

音響導波路に周期配置したヘルムホルツ共振器の結合効果

Coupling Effect of Helmholtz Resonators Periodically Arranged along Waveguide

○坂口 浩一郎、花村 和紀、藤井 佑亮、福嶋 丈浩、徳田 安紀(岡山県立大)

○Koichiro Sakaguchi, Kazunori Hanamura, Yusuke Fujii, Takehiro Fukushima, Yasunori Tokuda

(Okayama Prefectural Univ.)

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

メタマテリアルとは波長以下の周期構造を持ち、自然界にはない物性を実現する人工の構造物として近年注目を集めている[1]. 音響メタマテリアルの分野では導波路にヘルムホルツ共振器を周期配置した構造において、共振器の固有周波数付近では系の実効弾性率が負となり、音波が遮断されることが報告されている[2]. 本研究では2つのヘルムホルツ共振器が結合した構造を考え、その結合効果について有限要素法によるシミュレーション検討を行った.

図1(a)に示すように、2つのヘルムホルツ共振器をキャビティ中央で結合管により結合し、導波路に配置した. このとき、単一のヘルムホルツ共振器の固有周波数は約37 kHzである. 共振器と結合管および導波路は完全剛体とし、内部は水(密度: $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, 音速: 1481 m/s)で充填されているものとした.

このような導波路に平面音波を入射した時の音圧透過スペクトルには2つの遮断域が見られ、それらのピーク周波数を結合管幅 a に対してプロットしたものが図1(b)である. これを見ると各固有周波数は a に依存して変化し、交差するような特性を示した. ここで、結合管幅と共振器幅が等しくなる $a = 4.0 \text{ mm}$ のときの各固有周波数における共振器内部の音圧分布を図1(c), 図1(d)に示す. 高周波側のモードではキャビティ内での $1/2$ 波長共鳴によって左右で位相が逆になっているのに対し、低周波側のモードではキャビティ内が一様である. このことは、2つの共振器がそれぞれ逆相、同相で振動していることに対応すると考えられる. 以上より、結合したヘルムホルツ共振器は逆相モードと同相モードの2つの固有モードを持ち、特に逆相モードの周波数は結合管幅に大きく依存することがわかった. なお、交差点付近では2つのモードが混在し、複雑な振舞いをしているものと考えられる.

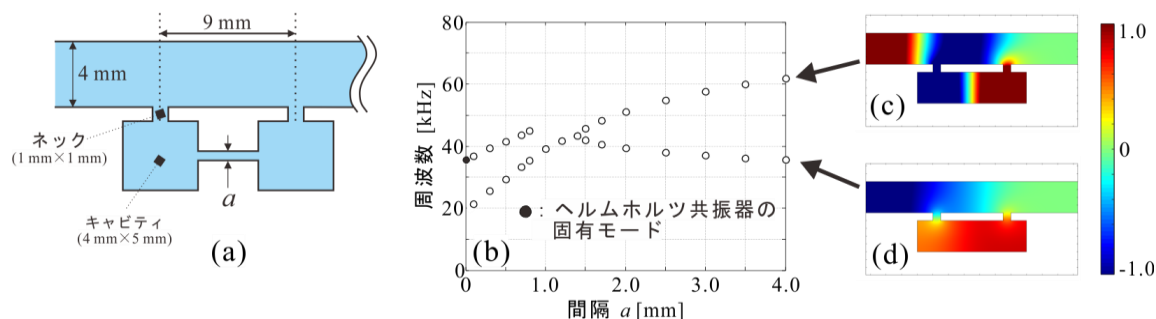


図1. 解析モデルと固有周波数の結合管幅依存性

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費 24740267 の助成を受けて行った.

【参考文献】

- [1] J. B. Pendry, Phys. Rev. Lett., **85**(18), 3966-3969, (2000).
- [2] N. Fang *et al.*, nature materials **5**, 452, (2009).