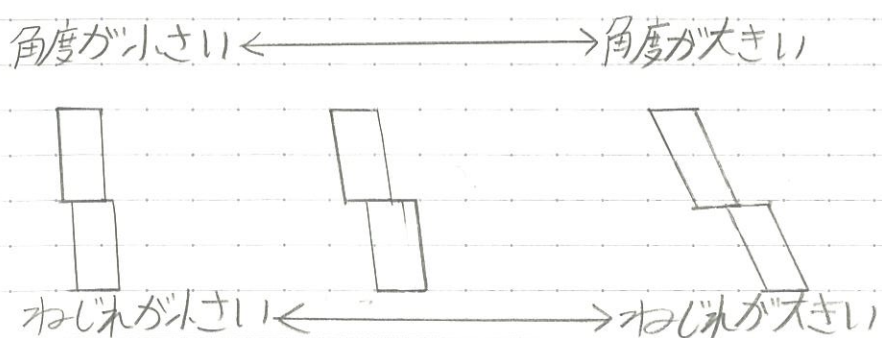
⑦ どの形をしたラワンがよく飛ぶのか ~ 角度編 ~

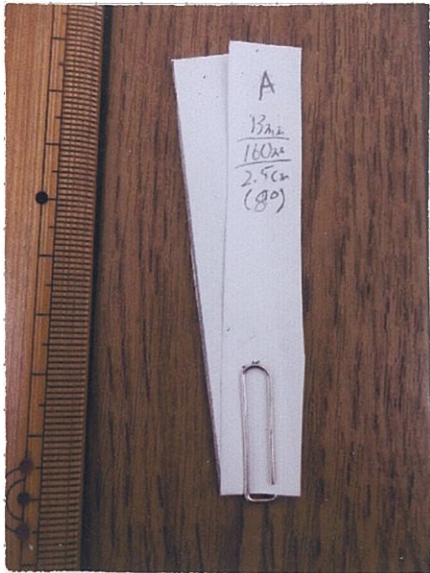
① 実験

角度②の長さが2.5cm、3.75cm、5cm (それぞれ角度①が8°、18°、26°)の3つのラワンを製作し飛んだ時間と回転の様子を比較した。
3つとも長さ160mm、太さ13mmとし、角度②の長さが2.5cmのものを「A」、3.75cmのものを「B」、5cmのものを「C」と記号をつけた。
A、B、Cをそれぞれ3回落としてそれぞれ3回飛んだ時間をはかり平均を求めた。

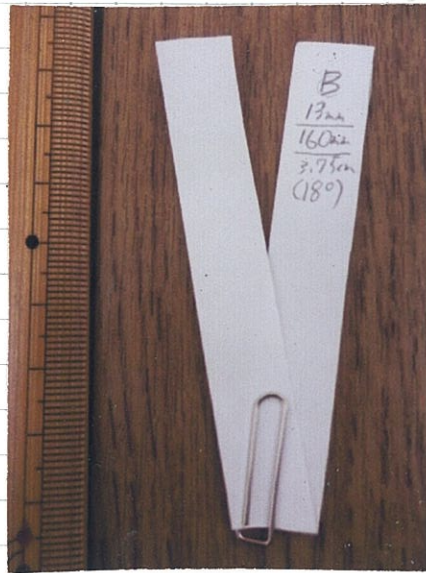
② 仮説

今までの考えでいくと、角度が大きいため3つの中で最も羽がねじれているCがよく飛ぶと考えた。

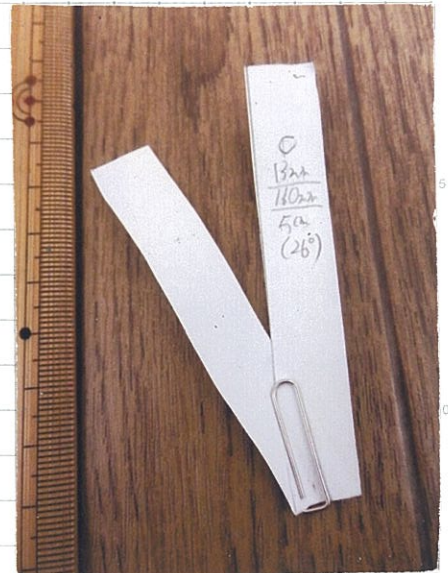




A



B



C

③結果

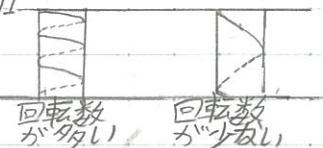
| 記号 | A | B | C |
|---------|----------|----------|-------|
| 時間①(秒) | 1.46 | 1.56 | 1.40 |
| 時間②(秒) | 1.46 | 1.59 | 1.37 |
| 時間③(秒) | 1.43 | 1.59 | 1.37 |
| 平均時間(秒) | 1.45 | 1.58 | 1.38 |
| 回転の様子 | Bと同じ回転速度 | Aと同じ回転速度 | 回転が遅い |

④考察

落ちる時間が $A < B < C$ になる理由を考えてみた。

V字形の幅が広いと、まわっている様子を上から見た時の円の直径は大きくなる。するとまわすのにより多くのエネルギーが必要となり、回すので「精一杯」で回転数が少なくなってしまう。回転数が少なくなると軌く距離が短くなる。(図1) なので、距離が短い方が速く落ちる。だからよりBの方が時間が長いのだと思った。……理由①

図1



しかし、それではAが一番時間が長くなってしまふ。V字形の幅がせまいと空気抵抗が受けにくくなってしまふ。すると速く落ちる。逆にV字形の幅が広いと空気抵抗をよく受け、長く空中で「回る」。……理由②

理由①では落ちる時間が $A > B < C$ になると考えられる。

理由②では落ちる時間が $C > B > A$ になると考えられる。

理由①と理由②、二つの要因が合わさると落ちる時間は $A < B < C$ となる。

つまり結果と一致する。

僕は理由①と理由②が合わさって結果に違いが出たのだと考えた。

⑧どの形をしたラワンがよ〜く飛ぶのか〜長さとか太さ編〜

①実験

長さや太さを変えてど〜かが一番よ〜く飛ぶのか調べた。

角度は⑦の実験で最よ〜く飛んだ「角度①=18°」を採用した。

ど〜のような特徴のラワンを作成し飛ばしたかは表11に表記する。

飛ばしたラワンはB、D、E、F、Gの5つで⑦の実験と同じように

それぞれ3回飛んだ時間をはかり平均を求めた。

なぜ⑦の実験で飛ばしたBをもう一度飛ばすかという点、

⑦の実験と⑧の実験を行った日か〜違〜うため、気温や湿度などの条件を考慮したからだ。さらに今回も回転の様子も比較した。

| 表1 | 記号 | B | D | E | F | G |
|----|--------|-----|-----|----|-----|-----|
| | 長さ(mm) | 160 | 160 | 80 | 320 | 240 |
| | 太さ(mm) | 13 | 26 | 13 | 13 | 13 |
| | 角度①(°) | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |

②仮説

⑦の理由①・②によりDが最よ〜く飛ぶと思〜う。

まわっている様子を上からみた時の円の直径はFやGより小さい。理由①

によりFやGよりよ〜くまわる。また、Eより長く太いので「空気抵抗をよ〜く

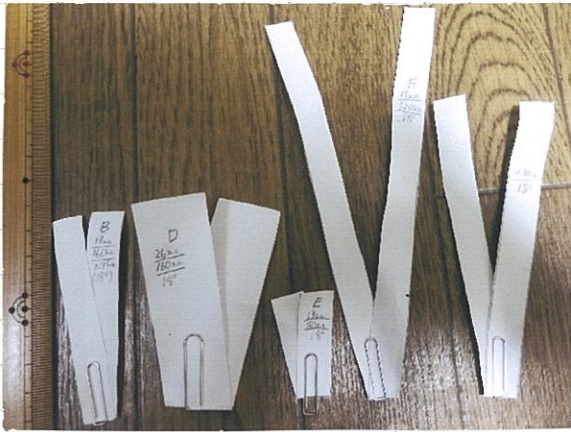
受ける。理由②によりBやEよりよ〜く回る。

つまり、DはB、E、F、Gよりよ〜く飛ぶことになる。

だから、Dが最よ〜く飛ぶと思〜った。

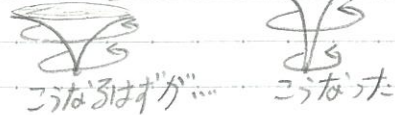
③結果

| 記号 | B | D | E | F | G |
|---------|----------|------|--------|--------|----------|
| 時間①(秒) | 1.59 | 1.43 | 0.71 | 1.25 | 2.00 |
| 時間②(秒) | 1.56 | 1.37 | 0.75 | 1.18 | 1.93 |
| 時間③(秒) | 1.56 | 1.40 | 0.75 | 1.28 | 1.87 |
| 平均時間(秒) | 1.57 | 1.40 | 0.74 | 1.24 | 1.93 |
| 回転の速さ | 二番目に速い回転 | 最速回転 | すばぬけ最速 | すばぬけ最速 | 二番目に遅い回転 |



B・D・E・F・G 集合写真

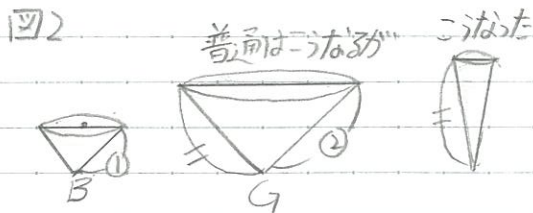
備考: Fは長さが20cmと長いがまわっている様子を上から見た時の円の直径は小さかった。



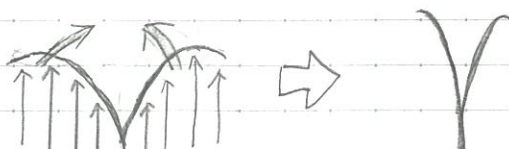
まわっている様子を上から見た時の円の直径の大きい順に並べると、G、B、D、D、B、F、Eであった。(見た目)

④考察

円の直径が大きいとよく飛ぶことがわかった。
備考で円の直径の大きい順でBがDかあまいなところがあったが、おそらくBの方が円の直径が大きかった。それは下の理由からだ。
もし、Bの方がDより円の直径が大きかったとすれば、B、D、E、F、Gを速い順に並べた場合とまわっている様子を上から見た時の円の直径の大きい順に並べた場合は完全に一致する。Bが円の直径が大きい方が自然である。
よってまわっている様子を上から見た時の円の直径が大きいのは大きいほどよく回ると考えた。空気抵抗を受けやすいからだと思いが、受けすぎてもいけない。それはFがわかりやすい事例だが、長さが長くても円の直径が大きいとは限らないこともわかった。Fは長さが20cmもあるのに円の直径がBやD、Gより小さかった。(図2)



その理由として考えたことは、Fは長いのでよく回る。よく回るので、空気抵抗を受けると羽が押されて円の直径が小さくなるということだ。



Dも予想と反してあまり飛ばなかったが空気抵抗を受けすぎたことが理由だと思ふ。

9 全体の考察やまとめ

- ねじれは回転に不可欠であることがわかった。(P.4)
- 回転するほどよく飛ぶ(P.2)という仮説をたてたが⑧の結果(P.7)を見るとそうではないことがわかる。
- ⑨の考察(P.6~P.7)ではまわっている様子を上から見た時の円の直径が大きい方があまり飛ぶ(理由①)と考えたが、⑧の考察では、円の直径が大きい方がよく飛ぶと考え、違う実験で反する考察が導き出されました。⑧の考察は⑨の考察に比べ実験結果をよく反映しているし、計15回落としていたのでデータが多いので、⑧の考察通り、円の直径が大きい方がよく飛ぶのだと思う。⑨の考察は、正確ではなく、もっと色々な要因が重なっているのだと思う。
- 長さが長すぎず、短すぎず、太さが太すぎず、細すぎず、角度が大きすぎず、小さすぎず、なによりよく飛ぶ。単純に長ければよいなどのようなことはない。それがどの形をしたラワンがよく飛ぶのかの答えである。
- なぜ飛ぶのかの答えは結局、円で仮説(P.2)しかたてられなかった。
- 少なくともラワンの回り方には様々な要因が複雑にからみあっている。

10 反省

- 僕がストップウォッチで時間を計っているので誤差がややある。
- 実験できず仮説段階で終わってしまうことが多くなってしまった。
- どのような条件に左右されるのかわからず、知らず知らずのうちに飛び方に温度や湿度が関係している可能性を否定できなかった。

11 参考

- 文部科学省委託事業 飯沼川周辺の自然を調べよう(改訂版) 一歩自然のふもとに
押野 浩他・著 ミュージアムパーク茨城県自然博物館・出片反