

単純立方格子からなる三次元フォトニック結晶における 一次元状のトポロジカルエッジ状態

Numerical Investigation of One-Dimensional Topological Edge States in a Three-Dimensional Photonic Crystal Composed of Simple Cubic Lattices

京工繊大¹, 東大ナノ量子機構², 関西学院大³, NIMS⁴, 東大先端研/生研⁵

○高橋 駿¹, 太田 泰友², Feng Liu³, 若林 克法^{3,4}, 荒川 泰彦², 岩本 敏^{2,5}

Kyoto Inst. of Tech.¹, NanoQuine, Univ. of Tokyo², Kwansai Gakuin Univ.³, NIMS⁴,

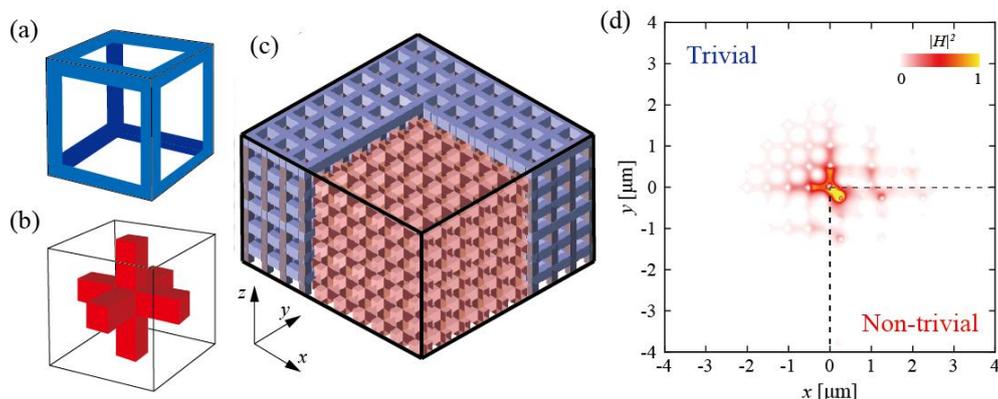
RCAST/IIS, Univ. of Tokyo⁵ ○Shun Takahashi¹, Yasutomo Ota², Feng Liu³,

Katsunori Wakabayashi^{3,4}, Yasuhiko Arakawa², Satoshi Iwamoto^{2,5}

E-mail: shuntaka@kit.ac.jp

三次元系における光トポロジカル絶縁体では、様々な特異なトポロジカル現象やトポロジカル状態が提案されており、基礎物理の観点からも、工学的な応用に向けても注目が集まっている[1, 2]。中でも高次トポロジカル状態を利用することで、三次元系における一次元的な導波路やゼロ次元的な共振器といった光デバイスへの応用が期待されている。これまでに、近赤外光に対して、二次元周期構造におけるゼロ次元コーナー状態が実現されてきた[3, 4]が、三次元的な周期構造における報告はない。本研究では、三次元フォトニック結晶において、Zak 位相の変化に起因する一次元状のトポロジカルエッジ状態が形成されることを数値計算により検討した。

対象とした構造は $a = 500 \text{ nm}$ 周期の単純立方格子 (Fig. (a)) で、各辺における四角柱の幅が $0.25a$ のとき、第二バンドと第三バンドの間に最大の完全バンドギャップが形成される[4]。この単位胞の取り方を x, y, z 各方向に半周期ずつシフトさせた構造 (Fig. (b)) では、第二-第三バンド間でバンド反転が起こり、 x, y, z の各方向で Zak 位相がそれぞれ π 変化する。そこで、これらふたつの構造を Fig. (c) のように x - y 面内に直角な境界が形成されるように配置すれば、コーナー部分で一次元状のトポロジカルエッジ状態の形成が期待できる。実際、 x, y 方向に 16 周期 (吸収境界)、 z 方向に 1 周期 (周期境界) の構造に対して FDTD 数値計算をしたところ、コーナー部分に波長 $1.6 \mu\text{m}$ の光が強く局在し (Fig. (d))、一次元状のエッジ状態の形成を示唆する結果を得た。



Figs. (a), (b) Schematic diagrams of the unit cells forming the calculated structure (c) including two perpendicular boundaries. (d) Magnetic field distribution of the one-dimensional topological edge state in the 3D structure in (c).

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 15H05700, 15H05868, 17H06138, 17F17326, 18H01154, 18K18857 により遂行された。
参考文献: [1] H. Watanabe and L. Lu, Phys. Rev. Lett. **121**, 263903 (2018), [2] T. Ozawa, *et al.*, Rev. Mod. Phys. **91**, 015006 (2019), [3] Y. Ota, *et al.*, Optica **6**, 786 (2019), [4] S. Mittal, *et al.*, arXiv:1812.09304 (2019), [5] H. S. Sozuer and J. W. Haus, J. Opt. Soc. Am. B **10**, 296 (1993).