

揚力の仕組みと利用

I 研究動機と研究目的

昔から「力」というものに興味があった。そして最近揚力についての本を読み、その揚力について、仕組み、性質、利用などについて、もっと詳しく調べてみたいと思ったから。

II 研究方法

- ・インターネットや本を利用して、揚力の仕組みを調べる。
- ・実験の装置を自作し、それを利用して様々な条件で実験をする。
- ・上の実験データから、揚力の性質を調べる。

III 研究内容

1. 揚力とは

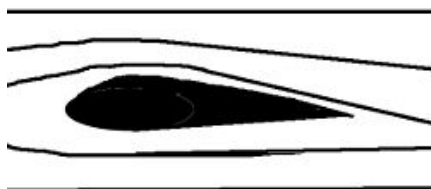
揚力とは、流体（液体や気体）の中におかれた板や翼などの物体にはたらく力のうち、流れの方向に垂直な成分のこと。ふつう、揚力というと、物体と流体に相対速度がある場合のことを指す（相対速度がない場合にはたらく浮力などは含まない）。

2. 揚力のしくみ

(1) 翼

翼の断面図は、上面は緩やかなカーブ、下面は平らなラインになっている。ここで重要なことは、上面の方がカーブしている分下面より距離が長いことだ（図1）。

（図1）



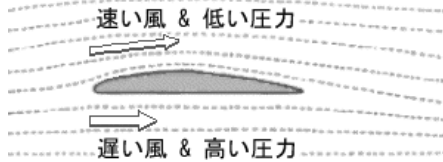
(2) 揚力の発生

図1のような翼を流体の中に置くと、※コアンダ効果により翼に沿って流体が流れる。上面と下面に分かれた流体は、同じ時間をかけて翼の表面を通過し、後方で同時に合流する。上面は下面よりも距離が長いので、上面を流れる流体の方が下面を流れる流体よりもスピードが速くなる。すると※ベルヌーイの定理により、上面の流体の圧力が低くなる。その圧力差によって翼を上方に引き上げようとする力が生じる（図2）。この力が揚力である。

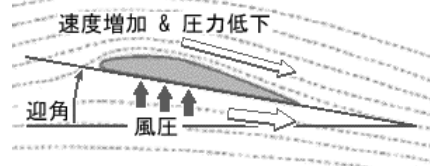
また、流体の流れを下向きに変えるように翼に迎角をつけると、圧力差が増加す

る上、上向きの反作用の力が発生し、さらに揚力が大きくなる（図3）。

(図2)



(図3)



※ コアンダ効果…流体が近くの壁に引き寄せられる効果のこと

※ ベルヌーイの定理…流体は流速が上がるにつれて圧力が低くなる効果のこと

3. 揚力の利用

(1) 飛行機

航空機の一つで、エンジンの力で前進し、それによって固定翼に発生する揚力によって飛行するもの。1903年にライト兄弟によって初めて飛行した。

(2) ヨット

縦帆を使った小型の帆船。スポーツ用舟艇の性質が強く、レースにも使われる。

ヨットは、風を受けることにより翼のような形になったメインセイルが発生させる、揚力によって風上（実際は風に対して45度）に進むことができる。

(3) 水中翼船（ハイドロfoil）

通常の船と違い、船腹より下に「水中翼」と呼ばれるものを持った船。高速運行時には、水中翼により発生した揚力で船体を持ち上げ、水の抵抗を減らした状態で運行する。全没型、半没型など、様々な種類がある。

この他にも、扇風機やプロペラ、F1のウイングなど、様々な分野で揚力が利用されている。

(1) 飛行機



(2) ヨット



(3) 水中翼船



F1のウイング



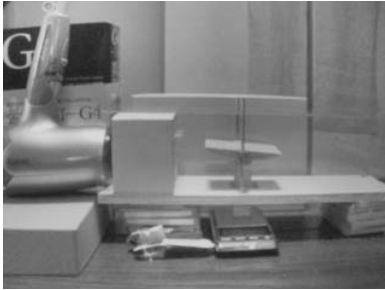
4. 実験

今回は、次の4つの実験をした。

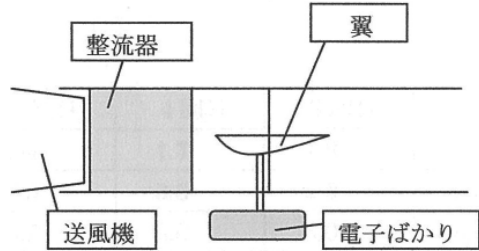
- (1) 風速による揚力の変化
- (2) 迎角による揚力の変化
- (3) 翼面積による揚力の変化
- (4) 翼の形による揚力の変化

この4つの実験を行うため、次のような実験装置を作成した(図4)。

実際の装置



(図4)



(1) 風速による揚力の変化

～実験の条件～

- ・ドライアーの弱、中、強それぞれの風速を測定し、そのデータを使って実験した(表1)。
- ・差が出やすいように、迎角を少しつけた。

～予想～

風速と揚力は、比例の関係にあると思う。

～結果～

結果は(表2)のようになった。

(表2)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
弱	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.84
中	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.86
強	2.2	2.1	2.1	2.3	2.1	2.16

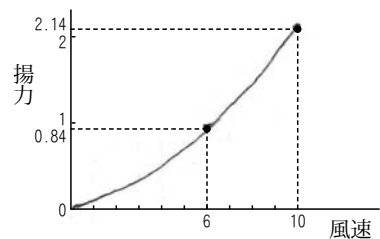
(表1)

	風速(m/s)
弱	6.0
中	6.1
強	10.0

～考察～

(表2)をグラフにすると、(グラフ1)のようになった。

(グラフ1)



(グラフ1)を見ると、風速が2倍、3倍、…となると、揚力は4倍、9倍、…となっているので、揚力は風速の2乗倍になることがわかった。

(2) 迎角による揚力の変化

～実験の条件～

- ・すべての測定で風量を強にした。
- ・0～60度まで10度間隔でそれぞれ5回ずつ測定した。

～予想～

迎角と揚力は比例の関係になる。

～結果～

結果は(表3)のようになった。

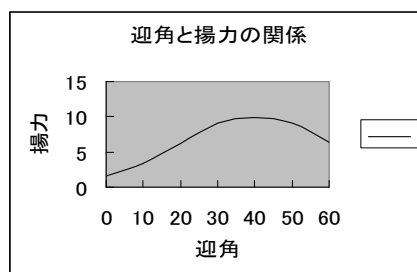
(表3)

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
0度	1.8	1.4	1.4	1.7	1.6	1.58
10度	3.4	3.4	3.5	3.5	2.9	3.34
20度	6.7	6.0	6.2	6.0	6.0	6.18
30度	9.2	9.3	10.0	9.0	8.1	9.12
40度	10.0	10.2	9.5	10.3	9.4	9.88
50度	8.3	9.0	9.3	9.0	9.5	9.02
60度	6.0	6.8	6.8	5.7	6.5	6.36

～考察～

(表3)をグラフにすると、(グラフ2)のようになった。

(グラフ2)



30度～40度の辺りまではほぼ比例の関係になっていたが、40度を過ぎた辺りから、逆に揚力が小さくなった。なぜこうなったのか不思議に思ったので次の実験をした。

—翼の周辺の空気の流れを調べる実験—

～実験の条件～

- ・初めは線香の煙を使ったが、肉眼でもほとんど観察できなかったなので、細く切った和紙を使って実験した。
- ・迎角が0度の時と60度のときで実験した。

～結果～

結果は次の写真のようになった。

0度



60度



～考察～

二つの写真を比べると、60度の時は風の流が翼から離れている。これが、揚力が小さくなった原因ではないかと考えられる。

後で調べてみると、迎角を大きくし過ぎると風が翼から剥離し翼の上下の圧力差がなくなり揚力が発生しなくなることがわかった。これを「失速」という。

(3) 翼面積による揚力の変化

～実験の条件～

- すべての測定で、風量を強にして測定した。
- 翼の長さは固定し、横幅を変化させて翼面積を変化させた（横幅 5～1 cm）。
- 数値の差を大きくするため、迎角をつけて実験した。

～結果～

結果は（表4）のようになった。

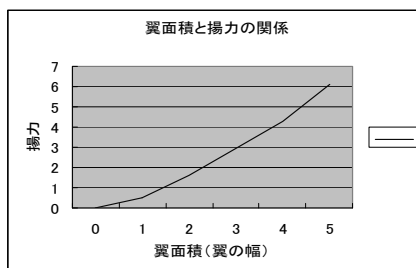
（表4）

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
5 cm	6.3	5.6	6.0	5.9	6.8	6.12
4 cm	4.4	4.4	4.3	4.2	4.2	4.30
3 cm	3.0	2.9	2.8	2.9	3.0	2.92
2 cm	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.60
1 cm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.48

～考察～

（表4）をグラフにすると、（グラフ3）のようになった。

（グラフ3）



(グラフ3)を見ると、ほぼ比例になっているので、揚力と翼面積は比例の関係になることがわかった。

(4) 翼の形による揚力の変化

～実験の条件～

- ・紙を使って翼断面を作った。
- ・下面の長さは固定し、上面の長さを変化させた。

→紙が変形してしまい、正確な数値が得られなかった。→失敗

◎実験のまとめ

今回行った4つの実験（1つ失敗）からわかったことは、

- ・揚力は風速の2乗倍になっている
- ・迎角と揚力は、比例の関係になっている
- ・翼面積と揚力は、比例の関係になっている

の3つである。

IV まとめ

- ・揚力は流体によって物体にはたらく力である
- ・揚力は翼の上下の距離の差によって起こる圧力差によって発生する
- ・迎角をつけると、揚力が増加する
- ・揚力は風速の累乗倍になっている
- ・揚力と迎角は比例の関係になっている
- ・揚力と翼面積は比例の関係になっている
- ・揚力は色々な分野で利用されている

1つ実験を失敗してしまったのが残念だった。

V 感想

今回、揚力というものについて調べてみて、とても色々なことがわかって面白かった。単純に比例の関係になると思っていたが、累乗倍になったり、途中から変化の様子が変わったりして、とても驚いた。1つ実験を失敗してしまったのが、とても残念だった。次回の自由研究では、このような失敗が無いように頑張りたい。

VI 参考文献・HP

- ・「かがくる」2巻、p14～p17 朝日新聞社
- ・Wikipedia 「揚力」 <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%8F%9A%E5%8A%9B>
- ・「飛行の原理」 <http://www.ops.dti.ne.jp/Aircraft/study1.html>
- ・「図解－ヨットのしくみ－」 <http://www.aquamuse.jp/zukai/genri/index.html>