

## 6. 重力への挑戦2

静岡市立観山中学校 科学技術部

2年 成田詩音 池田耀介 井出拓真 神谷 陸 山田優翔

### 1 研究の動機

昨年度、科学技術部の先輩達がグライダーを作成する実験を行っていた。「重力への挑戦」という命題のように、重力に逆らって上へ上へと進むグライダー作りは主翼の大きさや尾翼の枚数など、少しの変化で飛行距離に大きな変化が現れていた。その姿を目の当たりにし、飛行させることの難しさを感じたが、同時に飛行させる楽しさも感じていた。そこで僕たちは、先輩達が発見した結論を活用し、課題を克服しようとする実験を引き継ぐことにした。

#### 【昨年の実験結果の結論】

- (1) 翼になる紙の種類を工夫することで、空気抵抗に負けないグライダーを作成することができる。軽くて柔らかい紙より、多少重くてもしっかりした紙の方が飛距離はのびる。
- (2) 翼の大きさと、胴体の長さのバランスが大切である。翼が大きすぎると、左右にふれやすくなり、真っ直ぐ飛行しない。垂直尾翼は1枚で良いが、水平尾翼は2枚あった方が飛距離はのびる。

#### 【昨年の実験結果の課題】

- (1) 人が飛ばしていたので、その時々で力加減や角度に微妙な変化が出てしまう。  
輪ゴムで発射台を作るなど、人為的な誤差がない実験を行う。
- (2) 水平尾翼の枚数を調べる。
- (3) 揚力を抗力の大きさを大きくする方法を探す。

### 2 研究の目的

「紙と割り箸をつかって、重力に負けずに飛び続けるグライダーを作る。」

- ・発射台を作り、常に同じ抗力がはたらくようにする。
- ・翼の大きさや形や枚数、つける位置を工夫する。

### 3 研究の仮説

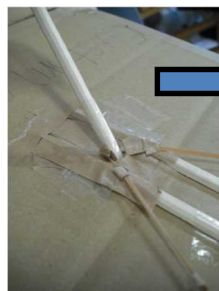
- ・水平尾翼の2枚は同じ大きさにし、同じ間隔でつけた方が飛行するだろう。
- 胴体の割り箸は少ない方が質量が軽い分、飛行距離はのびるだろう。

### 4 研究の方法と結果

#### (1) 発射台の作成

割り箸に輪ゴムを引っ掛け、穴に挿す。

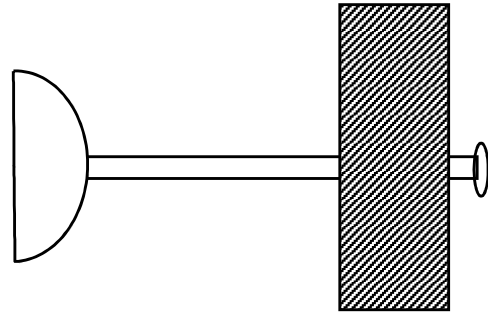
割り箸を抜くと弾性力で輪ゴムは前に行く。



## (2) グライダーの作成

### 【1号機】主翼の位置を変える

- ・最も先端に近くつける
- ・分銅から2cmはなす
- ・分銅から6cmはなす
- ・分銅から8cmはなす



#### 〈まとめ〉

- ・主翼は分銅側にあった方が飛行距離は長くなる。
- ・「一番前」と「2cm」は平均値が変わらなかったことから、作るときに統一しやすい「一番前」で作成することにする。
- ・予備実験の結果から、発射台の角度は地面に対して水平で行った。ここで再度「一番前」のグライダーを使って、発射台の角度を $30^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $10^\circ$ と角度を小さくし飛行させた。角度が大きいと落ちるまでの時間が長くなるような飛行だった。昨年度の実験で、上向きの力である合力を大きくするために揚力と抗力の大きさをどうしたら大きくできるかということが課題になっていた。そこで、上向きの力に注目すべく、発射台の角度はこれまで通り地面に対して水平で行うことにする。

### 【2号機】胴体の割り箸の本数を変える

割り箸の1膳を「2本」と数えるとする、いつもは1本でグライダーを作っていた。この割り箸の本数を変え、グライダーを作る。2枚目の水平尾翼は半径1cm、下から1/4の位置にし、垂直尾翼を支えるためつまようじをつけた。

#### 〈まとめ〉

- ・割り箸の質量がかなり影響し、質量が大きくなるほど飛行距離が短くなった。
- ・やはり割り箸はこれまで通り1本でグライダーを作ることにする。

### 【3号機】2枚目の水平尾翼の位置を調べる

- ・上の水平尾翼（半径1センチ）をつける位置を変え調べる。
- ・水平尾翼をつけると、垂直尾翼がゆがんでしまうので、つまようじで補強したものと比較する。

#### 〈まとめ〉

- ・垂直尾翼のバランスが崩れることで、右や左に傾くので、つまようじで垂直尾翼を補強したら、とても飛行距離がのびた。
- ・飛行距離の真ん中あたりで、グッと高くなる傾向がある。
- ・しかし、つまようじの質量が増えた影響で、前が上がって後ろが下がるという飛行体勢になり、上向きの力がはたらきににくくなったようにも見えた。
- ・4号機は2枚目の水平尾翼の大きさを調べてみたい。

### 【4号機】上の水平尾翼の形や大きさを変える

- ・追加の水平尾翼が一枚の時は、垂直尾翼の真ん中につける。
- ・追加の水平尾翼が二枚の時は、垂直尾翼の1/3 ずつの所につける。

#### 〈まとめ〉

- ・平均4.02mの「2cm x 1枚」が一番飛行距離が長かった。  
5m以上飛行した回数も「2cm x 1枚」が20回中4回と一番多い。
- ・飛行体勢を見ると、つまようじがないほうが水平姿勢で飛行しているので、垂直尾翼の傾きは多

少あるが、つまようじの支えはなしで実験を続けることにする。

#### 【5号機】主翼に切り込みをいれる

実際の飛行機を調べてみると、主翼の外側に切り込みがあった。そこで、グライダーにも上折りと下折りの切り込みをつけて実験をすることにした。

- ・切り込みなし（基本形） 上の水平尾翼は半径1センチ下から1/4の位置につける。  
つまようじで垂直尾翼を支える。

- ・上に0.5cm折る
- ・下に0.5cm折る
- ・上に1cm折る
- ・下に1cm折る

〈まとめ〉

- ・空気の流れを上向きにしたいので、下向きの切り込みは距離が伸びないだろうと予想していた。測定し、約1.5倍近く違うことに驚いた。
- ・上向きに折った方が、グライダーも上昇して行くことが多かった。主翼によって、空気の流れが上向きや下向きになり、それによって後方の尾翼に影響を与えているのかもしれない。
- ・切り込みがないものが一番飛行距離が伸びたのは、真っ直ぐに飛行したからだと思う。切り込みを入れて折ると、どうしても右や左に曲がってしまい、思うように真っ直ぐ飛ばなかった。

#### 【6号機】バルサ材を使って作成する

紙と割り箸で作っていたが、全て木で作ることを考えた。木で工作するとなると、形を自由にすることは難しかった。割り箸一本を加工するにも、時間がかかった。そこで調べてみると「バルサ材」という木材は、カッターで簡単に切れ、紙やすりで加工することもできることを知った。バルサ材を使ってグライダーを作っている人がいることを知り、その型紙を教えてもらった。なお、この制作者には著作権の許可を頂いて実験を行っている。

〈まとめ〉

- ・飛行体勢を見ると、これまでのグライダーと全く異なり、上昇するものが多かった。
- ・飛行距離も平均14mとこれまでの記録をはるかに超えていた。
- ・先端にはゴム板を薄く切ったものを貼ったが、この大きさが少し違うだけで、上昇具合が異なった。
- ・紙やすりで翼を削った。削る前と飛行体勢を比べると、全く異なり、翼が空気の中を切り分け進む様子を感じることができた。



### 5 研究の考察

今回の実験を行うとき、まず以下の目的を掲げた。

- ・発射台を作り、常に同じ抗力がはたらくようにする。
- ・翼の大きさや形や枚数、つける位置を工夫する。

発射台は試行錯誤の結果、弾性力を活かし輪ゴムで行うこととした。通常の輪ゴムではグライダーを飛行させるだけの弾性力を得なかったため、長さ30cmほどの輪ゴムを使用した。割り箸で滑走路をつけ、弾性力が真っ直ぐグライダーにはたらくよう工夫をした。その結果、昨年度の大きな課題であった「その時々で力加減や角度に微妙な変化が出てしまう。」をクリアすることができた。

翼の大きさは、主翼や水平尾翼（下）、垂直尾翼は昨年度の実験の結果を活用した。主翼の位置や水平尾翼（上）の位置や大きさを変え、実験を行って行く中で、グライダーの空中姿勢の重要さを感じた。実験をくり返し、微調整をしていく中で、徐々に上向きの力（合力）が大きくなり、飛行途中に上昇するグライダーもみられた。翼の角度によって、グライダーの周りの空気の流れが変化することで、グライダー本体を上昇させたり、下降させたりと飛行も変化するのだと思う。またグライダーの重心が後ろよりだと、後方が下がったまま飛行していた。このことより、グライダー周りの空気の流れを上向きにすることと、重心の位置を前方よりにすることが大切だと感じた。

研究の仮説を以下のように立てた。

- ・水平尾翼の2枚は同じ大きさにし、同じ間隔でつけた方が飛行するだろう。
- ・胴体の割り箸は少ない方が質量が軽い分、飛行距離はのびるだろう。

実験結果より、水平尾翼は2枚（上は半径1cm）が一番飛行すること（5号機より）や、半径1cmの水平尾翼を垂直尾翼につけるのであれば、下の方につけた方が飛行距離がのびることがわかった。

4号機は1/2の位置につけ、つまようじの支えなしで平均3.36m

5号機は1/4の位置につけ、つまようじの支えありで平均7.00m

これは、2枚目の水平尾翼をつけることにより、垂直尾翼が曲がりやすくなり、グライダーのバランスが崩れやすくなるためではないかと感じた。補強のため、つまようじをつけると飛行距離がのびたことから、垂直尾翼のバランスが大切だと思った。割り箸の数を増やすと、途端に飛行距離が短くなった。やはり重力に逆らって飛行しているので、重力の大きさが大きくなればなるほど飛行しにくくなるのだと思う。

バルサ材を使用することにより、機体が安定した。割り箸にボンドで紙をはったグライダーでは、飛行中に体勢が崩れるものがあつたが、バルサ材の飛行は非常に安定した。また翼を削る際、前の部分を削ると機体が上昇した。空気の粒の中を、切り分けて進んで行くような飛行が見られた。

## 6 結論

- (1) 輪ゴムを使った発射台は、常に同じ条件で実験を行うために有効であった。
- (2) 翼をつける位置や大きさで、空気の流れが大きく変わり、飛行距離や飛行体勢に大きく影響する。
- (3) 垂直尾翼のバランスが大切である。
- (4) 空気を切り分けられるような素材が良い。