

レーザーとカオス

磯島 隆史[†]

Laser and Chaos

Takashi ISOSHIMA[†]

筆者がレーザー学会と関わりを持ったのは、「レーザーのカオス・ノイズ・ダイナミクスとその応用」技術専門委員会(現「自然に学ぶレーザーカオスと量子ダイナミクス」技術専門委員会)に参画したことがきっかけであったから、本稿を依頼されたときに、何かカオスについて書くのがよからうと安易に考えたのであった。ところが過去の「レーザー研究」を読み返しているうちに、同委員会でご一緒している梅野健先生が、わずか1年1ヶ月前に Laser Compass にカオスについて書いた記事¹⁾を発見してしまったのである。さてどうしようか? いや我々人間も複雑系でありカオスを内在しているのであるからして、ほぼ同じところから始めても初期値鋭敏性によって大きく乖離していくに違いない。

上記の記事は、「机の上がカオス」という表現がカオスの間違った使い方であるという指摘から始まっている。しかしながら、むしろこれは一般名詞と学術用語の意味の違いと捉えるほうがよいであろう。同じ光といっても自然光とレーザー光ではまったく異なるのと同様である。一般名詞としてのカオスが秩序なき状態を表しているのに対して、学術用語としての(決定論的)カオスにはこれを支配する方程式ないし写像があり秩序が存在する。ゆえに時系列が一見乱雑無秩序に見えても、その統計的性質が速やかに収束して安定であることを始めとした様々な特徴があり、近年はその有用性を生かしたカオスの応用の研究も盛んになってきている。梅野先生は、モンテカルロ計算において一様乱数の代わりにカオスを用いることで収束が速くなることを見出しており²⁾、その収束の速さが量子 Grover アルゴリズムと同等であることから「カオス超越性」という概念を提唱した。最近ではカオス超越性は、より広範な、カオスでしか実現できない機能の総称として用いられている。

今年はレーザーの実験的発振成功から 65 年、カオスの実験的発見から 64 年、そしてレーザーにおけるカオスすなわちレーザーカオスの理論的提示³⁾から 50 年にあたる。レーザーとカオスの関わりは深く、ある意味で相性がよいと言えるであろう。レーザー方程式は 3 変数非線形微分方程式であるためカオス方程式としての性質を持つうえに、半導体レーザーのように実質的に 2 変数ないし 1 変数となっても、戻り光による遅延帰還で容易にカオスを発生できるためである。とはいえ筆者が学生であった 40 年近く前には、周りの半導体レーザー研究者たちはこの戻り光レーザーカオスを「戻り光雑音」と呼んでいた。一般名詞のカオスと同様の扱いをされていたわけである。レーザーカオスの概念はまだ一部の研究者にしか知られておらず、またレーザーの安定発振を目指すいわば正統派の工学的アプローチから見れば、単なる邪魔な不安定現象でしかなかったということであろう。ちなみに半導体レーザーの研究もカオスの研究も行っていただけではない当時の筆者は、戻り光雑音の話聞いて大変やなあとか暢気に考えていたものである。1990 年代に入ってレーザーカオスが広く知られるようになってくると、実験的に最も扱いやすいカオスの一つとして応用研究が盛んになっていき、最近ではカオス秘匿通信など情報通信や光リザバコンピューティングなど情報処理からテラヘルツ波発生にいたるまで、多様なレーザーカオスの研究が展開されている。今後ますますの発展を期待したい。

そういえば、「机の上がカオス」であっても、机の主にとってはそれは実は秩序状態であり、必要な文書や書籍に最速でアクセスできるのだという主張がある。そうであるならば、この「カオス」は一般名詞よりもむしろ学術用語としてのカオスに近く、カオス超越性によって高速探索が実現されているのかもしれない。自分の机の上を「カオス」と言われた読者諸氏は、「その通り、だからカオス超越性で必要なものをすぐ見つけ出すことができるのですよ」と煙に巻いてみてはいかがであろうか。いや煙に巻くのではなく本当にそうですと? これは失礼しました。

参考文献

- 1) 梅野 健: レーザー研究 **52** (2024) 113.
- 2) K. Umeno: Jpn. J. Appl. Phys. **39** (2000) 1442.
- 3) H. Haken: Phys. Lett. **53A** (1975) 77.

[†] 理化学研究所 光量子工学研究センター (〒 351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1)

[†] RIKEN Center for Advanced Photonics, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198