

# 複数共鳴を持つ音響メタ表面による広帯域吸音デバイスの設計と環境発電への応用

Design of Broadband Sound Absorption Device based on Acoustic Metasurface with Multiple Resonance and Its Application to Energy Harvesting

岡山大院自然<sup>1</sup> ○(M2) 渡辺敬太<sup>1</sup>, 藤田幹也, 三澤賢明<sup>1</sup>, 鶴田健二<sup>1</sup>

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama Univ.<sup>1</sup>

○Keita Watanabe<sup>1</sup>, Mikiya Fujita, Masaaki Misawa<sup>1</sup> and Kenji Tsuruta<sup>1</sup>

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

## まえがき

構造物などに用いられる遮音性の高い材料は反射率が高く、反射を軽減する吸音材は十分な遮音をするためには厚みが必要となることから、使用場所の制限が常に伴う。我々は、音波の波長より十分小さい構造で特異な音響特性を示す音響メタ表面、特にDecorated Membrane Resonator(以下DMR)と呼ばれる構造<sup>[1]</sup>に注目し、その基礎特性から応用に向けた多機能性を追求している。DMRは、薄型軽量の構造で共鳴周波数においてほぼ100%の吸音を実現する一方、共鳴周波数が極めて狭帯域であるという問題がある。我々はこれまで、径の異なるDMRを複数配置することで吸音ピークの重なりによる広帯域化を試みたが<sup>[1]</sup>、最近、単一共鳴体内に膜を複数枚配置する構造を提案した。<sup>[2]</sup> 特に、自動車内に発生する騒音帯域500~1500Hzを対象とし、3次元有限要素解析により最適構造を設計し、3Dプリンタを用いて構造を作製・評価した。今回さらに、共振時に激しい振動が起こるDMRの基盤の歪みに着目し、圧電体を用いた環境発電への応用についての検証を行う。

## 結果

従来の単一膜DMRの基本構造では、アルミニウム基板に円筒状の浅い空洞があり、開口部にポリプロピレン(PP)膜、膜の中心にアルミニウム小円盤が配置される。本研究で提案する構造では、構造の幾何学的対称性を下げることによる膜共鳴の多重化を狙い、複数枚の円形膜を各々の中心をずらすように配置する(Fig. 1)。有限要素シミュレーションから、吸音効率が最大となる円形膜中心間距離を導出した。また、構造の軽量化と試作の容易さを考慮し、構造全体をポリプロピレンとして設計した。Fig. 1に示すように、構造対称性を崩したことでモードの多重化が起こり、それにより単一構造での広帯域化が実現される。Fig. 1において[A], [B]のモードは従来のDMR同様、中心にピークを持つ同心円状のモードであるのに対し、[C]は各膜が共振するモードが発生している。Fig. 2は、DMR構造に環境発電効果を持たせるために、圧電体を装荷したモデルである。Fig. 3は、自作の音響管を持ち出して出力電圧の測定実験を行った結果である。この結果から、電圧値の増減は吸音率のグラフと概ね対応しており、DMRの共振振動による発電であることが分かる。そのため、共振が多重化されることでより多くの発電が可能である。

## まとめ

高い吸音率を示す単一膜DMRが狭帯域という問題

に対し、膜を複数枚配置する複合構造を提案し、広帯域化の可能性を数値解析によって検証した。結果、共鳴モードの多重化により、各モードの高い吸音率を維持したまま、500~1500Hzの広帯域の音場に対して高い吸音効果を実現することに成功した。講演では、設計の詳細と、試作した構造の吸音特性の実測結果、環境発電への応用についての詳細を報告する。

## 参考文献

- [1] G. Ma, et al., *Nature Mater.* **13**, pp.873~878(2014)  
[2] K. Watanabe, M. Fujita and K. Tsuruta, *JJAP* **59**, SKKA06(2020).

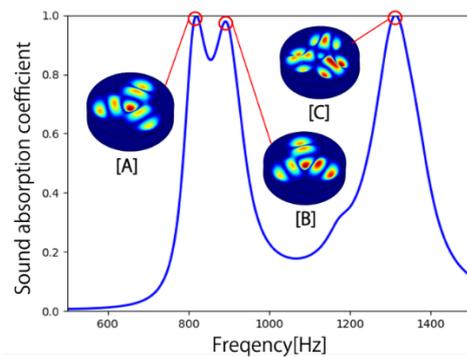


Fig. 1 Sound absorption spectrum of multiple membranes in a DMR.

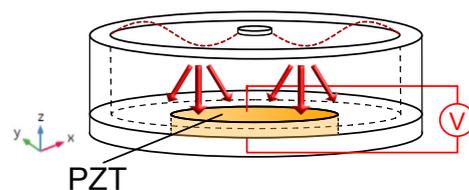


Fig. 2 Proposed DMR structure with a piezoelectric plate.

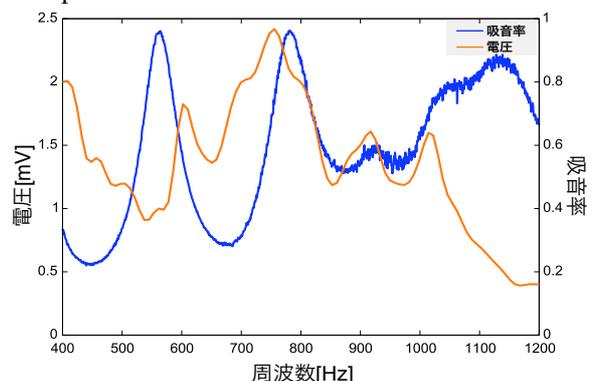


Fig. 3 The result of the piezoelectric measurement