

## 音響メタマテリアル/トポロジカルフォノニクスの最近の展開 Recent Progresses in Acoustic Metamaterials and Topological Phononics

岡山大院自然 鶴田健二

Okayama Univ., °Kenji Tsuruta

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

特異な波動応答特性を示す人工材料であるメタマテリアルの内，音響波・弾性波に対する物質・材料，“音響メタマテリアル” [1]は，異種材料の周期配列からなるフォノン結晶(PnC)[2]におけるバンド設計法の発展とともに多くの新しい知見を提供してきた。さらに，トポロジカル絶縁体中の電子波動関数に対する古典振動のアナロジーに基づく“トポロジカルフォノニクス/メカニクス” [3]は，超音波技術の新しい潮流になる可能性が高く，現在，その設計・制御理論は可聴域(kHz)から極超音波(GHz)まで幅広い周波数帯で適用・実証されつつある。特に，極超音波以上の超高周波帯のバンド分散の時間反転非対称性(非相反性)と伝搬効率向上は，電子や光デバイスとの複合化などによる次世代(Beyond5G/6G)情報デバイスの実現に寄与すると期待される。本講演では，共鳴構造やヘテロ周期構造に基づく音響メタマテリアル設計と，PnC のフォノンバンドの位相不変量に基づくトポロジカル音響導波路の設計・評価に関する最近の研究動向，ならびに関連する我々の取組み[4-6]を紹介する。

Fig.1 は， $C_{3v}$  対称性を持つフォノン結晶構造におけるトポロジカル相転移のバンド図例である。音響トポロジカル絶縁体はその分散特性において，バンドギャップ付近に2つの異なるトポロジーを持ち，構造の連続変化過程(図の場合は回転)でバンドトポロジーの相転移を示すバンドが存在する。この相転移前後の構造界面でトポロジーに保護された局在伝搬モード(エッジモード)が形成され，損失の極めて少ない透過特性が得られる。講演では，薄膜上のフォノン結晶構造による

トポロジカル弾性波導波路設計への適用と，それらの最適設計手法についても議論する。

本研究の一部は 科研費(課題番号 21H05020 ならびに 21K18877)の支援のもとで実施された。また，北大グループ(松田・友田)，NTT グループ(山口・畑中)，早大グループ(竹澤)の各先生方との有益な議論に謝意を表す。

参考文献：

- [1] J. Li and C.T. Chan, *Phys. Rev. E* **70**, 055602 (2004)
- [2] M.S. Kushwaha, P. Halevi, L. Dobryzynski, and B.Djafari-Rouhani, *Phys. Rev. Lett.* **71**, 2022 (1993).
- [3] Z. Yang, F. Gao, X. Shi, X. Lin, Z. Gao, Y. Chong, B. Zhang, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 114301 (2015).
- [4] K. Tsuruta *et al.*, *Proc. IEEE-IUS2018*, 8579922 (2018); Y. Iwasaki *et al.*, *JJAP* **55**, 07KB02 (2016).
- [5] K. Watanabe, M. Fujita, and K. Tsuruta, *JJAP* **59**, SKKA06 (2020); *ibid* **60**, SDDA01 (2021).
- [6] K. Okuno and K. Tsuruta, *JJAP* **59**, SKKA05(2020).

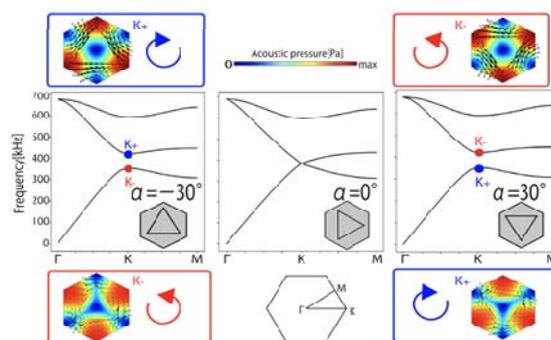


Fig. 1  $C_{3v}$  unit-cell structures, eigenmodes, and phonon bands, exhibiting a valley-type topological phase transition in a phononic crystal [6].