

## 複葉翼の翼配置の変化による流れ場の干渉

## Interference of flow field by changing wing arrangements of a biplane wing

○山崎駿矢<sup>1</sup>, 本橋和明<sup>1</sup>, 大竹智久<sup>2</sup>\*Shunya Yamazaki<sup>1</sup>, Kazuaki Motohashi<sup>1</sup>, Tomohisa Ohtake<sup>2</sup>

Abstract: We examined visualization of flow field around a biplane wing at Reynolds number of 58,000 in order to clarify influence on the flow field by changing wing arrangements. As a result of the visualization tests at  $\alpha = 22$  deg., the flow field on lower surface of upper wing suppresses separated flow on upper surface of lower wing in  $Stagger > 0$ . The flow field of the upper wing was changed because separated shear flow of the lower wing interfered with the flow field of the upper wing in  $Stagger < 0$ . As reducing Gap, the upper wing suppressed separation on the lower wing in  $Stagger = 0$ .

## 1. はじめに

昨今の UAV(Unmanned Air Vehicles)や MAV(Micro Air Vehicles)は電子機器の発達により幅広い分野で活躍している。これらの航空機は一般的な航空機に比べ低速かつ小型であるため、レイノルズ数は  $10^4 \sim 10^5$  程度で飛行する。例えば、UAV や MAV が市街地や建物内を飛行する際、低速での飛行に加えて、機体サイズに制限があるため翼面積が限られる。そこで飛行速度を低速に保ち機体サイズを維持しつつ揚力を増加させるため、主翼に複葉翼を採用し翌面荷重を減少させる手段が挙げられる。主翼に複葉翼を採用するメリットは離着陸距離を短くすることや、ペイロードを増やせることが挙げられる。一方で、抗力の増加や、揚抗比の低下などのデメリットも生じる<sup>[1]</sup>。上田らが行った実験では、 $Stagger$  を正に変化させた場合は失速が緩やかになり、 $Stagger$  を負に変化させた場合は揚力係数と抗力係数がともに減少していることが分かった<sup>[2]</sup>。

本研究は複葉翼の翼配置の変化が翼同士の流れ場の干渉に与える影響を明らかにすることを目的とし、スモークワイヤ法を用いた複葉翼まわりの流れ場の可視化実験を行った。

## 2. 実験装置および方法

## 2. 1 複葉翼の翼配置

複葉翼の上翼と下翼の位置関係を Fig.1 に示す。翼の前後方向のずれを  $Stagger$ , 上下方向の距離を  $Gap$  とする。本研究では翼弦長を基準として無次元化した  $Gap = 0.5, 1$  および  $Stagger = -1, -0.5, 0, 0.5, 1$  とした合計 10 種類の実験を行った。

## 2. 2 スモークワイヤ法による流れ場の可視化

実験装置の概略図を Fig.2 に示す。風洞は吹き出し口寸法  $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$  の回流型風洞である。翼模型には

Clark Y 翼型の上面の曲線部を断面形状とする翼弦長  $c = 120 \text{ mm}$ , 翼厚比  $t/c = 1.00\%$  のアルミ合金製の薄翼を使用した。また、測定部には迎角と  $Gap$  と  $Stagger$  を調整する機構に加え、翼端を考慮せず流れ場の 2 次元性を確保するため側壁を設置した。レイノルズ数は  $Re = 58,000$  とし、迎角は  $\alpha = 0 \sim 15 \text{ deg.}$  (3 deg.刻み), 17, 19, 20 ~ 30 deg. (2 deg.刻み) の計 14 パターンを測定した。翼模型の上流側に設置した 2 本のニクロム線(直径 0.05 mm)を撚り合わせたワイヤーから発生させた煙をトレーサーとした。

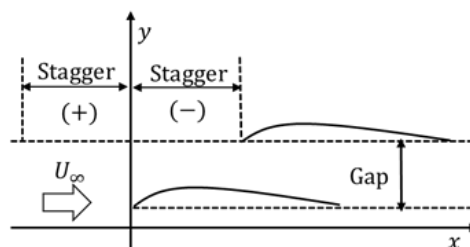


Fig.1 Wing Arrangements

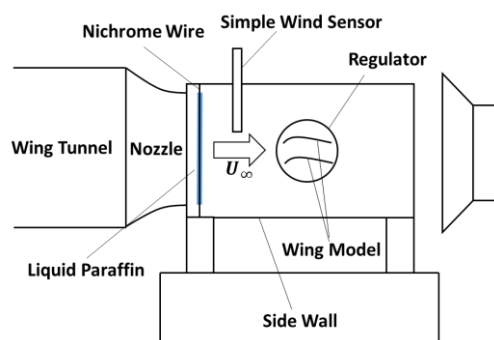


Fig.2 Schematic diagram of flow visualization tests

## 3. 結果および考察

$Stagger$  と  $Gap$  を変化させた場合の流れ場の干渉の様子が比較しやすい  $\alpha = 22 \text{ deg.}$  の画像を用いて考察す

る。また複葉翼では、上流側に位置する翼の後流が下流側に位置する翼の流れ場に影響を与える。つまり *Stagger* の変化が流れ場に大きく影響を与えていることが分かったため、*Stagger* ごとの考察を行う。

まず、*Stagger* = 1 の場合(Fig.3-a))について考察する。上翼は前縁から流れが剥離しているが、下翼は剥離していない。これは上流側にある上翼の下面により偏向された流れ場が下翼の上面の流れ場に影響を及ぼし、下翼の上面の剥離を抑えているためだと考えられる。*Stagger* = 0.5 にした場合と *Gap* = 1 にした場合も、同様の流れ場が確認できる。

次に、*Stagger* = -1 の場合(Fig.3-b))について考察する。迎角を  $\alpha = 0 \text{ deg.}$  から大きくしていくと  $\alpha = 19 \text{ deg.}$  で下翼が先に剥離し始め、 $\alpha = 22 \text{ deg.}$  で下翼の剥離せん断流が上翼の上面にのみ当たり、 $\alpha = 28 \text{ deg.}$  になると下翼の剥離領域に上翼全体が入り込む。この翼配置では、上翼の流れ場が下翼の剥離領域を伴う後流の影響を強く受ける。*Stagger* = -0.5 の場合と *Gap* = 1 の場合も、流れ場に変化の現れる迎角は異なるが同じ傾向が現れる流れ場を確認できた。

最後に、*Stagger* = 0 の場合では、*Gap* の違いによる流れ場の変化が現れた。*Gap* = 1 では上下ともに流れが剥離している様子がわかる(Fig.3-c))。しかし *Gap* = 0.5 では上翼の流れは付着しており、下翼は前縁で剥離しているが大きく剥がれてはいない(Fig.3-d))。この *Gap* = 0.5 の場合について考察すると、下翼の流れ場は、上翼の下面によって偏向された流れに抑えられていると考えられる。上翼の流れ場は、流跡線を見る限り、上流側に位置する下翼の前縁によって偏向された流れが上翼の有効迎角を下げていると考えられる。

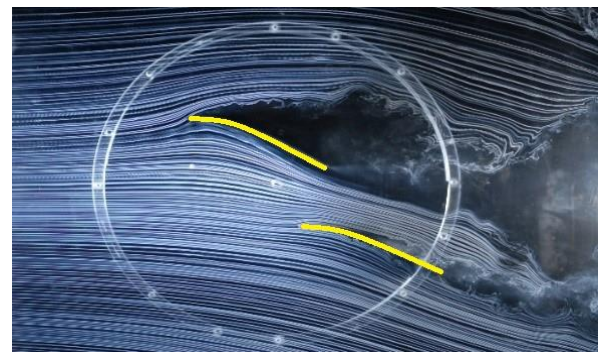
#### 4. まとめ

複葉翼の翼配置の変化による流れ場の干渉を調査するため、スモークワイヤ法による流れ場の可視化を行った。*Stagger* = 0 では *Gap* による流れ場の違いが見られたが、*Stagger* > 0 と *Stagger* < 0 では *Gap* による流れ場の大きな違いは現れなかった。今後は複葉翼の翼端の影響を調べるために、側壁を取り除き空力測定の実験と翼端渦の干渉実験を行い、複葉翼の有用性を確認する。

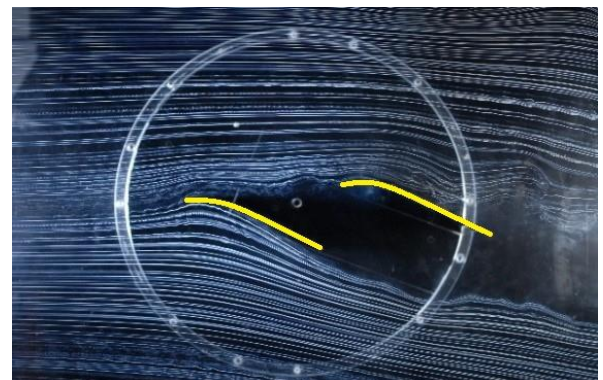
#### 参考文献

- [1] Stinton, D.: "The Design of the Airplane", 2<sup>nd</sup>ed, AIAA, Washington, 2001.
- [2] 上田 他: 「低レイノルズ数領域での複葉翼の空力

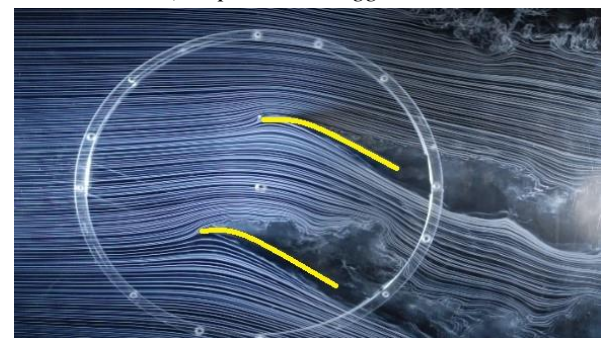
特性と流れ場」, 第49回流体力学講演会/ANSS, 2017



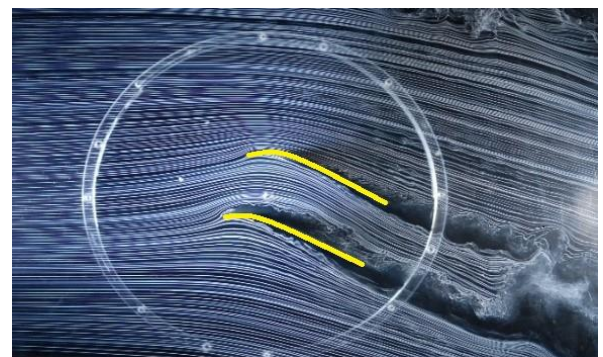
a) *Gap* = 0.5, *Stagger* = 1



b) *Gap* = 0.5, *Stagger* = -1



c) *Gap* = 1, *Stagger* = 0



d) *Gap* = 0.5, *Stagger* = 0

Fig.3 Streak line around a biplane wing ( $\alpha = 22 \text{ deg.}$ )