

# 無尾翼機の安定性について

2520 田立 脩一朗 2630 成瀬 大生

## ◎ 要旨

この研究では無尾翼機が安定して飛行できる構造を探った。無尾翼機とは、一般的な航空機についている後部の小さな翼である尾翼がなく、翼が主翼のみである航空機のこと、そのことで機体の安定性が悪くなってしまう。その安定性を改善するため実際に模型飛行機を制作して飛行実験を行い、コンピュータシミュレーションも利用して無尾翼機でも安定して飛行するための仕組みを探った。その結果、翼の揚力が AoA によって滑らかに変化すること、翼に後退角をつけること、機体の重心を風圧中心より前におくことで安定性を高められることが判明した。

## ◎ 本文

### 1. 目的

無尾翼機の安定性を高める航空機の構造の法則性を見つけること。安定性は、ピッチ方向をどれだけ保持できるかという縦安定性と、ヨー・ロール方向をどれだけ保持できるかという横安定性に分けて考える。ピッチ、ロール、ヨーとは、航空機の三軸の動きのことである。(図 1)

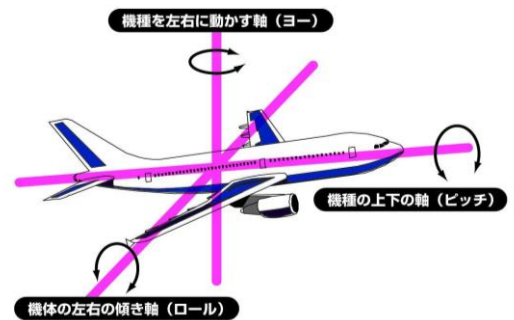


図 1

### 2. 使用した器具、材料

バルサ材 (1mm、2mm 厚)、竹ひご(2mm×5mm)、瞬間接着剤、和紙、セロハンテープ

### 3. 実験とその結果

#### 実験① 翼厚と安定性

##### <目的>

翼厚の安定性に対する影響を調べる。

##### <仮説>

薄い翼のほうが空気抵抗を受けにくく、それにより気流の影響が軽くなるため安定して飛行する。

##### <方法>

翼断面の長さに対し最大翼厚が 13% 厚の厚い翼(写真 1-a) と 7% 厚の薄い翼(写真 1-b) (図 2) の二種類を制作する。翼形は無尾翼機によく見られる三角翼(図 3) で設計を行った。その後飛行させて安定性を調べた。

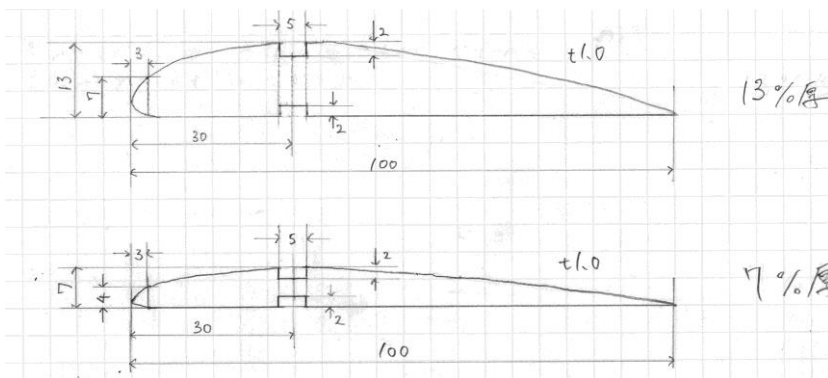


図 2

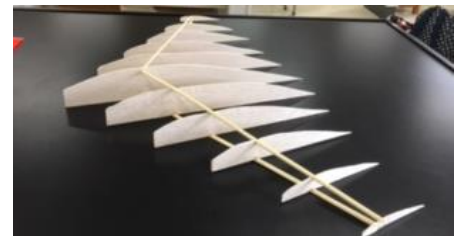
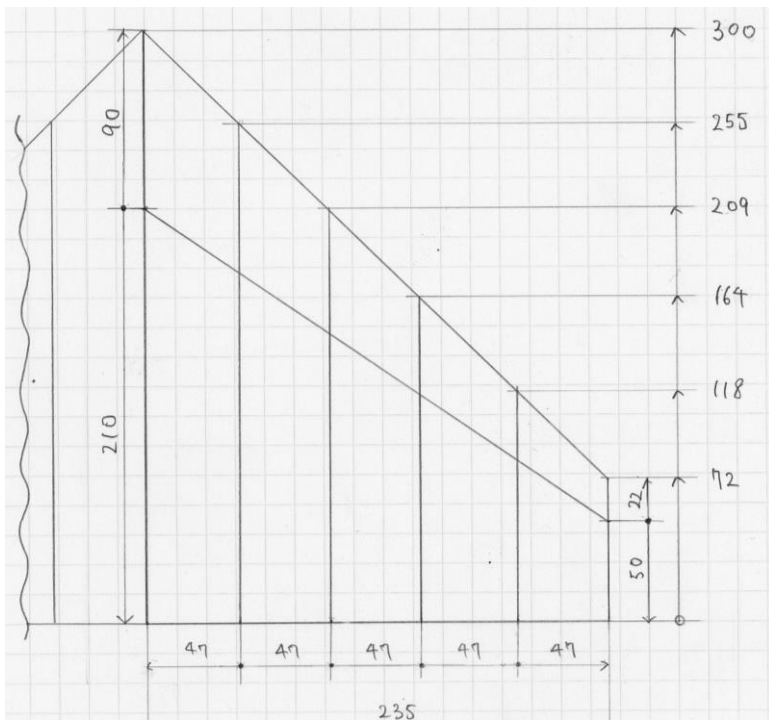


写真 1-a



写真 1-b



<結果>

13%厚の厚い翼の方がより姿勢が安定して滑空した。

<考察>

仮説で考えた正面からの空気抵抗の受けにくさは飛行の安定性に大きな関係がないことがわかった。

薄い翼で安定する原因が何かは判明しなかった。

図 3

実験② 揚力係数の計算

<目的>

一つ目の実験の結果から、なぜ 13%厚の翼の方が安定したのかを調べるため、翼の揚力係数を求めることで翼の飛行特性を表そうと考えた。揚力係数とは  $C_L = \frac{2L}{\rho V^2 S}$  ( $C_L$ =揚力係数、 $\rho$ =流体の密度、 $V$ =物体と流体の相対速度、 $S$ =物体の代表面積、 $L$ =発生する揚力) で表され、翼の AoA によって変化する係数である。この値が大きいくほど大きな揚力が発生することになる。AoA(Angle of Attack)とは迎角ともいい、翼に対して流体が当たる角度のことである。下から流体があたると AoA は正になる。

<仮説>

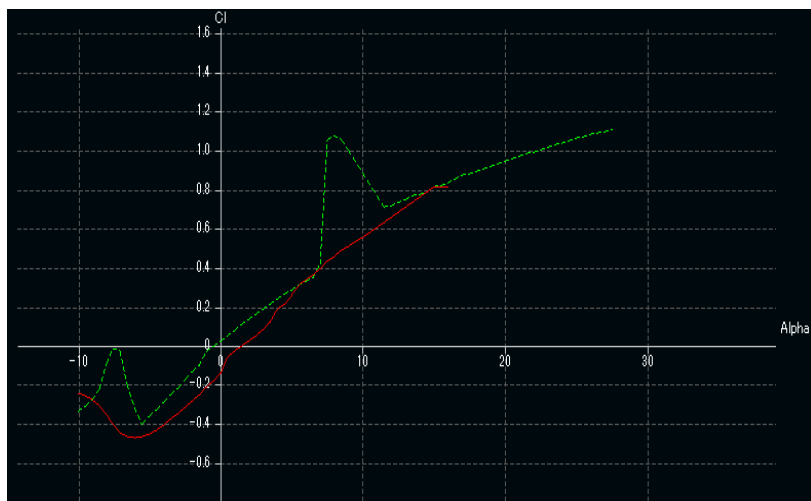
この実験に対する仮説は、数値的なもののため、立てることはできなかった。

<方法>

この揚力係数を調べるため、我々は風洞実験装置を用いて揚力の計測を試みたがうまくいかなかった。そこでシミュレーションソフトを用いて揚力係数の計算をすることにした。ここでは XFLR5 という翼解析ソフトを使用した。レイノルズ数 30,000、マッハ数 0.0 とし、AoA 0.50° 刻みで、二つの翼について計算をした。

<結果>

シミュレーションの結果、揚力係数(Cl)と AoA(Alpha)の関係は(図 4)のようになった。



破線:7%厚  
実線:13%厚

図 4 より以下のことがわかる

	失速点	特徴
7%厚	28.0°	9.0° 付近で大きく Cl が変動
13%厚	16.0°	Cl は滑らかに変化

図 4

<考察>

7%厚の翼で揚力係数が突然大きく変動していることが実験①での安定性の低下につながっていると考えられる。7%厚の翼の方が失速しにくい、これは安定性に大きな影響がないことも判明した。しかし、なぜ7%厚の翼にこのような揚力係数の変化があるのかはわからなかった。

実験③ 後退角の影響

<目的>

翼の形、特に後退角の有無がどのように安定性に関与するのかを調べる。

<仮説>

後退角をつけた翼の方がより安定して飛行する。

<方法>

2種類の形の翼を作って実際に飛ばし比較する。後退角をつけない矩形翼(写真 2-a)と、30°の後退角をつけたテーパ翼(写真 2-b)の2つを制作した。設計図は(図 5)に示した。



写真 2-a



写真 2-b

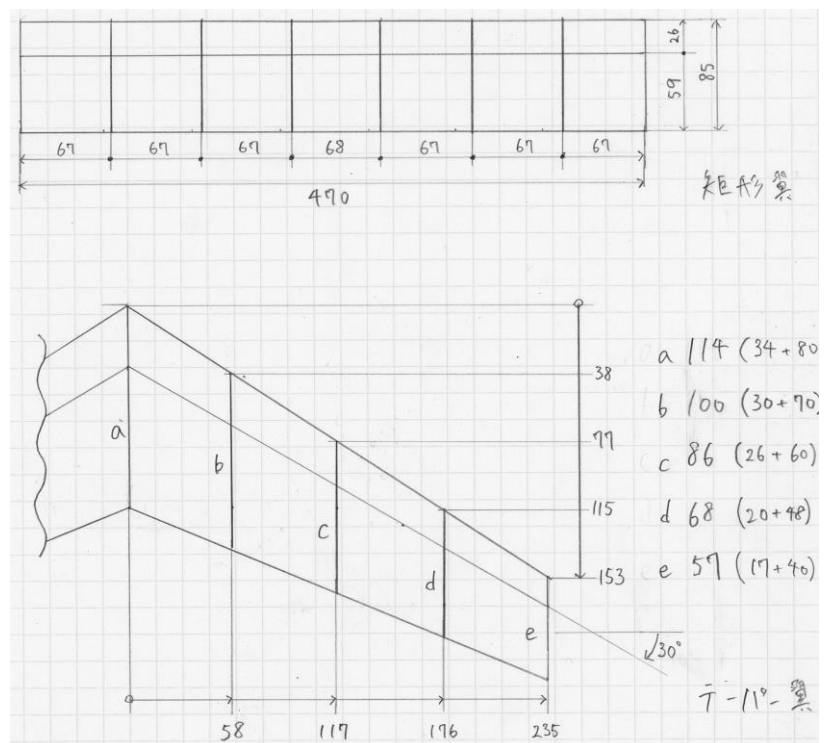


図 5

<結果>

	縦安定	横安定
矩形翼	なし	なし
テーパ翼	ほとんどなし	安定

<考察>

この結果から、特に横安定は後退角をつけることで高められることが判明した。これは横滑りしているとき、滑っている方の翼がより空気を受けて片側の揚力が大きくなって機体が傾き、横滑りを解消する方向に進もうとすることで、安定した飛行を取り戻すから、と考えた。

#### 実験④ 重心と縦安定

##### <目的>

実験③では横安定性について判明したため、縦安定性を高める構造を発見する。

##### <仮説>

重心を、機体が飛行中に空気から受ける力の合力の作用点である風圧中心の前方におくようにすることで安定性が保たれる。この仮説は(図 6)のように、重心が風圧中心の前方にあり AoA が大きすぎるときは機体後部を持ち上げる(=AoA を下げる)方向にモーメントが働き、AoA が小さすぎるときは機体後部を下げる(=AoA を上げる)方向にモーメントが働くと考えたからである。

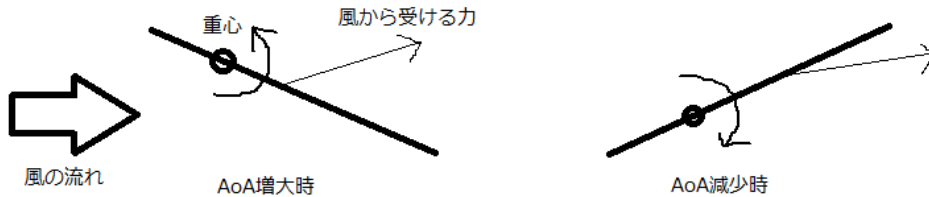


図 6

##### <方法>

実験③で使用したテーパー翼の重心をおもりで前後に移動させることで縦安定性がどのように変化するかを調べる。バルサ材を機体の内側にセロハンテープで留めることでおもりとした。

##### <結果>

重心を風圧中心より前方に移動させることで安定して飛行するようになった。

##### <考察>

結果より、仮説での理論が正しいことがわかった。

#### 4. 全体の結論

それぞれの実験で判明したことをまとめると、以下のようになった。

##### <総合的な安定性の向上>

実験①②より、翼の揚力が AoA に応じて滑らかに変化していくことが大切である。

##### <横安定性>

実験③より、翼に後退角をつけることで保たれる。

##### <縦安定性>

実験④より、重心を風圧中心の前方におくことで高められる。

#### 5. 今後の展望

今後は 7%厚の翼の揚力係数の急激な変動がなぜ起きるのかをということを調べていきたい。

解決していかなければいけない課題としては、飛行の際の条件を同じにするためにカタパルト、または、レールなどの発射装置を作成していかなければならないことが挙げられる。別の課題として、安定性というものを、数値化して表せるような工夫をしていきたい。

#### 6. 参考文献、使用ソフト、画像引用元

- ・<よくわかる航空力学の基本(第2版)飛行機はなぜ飛ぶのか?> 飯野明監修、秀和システム
- ・<Airfoil Tools > <http://airfoiltools.com/>
- ・<XFLR5> <http://www.xflr5.com/>
- ・<航空機の3軸(図1として使用)> <http://google.osieru.com/xn--cck1aal1brqdd/zu.jpg>