

# OpenFOAM を用いた複数翼設計

筒井 研究室

中山翔太

## 1. 緒言

今から 100 年以上前に世界で初めて飛行に成功したライトフライヤー号などの、初期の飛行機は複葉翼を採用していた。翼を上下に配置し面積を増やすことで揚力を増やそうとした。しかし、上下の翼間で干渉が起こり 2 枚分の揚力は発生しなかった。

本研究では、複葉翼のように翼をただ上下に配置するのではなく、翼を複数枚組み合わせることで配置することにより、高い揚力係数を出し剥離しにくい翼の設計をおこなう。揚力係数  $C_L$  は迎角が小さい時は迎角にほぼ比例する。しかし、迎角が大きくなると翼表面から流れが剥離してしまい、揚力係数は減少する。迎角が大きすぎて流れが剥離してしまうと、飛行機は失速し危険な状態になる。この剥離を遅らせることができれば、高迎角でも高揚力係数を出せる。

複葉翼では従来の単独翼機よりも翼幅が短くコンパクトになり、アスペクト比を小さくできるメリットがある。これにより強度を高めることができる。しかし、アスペクト比が小さい翼は、翼端渦の影響が大きくなる。そこで、複葉翼の設計では、ウィングレットを使用する。ウィングレットは翼端渦を減少させる効果がある。また、ウィングレットには、複数枚の翼を支える構造も持たせる。これにより複葉翼機では大きな抵抗になっていた翼間支柱やワイヤを廃止できる。図 1 は複葉翼機のモデルである。

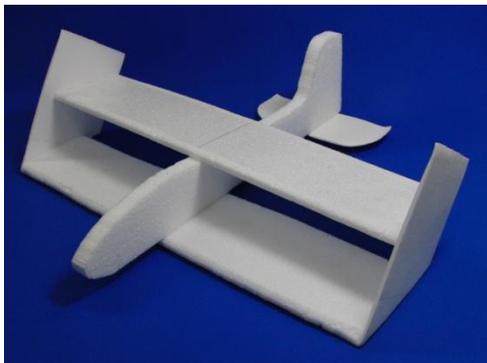


図 1 複葉翼機モデル

## 2. 研究内容

2 次元ポテンシャル流解析プログラムと境界層プログラムを Visual Basic で作る。

2 次元ポテンシャル流解析で得られた結果をもとに、効率が良さそうな組み合わせを、オープンソースの CFD ツールである OpenFOAM を用いて 3 次元解析をおこなう。

OpenFOAM での解析空間は長さ 12m × 幅 4m × 高さ 4m である。解析対象である翼は弦長 1m、翼幅 4m であり、翼端は翼端渦の影響を防ぐために仮想風洞の壁に付けた状態にしてある。基礎メッシュの細かさは 0.25m で、全体のメッシュ数は約 650 万であり  $k-\epsilon$  モデルにより解析をおこ

なう。レイノルズ数は小型ラジコン飛行機を想定しているため、 $Re = 1.0 \times 10^5$  である。

図 2 は複葉翼での解析結果の 2 次元断面をとり、流線と圧力を可視化したものである。図 3 は 2 次元ポテンシャル流解析と OpenFOAM による解析の結果をまとめた圧力係数のグラフである。ポテンシャル流解析では層流剥離点よりも前に不安定点があるため、どこで剥離するかはわからないが、OpenFOAM の圧力係数を見ると翼の前縁部分で剥離していることがわかる。

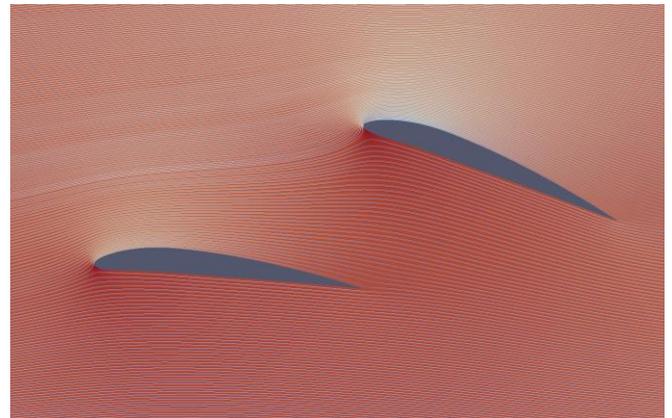


図 2 流線と圧力分布

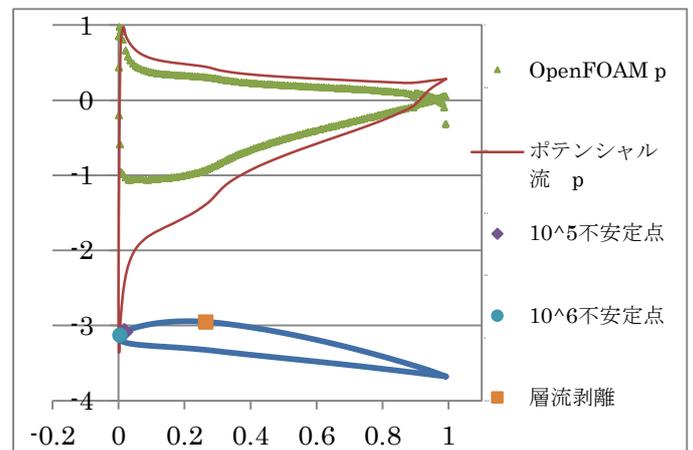


図 3  $C_p$

## 3. 今後の展開

今後、OpenFOAM を用いた解析では、 $k-\epsilon$  モデルよりも精度が高い LES (Large Eddy Simulation) を使い解析をおこない、よりの確に剥離位置の判断ができるようにし、多くのデータを集める。その後は、2 次元ポテンシャル流解析と OpenFOAM での解析により得られた結果をもとに風洞実験をするための翼型製作にとりかかる。解析、風洞実験をおこなったら複葉翼を採用した小型ラジコン飛行機の製作を開始する。