

開口端に複数空洞部を持つダクトにおける外部放射音場 Radiated Sound Field with Cavities at Open End

樫下庸二, 中部大工, 〒487-8501 春日井市松本町 1200 ,E-mail:tsub@isc.chubu.ac.jp

名原 忍, 中部大院, 〒487-8501 春日井市松本町 1200

田中皓一, 名工大, 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町, E-mail:ktnk@megw.mech.nitech.ac.jp

林 浩一, 名工大, 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町, E-mail:haya@wave.mech.nitech.ac.jp

Yasuji TSUBAKISHITA, Dept. of Mech. Eng., Chubu Univ., Kasugai, Aichi 487-8501, Japan.

Shinobu NABARA, Dept. of Mech. Eng., Chubu Univ., Kasugai, Aichi 487-8501, Japan.

Koichi TANAKA, Dept. of Mech. Eng., Nagoya Institute of Tech., Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan.

Koichi HAYASHI, Dept. of Mech. Eng., Nagoya Institute of Tech., Showa-ku, Nagoya 466-8555, Japan.

The acoustic field radiated from a flanged cylindrical duct having coaxial cavities at the open end is investigated using a finite difference method for various depths of the cavities. Experiments were also carried out for the identical duct geometry. The present result shows that the frequency range of reduced radiated power becomes to be wider, compared with the case of a single cavity. The present numerical results are in good agreement with the experimental data, and the acoustic field is well simulated by the present numerical method.

1. まえがき

ダクトなどからの放射音によって形成される外部音場に及ぼす空洞部の影響については、これまでいくつかの研究⁽¹⁾がなされてきた。ここでは、無限長フランジ付き円形ダクトの開口端に深さの異なる複数の外部空洞部を並置して取り付けた場合の、それぞれの空洞部とダクト相互間における影響や放射音場の周波数特性などについて数値解析し、併せて行われた実験で得られた結果との比較・検討を行う。

2. 計算モデルおよび計算条件

十分長い円管があり、その開口端に無限長のフランジが取り付けられている。このダクトの開口端には三つの空洞部が設けられている。開口端内部で発生した平面波は、開口端で一部が反射し残りは外部に放射されるが、開口端に隣接する複数の空洞部からも反射波が放出される。

ここでは音場は軸対称を仮定して、ダクト直径を D 、各外部空洞部の深さをダクトに近い順に L_1 、 L_2 、および L_3 としている。本計算で用いる音場の基礎方程式は、微小擾乱に基づく線形オイラー方程式であり、空間的に四次、時間的に二次の精度のマコーマック形陽の差分法で解かれる。

ダクト半径 a に基づく無次元波数パラメータを $ka = D / \lambda = Df / c$ とする。ここで λ は波長、 f は音源周波数、 c は音速である。なお、計算条件は実験と一致させている。具体的にダクト直径は65mm、音速は346.75m/sと固定して、音源周波数は0.8 ~ 2.4kHz ($ka=0.47 \sim 1.41$)で変化させた。計算領域は十分大きく取っていて、得られる定常音場に遠方境界からの影響が現れないようにしている。

3. 計算結果と検討

ダクト開口端に、それぞれの空洞部が単独に設置されている場合で、放射音強パワーが最小値を取る時の周波数 f_{re} (以降、共鳴周波数と略す)を図1に示す。空洞部のダクト軸からの半径方向距離による差違はあまりみられない。ただし、空洞部がダクト軸から最も遠い空洞部3で空洞部深さの短い場合には若干異なる。従って、単独の空洞部であればダクト開口部の近傍であれば、その半径距離に依らず、定性的には放射音響パワーへの低減効果は同様と見なせる。次に、複数の外部空洞部を並置する場合、外部空洞部の深さ L_1 、 L_2 、 L_3 の様々な組み合わせが考えられる。具体例として、外部空

洞部の深さが0.6、0.8、1.0の組み合わせのものについて得られた放射音強パワーの周波数特性を図2に示す。図中における、例えば0.8_0.6_1.0は $L_1/D=0.8$ 、 $L_2/D=0.6$ 、 $L_3/D=1.0$ のことで、 P_0 は空洞部のない場合の音響パワーである。図には実験値も併せて示しているが両者の一致はよい。他の組み合わせについても実験値とほぼ同程度に一致した。一般に、ダクトに近い空洞部1をより深く選ぶと、音の低減する周波数範囲も広く、低い周波数の音の低減に有効である。図3に、音圧レベル(SPL)とインテンシティ分布の実験値を示す。この場合、空洞部1、2および3に対応する共鳴周波数は図2より、それぞれ1500Hz、1900Hzおよび1200Hzである。また、図4に、音圧レベル分布の計算値を示すが、これらの結果より、計算で得られたレベル分布は実験結果の特性をよく捉えている。図5は、音響フラックススペクトル(瞬時インテンシティ)を1/8周期毎に示したものである。その時間平均値であるインテンシティベクトルに比べ、各空洞部とダクト間での音のエネルギーの流れを明確に示している。この点に関しては、既にMannら⁽²⁾が、音場エネルギーが伝播する過程はインテンシティベクトルよりも瞬時のインテンシティベクトルの時間変化で説明される、と指摘としている。

最後に、ダクトおよび各空洞部の開口端における音圧の時間変動(無次元化されている)を図6に示す。音源周波数1500Hzにおいては空洞部1が共鳴状態であり、ダクト部と逆位相となっている。これに対し、1330Hzではダクト部、空洞部1および空洞部2がほぼ同位相となっている。

4. まとめ

ダクトの開口端に深さの異なる複数の外部空洞部を並置して取り付けた場合の、放射音場の特性などについて数値解析し、放射パワー低減に有効な空洞部深さの組み合わせを提案した。併せて行った実験結果との一致も良好であった。また、瞬時のインテンシティベクトル分布や音圧の時間変動の結果を利用して音場を評価することの有効性を示した。

参考文献

- (1) 例えば Tanaka, K., Tsubakishita, Y. and Hayashi, K., JSME Int. J., 41-3, Ser. B (1998), pp.618-623.
- (2) Mann, J. A., Tichy, J., and Romano, A. J., J. Acoust. Soc. Amer., 82-1, (1987), pp.17-30.

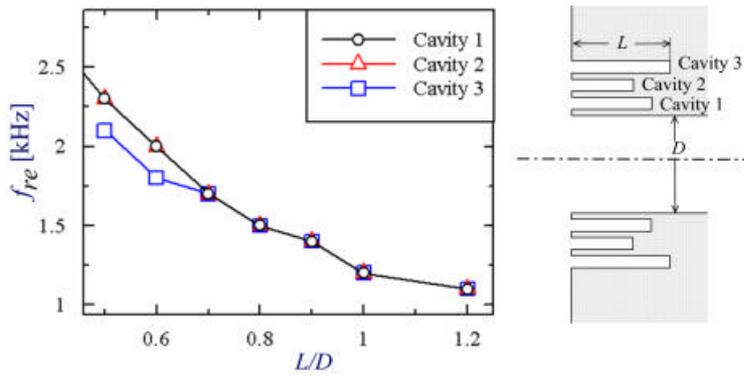


Fig. 1 Relationship between the resonant frequency and the depth of single cavity

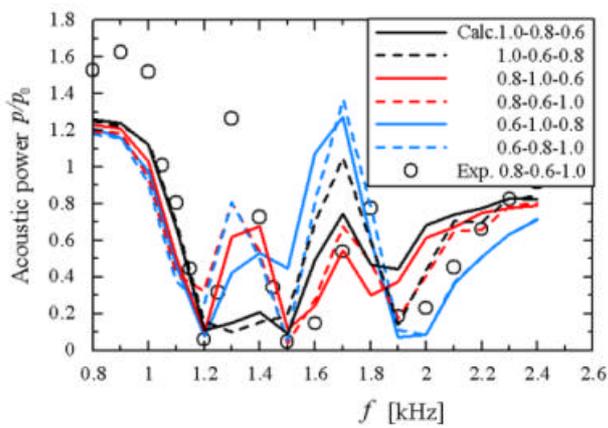
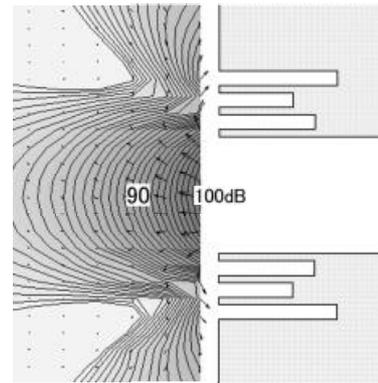
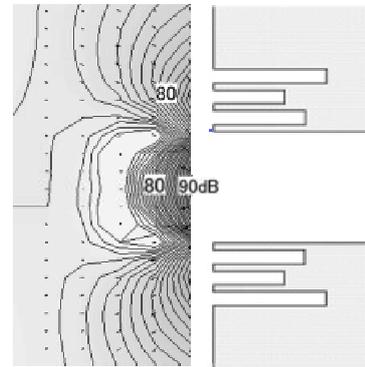


Fig. 2 Acoustic power



(a) $f = 1200\text{Hz}$



(b) $f = 1500\text{Hz}$

Fig. 3 SPL and intensity, 0.8_0.6_1.0 ,experiment

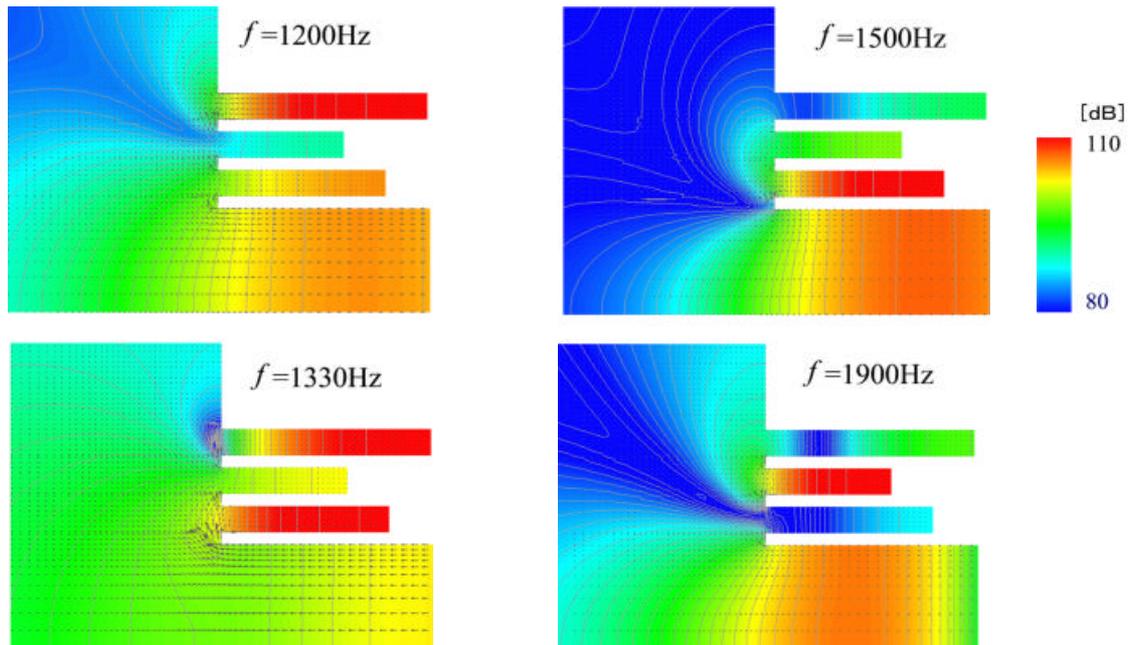


Fig. 4 SPL and intensity, 0.8_0.6_1.0, computation

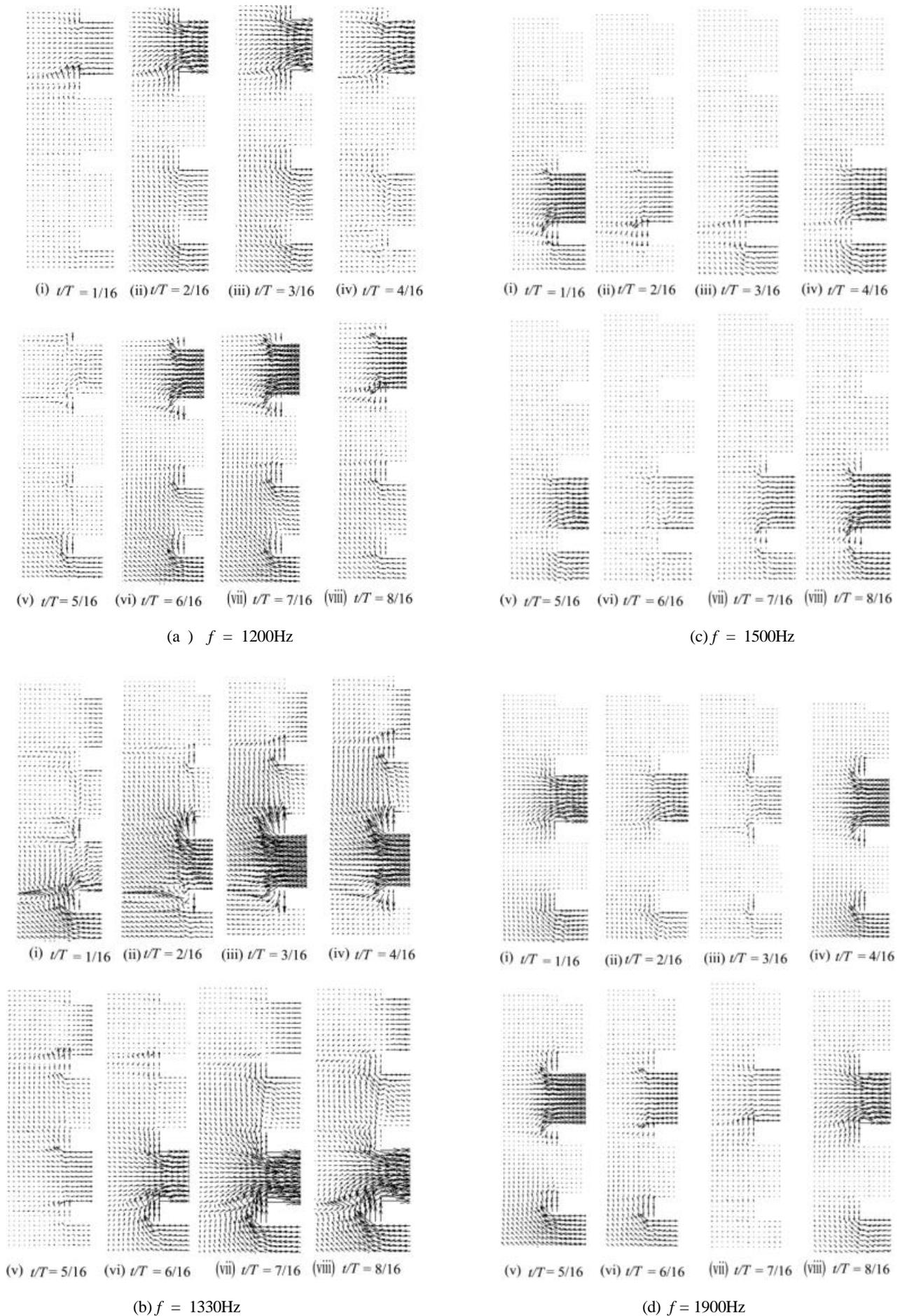
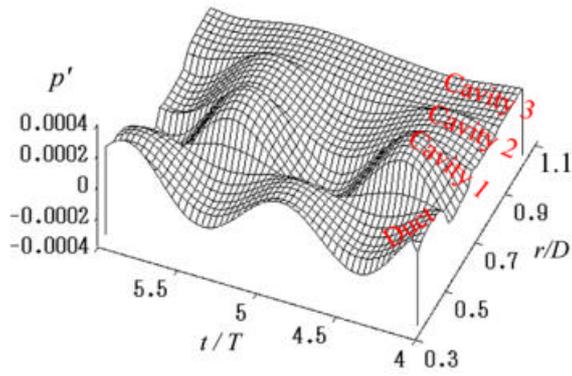
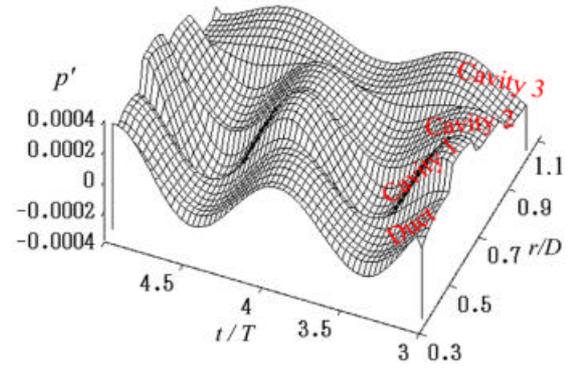


Fig. 5 Time history of the instantaneous intensity vector field, 0.8_0.6_1.0



(a) $f = 1500\text{Hz}$



(b) $f = 1330\text{Hz}$

Fig. 6 Time history of the sound pressure, 0.8_0.6_1.0