光導波型マイクロホンにおけるダンピング効果の考察

Examination of damping effect in the guided-wave optical microphone

新潟大院自然研[1]，新潟大工[2]　○老川 仁志[1]，大河 正志[2]，佐藤 孝[2]

Niigata Univ.　°Satoshi Oikawa, Masashi Ohkawa, Takashi Sato

E-mail: ohkawa@eng.niigata-u.ac.jp

光導波型マイクロホンは音圧検知部にダイヤフラム構造を用いており，ダイヤフラムの共振が急激な感度上昇を引き起こす。これを抑制するため，スクイーズフィルムダンピングを導入し，ダイヤフラム上面に薄い空気層を設けることを検討している。これまで，ダンピング効果の指標として減衰比を用い，近似計算による解析式と実験結果から減衰比を算出したが，両者に大きな差が見られた。そこで，本研究では，数値シミュレーションを行い，実験と解析式の差異の原因について考察することとした。

Fig. 1 にダンピング構造を作り付けたマイクロホンの断面図を示す。この方法では，振動体であるダイヤフラム上面に空気層を形成する。ダイヤフラムが振動する際，空気層の空気は粘性のため空気圧力の増減が発生する。これが減衰力となり，振動を抑制する。減衰力の大きさは空気層の厚さに依存する。

ダンピング構造なしのマイクロホンと，空気層厚 300 μm，200 μm，100 μm，50 μm のマイクロホンの計 5 種類を試作し，ステップ応答特性を測定した。ところで，減衰比 ζ は，対数減衰率 δ を用いると，$\zeta = \delta / \sqrt{(2\pi)^2 + \delta^2}$ で求めることができる。なお，対数減衰率 δ は，n 周期だけ離れた振幅の極大値を x_1 と x_2 とすると，$\delta = \ln(x_1 / x_2)/n$ で与えられる。Fig. 2 は，空気層厚 100 μm の試作マイクロホンのステップ応答特性である。図中の赤色の◯印を付した極値を使うと，対数減衰率は 0.24 となり，減衰比は 0.039 と算出された。一方，参考文献 1 の解析式によると，空気層厚 100μm のときの減衰比は 0.18 であった。

上述のとおり，実験結果および解析式から算出された減衰比には大きな開きがあるため，ANSYS を用いて，構造振動解析と流体解析を組み合わせた双方向連成解析を行った。解析にあたり使用したモデルは，ダイヤフラム部分と空気層部分の二層構造となっている。下部はダイヤフラム部分，上部は空気層部分である。流体の流れは層流とし，空気層部分の境界条件は上面，下面を壁面，側面を開放とした。空気層厚 100 μm のモデルを使用し，実験と同様の手法で減衰比を算出したところ，0.10 となった。得られた 3 つの減衰比には差があるが，解析式と数値シミュレーションの間には空気層の開放条件に違いがあり，その違いが減衰比の差異を引き起こしたのではないかと考えられる。また，実験と数値シミュレーションの差については，乱流が関わっているのではないかと推測している。

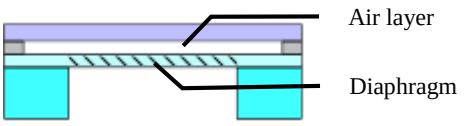

Fig.1 Schematic drawing of the guided-wave optical microphone.

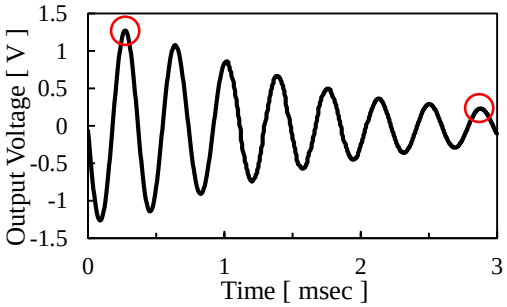

Fig.2 Step response for air-film thickness of 100μm.

参考文献

[1] M. Bao, Analysis and Design Principles of MEMS Devices, Elsevier B.V.: Amsterdam, 2005.

© 2015年 応用物理学会