

# 等周波数面を用いた歪<sup>ひずみ</sup>フォトニック結晶の解析

## Analysis of distorted photonic crystal based on equi-frequency contour

京都工繊大<sup>1</sup>, Geometrize<sup>2</sup> ◯(M2)南條 勤治<sup>1</sup>, 北川 均<sup>1,2</sup>, 北村 恭子<sup>1</sup>

Kyoto Inst. Tech.<sup>1</sup>, Geometrize<sup>2</sup>, ◯Kanji Nanjo<sup>1</sup>, Hitoshi Kitagawa<sup>1,2</sup> Kyoko Kitamura<sup>1</sup>

E-mail: m9621042@edu.kit.ac.jp, kyoko@kit.ac.jp

【序】フォトニック結晶(PC)は誘電率の異なる2種類以上の媒質を周期的に並べることで構成され、その周期構造を反映した光学特性を持つ。我々は、PCの格子定数に対して、空間的に緩やかな格子定数の変化(格子歪)を与えた歪フォトニック結晶(歪PC)を提案し、歪PC内における新奇な光伝搬について検討している[1]。前回、格子歪を2軸方向に与えた構造での光伝搬を2次元有限差分時間領域(2D-FDTD)法で検討し、1軸方向に歪を与えた場合(図1)と比較して、光はより急峻に湾曲した軌跡を描くことを示した[2]。今回、このような歪PC内での光伝搬について、平面波展開法を用いて等周波数面を解析し、格子歪を与えることによる等周波数面の変化から考察したので報告する。【方法と結果】正方格子PCに対して1軸方向に歪を与えた、歪PCの格子点配列の模式図を図2に示す。図2より、 $y < 0$ の領域では正方格子配列、 $y > 0$ の領域では一方向に徐々に格子定数が大きくなるような長方格子配列となっている。従って、歪PCを正方格子PCと長方格子PCの2種のPCと捉え、これらの界面での屈折現象から歪PC中の現象を理解する。平面波展開法を用いて、正方格子PCとこれを基準として一方向に格子定数をわずかに変化させた長方格子PCの等周波数面を解析した。正方格子PCは格子定数を $a_x = a_y$ 、格子点半径を $r = 0.4a_x$ とした。長方格子PCはy方向の格子定数を $a_y = 1.2a_x$  ( $\beta = 0.006$ では $n=17$ に相当、歪係数 $\beta$ は格子歪の強さを示すパラメータ)、x方向の格子を $a_x$ 、正方格子PCと空気充填率を一定とするために格子点半径は $r' = \sqrt{1.2}r$ とした。それぞれの等周波数面の計算結果を図3示す。図3より、空気充填率を一定としながら正方格子PCの格子定数を一方向に広げると、等周波数面をその方向へ引き伸ばすような変化を与える。ここで規格化周波数( $\omega a_x / 2\pi c$ )=0.1に注目すると、等周波数面の法線ベクトル(図3中の $\mathbf{v}_g, \mathbf{v}_g'$ )の向きは光波の伝搬方向であるため、2種のPCの界面では角 $\theta_1 = 45^\circ$ で入射した光は、 $\theta_2 = 41^\circ$ で屈折することが分かる。従って、歪PC中ではこのような等周波数面の変化が連続して生じ、その変化に従って光が湾曲して伝搬したと理解できる。

【文献】[1] 南條他,2019年秋応物 19p-E207-6. [2] 南條他,2020年春応物 12a-A302-2.

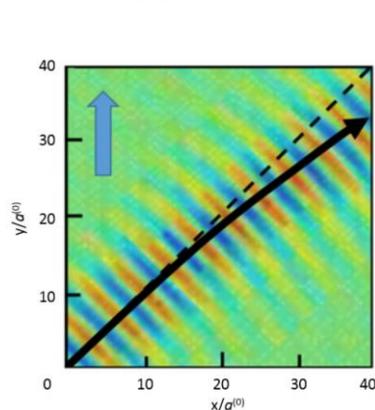


図1: 1方向に歪を与えた歪PC中の光伝搬( $\beta=0.006$ ,  $(\omega a_x / 2\pi c)=0.1$ )。青色の矢印はy方向の歪の向きを表す。

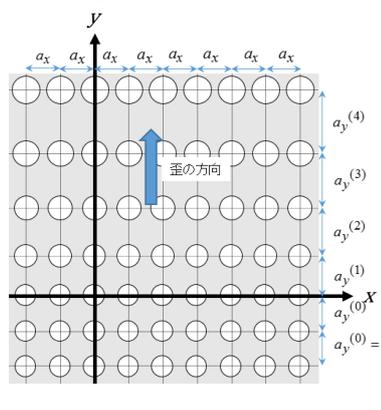


図2: 1方向に歪を与えた歪PCの模式図。x方向には格子定数 $a_x$ を持ち、y方向には格子定数 $a_y^{(n)}$ を持つ。基準位置( $y=0$ )から $y > 0$ の方向には格子定数と格子点半径が徐々に大きくなる。

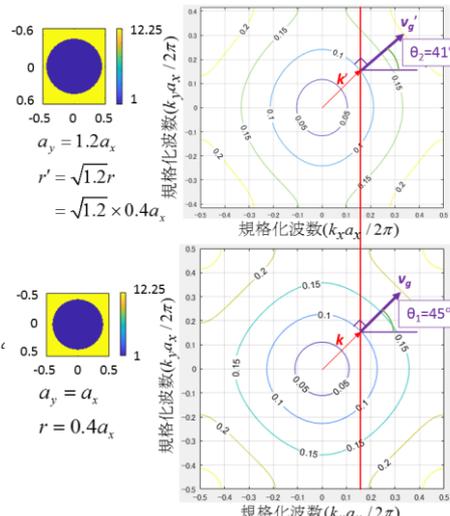


図3: 下図) 正方格子PCの単位格子と、最低次のモードにおける等周波数面。上図) 長方格子PCの単位格子と、最低次のモードにおける等周波数面。赤矢印は波数ベクトルであり、紫矢印は伝搬方向を表す。等周波数面の変化より、伝搬角 $\theta_2$ が変化することが分かる。