

非エルミートプラズモニック系における例外点を用いた ホイヘンスダイポールの形成

Formation of Huygens dipoles using exceptional points in non-Hermitian plasmonic systems

¹東工大理, ²JST さきがけ, ³NTT ナノフォトンクスセンタ, ⁴NTT 物性研

○森竹 勇斗^{1,2}, 納富 雅也^{1,3,4}

¹Tokyo Tech, ²JST Presto, ³NTT Nanophotonics Center, ⁴NTT Basic Research Labs.,

○Yuto Moritake¹, Masaya Notomi^{1,2,3} E-mail: moritake@phys.titech.ac.jp

近年、非エルミートなハミルトニアンによって記述される物理系が注目を集めている。PT 対称性のある非エルミート系では、例外点 (EP: Exceptional point) と呼ばれる特異点をまたいだ PT 相転移が起こることが知られており、非エルミート系における理論の学理構築や、相転移現象の観測、それを用いた非相反現象の研究などが行われている。なかでも、ナノフォトンクス系は、原理的に非エルミートであることから、これらの物理現象を試行・活用する舞台として、盛んに研究がなされている[1,2]。

これまで、光系における PT 相転移や、EP 近傍における物理現象に関する研究が多くなされてきている一方、EP 直上における特異な固有状態によって引き起こされる物理現象に関する研究は少ない[3]。本研究では、結合したふたつの C 型共振器 (SRR) 系において、EP の特異な固有状態を用いることで Huygens dipole が形成できることを提案する。Huygens dipole は電気双極子と磁気双極子が直交して重なり合うことで形成され、二つの双極子の外積の向きで決められる「一方向にのみ放射する双極子」である[4]。本系では、一般に光系では難しい結合符号の反転を、双極子相互作用を用いることで実現し、Huygens dipole の放射方向をスイッチできる。

提案する構造を図 1(a)に示す。二つの SRR のギャップの方向を変えることで、それぞれの固有周波数の虚部の差を生み出し、系の非エルミート性を実現している。SRR の基底モードは、図 1(a)のように電気および磁気双極子成分をもち、これらを組み合わせることで Huygens dipole を形成する。図 1(b)は、SRR1 の弧の角度 α と x 軸方向のシフト d_x を変化させたときの固有値の実部を示す。計算したパラメータ空間において、ふたつの EP が存在することがわかる。EP1、EP2 はそれぞれ結合の符号が、負、正の時に対応しており、その時の放射を見ると、EP1 では上に、EP2 では下方向にほとんどの光が放射していることがわかった (図 1(c))。これは、EP において Huygens dipole が形成されていることを示唆しており、講演では、双極子間の位相差などの定量的な議論を行う。

[1] Ş. K. Özdemir *et al.* *Nat. Mater.* **18**, 783 (2019). [2] M.-A. Miri *et al.* *Science* **363**, 42 (2019).

[3] M. Lawrence *et al.* *PRL* **113**, 093901 (2014). [4] M. F. Picardi *et al.* *PRL* **120**, 117402 (2018).

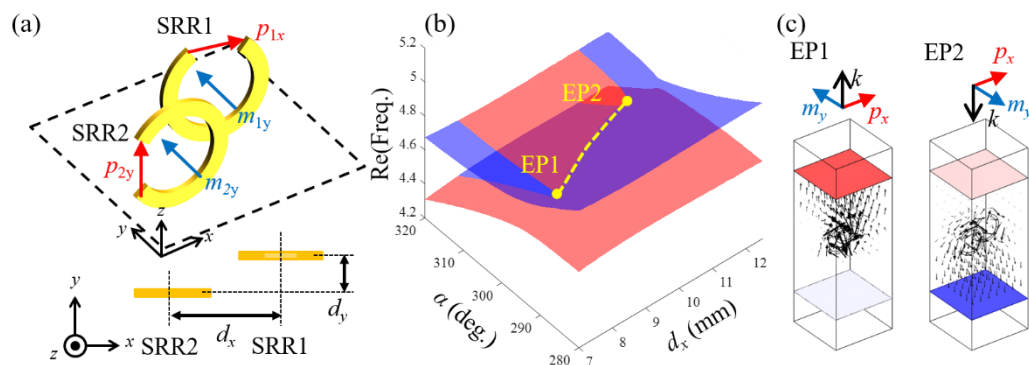


Fig.1 (a) Schematics of coupled SRRs. (b) Real parts of eigenfrequencies as a function of relative shift along x -axis d_x and arc angle of SRR1 α . (c) Poynting vector profiles at EPs.