

# 層流翼実現のための付着線汚染防止デバイスの 空力設計に関する研究

学生証番号 47206064 氏名 早部 希  
(指導教員 郭 東潤 教授)

Key Words : Aerodynamics, Numerical Simulation, Boundary layer Transition, Laminar Flow Control

今日ではLCC（ロー・コスト・キャリア）の台頭や環境問題への関心の高まりにより、経済性と環境性能を両立できる航空機の技術開発の機運が高まっている。従って、本研究では旅客機に層流翼を搭載し、空気抵抗の削減による飛行効率の向上の実現を目的として、必要な周辺技術の設計課題の一つである付着線汚染防止デバイス（ACD: Anti Contamination Device）の空力設計に関する研究に取り組んだ。

今日の旅客機は翼面上で乱流境界層が形成されているが、乱流境界層は層流境界層に対して摩擦抵抗が大きいという特徴を持つ。従って、翼の形状や表面粗さを工夫し、翼面における乱流遷移を遅らせる層流翼を搭載することで、層流境界層の濡れ面積を増大させ摩擦抵抗を低下させる技術が検討されている<sup>1)</sup>。しかし、高後退翼を伴いながら高いレイノルズ数下で巡航する現代の旅客機では、仮に層流翼を搭載したとしても、胴体からの乱流境界層が翼前縁を伝わって翼面全体を乱流遷移させる付着線汚染が発生し、層流翼が機能しない場合がある。それゆえに、筆者はこの問題を解決すべく、翼前縁において内弦側から外舷側への乱流境界層の伝播を防ぐパッシブなACDの空力設計の手順とより効率的なACD形状の概念の構築に取り組んだ。

はじめに先行研究を俯瞰し、今まで体系立てて確立されていなかったACDに求められる設計要求とその指針を整理、提案した。その中で特筆すべきこととして、近年では数値解析を用いて設計や研究開発が行われることが多いが、航空産業でしばしば使われる解析手法であるRANS（Reynolds Averaged Navier-Stokes equation）モデルを用いた解析において、ACDが付着線汚染を防止できているかどうかを判定する方法を新たに提案した。続けて、宇宙航空研究開発機構のRANSコードであるFaSTAR<sup>2)</sup>を用いて先行研究のChevron ACD<sup>3)</sup>の流れ場を解析し、設計指針や判定基準など提案した手法が有効であることを確認した。

次に、先行研究の結果を受けて、矢じり型ACDとPyramid ACDと名付けた二つのACDの概念を新しく提案した。ここで、前者の矢じり型ACDはChevron ACDの形状を改良したものであり、後者のPyramid ACDはこれまで提案されていなかった付着線汚染防止手法の可能性を検討した新規概念である。

解析の結果、どちらも最適化等を行っていない初期形状であったものの、設計点においてどちらの新ACDも既存のACDよりも効果的に付着線汚染を防止できていることが明らかになった。ただし、迎角が付いた際の挙動等に課題や疑問点が残っており、実用化にあたっては形状の改善や工夫等が望まれると分かった。

以上、本研究では旅客機の抵抗低減を目的として、将来の旅客機に対する層流翼の搭載を見据え、その実現の際に求められる付着線汚染防止デバイスの空力設計に必要な設計要求や判定基準を提案した。また、新たなACDの概念を提示し、その将来性と有用性を示した。

## 参考文献

- 1) 徳川 直子, 郭 東潤, 湯原 達規, 石田 貴大, “亜音速機の抵抗低減技術”, 日本航空宇宙学会誌, Vol. 70, No. 1, pp. 9-15, 2022.
- 2) 橋本 敦, 村上 桂一, 青山 剛史, 菱田 学, 坂下 雅秀, ラフル パウルス, “高速な非構造格子流体ソルバ FaSTAR の開発”, 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 63, No. 3, pp. 96-105, 2015
- 3) M. Fiore, O. Vermeersch, M. Forte, G. Casalis, and C. François, “Characterization of a highly efficient chevron-shaped anti-contamination device”, *Experiments in Fluids*, Vol. 57, Article number: 59, 2016