

ナンバーワンの紙飛行機Ⅳ ～揚力について～

静岡大学教育学部附属静岡中学校
2 年 齋藤 楓実

1 動機

小学 5 年から、遠くまで飛ぶ紙飛行機・長い時間飛ぶ紙飛行機について実験を重ねてきたが、調べてみると揚力という存在が、とても大切なことがわかってきた。ジャンボジェット機で人がたくさん乗っても落ちないのは、大きな揚力が働いているからだ。

自分で作った紙飛行機は 10 秒も飛ばず落ちてきてしまうが、それは紙飛行機に揚力が働いていないからではないだろうか。何とかして揚力を測定し、揚力の大きくなる条件を見つけたいと考えた。翼に厚みのない紙飛行機からも揚力が発生することをとても不思議だと感じた。

そこで、この研究を通して、最終目標である何もない状態からエネルギーを生み出しながら飛ぶ飛行機のヒントを得られると思い、揚力発生に着眼点をおいて研究を進めていきたいと考えた。

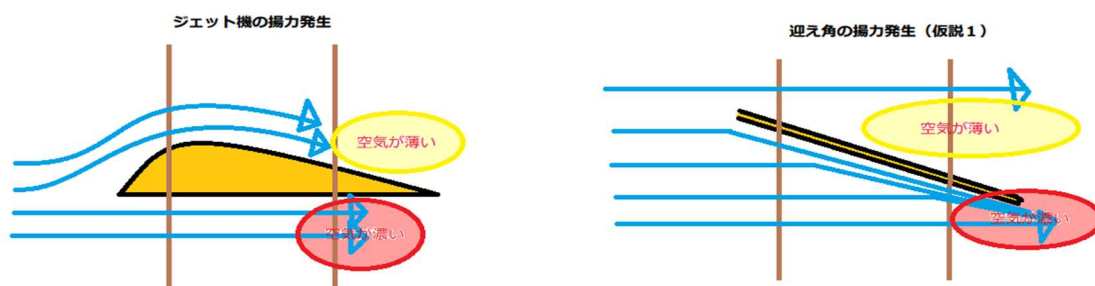
2 目的

- (1) 風洞装置を利用した実験から、揚力発生メカニズムを知ること
→紙飛行機にも応用できる揚力発生をはっきりした形にし、工夫していく
- (2) 揚力発生がどんな場合でも作り出せるような形を考えること
- (3) 翼の面積・形などの視点から、より大きな揚力を発生させること

3 仮説

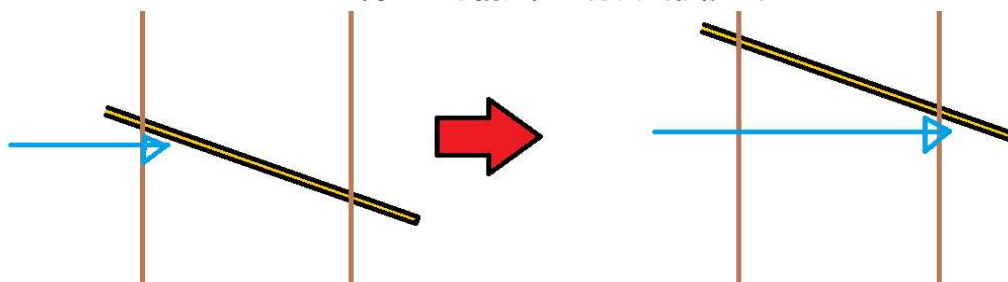
- (1) 翼が大きな抵抗を受けて、気圧の差を作っている。

迎え角・ジェット機の翼の揚力発生（仮説）



- (2) まっすぐ進む風が翼を押し上げる。

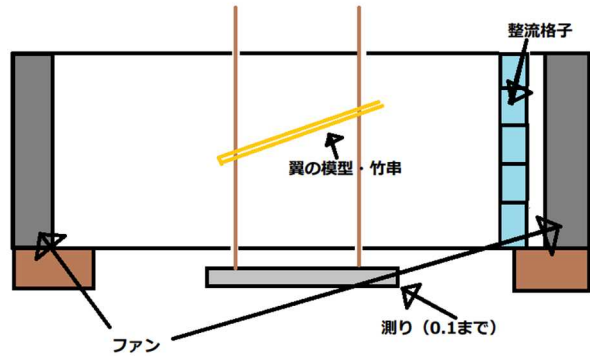
迎え角による揚力発生方法（仮説 2）



4 方法

(1) 実験器具について

右図のような風洞装置を作成。実験1では、右側のファンだけで風を送り、左の出口で風速を計測した。ファンの速さによって、 $4\text{ m/s} \cdot 3\text{ m/s} \cdot 1\text{ m/s}$ と変えながら翼の模型がどのくらい軽くなったかを下のデジタル秤で計測した。実験2では、速度を保つために、吸い込むファンと押し出すファンの2つを使った。



(2) 実験の内容

ア 実験1-1 風力による揚力の違い

それぞれの速さごと100秒間続けて風を送り、10秒毎の重さの変化を記録した。それを5回以上繰り返して浮いた重さの平均を出して比較した。

イ 実験1-2 迎え角による揚力の違い

ファンの強さは一定にして、迎え角の角度を40度・20度・10度・0度・-20度と変えて、実験1-1と同様に重さの平均を出して比較した。

ウ 実験2 翼の周りの空気の流れを調べる

(ア) 整流格子の中央付近にビニール紐を縦横になるように貼り付けて、空気の流れを観察した。

(イ) また、ドライアイスを使った発煙装置を作り、煙を翼にあててその付近を流れる空気を観察した。

5 結果

(1) 実験1-1 翼の種類ごとの風力による揚力の違い 平均 (g)

	平板	平板調節 30 度	平板調節 10 度	ジェット型
4 m/s	2.54	2.96	1.36	2.04
3 m/s	1.47	2.28	0.86	1.05
1 m/s	0.66	1.23	0.44	0.24

○風速が大きくなると、揚力の数値が揺れやすい。(バランスが悪い)

○風速が大きくなったとき、翼が震える。

(2) 実験1-2 4 m/sにおける迎え角の違いと揚力の関係 平均 (g)

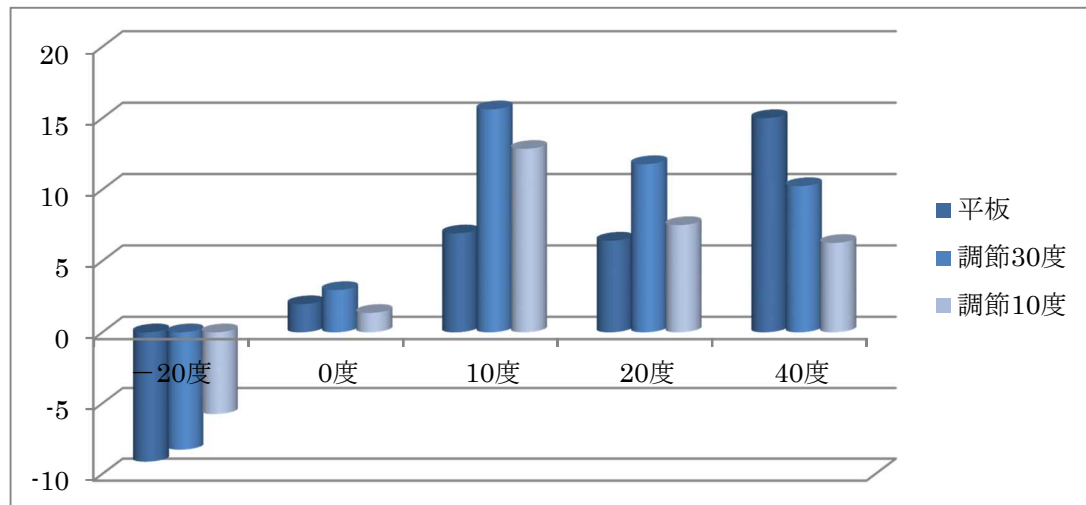
	平板	平板調節 30 度	平板調節 10 度
-20 度	-9.13	-8.28	-5.76
0 度	1.97	2.96	1.36
10 度	6.93	15.62	12.85
20 度	6.42	11.78	7.51
40 度	15.0	10.24	6.26

○迎え角を大きくすると、翼が揺れやすい。

○ひっくり返りそうになる時がある。

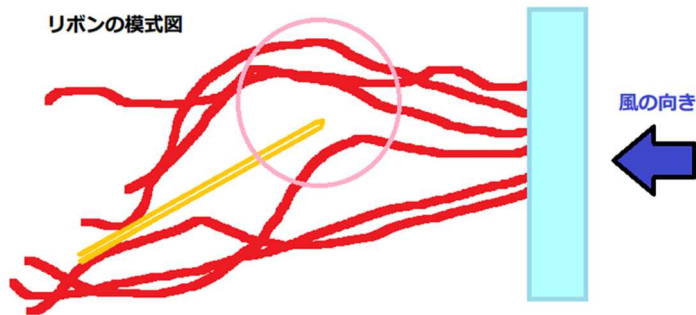
迎え角による揚力の違い

平均 (g)



(3) 実験 2 (ア) テープを使った実験

リボンの模式図



○下にたなびいたテープが上に向かった。

○バタバタと鳴っていた。

○翼と接するところでテープが浮いていた。

実験 2 (イ) ドライアイスの煙を使った実験

《迎え角 10 度の時》

○煙が翼にぶつかったときに、2 つに切り裂かれていた。

○翼の後方で渦が見えた。

○上に行った煙もまっすぐ流れていった。

《迎え角 40 度の時》

○10 度と同じく煙を切り裂く様子を確認できたが、変な方向にいつてしまうものもあった。

○翼の後方で渦が見られた。

○きっちり 2 つになったが、曲がってしまうことが多かった。

6 考察

(1) 風力による揚力の変化について

風力が秒速 1 メートルから秒速 4 メートルになるに連れて揚力が大きくなっている。そのことから風速が大きくなることで揚力も大きくなるのがわかる。おそらく、風速が速くなることで、翼の上下で変化する気圧の差が大きくなっているからだろう。風の流れる速度が速くなることで下の空気の流れはより速くなり、気圧の変化が大きくなって上方へ風が流れた。

風速が大きくなることで数値が揺れやすくなるのは、抵抗も大きくなりそこで跳ね返すことで翼が動くからだと思う。翼が動くことによって風の流れが乱れるし、そのことにより気圧の差が生まれたり生まれなかったりするためだと思う。

(2) 迎え角による揚力の違い

迎え角をつけていない0度のときの記録よりも少しだけ付けた10度や40度の記録が良い記録になっている。しかし、迎え角を大きくすると揚力もそれに連なって大きくなるわけではなく、平板調節10度・30度は迎え角10度が最も大きくなっている。このことは2年前の研究で調査した失速角というものが関係していると考えられる。

また、迎え角を逆向きにした場合(-20度)のときには揚力が逆向き=重くなっている。迎え角が風の向きを操ることによって重くなっているのですどのように風が流れているのか気になった。

(3) 迎え角のメカニズムについて

(ア) ビニールテープを流すことで風の流れを確認する

翼の流れに沿ってビニールテープが流れて、翼の最後のところでは上に持ち上がっていたので予想と同じ図になっていた。よって気圧の変化による揚力発生だと考えられる。また、バタバタとたなびいていたので気流が発生しているのではないかと考えた。

(イ) ドライアイスの煙で風の動きを確認する

翼に煙がぶつかった途端それが2つに切り裂かれていた。10度のほうが上手に2つに裂いていたし、羽根にぶつかって乱れる気流も発生していなかったから迎え角を大きくすると抵抗が大きくなることがわかった。

また、翼の後ろでは煙が回転しているのもわかった。ここに渦が発生している。この渦が見えたときは翼の震えが見られたので、これは2年前の研究で少し触れたカルマン渦ではないかと思う。渦は、翼を揺らし、失速を招くものだと考えてきた。けれども、調べてみると、翼の後方渦を一方向に発生することで、翼上面の流れが加速されるような循環流を常に生成する、という記事もあった。

カルマン渦は揚力を発生させているものなのか、カルマン渦はどのように揚力と関わっているのか、今後調べていきたいと思う。

7 感想・反省

今回の研究では紙飛行機を数値として比べる事が出来て有意義なものになった。そして、より細かく調べることが出来た。様々な要素をひとつずつ検証することが出来たので今までの研究に比べて一つ一つの条件が反映された結果を出せた。

反省としては予定通り実験を行うことが出来なかった。特に発煙装置の作成では煙が思ったように流れなくて本当に苦労した。流体力学を調べてみたいと思った。また、風の流れを見る研究では回数を重ねられなくて、正確性に欠けていたと思った。写真にもうまく残すことが出来なかったのでもう観察を残せるような工夫を考えたい。

今回の研究で、新たに発生した渦の謎が残った。この渦は飛行機にどのような影響を及ぼしているのか、何が原因なのか引き続き研究を行っていきたい。