

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13633 号
------	---------------

氏 名 平木 博道

論 文 題 目

ロケット用ターボポンプのバランスピストン機構のモデルの拡張と動的安定性

(Dynamic stability and development of the evaluation model of balance piston mechanism for rocket turbopump)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	井上 剛志
委員	愛知工業大学	教授	神谷 恵輔
委員	名古屋大学	教授	東 俊一
委員	豊橋技術科学大学	教授	高木 賢太郎

論文審査の結果の要旨

平木博道君提出の論文「ロケット用ターボポンプのバランスピストン機構のモデルの拡張と動的安定性」は、バランスピストン機構の動的安定性について実験的な検証を行い、性能と動的安定性を両立する設計指針の提案や、従来考慮されてこなかった軸方向の動的安定性に関わる要素を考慮したモデルを用いて動的安定性を評価したものである。本論文は、次の5章から構成されている。

第1章は序章であり、研究の背景、目的および本論文の構成について述べている。

第2章では、バランスピストン機構の1次元動特性モデルを検証するための実験装置を示す。そして、同装置を用いた実験により、バランスピストン室容積の増加、バランスピストン総隙間の減少、上下流差圧の増加は軸方向の安定性を低下させ、自励振動が発生することを実証し、パラメータの変化による動的安定性の変化が1次元的なモデルにより予測可能であることを実験的に確認した。そして、ロケット用ターボポンプの実機環境でバランスピストン機構の実験を実施する代わりに、本章で示した簡易的な実験装置により1次元的なバランスピストン機構の特性の検討が可能であることを示した。

第3章では、バランスピストン機構の1次元動特性モデルを用いたモンテカルロシミュレーションを実施し、バランスピストン機構の性能と動的安定性の関係について明らかにした。性能である荷重調整能力と動的安定性（減衰比）はトレードオフ関係にあり、荷重調整能力を重視して設計すると必然的に減衰比が悪化することを示した。また、1次元モデルの線形解析から導かれる理論関係式を分析し、軸方向の剛性と減衰比は強い相関があること、そしてバランスピストン機構の動的な安定性を確保するには剛性を過度に高くする設計を避けるべきであることを示した。

第4章では、バランスピストン機構が設置されるインペラの弾性変形に着目し、その弾性変形の影響を支持部の並進運動も考慮した弾性はりモデルを用いて調べた。はりの等価質量および等価剛性に置き換えた集中定数系のモデルを用い、ロータが一体となって振動する剛体モードと、はり部分の変形が支配的となる曲げモードの動的安定性を調べ、その特性を明らかにした。そして、前者のモードは前章まで議論してきた剛体モデルと同様の傾向を示し、後者の曲げモードは弾性はり単体モデルと同様の傾向を示すことを明らかにした。このことから、剛体モードの安定化を図ることで、曲げモードの安定化に対しても効果があることを明らかにした。

第5章では、バランスピストン機構を備えたインペラの0直径節の振動モードに着目し、前章で構築した支持部の並進運動も考慮した弾性はりモデルに加えてバランスピストン室流体の音響モデルを検討し、両者の連成振動の特性を調べた。弾性はりモデルの曲げモードの周波数に対して流体の音響モードの周波数が小さい場合には、流体圧力の応答が不安定側の特性を示すが、曲げモードの周波数が高いほど減衰比の絶対値は小さくなることを明らかにした。また、設計パラメータの動的安定性への影響も調べ、流体音響を考慮した場合でも、設計パラメータの影響は剛体モードと同じ傾向であることを明らかにし、剛体モードへ対策をとることで、弾性変形を伴う不安定振動への対策になることを見出した。

以上のように本論文は、バランスピストン機構の1次元モデルの実験的な検証および性能と動的安定性の双方を考慮した設計方法の提案をおこない、更には弾性変形や流体音響の動的安定性への評価を行っている。バランスピストン機構の動的安定性評価手法の確立をする上で、本論文はその有用性を示したものであり、工学分野の発展に大きく寄与するものである。よって、本論文の提出者である平木博道君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。