

## 非平衡系，生命，情報の関係：計数統計の視点から

大久保 潤

京都大学大学院情報学研究科 システム科学専攻

湯川秀樹博士は、生物物理学者の大沢文夫博士に「生物は積み木細工ですね」と述べた [1]. 量子力学では直感に反するような現象が数多く存在する一方で、生命は DNA から出発して細かい部品の積み重ねで構成されていて直感を越えることがない、ということである。確かに、生命は積み木細工という一面を持つ。だからといって生命を簡単に理解できるわけではない。そこで生物学、物理学、さらには情報科学も含め、さまざまな分野が協力して生命を理解しようとしているのが現状であろう。しかし実際には各分野ごとに手法が異なるばかりか、時には目的でさえも異なる場合がある。どのような視点でこれらの研究分野を眺め、どのようにその関係性を捉えればよいのだろうか。そして、非平衡系の研究は生命の理解とどのようにつながるのだろうか。

研究分野の関係を眺める視点について、一つの例を挙げてみよう。生命の理解の鍵は情報という概念にありそうであるが、そもそも情報とは何か。例えば DNA は情報と関係しており、その配列だけから、生成される RNA やタンパク質、そしてそのタンパク質の三次構造までも、ある程度は推定可能である。しかし、配列のパターンからタンパク質の三次構造を推定することは「生命に関わるパターンについて人間が解釈する」ことである。これは「生命に関わるパターンを生命が解釈する様子について人間が理解する」こととは異なっており、これらの区別が必要であるとも指摘されている [2]. 前者が主に情報科学に、後者が主に生物学や生物物理学に関わることであり、学際的な研究交流において、これらの違いを認識しておかないと会話が噛み合わない可能性もある。さらに「解釈」という考え方は、ある状態が「どのような過程を経て」別の状態へと変化するか、という動的な側面の研究が必要であることを示唆する。

本講演では、物理学と情報科学（と生物学）の接点を深めるという研究会の趣旨を考えて、まず生命に関係する研究分野を眺める視点を簡単に整理することを試みたい。その整理を通して、状態（モノ）と過程（コト）をつなぐための研究の一つとしての非平衡系という視点が見えてくる。さらに、状態と過程をつなぐ自然な枠組みの一つとしての（完全）計数統計と呼ばれる枠組みについて概説する [3, 4, 5]. この枠組みは分子モーターや周期摂動によるポンプカレントと呼ばれる現象と関係しており、さらには計数統計における幾何学的描像と非平衡系におけるエントロピー生成との関係も指摘されている [6].

もちろん、まだ生命について理解できたという段階からはほど遠い場所にいるが、具体的な問題に地道に取り組むこと、さらに数理的な構造を模索し続けることで、生命の理解に迫る何かが見つかることを期待したい。

[1] 大沢文夫, 物性研究 **87**, 362 (2006).

[2] 金城玲, 生物物理 **50**, 166 (2010).

[3] I. Gopich and A. Szabo, J. Chem. Phys. **122**, 014707 (2005); *ibid.* **124**, 154712 (2006).

[4] N.A. Sinityn, J. Phys. A: Math. Theor. **42**, 193001 (2009).

[5] J. Ohkubo and T. Eggel, J. Phys. A: Math. Theor. **43**, 425001 (2010).

[6] T. Sagawa and H. Hayakawa, Phys. Rev. E **84**, 051110 (2011).