

グラフェン装荷フォトニック結晶における非 Γ 点での例外点の検討

Study of exceptional points at non- Γ points in graphene loaded photonic crystals

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

○大塚 秀太郎 ^{1,2}, 上村 高広 ^{1,2}, 養田 大騎 ^{1,2}, 森竹 勇斗 ^{1,3}, 納富 雅也 ^{1,2,4}

¹Tokyo Tech, ²NTT BRL, ³JST Presto, ⁴NTT NPC

°Shutaro Otsuka^{1,2}, Takahiro Uemura^{1,2}, Taiki Yoda², Yuto Moritake^{1,3}, Masaya Notomi^{1,2,4}

E-mail: otsuka.s.ac@m.titech.ac.jp

PT 対称性をもつ非エルミート物理系では、例外点 (Exceptional point: EP) をまたいだ PT 相転移が発現することが知られている。特に光学系では EP 近傍でカイラルな現象などが予測され、研究が活発化している。EP を持つ PT 対称光学系には多くの報告があり、[1]では x, y 双極子からなる系において、2 つの双極子間に位相差を与えると、ジョーンズ行列に EP が形成され固有状態が 1 つの円偏光状態になることが報告された。しかし、これまで x, y 双極子を組み合わせた系の EP は Γ 点 (垂直入射) しか考えられていなかった。本研究ではグラフェン装荷フォトニック結晶を用いて、 Γ 点で PT-broken 相である構造でも波数空間上に EP が形成されていることを見出したので報告する。

前回我々は、グラフェンを選択装荷したフォトニック結晶を用いて、固有偏光状態に EP を持つ非エルミート系を実現する方法を報告した[2]。本系は図 1(a) のような正方格子 Si フォトニック結晶で、注目している縮退した 2 つの固有モードは、結合が弱いとき Γ 点でそれぞれ x, y 偏光を固有状態に持つ。この x, y 偏光にグラフェン装荷して位相差を与えると、カイラリティを持つ EP が形成され非対称透過[3]を示す。前回は Γ 点のみ調べたが、今回は波数空間上での EP の振る舞いをシミュレーションで調査した。図 1(b) に、注目した 2 つのバンドのうち下のバンドについて、ストークスパラメータ S_3 と偏光ベクトルの方向を波数空間上にプロットした。丸印の波数で上下のバンドが合体して 2 つの固有状態が 1 つになるが、EP1, 3 は円偏光点 (CP) となって 1 つの右円偏光に近づき、EP2, 4 は 45° 直線偏光に近づく。また穴の間隔 g を変化させると、 g の増大に伴い Γ 点付近に生じた EP が CP とともに波数空間上を移動する様子が確認できた (図 1(c))。これは x, y 双極子を組み合わせた非エルミート系において、 Γ 点で PT-broken 相となる構造でも、波数空間上には EP が形成されていることを示唆している。本系を用いると、円偏光点の位置を波数空間で自由に制御できることが期待される。

【謝辞】本研究は、科学研究費補助金 (20H05641) の援助の下に行われた。

[1] M. Lawrence *et al.* PRL, **113**, 093901 (2014). [2]大塚他, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 17p-Z31-4 (2021).

[3] V. A. Fedotov *et al.* PRL, **97**, 167401 (2006).

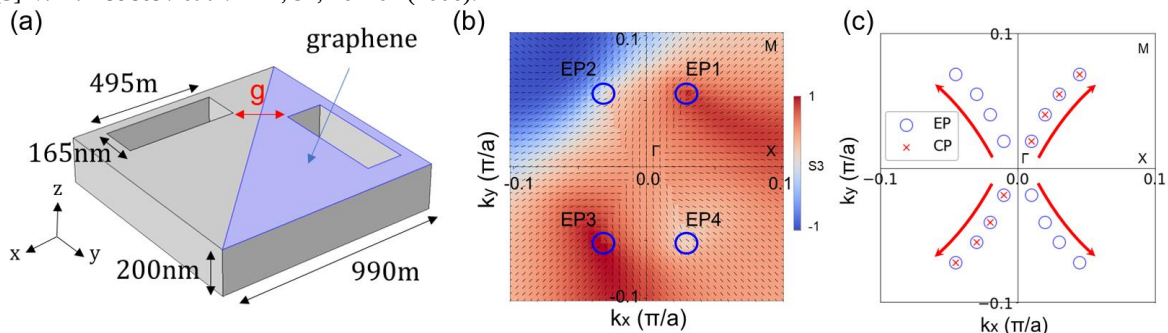


Fig.1 (a) Schematic of graphene loaded photonic crystal (unit cell). (b) Calculated Stokes parameter (S_3) around Γ point. Black lines represent polarization vectors. (c) Evolutions of EPs with increase of g .