

ドレスト光子系での電場の概念の破綻

A Logical Fallacy of Electric Field in the Dressed-Photon Systems

○坂野 斎¹、大津元一²(1. 山梨大院、2. ドレスト光子研究起点)

○Itsuki Banno¹, Motoichi Ohtsu² (1.Univ. of Yamanashi, 2.Research Origin of Dressed Photon)

E-mail: banno@yamanashi.ac.jp

川添、大津と共同研究者らは2000年代以降、非金属を使った非共鳴条件下での近接場光学特有の現象を発見、実用に供してきた。例えば間接半導体での高効率の発光[1]をはじめ、不十分な光子エネルギーによる光化学反応、周波数上方変換、禁制・非断熱遷移、巨大磁気光学効果などである。これらの原因は電子系の励起、格子系の励起と結合した電磁場＝ドレスト光子(DP; Dressed Photon)と考えられる[2]。これらDP系における非共鳴条件の役割を理解するため、非金属物質の電子系をスピンレス1電子2準位系にモデル化し、光源(light source)からの遠近、観測点(light sink)からの遠近、共鳴か非共鳴かに従って光学系を8つに分類した。このうち、近接場入射条件かつ近接場観測条件かつ非共鳴条件の下でのみ、応答関数の非共鳴応答項によって縦電場と横電場に対する応答の違いが顕れる。これは、前の発表[3]の詳細化であり、全電場が応答の原因みなせないこと、誘電率と電場を用いる構成方程式の記述が破綻することを意味する。電場という概念の破綻の起源は非相対論の性質、すなわち、ハミルトニアンの中でベクトルポテンシャル(クーロンゲージの下で横電磁場自由度)とスカラーポテンシャル(同じく縦電場自由度)の依存性が異なることであり多電子系についても正しいはずである。

今まで電場を応答の原因として扱えない光学系が存在を認識できなかった理由は次である：(1)この破綻が露わになるのは近接場入射かつ近接場観測かつ非共鳴条件下の場合だけで、通常の光学で関心がある遠隔場入射または遠隔場観測または共鳴条件下の系の補償の系であること。(2)近接場光学に限ってもプラズモニクスが対象とする金属を用いる系ではなく非金属(有限の励起エネルギーをもつ物質)を用いる系であること。(3)多電子系のハミルトニアンでは縦電場の効果を電荷間のクーロン相互作用に書き換えるため縦・横電場への応答の違いを理論的に見極めにくいこと。

DP系の現象を説明するには電場という概念の破綻、非共鳴応答の考慮が重要と考えられる。

参考文献

- [1] 川添 忠, 橋本 和信, 杉浦 聡, "高出力ホモ接合シリコンレーザー", 応物講演会 (2018 春 19p-F310-14); 川添 忠, 杉浦聡, 大津 元一, "高出力ホモ接合シリコンレーザーの作製", 応物講演会 (2017 春 15a-F202-9); T. Kawazoe and M. Ohtsu, "Bulk crystal SiC blue LED with p-n homojunction structure fabricated by dressed-photon-phonon-assisted annealing", Appl. Phys. A, **115**, 127-133, (2014); M. A. Tran, T. Kawazoe, M. Ohtsu, "Fabrication of a bulk silicon p-n homojunction-structured light-emitting diode showing visible electroluminescence at room temperature", Appl Phys A **115**, 105-111(2014).
- [2] 実験, 理論のレビューとして: M. Ohtsu, "Progress in Dressed Photon Technology and the Future", in *Progress in Nanophotonics* **4** eds. by M. Ohtsu and T. Yatsui (Springer, 2017) Chap. 1; M. Ohtsu, "Dressed photon technology", *Nanophotonics* **1**, 83-97 (2012).
- [3] 坂野 斎, "近接場光学における非共鳴効果の理論 I", 応物講演会 (2017 春 15a-F202-12).

謝辞

ドレスト光子研究起点(RODreP)での数理物理的, 実験的な議論に参加して下さった以下の方々に感謝いたします: 小嶋泉博士(RODreP), 佐久間弘文博士(RODreP), 西郷甲矢人博士(長浜バイオ大学), 岡村和弥博士(名古屋大学), 安藤浩志博士(千葉大学), 川添忠博士(東京電機大学). この研究の一部は光科学技術研究振興財団からの援助(2018-2019)を受けています。