

小型直流ファンの振動特性

吉田, 達也 / NAGAMATSU, Akio / 岩原, 光男 / IWAHARA, Mitsuo / YOSHIDA, Tatsuya / 長松, 昭男

(出版者 / Publisher)

法政大学情報メディア教育研究センター

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学情報メディア教育研究センター研究報告

(巻 / Volume)

23

(開始ページ / Start Page)

131

(終了ページ / End Page)

134

(発行年 / Year)

2010-06-01

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00006918>

小型直流ファンの振動特性

VIBRATION CHARACTERISTICS OF SMALL DIRECT CURRENT FAN

吉田 達也¹⁾ 長松 昭男²⁾ 岩原 光男²⁾
Tatsuya Yoshida, Akio Nagamatsu, Mitsuo Iwahara

¹⁾ 法政大学大学院工学研究科機械工学専攻修士課程
²⁾ 法政大学理工学部機械工学科

The object of this research is three kinds of small direct current fan. The causes of the vibration under operation in a small direct current fan are an unbalance and a pressure fluctuation. The vibration is a big problem in the use environment of a small direct current fan, and the vibration reduction of a small direct current fan and the evasion of the resonance are requires. In this paper, the vibration phenomenon of a small direct current fan was analyzed while operating, and the spectrogram of the object was obtained. The phenomenon was understood by the Experimental Modal Analysis and Finite Element Method.

Keywords : Modal Analysis, Direct Current Fan

1. 緒言

ファンモータはシンプルで利用範囲が広く、取り付け形態が比較的コンパクトであり、市場流通性が高く安価であるなどの特徴が挙げられる。ファンモータの用途としては、制御機器や機械・電子機器の冷却、装置内部などの内部で発生する熱の外部排出、内部冷却、空気の循環などに使用される。また高熱が発生する特定の場所に設置し、局所冷却にも使用されており、コンピュータではCPUや電源に設置され、自動車ではエンジン部に設置される。

稼働中は圧力変動が生じることや、不釣り合いにより、振動が発生してしまうことから共振破壊現象が発生することがあり、軸部は共振破壊が特に発生しやすい部位であるということが分かっている。そこで、小型直流ファンモータの低振動化と、共振現象の回避が求められている。

本研究ではφ80の小型直流ファンモータを対象とし、このファンの振動現象の解析を実験モード解析により行い、運転時における実稼動解析を行なった。実験と同時に、3次元モデルを入手し、Hyper Meshによるモデル化とNASTRANによる有限要素法の固有値解析を行った。

Fig. 1a に実験対象であるファンの全体を示す。
Fig. 1b に軸部を示す。



Fig.1a Small direct current fan



Fig.1b shaft

2. 実験モード解析

実験モード解析とは、振動試験で測定した加振力と応答の実験データを分析することによって、固有振動数、固有モードおよび減衰の大きさを明らかにすることである。流れとしては振動試験で得た加振力と応答の測定結果から、信号処理によって周波数応答関数を求め、さらにモード解析の理論を用いてモード特性を同定する。今回は加振点移動法を用い、応答測定にはレーザードップラ振動計及び加速度ピックアップを使用した。次の二通りの自由支持状態を指示方法として実験を行った。

- ① スポンジの上に置いた場合
- ② ゴムで吊るした場合

Fig. 2 に凹凸のあるスポンジの上に置いた状態の写真を、Fig. 3 にファンモータの周波数応答関数を示す。同様に、Fig. 4 にゴムで吊るした状態の写真を示し、Fig. 5 に周波数応答関数を示す。Fig. 3, 5 共に、50[Hz]以下にピークがあるが、固有モード形状を見たところファンモータ全体が振動している剛体モードが見られた。

Fig. 6 にファンモータの固有モード形状を示す。さらにTable 1 にファンモータの固有振動数及び固有モード形状を示す。実験モード解析より、1次固有モード形状は直径方向の節1本でファンが傾くモード形状、2次固有モード形状は中心以外がモーターの軸方向に振動するモード形状であることがわかった。

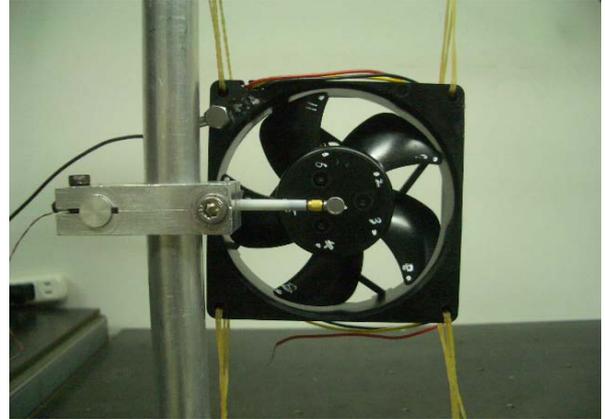


Fig.4 Test environment (Rubber hanging)

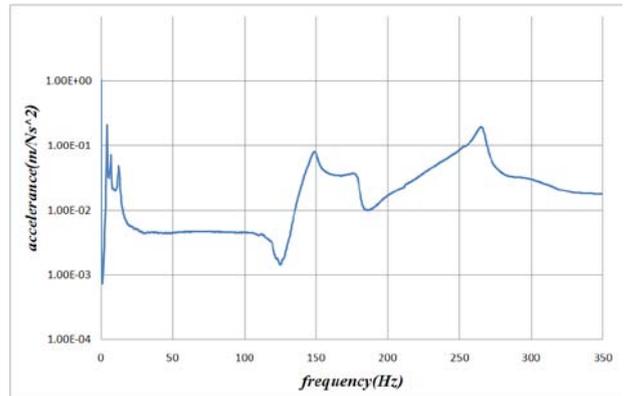


Fig.5 Frequency response function of fan (Rubber hanging)



Fig.2 Test environment (sponge support)

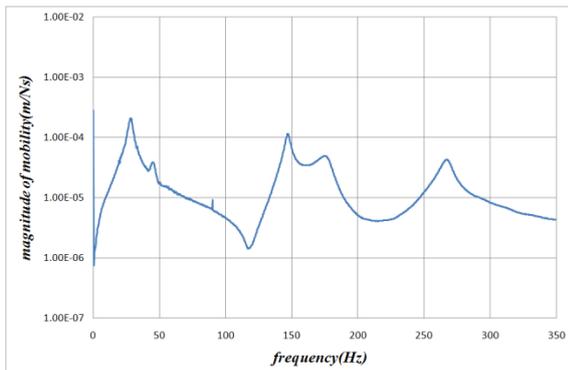
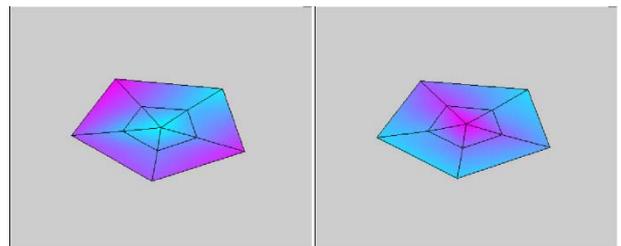


Fig.3 Frequency response function of fan (sponge support)



1st Mode 2nd Mode

Fig.6 Modal shapes of fan

Table 1 Characteristic frequency and eigenmode shape

Mode	First	First symmetry	Second
natural frequency(sponge)	140.5[Hz]	168.9[Hz]	253.4[Hz]
natural frequency(rubber hanging)	146.2[Hz]	171.5[Hz]	256.2[Hz]
modal shape	⊗	⊗	⊙

3. 実稼働解析

(1) 回転試験

実稼働解析では、機械を稼働させている状態において、測定した振動データから実稼働時の振動特性を求める。

ファンをスポンジの上に乗せ自由支持状態にし、回転数を 4200, 4800, 5100[rpm]と三通り変化させ実験し、同時に回転数を 2400[rpm]から 5100[rpm]まで徐々に上昇させて測定した。

Fig. 7 に各回転数の周波数応答関数を示し、Fig. 8 にスポンジ上に乗せた状態でのファンモータのスペクトログラムを、Fig. 9 にゴムで吊るした状態のファンモータのスペクトログラムを示す。スペクトログラムは、色が濃くなるにつれ大きい振動が発生していることを示す。Fig. 8, 10 では共に一次の回転起振力で最も大きい振動が発生していることがわかる。

Fig. 8 では、一次回転起振力での 4500[rpm]付近が最も赤く、大きい振動が発生していることがわかる。実験モード解析の結果から 75[Hz]付近の固有モード形状を見たところ、ファン全体が軸方向に振動している剛体モードが見られた。Fig. 10 でも一次回転起振力において大きい振動が発生しているが、Fig. 8 のように一か所にピークがある場合とは違い、一次回転起振力による共振が発生していない。この事からも、このモード形状がファン固有の振動ではなく、スポンジの影響によるものと推測される。

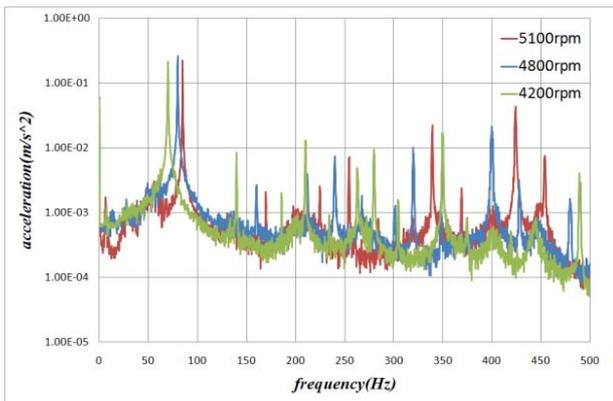


Fig.7 Frequency response function of fan (sponge support)

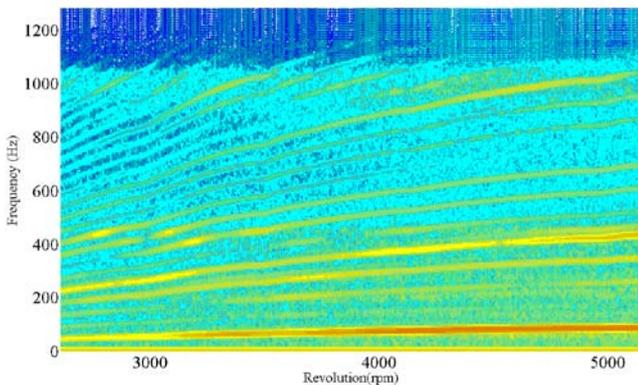


Fig.8 Results of spectrogram (sponge support)

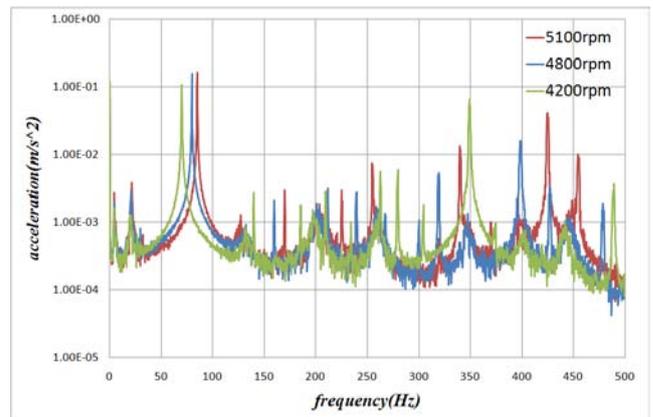


Fig.9 Frequency response function of fan (Rubber hanging)

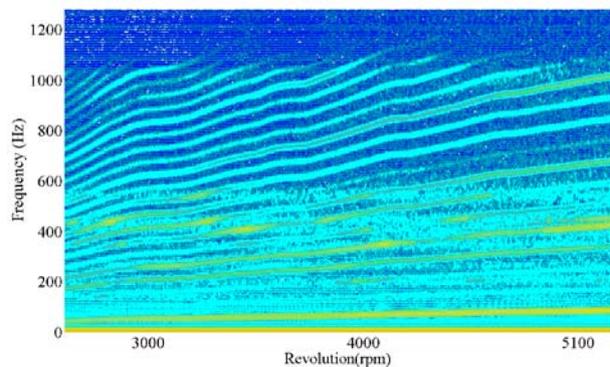


Fig.10 Results of spectrogram (Rubber hanging)

(2) 歪ゲージを用いた回転試験

ファンモータの羽根部分に半導体歪ゲージを貼り、回転中のファンモータの振動特性を調べた。

使用した有限要素モデルを Fig. 11 に示し、NASTRAN を利用した計算モード解析の結果を Fig. 12 に示す。Fig. 12 からファンの羽部分と中心部分に高い応力がかかっていることがわかったので、歪ゲージは羽の付け根部分に貼り測定をした。ファンの中心棒部分にはファンの構造上、歪ゲージの貼付が不可能であったため、実験をすることが出来なかった。

回転数は 3400, 4000, 4500[rpm]と三通り変化させて実験をした。5100[rpm]で測定を試みたが、計測器の測定範囲を超えてしまい、測定は不可能であった。

Fig. 13 に実験風景を示し、Fig. 14 に代表的に 3400[rpm]での周波数応答関数を示す。3400rpm はおよそ 57rps であり、Fig. 14 において 57[Hz]の倍数でのピークは回転次数成分であり、それを除いた状態では、156[Hz], 200[Hz], 256[Hz]でピークが見られる。1次モードである 156[Hz]での歪の大きさよりも2次モードである 256[Hz]での歪の大きさのほうが大きい結果となった。これはファンの固有モード形状による影響と思われる。



Fig.11 FEM model

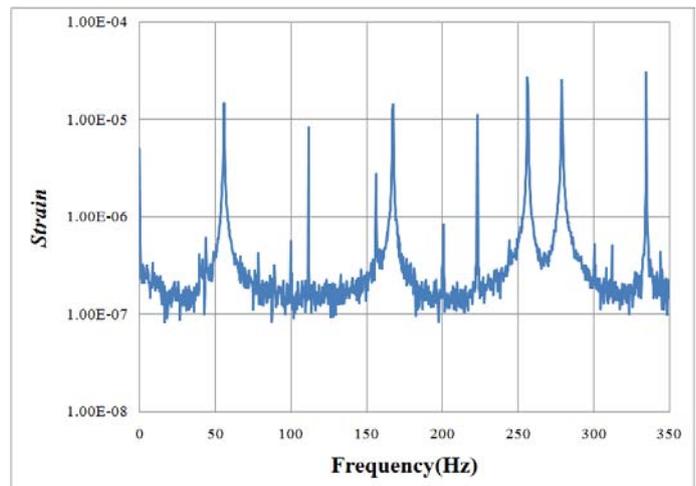


Fig.14 Frequency response function of fan

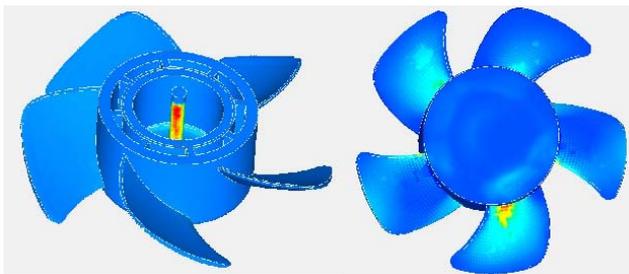


Fig.12 Analytical result

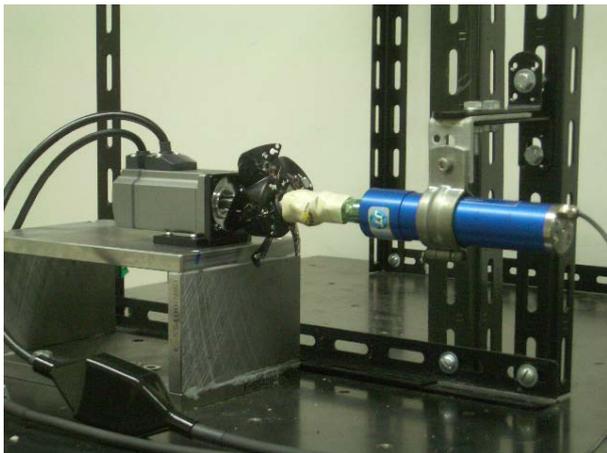


Fig.13 Test environment

4. 結言

実験モード解析により、小型直流ファンモータのモード特性を同定することが出来た。

実稼働試験の結果より、一次回転起振力により最も大きい振動が発生していることがわかった。四次回転起振力においても大きい振動が発生しているが、ファンに内蔵されている四つのコイルの励磁により、回転の四倍の振動数で大きい力が表れていることがわかった。

ゴムで吊るした状態でのファンモータのスペクトログラムでは、一次回転起振力による共振は発生していないことがわかった。

ファンモータの羽根つけ根部にかかる歪は、1次モードよりも2次モードの歪が大きいことがわかった。これはファンモータの固有モード形状による影響と考えられる。

参考文献

- [1]長松昭男, "モード解析入門", コロナ社, 1993.
- [2]原文雄, "機械力学", 褒華房, 1988.
- [3]日本機械学会, "機械工学便覧", 丸善 2004.