

GG-ATRエンジン冷走試験設備設置と試験結果について（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 2016）

著者	湊 亮二郎，東野 和幸，中田 大将，今井 良二，八島 優太，石原 眞優，向江 洋人
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	2016
ページ	5-9
発行年	2017-08
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009811

GG-ATR エンジン冷走試験設備設置と試験結果について

- 湊 亮二郎（航空宇宙システム工学ユニット助教）
東野 和幸（航空宇宙機システム研究センター 特任教授）
中田 大将（航空宇宙機システム研究センター 助教）
今井 良二（航空宇宙システム工学ユニット教授）
八島 優太（航空宇宙総合工学コース博士前期2年）
石原 眞優（航空宇宙総合工学コース博士前期1年）
向江 洋人（航空宇宙総合工学コース博士前期1年）

1. はじめに

室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センターでは、小型無人超音速機の研究開発が進められており、その推進エンジンとして、ガスジェネレータサイクル・エアターボラムジェット（Gas Generator Cycle Air Turbo Ramjet, GG-ATR）エンジンの開発が進められている。2015年度に窒素ガス(GN2)による冷走試験設備の整備と冷走試験を実施し、回転体の動バランス、作動安定性について検証を行った。2016年度は、引き続き常温 GN2 ガス駆動による GN2 冷走試験を実施し、43000 rpm までの回転試験（定格回転速度 58000 rpm）を行った。その結果、圧縮機・タービン等のターボ系要素の空力性能のデータを取得したので、その概要について報告する。

2. 冷走試験設備と計測系

2-1. 冷走試験設備

GG-ATR エンジン冷走試験設備は2015年9月から11月にかけて整備した。タービン駆動用の窒素ガス（GN2）は、3基の窒素ガスボンベカードルから供給し、GN2の供給量は最大2.0 kg/sである。設置した冷走試験設備と、エンジン架台に設置した GG-ATR エンジンを図1と2にそれぞれ示す。



図1 GG-ATR エンジン冷走試験設備



図2 エンジン架台に設置された GG-ATR エンジン

2-2. エンジン冷走試験計測系

GN2 冷走試験では、GG-ATR エンジン回転軸系の軸振動特性を取得した。エンジンの回転振動加速度計測のため、軸方向と径方向に加速度センサーをそれぞれ1個ずつ設置した。回転軸の軸変位の計測のため、軸変位センサーを圧縮機インペラの背後に2箇所設置し、互いに90°の位相を持つように配置している。また前後2箇所の軸受温度管理のため軸受マウントの温度も計測した。

圧縮機・タービンの空力性能計測のため、圧縮機インペラとタービンの上流と下流にそれぞれ静圧孔と熱電対を設置して、温度と圧力の計測を行った。

3. GG-ATR エンジン GN2 冷走試験

3-1. 回転体作動特性

GN2 冷走試験では、回転体の軸振動特性の把握に努めた。図3と図4に冷走試験で得られたCampbell線図と回転軸変位の回転数に関する挙動を示す。Campbell線図からGG-ATRエンジンの危険速度を判定し、エンジンの定格回転数付近に危険速度がないことを確認した。

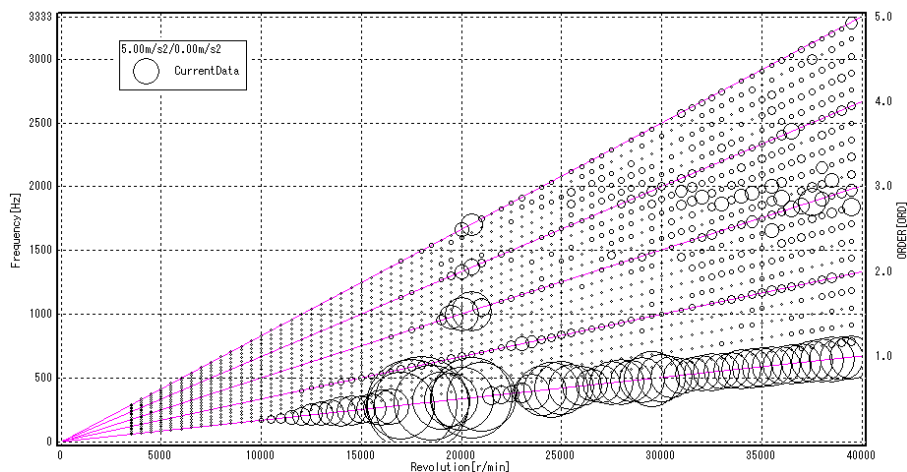


図3 GG-ATR エンジンの振動加速度の Campbell 線図

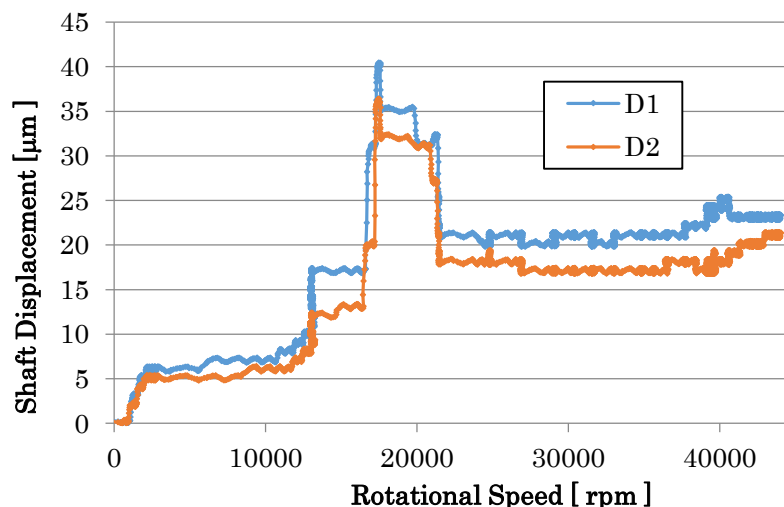


図4 GG-ATR エンジンの回転軸振幅挙動

また、エンジン作動中の回転軸変位は、最大でも 40 mm 程度で、危険速度以外での軸変位は、20 mm 程度に留まっている。これらの結果から GG-ATR エンジンでは、GN2 冷走試験で運転可能な最大 43000 rpm まで支障なく作動することが確認されたが、最大振幅や安定作動については回転軸のモード形状なども含めて総合的に検討を進める必要がある。

冷走試験では、軸受の発熱状態を計測するため温度計測を行った。図 5 は軸受マウントの温度の時間変化を表している。同時に軸受回りに関して簡易熱伝導解析を行い、実験値との比較を行った。

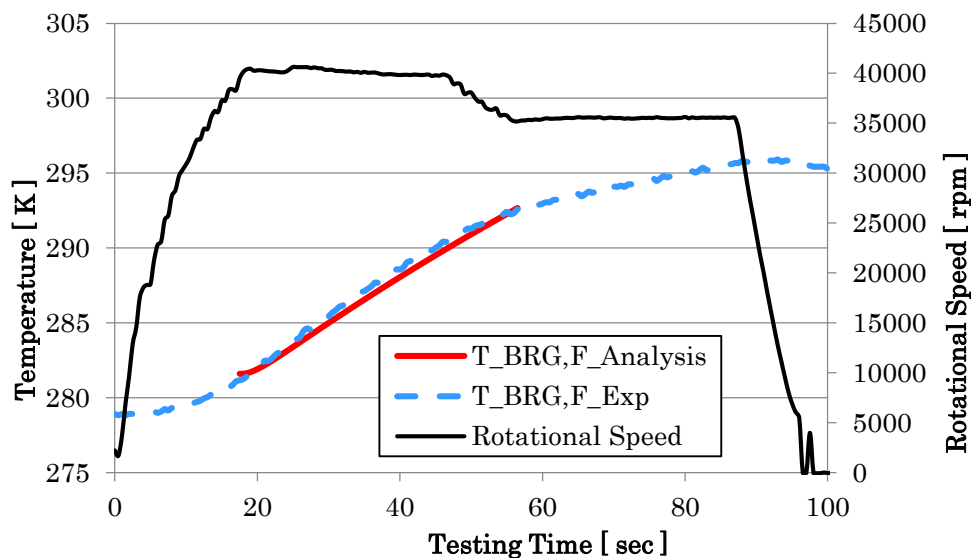


図 5 前部軸受マウントの温度の時間履歴

軸受マウントの温度予測は、実験値とよく一致している。さらに高速回転試験を行う時に備えて、軸受の温度上昇や運転制限について推算する目途付けができた。

3-2. ターボ系要素性能特性

ターボ系要素の性能解析については、GG-ATR エンジンに用いられている斜流圧縮機の圧力比-流量特性マップの把握、および断熱圧縮効率の評価を実施した。

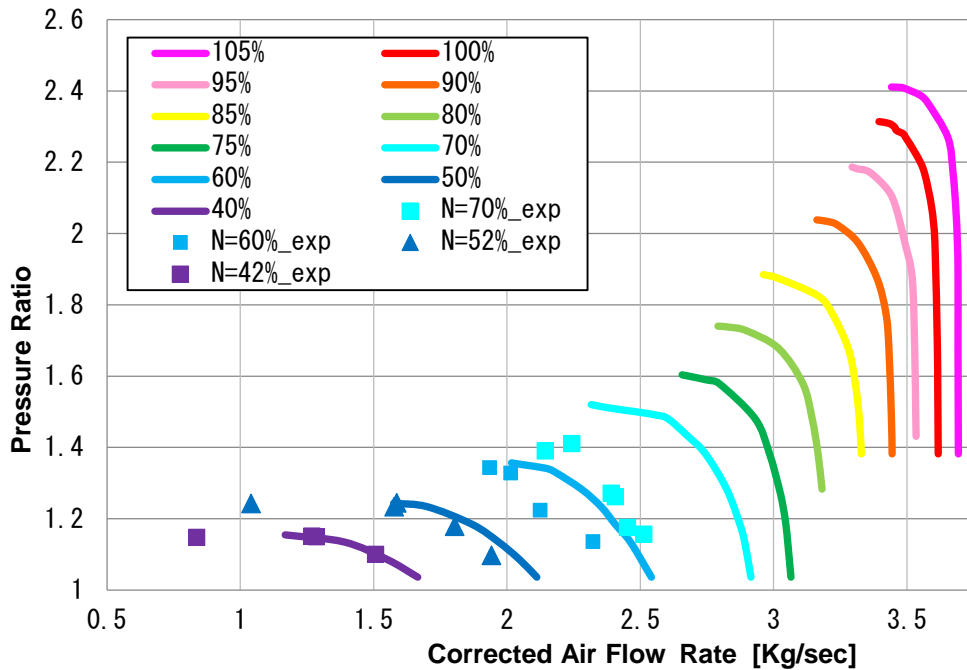


図 6 GG-ATR エンジン斜流圧縮機の作動特性マップ

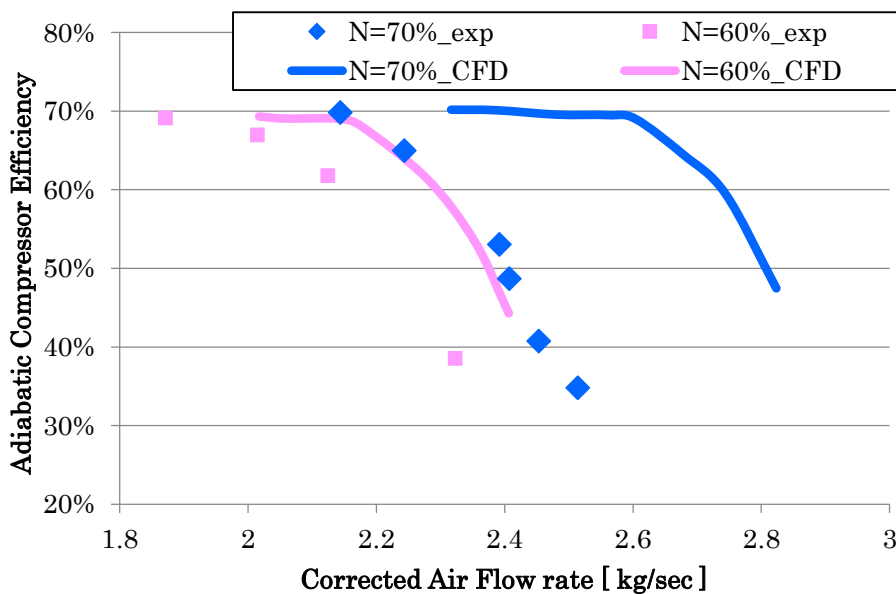


図 7 GG-ATR エンジン斜流圧縮機の断熱圧縮効率

図 6 に GG-ATR エンジン用斜流圧縮機の作動特性マップを示す。このマップには GN2 試験で運転可能な定格回転数の約 70% までの試験結果を示している。また図 7 は斜流圧縮機の断熱圧縮効率を示している。図 6 および図 7 には CFD 解析による計算結果も示しているが、実験結果との間には差異があり、この要因については今後検討していく予定である。

4. まとめ

2016 年度では、GG-ATR エンジンの GN2 冷走試験設備の設置を行い、定格回転速度の 70% を超える 43000 rpm までの回転試験を実施した。

一連の冷走回転試験を通じて、回転体の危険速度や軸変位、軸受温度等の軸系に関する諸特性と、斜流圧縮機の圧力比-流量マップ及び断熱圧縮効率などの翼素系空力性能の2つについて評価を行った。

軸系に関しては、43000 rpm までの回転試験を実施し、軸振動や軸受に異常はなく良好に作動することが確認できた。翼素系の空力性能に関しては、圧縮機の作動特性マップや断熱圧縮効率の計測を行い、CFD 解析の結果と比較評価を行った。実験と CFD 解析の結果には有意差があり、その要因については今後の課題である。

今後は、ヘリウムガス (GHe) を用いて、さらなる高回転速度での GG-ATR エンジンの冷走回転試験を実施し、定格回転数付近までの安定作動の確認や、圧縮機・タービン空力性能の評価を行っていく予定である。また、ガスジェネレータ(GG)やラム燃焼器の設計・製造も進め、GG-ATR エンジンの熱走試験を実施する計画である。