

揚力が発生する翼の凹凸の数量の条件

福井県立武生高等学校

Abstract

We are interested in aircrafts, so we tried to measure the lifting power that was a result of wings with bumps. We came up with the idea when we saw dragonfly's wings. It has a lot of bumps, and they create lifting power. We wanted to create a wing with bumps that can create greater lifting power. We hung the wing from a high resolution force sensor. Then we hit the wing using fans to create wind, and analyzed the data. In the end, we could not measure the lifting power.

1 はじめに

私たちは、揚力の測定を行った。揚力とはいつでも、飛行機などに使われているような翼に生まれる揚力ではなく、トンボの翅などの、凹凸を持つ翼に生まれる揚力を測定しようと試みた。トンボの翅には、小さな凹凸がたくさんあって、それが空気の渦を生み出す（図1）。しかしその渦は翅の上側にしかできず、その影響で翅の上側だけ渦に乗せられて空気が速く流れる（図2）。そうすると、翅の上側の空気は少なくなり、下側と上側で空気の量に差が生まれる。それによって生じた気圧差で揚力が生まれる（図3）。私たちは、この凹凸を持つ翼を方眼用紙で作り、それに風を当てて生じた揚力を測定し、凹凸の数と揚力の大きさに関係性はあるのかどうかを見ようとした。



図1 翅の上側だけ渦が生じる



図2 翅の上側だけ空気が速く流れる

2 実験準備物

今回の実験を行うに当たって、扇風機・風洞・翼・スタンド・高精度力センサーを使用した。風洞と翼の作り方について下記に示す。

2-1 風洞

風洞は、乱れた風を整えて整流にする働きによって、風の流れを均一にすることができる。長さ 360 mm、外径 23mmの紙筒を下から 1 段目 19 本、2 段目 20 本、3 段目 19 本、4 段目 20 本、…となるように、奇数段目は 19 本、偶数段目は 20 本として、合計で 20 段作成する。それらを積み重ね、市販のボンドで固定する。その後、重ね合わせた紙筒の側面を段ボールで覆う。風が風洞に集まりやすくなる

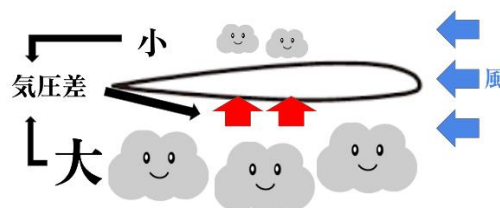


図3 上下で気圧差が生まれる

ように、風洞の口の上下左右に段ボールを取り付ける（図4）。

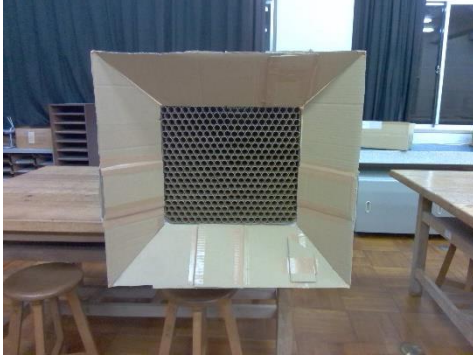


図4 風洞

2-2 翼

方眼用紙を折り曲げ、翼の横の長さを420mmにそろえ、縦の長さを凹凸の数量によって変える。凹凸の部分に一辺30mmの正三角形ができるようにする。凹凸の間隔は30mmとする。よって、縦の長さは、凹凸0個（図5）の場合：270mm、凹凸2個（図6）の場合：150mm、凹凸4個（図7）の場合：270mm、凹凸6個（図8）の場合：390mmとなる。

3 実験方法

私達が行った実験の方法は次のとおりである。まず、高精度力センサーに翼を固定する。次に、その時に示している高精度力センサーの値を記録する。そして、風を風洞に通して気流を整えて、翼に当てる。その風を当てている時の状態の高精度力センサーの値を記録して、最後に風を当てる前と当てた後の値の変化を読み取る。なお、翼の凹凸の数量の条件は凹凸0個の時、凹凸2個の時、凹凸4個の時、凹凸6個の時の4つである。

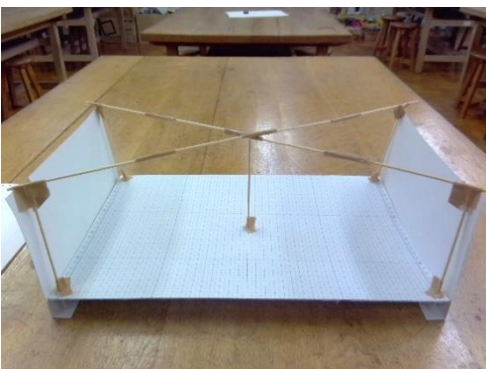


図5 凹凸0個の翼

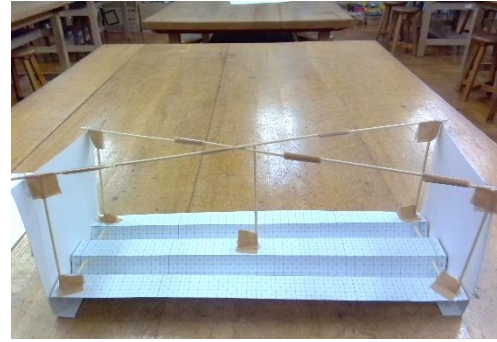


図6 凹凸2個の翼

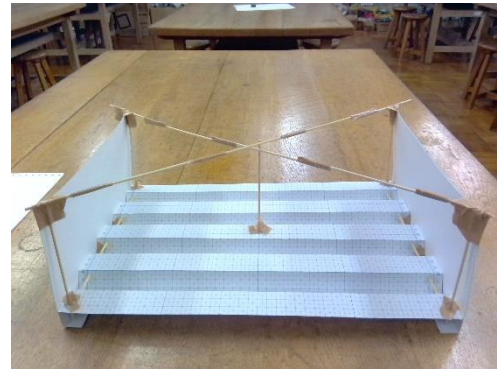


図7 凹凸4個の翼

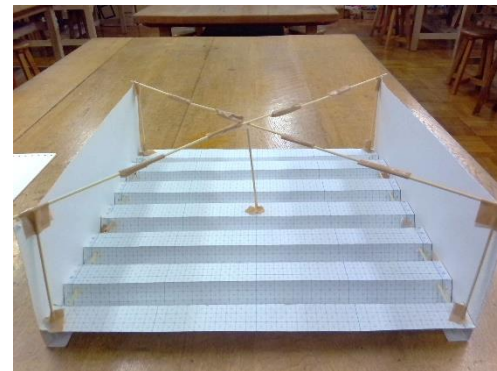


図8 凹凸6個の翼

4 実験結果

4-1 凹凸0個

値の変化は見られなかった。

4-2 凹凸2個

値の変化は見られなかった。

4-3 凹凸4個

値の変化は見られなかった。

4-4 凹凸6個

値の変化は見られなかった。

4-5 揚力と凹凸の数の関係

4-1, 2, 3, 4 より、全ての条件において、高精度力センサーの値は変化しなかった。

5 考察

私達は全ての条件で高精度力センサーの値が変化しなかった原因を主に4つ考察した。

5-1 生じた揚力が小さすぎた

1つ目は、高精度力センサーが測定できるほどの揚力が生じなかったことである。生じた揚力が微小すぎるため、風を当てた際に生じる抗力等の力と相殺されて、高精度力センサーが測定する力が0になってしまったと考える。

5-2 凹凸の数量が足りなかった

2つ目は、凹凸の数量が少なすぎて測定できるほどの揚力を生み出せなかったことである。自分たちの実験では、翼の凹凸の数量を最大でも6個と設定したが、トンボの翅にはそれ以上のたくさんの凹凸がある。もっと凹凸の数を増やして実験すべきであるところを、私たちは少量の凹凸で実験してしまったために、凹凸の数が足りず、揚力が発生しなかったのではないかと考える。

5-3 翼の質量が大きすぎた

3つ目は、翼の質量が大きすぎたことである。先述より、発生した揚力が微小であったのも相まって、翼の質量が大きすぎるため翼を持ち上げるほどの力を生み出すことができなかった。そのため、翼が持ち上がらず、高精度力センサーの値が変化しなかったため揚力を測定することができなかったのだと考える。

6 結論

以上述べたように、凹凸0個、2個、4個、6個の全ての条件において、揚力は測定できなかった。今回の実験において、翼の凹凸と揚力の関係性を見つけることはできなかった。そのように考えられる理由として、「発生する揚力が小さすぎて測定することができなかった」、「翼の凹凸の数量が少なかった」、「翼の質量が大きすぎた」ことが挙げられる。

謝辞

本研究の遂行にあたり、東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻の酒井しん氏には、有益な助言をいただきました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 名古屋市科学館 飛行機
http://www.ncsm.city.nagoya.jp/cgi-bin/visit/exhibition_guide/exhibit.cgi?id=S305
2023年4月28日
- 長崎大学大学院工学研究科 総合実践教育研究支援センター (2013) 空気の流れを見てみましょう
<https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/130109.php> 2023年4月28日
- ネイチャーテック研究会 (2013) トンボに学ぶ新しい羽の形 <http://nature-sr.com/index.php?Page=11&Item=147#:~:text=>
2023年4月28日
- 露木ら (2007) 「トンボの翅断面形状を有する翼型のはばたき運動における空力特性」
- 田邊ら 「突風風洞を用いたギザギザ翼周りの流れの計測」
- 和田展忠 「トンボ翼の揚力に関する研究」