

多重共鳴構造を持つ音響メタ表面による広帯域吸音デバイスの設計

Design of Broadband Sound Absorption Device based on Acoustic Metasurface with Multiple Resonance Structure

岡山大学院自然¹ ○(M1) 渡辺敬太¹, (M2) 藤田幹也¹, 鶴田健二¹

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama Univ.¹

○Keita Watanabe¹, Mikiya Fujita, and Kenji Tsuruta¹

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

まえがき

建築やオーディオの世界では、長らく吸音・遮音の技術が追及されてきた。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。本研究では、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^[1]に注目し研究を行った。DMRは、薄型軽量な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^[2]、異なるDMRを多数配置する必要があった。そこで今回、単一共鳴体内に膜を複数枚配置する構造を提案する。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・評価する。

結果

従来の単一膜DMRの基本構造では、アルミニウム基板上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伴う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. 2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. 2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. 3は試作した構造を示している。

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(Fig. 3)の吸音特性の実測結果を報告する。

参考文献

- [1] G. Ma, et al., *Nature Mater.* **13**, pp.873~878(2014)
- [2] M. Fujita, K. Manabe, K. Tsuruta, T. Hada, and N. Yorozu, *Proc.symp.Ultrasonic Electronics(USE2018)* **39**,3P1-3(2018)

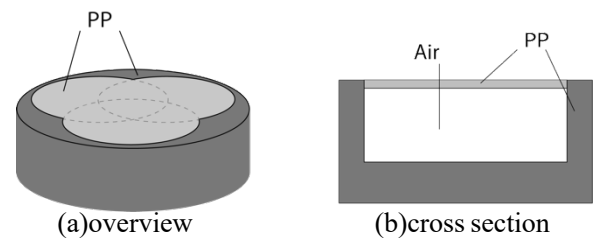


Fig. 1 Proposed multiple-membrane resonator

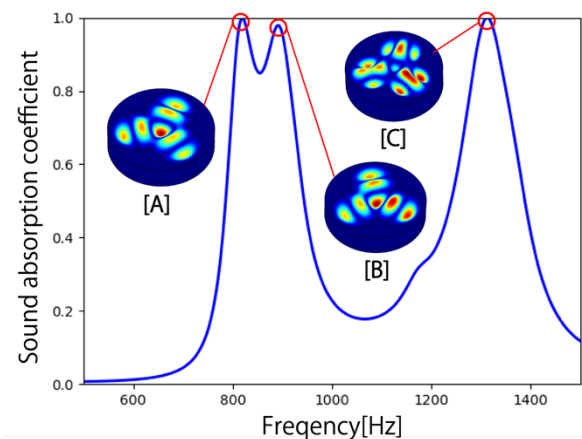


Fig. 2 Sound absorption spectrum of multiple membrane acoustic metasurface.

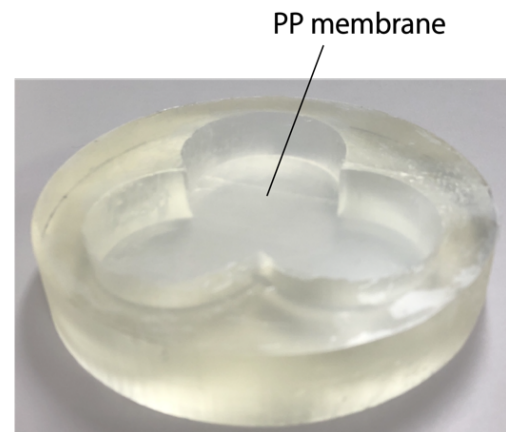


Fig. 3 Multiple-membrane resonator prototyped by a 3D printer