

ドレスト光子と物質系の非相対論性

Dressed Photons and Non-relativistic Nature of Material System

○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 Ohtsu³

(1.Univ. of Yamanashi, 2. Research Origin of Dressed Photon)

E-mail: banno@yamanashi.ac.jp

ドレスト光子 (DP) は物質に内在するオフシェル (分散関係を満たさず伝搬しない) 電磁場で、エネルギー非共鳴条件下でその効果は顕著になる。川添・大津らが行った非金属ナノ構造と近接場光を用いたエネルギー非共鳴条件下での一連の実験 [1] の特異な現象；間接遷移型半導体の発光、不十分な光子エネルギーでの近接場光化学反応、ナノ構造による周波数上方変換などは、DP が不足の運動量やエネルギーを補償する役目を担っていると考えられる。このような DP 系を記述するために、私たちは、内在・外来全自由度のスカラーポテンシャル (SP) とベクトルポテンシャル (VP) を対等に扱う応答理論 [2] を構築した。それによれば線型・非線型感受率は、① 作用積分の SP・VP の汎関数微分から導出される、② 電荷保存則とゲージ変換不変性を自動的に保証する、③ VP のみに関わるエネルギー非共鳴条件下で強調される寄与；非共鳴項と SP と VP が対等に関わるエネルギー共鳴条件下で強調される寄与；共鳴項からなる。特に③で線型・非線型感受率の非共鳴項に VP のみに関わる (例えば、線型感受率の非共鳴項はロンドン方程式を導く) ことから、非共鳴項が支配する DP 系は、超伝導体系やアハラノフ-ボーム効果の系のように電場・磁場の概念が破綻する系であり、未認知の光学のレジームにあること (2018 秋 19a437-1 と-2) を強調したい。

ここで、線型・非線型感受率の非共鳴項における SP と VP の不平等性は、非相対論系の作用積分やハミルトニアン中の SP と VP の依存性の違いから生じている。換言すれば、DP 系の現象には非相対論性が根本の原因として関与している。DP 系における非相対論性の役割の理解を目的として、この発表では、非相対論系の電荷密度と電流密度それぞれと結合する電磁場自由度を新たに SP と VP として再定義し、それで記述した作用積分を出発点とする。次に上記に倣って作用積分の SP・VP による汎関数微分によって物質場である電荷密度・電流密度を決める線型・非線型感受率と電磁場を決める波動方程式を導出する。その結果、以下がわかった：新たな線型・非線型感受率には SP と VP が対等に関与すること、作用積分から導出される SP・VP の波動方程式は VP に関して非線型であること、電荷保存則と交換性のあるゲージはクーロンゲージであること。なお、再定義した SP・VP と、それに伴う線型・非線型感受率は、従前に誘導電流密度・誘導電荷密度を不変に保つ非線型変換によって導いた「非共鳴描像」のもの (2019 春, 10p-W621-9) に一致する。

謝辞

ドレスト光子研究起点 (RODreP) での数理物理的な議論について次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)、川添忠博士 (東京電機大学)、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)、瀬川悦生博士 (横浜国立大学)、松岡雷士博士 (広島工業大学)。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。

参考文献

- [1] 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.
- [2] I. Banno: "Response Theory Supporting Dressed Photons", in *Progress in Nanophotonics* 5, ed. by T. Yatsui (Springer Nature, 2018) Chap. 6; I. Banno: "Theory of Single Susceptibility for Near-field Optics Equally Associated with Scalar and Vector Potentials", <http://arxiv.org/abs/1807.10992>.