

## 審査の結果の要旨

氏名 ロビア・マーカス

修士(工学)ロビア・マーカス提出の論文は、「A Framework for the Design and Optimization of Waverider-Derived Hypersonic Transport Configurations (ウェイブライダー派生型極超音速輸送機形状の設計と最適化のためのフレームワーク)」と題し、4部構成の本文13章および付録8項から成っている。

グローバル化が進む現代社会において、航空機による高速輸送は今後、ますます重要になると思われる。マッハ数5で飛行する極超音速機を将来型高速輸送機として考えた場合、次の利点があげられる。すなわち、1) 高速化により輸送能力が向上する、2) 同じ航続距離を飛行する場合、超音速機と比較して必要揚抗比が緩和され得る、3) 飛行高度、マッハ数ともに超音速機より高いため、ソニックブームの問題が緩和される可能性がある、4) 炭化水素燃料を用いたラムジェットエンジンが利用可能であり、より高マッハ数の機体と比べエンジン開発のリスクが少ない、5) 空力加熱が金属系の熱防御システムで耐え得るレベルに押さえられる、等である。

このような背景から筆者はマッハ数5の極超音速輸送機に着目し、その機体形状としてウェイブライダーの利用を提案している。空力特性、エンジン性能、ミッション解析などを組み合わせたウェイブライダー派生型極超音速輸送機形状に関する統合的最適設計のための拡張性に優れたフレームワーク構築に成功し、得られた機体の特性を明らかにしている。本論文は、ウェイブライダー形状を用いた将来型極超音速輸送機の実現に向けて、有用な知見をもたらすものである。

第1部は研究背景と目的であり、第1章でウェイブライダーを用いたマッハ数5の極超音速輸送機の利点を述べ、第2章で過去の研究を概観し問題点を指摘した上で、第3章において本論文の目的と意義を明確にしている。

第2部では、本研究において開発した機体形状の設計と最適化のためのフレームワークに関する詳細な説明がなされており、第4章から第9章までの6章から成っている。第4章では、ここで扱う機体がラムジェットを用いて極超音速で巡航する極超音速機であり、その設計と最適化に必要なフレームワークの構成が述べられている。第5章はウェイブライダーを用いた極超音速機形状設計法の説明である。ウェイブライダーは、衝撃波を機体前縁に付着させ、衝撃波背後の高い圧力を機体下面に抱え込むことにより高い揚抗比を得る。従って、流れ場を先に決め、その流れ場を実現する機体形状を求める逆設計法が可能である。筆者は、錐状衝撃波流れと二次元衝撃波流れの両方を組み合わせることのできる接触円錐(Osculating Cone)法と呼ばれる手法を採用しており、このことが、機体下面中心線付近に二次元流れをつくり、エンジンとの形状適合性を向上させるために重要であると述べている。第6章は、極超音速飛行のためのラムジェットエンジンの搭載法および性能推算法である。ここでは構造の簡潔さからストラット型のラムジェット(Strut-Based Ramjet)を採用し、準一次元流れモデルによる性能推算法を新たに開発している。第7章では乗客数などのペイロード要求が定義され、それを考慮した機体形状修正法が述べられている。さらに、搭載燃料を含む機体重量と必要機体容積の推算についても説明されている。

第8章は空力性能推算法である。第9章では機体形状の最適設計法について説明している。ここでは、機体の空気抵抗とエンジン推力の一致、及び、要求ペイロード重量の実現を考慮した上で、機体全重量の最小化が行われている。ウェイブライダー形状、ラムジェット設計など合計 24 の設計変数が考慮され、最適化にはダウンヒルシンプレックス法が採用されている。

第3部は、最適設計計算の結果とその考察であり、第 10 章から第 12 章までの3章で構成されている。ここでは乗客 250 人と 400 人の2つの基本ケースが設定され、第 10 章において、機体各部位が発生する空気力の配分や重量構成など詳細な結果の検討がなされている。本設計法では、ペイロード収納に必要な大きさを確保した上で、それ以外の機体上面に傾斜をつけて膨張波を形成する設計方針が採用されているが、これが機体上面の圧力を下げ、揚抗比の向上に大きく寄与することを指摘している。第 11 章は結果の検証であり、流体および飛行軌道の数値解析により、意図した性能が得られることを確認している。第 12 章では、機体底面の抵抗やエンジンの燃焼効率、トリム性能への要求、空力加熱と熱防御システム設計が機体形状設計と得られる性能にどのような影響を及ぼすかについて、詳細な検討がなされている。

第4部は結論であり、第 13 章として本研究で得られた知見をまとめている。

付録は8項から成り、風洞実験と数値解析によるウェイブライダー設計法の検証、特性曲線法によるノズル設計法の詳細、エンジン内部の準一次元流れモデルの詳細、経験式による機体重量の推算、HASA 法による機体重量の推算、参照温度法による壁面摩擦力推算法、機体周り流れの数値シミュレーション法の詳細、設計した機体の諸元、について説明がなされている。

以上要するに、本論文は、ウェイブライダー派生型極超音速輸送機の空力形状設計と最適化のためのフレームワークを構築し、ペイロード要求やエンジン性能など多様な設計項目を考慮した最適設計について詳細な検討を行ったものであり、極超音速飛行体の空力形状設計法に新しい知見をもたらすとともに、マッハ数5のウェイブライダーが、次世代の高速輸送機として実現可能かつ有望であることを示した点で、航空宇宙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。