

申請者	学科名	情報通信工学科	職名	助教	氏名	坂口 浩一郎 印
調査研究課題	音響メタマテリアル中のヘルムホルツ共振器の結合効果					
交付決定額	300000(円)					
調査研究組織	氏名	所属・職	専門分野	役割分担		
	代表	坂口浩一郎	情報通信工学科・助教	メタマテリアル	計画立案, データの解析, 成果の取りまとめ	
調査研究実績の概要	<p>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である。光を含む電磁波の領域において、構造をうまく設計することによって媒質の比誘電率と比透磁率を自在にコントロールできることから、近年注目を集めている。一方メタマテリアルの概念は波動一般に拡張できることから、音波を対象とした音響メタマテリアルについても研究が行われている。その中で、ヘルムホルツ共振器を周期配置した導波路においては、ヘルムホルツ共振器の固有振動と系の周期性に起因した音波の遮断域が生じることが知られており、音響フィルタとしての応用が期待されている。</p> <p>本研究では図1に示すような2つのヘルムホルツ共振器が結合した構造を考え、導波路に周期配置した場合の音波伝搬特性を解析することでその結合効果について検討を行った。</p>					
<p>図1. 結合したヘルムホルツ共振器を周期配置した音響導波路</p>						

調査研究実績
の概要

ヘルムホルツ共振器は図1に示すように細いネック部とキャビティ部から構成され、構造によって決まる固有周波数を持つ。本研究では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 f_0 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。導波路の左端から平面音波 (5 kHz~120 kHz)を入射し、右端での透過スペクトルをCOMSOL Multiphysics®を使用して有限要素法により計算した。

図2は導波路に結合したヘルムホルツ共振器を1組配置した場合の解析結果である。図2(a)は、結合がない単一のヘルムホルツ共振器を配置した場合と、結合管の幅 $a = 0.5 \text{ mm}$ として結合した場合の透過スペクトルを示す。単一の場合には透過スペクトルにヘルムホルツ共振器の固有周波数($f_0 = 37 \text{ kHz}$)にピークを持つ遮断域が見られるのに対し、結合した場合には遮断域が2つに分割していることがわかる。これらのモードを同定するため、 $a = 0 \sim 4 \text{ mm}$ で連続的に変化させて解析を行った。図2(b)は各 a に対して透過スペクトルのピーク周波数をプロットしたものである。また図2(c), 図2(d)は、 $a = 4 \text{ mm}$ の場合の各ピーク周波数において計算した共振器内部の音圧分布である。図2(b)を見ると、2つモードは a に対して連続的に変化している。さらに図2(c), 図2(d)を見ると、高周波側のモードではキャビティ内で1/2波長共鳴が生じ、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となっており、同相で振動している。結合管幅 a を小さくしていくと同相モードは互いに押し合うため、単一の共振器の固有モードに収束すると考えられる。以上から、結合したヘルムホルツ共振器は、2つの共振器が互いに同相で振動するモードと逆相で振動するモードを持つことがわかった。

さらに図1のように結合した共振器を周期配置した場合には、これら2つの固有モードに加え、系の周期性に起因する遮断域が生じた。これらの遮断域は構造パラメータに大きく依存することから、うまく設計することで非常に広帯域な遮断域を持つフィルタを設計できると考えられる。

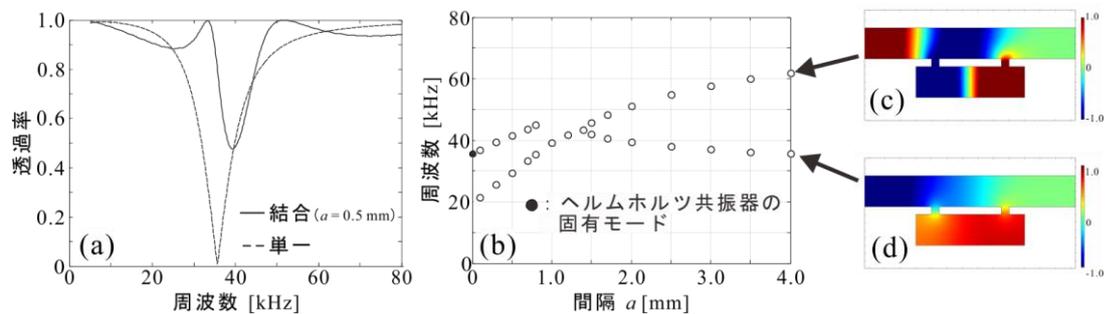


図2 解析結果

成果資料目録