第68回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集 (2021 オンライン開催)

高効率弾性波輸送のためのトポロジカルフォノニック構造設計

Highly efficient elastic wave transport using topological phononic crystal

岡山大工[1]，岡山大院自然[2] ○片岡　源樹[1]，竹下 弘朗[1]，奥野兼至[2]，三澤賢明[2]，鶴田健二[2]

Okayama Univ. ○Motoki Kataoka, Hiroaki Takeshita, Kenshi Okuno, Masaaki Misawa and Kenji Tsuruta

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

近年、トポロジカル絶縁体・超伝導体のアナロジーとして、バンドトポロジーの概念を音響分散に適用するトポロジカル音響が注目されている。我々は、その概念をフォノニック結晶に適用した高効率音響デバイスの開発を目指している。これまで、金属円柱３本を用いたフォノニック構造によって高効率な水中音波輸送が可能になることを示した[1]。そこで用いた設計スキームを、本研究では薄膜弾性波デバイスに適用し、最適なトポロジカルフォノニック構造を探索する。予備的検討として、六角格子状のプレートにＹ字穴を開けた周期構造[2]における高効率な弾性波輸送の設計と効率について報告する。

Fig.1 に示すように、厚さ 1.4cm のアクリルプレートにＹ字型の穴を周期 2.17cm の六角格子状に開けたフォノニック結晶において、分散関係にバンドギャップ周波数帯が表れ、その周波数帯では弾性波伝搬が禁止される。しかし、Fig.2 に示すように、Y 字型の穴を持つ構造と逆Ｙ字型を持つ構造を組み合わせて境界面を作成すると、ギャップ端でのバンドトポロジー転移が起き、ギャップ周波数帯内にエッジ状態となるバンドが表れる。このモードを励起することにより、境界面に沿って弾性波が高効率に伝搬する。有限要素法に基づく数値シミュレーションにより、Fig.2 に示すようにＺ字型に曲げた導波路に沿ってほぼ損失なく音波が伝搬することが確かめられた。これにより、トポロジカル導波路は薄板上の弾性波輸送においても高いロバスト性を持つ可能性が示された。

Fig.1 に示すような C_{3v} 対称性となる Y 字型の他、現在、スノーフレーク型や円柱６本からなるハニカム構造などを基本とした C_{6v} 対称性を持つトポロジカルフォノニック構造も探索しており、講演では、それらの特性を含めて高効率な弾性波情報伝送デバイスの可能性を議論する。

本研究遂行にあたり、NTT 物性基礎研の畑中大樹，山口浩司両博士の助言に感謝する。また、本研究の一部は科学研究費補助金(課題番号 17K19035)の支援により行われた。

参考文献

[1] K. Okuno and K. Tsuruta, Jpn. J. Appl. Phys. **59** SKKA05 (2020).
[2] Z. Zhang *et al.*, Phys. Rev. Applied **9**, 034032 (2018)

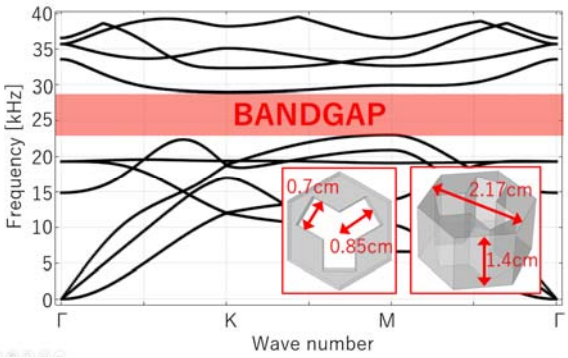

Fig. 1 Band diagram and unit cell of Y-shaped topological phononic crystal.

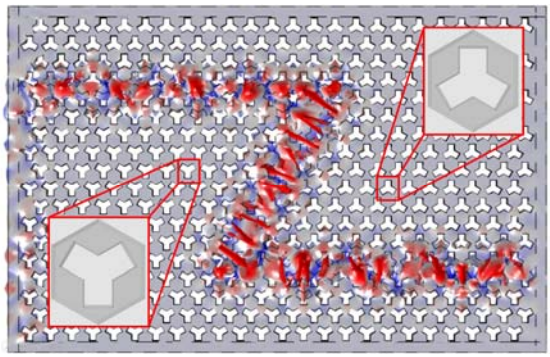

Fig. 2 Out-of-plane displacement in a membrane topological phononic waveguide for the elastic-wave propagation at 28.5 kHz via a finite-element simulation.

© 2021年 応用物理学会