

審査の結果の要旨

氏名 リチャードソン マシュー ポール

Master of Science in Aeronautics リチャードソン マシュー ポール 提出の論文は、「Reusable Rocket Engine Thrust Chamber Life Extension Analysis (再使用ロケットエンジン燃焼室の寿命延長に関する考察)」と題され、本文 8 章から構成されている。

本論文は、宇宙への往復を航空機のような繰り返し使用の世界に転換するための重要な課題のひとつであるロケットエンジンの再使用化とそれに伴う長寿命化に関する考察である。ロケットエンジンシステム全体の中で、その寿命を左右する程度の大きい再生冷却燃焼器に注目し、その構造的破壊や不具合につながる低サイクル疲労、クリープ変形から破壊、塑性不安定性の効果による燃焼器内壁および再生冷却溝の変形と破損、燃焼器の寿命を左右するインデックスに対して、それらを支配する温度や熱入力および応力レベルなどを算出するモデルを構築し解析を行い、エンジンシステムの設計とその運用に対する指針を与えることを目指したものである。

第 1 章は序論で、本研究の背景と動機を記している。ロケットの再使用化が進む背景を述べ、ロケットエンジン寿命を大きく左右するのが燃焼器であり、その寿命を延ばすことが再使用ロケットの運用コストを下げる大きな要因であることを述べている。また過去の燃焼器の寿命に関する研究が「設計」に着目していたのに対し、本研究は燃焼器の運用に着目した研究であることを述べ、本研究の目指すところを記している。

第 2 章では本論文に関連する研究の文献調査結果について記している。過去おこなわれた再生冷却燃焼器の研究について概説し、Porowski らの研究に基づいて再生冷却燃焼器の故障モードが(1)塑性不安定、(2)低サイクル疲労、(3)クリープ変形からなることを述べ、エンジン寿命の算出の基礎理論式を記している。

第 3 章ではエンジン寿命に関係するパラメータについて網羅的に調べている。第 2 章の基礎理論式を用いて再生冷却燃焼器の設計を変えない条件の下で運用条件のパラメータ感度解析をおこない、エンジン性能と燃焼器の寿命を左右するパラメータを(a)混合比、(b)推進剤流量、(c)燃焼圧、(d)再生冷却流量、(e)再

生冷却圧力の5つに絞り込んでいる。

第4章ではロケットエンジンシステムの燃焼器の寿命の解析手法を示している。エキスパンダーブリードサイクルエンジンに対して、ターボポンプやバルブなどからなるエンジンシステムのモデルと再生冷却燃焼器のCFD解析モデルを連成させた解析モデルを提示している。エンジンシステムの運用条件からエンジン寿命を算出する手法について述べられている。

第5章は解析結果で、第3章で抽出された運用パラメータに対し第4章で示された解析手法を用いて定量的にエンジン寿命が算出され、結果について議論されている。燃焼室壁温度は再生冷却流量に依存するが、燃焼室壁温度がクリープ限界より十分低ければ、再生冷却流量と圧力はエンジン寿命とエンジン性能に対する感度は大きくないこと、燃焼室が破壊する場所すなわち寿命を規定する場所は、一般的に考えられているスロートではなく再生冷却流路と加熱率に依存して決まる場所であること、混合比を下げると燃焼ガス温度は低下するが、その効果以上に燃焼ガス組成変化による燃焼ガスの熱伝導度の上昇効果が大きく、結果として混合比を大きくした方が燃焼室寿命が長くなることなど、エンジンシステム解析とCFD解析を連成させた本論文のユニークな手法によって得られた、燃焼器の長寿命化に係る重要かつ有意な結果を示している。

第6章は燃焼器寿命の最適化について述べている。エンジン性能と最適化された寿命の関係を定量的に示し、エンジン性能を損なわずに長寿命化が図れることを定量的に示している。

第7章には本論文で得られた重要な知見がまとめられ、本論文の成果の異なるエンジンへの応用と今後の研究を発展させるべき方向について述べられている。

第8章は結論であり、本研究の成果が要約されている。

以上要するに、本論文は宇宙への輸送手段の再使用化のためのエンジン寿命に対する考察の意味で有意な結果が得られており、これらの成果は航空宇宙工学上貢献するところが多い。

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。