The Japan Society of Mechanical Engineers

409 ジェットファンの騒音低減化に関する研究

Noise Reduction for Jet Fan

○学　木下　朋行（長崎大）　正　児玉　好雄（長崎大）　正　林　秀千人（長崎大）
正　村山　将（松下精工）　正　近藤　重樹（松下精工）　正　山口　英告（松下精工）
T.KINOSHITA , Y.KODAMA , H.HAYASHI , Nagasaki University, Bunkyo-machi 1-14, Nagasaki
M.MURAYAMA , S.KONDOU , H.YAMAGUCHI , MatushitaSeikou.Co.Ltd.

Key word : Fluid machine,Fan,Two-stage Roter Fan,Fan Noise,Discrete Frequency Noise

1 緒言

ジェットファンはトンネル天井アーチ部に吊り下げられ、トンネル内を軸方向に換気する送風機である。長所として、吐出し方向をトンネル内の風向きに応じて変えることができ、効率的な運転が可能、他の換気方式と比較して設備費がかからず経済的、交通の増加に伴うシステムの増設が容易、などが挙げられる。近年、その高度利用を図るためファンの高性能化が期待されている。

このファンはトンネル内の風向きに応じて自由に吐出し方向を変える必要があるため、ファン内部に設置した電動機１台で２個の動翼を回転させるような構造をとっている。また、ジェットファン内部には整流効果と剛性を高めるためハブコーン（以下ではこれをハブと呼ぶ）が取り付けられており、動翼同士、ハブと動翼との干渉が騒音特性に大きな影響を与え、トンネル内において歩行者やドライバーに不快感を与えることが問題となっている。このような背景に立脚して本研究では、ファンの翼枚数が騒音特性に与える影響について研究を行った。

2. 実験装置及び方法

図1はジェットファンの実験装置の概略を示したものである。全長2250mm、内径630mmの軸流送風機である。電動機1台、動翼2個、ベルマウスが出入口にそれぞれ1個づつ設置された構造になっている。この図は一段目動翼前方及び、二段目動翼後方にハブを設けた状態を示したものである。ハブは4方向に8枚の支持板によって固定されており、空気流の剥離や渦流発生の少ない形状になっている。駆動電動機は三相交流誘導電動機であり、インバータによる電源周波数変換によって回転数を変換するようになっている。また、電動機は送風機内部に設けられ、90° 間隔に4枚の支持板二段によってケーシングに固定されている。主軸は電動機と一体になっているため駆動力は電動機から直接動翼に伝達され、2個の動翼を同一方向に回転させている。空気は入口側ベルマウスより流入し、ハブ外壁と円管ダクト内壁の二重円筒状の環状流路を流れ、一段目動翼を通過し旋回しながら二段目動翼を通過した後、管出口に向かって流出する。

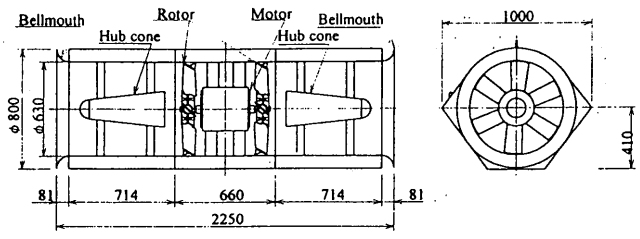


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

本研究においては動翼間や、動翼とハブ、モーター支持板との影響を明らかにするため、動翼二段と上流側動翼のみの単段で行った。また動翼は翼枚数が5，6，7枚翼の3種類について実験を行った。

騒音測定は送風機軸中心上のベルマウス端から上流1.5mの点（遠距離場）で行い、この出力信号をFFTアナライザで周波数分析することで騒音スペクトル分布を求めた。

3. 実験結果及び考察

ジェットファンにおける騒音は離散周波数騒音が支配的である[1]。その離散周波数騒音の発生原因として、動翼間の干渉、動翼と支持板との干渉が考えられる。ここでジェットファンのダクト内における減衰を表すモード数の式を次に示す[2],[3],[4]。

$$m = nB + kV \qquad (1)$$

ここで、n：高調波次数
B：動翼枚数
k：整数
V：支持板または動翼枚数

このモード数が$m=0$の場合、平面波であり、この音は管内では減衰しないで伝播する。したがって$m=0$とならない組み合わせが必要である。一方、$m\neq 0$の場合には、干渉騒音の音圧レベルはmに比例して減衰するのでmが出来るだけ大きくなるように動翼間、または動翼と支持板の枚数の組み合わせに注意しなければならない。

通常状態ではジェットファンは一段目と二段目動翼枚数は共に6枚である。この場合、動翼間の干渉モードは$m=0$となり管内では減衰しない騒音が発生する[3]。したがって動翼枚数は5枚、7枚のような組み合わせが必要になる。

図2に動翼二段の最大流量点における騒音スペクトル分布を示している。図中の実線は一段目、二段目共に6枚翼を、点線は一段目が5枚翼、二段目が7枚翼の場合である。6-6枚翼に比べ、5-7枚翼では離散周波数騒音が低下しているため、全帯域騒音はL特性で約2dB低下している。このことは、一段目動翼から発生した後流を二段目動翼が切断することによって干渉が生じたものと考えられる。この場合における動翼間の干渉騒音のモードは、5-7枚翼に関しては高調波次数$n=1$で$m=2$、$n=2$で$m=3$となるので、多少離散周波数騒音が減少したものと考えられる。しかし、5-7枚翼においても離散周波数騒音は顕著に表れている。このことから動翼間の干渉によるもの以外にハブ支持板、モーター支持板の影響が考えられる。

図3は上流側のみの動翼単段の最大流量点における騒音スペクトル分布を示したものである。実線は動翼枚数が6枚の場合を、点線は5枚、破線が7枚の場合を示している。全帯域騒音は6枚翼に比べ、5枚翼、7枚翼の場合はそれぞれ約2dB程度低下している。離散周波数騒音においては、特に高調波次数$n=2$において大きな低減が見られる。これは動翼

日本機械学会講演論文集　No．００８－２〔’００－７－８，九州支部大分地方講演会〕

NII-Electronic Library Service

The Japan Society of Mechanical Engineers

-支持板間の干渉騒音のモード数が、6枚翼においては$m=0$であるのに対して、5枚翼、7枚翼では$m=2$となるためであると考えられる。よって離散周波数騒音の発生には、動翼とハブ支持板の干渉が影響しており、干渉騒音をおさえるために動翼枚数とハブ支持板の枚数を調整する必要がある。次に動翼とモーター支持板との干渉について考える。

図4に動翼単段の最大流量点における騒音スペクトル分布が示されている。ここでは動翼とモーター支持板との干渉について調べるためにハブははずしている。図4の実線は6枚翼を、点線は5枚翼を、破線は7枚翼の結果を示している。全帯域騒音を見ると全ての動翼枚数においてあまり変化はない。離散周波数騒音に関しては、基本周波数$(n=1)$において、5枚翼で大きな低下が見られるが、それ以外の高調波$(n=2,3,4)$においてはそれほど変化は見られない。動翼とモーター支持板間の干渉においてはモード数の関係より二次の高調波で大きな減衰が見られるはずだが、実際はあまり変化は見られないため、モーター支持板との干渉騒音はそれほど影響はないものと思われる。

図5はジェットファン流入口における流入速度の周方向速度分布を示したものである。○は動翼から90mm、○は動翼から349mm、△は動翼から679mmである。測定は半径230mmにおいて行った。横軸は円周方向の角度を示し、0°を真上として、ジェットファン上流側から見て半時計回りに0°、10°、20°としている。縦軸は速度比を示している。この図から全ての軸方向測定位置において周方向に流速の変化しているのが見られる。つまり、流入側から見てジェットファン流入口においては左半分は流速が遅く、右半分は速い。このことより動翼入口偏流が一次のモードを持っていると考えられる。これは、動翼上流に静翼が一枚ある$(V=1)$のと等価であり、その結果どのような動翼枚数でも、どの高調波においても干渉騒音のモードが$m=0$となり管内で減衰しない音が発生することになる。これが動翼枚数に関わらず、離散周波数騒音が発生した原因である。

4. 結言

1. 一段目動翼と二段目動翼の翼枚数を同数にすると動翼間の干渉による管軸方向に減衰しない$m=0$のモードの干渉騒音が発生する。したがって一段目と二段目の動翼枚数を等しくしてはならない。
2. 周方向に1次のモードを持った入口偏流が発生すれば、翼枚数にかかわらずいかなる次数の高調波においても$m=0$のモードが発生する。そのため、偏流の発生を制御する必要がある。
3. 動翼枚数を5-7枚にすることによって、6-6枚に比べ全帯域騒音を約2dB低減させることができる。また、ハブをはずすことによってさらに約5dB低減させることができる。

参考文献

[1] 村山将、他4名、機講論,No.99-7(1999),67
[2] Tyler,J.M. and Sofrin,T.G : SAE Trans,70-309(1962)
[3] 妹尾泰利、児玉好雄、機論,39-320(1973),1246
[4] 児玉好雄、他3名、機論,60-576,B(1994),2764

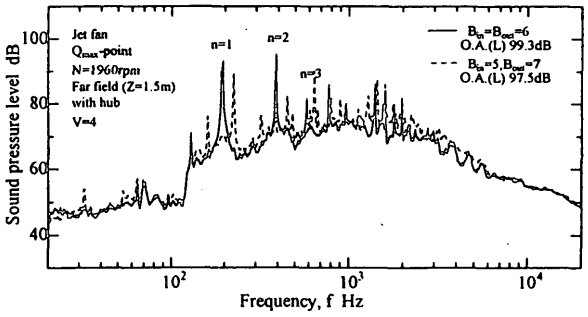


Fig.2 Spectrum distributions of two-stage fan noise
(Effect of number of blades,Effect of hub cone)

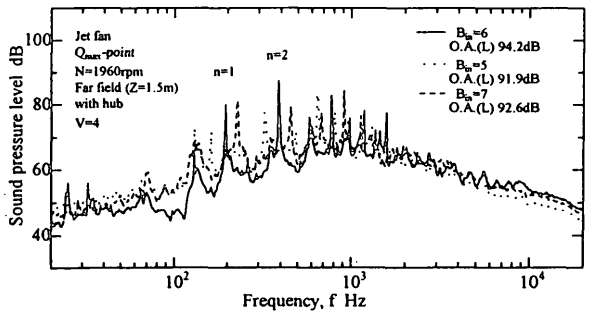


Fig.3 Spectrum distribution of single-stage fan noise
(with inlet hub cone)

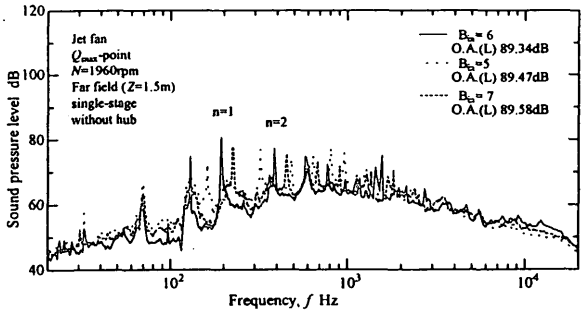


Fig.4 Spectrum distributions of single-stage fan noise
(without inlet hub cone)

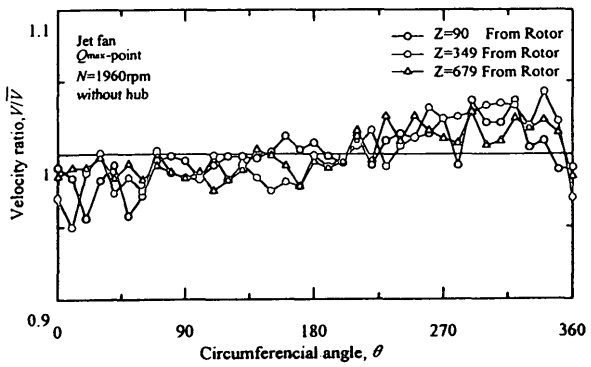


Fig.5 Circumferencial distributions of the inlet velocity ratio
(without hub cone,single-stage)

NII-Electronic Library Service