

空気の粘性を考慮した矩形断面モデルおよびイヤシミュレータの音響解析

○笹島 学 山口 誉夫 渡邊光春 小池 美夫 原 晃
(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) (フォスター電機)

Acoustic Analysis Considering Air Viscosity of Rectangular Cross Section and Ear Simulator

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

非常に狭い音響伝達経路において、空気の粘性を考慮した定式化を行い、有限要素法を用いて周波数特性の解析を試みた。本報告では、矩形断面形状の音響伝達経路での共鳴の特性について、要素分割数が特性に与える影響について検証した。さらに、これを適用した音響伝達経路を持つイヤシミュレータの解析を行った。それらの結果、本手法は広い周波数領域で非常に良い精度で解析できることが確認できた。

Key Words: 周波数特性、空気伝播音、FEM、家電

1. はじめに

イヤホンやヘッドホン等、小型の音響機器の様にわずか数百 mm³ 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。小型音響機器は筐体内がいくつかの空間に分割されており、それらを連結する音響伝達経路を非常に狭く設計し、この経路の抵抗で音響的な周波数特性の調整が可能である。

この経路では、空気の粘性による減衰が生じ、音速や位相の変化が生じる。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⁽¹⁾⁻⁽³⁾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とヘルムホルツ共鳴を利用したイヤシミュレータについて、開発した音響解析ソルバで数値解析を試み、理論解や規格値と比較検証した。

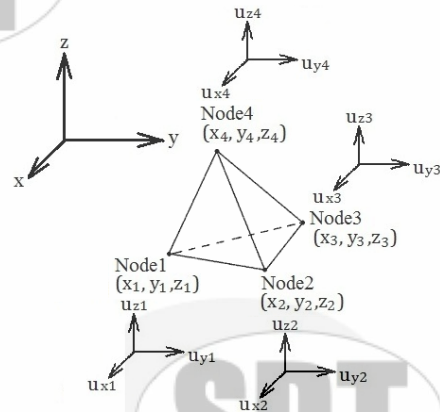


Fig. 1 Direct Cartesian coordinate system and a constant strain element

2. 基礎式

図 1 に示す直交座標系と、四面体要素を考える。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。

$$\tilde{U} = \frac{1}{2} E \iiint_e \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right)^2 dx dy dz \cdots (1)$$