

研究班番号【104】  
揚力から考える環境に優しい飛行機

物理班:酒井 悠来 松本 創、渡 悠輔、久本 和奏

## Abstract

The purpose of this study is to reveal what kind of material is preferable for planes that are environmentally friendly. To conduct the experiment, it is impractical to make a model in actual size, so we use paper planes for the experiment. The research shows that lift power becomes larger depending on each material's mass. This study concludes that paper planes need a certain weight to fly and it suggests that we should do more research about other materials.

## 要約

この研究の目的はどのような素材が環境に優しい飛行機に適しているかを明らかにするというものだ。実験するにあたって、実寸台の模型を作成するのは実用的ではなかったため、紙飛行機を用いて実験した。この実験の結果から、揚力は各素材の質量によって大きくなることがわかった。この研究の結論として、紙飛行機を飛ばすにはある程度の質量が必要であり、他の素材でも実験をする必要があることがわかった。

## 1. はじめに

現在の飛行機の主な構成素材がアルミであると知り、近年叫ばれている環境保護の観点から、より良い素材はないのかということに興味を持ち、研究を進めた。また、実寸台の模型を作成するのは現実的ではなかったため、紙飛行機を用いて実験をした。

調査の過程でコピー用紙が最も適しているとの記事があったため、コピー用紙と他の素材を比べることにした。

仮説1として「紙は薄いほど抵抗が小さいため持ち上がりやすいためコピー用紙が適している」と設定し、仮説2では「紙は空気抵抗に負けて失速してしまうため、他の紙より重いコピー用紙が紙飛行機に適している」とした。

## 2. 研究手法

紙3種(工作用紙、木の紙、コピー用紙)とカタパルトを用意し(打ち出す力を限りなく等しくするため)、実験した。折り方は最も一般的な折り方に設定した。

《実験1》

①仮説1に対する実験として、下の式より紙ごとの飛行時間を計り、揚力を算出した。

( $L[N]$ :揚力,  $m[kg]$ :質量,  $g[m/s^2]$ :重力加速度,  $t[s]$ :飛行時間,  $h[m]$ :地面からの高さ,  $a[m/s^2]$ :加速度)

今回の実験では高さ $h$ を1.35mとし、重力加速度 $g$ を $9.8m/s^2$ とした。

揚力は常に一定であると仮定すると、

運動方程式「 $ma=F$ 」より、

$$ma=mg-L \quad \therefore a=g-L/m$$

紙飛行機は等加速度直線運動をすると仮定すると、「 $h=at^2/2$ 」より、

$$h=(g-L/m)t^2/2 \quad g-L/m=2h/t^2$$

したがって、 $L=mg-2mh/t^2$

② 5回飛ばし、その平均からそれぞれの揚力を算出し、仮説で立てた内容と合致しているか調べた。

《実験2》

①仮説2に対する実験として、工作用紙で作ったカタパルトで、A4に大きさを調整した各素材の紙飛行機を飛ばし、それぞれの飛距離を測定した。

②3回飛ばし、その平均の結果が仮説で立てた内容と合致しているか調べた。

### 3. 結果

#### 《実験1》

各素材の落下時間は表1、それを踏まえて $L=mg-2mh/t^2$ を用いて算出した各素材の揚力は表2になった。

紙の種類	落下時間[s]					
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
コピー用紙	0.78	0.63	0.74	0.74	0.73	0.72
木の紙	1.41	1.31	1.25	1.28	1.34	1.31
工作用紙	0.71	0.59	0.51	0.58	0.57	0.59

表1:各素材の落下時間

紙の種類	揚力[N]
コピー用紙	0.027
木の紙	0.12
工作用紙	0.50

表2:各素材の揚力

表2より、揚力の大きさは、工作用紙＞木の上＞コピー用紙という結果になった。

#### 《実験2》

各素材ごとの飛距離は表3になった。

紙の種類	飛距離[m]			
	1回目	2回目	3回目	平均
コピー用紙	5.7	5.6	6.9	6.1
木の紙	2.9	3.4	3.6	3.3
工作用紙	3.0	2.4	2.3	2.6

表3:各素材の飛距離

表3より、飛距離は、コピー用紙＞木の紙＞工作用紙という結果になった。

### 4. 考察

《実験1》より、仮説では紙が薄いほど空気抵抗が小さく、持ち上がりやすいという理由からコピー用紙の揚力が最も大きいとしていた。しかし、実際は、揚力は質量が大きい順に大きく、工作用紙＞木の紙＞コピー用紙となっていた。

このようになった理由は、 $L=mg-2mh/t^2$ の式からわかるように、揚力は質量が大きいほど大きくなるからだと考える。

また、《実験2》より、仮説では軽い紙は空気抵抗に負け、失速して墜落してしまうという理由から、通常の紙より重く、薄さの割に折れにくいコピー用紙が適しているとしていた。しかし、実験結果から、軽い紙ほど飛距離が長いという結果になった。

これは、今回使った紙は当初私達が考えていたよりも軽くなく、飛行が大きく妨害されることはなかったからだと考える。

## 5. 結論

実験結果と考察から、揚力を計算するには $L=mg-2mh/t^2$ を用いることができず、他の手を使う必要があることがわかった。

また、紙飛行機を飛ばすにはある程度の質量を持つことが重要だとわかり、今回の実験では3種類の紙を用いたが、他の素材で新しく実験を行い、実験結果を比較してさらに適切な素材があるかを研究する必要があることがわかった。

## 6. 参考文献ならびに参考Webページ

日本機械学会著(2003)JSMEテキストシリーズ「流体力学」丸善出版株式会社発