

○寺尾道仁 関根秀久 △大端健治 (神奈川大)

1. はじめに 通気ダクト内音響測定において、マイクロホンには上下流側両音源からの音圧が寄与する。送風機等の発生音測定においては、その端末側の流量圧力調整用スロットルなどからの暗騒音を除去する必要がある。騒音対策においては、特定ダクト部分に上下流側の音源のいずれが支配的であるか判断を迫られる場合がある。そこで測定対象点のほかにダクト内参照点および上下流側からの重畳試験音を導入し、対象点音圧とこれら試験信号および参照点音圧とのクロススペクトル測定に基づくダクト上下流側音源別の寄与音圧測定手法を導出し、実験によりその有効性を調べた。

2. 音源別寄与音圧の分離検出原理

2. 1 音源別寄与音圧検出

Fig.1に実験装置の概要を示す。ここで観測対象点1と参照点2の区間は直管に限定されないが、その区間内には音源が存在しないものとしている。測定点 i ($=1,2$) のマイクロホンに働く上下流側音源 A および B による音圧をそれぞれ a_i および b_i 、また、気流変動圧を t_i とすればマイクロホン出力 P_i は、

$$P_i = a_i + b_i + t_i \tag{1}$$

一般に a_i 、 b_i 、および t_i は相互に独立であり、また、 t_1 と t_2 が独立となる程度

に測定点1と点2の間隔をとれば、その間の音圧クロススペクトルのアンサンブル平均値 $\langle P_1^* P_2 \rangle$ は、

$$\begin{aligned} \langle P_1^* P_2 \rangle &= \langle a_1^* a_2 \rangle + \langle b_1^* b_2 \rangle \\ &= |a_1|^2 H_{12}^{(a)} + |b_1|^2 H_{12}^{(b)} \end{aligned} \tag{2}$$

ここで $\langle \cdot \rangle$ はアンサンブル平均、 $*$ は複素共役を表す。 $H_{12}^{(a)}$ および $H_{12}^{(b)}$ はそれぞれ音源 A および B にたいする P_1 と P_2 との間の伝達関数で、それぞれの音源側から順次試験音 $e^{(a)}$ および $e^{(b)}$ を重畳し、これと P_1 および P_2 との間のクロススペクトルを測定すれば次式により求められる。

$$H_{12}^{(a)} \equiv a_2/a_1 = \langle (e^{(a)})^* P_2 \rangle / \langle (e^{(a)})^* P_1 \rangle$$

$$H_{12}^{(b)} \equiv b_2/b_1 = \langle (e^{(b)})^* P_2 \rangle / \langle (e^{(b)})^* P_1 \rangle \tag{3}$$

これとクロススペクトル $\langle P_1^* P_2 \rangle$ 測定値および式(2)の実虚部2式により、それぞれの寄与音圧のパワースペクトル $|a_1|^2$ および $|b_1|^2$ が求められる。

2. 2 音源別進行波音圧

測定対象点 P_1 から s_1 の距離に反射係数観測用測定点 $P^{(1)}$ を加え、音源 A および B にたいし、それぞれ P_1 と $P^{(1)}$ の間の伝達関数 $H_{11}^{(a)}$ および $H_{11}^{(b)}$ を測定 (添字(1)を2と置き換えて式(3)を適用) し、反射係数

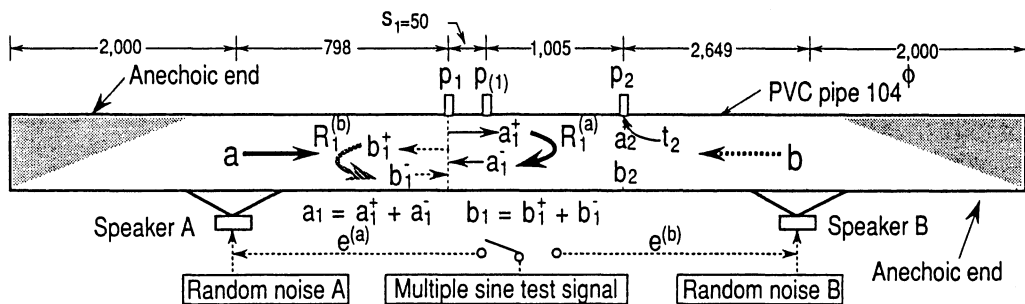


Fig.1 Test set-up [Dimensions in mm]

* A method to determine each contribution of up- and down-stream side sources to duct sound pressure at an air-duct section. By Michihito Terao, Hidehisa Sekine and Kenji Ohata (Kanagawa University).

$R_1^{(a)}$ および $R_1^{(b)}$ を次のように求める。

$$R_1^{(a)} \equiv a_{-1}^+ / a_1^+ = (H_{1(1)}^{(a)} - H_{1(1)}^+) / (H_{1(1)} - H_{1(1)}^{(a)})$$

$$R_1^{(b)} \equiv b_{-1}^+ / b_1^+ = (H_{1(1)} - H_{1(1)}^{(b)}) / (H_{1(1)}^{(b)} - H_{1(1)}^+)$$
(4)

ただし、

$$H_{1(1)}^+ = \exp[-2j\pi f s_1 / (c + v_1)]$$

$$H_{1(1)}^- = \exp[2j\pi f s_1 / (c - v_1)]$$
(5)

ここで c は音速、 v_1 は区間 s_1 における平均流速である。それぞれの音源からの順・逆方向進行波音圧パワースペクトル $|a_1^+|^2$ 、 $|b_1^+|^2$ 、 $|a_{-1}^+|^2$ および $|b_{-1}^+|^2$ は次式(6)により求められる。

$$|a_1^+|^2 = |a_{-1}^+|^2 / |1 + R_1^{(a)}|^2, \quad |a_{-1}^+|^2 = |a_1^+|^2 |R_1^{(a)}|^2$$

$$|b_1^+|^2 = |b_{-1}^+|^2 / |1 + R_1^{(b)}|^2, \quad |b_{-1}^+|^2 = |b_1^+|^2 |R_1^{(b)}|^2$$
(6)

3. 検証実験結果

Fig.1 のような装置により無風の場合 ($v=0, t_1=0$) について実験を行った。音源 A と B には互いに独立なランダムノイズを供給した。これに重畳する試験信号には多重正弦波を用いた。Fig.2 に反射係数の測定結果を示す。音源 A と B との一方のみ供給して直接測定した結果と本手法によるそれぞれの寄与音圧の分離結果を比較して Fig.3 に、また、それぞれの進行波成分を比較して Fig.4 に示す。ここで、本分離結果における欠測値はパワースペクトルに負の解が現れたものである。A と B とのうち著しくレベルが低い場合 (○印)、駆動点インピーダンスの共振点 (△印)・反共振点 (▲印)、また、受音点が音圧ノード点にあるとき (□印) などで分離検出精度が低下するが、概ね良好な分離結果が得られている。

4. まとめ ダクト上下流側音源別寄与音圧の測定法として、測定対象点とダクト内参照点および重畳試験音とのクロススペクトル測定に基づく分離手法を明らかにし、実験によりその原理的有効性を確認した。

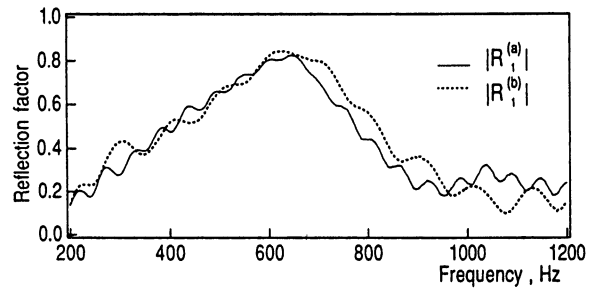
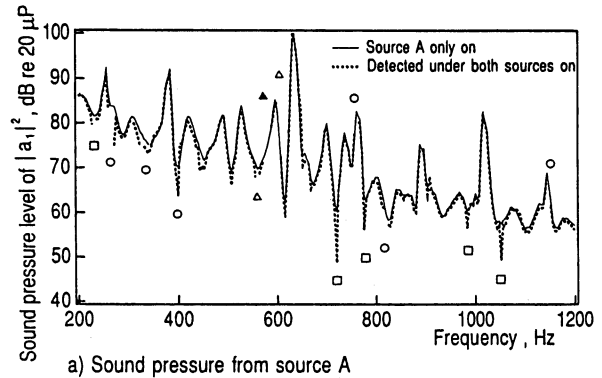
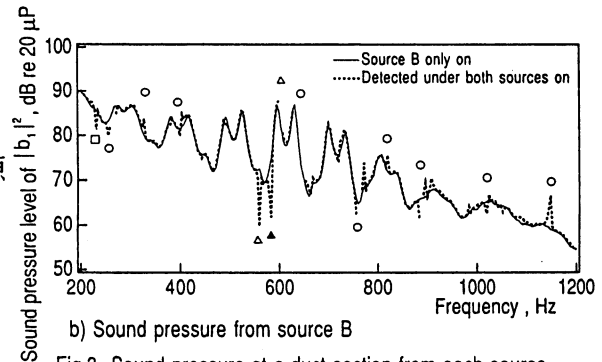


Fig.2 Reflection factors from each duct side

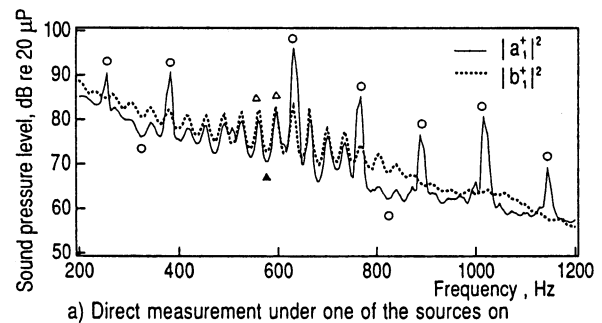


a) Sound pressure from source A

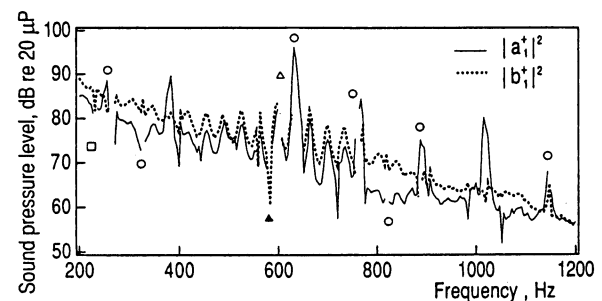


b) Sound pressure from source B

Fig.3 Sound pressure at a duct section from each source.



a) Direct measurement under one of the sources on



b) Present detection method under both sources on

Fig.4 Sound pressure of traveling wave from each source