

二次元フォニックメタ材料の有効パラメータ導出方法の検討 Consideration of methods to derive effective parameters of 2D phononic metamaterials

北大工, [○](D)藤田 健太郎, 友田 基信, (M2)稲垣 敬介, 松田 理, Wright Oliver B.
Hokkaido Univ., [○]Kentaro Fujita, Motonobu Tomoda, Keisuke Inagaki, Osamu Matsuda,
Oliver B. Wright
E-mail: kfujita@eng.hokudai.ac.jp

固体中を伝わる音響波は材料の弾性的特性評価や種々のデバイスに応用されている。フォニックメタ材料（以降、単にメタ材料とする）はこの音響波の制御を目的に考案された構造の一種であり、その特徴として、注目する波長よりも小さな単位構造を用いて制御を行う[1-3]。また、構造を一様な材料と粗視化したときその有効的な物性値（以降、有効パラメータとする）、例えば密度や弾性率、音響屈折率が特定の条件下で負になり、自然界の材料とは異なる音響特性を示す。有効パラメータの定義には様々なものが提案されており、一部の単純な構造[1,2]では解析式が与えられている。それ以外にも特定の構造については、数値計算で求める手法がある[3]。

しかしメタ材料の挙動を考えたとき、前述の定義[1-3]による有効パラメータはどれも描写できる妥当な範囲が限られている。そこで本発表では先行研究の有効パラメータの定義やその問題について概説するとともに、数値計算を用いた有効パラメータのより単純な取り扱い方法を提案する。本手法はスネルの法則を出発点としており、その対象は二次元的な周期構造を有し板波やバルク波を制御するメタ材料である。本発表においては当グループが設計したメタ材料（図1）を評価する。この構造は今後行う予定のシリコン板を伝わる高周波数の圧縮波の制御実験のために設計したものであり、シリコン板を貫通する複数の線状の穴を設けている。これを三角格子状に並べプリズムを形成すると GHz 帯の音響波に対し負の屈折を示す（図2）。本発表では提案手法により導出した有効パラメータがこのメタ材料の音響特性をどこまで正しく描写可能かを検討し、その正当性や適用可能な範囲について論じる。本研究はフォニックメタ材料の音響特性の描写方法をより明解かつ有用なものとする試みであり、当該分野の発展は音響波の制御技術の向上とそれを利用した新奇の音響デバイス開発への貢献が期待できる。

[1] S. H. Lee and O. B. Wright, Phys. Rev. Lett. **85**, 3966 (2016).

[2] V. E. Gusev and O. B. Wright, New. J. Phys. **16**, 123053 (2014).

[3] X. Liu *et al.*, Appl. Phys. Lett. **98**, 251907 (2011).

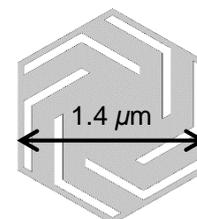


Fig. 1. A unitcell of the metamaterial. It is arranged in a triangular lattice and the lattice constant is $1.4 \mu\text{m}$. The material is silicon which is isotropically approximated.

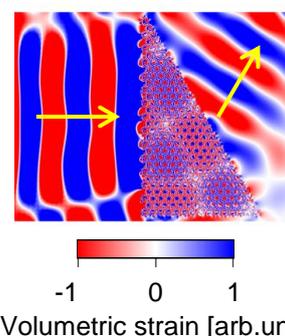


Fig. 2. A simulation of negative refraction at 0.95 GHz. A metamaterial prism is formed in a silicon. Yellow arrows denote wave propagating directions.