

仮想光子としてのドレスト光子理解に向けての新たな試み New initiative of understanding the dynamics of dressed photons as virtual ones

○佐久間弘文¹, 小嶋泉¹, 大津元一^{1,2}

○Hirofumi Sakuma¹, Izumi Ojima¹, Motoichi Ohtsu^{1,2}

1: ドレスト光子研究起点, 2: 東京大学大学院工学系研究科総合研究機構

E-mail: sakuma@rodrep.ro.jp

1980年代に始まった近接場光学の研究は、量子論的アプローチを取り入れドレスト光子科学技術として大きく前進し、「入射伝搬光の波長よりも“小さな粒状の光の出現”」のメカニズムの解明が続いている[1]。その過程で、従来ではその現象を解明できなかった理由を、既存の電磁理論が量子論の用語で言うところの on-shell 的であるのに対して、ここで対象とする現象が off-shell 的であることに注目して研究が急進展している。

一般的に量子場の相互作用に伴う off-shell 的な場の表現は、通常の timelike な領域に起こる自由場的な現象と異なり、その energy-momentum support は spacelike 領域を含む非常に複雑なものである。Sakuma *et al.* [2] は、光に関わるそのような off-shell 的な場を研究する為に必要な、足掛かり的一步となる timelike と spacelike 領域の対比という意味における電磁場の新たな双対構造の存在を示した。その導出に際しては、これまでも知られていながら専門分野間の縦割り構造の為に、その知見が物理学界に広く共有されていない重要な二つのテーマを絡めて議論した。その一つは電磁波の縦波の存在である。標準的な物理の教科書には、電磁波は横波と明記してあるのに対して、Cicchitelli *et al.* により理論的にも実験的にも真空中における縦波の存在が報告されている [3]。これは、どう理解されるべきなのか？実は、共変的電磁場の量子化という問題に絡め、この問題は Ojima [4] により、マイクロ・マクロ双対性の観点から既に矛盾なく解決されている。

本発表では、これらの知見に加え、ゲージ不変性の破れに伴い、Goldstone mode として機能する4元電磁ポテンシャルの発散量を核として、時空構造を随伴する双対電磁場が創発される概要を説明し、更にその双対場がどのようにして仮想光子としてのドレスト光子を記述する理論となり得るのかを議論する。

[1] M. Ohtsu, *Dressed Photons* (Springer, Heidelberg, 2014).

[2] H. Sakuma, I. Ojima and M. Ohtsu, Dressed Photons in a New Paradigm of Off-shell Quantum Fields to appear in Prog. in Quantum Electron., 2017.

[3] L. Cicchitelli, H. Hora, R. Postle, Longitudinal field components for laser beams in vacuum, Physical Review A **41** (1990) 3727-3732.

[4] I. Ojima, Nakanishi-Lautrup B-Field, Crossed Product & Duality, RIMS, Kyoto University departmental bulletin paper, (2006), **1524**, 29-37.