

歪フォトニック結晶の有効場理論：双対性

Differential geometric study on distorted-photonic crystal: from the viewpoint of duality

京都工繊大¹, Geometrize² [○]北川 均^{1,2}, 南條 勘治¹, 本多 美早紀¹, 北村 恭子¹

Kyoto Inst. Tech.¹, Geometrize² [○]H. Kitagawa^{1,2}, K. Nanjo¹, M. Honda¹, K. Kitamura¹

E-mail: pamkitag@kit.ac.jp

我々はフォトニック結晶に空間的に緩やかな歪を与えた、歪フォトニック結晶における光の挙動を微分幾何学の観点から調べている。これまでに、歪フォトニック結晶の有効場理論を構築してきた。その結果を要約すると次の2点となる。① フォトニック結晶への格子定数歪の導入によりMaxwell方程式の形は変更を受ける。② 格子定数歪の効果だけで光は曲がる。特に格子定数に変位を与えた1軸性歪、2軸性歪において、歪が位置の2乗に比例する場合、光の軌跡を表す測地線方程式の厳密解が得られることを示し、その結果がFDTDシミュレーションの結果と一致することを確認した^{[1][4]}。今回、格子点形状にも歪を与えることを考察した。その結果、「格子定数を伸ばす(縮める)ことと格子点形状を縮める(伸ばす)ことは同等である」(図1)という、ある種の双対性を見出した(Maxwell方程式における電場-磁場の双対性は物理学における双対性の典型例である)。さらに、双対性における格子点の真円から楕円への変形と楕円格子点を回転させることが本質的に同等であることを見出した(図2)。この結果は、歪フォトニック結晶の設計自由度を大幅に拡張できるものと期待できる^[5]。すなわち、これまでは純粋な歪効果を調べる必要性から、平均屈折率変化による余剰効果を除外するため各単位格子での格子点充填率を一定とすることが必要であり、これによる隣接格子点の連結の問題が設計自由度に制限を与えていた。本稿で述べた楕円格子点の回転を用いる手法では、充填率は自動的に一定であることからこの制限を受けることがないという利点がある。理論の詳細は当日報告する。【文献】[1] 北川他, 2019年秋応物 19p-E207-7. [2] 北川他, 2020年秋応物 11p-Z18-4. [3] H. Kitagawa, *et.al*, arXiv:2011.14595. [4] 南條他, 2019年秋応物 19p-E207-6. [5] 本多他, 本講演会。【謝辞】本研究の一部は、JST-さきがけ(JP20345471)からの支援を受けた。

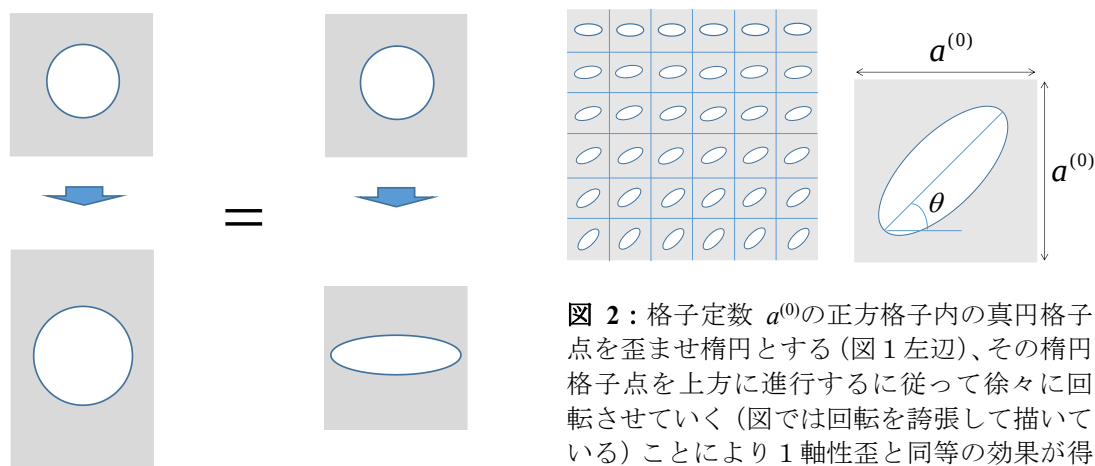


図1: 格子定数歪と格子点形状歪との間の双対性の一例。「格子定数を伸ばす(縮める)ことと格子点形状を縮める(伸ばす)ことは同等である」(格子点充填率は一定)。左辺は格子点形状を固定して縦方向の格子定数を伸ばした場合、右辺は格子定数を固定して格子点形状を縦方向に縮めた場合を表す。図の正方形、長方形内部がフォトニック結晶の単位格子、白く塗りつぶした領域が格子点を表している。

図2: 格子定数 $a^{(0)}$ の正方格子内の真円格子点を歪ませ楕円とする(図1左辺)、その楕円格子点を上方に進行するに従って徐々に回転させていく(図では回転を誇張して描いている)ことにより1軸性歪と同等の効果を得られる。