

真夏の夜の“物理怪談”

佐久間弘文、ドレスト光子研究起点

少し前に、大津先生から皆さんへ、「電磁波の縦波の事をまとめた資料を **off-shell archive** に置いたので、ご覧ください」との連絡があったと思います。実は、一か月程前だと思いますが、これまでの自分が取り組んで来た研究を振り返った時に、自分ではとても信じられない程“不思議な事態”が光学分野にはあるという事を大津先生にお話ししました。それは、電磁波の縦波についての知見の共有に関する事です。この事を大津先生にお話ししたところ、さっそく色々な文献を調べて、結果をまとめて頂き、私自身とても勉強になりました。ドレスト光子研究に参入する前の私にとって光学は、そういう学問があるという言葉だけの存在でした。世間にあふれている学生向けの電磁気の本は、大分以前に“教養”の一環として勉強した事がありますが、そこには光の縦波の事など書いてありませんでしたので、漠然と真空中を伝わる電磁波は横波のみと思っておりました。しかし、事情をよく調べてみると全く違ってびっくりしました。今回は、「びっくりした」その経験を、コメディ風を書いてみました。

私が小、中学生の頃は、夏の暑い時期になると、TV等で講談師が「怪談もの」をやっているのをよく見かけた記憶がありますが、最近はその様なものを目にする事はほとんどなくなりました。この「怪談もの」の話が成立する為の大前提は、言うまでもなく、人間は肉体的な死ですべてが終わるのではなく、その後も何かの“エネルギー体”として意識が存続するという事で、その“エネルギー体”は一般に霊と呼ばれています。古今東西に関わらず、人間の社会においてこの霊という言葉が無い社会は無いように思われます。しかし、特に戦後の日本社会においては、経済活動に全く関係の無いような霊というものは、多くの人の関心の「外」に置かれているのも事実で、ある人たち（グループA）にとって霊の存在は当たりまえなのに、別の人たち（グループB）は、そんなものは無いと断言して憚らないという状況があります。しかし、その他大勢の人々は、その真偽にあまり関心が無い為に、万人がわかる様に、その真偽を確かめようとする真面目な試みは、少なくとも日本においては、今は無いように見受けられます。

今回のオフショルフォーラムの記事を書くにあたり、何でこの様な物理とは関係の無い話を持ち出したかという、実は物理・工学界の中にも「上で触れた霊に対する態度」と同じ様なものがあり、“事情”を知らなかった私は、当初大変面食らってしまった経験があったのです。今回は、その事を是非皆さんに共有したいと思って、少々不謹慎かもしれませんが、この寝苦しい熱帯夜に「一抹の涼」をもたらすべく、話のタイトルをこの様にしました。

私が取り組んだドレスト光子の研究において、電磁波の縦波は重要な要素の一つでした。長らく地球流体の分野にいた私にとって流体中を伝わる波には、横波と縦波がある事は、それこそ入門書に書いてある知見でありましたが、電磁気学では事情が大きく変

わっていました！大学生向けの電磁場理論の専門書には、どこを探しても電磁波の縦波の記述が無いのです。（元来、私は探し物が苦手なので、皆無であるとは断言しませんが、すぐには見当たらないのは事実です）従って私は、当初電磁波には縦波は無いのだと思っていましたし、事実、素粒子の先端分野で学位を取り、その後サイエンスライターとして先端科学の知見を一般人に解説する本を書いているある方の解説本には、「何故電磁波には縦波が無いのか」という“説明”があった様に記憶しています。今となつて思う事は、おそらくこの方は、電磁場の量子化という現代物理の先端的知見はあるものの、古典物理としての Maxwell 理論の詳しい事は知らなかったから、その様な事を書いたと思われま

す。実際、電磁場の量子化の説明を読むと、物理的に意味のあるのは横波のみで、縦波は非物理的なもの故に、排除されるべきものと見做されています（もちろん、これは小嶋先生が言われる「普及版量子場理論」での話です）。素粒子分野では、この様な非物理的な存在は一般に **ghost** 場と呼ばれているようです。すなわち、“より進歩的な”量子論的視点に立てば、縦波は、そんなものはあってはならない“幽霊”なのです。この意見は、冒頭で書いた「霊の話」で紹介したグループ **B** が持っている見解に対応するものです。私がこの縦波問題についての勉強を個人的に進めて行く時間経過の中で、初めにこのグループ **B** の見解に、兎と亀の童謡に出て来るセリフ「なんと仰る兎さん！」的に異議を唱えたのは、小嶋先生が 2006 年に出された数理解析研究所講究録でありました。その概要を、参考の為に、以下にコピーします。

By re-examining the Nakanishi-Lautrup formalism of abelian gauge theory, we clarify the following fact: while the longitudinal photons or unphysical Goldstone bosons in the Higgs mechanism are eliminated from the physical space of states in the usual formulation, this statement applies to the above modes *only in their particle forms*. In their non-particle forms, the former appears physically as the infrared Coulomb tails and the latter as the so-called “macroscopic wave functions” arising from the Cooper pairs, both of which play essential physical roles.

もちろんこれが私にとって“衝撃”であった事は間違いありません。しかし、ここでまた、個人的に困ってしまいました。静電場のクローンモードは問題無く OK としても、**non-particle mode** である古典的な縦波は、存在しても問題ないはずだが、縦波が古典理論で“記述されていない”という事はどういう事なのか？という疑問でした。非常に特殊な存在でない限り、学生向けの専門書に書いてあっていいはずなのに、それが無いという疑問です。

物理学において、もちろん量子論は、古典論の世界観を大きく変革した画期的な“現代的”理論ですが、小嶋先生の「量子—古典対応」の精神に見られる如く、古典論は、

量子論と比較した時に、すべての面で“劣っている時代遅れの理論”というわけではなく、自然現象を人間が理解する上で、この両者は相補的と見做されるべきものです。この重要な視点を強調しつつも、ここでは本稿のテーマである“物理怪談”を面白可笑しく進める為に、敢えて、量子論＝“進歩的かつ modern な理論”、古典論＝“Classical すなわち、当時は価値があったが、今となっては前時代的な因習に基づく遅れた理論”という風に捉えて、話を進めます。そうだとしたら、“現代的視点”からは否定された幽霊話は、やはり昔の“古典”世界をほじくり返すに限ると思ひ、古典電磁気に関する資料を色々見て見ました。すると、まず霜田光一先生の A4 2 ページ程のノートに縦波の存在が書いてあるのを発見しました。その次は、Melvin Lax 等や Cicchitelli 等が Physical Review A に発表した論文に行きつきました。これは、大津先生の解説にあるように、有限幅のビーム状の波動については、必ず縦波が伴うという結果を示すものです。専門外の私は、Lax がどういう人か全く知りませんでした。大津先生より、Lax の論文を reviewer (または editor) として reject したら業界では生きていけないくらいの大物だと教えてもらいました。Lax のこの論文は、1975 年に出ていますが、大津先生の最近の調査によると、縦波は、Max Born との共著で Principles of Optics を書いた Emile Wolf も Lax 以前にその存在について書いているとの事でした。結論として、“古典世界”では思った通り、“幽霊”は科学者からも市民権を与えられ“立派”に存在していました。

それにしても、地球流体の分野にいた私にとって非常に奇異な事は、以下の事です。Lax や Wolf という光学界の重鎮が、その存在を語り、Lax に至っては Physical Review という世界的に見ても major な journal でその事を発表しているのに、(世界の事は知りませんが、少なくとも日本の学生むけの電磁気学の本には) 縦波の事が殆ど触れられていないのは、どうしてでしょうか？私には理由がよく分かりません。これから電磁気学を学ぶ若い人が、私の様に、「縦波に関する幽霊問題」で時間を取られない為にも、この知見をもっと目にとまる形で学生向けの専門書等にも記述して欲しいと思います。

最後に一言。未解明現象の一つにガンマー線バーストというものがあるそうです。これは、継続時間はかなり短いものですが、宇宙の色々な方向から信じがたい程の高エネルギーガンマー線が頻繁に観測される現象のようです。最近の研究によるとこのガンマー線のビーム幅はかなり狭いという事なので、縦波成分もかなり入っているのではと想像します。天文学者はその発生にはブラックホールが関わっているのでは等の推測を色々していますが、もしそうだとすれば、ドレスト光子と同様に、特異点と空間的運動量の二つがその生成に大きく関与しているのではと、個人的にはそう思っています。