

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 都築範明

修士(工学)都築範明提出の論文は「A Study on a Miniature Rotary-Wing Vehicle for Mars Exploration: Its Feasibility and Aerodynamic Characteristics of the Rotor」(火星探査用小型回転翼機に関する研究:その実現可能性と回転翼空力特性)と題し、4章及び付録2項から成っている。

固体惑星探査において、惑星表面を走行・探査するローバの有効性は、最近の火星探査において米国の探査機(Spirit、Opportunity)のもたらした成果からも明らかであるが、一方では、ローバの持つ自律機能の限界と共に、その操作性の限界も顕わになっている。この観点から、ローバの自律性の向上を図る必要があるが、本論文ではそのような方策のひとつとして、小型回転翼機を連携させることを提案し、さらに、そのような小型回転翼機の実現可能性を論じている。

第1章は、序論であり、惑星探査に用いられるローバのミッション、操作性などを概観すると共に、大気を有する惑星の探査において、ローバと連携して活動を行うロータ機の必要性を述べ、さらに、大気を有する惑星探査への応用を目指したロータ機を含む飛行体に関わる研究の現状を概観している。そのような現状を踏まえ、ここで提案する、大気を有する惑星、特に火星探査をローバと連携して行うロータ機の実現可能性の検討が必要であることが述べられる。一方で、その様な機体開発において、希薄な火星大気をもたらす困難さについて述べている。即ち、大気密度の低下に伴う回転翼推力の低下と共に、低レイノルズ数飛行環境での翼性能の低下である。

第2章では、そのようなロータ機の可能性を予備的に検討した結果を述べている。予備的な検討として、ロータの性能把握には翼素理論を用い、許容される機体質量の限界を導き、さらに、この限界内で機体を構成することの妥当性が検討されている。検討の指針として、機体構造として許容される質量については質量密度、および、火星大気中の自然風に対するロバスト性については風抵抗に対する飛行強靱性を採用している。ローバの大きさから規定される範囲内のロータ機サイズについての検討の結果、いずれの場合でも、機体の質量密度として、従来の機体で実現されているものより、小さなものしか許容されず、従来の技術で機体を実現するには、困難を伴うことを指摘している。さらに、これらの困難さを回避するため、ロータの空力性能(ホバー性能)の向上、即ち、ロータ推力係数等から構成されるホバー性能パラメータの増強が必要であるとしている。

第3章では、ホバー性能パラメータの増強を実現するための方策が議論されている。議論の端緒として、空気力学的には、いかにしてロータのホバー性能を確保するかが課題であるが、特に、小型ロータであることにも起因する低レイノルズ数飛行環境になるため、低レイノルズ数でも効率のよいロータが必要となり、しかも、このようなロータは、比較的

低アスペクト比を有し、さらに、高ピッチ角で用いられることが予想されるとしている。

これに基づき、このような特殊環境でのホバー性能向上の検討のためには、翼素理論による方法では限界があることが述べられ、代わりに、実験的に探索する必要があるとし、減圧環境でのロータ推力の直接計測を行うこととしている。これにより、低レイノルズ数環境でのロータ推力の把握が可能となっている。直接計測では、ホバー性能向上を目指して比較的大きな取り付け角までのデータが取得されているが、実験結果は、翼素理論が成立する小取り付け角を超えた大取り付け角の範囲でロータのホバー性能がピークを取ること示しており、さらに、この原因が安定した翼前縁剥離渦による高揚力にあることが、数値解析による流れの可視化などにより示される。

次に、さまざまな翼型、平面形を有するロータについて、ロータのホバー性能が吟味され、それらをまとめて、ロータのホバー性能向上の指針が示される。それらの指針に沿った翼型、平面形を持つロータの一例として、トンボのつばさの断面形状を模擬したロータを提案し、そのホバー性能を計測している。そのロータが示すホバー性能は、予備的に検討された機体のものと比較して十分大きく、その結果、現実的な質量を機体構成に割り当てるのが可能となり、ロータ機の実現が可能であることが示されている。

第4章は結論であり、火星探査ローバと連携して活動する小型回転翼機の実現可能性を検討した結果、特にロータのホバー性能を向上させることにより、現状の技術において実現可能であることを結論している。

以上要するに、本論文は火星探査における小型回転翼機の実現可能性を検討し、そこで問題となる、低レイノルズ数飛行環境下でのホバー性能の増強についての方策を示すことにより、小型回転翼機の実現可能性を示しており、航空宇宙工学に貢献するところが大きいと認められる。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。