

超対称性に基づいた単一モード2次元レーザアレイの系統的構築

Systematic Construction of Supersymmetry-Inspired Single-Mode 2-D Laser Arrays

東大先端研¹, 東大生研², 東大ナノ量子³, ○林 文博^{1,2}, 太田 泰友³, 荒川 泰彦³, 岩本 敏^{1,2,3}

RCAST¹, IIS², NanoQuine³, Univ. Tokyo, ○W. Lin^{1,2}, Y. Ota³, Y. Arakawa³, S. Iwamoto^{1,2,3}

Email: lin-w@iis.u-tokyo.ac.jp

結合共振器アレイは大面積・高出力レーザの実現に有望な構造の1つに挙げられるが、一般に多モード化によるビーム品質劣化等の課題が存在する。近年、同系における単一モード化実現の手段として、超対称性 (SUSY) の概念を活用した手法が注目されている。同手法では主共振器アレイに対し高損失な SUSY パートナーを副共振器アレイとして接合させることで、着目する基底モードの選択的レーザ発振を実現する。1次元共振器アレイにおいて SUSY パートナーのハミルトニアンは QR 分解法により容易に得ることが可能 [1] であり、1次元 SUSY レーザの実験的動作実証も行われている [2, 3]。共振器アレイの2次元化 [4, 5] はさらなる大面積化にとって重要であるが、QR 分解法を直接適用した SUSY パートナーは一般的に物理的に実現困難な系となる。また、主・副アレイ間の接続方法も2次元的自由度を持ち単純ではなくなる。従って、現在目的の2次元共振器アレイを系統的に構築する手法は知られていない。今回我々は1次元 SUSY の考えを基にして、2次元結合共振器アレイ系において単一モードレーザ動作を可能にする系統的手法を見出したので報告する。

解析では、 $N \times N$ の2次元正方格子からなる主共振器アレイ (最近接サイト間結合レート κ_0) を検討した (図 1(a) 左)。最初に副アレイの構築手法を検討した。まず、本構造の一边を構成する N 個の共振器からなる1次元アレイに対して QR 分解法を適用し、1次元 SUSY パートナーアレイを求めた。次に同1次元パートナーアレイを結合レート κ_0 で N 列並べて2次元副アレイとした。同副アレイの固有モードは主アレイの固有モードから N 個分除いたものとなる (図 1(a) 右)。主アレイのモード縮退により、副アレイでは目的の基底モード (周波数 $2\Omega_1$) を除き、全ての独立な固有周波数に対応するモードが存在する。次に主アレイと副アレイの結合方法を検討した。ここでは2次元対称性を考慮し、主アレイの隣接2辺にそれぞれ1つつ副アレイを結合させた。 $N = 3$ の場合の系の概略図を図 1(b) に示す。同系に対し強束縛モデルによる解析を行った (図 1(c))。縦軸と横軸はそれぞれ固有周波数 Ω の実部と虚部 (利得/損失に相当) である。正味利得が正の範囲には基底モードしか存在しないことが分かる。同手法を異なる N に対しても系統的に適用した所、同様に選択的に基底モードにおいて正味利得が得られ、単一モードレーザ動作が期待されることを確認している。

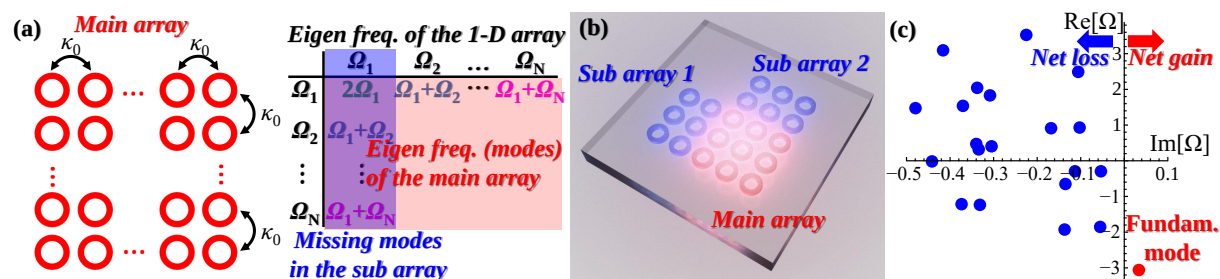


Fig. 1. (a) Schematic of the main array (left) and a matrix describing its eigenfrequencies and eigenmodes (right). (b) Schematic of the analyzed structure and (c) its calculated eigenfrequencies.

参考文献: [1] R. El-Ganainy *et al.*, *Phys. Rev. A* **92**, 033818 (2015). [2] M. P. Hokmabadi *et al.*, *Science* **363**, 623 (2019). [3] B. Midya *et al.*, *Photonics Res.* **7**, 363 (2019). [4] M. H. Teimourpour *et al.*, *Sci. Reports* **6**, 33253 EP (2016). [5] W. Walasik *et al.*, *Opt. Lett.* **43**, 3758 (2018).
謝辞: 本研究は科研費 (15H05700, 15H05868, 17H02796) により遂行された。