

GG-ATRエンジン GN 2 Ghe冷走試験について

| | |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 著者 | 湊 亮二郎, 向江 洋人, 石原 眞優, 鈴木 竜司, 橋本 啓吾, 中田 大将, 内海 政春, 東野 和幸 |
| 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 | 2017 |
| ページ | 5-8 |
| 発行年 | 2018-09 |
| URL | http://hdl.handle.net/10258/00009869 |

GG-ATR エンジン GN2 GHe 冷走試験について

- 湊 亮二郎（航空宇宙システム工学ユニット 助教）
向江 洋人（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 2 年）
鈴木 竜司（航空宇宙総合工学コース 博士前期 1 年）
橋本 啓吾（航空宇宙システム工学コース 4 年）
中田 大将（航空宇宙機システム研究センター 助教）
内海 政春（航空宇宙機システム研究センター 教授）
東野 和幸（航空宇宙機システム研究センター 特任教授）

1. はじめに

現在、小型無人超音速機オオワシ 2 号機用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）エンジンが想定されている。圧縮機・タービン等のターボ系回転要素については、既に完成しており、2016 年度には窒素(GN2)を用いた回転試験を実施した。GN2 による冷走試験では、最大回転数が 43000 rpm までしか実施できなかったため、2017 年度はヘリウムガス(GHe)による冷走試験を実施し、設計回転数である 58000 rpm までの冷走試験を実施した。

この GHe 冷走回転試験の目的は主に二つあり、そのうち一つは圧縮機の空力性能データの取得にある。設計回転数 58000 rpm まで回転させて、圧縮機の空気流量、圧力比、断熱圧縮効率などのデータを取得する。計測した実験データと、既に実施した CFD 解析による予測値との比較を行う。もう一つの目的は、設計回転数における回転体振動や軸受等の作動状態について、健全性が確保されているか判断することにある。回転試験中の振動加速度、回転軸変位、及び軸受外輪温度など、回転系要素の作動特性データを取得し、エンジンの安定作動を検証する。

2. 試験設備・エンジン仕様

GG-ATR エンジン冷走試験は、白老試験場にて実施した。GG-ATR エンジン冷走試験設備では、高圧ガスボンベカードルを 3 基接続して、そこからタービン駆動ガスを供給させる。ヘリウム試験の場合およそ 50 秒間の試験が可能である。図 1, 2 に GG-ATR エンジンと冷走試験設備を示す。

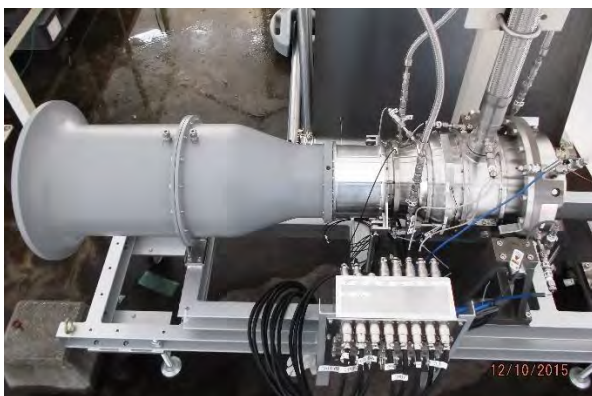


図 1 GG-ATR エンジン



図 2 GG-ATR エンジン冷走試験設備

表 1 GG-ATR エンジン性能諸元

| | | |
|----------------------------|--------|--------|
| 定格回転数 | 58000 | rpm |
| 空気流量 | 3.47 | kg/sec |
| 圧縮機圧力比 (Total to Static) | 2.28 | |
| 断熱圧縮効率 (Total to Static) | 70.1 % | |
| GG 燃焼温度 | 1100 | K |
| GG 燃焼圧力 | 1.35 | MPa A |
| タービン膨張比 (Total to Static) | 6 | |
| 断熱タービン効率 (Total to Static) | 65.0 % | |
| ラム燃焼器温度 | 2363 | K |
| 推力 | 3700 | N |
| Isp | 554 | sec |

表 1 に本航空宇宙機システム研究センターで研究開発が進められている、GG-ATR エンジンの地上静止状態における性能諸元を示す。

3. 試験結果

3-1. 回転振動特性

図 3 に GHe 冷走試験における軸振幅を、図 4 に GHe 冷走試験中の軸受外輪温度の時間履歴を示す。軸変位センサーは、圧縮機インペラ背後で同じ軸方向位置で 2 点計測するようにして、それらは周方向に 90° の位相差を持った位置に配置した。軸変位計測結果から、1 次の危険速度付近で大きな軸変位が計測されているが、それ以外では 40 μm 以下に留まった。

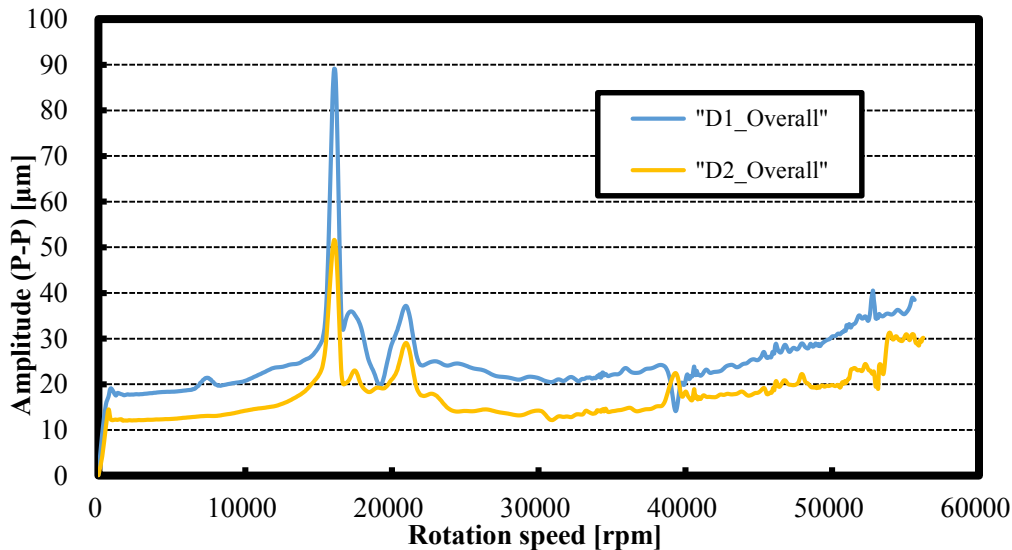


図 3 GG-ATR エンジン回転試験中での軸変位計測結果

図 4 の軸受外輪温度結果から、回転数が 50000 rpm を超えたあたりで急上昇していることが分かる。今後、このような軸受の温度急上昇はエンジンの安定作動に影響を及ぼすか、慎重に判断する必要がある。

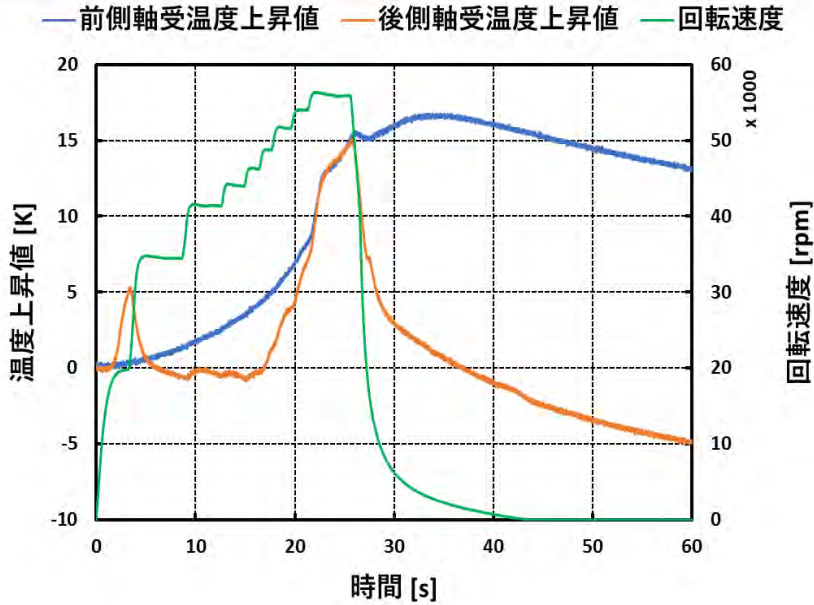


図4 GG-ATR エンジン回転試験中での軸受外輪温度の時間履歴

また、回転数が 20000 rpm 付近でも、後部軸受外輪温度が一時的に急上昇していることも分かる。軸変位計測結果と軸受外輪温度の結果から、分析してエンジンの回転軸系の安定作動について、更に検証を進めていく必要がある。

3-2. 圧縮機空力特性

GG-ATR エンジンの斜流圧縮機の修正空気流量-圧力比の特性作動マップを図5に示す。

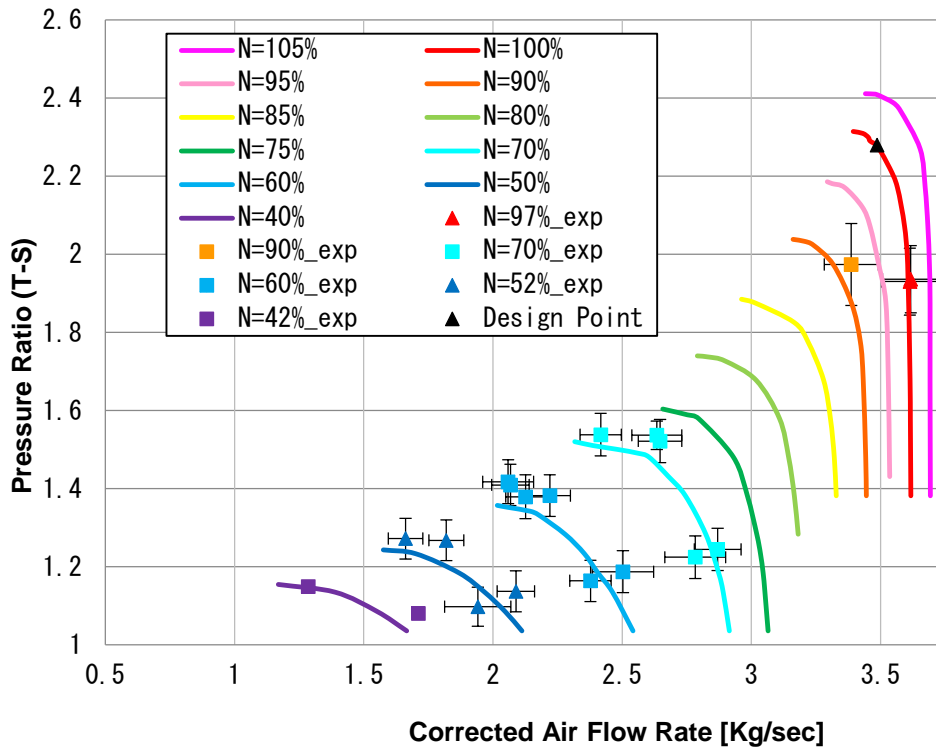


図5 GG-ATR エンジン斜流圧縮機の修正空気流量-圧力比

修正回転数が定格値の 40～70 %の結果は、GN2 冷走試験で得られたデータである。ヘリウムガスは高価であるため試験回数が限られており、修正回転数が 90～97 %における 3 点のみが、GHe 冷走試験で得られたデータである。図 5 には試験で得られた計測値だけでなく、CFD 解析によって得られたデータも示した。GN2、GHe 冷走試験で得られた試験結果は、概ね CFD 解析値と一致しており、斜流圧縮機インペラの設計が妥当なものであることが分かった。

4. まとめ

GG-ATR エンジンの GHe 冷走試験を実施し、斜流圧縮機の空力性能、及び回転軸の振動特性、軸受作動特性について試験データを取得した。取得したデータから、GG-ATR エンジンの性能・作動特性について評価を行った。斜流圧縮機の圧力比-修正空気流量特性に関しては、計測したデータと CFD による予測値は良い一致を見せた。一方、軸受外輪温度については、高速回転時に急激な上昇を見せていることから、今後、定格回転数付近での作動について、更なる検証を進める必要がある。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 向江洋人 “GG-ATR エンジン用軸受の温度特性と対策に関する研究” 室蘭工業大学平成 29 年度修士論文 2017.
- [3] 向江洋人, 石原眞優, 湊亮二郎, 中田大将, 東野和幸, 内海政春 “小型超音速機エンジン用玉軸受の発熱/冷却特性評価” ターボ機械 掲載決定
- [4] 湊亮二郎, 中田大将, 内海政春, 東野和幸, 向江洋人, 石原眞優 “ヘリウムガスを用いた GG-ATR エンジン冷走試験について” 日本航空宇宙学会北部支部 2018 年講演会ならびに第 19 回再使用型宇宙推進系シンポジウム