

環境発電デバイス広帯域化のための吸音メタ表面の設計

Design of Sound-Absorbing Metasurface toward a Broadband Energy Harvester

岡山大[○]藤田 幹也, 鶴田 健二, 小林 裕太Okayama Univ.[○]Mikiya Fujita, Kenji Tsuruta, and Yuta Kobayashi

E-mail: tsuruta@okayama-u.ac.jp

環境発電は熱や振動など、人間社会に派生する微弱エネルギーを電氣的エネルギーに変換して利用する技術[1]として、近年注目を集めている。しかし、音響エネルギーに対する環境発電は実用レベルに至っておらず、その要因の一つが、吸音効率と広帯域化の両立が困難であることが挙げられる。我々は、波長に対して十分に小さい共鳴構造を周期配置して構成される音響メタ表面[2]の設計と評価に取り組んできた。本研究では特に、Decorated Membrane Resonator(DMR)と呼ばれる吸音性のメタ表面に着目し、3次元有限要素法によるシミュレーションから、圧電体とメタ表面の組み合わせによる高効率な音響環境発電が期待できることを確認した。また、狭帯域性という課題に対し、DMR本来の共鳴とは違った振動方向の共鳴構造を同一ユニットセル内に複合化することで、多様なピークが出現するモデルを設計した。

DMRは図1(i)のように、円柱状に掘り下げたアルミ板の開口部にポリプロピレン(PP)膜を張り、その中央におもりを配置することで構成され、共鳴周波数において吸音率がほぼ1に達する高い吸音特性を持つ。一方で、共鳴周波数以外の周波数範囲では、その値は0に近く、デバイスの実用性を鑑みれば広帯域化することは不可避の課題である。そこで、図1(ii)のようにアルミ板を碗状の構造に変更することで、振動自由度の拡張を狙った。特に、膜に高分子圧電体であるPVDFを装荷したとき、図2のように吸音ピークが4つ((a)~(d))出現すると同時に、それぞれのピークに応じてPVDF膜における電位差が増大している。(b)のピークでは膜と空洞から形成される共鳴体が強く作用していることがわかるが、これはDMRが元来有していた共鳴モードである。対して、(c)においては、碗および碗同士の狭間の空間が共鳴構造として作用し、吸音していることが確認できる。しかし、吸音率は高いものの、電位差の値は他のピークに劣っている。これは、膜の振動による吸音ピークと異なり、圧電体であるPVDF膜には有効なひずみが生じていないため、電位差の増大量は小さくなるためと考えられる。図3は音圧の分布と音響インテンシティ(音の強さ)であり、音がどのように吸収されるか可視的に把握できる指標である。

以上の解析結果から、音響メタ表面に圧電体材料を装荷することで環境発電デバイスとしての実用性が期待されること、および、複数の共鳴構造を同一ユニットセル内に配置することで多様なピークが生まれることが確認できた。

参考文献：[1] A. Yang, *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **45**, 6 (2014).

[2] G. Ma, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 9 (2014).

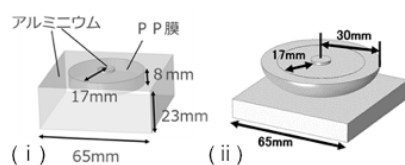


図 1. 2つのメタ表面モデル

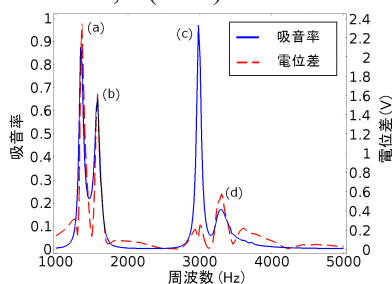


図 2. 碗状 DMR の周波数特性

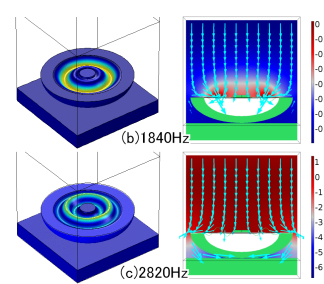


図 3. 変位・音圧・インテンシティ分布図