

風切羽規範型構造のパラメータ最適化による ドローン用プロペラの高性能化

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

現在、ドローンはインフラ点検・災害現場での情報収集・物流業界での運搬など多様な分野での応用が期待されている。ドローンの有用性は高いものの、高速で回転するプロペラから生じる騒音による心理的圧迫や連続飛行時間が短いなど解決すべき課題がある。本研究では図1に示す鳥類の翼端にみられる風切羽の構造に着目し課題解決を目指している。鳥類は風切羽により羽誘導抵抗の原因となる翼端渦の発生を抑え、隙間構造により高揚力生成を行っていることが知られている^[1]。風切羽規範型構造をドローン用プロペラの翼端に付与した数値モデルを作成し、数値流体解析よりその空気力学的性能を評価して各パラメータの最適化を行った。最適化するパラメータが多いため、2次元断面でのパラメータを最適化することで計算時間を短縮し、それを3次元に拡張する手法を用い、3次元解析ではその効果を検証した。

■ 活動内容

1. 数値流体解析(CFD)

翼近傍の境界層流れと遠方の流れを正確に計算するために2次元・3次元ともに $k-\omega$ SST乱流モデルを採用した。

2. 最適化プロセス

翼端渦の影響の少ない、プロペラの根元からその半径の85%の位置における2次元断面での各風切羽の迎角と垂直位置のパラメータの最適化を行った。実験計画法により得られたパラメータセットで2次元の数値流体解析を行い、その結果を用いて揚力と揚抗比が最大となる組合せを多目的遺伝的アルゴリズムで探索した。

3. 結果・考察

図2に各風切羽の迎角を同一にした迎角同一モデルとその最適化を行った迎角最適化モデルの圧力場と流れ場を示す。迎角最適化モデルでは後縁になるにつれて迎角が増加傾向にある。これは前縁側の風切羽により下向きに誘起された流れにより減少した有効迎角を増加させるためである。各風切羽の隙間構造は流れを加速させるため、ベルヌーイの定理により圧力は低下する。よって、2次元断面での最適化において、翼上面側の負圧領域の増加と翼下面側の正圧が増加し、50%の高揚力生成を実現した。騒音性能は翼近傍の流れの揺らぎの分散である乱流運動エネルギー(TKE)^[2]を可視化することで評価した(図3)。迎角

最適化モデルは風切羽のないBasicモデルに比べて上面側下面側ともに高TKE領域が少ないため静音性の向上が示唆された。迎角同一モデルはBasicモデルよりも翼性能が低下するものの、最適化を行うことで揚力は6%向上し、効率は5%の低下にとどまった。これらの結果はエネルギー効率と騒音性能がトレードオフであるとする定説を覆す可能性を示唆するものである。以上の結果からドローン用プロペラへの風切羽規範型構造の付与は、エネルギー効率と騒音性能の観点から、有用であることが示された。

■ 参考文献

- [1] Vance A. Tucker, *J. EXP. BIOL.*, **198**, 775-781(1995).
- [2] S. Glegg et al., *29th AIAA Aeroacoustics Conf.*, 5-7(2008).

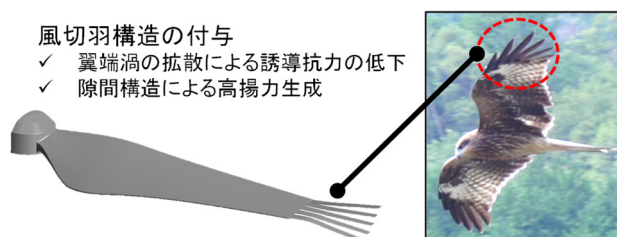


図1 滑空飛行時の風切羽構造とそれを付与したドローン用プロペラ

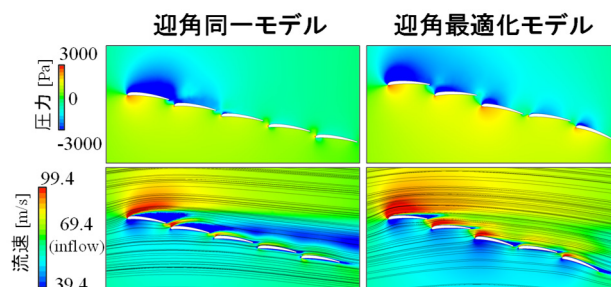


図2 各モデルの2次元断面の圧力場と流れ場

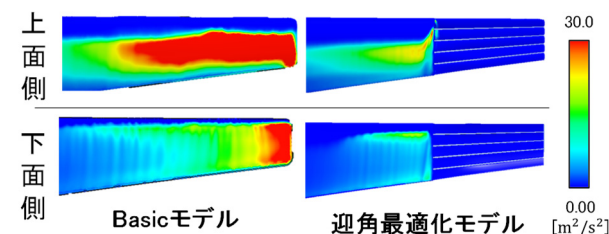


図3 各モデルの翼近傍の乱流運動エネルギー(TKE)

代表発表者 菊池 隼(きくち はやと)
所 属 東京工科大学大学院 工学研究科
サステナブル工学専攻 博士前期課程
問合せ先 〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1
TEL:042-637-2111

■キーワード: (1)ドローン用プロペラ
(2)風切羽
(3)数値流体解析
■共同研究者: (1)野田 龍介 東京工科大学