

## 反転軸流ファンの実験現況と今後

著者	中田 大将, 立桶 薫, 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	2014
ページ	14-16
発行年	2015
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00009128">http://hdl.handle.net/10258/00009128</a>

## 反転軸流ファンの実験現況と今後

○中田 大将 (航空宇宙機システム研究センター 助教)  
立桶 薫 (航空宇宙システム工学専攻 博士前期1年)  
東野 和幸 (航空宇宙機システム研究センター 教授)

### 1. はじめに

二重反転ファンは軸流単段の静翼＝動翼と比べ同径で大きな流量または圧縮比を取ることが知られており、船のスクルーやPCの冷却ファン等産業界において広く採用されている。本学では超音速実験機用ジェットエンジンへの適用を視野に反転ファンの基礎実験を続けている。

空力設計上の課題は反転する2枚のファンの周速度が音速程度としても、その相対マッハ数は2程度に達するため、衝撃波の形成により圧縮機効率が大きく低下することである[1][2]。この問題については近年MITのKerrebrockらがブレード上で抽気を行うことにより打開策を講じた例がある[3]。製作上の課題は反転ファンを実現するためにタービン側も反転式とし2軸のシャフトによって動力を伝達するか、あるいは1軸のシャフトから遊星ギヤ等によって反転機構を実現することが必要であり、高い軸芯精度や軸振動対策を要求する。今年度は20000 rpmまでの回転試験を実施し、空力特性を取得した。

### 2. 実験設備

本試験では試験機全体を真空槽内に入れ、約0.2気圧の環境下での試験を行っている。図1に試験機概観を示す。図2に示すような外径が60mmのRC用直流ブラシレスモーター(Lehner Motoren Technik Type 3080)をモータードライバ(YGE160 Navy)で駆動する。

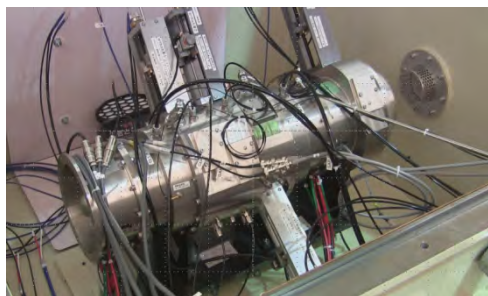


図1 反転ファンリグ試験機概要



図2 直流ブラシレスモーター概観

### 3. 実験結果

#### 3-1. 回転数

回転数制御は制御盤より手動で行うが、前段ファンの回転数を上昇させ、次いで後段ファンの回転数を追従させる方法ではモータードライバが度々破損した。前段/後段ファンにおいて流量支配要因となっているのは後段であり、前段ファンの回転数が先行している場合、後段ファンは大きな空力抵抗となっている。反転ファンの1段目回転数を先に上昇させた状態で2段目回転数を上昇させると、1段目後流の空力負荷が急減し、モータードライバに逆起電力が発生することが

原因ではないかと考えられる。ドライバの電力入力側（LiPo バッテリー側）には電力変動を吸収するための電解コンデンサが3つついているが、これを12個まで増やすことでいくらか故障の頻度は低減した。また、後段ファンの回転数を先に上昇させ、前段回転数を追従させるようにするとドライバの破損はあまり見られなくなった。モータードライバはRC用でごく軽量ながら最大で160Aの電流をモーターに供給するものであり、負荷の急変には弱いため慎重な配慮が必要である。

図3に実験中の回転数の変化を計測したグラフを示す。2段目ファンの回転数を先に上昇させ、次いで1段目ファンの回転数を上昇させた。運転時間（横軸）60秒のところまで2段目ファン回転数は定格の約半分の20000rpmに達しているが70秒のあたりで1段目ファンの回転数を上昇させたところ、80秒あたりから2段目ファンの回転数が急減した。後述の通り、この時点で圧力比は低下していないため、これは軸振動による回転数計の誤作動によるものと考えられる。回転数計には軸変位センサからの出力をパルスカウンターに入れて使用しており、モーターシャフト軸に取り付けられたギャップを検知して回転数に変換している。正常な際の軸変位センサの出力は図4のようなものであるが、軸振動が大きくなると図5のようにシャフトの振幅のほうがシャフト軸上のギャップよりも大きくなってしまい、回転数を検知できない状態となる。この状態ではパルスカウンターは正常に働かないので、オシロスコープで目視により回転数を決定した。

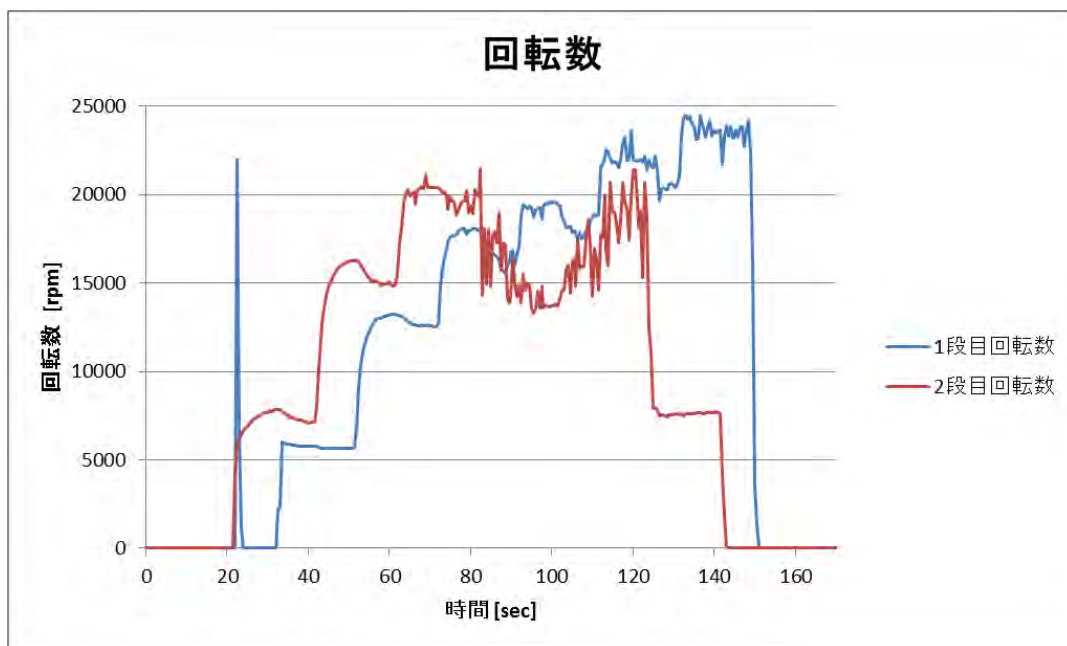


図3 時系列の回転数変化

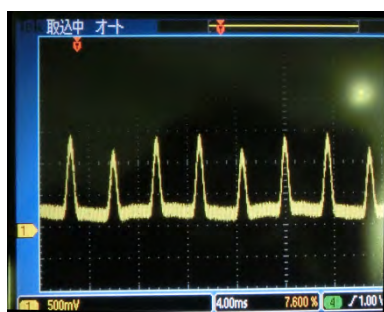


図4 軸変位センサの出力（回転数低）

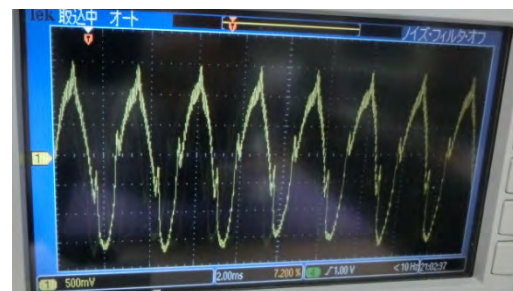


図5 軸変位センサの出力（回転数高）

なお、回転数 24000rpm 付近でモーターシャフトのベアリング破損があり、ファン 2 段目のチップを損傷した。2014 年度末から 2015 年度にかけてこの修復を実施すると共に、軸系の改良を実施する予定である。

### 3-2. 温度・圧力

両ファンが 20000 rpm におけるデータを表 1 に示す。これは定格回転数の 1/2 に相当する。この条件においてオリフィス前後差圧から求めた流量は 0.125 kg/s であった。圧力比は 1.07 程度であり、ファン効率を求めると 0.5 程度となった。

表 1 20000 rpm 付近でのデータ

真空槽圧力:	19.3 kPaA
1 段回転数:	17960 rpm
2 段回転数:	19550 rpm
1 段入口圧力:	19.8 kPa
2 段出口圧力:	21.3 kPaA
1 段入口温度:	279.3 K
2 段出口温度:	292.1 K
オリフィス直前圧力:	21.4 kPaA
オリフィス径:	70 mm
ファン通過流量:	0.125 kg/s
1 段バッテリー電圧	54.9 V
2 段バッテリー電圧	54.8 V
1 段バッテリー電流	*
2 段バッテリー電流	15.0 A

\*不具合によりデータ欠落

## 4. まとめ

電動モーター駆動反転ファンの試験装置を構築し、その空力特性を取得した。定格回転数の 1/2 回転数において流量 0.125 kg/s、圧力比 1.07、効率 0.5 程度を確認した。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] Ryojiro Minato, et. al., “Development of Counter Rotating Axial Fan Turbojet Engine for Supersonic Unmanned Plane,” AIAA2007-5023, 2007.
- [3] J. L. Kerrebrock, et. al., “Design and Test of an Aspirated Counter-Rotating Fan,” *Journal of Turbomachinery*, Vol. 130, Issue 2, 2008.