



反転軸流ファン試験装置

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: 中田, 大将, 棚次, 亘弘 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008831

反転軸流ファン試験装置

著者	中田 大将, 棚次 亘弘
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	2013
ページ	73-77
発行年	2014-08
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008831

反転軸流ファン試験装置

○ 中田 大将(航空宇宙機システム研究センター 特任助教)

棚次 亘弘(航空宇宙機システム研究センター 特任教授)

1. 背景

本学では超音速無人実験機オオワシにおける推進系の一候補として反転ファン式超音速用ジェットエンジン(図1)の採用を想定しCFD解析などを主体とした設計を行ってきた[1]。1段動翼＝静翼の軸流ファンを用いる場合と比べファン効率の改善が期待できるが2枚のローターの相対速度は超音速となるため通常の軸流ファンに比べ低い回転数で衝撃波による効率の低下が発生し長所を発揮するための適切な設計は難しい[2]。重要なパラメタとしては1)前段＝後段の回転数比, 2)ファン間距離などが挙げられるが、これらの影響について実験装置を構築し、基礎実験を行う体制を整えた。

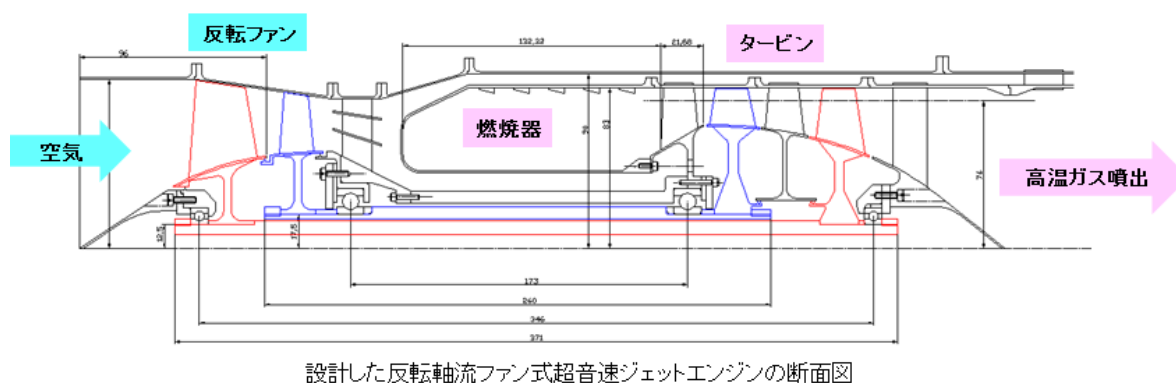


図1 反転軸流ファン式超音速ジェットエンジン断面図

目標圧力比： 2.8

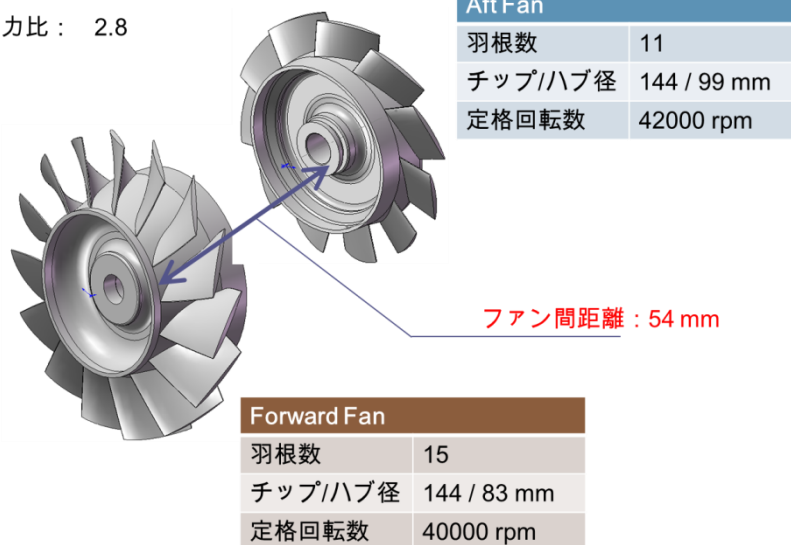


図2 反転ファン設計点

2. 実験装置

2-1 羽根主要設計諸元

図2に設計した反転ファンの3次元形状を示す。前/後段の羽根数はそれぞれ15/11枚であり、ファン間距離は54 mmでファン径に対する比は0.35, 前段ブレードの翼弦長に対する比は0.89である。一般にファン間距離が近すぎる場合、相互の干渉が大きくなり、逆にファン間距離が遠すぎると翼列間での全圧ロスにつながる[3]。今後、ファン間距離を変化させた試験が重要となるが、現段階では固定したファン間距離にて試験する。

2-2 動力装置

動力装置としては外径が60 mmの電動RC機用11kW直流ブラシレスモーターを使用した(図3)。真空槽内で使用するため、全体をモールドし、かつモーター周囲を不凍液で水冷している。電源としては、4000mAh・セル数14のLiPoバッテリーを4並列で使用している。これにより、定格回転数での運転を連続で6分間程度行うことが出来る。

2-3 計測系の確認

図4に示す通り、静圧ポート15箇所(1段ファン上流, 1段動翼上, 1-2段間, 2段動翼上, 2段出口の5か所×周方向3箇所), 3孔ピトー管を4か所(1段ファン上流, 1-2段間, 2段出口, オリフィス直前)に配置した。ピトー管は r 方向および θ 方向にステッピングモーターにより駆動でき、左右の孔に差圧計を取付け、中央の孔に全圧計を取り付けて用いる。差圧計の出力がゼロとなる方向にピトー管を向け、その地点での角度と全圧から流速ベクトルを推算できる。



Lehner Motoren Technik Type 3080 Brushless motor	
最大消費電力	11 kW
最大回転数	50,000 rpm
外径/シャフト径	60 mm / 10 mm



Hyperion 7 cell Lipo Batteries × 8	
電圧	$29 \times 2 = 58 \text{ V}$
最大電流	160 A
持続時間	6 min
エネルギー密度	80Wh/kg

図3 ファン駆動用モーターとバッテリーボックス

全40CH
 圧力計 19CH
 差圧計 4CH
 温度 9CH
 電流電圧
 回転・変位

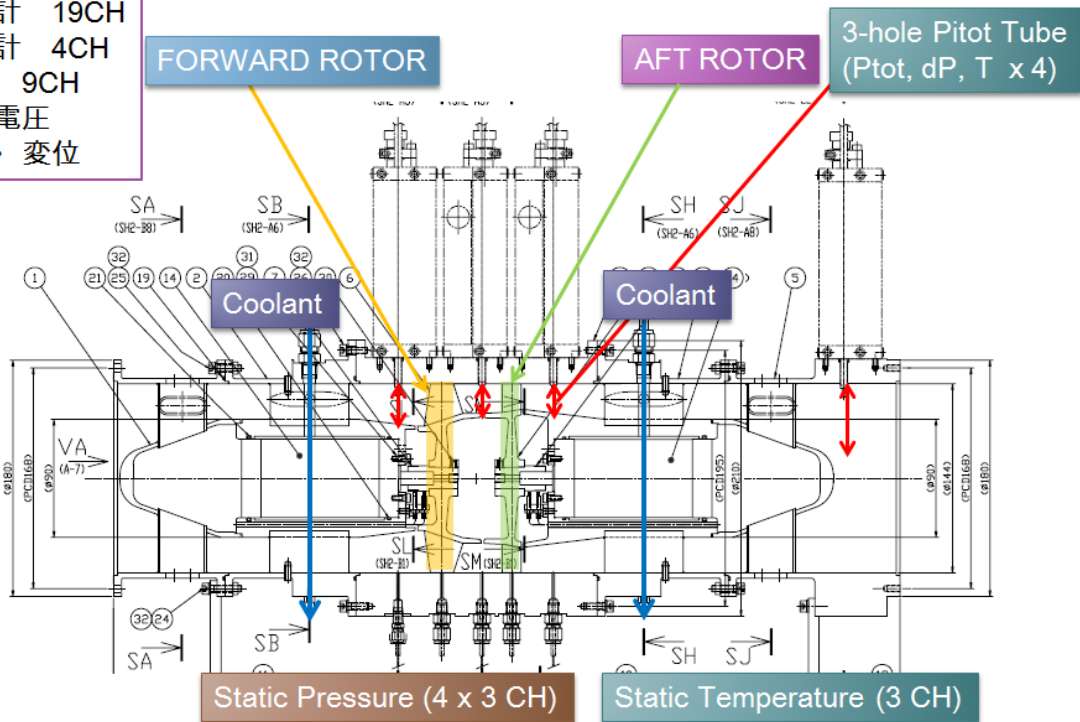


図4 計測点一覧

図5に示すようにピトー管挿入位置にはシース熱電対も組み込まれているが、温度についてはピトー管の熱容量が大きく、静定まで長い時間を要する。これまでの試験では3分程度経っても静定する様子が見られない。バッテリーの連続駆動時間は定格回転数で6分程度のため、素線がむき出しとなっているような熱容量の小さい熱電対を用いることで静定までの時間を短くしたい。

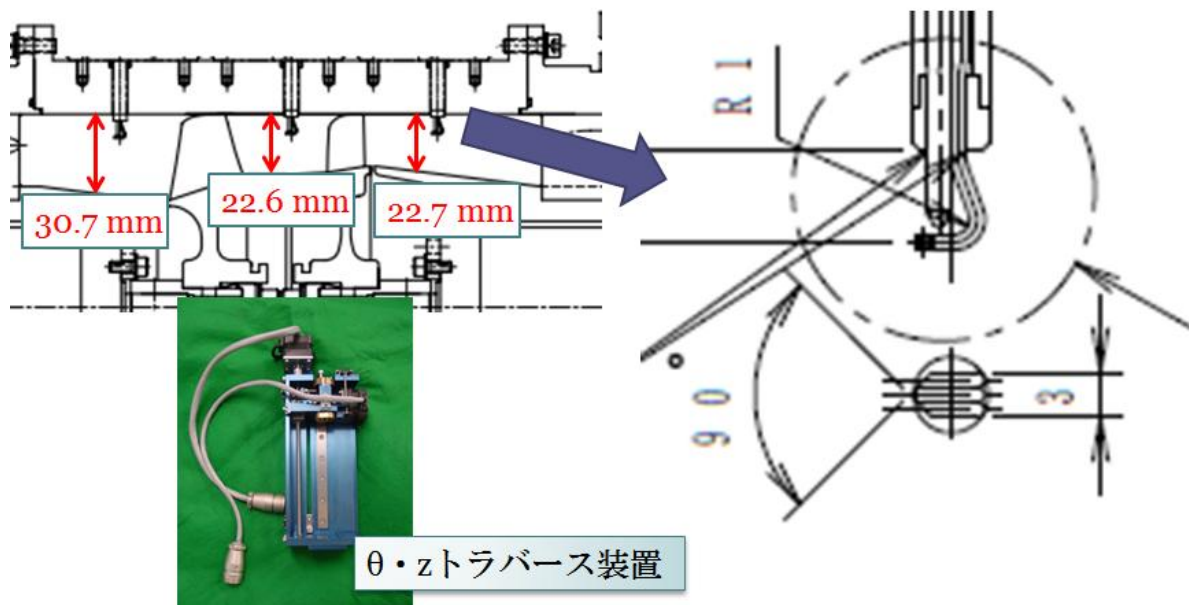


図5 3孔ピトー管概要

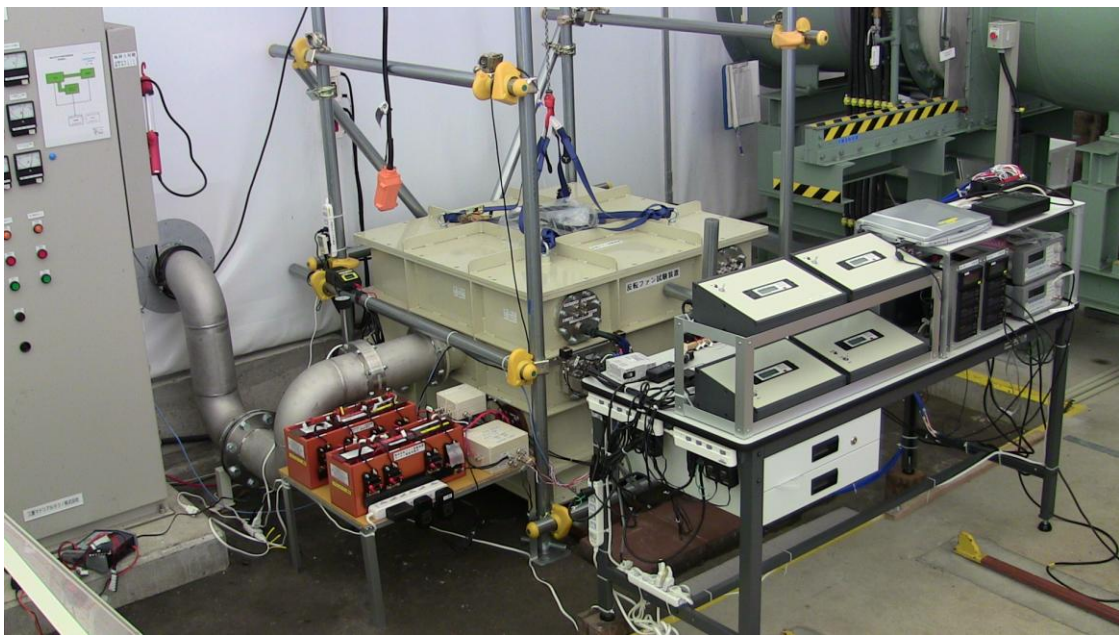
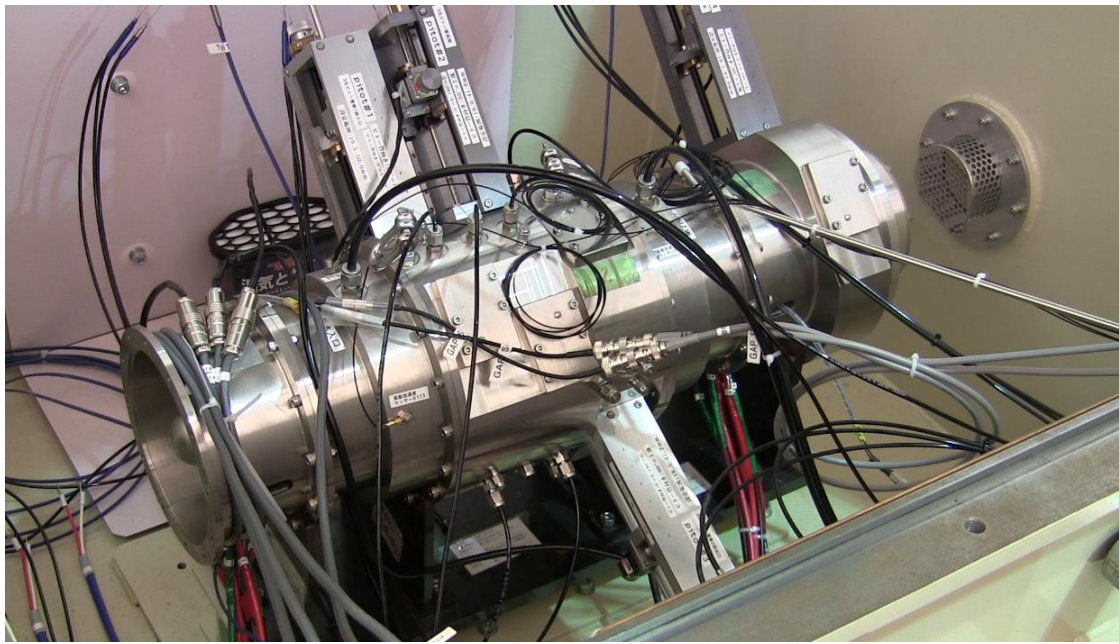


図 6 反転ファンリグ試験機セッティング

図 6 に反転ファン試験機概要を示す。現在までに大気圧環境下で 18000rpm までの回転数で試験を行った。流量は 2 段ファン出口に径の異なるオリフイスプレートを取り付けて変化させる。図 7 はファン 1 のみを 9600rpm で回転した際の 1 段上流のピトー管で測定された流速ベクトルの例である。チップとハブの間に急激な流速ベクトルの変化が認められる。上流側を整流せず、狭い真空容器に入れたことによる影響などが考えられ、今後ベルマウスまたはハニカム板で整流するなどの対策を施して再試験する予定である。

また、各段の回転数を上昇させる過程でインペラの空力負荷が変化することにより、ブラシレスモータードライバに大きな負荷がかかり、故障する事例が 2 度発生した。これを防止するには回

回転数上昇をよりゆるやかに行う，パワー変動を吸収するよう電力ラインへのコンデンサを増設するなどの対策が必要と考えられる．

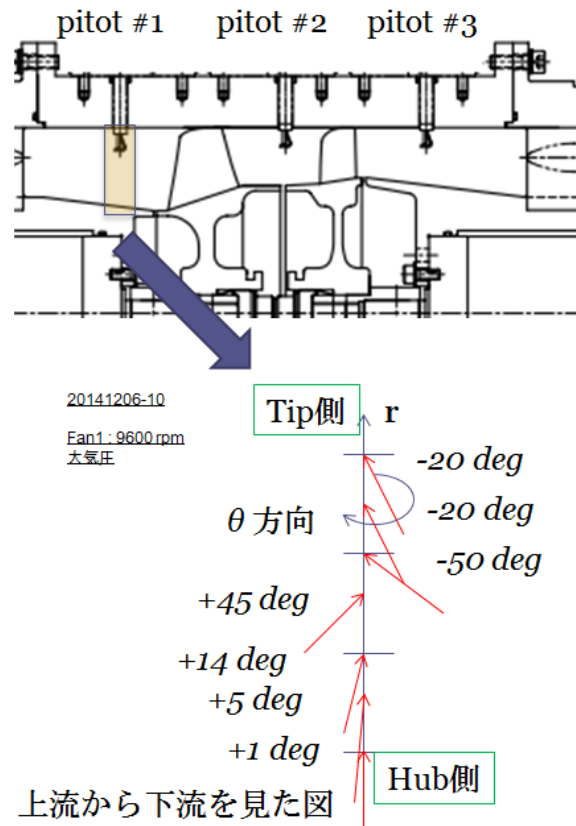


図7 1段ファン上流の流れ場の様子（角度情報のみ）．Hub=Tip の間に流速ベクトルの急変する箇所がある．

3. まとめ

超音速機エンジンへの適用を目指した反転ファンリグ試験機を整備した．今後，真空槽内で定格回転数までの試験を行い，ファン効率を低下させないようなファン間距離，回転数比などについて知見を得る予定である．

参考文献

1. Ryojiro Minato, et. al., “Development of Counter Rotating Axial Fan Turbojet Engine for Supersonic Unmanned Plane,” AIAA2007-5023
2. Xiao-He Yang, et. al., “Design of Two Counter-Rotating Fan Types and CFD Investigation of Their Aerodynamic Characteristics” ASME 2011 Turbo Expo: Turbine Technical Conference and Exposition, 2011
3. 岡部，福富，重光，二重反転型小型軸流ファンの前後段翼列間距離の影響，日本機械学会流体工学部門講演会論文集，2010