

# 空気の粘性を考慮した矩形断面の経路モデルの音響有限要素解析

○笹島 学 山口 誉夫 渡邊光春 小池 美夫  
(フォスター電機) (群馬大学) (フォスター電機) (フォスター電機)

FEM Analysis of a Narrow Acoustic Sound Pathway with Rectangular Cross Section

Manabu Sasajima Takao Yamaguchi Mitsuharu Watanabe Yoshio Koike  
(Foster electric) (Gunma University) (Foster electric) (Foster electric)

挿入イヤホンの音響特性を計測するために、一般的にはマイクと共にイヤシミュレータが用いられる。イヤシミュレータの筐体内にある音響伝達経路には非常に狭い箇所があり、そこでは、音速や位相の変化が生じる。本検討では、音響伝達経路上での空気粘性による減衰の影響を考慮した定式化を行う。さらに、FEMを用いて数値解析を試み、理論解と比較することによって計算の妥当性を検討した。

Key Words: 周波数特性、空気伝播音、家電、FEM

## 1. はじめに

近年、音響問題の解析に CAE が幅広く活用されているが、解析対象は車両や設備等の比較的大きなものであることが多い。しかし、挿入イヤホンの音響特性測定時に利用され、実耳の音響特性を模擬する「イヤシミュレータ」の筐体内の様に、わずか数百 mm<sup>3</sup> の空間内での伝搬現象についての音響解析を行った例は非常に少ない。図 1 に示したように、イヤシミュレータは筐体内がいくつかの空間に分割され、それらを繋ぐ音響伝達経路が非常に狭く設計され、この経路の抵抗で音響的な特性を調整可能としている。この経路では、空気の粘性による減衰が生じ、音速の減少や位相の変化が生じている。したがって、一般的な音響解析では無視できる空気粘性による減衰を考慮する必要がある。本報告では、減衰材による減衰を含む音響解析<sup>(1)-(3)</sup>を応用し、空気粘性による減衰を考慮した定式化を行う。さらに、矩形断面を持つ三次元モデルについて、開発した音響解析ソルバで数値解析を試み、理論解と比較検証した。

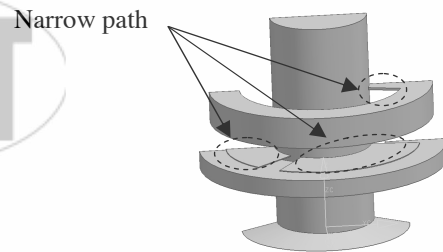


Fig. 1 The space model of inside-of-ear simulator (1/2 model)

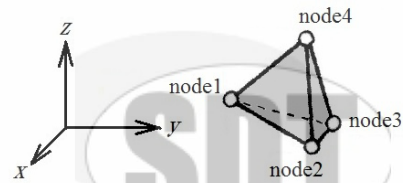


Fig. 2 Direct Cartesian coordinate system and a constant strain element

## 2. 基礎式

図 2 のような直交デカルト座標系と、四面体定ひずみ要素を考える。要素内の任意の点での  $x$  方向変位を  $u_x$ 、 $y$  方向変位を  $u_y$ 、 $z$  方向変位を  $u_z$  とすると、ひずみエネルギー  $\tilde{U}$  は以下のように表せる。