

2. 「飛べ！スーパー竹とんぼ」

森町立飯田小学校
6年 鈴木ふうな

1 研究の動機

近所にお祭りや子供会の時などに竹とんぼを作って配ってくれるおじいさんがいる。そのおじいさんがくれる竹とんぼはいつも決まった形をしていて、とてもよく飛ぶ。竹とんぼには、何か作り方のこつとか、うまく飛ぶ条件があるに違いないと思い、このテーマを設定した。

2 研究の目的

- (1) 一定の範囲の中で竹とんぼを作り、比較しながらよく飛ぶ条件をさがす。
- (2) 自分なりの工夫を加えて、納得のいく竹とんぼを作る。

3 方法

- (1) 竹とんぼのおじいさんの竹とんぼの分析。
- (2) 竹とんぼが飛ぶ仕組みを調べる。
- (3) 試作。
- (4) 実験用の機体の条件設定の検討。
- (5) 機体の製作。
- (6) 発射装置の製作。
- (7) 飛行距離と飛行時間の測定。
- (8) おもり付きの竹とんぼの製作と測定。

4 結果

- (1) 竹とんぼのおじいさんの竹とんぼの分析 (略)
- (2) 竹とんぼが飛ぶ仕組みを調べる

ア 竹とんぼが上がる力は「揚力」による。

イ 羽の上側を丸くするのは羽の上側の方が下側の空気の流れのより速くなって空気圧が低くなり上向きの力が生じるというという「ベルヌーイの定理」による

ウ 上昇力＝揚力－重量

エ 途中で止まるのは「抗力」による。

オ 飛び続ける力の正体

モーメント＝棒の長さ×重さ

回転の運動量＝モーメント×回転速度

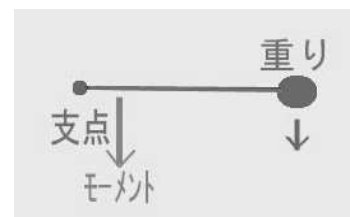
つまり、羽を長く重くし、速く回転させれば、長く飛び続ける。

(3) 試作

計4機を試作し、仰角を簡単につけることができる方法を開発した。羽本体、羽本体の軸、羽本体の軸を差し込むための角材の3つの部品で羽を作ることにした。

(4) 実験用の機体の条件設定の検討

ア 仰角は 0° から 40° まで、 5° きざみ。 0° はベルヌーイの定理を確かめるためにあえて作る。おじいさんの 17° も作る。



イ 羽の材料は、市販の工作用木材を使う。長さは60mm、幅は20mm、15mm、10mmの3種類で厚さは2mm。羽の後ろは、ベルヌーイの定理を信じてすべて上側を丸く削る。

(5)機体の製作

ア 羽につける軸は、つまようじをかんなどで少しだけ削り、平らな部分を作った。

イ 羽本体は、かんなどでいっぺんに削って一定の形状になるようにしてから、寸法を測って必要な長さに切った後、アと接着した。

ウ 羽の下面を当てれば軸が仰角を示すような簡単な道具を作成した。この道具によって、仰角を正確に設定することができるようになった。

(6)実験の再現性を高めるために発射装置を製作したが、機体が次々と壊れてしまった。改良を重ねたが、難しいので断念し、手回しによる実験とすることにした。

(7)飛行距離と飛行時間の測定（1機体につき20回実験。データは略。）

(8)おもり付きの竹とんぼの製作、および飛行距離と飛行時間の測定（データは略）

モーメントを増すために片側0.3gと片側0.6gのおもりつき竹とんぼを製作した。仰角は、前の実験の結果から 20° を超えると急に飛ばなくなることが分かっていたので、 20° で固定した。翼の幅も前の実験の結果から、条件のよい20mmとした。その上で、3通りの比較実験をした。

ア 羽を6cmから1cmずつ4段階短くし、その先に片側0.3gのおもりを付ける。

イ 羽は6cmのままとし、おもりの位置だけを外側から1cmずつ内側に4段階変化させる。おもりは2倍の片側0.6gにする。

ウ アと同じ条件で、おもりだけ2倍の0.6gにする。

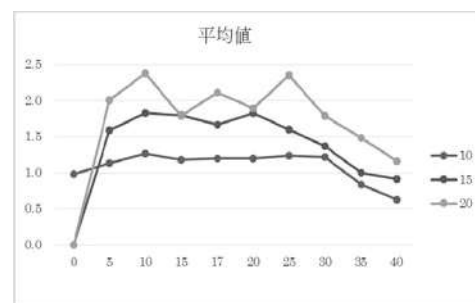
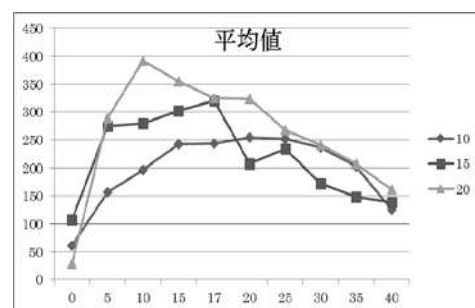
5 考察

(1)飛行距離と仰角のグラフから、仰角が小さいときには羽の幅が大きい方が、距離が出ることが分かった。仰角が大きくなると、羽の幅が大きいほど距離の落ち込みが激しくなったのは、仰角が大きいと羽の面積が広いほど空気から受ける抗力が大きくなり、回転が止まろうとする力が大きく働いたためだと考えた。

(2)飛行時間と仰角のグラフから、羽の面積が大きい方が飛行時間が長いことが分かった。回転する力を同じように与えても、羽がたくさん空気を押し下げているので、飛行時間が長いのだと考えた。羽の面積と飛行時間の関係は、面積2倍で最大値でも平均値でも1.5倍～1.9倍となった。 30° を超えると落ちるのが早くなるのは、飛行距離の時と一っしょいで、抗力に回転を続けようとする力が負けて揚力が早くなるからだと考えた。

(3)おもりをつけて羽を少しずつ短くした機体のデータからの考察

おもりが0.3gの場合と、0.6gの場合の散布図と近似線を見ると、0.3gのおもり



の場合、羽を長くして面積が大きくなるようにすれば、今までは飛行時間が長くなっていたのに、重りを付けて機体のバランスを変えたら、羽が小さいほど距離がのびる逆の結果となったのでとても驚いた。

翼長が60mmから30mmになった時、モーメント比は計算上0.36まで下がるのに、重量比は0.81までしか下がらなかった。小さい力でより重いものを遠くまで飛ばしていることになり、結果とつじつまが合わないの、それぞれの羽が実際に1回転するとき、どれだけの空気を押し下げていることになるのかを計算した。60mmの羽の方を1として比にすると、30mmの方は0.25となる。つまり、60mmから30mmにするということは、0.36倍の力で0.25倍の空気を押し下げていることになる。すな

わち、 $0.36 \div 0.25 = 1.44$ となり、30mmの羽の方では60mmの羽の方に対して1.44倍の空気を押し下げる働きをしていたことになると考えた。さらに30mmの場合は重量比で60mmの方に対して0.81と軽いので、 $1.44 \div 0.81 = \text{約}1.78$ となり、約1.8倍の飛ぶ力があつたというのではないかと考えた。実際のデータでは、1.37倍だったが、これが今回0.3gのおもりを付けたときに、小さい羽ほど距離が伸びた理由だと考えた。これらのことから、0.3gのおもりでは、30mmが最適な羽のサイズだと分かった。

また、0.6gのおもりの時には、同様の方法で考え、40mmの羽が最適だと分かった。

6 まとめ

- (1) 仰角が小さいときには羽の幅が大きい方が距離が出る。しかし、仰角が大きくなると、羽の幅が大きいほど距離の落ち込みが激しくなる。
- (2) 羽の面積が大きい方が飛行時間が長い。
- (3) 羽の長さには、モーメントや機体重量とのバランスの中で、最適な長さがある。
- (4) 予想では、羽が大きくて、モーメントがたくさんある方が飛ぶと思っていたが、予想と反対で、おもりを付けてモーメントを増したら、小さめの方がよく飛んだ。大きすぎると、バランスが悪くなるようで、うまく飛ばなかった。だから、私なりの最高のスーパー竹とんぼは、竹とんぼのおじいさんの全長11cmというサイズよりも小さめで、全長8~10cm、片側に0.6gのおもりをつけるのがいい。

7 感想・今後の課題

- (1) 予想と違い、かなり複雑な要素を含んでいた。羽の面積と飛行時間の関係以外は、予想と違う結果になって驚いた。
- (2) 羽の形を変えて調べるつもりが、重量まで変わることになってしまい、結果として2つの要素が変化していたことに気がついた。なので、比較の原因を完全には突き止められず、様々なデータを総合して考えなければならなくなった。比較実験で、一つの条件だけを変えることの大切さが分かった。

