



小型ターボジェットエンジンの振動特性

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: 湊, 亮二郎, 棚次, 亘弘, 東野, 和幸, 竹田, 広人, 木村, 崇宏 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008715

小型ターボジェットエンジンの振動特性

著者	湊 亮二郎, 棚次 亘弘, 東野 和幸, 竹田 広人, 木村 崇宏
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次 報告書
巻	2008
ページ	30-32
発行年	2009-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008715

小型ターボジェットエンジンの振動特性

- 湊 亮二郎(航空宇宙機システム研究センター 助教)
- 棚次 亘弘(航空宇宙機システム研究センター長 特任教授)
- 東野 和幸(航空宇宙機システム研究センター 教授)
- 竹田 広人(機械システム工学専攻)
- 木村 崇宏(機械システム工学科)

1. 背景と目的

現在室蘭工大では、次世代の航空宇宙輸送技術の飛行実証を目的として、小型無人超音速機の研究開発を進めている。同機のエンジンには、反転軸流ファンによる小型ターボジェットエンジンを搭載させることが想定されている。

このエンジンの開発では、回転体の振動制御は重要な課題であり、中でも危険速度の予測と軸受に作用する荷重の推算は、エンジン全体の基本設計から運転寿命まで関わる事項である。そのため伝達マトリックス法による危険速度と軸変位の予測が不可欠になってくる。

本研究では、小型ターボジェットエンジンの振動解析のため、伝達マトリックス法による解析コードを開発し、その精度検証のため J850 ターボジェットエンジンによる試験を行った。本研究では、危険速度に関しては2次の危険速度に焦点を当てて、エンジンの作動回転数を上げて試験を行った。なぜなら伝達マトリックス法は、高次の危険回転数の方が予測困難なためである。これにより、小型反転軸流ファンターボジェットエンジンの設計に必要な振動解析コードの開発を試みた。

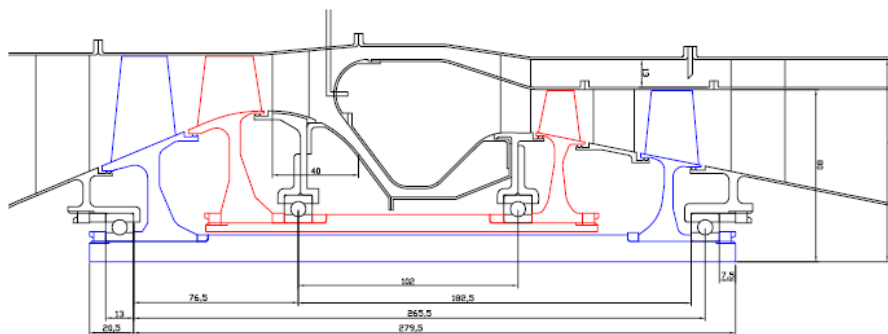


図 1：小型反転軸流ファンターボジェットエンジンの概念図

2. 解析方法と実験方法

2.1 ジェットエンジンにおける振動解析

伝達マトリックス法は、ガスタービンのような回転体の振動特性を、比較的簡単に解析することが可能で精度も高い。危険速度については、回転体の自由振動解析によって求めることができ、軸変位については、回転体に不釣り合い量を仮定した強制振動解析を行うことによって求めるこ

とが出来る．詳細な解析方法は回転機械の解説書を参考にされたい^{1,2)}．

J850 ターボジェットエンジンの振動解析では，幾つかの物理量が不明確であったため，実験的な計測とモデル化を試みた．例えば圧縮機の慣性モーメントは，機械工学便覧にある方法により，実験的に測定した³⁾．軸受のラジアル剛性については，文献4より軸受のアキシャル剛性の6倍と近似できるので，それより推算した．減衰係数に関しては，Oリングによる減衰係数と油膜による減衰係数はそれぞれ1.0及び0.2~3.0 kg s/mmと実験的に求められていることから，Oリングと油膜についてのみ減衰係数を考慮して，1.0~30.0 Ns/mmと変化させて解析を行った．不釣り合い量に関しては，一般のジェットエンジン，ガスタービンの不釣り合い等級がG2.5クラスなので，最高回転数を130000rpmとして逆算した．

2.2 J850 ターボジェットエンジンにおける振動計測

本研究では，開発した振動解析コードの検証のため，白老エンジン試験場にてJ850ターボジェットエンジンの振動計測を行った．図2にエンジンの概観写真を示す．計測したデータは，a) 圧縮機とタービンの入口・出口の温度と圧力，b) 空気流量，c) 回転数，d) エンジンケーシングの軸方向及び周方向の振動加速度，e) エンジンシャフトの軸変位，である．

本研究で用いた，振動計測システムを図3に示した．振動加速度は，加速度センサーにより信号を計測した後，アンプを介してFFT解析装置に取り込まれる．軸変位は圧縮機入口部の軸先端部で，渦電流計によって計測しアンプを介してパソコンに取り込まれる．

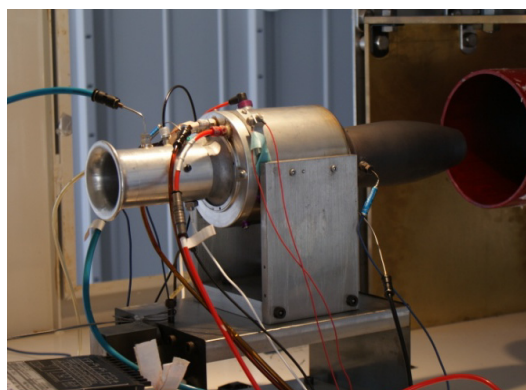


図2：J850ターボジェットエンジン

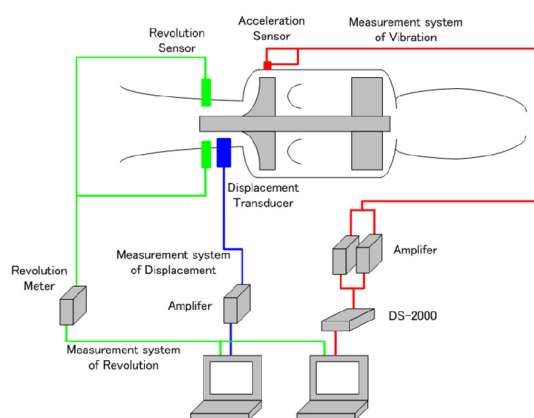


図3：振動計測システム

3. 結果とまとめ

エンジン燃焼試験で計測した振動加速度をキャンベル線図にしたものを図4に示す．図4より振動が大きくなっている回転数は，50000，75000，95000，及び120000rpmであることが分かる．ハンマリング試験により，75000rpmについてはタービン静翼の固有振動数であることがほぼ特定された．この軸変位の結果から，1次と2次の危険回転数がそれぞれ50000rpmと95000rpmに対応すると考えられる．一方，伝達マトリックス法による自由振動解析の結果，1次と2次の固有振動数は，それぞれ49000rpmと103000rpmに存在していることが分かり，実験と解析が精度良く一致していた．

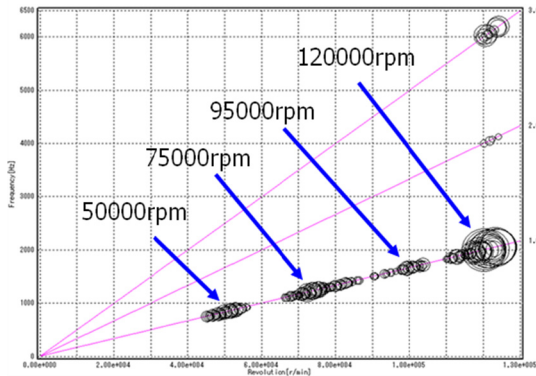


図 4：J850 エンジンのキャンベル線図

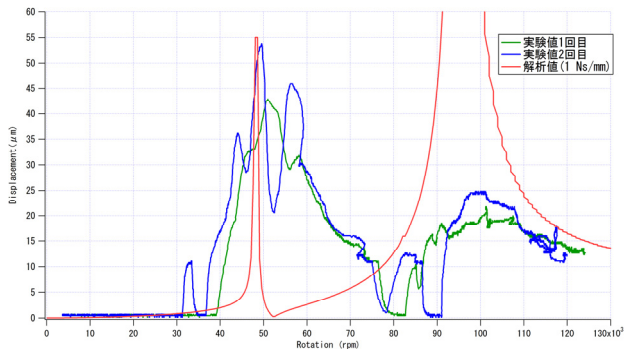


図 5：強制振動解析と軸変位計測結果との比較

図 5 に強制振動解析による軸変位と、実験による軸変位計測結果を比較してみた。この時の減衰係数は 1.0 Ns/mm である。実験では 1 次の危険回転数付近の軸変位は $55\mu\text{m}$ であった。図 6 より解析による軸変位予測は、一次の危険回転数付近で定量的にも良く一致していることが分かる。しかしながら、二次の危険回転数付近における軸変位の解析値は、実験値と定量的な差が大きい。これは伝達マトリックス法が対象を線形的に扱っており、非線形性が強く表れる 2 次以上の危険速度では精度が落ちたためと考えられる。しかしながら本研究で開発された振動解析コードは、危険速度の予測と一次危険回転数における軸変位の予測には有効であり、今後の改良によって反転軸流ファンターボジェットエンジンの設計ツールに適用可能と考えられる。

参考文献

- (1) 谷口修, 振動工学ハンドブック, 養賢堂 (1977)
- (2) 山本敏夫, 石田幸男, 回転機械の力学, コロナ社, (2001)
- (3) 機械工学便覧第 6 編 (1977) pp.14
- (4) NSK 技術資料, アンギュラー玉軸受の特性, 日本精工社