

# 紙飛行機の形状の最適化

5年A組 西畑 匠翔  
指導教員 藤野 智美  
米田 隆恒

## 1. 要約

本研究は風洞装置を用いて紙飛行機の翼にかかる揚力を求め、紙飛行機がより長く滞空することのできる形状を模索した。

## 2. 実験の背景と目的

探究のきっかけは幼少期のころに何度も製作し、投げたことのある紙飛行機が、どのような力の作用を受けて滑空しているのか、どのような形状が最も長く飛ぶのか疑問に思ったことである。

そこで飛行機が滑空する理由に揚力が大きく関係していることを知り、風洞装置を用いてどのような条件で最も揚力が大きくなるのかを求め、長く飛ばすことに特化した形状を模索することを目標とした。

## 3. 研究内容

### 3-1 紙飛行機に作用する力

紙飛行機が滑空する原理には、機体にかかる「揚力」「抗力」「重力」「推力」の4方向の力が関係している。「推力」は流体の中を移動する時に進行方向に作用する力、「重力」は機体にかかる下方向の力、「抗力」は流体の中を移動する時に空気の流れと平行で同じ向きに作用する力、「揚力」は流体の中を移動する時に機体の進行方向に対して垂直に作用する力である。

### 3-2 研究概要

紙飛行機の水平に対する角度や形状を変

え、揚力の大きさを測定する。使用する折り紙は1辺150mm、厚さ0.1mmの正方形の紙を使い、図2の形状を基準として実験を行う。ストローを用いた風洞装置を利用することで扇風機による乱れた風を一定にし、装置内の電子天秤の皿の中心に紙飛行機をのせて、重さの変化を測定する。

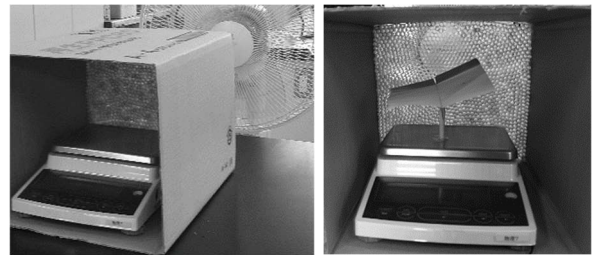


図1 風洞実験の様子

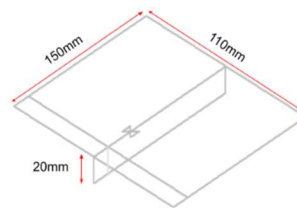


図2 基準となる紙飛行機の形状

### 3-2-1 実験1

紙飛行機が水平となす角度の違いによる揚力の違いを測定する。紙飛行機は図3の①を使用する。紙飛行機と水平の角度が30°、35°、40°、45°、50°、60°のそれぞれについて測定する。機体を電子天秤の皿の中心に

取り付け、扇風機を使用して弱い風を送り、しばらくしてから 10 秒ごとに電子天秤の値を記録する。図 4 の縦軸（揚力）は、機体がある場合の測定値から、電子天秤のみの場合に風を当てた場合の測定値の平均値 1.69g を引いた値である。横軸を角度、縦軸を変化した重さ（揚力）とするグラフにプロットして、揚力が大きくなる角度を見る。

	重量 (g)	翼弦 (mm)	翼幅 (mm)	胴体 (mm)
①	1.36	100	110	20

図 3 実験 1 で使用する機体

[実験 1 の結果]

角度が 45° の時に最も揚力が大きくなった。0° <  $\theta$  < 45° の時はグラフは上昇していき、45° <  $\theta$  になると徐々に減少した。

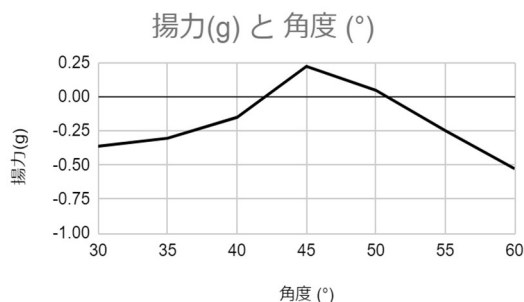


図 4 角度と揚力の関係

### 3-2-2 実験 2

翼弦の長さによる揚力の違いを求める。図 5 の①～⑤のように展開時の翼幅が 110mm で翼弦がそれぞれ 80mm、90mm、100mm、110mm、120mm の紙飛行機を電子天秤の皿の中心に水平に設置し、扇風機を用いて風を送る。しばらくしてから動画を撮影し、撮影した動画から 0.1 秒ごとの値を記録する。図 4 と同様に測定した値と電子天秤自身の風による値の変化の差を求め、縦軸を変化した重さとし、横軸を時間と

するグラフにプロットして揚力が大きくなる翼弦の長さを見る。

	重量(g)	翼弦(mm)	翼幅(mm)	胴体(mm)
①	1.36	100	110	20
②	1.36	80	110	20
③	1.36	90	110	20
④	1.36	110	110	20
⑤	1.36	120	110	20

図 5 実験 2 で使用する機体

[実験 2 の結果]

翼弦 (mm)	80	90	100	110	120
平均(g)	-0.24	0.42	0.22	0.09	0.54

図 6 翼弦と揚力の関係の平均

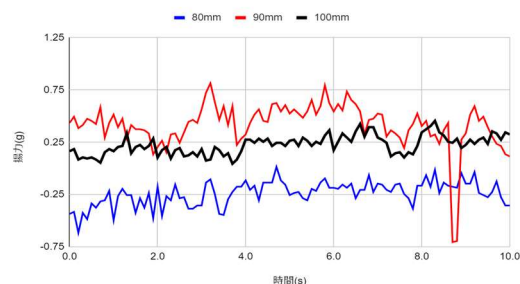


図 7 翼弦と揚力の関係  
(80mm,90mm,100mm)

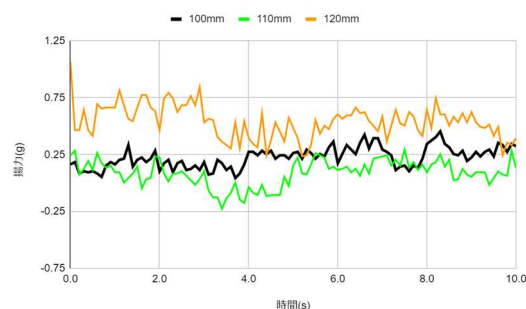


図 8 翼弦と揚力の関係  
(100mm,110mm,120mm)

翼弦の長さが 120mm の時、最も揚力が強く働いた。一方翼弦の長さが 80mm の時は

最も揚力が弱くなった。しかし、翼弦が110mmの時も100mm時に比べて揚力が弱く働いているので翼弦が長くなると揚力が大きくなるわけでもないことが分かる。

### 3-2-3 実験3

翼幅による揚力の違いを求める。機体の翼幅をそれぞれ90mm、100mm、110mmとする。図8の①、⑥、⑦の機体を水平に電子天秤の皿の中心に設置し、扇風機を用いて風を送る。しばらくしてから動画を撮影し、撮影した動画から0.1秒ごとの値を記録する。測定した値と電子天秤の風による値の変化との差を求め、時間を横軸とし、変化した重さを縦軸とするグラフにプロットして翼幅による揚力の差を見る。

	重量(g)	翼弦(mm)	翼幅(mm)	胴体(mm)
①	1.36	100	110	20
⑥	1.36	100	100	20
⑦	1.36	100	90	20

図9 実験3で使用する機体

[実験3の結果]

翼幅の長さが90mmの時に最も揚力が強く働いた。しかし翼幅が100mmの時は110mmに比べて揚力は弱く働いた。

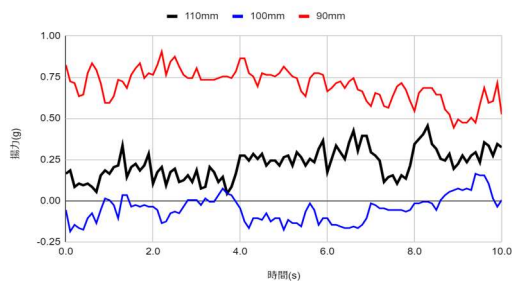


図10 翼幅と揚力の関係

## 4. 考察・今後の展望

実験2、実験3の結果より翼が水平の場

合の翼弦の長さや翼幅と揚力は相関がなく、別の要因が関係していると考えられる。しかし、翼弦と翼幅の比率が1:1である④と⑥の機体では揚力の値が基準としている①の機体よりも低くなる結果となった。そこで、縦軸を揚力、横軸を翼弦/翼幅となるグラフにプロットすると、図10の3次関数のような形をとるグラフになった。以上のことから翼の縦横比をできるだけ大きくするか、揚力が極大値となる縦横比の形状にし、地面から45°の角度をつけて投げるとより長く飛ぶと予想する。

今後の展望として翼弦と翼幅の比と揚力のグラフが3次関数または4次関数のようなグラフになるのか調べていきたい。また、翼の形状を長方形だけではなく三角形や円の場合の揚力の変化を調べていきたい。

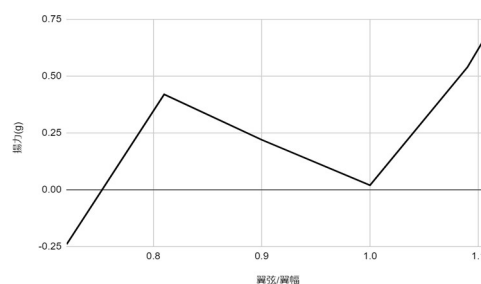


図11 翼弦と翼幅の比率と揚力の関係

## 5. 謝辞

本研究にあたり、藤野先生、米田先生には多大なご指導を賜りました。ここに深謝の意を表します。

## 6. 参考文献

- [1]国土交通省 飛行の航空力学
- [2]河内啓二 揚力と抗力
- [3]翼の形状の違いによる揚力・抗力の違い  
<http://oishi.info.waseda.ac.jp/odawara2016/H10.pdf>