

量子場理論に対する問題提起としてのドレスト光子研究

Dressed photon study as the touchstone of developing quantum field theory

ドレスト光子研究起点 ○佐久間弘文、小嶋泉、大津元一

Research Origin for Dressed Photon, Hirofumi Sakuma, Izumi Ojima, Motoichi Ohtsu

E-mail: sakuma@rodrep.or.jp

これまでの2年間の発表において、発表者は未解明のドレスト光子 (DP) 現象に対して、特にその発生メカニズムに焦点した新しい理論の構築を行って来た。その研究は、新設された「ドレスト光子研究起点」(RODreP) の研究グループで共有されている認識: 「ドレスト光子は新たなオフシェル科学を拓く突破口」を強く反映するものである。オフシェルとは、量子場理論の言葉で、存在形態としては非常に限定的ではあるが、その概念的重要性の為にこれまで専ら注目を集めたオンシェルモードの対極的概念として存在するものである。日常的な言葉で例えるなら、海洋に浮かぶはっきりとした輪郭を持った氷山がオンシェル場に対応し、オフシェル場は流動する氷山を背景場として支える海洋そのものであると言える。

公理的量子場理論が示す重要な帰結として、量子場の相互作用を4運動量 (p) 空間で表現した時、 p としては時間的、光的なもの他に、空間的なものを含めたすべての関与が必須である事が示される。この数学的帰結は非常に重要だと思われるが、現在も未解決のままである量子場理論のこれまでの取り組みにおいては、この事は明示的に取り込まれていない。言うまでもなく、オフシェル科学への挑戦においては、量子場理論の再考は避けて通れない問題である。しかしながら、非自明な相互作用を記述する量子場理論の構築という「大問題」が一朝一夕には達成できないであろうことも確かである。この「大問題解決」を登山における登頂に例えるなら、そこへたどり着くルートも複数であるに違いない。発表者が、これまでに取り組んで来た空間的運動量に焦点したClebsch 双対場 [1] もその様なルートの一つであるが、主にDPの現象的振る舞いを入り口としたアプローチもRODrePにおいては、量子ウォーク研究 [2] や格子ゲージ

理論を参照する形で積極的に行われている。

前々回と前回の発表においては、Clebsch 双対場の基本的構造を調べて行くと、全く分野の異なる宇宙論 (そこでは重力場が重要な役割を占める) の未解決問題に繋がる可能性がある事を示した。分野は大きく隔たるものの、古典場としての電磁場と重力場が同様な性質を示す事は、Coulomb 力と万有引力の相似性として良く知られている。

今回の発表においては、前回発表した宇宙論関連の議論をより発展させる事により得られた (4階のテンソル場としての) Weyl 場に関しての新たな発見 (式(1)) に基づき、Clebsch 双対場を導入した元々の動機としての「場の相互作用には、時間的、光的及び空間的運動量の全てが必須」という数学的帰結の“具体例”が実は、古典的重力場の中にも存在している事を示す。

$$g_{ab} = 4W_{acde}W_b^{cde} / W_{ijkl}W^{ijkl}. \quad (1)$$

この様な電磁場と重力場との比較を通して、電磁場におけるドレスト光子の特異な位置づけが、スケールは全く異なるものの、重力場が主役となる天体力学ではどの様なものに対応付けられるのかという事を示し、且つドレスト光子の尋常ならぬ未知の力学的振る舞いがどの様なものであるかを、重力場の例を通して推察する。

謝辞: 本研究の一部は (公財) 光科学技術研究振興財団の研究助成によるものである。

参考文献

- [1] Sakuma, H. Virtual Photon Model by Spatio-Temporal Vortex Dynamics. In Progress in Nanophotonics, vol. 5, pp. 53-77, 2018
- [2] 西郷甲矢人、量子確率論からドレスト光子へ、ドレスト光子に関する基礎的数理研究 マス・フォア・インダストリ研究所 No.14, 2019