

竹とんぼの浮揚

宮城県仙台第三高等学校

近年、スマートフォンをはじめとした電子機器の普及が著しい。その影響でおはじき、紙風船といった伝統遊び離れが進んでいる。そこで私達はそれらに再び関心を持ち、日本の良さを改めて知ってほしいと思った。その実現のためには道具の性能の向上が重要だと考えた。その中でも今回は「竹とんぼ」の浮揚に着目して研究を進めた。

最初の実験では翼の長さ、角度を変化させて実験を行った。翼の長さは10、12、14、16cmの四パターン、角度は15°、25°、35°の三パターンを試した。しかし実際に飛ばしてみると竹とんぼが飛行時に安定せず、滞空時間が極端に短くなってしまった。そこで羽に針金をつけることで角度を固定し、飛行の安定化を図った。また飛ばす際、一定の力で飛ばすため自作のゴム動力の発射装置を用いた。揚力と抗力に注目して滞空時間について考察したところ16cmかつ15°のものが一番長く飛ぶ、と予想した。その結果、予想通り16cm15°が一番飛んだ。次の実験では羽の回転速度に注目をした。最初の実験よりも先端が細い羽を使用、長さや角度は最初の値と同じで実験した。今回も16cm15°のものが一番飛ぶと予想した。結果は予想通りだったが先端が太いほうが長く飛んだ。今後の展望としてはもっと極端な大きさの羽で実験する、実験の回数を増やして正確性を向上させるが挙げられる。

1 背景

近年、スマートフォンなどの電子機器の発達によって若者の昔遊び離れが進んでいることは既知の事実である。現代の子どもたちは外で遊ぶよりもスマートフォンのアプリやゲームなどをして遊んでいる。私達はもう一度昔遊びに興味を持ってもらいたいと考えた。昔遊びでは体を動かすだけでなく創造性や協調性も学ぶことができる。そこで私達は昔遊びの性能を向上させることで再注目させることができると考えた。多くある昔遊びの中でも現代でリメイクなどがあまりされていない竹とんぼに注目した。

実際の竹とんぼは竹を削ってつくる。しかし竹では作って加工することが難しいため実験に向かないと考え、自作の紙竹とんぼで実験をした。(図1)

紙竹とんぼの動力は中のゴムの弾性力を使っている。上部の翼を回すと中のゴムがねじれ、もとに戻ろうとするゴムの力によって翼が回る。また、飛行中に翼の角度が変わらないように翼を針金によって固定してある。

また、紙竹とんぼを飛ばす際の上向きの力を一定にするため発射装置を制作した。(図2)下部の輪ゴムをひっぱり内部のホイール芯を印まで下げることで上向きの力を一定にしている。

2 材料と装置設計

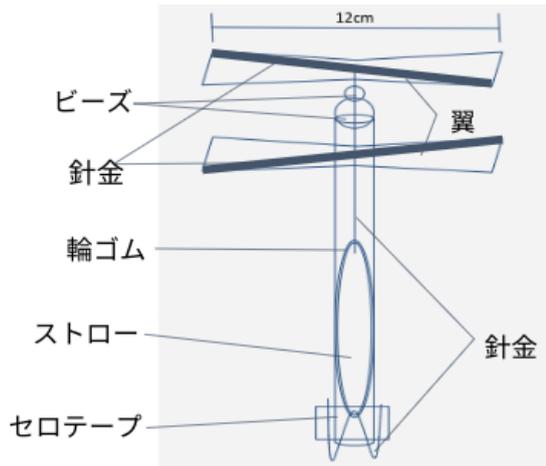


図1 紙竹とんぼ

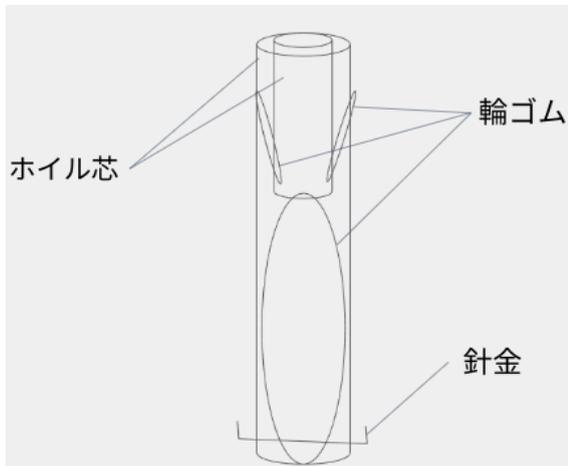


図2 発射装置

3 実験

竹とんぼの翼の形は図3のような先に向かって羽が細くなる先細りタイプと先に向かって羽が太くなる先太りの2パターンを使用して行った。

先太りの翼に比べて先細りの翼というのは翼の先端の加速度が大きくなる。回転運動における運動方程式により慣性率（注）が小さくなること（注）がわかる。そのため我々は先太りよりも飛ぶのではないかと考えた。

【回転運動における運動方程式】

$$I = T / \alpha$$

I→慣性率:物体の回転のしにくさを表す量

T→トルク:ねじりの強さ

α →加速度

図3のようにすることで翼の面積が先太りと先細りで等しくなる。面積を等しくすることで下から受ける空気の量も等しくなる。

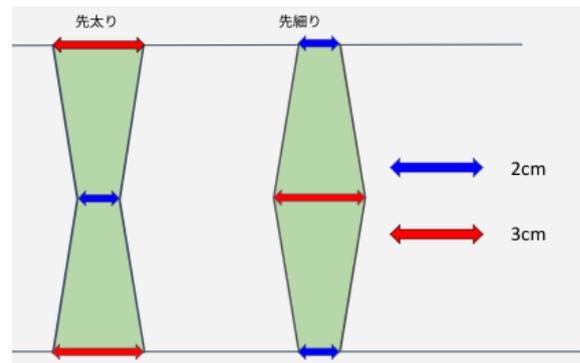


図3 翼の形状

〈実験方法〉

翼を175回転させ、発射装置にセットし、1.10mから鉛直上向きに発射する。発射してから落下するまでの時間を計測する。翼の回転数は輪ゴムの耐久力と飛ばすのに必要な力の大きさから175回転が最もよかったため175回転にしている。高さは1m定規と発射装置の0.1mをあわせた1.10mから飛ばしている。

以下の図4のパターンを組み合わせ、計24パターンを5回ずつ飛ばす。

形状	先太り		先細り	
	15°	25°	14cm	15cm
角度	15°	25°	35°	
大きさ	10cm	12cm	14cm	15cm

図4 翼の形状、角度、大きさのパターン

4 結果

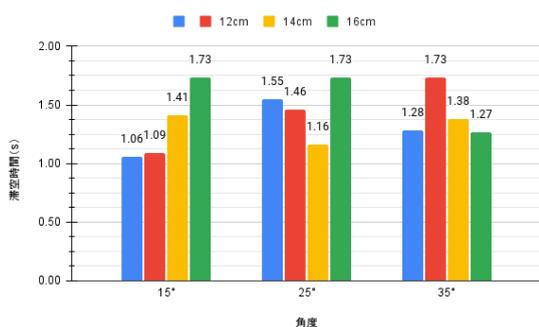


図5先細りのパターンごとの平均グラフ

実験1の結果

- ・16cm、15°の組み合わせと12cm、35°の組み合わせが一番長く飛んだ。
- ・15°のときは長さによる相関が見られたが25°、35°のときは長さによる相関が見られなかった。

<考察>

- ・揚力は翼の面積が大きいほど大きくなり、抗力は角度が小さいほど小さくなるので16cm、15°のとき最も飛んだのではないかと
- ・25°以降では抗力が大きすぎるため滞空時間に大きな差ができたのではないかと

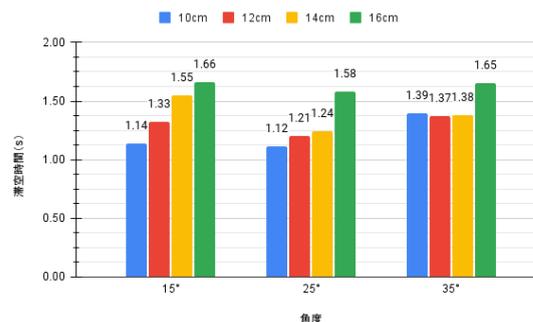


図6先太りのパターンごとの平均グラフ

実験2の結果

- ・16cm、15°が一番飛んだ
- ・長さによる相関が見られた
- ・目視で確認できる程度に回転速度が上がっていた
- ・結果的には先太り、16cm15°のものが一番長く飛んだ

<考察>

- ・こちらも実験1同様、揚力が最大、抗力が最小となる16cm、15°が一番飛んだのではないかと
- ・長さによる相関が見られたのは回転速度が上がったことによる機体の安定が原因ではないかと
- ・先太りのものが一番長く飛んだのは落下時に空気抵抗が大きく、ゆっくり落下したからではないかと

5 展望

今回の実験では計24パターンすべての試行回数が5回である。この5回という回数は実験のデータとしてとるにはあまりにも少なすぎる。そのためこれまでのデータが正常な値なのか外れ値であるのかの判別ができない。そのため試行回数を増やし、外れ値を取り除くことで結果の傾向を読み取りたい。

また、実験でのパターンでは角度が15°、25°、35°で大きさが10cm、12cm、14cm、16cmであったが角度としては0°や90°、大きさとしては30cmなどのより極端な値でのデータもとっていきたいと考えている。

6 参考文献

- ・竹とんぼのよく飛ぶ条件

<http://www.maibara-h.shiga-ec.ed.jp/wp-content/uploads/2019/05/108.pdf>

- ・ゴム動力竹とんぼ

<https://youtube.com/watch?v=z-w1qe6jaDM&feature=share&si=EMSIkaIECMiOmarE6JChQQ>

- ・竹とんぼ/飛行性能アップに挑戦

<http://www2u.biglobe.ne.jp/~waroh/tombo/kaizen.htm>