

紙飛行機の主翼の迎え角を変えたときの揚力の変化

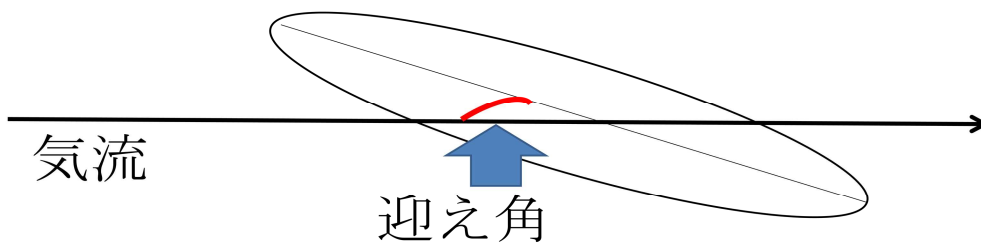
The Lift when Changing the Angle of Attack of the Main Wing of a Paper Plane

千葉県立船橋高等学校 理数科 2 年

谷口遼麻 李瑛博

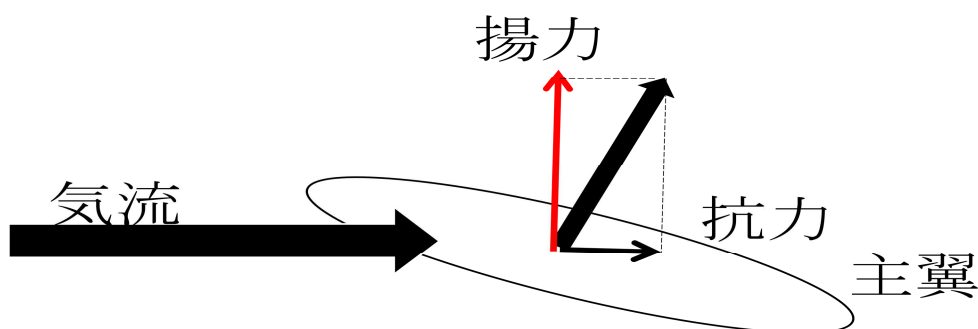
目的

気流と主翼の間にできる角度を迎え角と言う。この迎え角が大きくなるにつれ機体の鉛直方向にはたらく揚力は大きくなるが、ある角度に達すると失速し落下してしまう。この角度を失速角と言い、揚力の変化の傾向をつかみ、失速角を求めることを目的とする。



理論

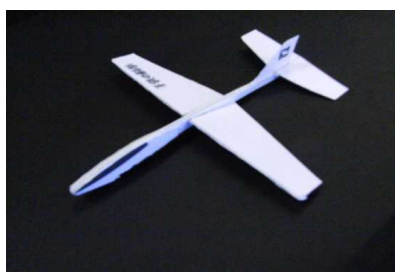
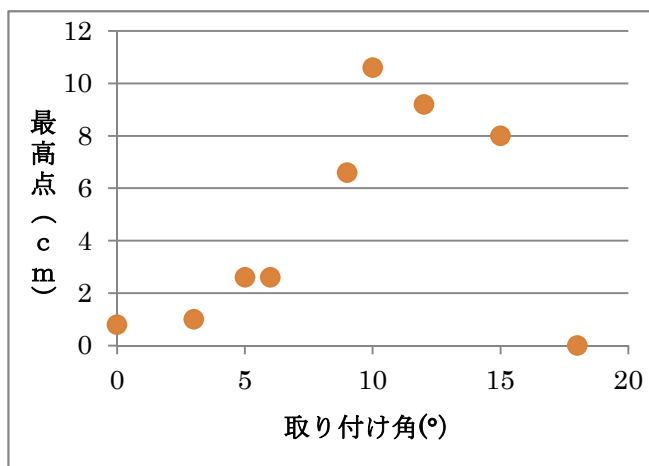
飛行機等の翼に空気が当たると翼の上面と下面に分かれて空気が流れる。このとき、上面に流れる空気の方が下面に流れる空気よりも速度が大きいので、上面のほうが下面よりも圧力が小さくなり圧力差によって翼の面に垂直な方向に上向きの力がはたらく。この力を分解したときに鉛直方向にはたらく力が揚力であり、この揚力が重力よりも大きくなったとき、機体は上昇する。



方法

主翼が機体に対して 0° 、 3° 、 5° 、 6° 、 9° 、 10° 、 12° 、 15° 、 18° の角度で取り付けられている組み立て式の紙飛行機（長さ 18cm 翼の幅 8cm 重さ 8g）をケント紙で作成する。紙飛行機の主翼と気流との間にできる角度が迎え角であるのだが、実験は空気の流れの存在しない室内で行うので、気流は紙飛行機の進行方向と水平になる。よって、主翼の取り付け角がそのまま迎え角となる。

機体をゴム(ばね定数 $k=1.98\text{N/m}$)を用いた自作のゴムカタパルトを使って発射角 0° でそれぞれ 5 回ずつ室内で飛ばす。飛んでいる機体を横からカメラで撮影し、発射地点の高さを基準として最高点をメジャーで測定する。



仮説

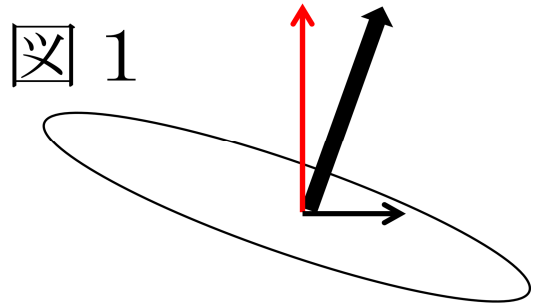
原理より揚力が重力よりも小さくなったとき、機体は失速し落下する。このときの迎え角が失速角である。予備実験として取り付け角が 20° の紙飛行機を飛ばしたところ、全く飛行しなかったことから、迎え角 20° において失速角はすでに超えており、失速角は 20° よりも手前にある。また、失速角に達するまでは迎え角と揚力との間に正の相関関係がある。

結果

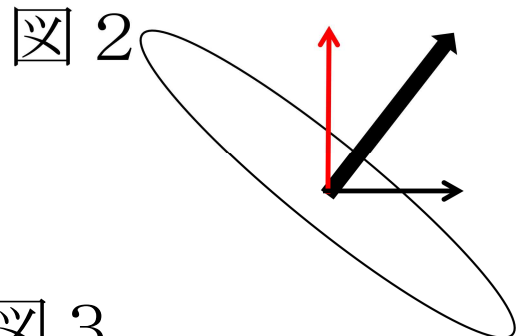
- 右図のように、取り付け角が $0^\circ \sim 10^\circ$ の範囲においては、取り付け角と紙飛行機の最高点との間に正の相関関係が見られた。つまり、迎え角が大きくなる程、揚力が大きくなり、機体が高く飛行したことになる。
- 取り付け角が 10° から 15° の範囲においては、取り付け角と紙飛行機の最高点との間に負の相関関係が見られた。つまり、迎え角が大きくなる程揚力が小さくなり、機体が低く飛行したことになる。
- 取り付け角が 18° のときには紙飛行機は飛行しなかった。つまり、迎え角 18° において揚力が失われ、失速角を越えたという事になる。

考察

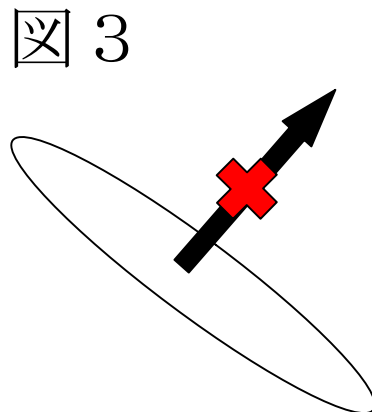
- 取り付け角が $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ の範囲においては取り付け角の角度が大きくなるにつれて主翼の上面と下面での空気の圧力差が大きくなるので主翼にはたらく力が大きくなる。その結果、揚力も増加した為、最高点の高さが高くなった。(図1)



- 取り付け角が $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の範囲においては取り付け角の角度が大きくなるにつれて主翼にはたらく力は大きくなることは変わらない。しかし、力を分解したときに水平方向にはたらく抗力のほうが大きくなり、逆に揚力が小さくなったので、最高点が低くなった。(図2)



- 取り付け角が $15^{\circ} \sim 18^{\circ}$ の範囲においては、上面の気流が翼にそって流れることができず、下面のみに流れる。そのため、圧力差が生じないので、主翼に力が働かない。よって揚力が発生しなくなり、機体は失速した。



結論

- $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ の範囲では迎え角と最高点との間に正の相関関係がある。
- $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の範囲では失速はしないが揚力は小さくなる。
- 今回扱った紙飛行機においては 10° が最も上昇しやすい角度である。
- 失速角は $15^{\circ} \sim 18^{\circ}$ の範囲に存在する。

展望

- 今後、 15° から 18° の間をより重点的に実験することでそこにある失速角の特定につなげる。
- 紙飛行機の種類によって揚力や失速角に差が出るのかを調べる。
- 揚力の大きさを数式で表せるようにする。