

自作風洞装置を用いた翼の形状における揚力の比較

—持続可能な社会に飛行機を飛ばしたい！—

吉田悠良、吉川瑠良、当広亮太

Yura YOSHIDA, Yura YOSHIKAWA, Ryouta TOUMA

奈良県立奈良北高等学校

【キーワード】 自作風洞装置, 揚力, 翼の形状, 翼の仰角

1. はじめに

「飛行機が空を飛ぶには、その重さを支える上向きの力である「揚力」が必要である。飛行機の主翼は、その形状（上面が凸状に丸く膨らみ、下面が直線的）と傾きにより翼上面と翼下面に空気の流れ差をつくり、これによって上面と下面に圧力差を生じさせて（ベルヌーイの定理）「揚力」を発生させている」。課題研究の特別講義で聴いた内容にとっても興味をもった¹。でも、調べているだけ、想像するだけではつまらない。実際に自分たちで「主翼の形状（まずは平面で）と傾きで揚力に違いが見られるのかどうかこの目で見てみたい！」と思ったのが研究のきっかけである。

また、研究を進めるに従って飛行機の主翼に使われる材料について興味がわいた。飛行機の主翼の材料はジュラルミンからガラス繊維強化複合材（GFRP）、炭素繊維強化プラスチック複合材（CFRP）に移行してきた²。大型民間機としてはボーイング 787 型機が初めて CFRP の複合体主翼構造を採用している³。しかし、コスト面や環境面で問題がある。この問題の解決策として軽量化や材料の節約、環境への配慮が考えられるが、解決には至っていない。そこで、我々は高校生の発想として、「穴のあいた主翼構造」を作りたい考えた。この大きな目標に向けて、今回は自作の風洞装置を作製し（図 1）、主翼のみ（翼と表記する）の角度（仰角）と形状を変える実験を行った。

2. 方法

【実験 1】揚力を与える翼の仰角と風速の影響

厚紙で短形翼を作製した。この翼を 0 度、5 度、15 度、25 度、35 度の 5 つの角度に固定し、130V(2.9m/s)、100V(2.3m/s)、70V(1.9m/s)の 3 種類の風速に設定して揚力を計測した。電子はかりで竹串と発泡スチロール板に固定した翼の風を当てない状態の質量と風を当てた状態

の質量をはかり、値を差し引いたものを「揚力」とした。実験は独立して 2 回ずつ行った。

【実験 2】揚力を与える翼の形の影響

厚紙で 5 種類の翼（短形翼、後退翼、テーパー翼、デルタ翼、ひし形翼）を作製した。それぞれの短形翼を風洞装置に 25 度で固定し、130V(2.9m/s)の速さの風を当てて、それぞれの翼の揚力を計測した。実験は独立して 2 回ずつ行った。

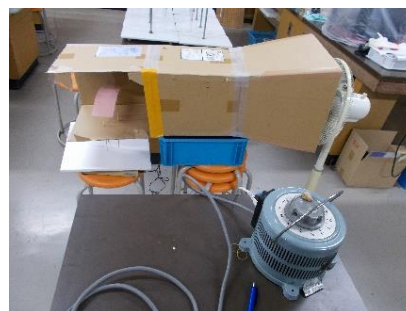


図 1 自作した風洞装置

3. 結果

【実験 1】揚力を与える翼の仰角と風速の影響

風速を上げていくにつれ揚力が大きくなるという結果が得られた（図 2）。また、仰角が 0 度から 25 度までは次第に揚力が大きくなり 35 度になると揚力は低下した。

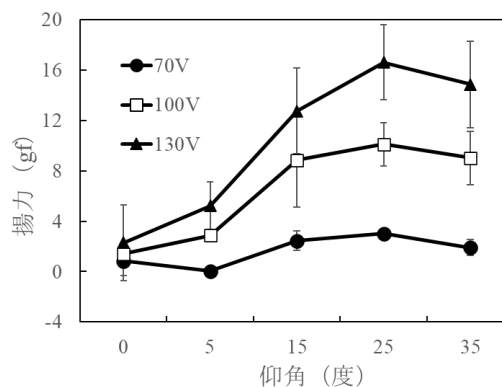


図 2 揚力を与える翼の仰角と風速の影響

【実験 2】揚力に与える翼の形の影響

5種類の翼を比較すると、ひし形翼、デルタ翼、テーパー翼の順で揚力が大きくなり、後退翼と短形翼では一番揚力が大きくなった（図 3）。

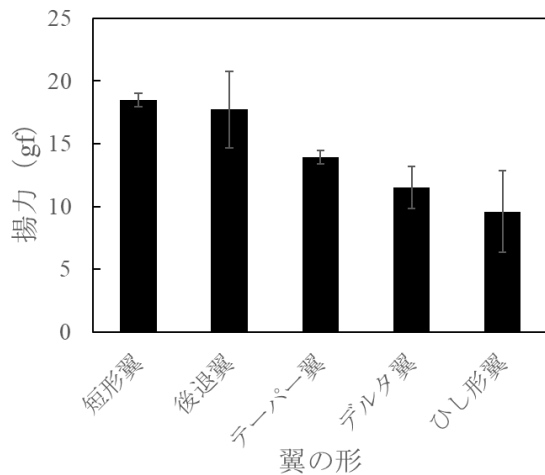


図 3 揚力に与える翼の形の影響

4. 考察

【実験 1】揚力に与える翼の仰角と風速の影響

図 2 の結果から、仰角が一定の値を超えると揚力が低下することがわかった。粘性流体（実在の流体）では、壁面近傍の低減した流れが壁面の途中で剥離する場合があります、今回もこの剥離が発生して揚力の低下が生じている可能性が考えられた。

15 度から 35 度の仰角の間に、この条件の実験における最大の揚力を与える角度があることが示唆されたが、**実験 2** では**実験 1** で最大の揚力が得られた 25 度の条件で検討を行うことにした。

【実験 2】揚力に与える翼の形の影響

今回作製した 5 種類の翼の面積とアスペクト比 { (翼の幅)²/面積 } を以下の表 1 に示す。

表 1 5 種類の翼の面積とアスペクト比の比較

| 短形翼の種類 | 面積 (cm ²) | アスペクト比 |
|--------|-----------------------|--------|
| 短形翼 | 178.6 | 3.1 |
| 後退翼 | 178.6 | 3.1 |
| テーパー翼 | 143.4 | 3.9 |
| デルタ翼 | 89.3 | 6.2 |
| ひし形翼 | 89.3 | 6.2 |

表 1 および図 3 の結果より、翼の面積が大きいほど揚力も大きくなるという結果が得られた。ただ、揚力の変化が翼の形状によるものなのか、それとも風の当たる翼の面積によるものなのか、今回の検討では明らかにすることはできなかった。飛行機にかかる力は重力と揚力、抵抗、推力の 4 つであり、飛行機の翼の性能評価には揚力と抗力（抵抗）の比である揚抗比 (L/D) を大きくすることが最も重要になる⁴。また、揚抗比は翼の細長さであるアスペクト比に大きく依存する⁴。今後は、まず、揚抗比を算出するための抗力を測定して一定の条件における 5 種の翼の性能を評価し、穴を開ける検討に移りたいと考えている。

5. まとめ

「穴のあいた主翼構造」を作りたいと考え、風洞装置を自作し、①揚力に与える翼の仰角と風速の影響、および、②揚力に与える翼の形の影響を検討した。自作の風洞装置を使用して厚紙で作製した翼の揚力は 25 度の条件で最大となった。今回作製した翼では、短形翼と後退翼が最も大きな揚力をもつことがわかった。今後は以下の検討を行いたい。①試行回数が少なかつたため、試行回数を増やした検討を行う。②各翼の抗力を測定して揚抗比からの翼の性能を評価する。③翼面積を等しくした場合の検討を行う。④翼に穴をあけて軽量化を目指した検討を行いたい。これらを行うことで、持続可能な社会で飛行機を飛ばしていきたい。

引用文献

- 1) 松村昌典 (2021) 「風をつかめー飛行機のしくみと最先端技術ー」『北見工業大学 出張講義』
- 2) 野尻邦夫 (2000) 「航空系プラスチック複合材料の設計に求められる特性」マテリア、第 39 巻、第 11 号
- 3) 交通・輸送ドメイン 787 事業部 (2014) 「大型民間機複合材主翼の製造技術」三菱重工技報、第 51 巻、4 号 航空宇宙特集
- 4) 中橋和博 (2007) 「航空機の空力形状と最適設定」ながれ 26