



氷山の浮かぶ海

一般社団法人ドレスト光子研究起点 代表理事
大津元一 OHTSU, Motoichi

私は現在(一般社団法人)ドレスト光子研究起点(略称RODreP)の代表理事を務めています。RODrePは研究会・講演会・セミナーを開催するような学協会ではありません。「ドレスト光子」という小さな光の正体を探るための理論を探求している研究機関です。すなわち私は実業とはかけ離れた活動をしていますので、本稿はこのような立場を反映した内容であることをご了解下さい。

まずRODrePの設立の動機とそれに至る経緯を説明させていただきます。私は四半世紀以上前にドレスト光子(その当時は暫定的に「近接場光」と呼んでいました)の研究を始め、その応用技術も開発しました[1]。当時の大学教員としての私の研究室に在籍する研究員・学生諸氏の努力により、特に応用技術研究が進んだのです。幸いにも研究費も集めることができました(この集金作業が私に課せられた重要な任務の一つでしたが)。しかし一方では研究費を集めるネタを探すための応用研究に時間と労力が費やされたため、ドレスト光子の正体を探る基礎的な理論研究をじっくり進める余裕がありませんでした。定年後は「研究費のかき集め」の束縛から解放されましたので、いよいよ念願の理論研究を集中して行おうべく、その拠点としてRODrePを設立した次第です。

教員時代に蓄積した多くの実験結果の中にはドレスト光子の正体を示唆する貴重なものが多数ありましたので、これらに着目することにより理論研究へとうまく舵を切ることができました。設立後すでに三年経ちましたが、ご支援いただいた皆様、理論研究者の皆様の協力により、研究が予想以上に発展しました。今後の展開に胸を躍らせている今日この頃です。

ドレスト光子の研究は「光のナノテクノロジー」といえるかもしれませんが。しかしそれはマクスウェル方程式を駆使して光の波を解析しつつ、ナノ寸法の微粒子にその光を照射して散乱光を観測して使う「物質のナノテクノロジー」ではありません。そうではなく、あえて従来の光科学の用語を使うと「小さな光」を扱うのです。そのような光は自由空間・マクロな物質中には存在せず、光(ここではそのエネルギーに注目し、光子として扱いますが)と微粒子中の電子(さらにはフォノン)との相互作用の結果生成されるのです。すなわちそれは光子と電子の複合系の量子場であり、電子(さらにはフォノン)のエネルギーの衣をまとっていることからドレスト光子と呼ばれるのです[2]。

ドレスト光子を用いてナノ寸法の微小な光デバイス、微細加工、高効率エネルギー変換、シリコン発光ダイオード・レーザーなどの革新技術が生まれました。これらの技術の基礎となる光科学はオフシエル科学と呼ばれています[3,4]。ここで注意すべきは、オフシエル科学は皆様にとってなじみ深い光科学(マクスウェル方程式を駆使した光の科学:それはオンシエル科学と呼ばれています)とは全く異なり、両科学は互いに相関がないことです。それはなぜか?従来の光技術では、光の波の波数、波長、従って光子の運動量(p)は確定しています。一方、ドレスト光子の場合、波長より小さな位置、寸法を考えなくてはならず、運動量の不確定性 Δp は大きく $\Delta p \gg p$ です。すなわち運動量、ひいては電磁場のモードが確定しません。加えてエネルギーの不確定性も大きく、これは大きな問題です。この問題の解決には今まで気付かず忘れ去られていた重要な事実が鍵となります¹⁾。それは相

相互作用する量子場の運動量の記述にはオフシェル運動量としての空間的運動量が必要という事です。さらに、電磁場の縦波成分が必要です。現在、この知見を取り入れ、新たな場の理論²⁾の構築に関する議論がすでに進んでおり、ドレスト光子の正体が見えてきています[5]。

これまでの光技術は確定した運動量に立脚して成長し、すでに大きな山の頂上に達しているといえるでしょう。この山を氷山にたとえると、それは大きな海の上に浮いていますが、この海を $\Delta p \gg p$ の状況になぞらえることができます。氷山に登る人は海のことを気にすることはないでしょうが、実は海から見ると氷山は小さな一部の空間を占めるにすぎません。

光を波と捉えてナノテクノロジーに使っても従来の波動光学以上の現象は生まれません。新しい現象を見出すにはオフシェル科学の考えが必要ですが、この場合ナノ領域のようなマイクロな空間と、我々が日常生活で現象を観測できるマクロな空間とを理論接続することは不可能であることがわかっています[6]。

オンシェル科学を駆使することにより発展してきた昨今の光技術の成熟のようすとみると、氷山の頂上がそろそろ見えているように思えます。一方、後進の登山者が次々と頂上に近づいており、先行登山者の地位が脅かされています。ここで新しい光技術を生むにはいつそのこと、氷山を浮かべている大きな海に飛び込み大海原に向けて泳ぎだすのがよさそうですが、それは容易ではありません。それは上記のオンシェル科学とオフシェル科学との非相関性、マイクロ空間とマクロ空間の理論接続不可能、の事情によります。

すでにオフシェル科学の研究が進展していますが、オンシェル科学になじんだ多くの人にとってこれを理解、納得することが容易ではありません。というのはその理解のための学問的基礎を先人から教わってこなかったからです。かつて「ドレスト光子は従来の光科学（オンシェル科学）で説明できる」という大胆な主張もありましたが、よくよく調べるとそれではドレスト光子の生成と消滅がうまく説明できないことから、「そもそもドレスト光子は存在しないのだ」といった奇妙な結論が引き出された例もありました。これはすでにドレスト光子の実験事実を多く手に入れている研究者にとっては困った話です。現に新しい実験事実を手に入れた人はそれを説明する理論を求めているのですから。ということで、オフシェル科学の開発を進めることが、その成熟と科学への貢献には必須です。

オフシェル科学とオンシェル科学とは非相関であることから、その真髓を多くの研究者にすぐ理解してもらうのは容易ではありません。ここらの事情は望月の IUT 理論を普及する困難さの理由に似ています[7,8]。すなわち、多くの言葉や概念を説明するのに通常のコミュニケーション手段は通用せず、おおざっぱな概要を説明したり、巧みな比喩を使うことは正確さを欠きます。

このような状況下では、オフシェル科学の研究は関連研究者の間でしばらくは粛々と進めることが妥当です。ここでプランクの皮肉な指摘、「科学の新しい真実は、反対派を説き伏せ、理解させることによって勝利するのではなく、反対派がいずれ死に絶え、新しい真実に慣れ親しんだ新しい世代が成長することによって勝利するのだ」、を記しておきましょう[9]。すなわち新しい科学の構築にはまず努力の継続が必要です。そのうち優れた後進が引き継いで育て、完成させることでしょう。

これまでの我が国の光科学・技術はモノづくりで存在感をアピールしてきました。技術の成熟につれ研究コミュニティは硬直化を免れないでしょう。このような中、現代の気鋭の研究者の多くは「選択と集中」の施策に沿った公的研究資金を受けているため「もう後れを取ることは許されない」という掛け声のもとに欧米先進国で流行している研究を如何に本邦初輸入するかに苦勞しているようです。新しい発明・発見とパラダイムシフトは最先端の研究において生ずるというよりは、むしろ反対に極めて基礎的なことの中から生まれることが多いのですが、現在の研究者にとっては流行研究とは異なる方向のテーマを見つけることは難しいようです。RODreP ではこのような傾向とは異なる研究をするため、民間による運営により氷山の浮かんでいる大きな海へと船を漕ぎ出しています。

1) 公理的量子場理論においてはこの事実はすでに指摘されていました。

2) 相対論で重要となるポアンカレ共変性を有する理論です。

参考文献

- [1] Ohtsu, M. (2020). History, current developments, and future directions of near-field optical science. *Opto-Electronic Advances*, 3, 190046.
- [2] 大津元一 著, 「ドレスト光子」, 朝倉書店, 2013年, pp.10-32.
- [3] 大津元一, 小嶋泉 編著, 「ここからはじまる量子場」, 朝倉書店, 2020年, pp.10-20.
- [4] Ohtsu, M. *Off-Shell Applications in Nanophotonics: Dressed Photon Science and Technology*, Elsevier, Amsterdam, Netherland (2021)
- [5] Sakuma, H., Ojima, I., Ohtsu, M., & Ochiai, H. (2020). “Off-shell Quantum Field to Connect Dressed Photons with Cosmology,” *Symmetry*, 12, 1244 doi:10.3390/sym12081244.
- [6] 小嶋泉 著, 「量子場とマイクロ・マクロ双対性」, 丸善出版, 2013年, pp.166-167.
- [7] 加藤文元 著, 「宇宙と宇宙をつなぐ数学」, 角川書店, 2019年, pp.27-125.
- [8] 大津元一, 「IUT理論の言葉」, 第37回忘れえぬ言葉, ドレスト光子研究起点 Web サイト <http://jpn.rodrep.or.jp/?p=784>
- [9] マリオ・リヴィオ 著, 千葉敏生 訳, 「偉大なる失敗」, 早川書房, 2015年, p.352.