

氏名	Reuben Jikeme UMUNNA (ナイジェリア)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第463号
学位授与の日付	平成30年12月26日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Design of Efficient Propeller for a Flight in Thin-Density Atmosphere (低密度大気中飛行用高効率プロペラ設計法)
論文審査委員	主査 教授 平木 講儒 " 赤星 保浩 " 松田 健次 " 趙 孟佑

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、火星大気内での飛行にも適用可能な、低密度大気中での飛行に適した高効率なプロペラブレードの設計法について述べたものである。火星大気内での飛行では、大気密度の薄さから飛行速度を高くしないと必要な揚力を確保できないが、その一方、大気組成から音速が地球の0.7倍となり、プロペラ回転数を低く抑える必要がある。そのため、プロペラ回転速度よりも飛行速度の方が高い状態となり、進行比が高く、レイノルズ数が低いという特殊な環境下において適用可能なプロペラの設計法の確立が強く望まれていると述べている。

第1章では、既存のプロペラブレード設計法とその発展経緯を述べており、ブレード用二次元翼型の空力特性が低レイノルズ数環境下では明らかでない点と、LSB(Laminar Separation Bubble)と呼ばれる循環が翼面上に発生してそれが非線形な空力特性を生むことを指摘している。

第2章では、低レイノルズ数環境下で良好な特性を有する翼型の一つとしてSD7031が紹介されている。

第3章では、ブレード設計に用いられる理論を解説しており、ブレードが受ける誘導速度を最小にするように半径方向のねじり角分布が決定されることを述べている。風洞内で市販のプロペラを使って計測した結果が他機関にて行われた測定値と一致することから、試験方法の妥当性を述べている。

第4章では、SD7037を採用してレイノルズ数60,000の下でプロペラ設計を実施し、風洞での実験結果と比較を行ったところ、両者には無視できない差異が認められ、これが設計上では非線形性を考慮しないことに起因する差異であることを示している。

第5章では、SD7037を採用してレイノルズ数20,000の下で設計したプロペラで風洞試験を行ったところ効率は約50%と低いことがわかり、キャンバ比および厚み比が小さい翼に変更することで設計上は最大で効率83%を達成しうることを示している。

第6章では、第5章で用いたプロペラの効率の低さが、理論で用いる誘導速度に起因

していることを突き止めた。この問題を簡易に解決する手法として二次元翼特性解析値に一定の修正係数を施すことを提案し、その手法を使って地球大気内高度21kmを飛行する高高度飛行機用のブレード設計を行い、進行比1から2までの広範囲内で70%を超える効率を達成できることを示している。

第7章は結論と今後の課題について述べている。

学位論文審査の結果の要旨

本論文は、数値計算リソースのみに依存する研究が主流となっている中において、低レイノルズ数環境下での微小な推力・パワの測定技術を確立した上で、ブレード設計に用いられる設計法をその環境下に適用する際の問題点を明らかにしたとともに、その問題を簡易に解決しうる修正係数を導入した点で価値があり、宇宙工学分野の発展および社会に寄与するところが極めて大きい。本論文に関する公聴会において、審査委員および出席者から、設計条件の決定法、ブレード数の選択根拠、修正係数の適用可能範囲、実験時の配慮など、種々な質問がなされたが、いずれも著者からの確かな回答がなされ、質問者の理解が得られた。

以上により、論文審査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士(工学)の学位に十分値するものであると判断した。