室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

小型ターボジェットエンジンの軸受剛性に依存する振動特性の解析：研究成果報告

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター 公開日: 2016-04-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 四宮, 徹, 棚次, 亘弘, 東野, 和幸, 竹田, 広人 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008698

小型ターボジェットエンジンの軸受剛性に依存する振動特性の解析 ― 研究成果報告

四宮　徹（機械システム工学専攻　航空宇宙機システム研究室）
棚次　亘弘（航空宇宙機システム研究センター長　教育研究等支援機構　教授）
東野　和幸（航空宇宙機システム研究センター　教育研究等支援機構　教授）
○　竹田　広人（機械システム工学専攻　高速流体力学研究室）

1. 研究概要・目的

現在，航空宇宙機システム研究センター（APReC）では，東京大学，九州大学，大阪府立大学及び宇宙航空研究開発機構(JAXA)と連携して，亜音速から超音速域における革新的な基盤技術を構築し，その基盤技術を小型の無人超音速機により飛行実証するというプロジェクトが立ち上げられた．このプロジェクトの研究開発の一つとして，実験機に搭載されるジェットエンジンの開発が挙げられる．そのジェットエンジンの開発では，振動問題への対応が必要不可欠となる．そこで本研究では，ジェットエンジンの危険速度評価および軸受剛性に着目した調整法を確立することを目的として, 図 1 に示すような推力 8kgf 級の既存の模型飛行機用小型ターボジェットエンジンを用いて，回転軸支持部である軸受の剛性を変化させることで，ジェットエンジンの危険速度に与える影響の解析を行った.

2. 使用装置

本研究では，小型ターボジェットエンジンを地上試験用セルに設定し，実験を行った．使用装置は主に図 1 に示すような供試体エンジンと地上試験用セル，さらに各種計測装置からなる.

・Sophia Precision 社製
J-850　Turbojet Engine
J-850　Turbojet Engine Test Sell

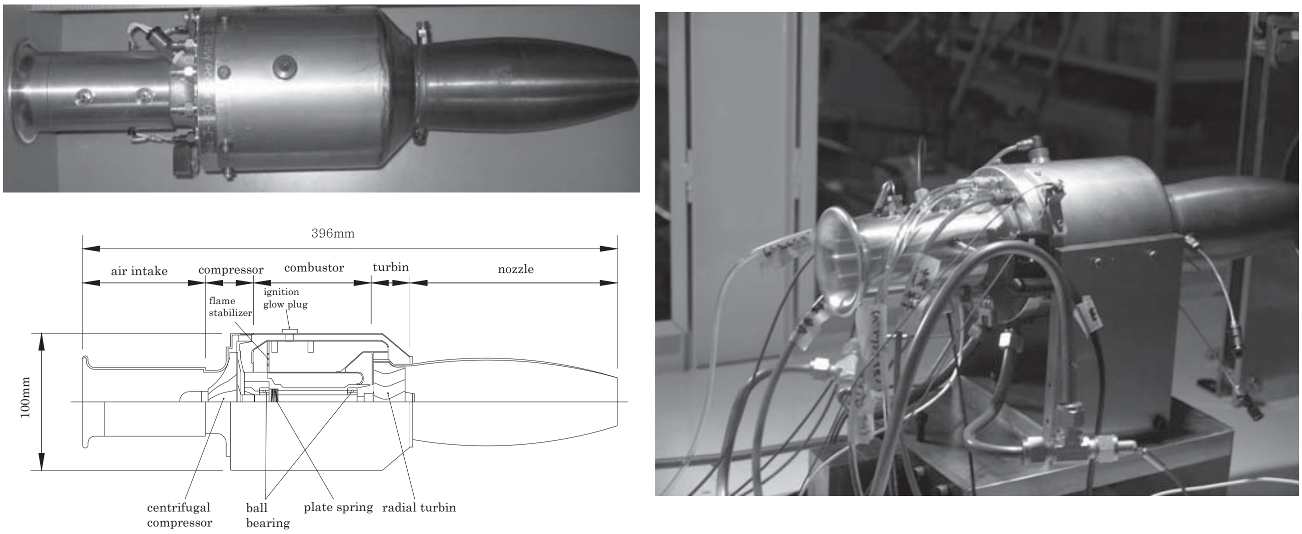


図 1：J-850 供試体エンジンと地上試験用テストセル

3. 実験および数値解析の概要

3.1 実験概要

本実験では，ターボジェットエンジンの軸受剛性の変化に伴う危険速度の変化を解析するために, 図 1 に示した模型飛行機用小型ターボジェットエンジン J-850 の与圧荷重を変化させ, 0~90000 rpm 付近で運転を行った．尚，与圧荷重の変化には図 2 に示す皿バネの組み合わせ方およびスプリングシートを調整することで与圧荷重を変化させた．また，実験中はジェットエンジンケーシングの外壁の半径・軸方向の振動加速度，回転軸先端の変位量，回転数の 4 項目をリアルタイムで計測・データの保存を行った.

3.2 数値解析概要

数値解析での予測は，曲げの共振周波数（危険速度）に限定し，伝達マトリックス法を用いて行った．図 3 の回転軸に，伝達マトリックス法を適用し，軸受剛性を 1.45×10^{7}～2.98×10^{7}[N/m]までの間で 4 パターン変化させて解析を行い，2 次までの危険速度の予測解析を行った.

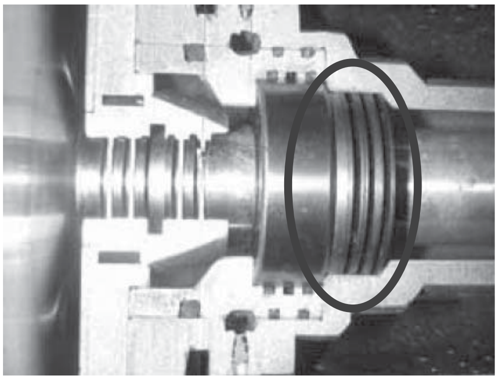


図 2：皿バネとスプリングシート

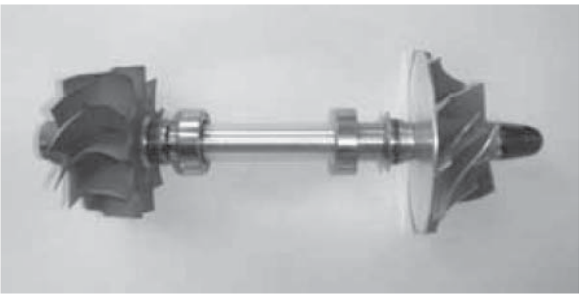


図 3：数値解析に用いた回転軸

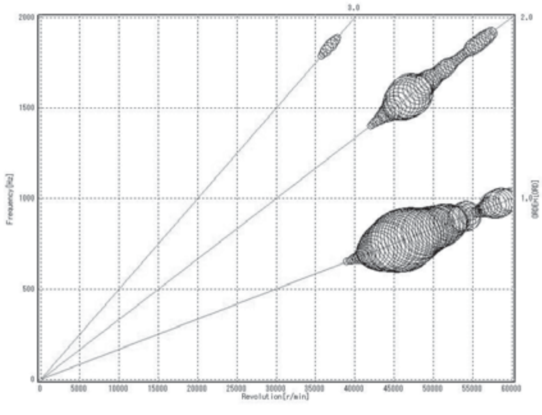
4. 結果

4.1 数値解析結果

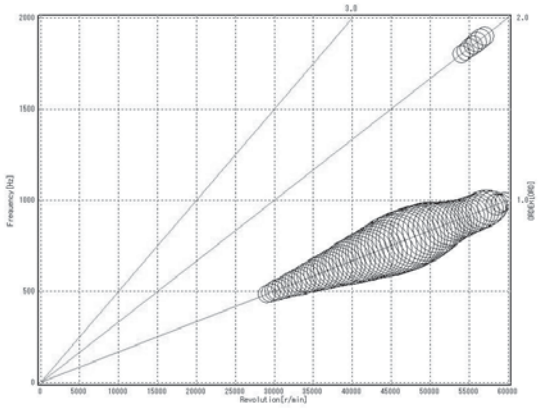
伝達マトリックス法によって求められた，各軸受バネ定数による危険速度を示す．軸受剛性値の増加により，1 次，2 次とも危険速度が上昇していくことがわかる．軸受剛性の 25～35%程度の向上に伴い，1 次危険速度は 10～14%程度，2 次危険速度は 5～10%程度上昇するという結果が得られた．また，2 次危険速度は全てにおいて 160000[rpm]以上と運転試験における運転範囲を超えているため，実験による 2 次危険速度通過振動は確認できないと考えられる.

表 1　軸受剛性と危険速度

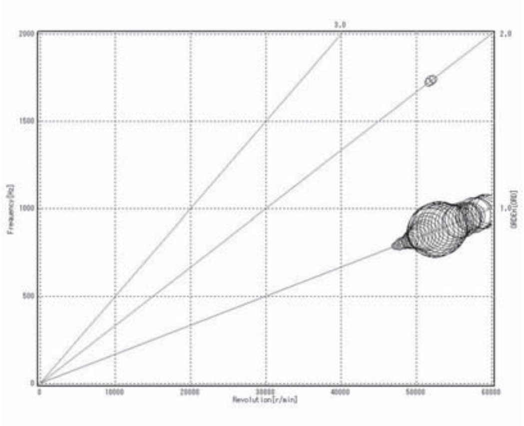
軸受剛性 [N/m]	1.45×10^{7}	1.79×10^{7}	2.21×10^{7}	2.98×10^{7}
1 次　[rpm]	39588	43669	47976	54612
2 次　[rpm]	163978	172081	181658	198307



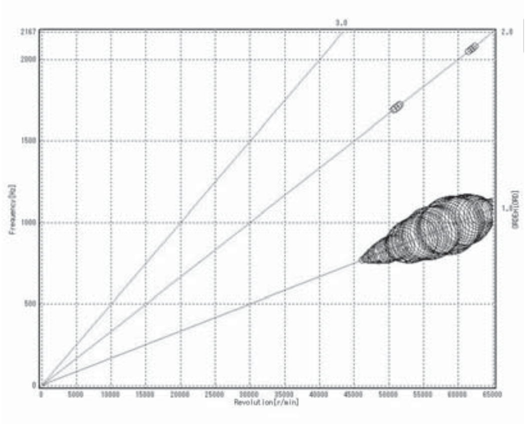
(a) バネ剛性 1.45×10^7(N/m)



(b) バネ剛性 1.79×10^7(N/m)



(c) バネ剛性 2.21×10^7(N/m)



(d) バネ剛性 2.98×10^7(N/m)

図 4：半径方向の加速度

4.2 実験結果

軸受の与圧荷重を変化させた実験による振動加速度を図 4 に示す．グラフに着目すると，それぞれ 45000～60000[rpm]程度で 1 次の加速度に 1 つのピーク値があることがわかる．また，そのピーク点は軸受剛性の変化に伴って移動していることから，この加速度のピーク点が危険速度通過の影響によるものと考えられる．数値解析の結果から，2 次危険速度はどの場合においても 160000[rpm]以上と考えられる．そのため本実験の運転範囲内においては 2 次危険速度通過による振動現象が現れなかったと考えられる．

以上より，本実験で用いた 4 種類の軸受剛性での 1 次危険速度は次のようになる．図 5 から，理論解析値と実験値は定性的に一致しており，剛性の向上に伴う危険速度の上昇を理論解析で予測可能であることが示された．理論解析値と実験値との差は，理論計算で求めた剛性値を用いた場合，8～10％程度となった．

表 2　軸受剛性と危険速度

軸受剛性 [N/m]	1.45×10^7	1.79×10^7	2.21×10^7	2.98×10^7
1 次　[rpm]	46000	47300	52600	58900

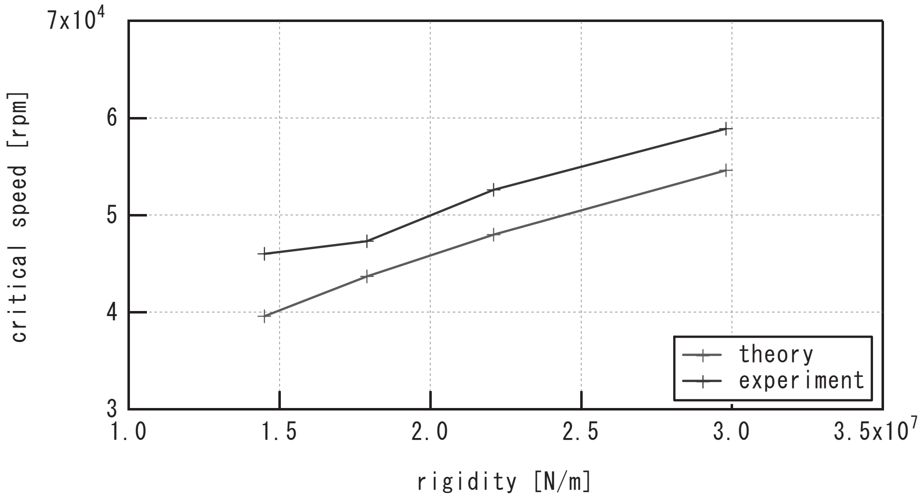


図５：数値解析結果と実験結果

5. まとめ

本研究では，ジェットエンジンの危険速度の評価および調整法の確立を目的として，既存の模型飛行機用小型ターボジェットエンジンを用いて, 予圧荷重の調整により軸受剛性を変化させて，運転試験での危険速度評価および伝達マトリックス法を用いた回転軸危険速度の理論解析を行った．その結果，ターボジェットエンジンの軸受剛性に依存する危険速度の変化を，実験により確認することができ，さらに理論解析により高精度で予測することができた．よって，本研究においてジェットエンジンの危険速度の評価および軸受剛性に着目した危険速度の調整法を確立することができた.

謝辞

供試体エンジンおよびエンジン試験用セルの構築と改良にあたりまして，ソフィアプレシジョン株式会社様，有限会社馬場機械製作所の馬場義則様と同製作所の従業員の皆様より，多大なるご協力とご尽力を賜りました.

ご支援，ご協力を頂きました全ての皆様に，深く感謝の意を表します.

参考文献

[1] 東海バネ工業株式会社，さらばねテクニカルガイダンス，pp2-3

[2] 綿林英一，転がり軸受マニュアル，日本規格協会，(1999)，pp143-147

[3] 岡本純三，角田和雄，転がり軸受－その特性と実用設計－，幸書房，(1988)，pp105-107

[4] 山本敏男，石田幸男，「回転機械の力学」，コロナ社，(2001) ，pp290-315