

# 生物学における機能説明と機能階層

科学哲学会ワークショップ発表用資料（改訂版）

大塚 淳（京都大学）

## 1. 二つの機能概念

生物学では、機能による現象の説明がしばしば行われる。生物学の哲学においては、こうした生物学的機能に対して、起源機能(etiological function)および因果役割機能(causal role function)という二つの解釈が提案され、このどちらが「真の」機能概念を捉えているのかという論争が繰り広げられてきた。しかし本発表ではこうした争いに加わるつもりはない。むしろ両者の違いは、生物学における二つの主要な関心、すなわち生物の起源の探求（進化生物学）とメカニズムの探求（生理学・分子生物学）に対応している。本発表ではこの観点から、生命システムの因果的構造についてのラフスケッチを示したい。

## 2. 因果役割機能と機能階層

ある対象（の特徴やふるまい） $x$ の因果役割機能は、 $x$ を含むシステムのふるまいの説明において、 $x$ が果たす役割である。生理学・分子生物学における説明の多くは、生命システムのふるまいを、各構成要素の働きとその連関（すなわちそのメカニズム）によって説明する。これは、生物の各部分の因果役割機能の特定（機能分析）による生命現象の理解だといえる。このような仕方では、因果役割機能は、システムがどのように働いているのかという how クエスチョンに答える。

機能分析は、上位レベルの現象を下位レベルの道具立てで説明するという意味で、還元主義的な説明である。分子生物学などでしばしば主張される「還元」は、多くの場合こうした説明的還元を指している。こうした機能分析が繰り返されることで、生物のふるまいをより詳細なメカニズムによって説明することが可能になる。このような再帰的分析が生物の各要素について成立するのであれば、我々はその生物を機能的な階層構造によって表すことができるだろう。そこでは下位レベルの諸要素の機能が上位レベルのふるまいを可能にし、またそのレベルにおける諸機能がさらに上位のレベルのふるまいを可能にする。またその逆に、上位レベルのふるまいは下位レベルの諸要素の機能によって説明され・・・という具合に、対象の説明は機能階層を下ることによって求められる。因果役割機能の分析とその図式的表現である機能階層は、こうした生理学・分子生物学における還元主義的な見方を表している。

### 3. 起源機能と適応

一方、起源機能の考え方は、進化生物学における適応概念と密接に結びついている。生物学的文脈においては、ある特徴  $x$  の起源機能が  $F$  であるとは、 $x$  が  $F$  に対する適応として自然選択によって選ばれてきたということである。つまり起源機能は進化的歴史を提示することで、なぜある生物（選択単位）が一定の特徴を有しているのかという why クエスチョンに答える。つまり起源機能と因果役割機能は、異なった説明関心に答える別様の概念だといえる。

### 4. 両者の関係

Salmon(1984)は、説明とは現象を世界の（因果的）構造に組み込むこととした。彼はその埋め込み方として、構成的説明と起源的説明という二つを提示している。この見方にしたがえば、因果役割機能は生物の構成的説明（の一部）を与え、また起源機能は起源的説明（の一部）を与えることで、説明対象である生物を世界の因果的構造のうちに組み込むものだと考えることができる。

自然選択は、生物学的に有意な（つまり適応度を上げる）因果役割機能と、起源機能とを関連づけるメカニズムを与える。一般にある特徴がどの程度有利であるかを測るためには、それがどのようなメカニズムに組み込まれているのか、あるいはどのようなメカニズムで実現されているのかを知る必要がある。ここから因果役割機能の分析は、起源機能を推測する際に有用な知識を提供する（Cf. 最適化モデルの構築や源泉法則の導出において）。また逆に起源機能の推定から、因果役割機能の分析が進むようなケースもある（鎌状赤血球貧血におけるヒトヘモグロビン HbS のマラリア耐性など）。

### 5. 問題

こうして因果役割機能と起源機能は、生物学的説明の重要な両輪となるが、両者は完全に一致するわけではないし、またその説明力には限界がある。主な問題として次の三点があげられる：

(1) 生物学的に有意な因果役割機能と、起源機能は常に一致するとは限らない。

これは Gould&Lewontin(1979)以来繰り返されてきた適応主義批判の要点である。つまり前者には単なる副効果や外適応の可能性が含まれ、それらは適応、すなわち起源的な意味での機能とは認められない。

(2) 生物のふるまいは機能階層によって表せるという仮定には問題がある。

機能階層の構造は、ツリー構造として見られた場合、システムの構成要素間の相互作用が、システムの境界を超えた要素間の相互作用よりも有意であるという前提をとっている。しかしこうした近似は必ずしも満たされない（e.g.細胞内のネットワーク）。こうしたケースではシステムの境界は曖昧になり、したがって構成要素の因果役割機能による説明という試みが困難になってくる。

(3) 両機能概念の共同では説明できない生命現象が存在する可能性がある。

ゲノミクスやプロテオミクスの興隆により、近年ではタンパク質や遺伝子レベルでの生命現象の解明が進められている。機能分析と起源機能は、こうしたレベルの生物学的現象に対しても、有効な説明を与えてくれるのだろうか。Kauffman(1993)が正しければ、遺伝子調節システムが示す重要な特徴のいくつかについては、答えは No かもしれない。彼は、遺伝子発現周期の安定性や多細胞生物の個体発生における分岐的分化などといった特徴は、一定の全体的性質を備えたネットワークでは自発的に生じてくると主張する。そうであれば、そうした特徴の説明のために、個々の要素の役割の特定は必要ない。またそれは外的な力の助けなしに生じるため、その起源は自然選択によって説明されない。つまりその場合、因果役割機能によっても起源機能によっても説明されない、生物学的に興味深い一群の問題がある、ということになるだろう。

## 文献

- Bechtel, W. & Richardson, R. C. (1993), *Discovering Complexity: Decomposition and Localization As Strategies in Scientific Research*, Princeton University Press.
- Craver, C. F. (2001), 'Role functions, mechanisms, and hierarchy', *Philosophy of Science*, 68, 53-74.
- Cummins, R. (1975), 'Functional Analysis', *The Journal of Philosophy*, 72, 741-765.
- Gould, S. J. & Lewontin, R. C. (1979), 'The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: A critique of the adaptationist programme', *Proceedings of the Royal Society of London*, B, Vol.205, No.1161, 581-598.
- Kauffman, S. (1993), *The Origins of Order*, Oxford University Press.
- Machamer, P., Darden, L., & Craver, C. F. (2000). 'Thinking about mechanisms', *Philosophy of Science*, 67, 1-25.
- Salmon, W. (1984), *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton University Press.
- Sarkar, S. (1998), 'Genetics and reductionism', Cambridge University Press.
- Simon, H. A. (1996), *The Sciences of the Artificial* (3<sup>rd</sup> ed.), The MIT Press. (稲葉・吉原訳『システムの科学』、パーソナルメディア、1999年)
- Wimsatt, W. C. (1972), 'Teleology and the logical structure of function statements', *Studies in History and Philosophy of Science*, 3, 1-80.
- (1976), 'Reductive explanation: a functional account', in Cohen et al. (Eds.), *PSA 1974*, 671-710.
- (2002), 'Functional Organization, Analogy, and Inference', in Ariew, Cummins, & Perlman (Eds.), *Functions: New essays in the philosophy of psychology and biology* (pp.173-221), Oxford University Press.
- Wright, L. (1973), 'Functions', *Philosophical Review*, 82, 139-168.