

# 小型ガスタービン試作機の運転試験に関する研究

システム工学群

航空エンジン超音速流研究室 1190017 岩間 輝佳

## 1. 緒言

ガスタービンおよびジェットエンジンの環境適合性の向上を目指す研究を行うための基礎研究として、自動車用ターボチャージャーと燃焼器からなる小型ガスタービン試作機を用いた運転試験等を行い、基礎データの取得を行っている。現状では、吸気の補助がなければ運転の継続をできていない。

自立運転が達成できない理由の一つとして、始動時の空気流量不足が考えられる。流量増加のためにブロワを使うことにしたが、圧縮機入口を塞いでしまうため、光学式回転数計を用いた回転数の計測ができなくなった。そこで鏡で光を反射させて回転数を計測する方法をとることにした。また、運転試験を想定した吸気の方法で流量と回転数の比較をし、最適と考えられる状態で運転試験を行ったのでその結果を報告する。

## 2. 小型ガスタービン試作機

図1に示すように小型ガスタービン試作機は、スズキワゴンR用ターボチャージャーに燃焼器を取り付けた構成となっている。圧縮機を出た空気は燃焼器に導かれ、燃焼器で燃焼したガスがタービンへ流入することで、ガスタービンと同じ構成となる。燃料はLPガスを使用している。表1に小型ガスタービン試作機の仕様を示す。

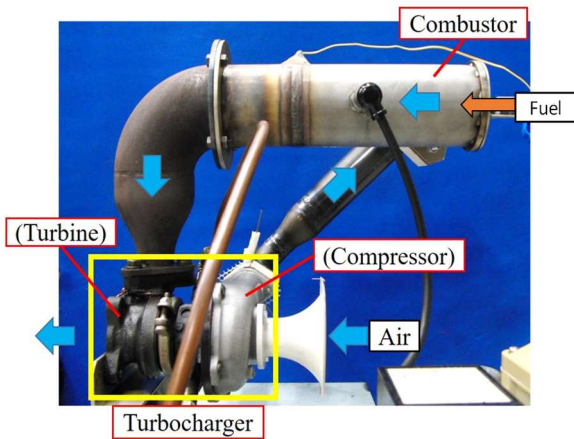


Fig. 1 Prototype gas turbine

Table 1 Specification of prototype gas turbine

Prototype Gas Turbine	Span[mm]	500
	Width[mm]	405
	Height[mm]	610
	Fuel	LPG
Centrifugal Compressor	Number of Blades	8
	Diameter[mm]	38
Radial turbine	Number of Blades	9
	Diameter[mm]	35

## 3. 始動方法の変更

### 3.1 ブロワの導入

これまで圧力の補助をすることを重視し、エアコンプレッサ2台による吸気の補助を行っていた。しかし運転試験時の回転数が望み通りに上がらないので、流量を増やして予め回転数を上げるためにブロワを用いることにした。ブロワはmakita UB1103を用いた。このブロワは吐出空気流量を0~0.082[kg/s]の範囲で調整することができる。

### 3.2 回転数の計測

ブロワを導入したことで、図2に示すように圧縮機入口を塞いでしまったが、回転数を計測するために、鏡を使ってレーザーを反射させて光学式回転数計を使うことにした。直接計測する場合でも遠心圧縮機インペラから約15cm以内かつ遠心圧縮機の羽根に対してレーザーがほぼ垂直でなければならない。これと光学式回転数計を設置できる位置を考慮した結果、図3に示すように右上に鏡、真ん中下側に小窓を設け右側の圧縮機インペラが見えるようにした。小窓にはガラス板をはめ込み空気の漏れを防いでいる。部品の製作には3Dプリンターを使用した。右側の小窓から入ったレーザーは左側の鏡で反射し圧縮機インペラの回転数を読み取る。この方法によりブロワを用いても光学式回転数計を使うことができるようになった。

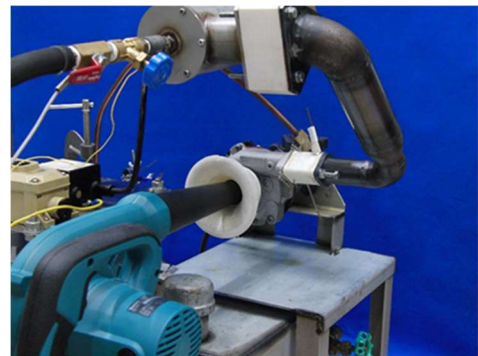


Fig.2 Blowing into compressor inlet

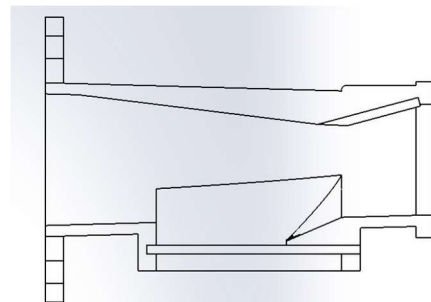


Fig.3 Arrangement of mirror and glass plate

### 3.3 吸気の改善

運転試験では、圧縮機による吸い込み流量がブロワによる空気流量を上回った場合に対応しなければならないため、さらなる吸気流量の増加を目指し、エジェクタ効果を狙った機構を採用した。図4は設計した部品の断面図である。ブロワからのノズルは先細りにし、圧縮機側にはベルマウス形状の部品を取り付けた。さらに最適な距離を調べるために、ノズルとベルマウス部品との距離を調整できるようにした。制作した部品を組み立てた様子は図5のようにになっている。図6に流量と回転数の比較を行った結果を示す。密着させた時を0mmとしてノズルとベルマウス部品を離れた距離を横軸に取った。油温などで結果が変わるためオイルポンプは稼働せず行った。距離15mmのとき最も流量が多くなったので、この距離を基準に運転試験を行うことにする。密着させた状態よりも流量が多くなっており吸気の改善をすることができたと考えられる。

### 4. 運転試験結果と考察

運転試験の結果を図7、図8に示す。流量が最も多かったときの隙間15mmで運転試験を行った。回転数の計測は約39,000[rpm]まで測定できることが分かった。流量に関しては、オイルポンプを稼働した状態でも着火前に約0.018[kg/s]あり、表2に示したエアコンプレッサ2台のときよりも空気流量が多くなった。また燃焼時は回転数に応じて流量が変化することが分かった。さらに燃焼時の空気流量が始動時の空気流量より多くなっていることから、エジェクタ効果を狙った機構の必要性が確認できた。回転数に関しては、着火前に約12,000[rpm]あり、エアコンプレッサ2台のときと比べても約4倍の回転数となっている。また燃焼時に約39,000[rpm]まで上げることができた。しかし、ブロワを離していき吸気の補助を減らすと回転数が下がってしまい自立運転には至らなかった。

原因としては、ブロワの出力が足りず自立運転に必要な回転数まで上がっていなかったということが考えられる。従って、今後はより強力なブロワなどを用いて回転数を増加させタービン仕事を増加させることが必要であると考えられる。

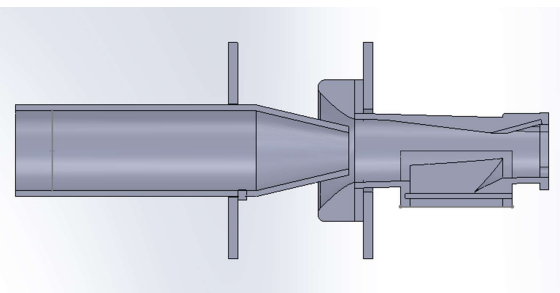


Fig. 4 Sectional view of blowing parts

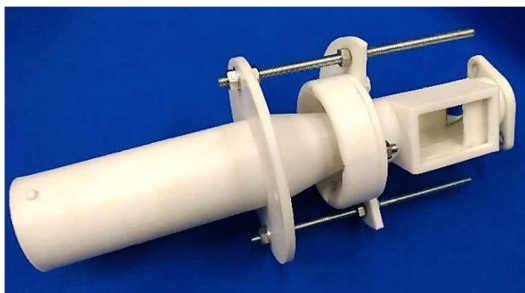


Fig.5 Blowing parts for operation test

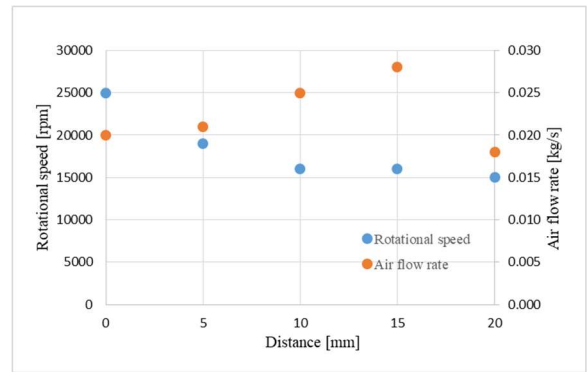


Fig.6 Search for appropriate distance

Table 2 Comparison of flow rate and rotation speed

	Air flow rate[kg/s]	Rotational speed[rpm]
Air compressor	0.015	3000
Blower(Clearance 5mm)	0.019	7000

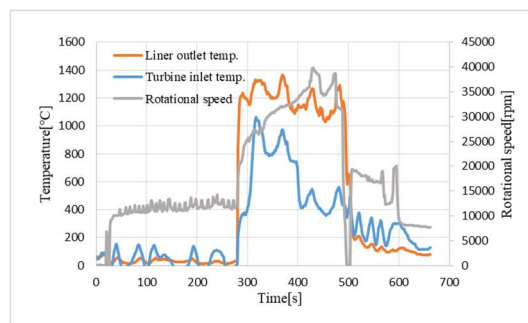


Fig. 7 Rotational speed and temperature

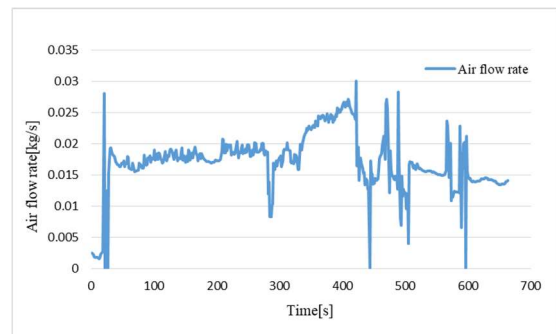


Fig.8 Air flow rate

### 結言

ブロワを用いたことにより、光学式回転数計を使って計測することができなくなったが、鏡を使って反射させる方法で約39,000[rpm]まで回転数の計測ができることを確認した。運転試験を想定して、ブロワによる空気流量以上の圧縮機の吸い込み流量に対応するためにエジェクタ効果を狙った機構を取り付けた結果、エアコンプレッサ2台を用いたときよりも流量と回転数が増加することを確認できた。

### 文献

- (1) 宮城喜一, 河端恭平, 水野佑樹, 野崎理, 筒井康賢, “小型ガスタービン試験装置の試作について”, 第45回日本ガスタービン学会定期講演会 講演論文集(2017), pp. 171-176.
- (2) 水野佑樹, 宮城喜一, 岩間輝佳, 野崎理, 筒井康賢, “小型ガスタービン試作機の改良”, 第46回日本ガスタービン学会定期講演会 講演論文集(2018), C-16