

K3-54

低レイノルズ数領域における薄円弧翼型 3%, 9%キャンバーの空力特性

Aerodynamic Characteristic of 3% and 9% cambered Thin Circular Arc Airfoil with at Low Reynolds Numbers

根津春比古¹, 大竹智久², 村松旦典²Haruhiko Nezu¹, Tomohisa Ohtake², Akinori Muramatsu²

Abstract: Aerodynamic characteristics of thin circular airfoil of 3% and 9% cambered were investigated using wind tunnel. The aerodynamic forces were measured at three Reynolds numbers 20,000, 40,000 and 60,000. The result of 3% cambered airfoil shows almost similar consequences to aerodynamic characteristics of flat plate at all of measured Reynolds numbers. In contrast, aerodynamic forces of 9% cambered airfoil show a discontinuity in lift force, drag force and pitching moment at all measured Reynolds numbers. And, hysteresis was not confirmed in aerodynamic characteristics.

1. はじめに

近年, 人間が立ち入ることが出来ないような災害現場で用いられる MAV(Micro Air Vehicle)の性能向上に期待が高まっている. このような小型かつ低速で飛行する飛行機は旅客機などとは流れ場が異なる低レイノルズ数領域を飛行することになる.

低レイノルズ数領域では厚翼よりも薄翼にキャンバーを付けた薄円弧翼型の方が優れた空力性能を示すことがわかっている^[1]. それを踏まえ晝間がレイノルズ数 4.0×10^4 においてキャンバーを 0% から 14% まで変化させ 2 次元数値計算を行い, 剥離泡が翼の下面から上面に移動することを明らかにした^[2]. そして大竹らはキャンバーを変化させることにより薄円弧翼型に現れた特徴的な空力特性を実際の流れ場においても現れるのかどうかを確かめるため風洞実験によりキャンバー 6%, 12% の空気力の測定を行った^[3].

本研究ではキャンバーを変化させることによる空力特性の変化の関連性を明らかにする目的でキャンバー 3%, 9% の空気力の測定を行う. その結果から得られたキャンバーの変化による空力特性の変化について報告する.

2. 実験装置および方法

測定は吹き出し口寸法 $0.3[m] \times 0.3[m]$ の回流型風洞を用い, 測定部にはキャンバー 3%, 9% のアルミニウム合金製の翼型を取り付けた. また, 翼弦長 $c = 120[mm]$ 、翼厚比 1% である.

実験はレイノルズ数を 2.0×10^4 , 4.0×10^4 , 6.0×10^4 と変化させ, 迎え角は $-20[deg]$ から $20[deg]$ まで $0.2[deg]$ 刻みで測定した. 実験装置の概略図を Fig. 1 に示す. 三分力天秤の出力は A/D コンバータを通して PC へ記録した. サンプル周波数は $200[Hz]$ で計測データは 30 秒間としてその平均値を計測値とした.

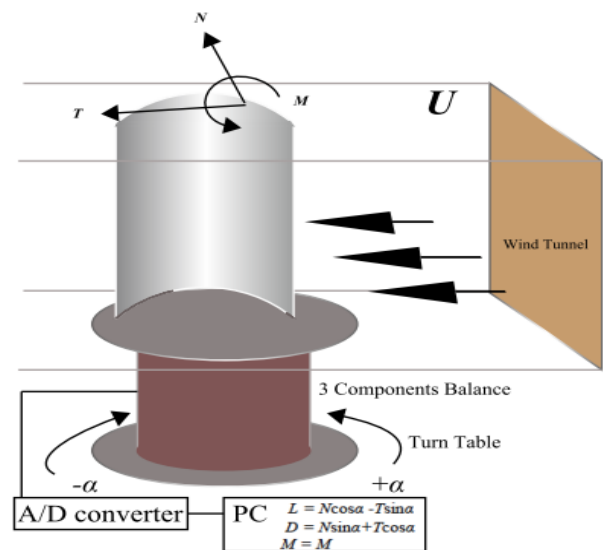


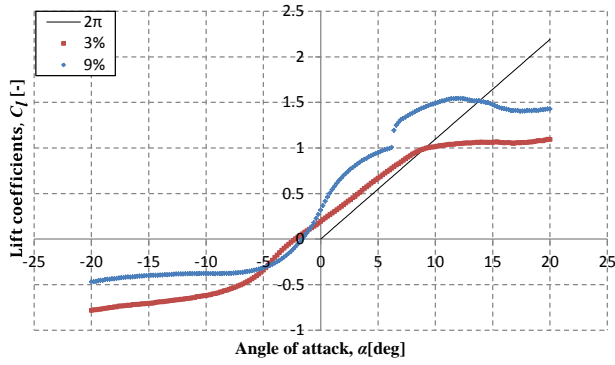
Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

3. 結果および考察

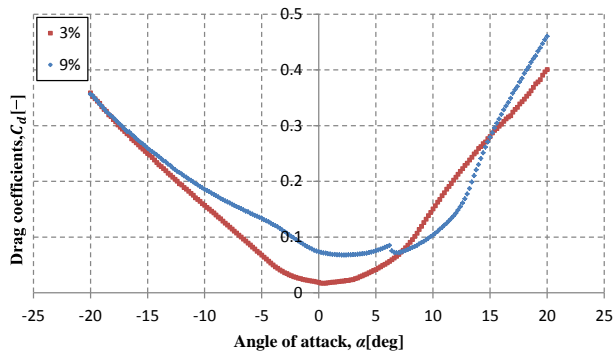
3-1) 3%円弧翼型の空力特性

Fig.2 に 3%, 9%キャンバーでの $Re = 4.0 \times 10^4$ における揚力係数, 抗力係数, 縦揺れモーメント係数および揚抗比の変化を示す. 揚力係数は揚力曲線に不連続な変化が現れることなく連続な曲線になっていることが観察できる. これは 0% から 5% のキャンバーを持つ円弧翼型は平板に近い空力特性を示す^[2] ということを表していると考えられる. 抗力係数は $0[deg]$ 付近を軸とする下に凸の放物線を描いている. また最小抗力係数 C_{dmin} は迎え角 $0.2[deg]$ で 0.0174 となっている. 縦揺れモーメント係数は $-5[deg]$ 付近を境に負の値になっていることがわかる. また, 12% と比べると縦揺れモーメント曲線の非線形性が強まり, 凸型の分布を形成していくことが観察できる. 揚抗比は迎え角 $3[deg]$ で最大揚抗比 19.8 を示す.

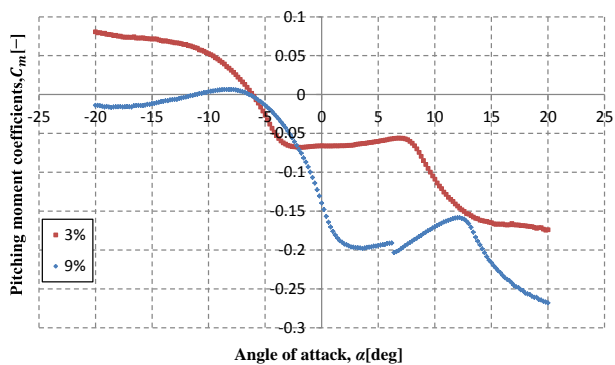
1 : 日大理工・学部・航宇 2 : 日大理工・教員・航宇



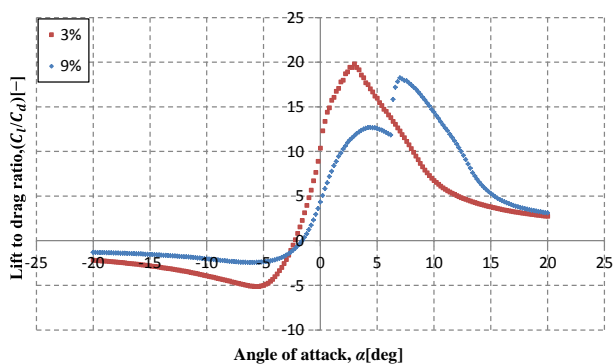
a) Lift coefficients



b) Drag coefficients



c) Pitching moment coefficients



d) Lift to drag ratio

Fig.2 Aerodynamic characteristics of 3% and 9% cambered thin circular arc airfoil at $Re = 40,000$.

3-2) 9%円弧翼型の空力特性

揚力係数は迎角 6[deg] 付近で 1.01 から 1.19 へ 0.18 程度急増し、揚力曲線が不連続となっていることが観察できる。これは剥離泡が円弧翼型の下面から上面にスイッチングすることによる空力特性の変化であると考えられる^[2]。また、12[deg] 付近で緩やかに揚力曲線が下降していることより後縁失速を起こしていると考えられる。抗力係数の変化においても揚力係数と同様に 6[deg] 付近で 0.0850 から 0.0754 へ 0.01 程度急減していることが観察できる。3%円弧翼型の場合には無かった抗力係数の不連続な減少が抗力曲線に 2 つの凸を与えていることがわかる。その後、迎え角の増加とともに抗力係数は放物線状の増加を示すが、15[deg] 付近で 3%円弧翼型よりも抗力係数は大きな値をとっていくことが観察できる。縦揺れモーメント係数も揚力係数、抗力係数と同様に 6[deg] 付近で縦揺れモーメント係数が急減しており、不連続性が観察できる。また、-10[deg] 付近から -7[deg] 付近の間で正の値を取っているが、それ以外の迎え角の範囲では縦揺れモーメント係数が常に負の値の範囲で変化していることが分かる。揚抗比は 4[deg] 付近で一旦極大値 12.7 をとる。また、揚力曲線、抗力曲線と同様に 6[deg] 付近で揚抗比の急増が確認でき、その後、7[deg] 付近で最大揚抗比 18.2 をとる。

4. まとめ

本研究の結果、キャンバーの増加により空力特性に不連続性が現れるようになったこと、縦揺れモーメント曲線の非線形性が強まり、凸型の分布を形成していくこと、そして最大揚抗比となる迎え角が大きくなることが確認された。今後、翼まわりの流れ場を可視化することで空力特性との関連性を調べていく。

参考文献

- [1] 岡本正人：「低レイノルズ数における定常・非定常翼型空力特性の実験的研究」, 日本大学大学院博士論文, 2005, pp51.
- [2] 晝間洋樹：「低レイノルズ数領域における円弧翼型の空力特性と剥離泡の影響」, 日本大学大学院修士論文, 2010, pp34.
- [3] 大竹智久：「低レイノルズ数領域での異なるキャンバーを持つ薄円弧翼型の空力特性」, 第 43 回流体力学講演会 航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム 2011, 2011, pp539-542.