

スクロールレス遠心ファンの空力特性と騒音に関する研究\*  
(インデューサの影響)児玉好雄\*<sup>1</sup>, 荻野和郎\*<sup>2</sup>, 林秀千人\*<sup>1</sup>  
高口剛\*<sup>3</sup>, 大森和也\*<sup>2</sup>Characteristics of Aerodynamics and Noise  
for a Centrifugal Fan without Scroll Casing  
(Effects of Inducer)Yoshio KODAMA\*<sup>4</sup>, Kazuo OGINO, Hidechito HAYASHI,  
Tsuayoshi KOUGUCHI and Kazuya OOMORI\*<sup>1</sup> Department of Mechanical Systems Engineering, Nagasaki University,  
1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki-shi, Nagasaki, 852-8521 Japan

The characteristics of aerodynamics and noise for a centrifugal fan with inducer were investigated by comparison with the fan without inducer. The noise generated by these two kinds of fan consists of the discrete frequency noise and the turbulent noise. The discrete frequency noise can be controlled by some method. Therefore, the noise radiated from the centrifugal fan without scroll casing is mostly the turbulent noise. The noise level radiated from the fan with inducer is similar to that of without inducer. In relation to the aerodynamic characteristics, such as the pressure and the fan efficiency, the former is higher than the latter. Then the specific noise level of the former is lower than that of the latter over the wide flow rate. Therefore, the centrifugal fan with inducer is superior to that without inducer. We predicted the sound pressure level of the turbulent noise with the help of predicted width of wake and inlet relative velocity. The agreement between the predicted values and measured values of the sound pressure level agreed well in the range about  $\pm 3$  dB within the limits of this experiment.

**Key Words:** Fluid Machine, Centrifugal Fan without Scroll Casing, Turbulent Noise, Inducer, Internal Flow

## 1. 緒 言

遠心送風機は高圧力, 低流量の送風機として工場や一般家庭に数多く用いられている。遠心送風機の騒音に関して, これまでに翼形状と騒音の関係を調べて騒音の低減化を図った研究<sup>(1)(2)</sup>, 遠心プロワの騒音に及ぼすハウジングの影響に関する研究<sup>(3)</sup>, 翼通過周波数騒音の相似則に関する研究<sup>(4)</sup>, 横流ファンの騒音の低減化に関する研究<sup>(5)(6)</sup>, 多翼ファンの騒音発生源とその発生機構に関する研究<sup>(7)</sup>, 翼付き多層円板ファン<sup>(8)</sup>や多翼ラジアルファン<sup>(9)</sup>の乱流騒音の流量特性と音圧レベルの予測に関する研究などがなされている。

遠心ファンの新しい用途としてスクロールケーシングのないファン, すなわちスクロールレス遠心ファンが工場やオフィス等で用いられている。この種のファン騒音に関して, 児玉らは騒音の予測式を導入し, これが全帯域乱流騒音の L, A 特性のいずれにおいても

精度よい予測を与えることを明らかにしている<sup>(10)</sup>。

このようなスクロールケーシングのないファンの一つにクリーンルームなどの工場でモジュールとして天井に埋め込まれたものがある。この機器は機器自体の重量低減化と小形化がなされている。一方で, 所要の流量と圧力を得るために比較的高圧の遠心ファンが用いられる傾向がある。

騒音の面から回転数を抑えて圧力を得る方法として, 主羽根の入口にインデューサを設置する方法が試みられている。これを利用したものとしては, ポンプやターボチャージャがあるが, インデューサ付き遠心ファンの空力特性と騒音の両特性を議論した研究はほとんどないように思われる。

上述の背景に立脚して本研究では, 後退翼を有するインデューサなしファンとインデューサ付きファンの2種類の遠心ファンを用いて空力特性と騒音特性の実験を行った。さらに, 音圧レベルの L 特性と A 特性の予測を行い, 実験値と比較して予測式の妥当性について検討した。

\* 原稿受付 2002年1月9日。

\*<sup>1</sup> 正員, 長崎大学工学部 (☎ 852-8521 長崎市文教町 1-14)。\*<sup>2</sup> 正員, 松下精工(株) (☎ 486-8523 春日井市鷹来町 4811)。\*<sup>3</sup> 長崎大学大学院。

E-mail: ykodama@net.nagasaki-u.ac.jp

## 2. おもな記号

- $a_0$ : 音速 m/s  
 $B$ : 動翼枚数  
 $C$ : 主羽根の翼弦長 m または mm  
 $D$ : 相対座標系における後流の幅 m または mm  
 $D_a$ : 絶対座標系における後流の幅 m または mm  
 $D_1$ : 羽根車内径 m または mm  
 $D_2$ : 羽根車外径 m または mm  
 $E$ : 音響出力 W  
 $f$ : 周波数 Hz  
 $g$ : 重力の加速度  $m/s^2$   
 $h_1$ : 主羽根入口のスパン長さ mm  
 $h_2$ : 主羽根出口のスパン長さ m または mm  
 $K_s(A)$ : A 特性の音圧レベルに基づく比騒音レベル dB  
 $L$ : 電動機入力 W または kW  
 $n$ : 高調波の次数  
 $N$ : 回転数 rpm  
 $(\bar{p}^2)^{1/2}$ : 音圧の二乗平均値 Pa  
 $p_0$ : 最小可聴音圧 Pa  
 $P_T$ : 全圧 Pa  
 $Q$ : 流量  $m^3/s$   
 $r$ : 音源と観測点間の距離 m  
 $SPL(A)$ : A 特性の音圧レベル dB  
 $SPL(L)$ : L 特性の音圧レベル dB  
 $t$ : 時間 ms  
 $u_2$ : 主羽根出口の周速度 m/s  
 $V_{a2}$ : 主羽根出口における軸方向速度 m/s  
 $W$ : 代表相対速度 m/s  
 $W_2$ : 主羽根出口における相対速度 m/s  
 $z$ : スパン方向の距離 m または mm  
 $\beta_2$ : 主羽根出口における流出角 °  
 $\gamma_1$ : 主羽根入口角 °  
 $\gamma_2$ : 主羽根出口角 °  
 $\eta$ : ファン効率  
 $\xi$ : 主羽根の取付角 °  
 $\rho$ : 空気の密度  $kg/m^3$   
 $\lambda$ : 動力係数  
 $\phi$ : 流量係数  
 $\psi$ : 全圧係数  
 $\psi_s$ : 静圧係数

## 3. 乱流騒音の基礎式

送風機から発生する騒音は、羽根車の上流に障害物がないような場合は主として羽根後縁から放出される渦に起因する。この騒音の音響出力  $E$  は式(1)で与えられる<sup>(11)~(14)</sup>。

$$E = \pi B \rho f D W^6 dz / (2400 a_0^3) \dots\dots\dots (1)$$

ここで  $B$  は動翼枚数、 $\rho$  は空気の密度、 $D$  は後流の幅、 $W$  は相対速度、 $z$  はスパン方向の距離、 $a_0$  は音速である。

本研究のクリーンモジュールユニットに内蔵されているファンの場合のように、装置の入口と出口が近接している場合の音響出力  $E$  と観測点の音圧  $p$  とは次のように関係付けられる<sup>(9)(10)</sup>。

$$E = 4\pi r^2 \bar{p}^2 / 3(\rho a_0 \cos^2 \theta) \dots\dots\dots (2)$$

ここで  $r$  は音源と観測点との距離で、実際には入口ノズル端、またはフィルタ端からマイクロホンまでの距離を用いている。また、 $\theta$  は音源を中心としてファンの軸中心と観測点とのなす角で、本実験では  $0^\circ$  である。以上の関係をもとに、次式より観測点の音圧レベル ( $SPL$ ) が求まる<sup>(9)(10)</sup>。

$$SPL = 10 \log_{10}(\bar{p}^2 / p_0^2) \dots\dots\dots (3)$$

ここで  $p_0$  は最小可聴音圧で  $0.00002$  Pa である。

なお、本研究では A 特性における音圧レベルの予測も行っている。この予測に際しては文献(10)に述べている予測法を用いた。

## 4. 実験装置および方法

図1はクリーンモジュールユニット(CMUと略記)の実験装置の概要を示したものである。吸込側には入口ノズルが取付けてあり、その上流側には危険防止用の金網が設けられている。入口ノズルに流入した流れはインデューサを通して主羽根に入る。この羽根で転向されて、加速されながら羽根車から流出する。羽根

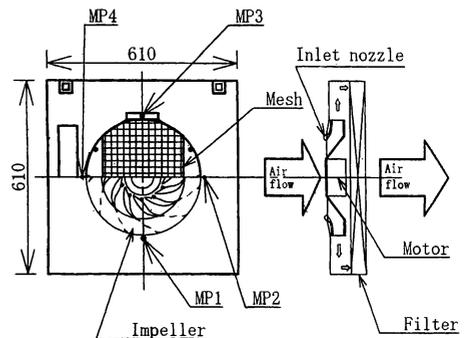


Fig. 1 Experimental apparatus

車を出た流れは壁面に衝突した後、角度を転向して下流側に設けられたフィルタを通り、機外へ流出する。なお、この機器の寸法は縦が610 mm、横が610 mm、高さが140 mmである。流動様相の計測は羽根車の半径より10 mm大きい半径位置の4断面(90°間隔、MP 1~MP 4の4断面)を、スパン方向には約5 mm間隔に8点で、五孔球形ピトー管と熱線流速計を用いて行った。また空力特性はフィルタを取り外したCMUをプレナムチャンバ入口に取付けて計測した。その際静圧はプレナムチャンバ壁面の静圧孔で、流量はプレナムチャンバ下流に設置したオリフィスで計測した。流量調整はオリフィスの下流に設けたダンパで行った。

なお、騒音測定は吸込側正面で回転軸中心上の入口ノズル端から1 m上流の点と吐出し側正面で回転軸中心上のフィルタ端から1 m下流の点にマイクロホンを設置して無響室で行った。下流側で音を計測する場合はファンからの乱れがマイクロホンに及ぼす影響を考慮してマイクロホンに防風スクリーンを装着した。騒音計からの出力信号はFFTアナライザを用いて30回の加算平均処理を行った後、周波数分析された。

図2にインデューサ付き遠心羽根車を、図3に供試羽根車の概要を示す。図3(a)は羽根車の外径が360 mm、内径が265 mmの後退翼をもつインデューサ付き遠心羽根車(BWI羽根車と呼ぶ)である。図3(b)の羽根車は図3(a)の羽根車とまったく同じで、ただ図3(a)のインデューサのみを取り外した羽根車

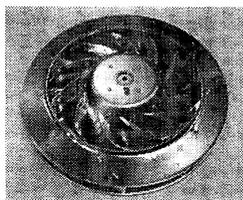


Fig. 2 Centrifugal impeller with inducer

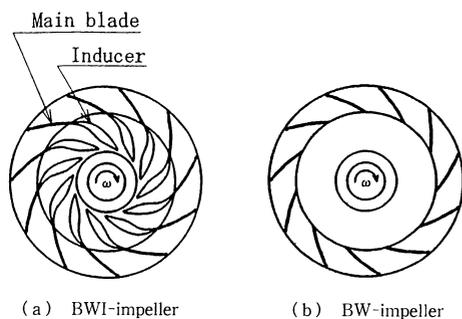


Fig. 3 Test impeller

(BW羽根車)である。羽根枚数  $B$  はいずれも11枚である。周方向を基準とした主羽根の角度は、入口角  $\gamma_1$  が29°、出口角  $\gamma_2$  が39°、取付角  $\xi$  が49°である。この羽根はスパン方向にねじれない二次元羽根である。インデューサは入口角が羽根先端部で45°、ハブで39°である。この角度はタフト法を用いて流れがインデューサに最も沿っていることを確認して決めた。ファンの回転数  $N$  は1055 rpmであり、羽根車出口の周速度は約19.9 m/sである。

表1に主羽根の主要諸元を示す。なお、BWファンは市販品である。

5. 実験結果および考察

5.1 空力特性 図4はクリーンモジュールユニット(CMU)を用いた場合の2種類のファンの性能曲線を示したものである。図4中の○印、△印はそれぞれBWIファンとBWファンの結果を示している。また、 $\phi$ ,  $\psi$ ,  $\lambda$  および  $\eta$  はそれぞれ全圧係数、流量係数、動力係数、ファンと電動機の総合効率である。これらは式(4)を用いて算出した。

$$\begin{aligned} \phi &= P_T / (\rho u_2^2), \quad \psi = Q / (\pi D_2 h_2 u_2) \\ \lambda &= L / (\pi \rho D_2 h_2 u_2^2), \quad \eta = \phi \psi / \lambda \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Table 1 Main dimensions of the impeller

Number of blades, $B$	11
Inner diameter, $D_1$	265mm
Outer diameter, $D_2$	360mm
Blade height at inlet, $h_1$	48mm
Blade height at outlet, $h_2$	40mm
Chord length, $C$	83mm
Inlet angle, $\gamma_1$	29°
Outlet angle, $\gamma_2$	39°
Stagger angle, $\xi$	49°

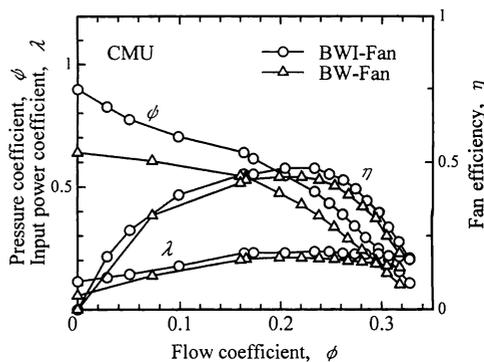


Fig. 4 Characteristic curves

ここで  $P_t$  は全圧,  $\rho$  は空気の密度,  $u_2$  は羽根車外縁の周速度,  $Q$  は流量,  $D_2$  は羽根車直径,  $h_2$  は羽根車出口における翼のスパン長さ,  $L$  は電動機入力である。

最高効率はいンデューサ付き遠心ファン(BWI ファン)が49%, インデューサなし遠心ファン(BW ファン)が約45%で, 前者が後者より約4%高い。またファン効率は全流量域で, 前者が後者より3~4%高い。これはインデューサによる仕事のためである。一方, 圧力係数  $\phi$  は前者が後者よりほぼ全流量域で0.1~0.25高い。この差はインデューサによって圧力が高められたことを意味するものである。これはインデューサの入口相対速度が出口相対速度より大きくなるように設計しているため, この両者の動圧の差が圧力(主として静圧)の上昇となったものと考えられる。

動力係数は BWI ファンが BW ファンよりもわずかに高くなる。なお, CMU 装置における2種類の羽根車特性の比較では代表流量として, 流量係数が0.14と0.20の2種類を用いた。

5.2 羽根車出口の流動様相 図5はクリーンモジュールユニット(CMU)における全圧係数,  $\phi$  (○印, △印)と静圧係数,  $\phi_s$  (●印, ▲印)のスパン方向分布のファンによる差異を流量係数  $\phi$  が0.20について示したものである。全圧係数はほぼ全スパンにわたっ

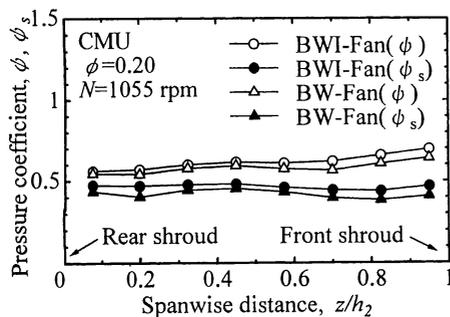


Fig. 5 Spanwise distribution of the pressure coefficient

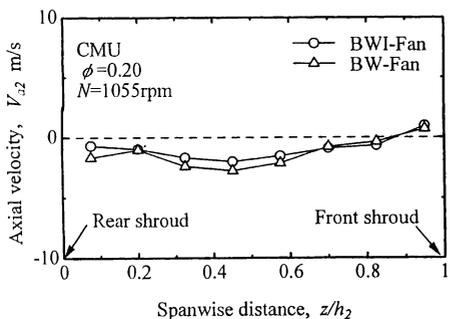


Fig. 6 Spanwise distribution of the axial velocity

て, インデューサのついた BWI ファン(○印)がインデューサなしの BW ファン(△印)よりも高く, インデューサが仕事をしているといえる。静圧係数も全圧係数と同様の傾向を示している。全圧係数と静圧係数の差と静圧係数とを比較すれば, 前者よりも後者が約3倍高く, インデューサによって動圧よりも静圧が高められていることがわかる。

図6は軸方向速度のスパン方向分布を示したものである。図6中の○印は BWI ファンの, △印は BW ファンの流量係数  $\phi=0.20$  における結果である。軸方向速度の正は下向き(出口方向)流れを, 負は上向き(入口方向)流れを示している。図6より, 両羽根車とも流れはほぼ全領域で上向き流れとなっている。このことは羽根車の下流側にフィルタが設置されていることを考慮すれば, 羽根車から出た速い流れは側壁に衝突するため直接フィルタに当たらないこと, またそのため下流側へ流出する速度は遅くなること, 角度もフィルタ軸に平行になりやすいこと, などからフィルタとの干渉騒音は小さくなることが予測される。

図7に羽根車出口における半径方向速度の分布を示す。図7からインデューサなしファン(△印)は全スパンにわたってほぼ平坦であるが, インデューサ付きファン(○印)は  $z/h_2$  がほぼ0.5を境にしてボス側で高く, 前面シュラウド側で低くなる傾向を示す。これは後述の図14に示すようにインデューサの先端(前面シュラウド側)において圧力面から負圧面への漏れ流れが生じることが主たる原因と思われる。したがって, インデューサ先端部を改良する必要がある。なお, 図7中にはいずれのファンにおいても逆流領域は見られない。

図8は CMU における出口相対速度  $W_2$  に及ぼすインデューサの有無の影響を流量係数  $\phi=0.14$  について調べたものである。図8中の○印と△印はそれぞれ BWI ファンと BW ファンの結果である。図8からス

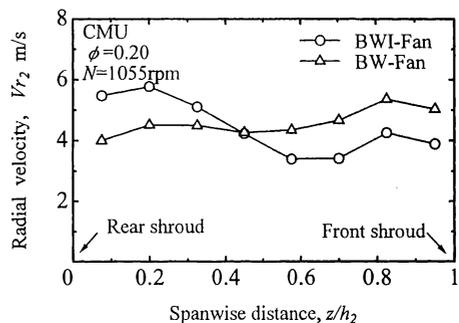


Fig. 7 Spanwise distribution of the radial velocity

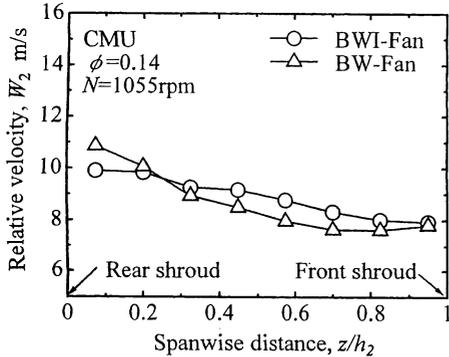


Fig. 8 Spanwise distribution of the relative velocity at outlet of impeller

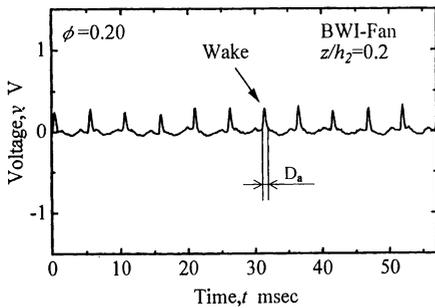


Fig. 9 Velocity fluctuation in the wake of an impeller

パン方向距離  $z/h_2$  が大きくなるにつれて  $W_2$  は次第に低下する傾向が見られる。また、BWI ファンと BW ファンの出口相対速度の差はわずかである。このことよりインデューサの有無が羽根出口の速度に与える影響はかなり小さいといえる。

図9は絶対座標系で計測した  $\phi=0.20$  における速度変動波形の一例を示したものである。図9に見られるように11枚の動翼に対応して11個のピークが明りように見られる。これが後流である。速度変動波形から後流の幅を定義するのは難しいが、本実験では試みとして文献(11)に示しているように、速度変動波形の波高の1/2における幅(半値幅)の2倍を後流の幅  $D_a$  として用いた。

**5・3 後流の幅の予測** 式(1)に含まれる  $D$  は相対座標系における後流の幅であるから、これを5・2節に述べた絶対座標系における後流の幅  $D_a$  から出口速度三角形の関数を用いて式(5)から算定した<sup>(11)</sup>。

$$D = D_a \cos(\beta_2) \dots\dots\dots (5)$$

ここで  $\beta_2$  は相対流出角である。図10はファンの後流の幅の-spanwise方向分布を流量係数が  $\phi=0.14$  (黒塗り

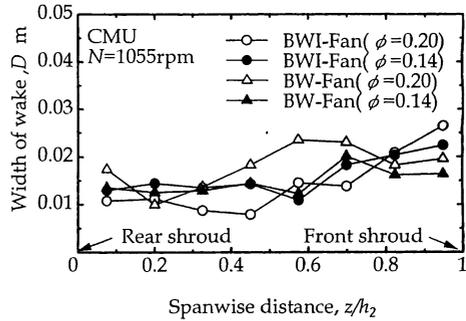


Fig. 10 Spanwise distribution of the measured width of wake

記号)と0.20(白抜き記号)について示したものである。

図10中の○印と●印はインデューサ付きファンの、△印と▲印はインデューサなしファンの結果である。図10から、後流の幅  $D$  はいずれのファンとも前面シユラウド側で増加する傾向を示す。インデューサ付きファンとインデューサなしファンの後流の幅を比較すれば、スパンにわたる平均値は、 $\phi=0.20$  では前者が後者より若干大きくなるが、 $\phi=0.14$  ではほとんど同じである。前面シユラウド側で後流の幅が広いのはインデューサからの漏れと羽根車入口において流れの曲率半径が大きくて、流れがシユラウドに沿わないためである。

**5・4 騒音特性**

**5・4・1 全帯域騒音と比騒音レベルの流量特性**

比騒音レベルは音圧レベルに流量と圧力を加味したもので、式(6)で示される。この値が低いほど良好な製品、あるいは静音の製品と呼ばれている。

$$K_s = SPL - 10 \log_{10}(QP_T^2) + 2 \dots\dots\dots (6)$$

ここで  $K_s$  は比騒音レベル(dB)、 $SPL$  は音圧レベル(dB)、 $Q$  は流量( $m^3/s$ )、 $P_T$  は全圧(Pa)である。

図11は回転数が1055rpmにおけるクリーンモジュールユニット(CMU)の音圧レベル( $SPL$ )と比騒音レベル( $K_s$ )をインデューサの有無について比較したものである。図11から音圧レベルは流量係数が0.05~0.1の流量域でわずかにインデューサ付きファン(○印)がインデューサなしファン(△印)よりも低い傾向が見られる。

一方、比騒音レベルはインデューサ付きファン(●印)がインデューサなしファン(▲印)より全流量域で3~5dB低い。これは図5で示したように前者が後者よりインデューサによって圧力が上昇したためである。このことはインデューサをつけることによって空力性能は向上するにもかかわらず、騒音は同レベルに

抑えることができ、結果として騒音特性が大幅に改善されることを示唆するものである。以上のことからインデューサを付けることによってクリーンモジュールユニットにおいて空力特性および騒音特性はともに改善されるといえる。

**5・4・2 騒音のスペクトル分布** 図12はCMUにおける騒音のスペクトル分布のファンによる差異を示したもので、羽根車上流における測定結果を、流量係数 $\phi$ が0.20について例示したものである。図12中の太い実線はインデューサ付き遠心ファン(BWIファン)の、細い実線はインデューサなし遠心ファン(BWファン)の結果である。なお、測定結果は騒音計のL特性におけるものである。図12中には全帯域騒音(O.A.)のL特性値とA特性値を併記している。図12中の $n$ は高調波の次数であり、 $n=1$ は羽根通過周波数である。スペクトル分布において423 Hzに騒音のピークが見られる。この周波数は羽根車をはずしてモータのみを回転させた場合、モータ支持台の振動のスペクトルに見られる振動振幅のピーク周波数に一致している。また、この周波数の音はモータ支持台の剛性を高めることで11 dB低減させることができる(図省

略)。これらのことから、423 Hzの騒音はモータ支持台の共振によると考えられる。

**5・5 流動様相の数値シミュレーション** 市販ソフトのタスクフロー(CFX-Tascflow)により動翼周りの流動様相を調べた。計算格子数は流れ方向に71, 1ピッチに43, スパン方向に32である。境界条件には、流入流量と出口静圧を与え、 $k-\epsilon$ モデルにより計算を行った。

図13は相対速度の等高線図の一例をインデューサなしファン[図13(a)]とインデューサ付きファン[図13(b)]について示したものである。この場合流量係数 $\phi$ は0.20で、スパン方向位置 $z/h_2$ は0.75である。図13中の濃い黒色の部分は流れが遅く後流であることを示している。この計算結果によれば、流れはいずれの場合も主羽根前縁近傍から次第に羽根面に沿わなくなり、羽根後縁では後流の幅がかなり広がっている。これは主羽根に流入する流れの曲率半径が大きくてシュラウド近傍ではく離していることとインデューサ付きファンの場合はインデューサの先端において圧力面から負圧面への漏れ流れが発生する(図14参照)ことが主因である。

また、数値シミュレーションの結果を参照すれば、音響出力に關与する重要な因子である代表相対速度はSharland<sup>(15)</sup>が示しているように、羽根車入口相対速度を用いてよいように思われる。

図14にBWIファンのインデューサにおける流れの数値シミュレーションの結果を示す。図14はインデューサ先端部から見たものである。相対速度のベク

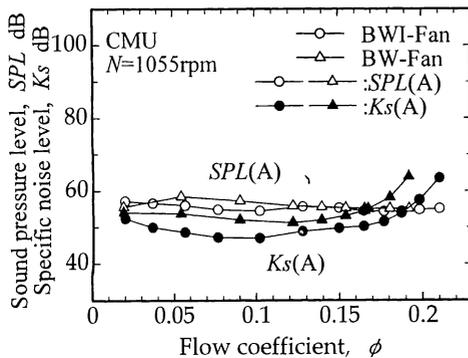


Fig. 11 Sound pressure level and specific noise level of the clean modul unit

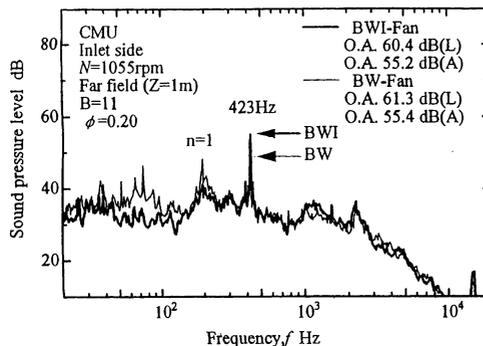


Fig. 12 Spectral distribution of the noise

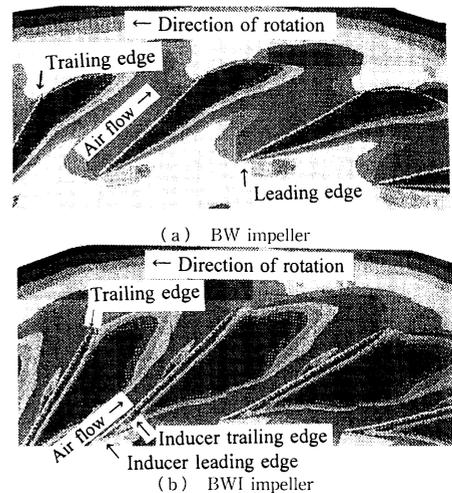


Fig. 13 Contour map of the relative velocity ( $z/h_2 = 0.75$ )

トルを参照すれば、インデューサ後縁近傍(主羽根前縁近傍)で圧力面側から負圧面側への流れが発生していることがわかる。

図15は数値シミュレーションから得られる羽根車出口における相対速度の周方向分布を示したもので、スパン方向位置は図9と同様に  $z/h_2=0.2$  である。図15中の後流の幅  $D_w$  は周方向の幅であるから、流れに直角方向の幅  $D$  に直す必要がある。両者の関係は  $D$

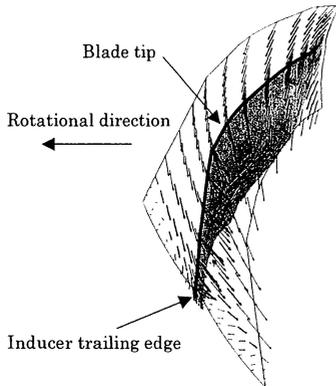


Fig. 14 Relative flow at the tip of inducer

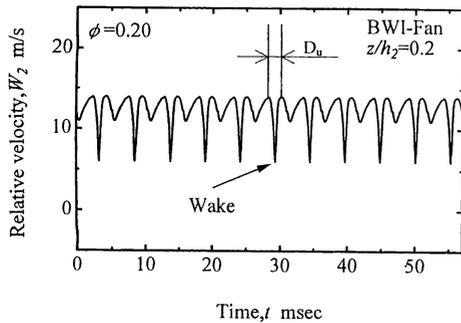


Fig. 15 Relative velocity distribution at the outlet of blades

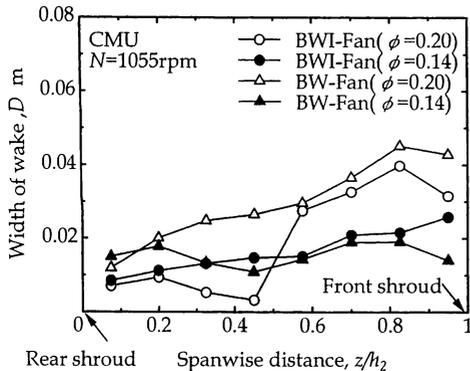
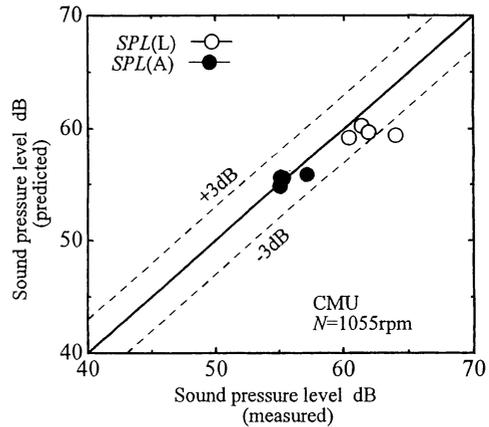


Fig. 16 Spanwise distribution of the predicted width of wake

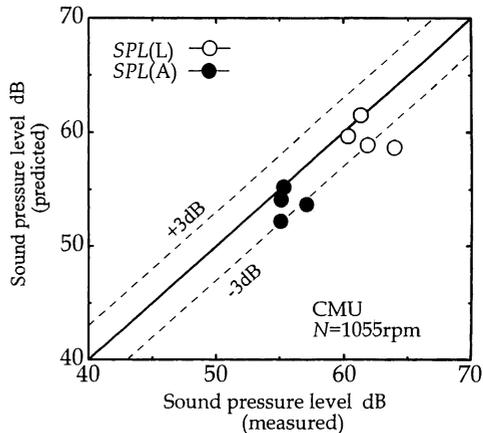
$= D_w \sin(\beta_2)$  の式で表される<sup>(11)</sup>。

図16は数値計算によって求めた相対座標系における後流の幅  $D$  のスパン方向分布を示したものである。流量係数が0.14の場合はインデューサの有無にかかわらず、スパン方向分布の傾向やスパンにわたる平均値はほぼ等しい。一方、0.2の場合はスパン方向距離が0.1~0.45の領域でインデューサ付きがインデューサなしよりも後流の幅が狭くなる。図10の実測値と比較すれば、御流の幅のスパン平均値は流量係数が0.14では両者はほぼ等しい。流量係数が0.2では、予測値が実測値よりも若干広くなる傾向が見られる。

5・6 騒音の予測値と実験値の比較 騒音の予測は図10および図16に示した後流の幅と5・5節で述べた入口相対速度を用いて行った。図17(a), (b)は予測式(1)を用いて算出した音圧レベルのL特性(○



(a) With measured values of the width of wake



(b) With calculated values of the width of wake

Fig. 17 Comparison of predicted and measured sound pressure level of the turbulent noise

印)およびこの予測値に聴感補正を施したA特性(●印)の予測値<sup>(10)</sup>と実験値との比較を示したものである。図17中の45°の実線は実験値と予測値が一致した点を結んだ線であり、破線は±3 dBの誤差を示す線である。騒音の実測値にはモータの振動に起因する離散周波数騒音も含まれているので、全帯域騒音の音響出力からこの離散周波数騒音の音響出力を差引いて算出した値を乱流騒音の実測値とみなしている。

図17(a)は後流の幅の実測値を用いた場合の、図17(b)は数値シミュレーションから得られる後流の幅を用いたときの乱流騒音の結果であり、いずれも流量係数が0.2と0.14におけるものである。図17(a)、(b)のいずれの場合も実測値と予測値の傾向は必ずしも満足できるものではないが、インデューサの有無の条件が異なるにもかかわらず±3 dB以内の精度で一致している。これらのことは、各流量点の後流の幅を与えれば、ほぼ同程度の精度で各流点における乱流騒音が予測できる<sup>(11)</sup>ことを示唆するものである。

## 6. 結 言

本研究ではインデューサの有無が後退翼遠心ファンの流体力学的特性と騒音特性に及ぼす影響を実験的に調べた。併せて乱流騒音の予測を行った。得られた結果は以下のとおりである。

- (1) インデューサ付きファンはインデューサなしファンに比べて圧力が高く、ファン効率も高い。
- (2) 音圧レベルに関しては、インデューサ付きファンとインデューサなしファンとの差はほとんどない。一方、インデューサによって圧力が高くなるため比騒音レベルは、前者が後者よりかなり低くなる。
- (3) 本実験範囲では、数値計算から後流の幅を実測値とほぼ同程度の精度で求めることができる。
- (4) 後流の幅の計算値と実測値を用いて乱流騒音の予測を行った結果、本実験範囲ではいずれの場合も

ほぼ±3 dB以内の精度で乱流騒音のL特性とA特性の値を予測することが可能なことが明らかになった。

終わりに本研究の実験に協力された長崎大学4年生の竹石智洋、北条智の両君に謝意を表す。

## 文 献

- (1) Howes, F. S. and Real, R. R., Noise Origin, Power, and Spectra of Ducted Centrifugal Fans, *J. Acoust. Soc. Am.*, 30 (1958), 714-720.
- (2) Embleton, T. F. W., Experimental Study of Noise Reduction in Centrifugal Blowers, *J. Acoust. Soc. Am.*, 35 (1963), 700-705.
- (3) Moreland, J. B., Housing Effects on Centrifugal Blower Noise, *J. Sound Vib.*, 36 (1974), 191-205.
- (4) Neise, W., Application of Similarity Laws to the Blade Passage Sound of Centrifugal Fans, *J. Sound Vib.*, 43 (1975), 61-75.
- (5) 深野徹・ほか4名, 横流ファンの騒音低減化に関する研究(第1報:舌部及び動翼の幾何形状の影響), ターボ機械, 20-8 (1992), 464-470.
- (6) 深野徹・ほか3名, 横流ファンの騒音低減化に関する研究(第2報:舌部隙間の大きさの影響), ターボ機械, 21-6 (1993), 350-357.
- (7) 森主憲, 多翼ファンの騒音発生源, 機論, 57-543, B(1991), 3837-3844.
- (8) 児玉好雄・ほか3名, 翼付き多層円板ファンの乱流騒音について, 機論, 62-596, B(1996), 1420-1427.
- (9) 児玉好雄・ほか2名, 多翼ラジアルファンの乱流騒音の流量特性とその音圧レベル予測, ターボ機械, 25-2 (1997), 65-72.
- (10) 児玉好雄・ほか3名, スクロールレス遠心送風機の乱流騒音について, 機論, 66-650, B(2000), 2577-2584.
- (11) 児玉好雄・深野徹, 低圧軸流送風機の乱流騒音の流量特性とその音圧レベル予測, 機論, 53-492, B(1987), 2514-2520.
- (12) 深野徹・児玉好雄, 低圧の軸流および斜流送風機の音圧レベル予測, 機論, 51-466, B(1985), 1825-1832.
- (13) 深野徹・ほか2名, 低圧軸流送風機の乱流騒音について, 機論, 41-435 (1975), 1479-1488.
- (14) 児玉好雄・深野徹, 低圧斜流送風機の乱流騒音の流量特性とその予測(翼先端すきまによる差異), 機論, 54-500, B(1988), 883-889.
- (15) Sharland, I. J., Sources of Noise in Axial Flow Fans, *J. Sound Vib.*, 1-3 (1964), 302-322.