C_{3v} 対称性の局所形成による再構成可能なバレートポロジカルフォノニック構造の設計

Design of Reconfigurable Valley Topological Phononic Structure with local C_{3v} symmetry

岡山大院自然 [1]　○(M2) 奥野兼至 [1]，三澤賢明 [1]，鶴田健二 [1]
Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama Univ. [1]
○Kenshi Okuno,[1] Masaaki Misawa[1] and Kenji Tsuruta[1]
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本を一組として C_{3v} 対称性をもつユニットセル構造およびその界面のエッジ状態を用いた導波路の設計・作製・評価を行った[1]。今回、同じ金属円柱の配置を可変にすることで所望の経路のトポロジカルエッジ状態が得られ、再構成可能な高効率音響導波路が実現される可能性を検討する。

水中にステンレス丸棒を 3 本配置した単位胞構造において、すべての単位胞構造で C_{3v} 対称性を崩した場合（C_{2v}）、Fig.1(a)で示す通り音波は遮断された。一方、Fig.2(b)に示す様に、クランク型経路付近 4 層部分のみ C_{3v} 対称性を回復させると、その経路に沿って音波が伝搬する。このことから、対称性を崩したフォノニック構造中にトポロジカル界面の局所構造を導入するだけで、任意の経路で再構成可能なトポロジカル音響導波路が可能であることが示唆される。

また、すべての単位胞構造で C_{3v} 対称性を崩した直線導波路の下側に、Fig.2(a)で示すように、ステンレス棒列を１列水平にずらすことで、下に凸の C_{3v} 対称性を持つ構造が１列形成され、新たなトポロジカル界面を生み出すことが可能である。Fig.2(b)に示す様に、元の界面同様、この新たな界面に沿って音波が伝搬する(Fig.2(c))。このことから、ステンレス棒列を移動させることで、トポロジカル界面を任意の場所に移動させることが可能となる。

講演では、Fig.1 および 2 で示した再構成可能な構造のトポロジカル・エッジ特性およびロバスト性の詳細を報告する。また、圧電材料である GaAs 薄板上にこのフォノニック構造作製した場合の表面弾性波[2]に対するトポロジカルエッジ状態発現可能性も議論する。

謝辞：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 & K. Tsuruta, *JJAP* **59**, SKKA05(2020).
[2] M. Kurosu, D. Hatanaka, K. Onomitsu and H. Yamaguchi, *Nat. Commun.* **9**, 1331(2018).

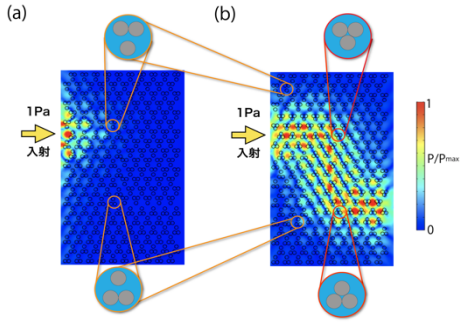

Fig. 1 Sound-pressure distribution (absolute value) for 370kHz incident wave in phononic waveguides with **(a)** all deformed unit cell structures (in yellow circles) and **(b)** reconfigured Crank-shaped topological waveguide (with the unit cell in red circles).

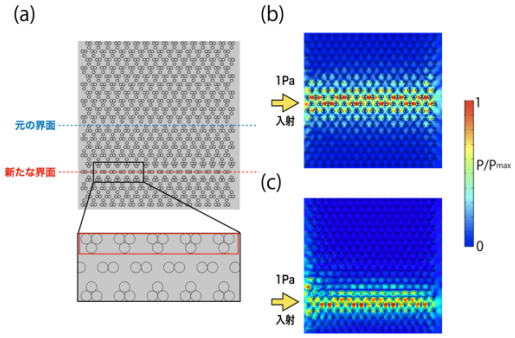

Fig. 2(a) Topological straight waveguide with newly created interface by shifting a rod array(red broken line). Blue broken line shows the original interface. **(b)** sound-pressure distribution (absolute value) for 400kHz incident wave in topological straight waveguide with original interface **(c)** with new interface.

© 2020年 応用物理学会