

K3-57

模型紙飛行機の空力特性の測定

Measurement of aerodynamic characteristic of a model paper airplane

○徳弘翔太¹, 川島圭司¹, 大竹智久²*Shota Tokuhira¹, Keiji Kawashima¹, Tomohisa Ohtake²

Abstract: We aim to analyze aerodynamic characteristics of wing planeforms with the model paper airplane to improve aerodynamic performance of MAV in low Reynolds number region. We conducted both wind tunnel experiment and flight experiment with the model paper airplane. In wind tunnel experiment, we measured the aerodynamic forces at $Re = 1.23 \times 10^4$. In flight experiment, we observed flight trajectory of aircraft. As a result of experiments, we obtained aerodynamic characteristics of minimum descent rate approximately 0.5m/s and lift-drag ratio. We obtained the aircraft speed of steady gliding flight is about 5 m/s of Angle of attack of 5.5 degree.

1. はじめに

近年災害情報収集などのための小型無人飛行機(MAV)の開発が盛んになっている。MAVの空力性能を向上させるには低レイノルズ数での翼の性能向上が必要である。模型飛行機分野では、様々な競技を通して性能が競われてきた結果レイノルズ数10,000~20,000程度で、高性能な翼型や機体形状が開発されてきた^[1]。岡本らは「全日本学生室内飛行ロボットコンテスト」に出場する機体の翼特性を調べ^[2]、小池らもハンドランチグライダーの二種類の翼型の特性を検証、比較しMAVの性能向上を図った^[1]。このように低レイノルズ数領域で飛行する航空機の翼の形状を検証することはMAV開発において大きな意義がある。NHK TV番組「超絶スゴ技! 「目指せ! 飛行距離新記録紙ヒコーキ頂上決戦」」に出場した石井潤治氏は模型紙飛行機の開発に精通し、開発された紙飛行機の中で最も高性能な機体で出場した。そこで本研究では翼の平面形状による空力特性の違いを検証、比較するために、まずこの模型紙飛行機を用いて飛行試験と風洞試験を行い全機の空力特性を解明する。

2. 実験装置および方法

2-1) 模型紙飛行機

製作した模型紙飛行機の写真をFig.1に示す。模型紙飛行機は市販のセント紙を用いて製作した。諸元は翼幅330[mm]、重量11.5[g]、全長は300[mm]、主翼の取り付け角は1.5[deg.]である。翼断面形状は、翼の前縁から上面中央まで膨らみが出来るようにセント紙を重ねて厚みを作り、中央から後縁側は翼幅方向に切り込みを入れて後縁が弧を描くように折り曲げ、キャンバーを確保した形となる。前縁から24%付近で最大翼

厚比3.7を取る。機首の部分は材料を2種類使用し、風洞試験ではバルサ材、飛行実験では消しゴムで製作した。



Fig.1 模型紙飛行機

2-2) 空気力の測定

空気力の測定は測定部500[mm](H)×500[mm](W)×1500[mm](L)の開放型風洞と3分力天秤を用いて行った。実験装置の概略図をFig.2に示す。迎角は $\alpha = -17 \sim 15$ [deg.]まで1[deg.]刻みで変化させた。風速は機体のおおよその機速である5.11[m/s]で行い、その時のレイノルズ数は空力平均翼弦長 $\bar{c}_a = 35.1$ [mm]を基準とした $Re = 1.23 \times 10^4$ である。

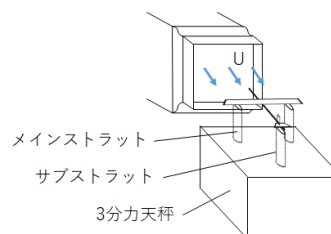


Fig.2 風洞実験装置概略図

2-3) 飛行実験

飛行実験では定常滑空時の飛行速度を計測し、飛行中の飛行姿勢を観察するため、ハイスピードカメラを用いて撮影を行った。撮影画角内で、機体が移動する距離を移動時間で割ることで飛行速度を求めた。Fig.3に飛行実験装置の概略図を示す。

1: 日大理工・学部・航空宇宙 2: 日大理工・教員・航空宇宙

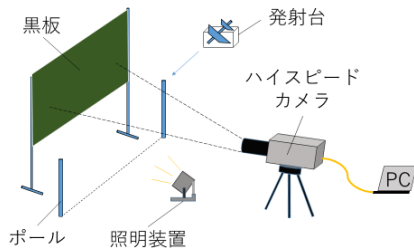


Fig.3 飛行実験装置概略図

3. 結果および考察

3-1) 模型紙飛行機の空力特性

レイノルズ数 $Re = 1.23 \times 10^4$ における揚力係数と抗力係数をそれぞれ Fig.4 と Fig.5 に示す。また、Fig.6 に極曲線を示す。

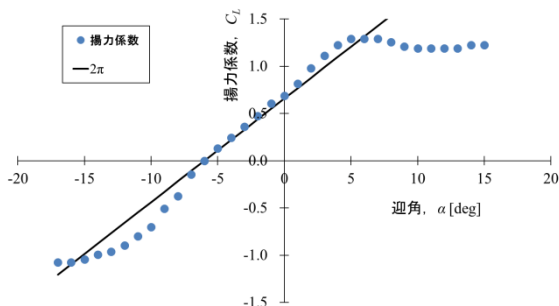


Fig.4 揚力係数

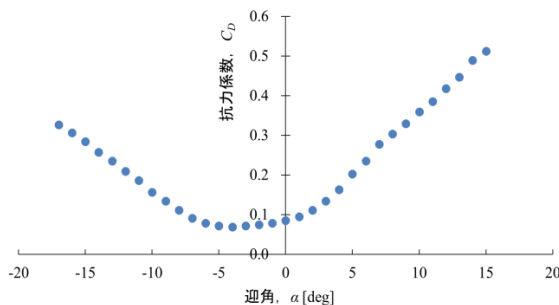


Fig.5 抗力係数

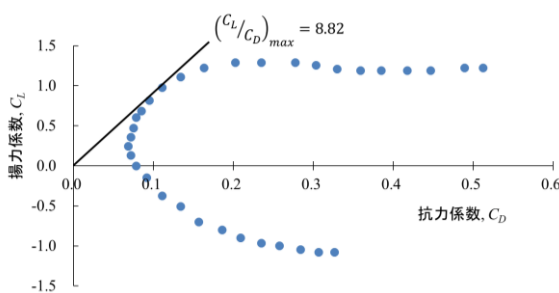


Fig.6 極曲線

Fig.4 より、 $\alpha = 7 \sim 10$ [deg.]にかけて揚力係数が横ばいになるが、Fig.5 より、この付近の抗力係数にあまり変化は見られないことから、今回取得した迎角の範囲で

は失速特性は良好と見られる。 $\alpha = -10 \sim 5$ [deg.]の範囲で線形的な C_L の増加を示し、揚力傾斜は 0.133 [1/deg.]であった。Fig.5 から最小抗力係数は $C_D = 0.0685$ となる。また、Fig.6 より最大揚抗比は 8.82 程度となりその時の迎角は $\alpha = 2$ [deg.]である。この機体の最小降下率は、 $\alpha = 2$ [deg.]の時に $\omega = 0.497$ [m/s]となった。これより、最大揚抗比と最小降下率はどちらも $\alpha = 2$ [deg.]の時であることがわかった。

3-2) 飛行実験

Fig.7 にハイスピードカメラで撮影した滑空飛行時での機体をコマ送りにした様子を示す。射出してからおおよそ定常滑空となるまでの距離を求め、その範囲内を飛行する機体の姿勢を撮影した。機体速度は 5.04 [m/s]となった。機体にかかる力のつり合いと運動方程式より、定常滑空時の機速は約 5 [m/s]となったので、この値は妥当な結果であると考えられる。機体が移動した軌跡から相対風と翼弦のなす角度が分かり、迎角は 5.5 [deg.]と確認できた。

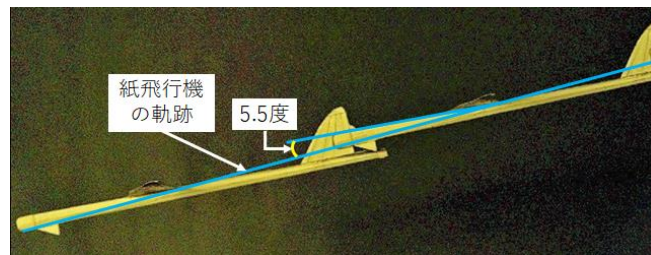


Fig.7 定常滑空飛行時の機体の様子

4. まとめ

小型模型飛行機の翼の形状による空力特性を調べるため、模型紙飛行機を用い風洞実験による空気力の測定と飛行実験を行った。風洞実験では、3分力天秤を用いて迎角を変化させた時の揚力係数及び抗力係数を測定し、そこから空力性能を調べることができた。また、飛行実験から模型紙飛行機の定常滑空時の速度が分かると共に飛行姿勢も観察できた。今後さらに、翼の形状を変えて空力特性を検証、比較することで MAV 開発の発展につながると思われる。

参考文献

[1] 小池勝 他：ハンドランチグライダーの空力性能，日本航空宇宙学会論文集 Vol.57, No.663, 2009, pp.166-174.
 [2] 岡本正人 他：低速模型飛行機の翼特性，秋田高専研究紀要第 45 号, 2009, pp.19-26.