

審査の結果の要旨

氏名 コルマン マイルス リチャード

修士（工学）コルマン マイルス リチャード 提出の論文は **Performance, Stability and Control of a VTOL Ducted Fan** 「垂直離着陸ダクテッドファンの安定性と性能に関する研究」と題し、英文で書かれ、8章からなっている。

ダクテッドファンは、円筒状のダクトでファンを覆うことで、ファンの推進効率を上げるとともに、騒音低減にも効果があり、航空機およびホバークラフト等における推進装置として使用されている。また、近年、垂直離陸型 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) の推進装置としても実用化されている。ダクテッドファン UAV は、ヘリコプターよりもホバー時の高い推進効率と、低騒音特性、ファンが内蔵されるための安全性を備えているが、水平飛行時の効率はヘリコプターよりも劣るため、十分な航続距離の確保が困難であるという課題がある。筆者は、円筒状のダクトを円環翼 (Ring Wing) として利用することで、水平飛行時の効率をさらに向上させ、ファンをヘリコプターのようなピッチコントロール可能なローターブレードにすることで制御能力を向上させることを提案し、その空力特性の解析および計測を実施し、制御能力の評価を試みている。

第1章は序論で、研究の背景を整理するとともに、研究の動機、目的を述べ、最後に本論文の構成をまとめている。

第2章は先行研究の解説で、円環翼に関する過去の風洞計測事例、その空力特性の予測手法を整理し、ダクテッドファン UAV に関する過去の研究事例を紹介している。

第3章ではダクテッドファンの構成を述べるとともに、空力計算法を示し、風洞試験の概要をまとめている。検討するダクテッドファンは円環翼の内部にローターブレードを配置したもので、円環翼は断面を軸対象とするのではなく、水平飛行時の揚力発生を考慮し、水平飛行時の上部断面と下部断面にキャンバー翼型 (Eppler 68) を採用し、側部断面には対称翼型 (NACA0006) を用い、途中断面には両翼型を線形補間した翼型を用いている。円環翼の空力特性の推定には、翼断面の2次元特性と3次元渦格子法を組み合わせた手法を用いている。最後に風洞実験のセットアップに関して整理している。

第4章では、円環翼の空力特性に関する解析、計測結果をまとめている。レ

イノルズ数 247,000 において、アスペクト比 3.1 の円環翼の最大揚力係数は 1.5、スパン効率 は 1.86 と高い値を示すことが確認され、第 3 章で示された計算法においても良好な精度で予測が可能であることが示されている。

第 5 章では、ローターブレードをダクトに取り付けたダクテッドファン形態において、姿勢角を 0 度から 90 度まで変化させ、トランペットタイプ、対称翼タイプおよび第 4 章で試験した円環翼のダクトに関する風洞実験を実施し、その特性を分析している。ホバー姿勢における推進効率に関しては、前縁の曲率を大きくしたトランペットタイプが高い値を示し、提案する円環翼に前縁フラップを装着することで同等の効果を期待できることを示唆している。ローターブレードのコレクティブピッチ、サイクリックピッチの効果も計測し、特にサイクリックピッチに関しては、横風ホバー時、水平飛行時ともに十分なモーメントを生成でき、ピッチ角に対してその大きさは比例的であることを確認している。

第 6 章は、プロペラを固定した主翼の取り付け角（チルト角）を変更するチルトウィング機に関して、垂直上昇から水平飛行への遷移飛行の飛行シミュレーションを実施している。このシミュレーションによって、ホバー状態からチルト角を一定速度で変化させる場合、高度を維持して水平飛行に遷移させるためにはプロペラ出力を著しく増加させる必要があり、逆にプロペラ出力を一定にして遷移させると大きな高度低下を伴うことを明らかにした。

第 7 章は、提案するダクテッドファンに関する飛行シミュレーションであり、トリム条件を明らかにするとともに、ローターブレードのサイクリックピッチは姿勢変化を行うために十分な制御能力を持つことが示され、第 6 章で検討したチルトウィング形態よりも優れた遷移性能を発揮できる可能性を示している。

第 8 章では、本研究の成果をまとめると同時に、さらなる研究課題について述べている。

以上、要するに、本論文は、円環翼にヘリコプタータイプのローターブレードを取り付けたダクテッドファン型垂直離着陸機（VTOL）を UAV の形態として提案し、その空力特性、制御能力を解析、計測し、その成立性を飛行シミュレーションによって明らかにした。これらの成果は、航空工学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。