

21206 IT機器冷却用ファンの静音化および音質向上(振動・騒音(2))

NAGAMATSU, Akio / TAKIHARA, Tomoko / IWAHARA, Mitsuo / 瀧原, 朋子 / MINORIKAWA, Gaku / KOBITA, Takeshi / 小比田, 武 / 御法川, 学 / 長松, 昭男 / 岩原, 光男

(出版者 / Publisher)

日本機械学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 / 日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集

(号 / Number)

11

(開始ページ / Start Page)

433

(終了ページ / End Page)

434

(発行年 / Year)

2005-03-17

21206 IT 機器冷却用ファンの静音化および音質向上

Noise Reduction and Improvement of Sound Quality of Small Fan for Information Devices

○小比田 武(法政大院) 御法川 学(法政大) 長松 昭男(法政大)
岩原 光男(法政大) 瀧原 朋子(法政大)

Takeshi KOBITA, Graduate school of Hosei University, 3-7-2, Kajinocho, Koganei-shi, Tokyo
Gaku MINORIKAWA, Akio NAGAMATSU, Mitsuo IWAHARA and Tomoko TAKIHARA, Hosei University

The present study is an attempt to improve sound quality of small fan used for information technology devices. Small axial fans having different number of impellers were designed and manufactured by rapid prototyping method. Noise from fan at partial flow rate was measured by using a plenum chamber which is quarter size of ISO 10302 and dummy head microphone. A paired comparison method was done for jury test and results were compared with sound quality metrics. It was found that degree of noisiness had positive correlation to loudness and annoyance, and negative to sharpness and articulation index.

Key words: Small fan, Sound quality, Paired comparison, Jury test, Rapid prototyping, Plenum chamber

1. 緒言

近年の IT (Information Technology) 技術の急速な進化により、パーソナルコンピュータに代表される IT 機器が一般家庭に広く浸透している。IT 機器冷却用として使用されている小型ファンが発生する音圧レベルは騒音公害を引き起こすほど大きくないが、オフィスや居間といった暗騒音が小さな静穏な環境下で使用されること、また音源が受音点(耳の位置)に近いことなどから、耳障りな騒音として問題になっている。本研究では、ファン静音化のための指針を得るために、ファン回転数および羽根枚数と騒音レベルの関係を調べ、音源特性を把握する。さらに、被験者による官能試験および音質評価パラメータによる音質評価を行い、耳障りな騒音成分とファン設計因子の関係を明らかにする。

2. 実験装置および方法

2.1 供試ファン

本実験で使用するファンは、羽根車外径 $D=90\text{mm}$ 程度の市販の小型軸流ファンをベースに、羽根車部分のみを交換できる構造になっている。まず基本設計によって羽根の取り付け角度と羽根枚数を決定した。羽根の断面形状は翼型を採用した。続いて 3 次元 CAD (Solidworks) により詳細モデリングを行い、前進角や翼先端の丸みを与えた。試作は Rapid prototyping (光造形) により行った。供試ファンは発生音の音質を変えるため、まず羽根枚数 Z を 3~7 枚と変化させてある。また比較用として、市販されている製品 ($Z=5$) を選択した。

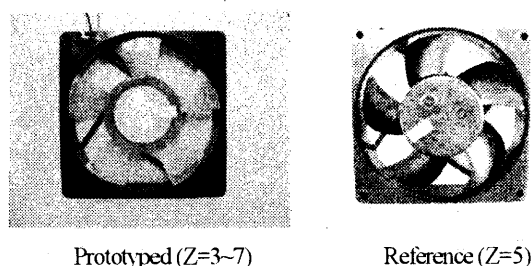


Fig.1 Tested fan

2.2 性能試験

供試ファンの性能測定は、ダブルチャンバー方式の試験装置を用いて行い、流量-静圧特性を求めた。図 2 にダブルチャンバー実験装置の概観を示す。ここで得られた特性曲線から、後の騒音計測、音質評価を行うためのファンの動作点を決定した。

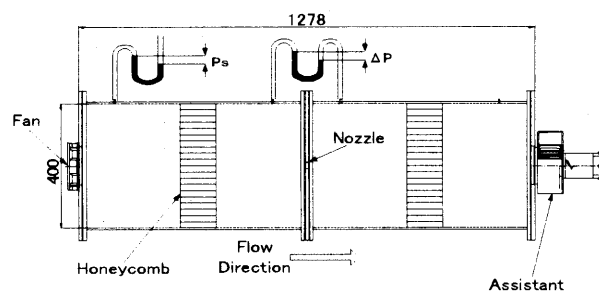


Fig.2 Experimental setup for performance measurement

2.3 騒音計測

ファンの実際の運転では、無負荷状態で使用することはほとんどなく、部分風量状態となる。そこで、部分風量状態を再現するために、図 3 に示すプレナムチャンバー装置を用いた。ここでは供試ファンが小型のため、ISO10302 に示されている装置の 1/4 サイズとした。プレナム表面は音響透過するフィルムにより密閉されており、後ろにセットされた風量調節スライダにより風量点を調整する。スモールファンには電圧を変えられる電源を用い、任意の回転数における騒音をバイノーラル録音した。実験装置概要を図 4 に示す。

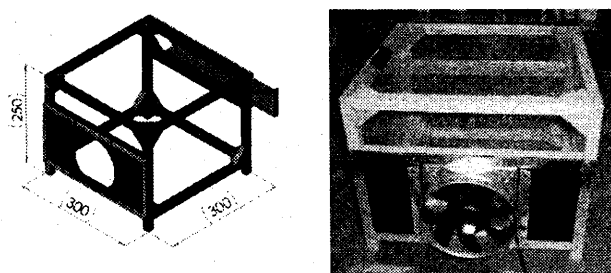


Fig.3 Plenum chamber for noise measurement

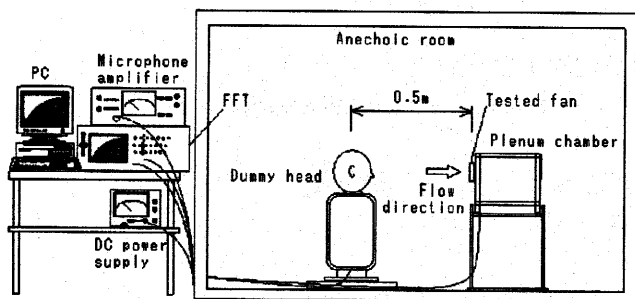


Fig.4 Setup for acoustic measurement

2.4 音質評価

音質評価の方法としては、一対比較法を採用し、普段からスモールファンの音を聞いている被験者(成人男性 12 人, 成人女性 4 人)を対象に、「基準音に対して比較音がどれくらい耳障りか」を 5 段階評価させた。サンプル音は各供試ファンの同一風量点の騒音 6 個とし、音圧レベルを一定にしてランダムに提示した。分析法はシェッフェの法を変形した浦の変法を用い、基準音と比較音を入れ替えた場合の順序効果の影響も考慮した。の加えて、各種の音質評価パラメータ(ラウドネス、ラフネス、シャープネス、変動強度など)を用い、官能試験結果との相関解析を行った。

3. 実験結果

3.1 性能試験

供試ファンの風量-静圧特性の測定結果の一例を図 5 に示す。全ての供試ファンにおいて、中間風量域において流量に対して静圧が変化しない領域があり、ほぼ右下がり特性を示した。また、今回の設計においては、羽根枚数が増加すると、性能がより大きく向上した。これは、羽根 1 枚の大きさを変えていないためと考える。

3.2 騒音計測

図 6 はファン回転数約 3000rpm における有負荷状態(風量比 100%)の騒音スペクトルの一例である。Z=4 では 200Hz 付近、Z=7 では 350Hz 付近において卓越成分である翼通過周波数音が存在するのが確認でき、耳障りな騒音成分に影響を与えていると考えられる。

3.3 音質評価

図 7 は音質評価を行い、各サンプル音の平均嗜好度をまとめたものである。数値は耳障りか否かについての 5 段階評価を+1.0~-1.0 で正規化してある。Z=4 と Z=7 を比較した場合、卓越成分が大きい Z=4 の耳障り感が大きくなっている。また、音質評価パラメータとの相関を表 1 に示す。ラウドネス、アノイアンスは平均嗜好度との正の相関が強く、比例関係にあることがわかる。逆に、明瞭度とシャープネスは負の相関が強いことも見受けられる。

4. まとめ

音質の異なるスモールファンを製作し、官能試験によって音質評価した。その結果、卓越成分が大きな場合に耳障り感が強くなることが確認できた。また、各種の音質評価パラメータと耳障り感との相関も見出された。今後は、ファンの設計パラメータが音質に及ぼす影響について詳細に調べ、設計とリンクした静音化および音質向上を図ってきたい。

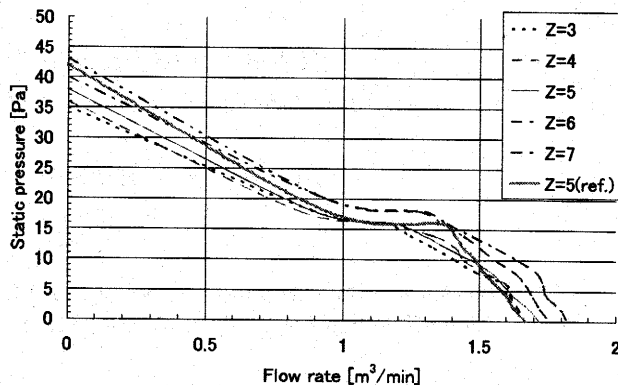


Fig.5 Performance characteristics of tested fans

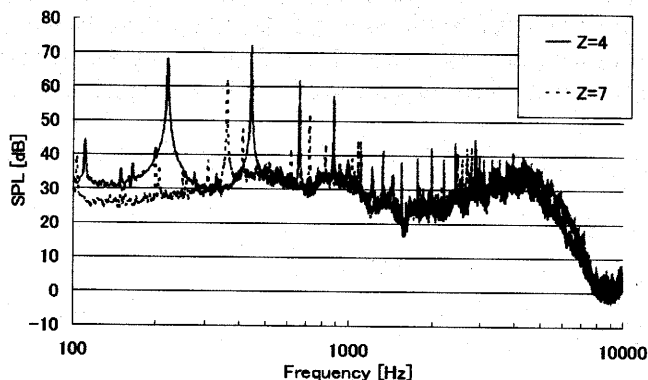


Fig.6 Noise spectra of tested fans

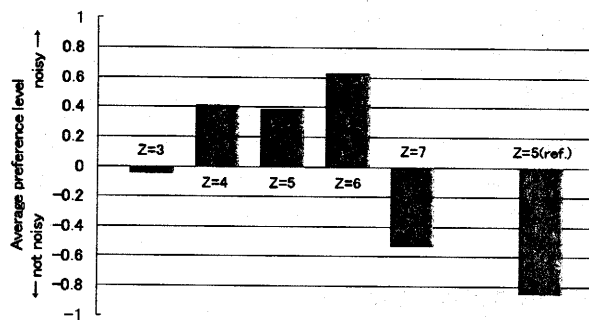


Fig.7 Result of jury test

Table.1 Correlation coefficient to metrics

	Correlation Coefficient
Loudness	0.95
Sharpness	-0.84
Fluctuation Strength	0.12
Tonality	0.48
Roughness	0.47
Unbiased Annoyance	0.94
Articulation Index	-0.99

参考文献

- 1) AMCA Standard 210-85 (1988)
- 2) ISO 10302 "Method for the measurement of airborne noise emitted by small air-moving devices" (1996)
- 3) 原田幸夫: 流体機械 SI 単位版, 朝倉書店 (1986)
- 4) 難波精一郎, 桑野園子: 音の評価のための心理学的測定法, コロナ社 (1998)
- 5) 日科技連: 官能検査ハンドブック, 日科技連 (2002)