

地味な研究の効用

山西 正道[†]

Try to Do Quiet Research

Masamichi YAMANISHI[†]

地味ながら重要な分野の研究を進展させることは、分野間のバランスのとれた科学・技術の全体としての発展のため大変重要である。筆者には、現状では分野間の発展には大きな不均衡が存在するように見受けられる。研究予算が獲得しやすく、結果に対しての評価が得やすい(マス・メディア受けのする)派手な研究分野に研究者が集中することはやむを得ないことではあるが、それでも敢えて、「バランスのとれた科学・技術発展」の重要性を強調したい。ことに、最近ますます拍車がかかるように派手な分野への集中が起こっているように見受けられることに危機感をもっている。ここでは、「レーザー」というある意味派手な分野に隣接する地味な分野の発展の重要性を具体例を示しつつ述べる。

周知のように、レーザー発振光の究極的な線幅は、自然放出光の影響で決まり、その幅は、極めて狭いことが分かっている。しかしながら、現実には、低い雑音周波数における $1/f$ 揺らぎのために、発振周波数は、揺らいでおり、結果として、フリーランニング状態のレーザーの線幅は、はるかに広いものとなる。光コムの場合、軸モード間の間隔は固定されているもののスペクトル全体は、やはり揺らいでいる。この $1/f$ 揺らぎを、電気的・光学的な帰還により抑圧することにより事足りとしているのが現状であり、実用性を考えると、レーザーを構成している電子系に切り込んだ形で、 $1/f$ 揺らぎを抑圧することが重要である。ところが、電子系(半導体)の $1/f$ 揺らぎの発生機構に関しては、1955年から1969年にかけて提案された“Number fluctuation model”と“Mobility fluctuation model”の論争が延々と続いており、その後になされた散発的な実験研究も個別的で、統一的な理解がなされていないのが現状である。この原因は、結局、地味な話である「揺らぎ」の問題に対する研究者の態度にあるのではないかと思っていたところ、雑音を扱った書物¹⁾に次のような記述が見つかった。(一般の研究者の揺らぎに対する態度として)、“Spontaneous fluctuations seem nothing but an unwanted evil which only an unwise experimenter would encounter!”。「こんな事だから、 $1/f$ 雑音に関する研究は、遅々として進まないんだ」と思い、それならと言うことで、自分で量子カスケード・レーザーの場合に適用できる雑音モデルを作った。その結果、量子カスケード・レーザーの $1/f$ 雑音の大幅な抑圧が実現された²⁾。(ただし、実用素子では、いまだ $1/f$ 雑音の大幅な抑圧は、実現されていない)

ここで、もう一つの地味ではあるが重要な研究・開発テーマを紹介して置く。それは、最近のライダー用の近赤外域(1 μm 帯)の半導体光源の開発である。この先鋭的な応用(自動運転の為の車載、ドローンへの搭載、医療応用(OCT)等)の為の光源には、次のような3条件を満足することが求められている。即ち、(1)出力光に対する条件、縦(進行)方向(時間ドメイン)でのインコヒーレンス(スペckル雑音を発生させないため)と横方向でのコヒーレンス(集光のため)、(2)高速動作(100ピコ秒オーダーのパルス・トレイン発生)、(3)小型・安価で、過酷な環境条件(-50°C~+120°C)および戻り光が存在する状況での安定動作。明らかに、現存する発光素子、即ち、レーザー・ダイオード(LD)、LED、あるいは、スーパー・ルミネッセント・ダイオード(SLD)では、これら3条件は同時には満足されず、新しい発想が必要とされている。特に、半導体の電子系から直接もたらされる形での、光のコヒーレンス制御は、コヒーレンス工学(Coherence Engineering)³⁾という新分野を展開するための有力な手段になると考えられる。コヒーレンス度の自在な制御と統一的な理解のためには、自然放出および誘導放出過程の個々のイベントに踏み込んだ形でインコヒーレンス/コヒーレンスを「揺らぎの制御」として捉える必要があり、これは基礎的にも興味深い研究課題となるであろう。

参考文献

- 1) D. K. C. MacDonald: Noise and fluctuations (Wiley, New York, 1962).
- 2) M. Yamanishi, T. Hirohata, S. Hayashi, K. Fujita, and K. Tanaka: J. Appl. Phys. **116** (2014) 183106.
- 3) 用語, “Coherence Engineering”は、最近の論文に見られる。例えば, L. Waller and L. Tian: “Coherence engineering for microscopy”, Frontiers in Optics, OSA Technical Digest (Online) (2014) paper FW2E. 3.

[†] 浜松ホトニクス(株)中央研究所(〒434-8601 浜松市浜北区平口5000番地)

[†] Central Research Laboratory, Hamamatsu Photonics KK, 5000 Hirakuchi, Hamakitaku, Hamamatsu, Shizuoka 434-8601