

連結ヘルムホルツ共鳴器の連成ばね振動子モデル

Coupled oscillator model for coupled Helmholtz resonators

°坂口浩一郎、松井美和、徳田安紀 (岡山県立大 情報工学部)

°K. Sakaguchi, M. Matsui and Y. Tokuda (Okayama Prefectural Univ.)

E-mail: koichiro@c.oka-pu.ac.jp

導波路にヘルムホルツ共鳴器を周期配置した音響メタマテリアルは、共鳴器の固有周波数の音波を遮断することから、吸音技術や遮音技術への応用が期待されている[1]。我々はこの遮音特性の向上を目的に、2つのヘルムホルツ共鳴器を連結した構造について検討を行っている[2]。本研究では連結ヘルムホルツ共鳴器を連成ばね振動子としてモデル化し、固有周波数を解析的に見積もるための式を導出した。

図1に同じ大きさのヘルムホルツ共鳴器をコネクタによって連結した構造を示す。単一のヘルムホルツ共鳴器による振動は、ネック部をおもり、キャビティ部をばねと見なした単振動としてモデル化できることがよく知られている。そこで共鳴器を連結した場合には、図1に示すようにコネクタ部もおもりと見なし、ネック部とコネクタ部の質量をそれぞれ M_1 , M_2 、キャビティ部のばね定数を K とした連成振動モデルと見なした。非減衰自由振動として運動方程式から固有周波数を求め、機械系と音響系のアナロジーを考慮すると下式の固有周波数が得られた。

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M_1}} \sim \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa S_1}{\rho L_1 V}} \quad , \quad f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{1}{M_1} + \frac{2}{M_2}\right)K} \sim \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa}{\rho} \left(\frac{S_1}{L_1 V} + \frac{2S_2}{L_2 V}\right)} \quad (1)$$

ただし ρ , κ は媒質の密度と体積弾性率、 L_1 , S_1 はネック部の長さと同面積、 L_2 , S_2 はコネクタ部の長さと同面積であり、 L_1 , L_2 の長さはそれぞれ開口端補正を考慮する必要がある。(1)式より、固有周波数 f_2 はコネクタ部の構造パラメータによって変化することがわかる。図2に、コネクタ長 x すなわち L_2 を 1 mm から 50 mm まで変化させたときの固有周波数を示す。媒質は空気とし、 $L_1 = 10$ mm, $S_1 = 60$ mm², $S_2 = 100$ mm² とした。実線と点線がそれぞれ(1)式による計算結果で、丸が有限要素法による固有モード解析で求めた数値解である。 f_1 , f_2 とともに数値解と極めてよく一致していることから、連成振動としてのモデル化は妥当であると考えられる。なお、 S_2 に対応するコネクタ幅 y 、高さ z についても同様の検討を行った結果、いずれも数値解とよく一致していた。

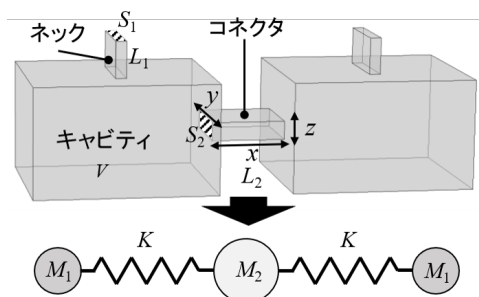


図1 連結共鳴器とモデル化

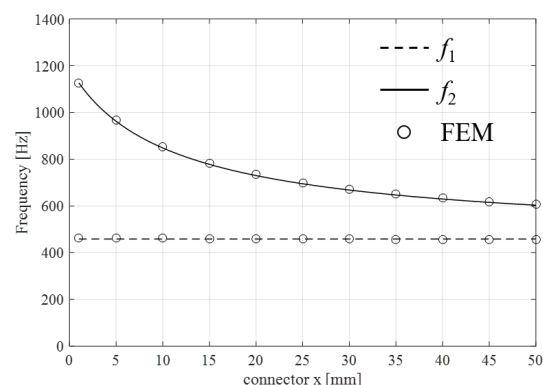


図2 固有周波数のコネクタ長依存性

【参考文献】

[1] Y. Cheng, *et al.*, Appl. Phys. Lett., **92**, 051913 (2008).

[2] 坂口浩一郎ほか, 第76回応用物理学会秋季学術講演会, 14a-2K-1, (2015).