



GG-ATRエンジン軸系の振動低減のための検討

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: 2020-01-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 池田, 圭佑, 橋本, 啓吾, 内海, 政春 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00010150

GG-ATR エンジン軸系の振動低減のための検討

○池田 圭佑 (航空宇宙システム工学コース 学部4年)

橋本 啓吾 (航空宇宙総合工学コース 博士前期1年)

内海 政春 (航空宇宙機システム研究センター 教授)

1. はじめに

本学の航空宇宙機システム研究センターでは、次世代の超音速輸送機の基盤技術の確立および飛行実証を目的として、小型無人超音速実験機の研究開発が進められている。同実験機の推進エンジンには GG-ATR エンジンが搭載される。先行研究の軸振動解析より、GG-ATR エンジンは1次、2次危険速度を乗り越えて作動し、2次危険速度通過時に後側軸支持部で大きな共振振幅が生じることが判明している。現状、後側軸支持部にはダンパが設置されていないため、ダンパ追加による共振振幅の低減を目指す。また、エンジン分解点検の結果、前側軸支持部に設置されていたハネナイトダンパ(ゴムダンパ)が損傷しており、GG-ATR エンジン環境に耐えられないことが判明した。そのため、前後軸支持部のダンパをあらたに開発する必要がある。今年度はダンパ設計の前段階として、実験計画法(DoE)に基づいて軸振動解析を実施し、GG-ATR エンジンのロータの安定作動に必要なダンパ剛性と減衰を検討、評価したので、その概要について報告する。

2. 解析手法

有限要素法により GG-ATR エンジンの軸系をモデリングおよび離散化し、軸振動解析(複素固有値解析, 周波数応答解析)を行った。運動方程式は以下のようにあらわされる。

$$M\ddot{Z} + (C_r + C_m + \omega G)\dot{Z} + (K_r + K_m)Z = F$$

ここで、 M : 質量行列, Z : 変位ベクトル, C_r : 軸減衰行列, C_m : 軸支持部減衰行列, ω : 回転速度, G : ジャイロ行列, K_r : 軸剛性行列, K_m : 軸支持部剛性行列, F : 力ベクトル である。軸振動解析で使用した GG-ATR エンジンの有限要素モデルを図1に示す。

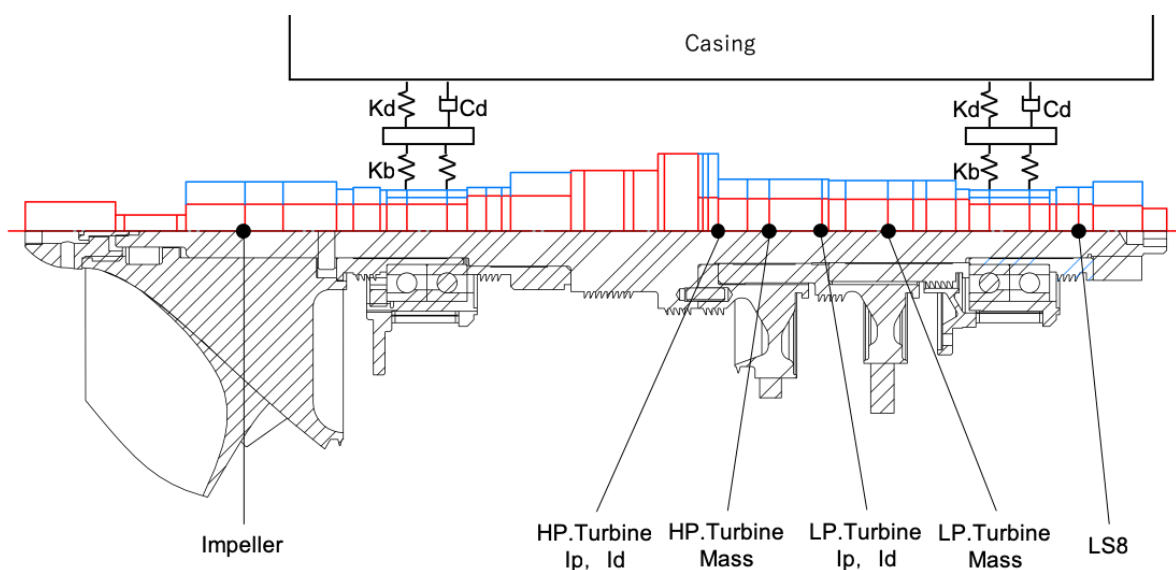


図1 GG-ATR 有限要素モデルの概観

DoE を利用し、ダンパに必要な剛性，減衰の検討を行うにあたって，制御因子と水準は表 1 のように設定した．因子を L18 直交表($2^1 \times 3^7$)に割り付け，Impeller, HP.Turbine Mass, LP.Turbine Mass 位置の位相 0 deg に 1 gcm の不釣り合い量を付与し，周波数応答解析を行った．先行研究の固有値解析より，1 次モードでは Impeller 側が大きく振れ，2 次モードでは LS8(最後端ラビリンスシール)側が大きく振れることが判明している．そこで，1 次の危険速度，共振振幅を Impeller の周波数応答曲線の 1 次のピークから読み取り，2 次の危険速度，共振振幅を LS8 の周波数応答曲線の 2 次のピークから読み取った．また，周波数応答曲線からピークが読み取れない場合には，キャンベル線図から減衰固有振動数を求め，その振動数における周波数応答曲線の振幅を共振振幅とした．

表 1 制御因子とその水準

因子番号	制御因子	水準 1	水準 2	水準 3
1	-	1	2	-
2	前側軸受剛性 Kbf	75 kN/mm	120 kN/mm	180 kN/mm
3	前側ダンパ剛性 Kdf	12 kN/mm	14 kN/mm	16 kN/mm
4	後側軸受剛性 Kbr	75 kN/mm	120 kN/mm	180 kN/mm
5	後側ダンパ剛性 Kdr	4 kN/mm	6 kN/mm	8 kN/mm
6	前側ダンパ減衰 Cdf	500 Ns/m	1500 Ns/m	2500 Ns/m
7	後側ダンパ剛性 Cdr	500 Ns/m	1500 Ns/m	2500 Ns/m
8	-	1	2	3

3. 解析結果

図 2 (a)~(d)に要因効果図を示す．横軸は制御因子とその水準で，縦軸は水準平均と総平均の差である．要因効果図は，各制御因子の各水準が危険速度，共振振幅に与える影響を示している．要因効果図から水準を選択する際の要件は，エンジン冷走試験の実績から，次のように設定した．

- (1) 1 次，2 次共振振幅：80 $\mu\text{mP-P}$ 以下
- (2) 1 次危険速度：15000~16000 rpm，2 次危険速度：18000~21000 rpm 程度

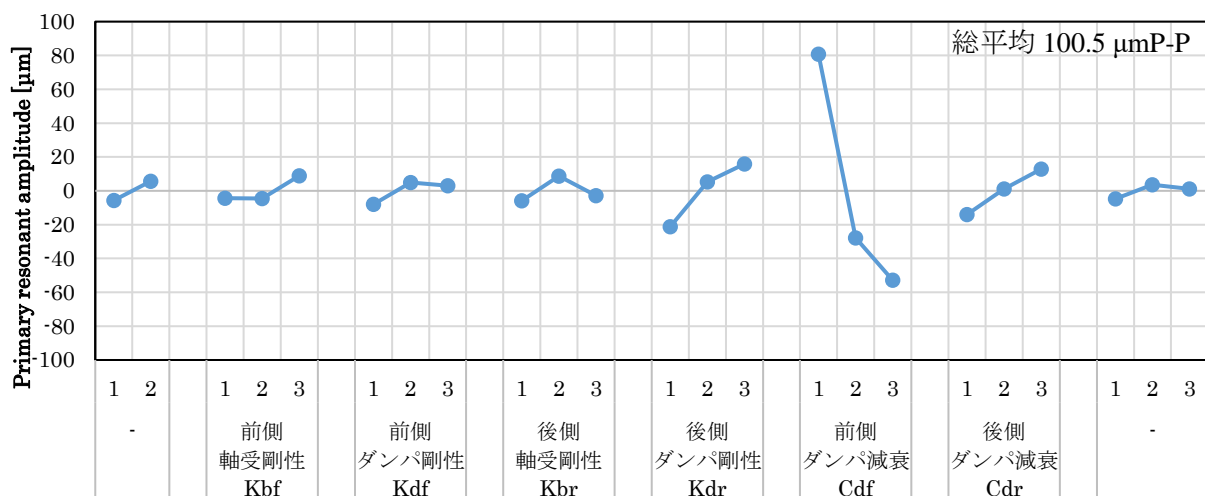


図 2 (a) 1 次共振振幅

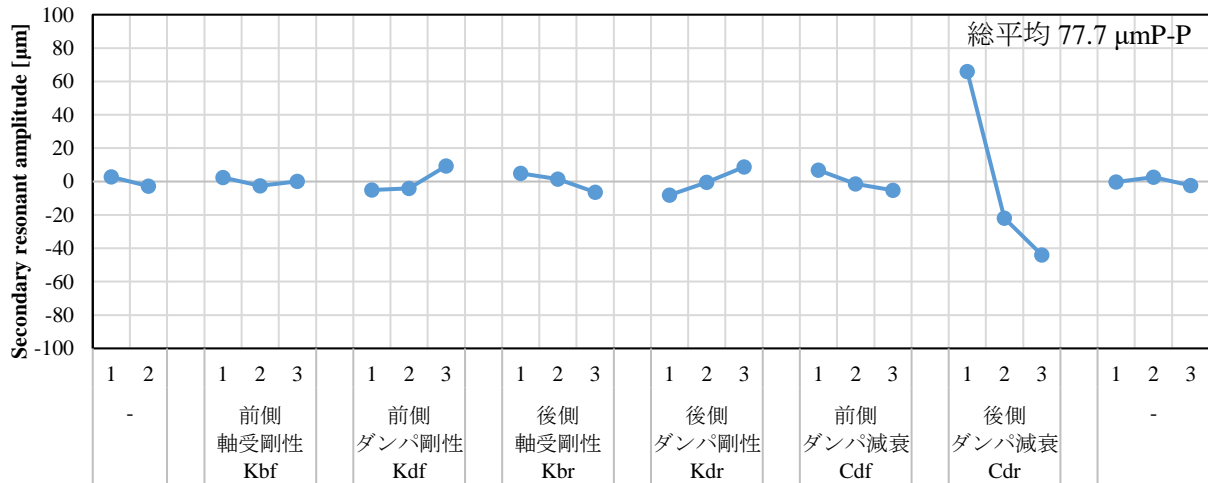


図 2 (b) 2 次共振振幅

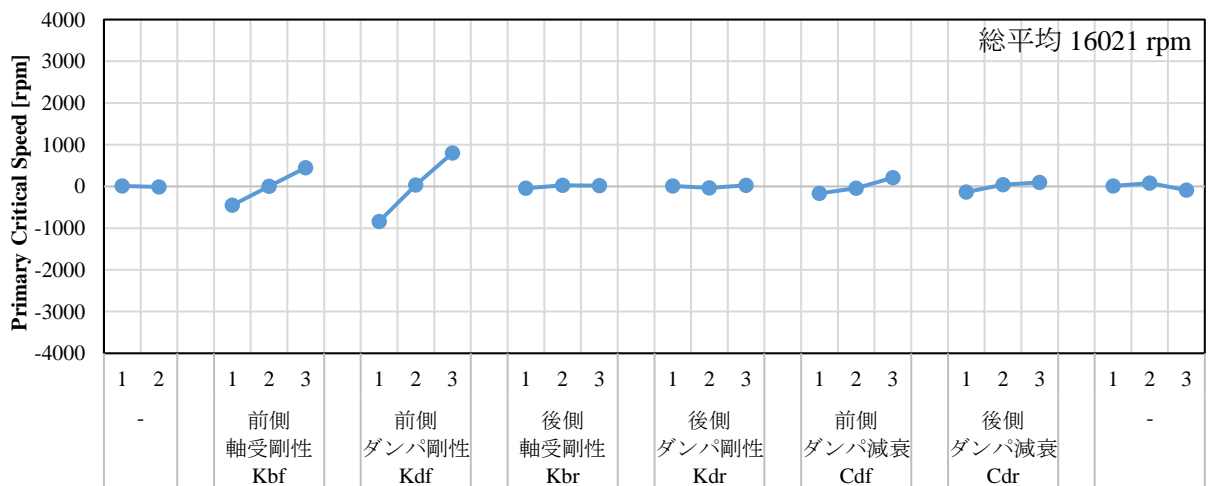


図 2 (c) 1 次危険速度

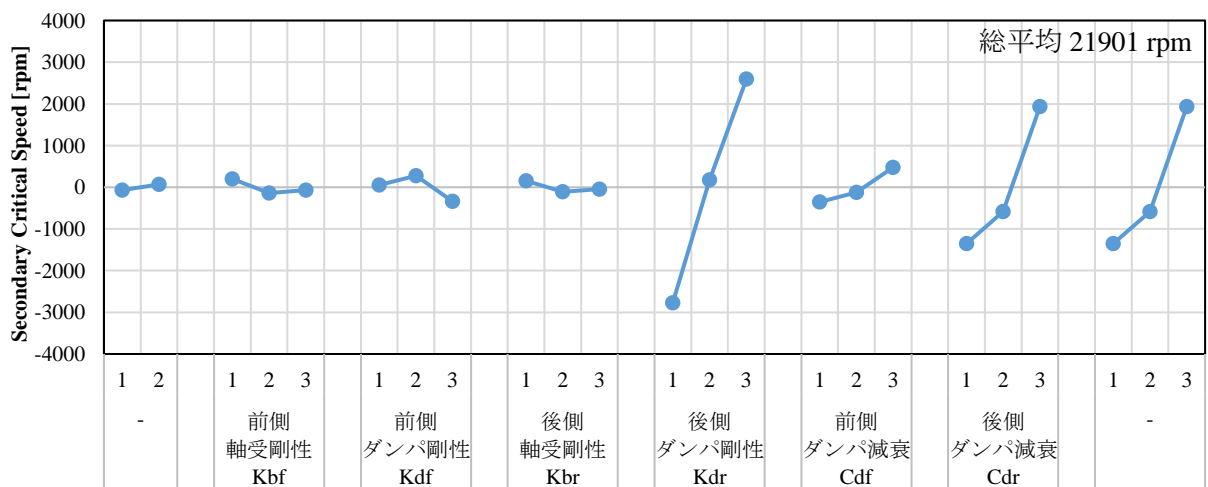


図 2 (d) 2 次危険速度

要因効果図から選択した水準を表 2 に示す. ここで, 前側ダンパ減衰 Cdf と後側ダンパ減衰 Cdr は一意に決定することが困難であったため, 表 2 に示した 4 つのモデルを再設定し, パラメータ設計を行った. このパラメータ設計では, 不釣り合い位相を 0 deg と 180 deg に割り付けて周波数応答解析を行った.

表 2 モデルの選定

No.	前側軸受剛性 Kbf [kN/mm]	前側ダンパ剛性 Kdf [kN/mm]	後側軸受剛性 Kbr [kN/mm]	後側ダンパ剛性 Kdr [kN/mm]	前側ダンパ減衰 Cdf [Ns/m]	後側ダンパ減衰 Cdr [Ns/m]
1	水準 2 120	水準 1 12	水準 3 180	水準 1 4	1500	1500
2					1500	2500
3					2500	1500
4					2500	2500

周波数応答解析の結果, 前後軸支持部に追加するダンパの減衰が 1500 Ns/m 以上あれば改修要件を満たすことがわかった. 今後は, 本検討で得られた結果をもとにダンパの設計を行っていく.

参考文献

- [1] 池田圭佑, GG-ATR エンジン軸系の振動低減に関する基礎的研究, 室蘭工業大学平成 30 年度卒業論文, 2018
- [2] 航空宇宙機システム研究センター 会議資料, GG-ATR エンジン軸系 改修検討 軸支持部剛性・減衰の水準設定, 2018
- [3] 航空宇宙機システム研究センター 会議資料, GG-ATR エンジン軸系 改修検討 軸支持部剛性・減衰の水準設定 詳細検討, 2019
- [4] 橋本啓吾, GG-ATR エンジンの軸系モデリングとその挙動に関する研究, 室蘭工業大学平成 29 年度卒業論文, 2017