The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	＜書評＞ Susan Oyama, ”The Ontogeny of Information ―Developmental Systems and Evolution―”, Duke University Press, 2000
Author(s)	高階, 絵理子
Citation	年報人間科学. 2014, 35, p. 161-165
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/27123
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

〈書評〉

Susan Oyama

The Ontogeny of Information —Developmental Systems and Evolution—

Duke University Press, 2000

高階 絵理子

はじめに

スーザン・オーヤマは現在、ニューヨーク市立大学で発達心理学を教えており、発達や進化に関して、個体発生に注目した発生システム論を主張していることで知られている。オーヤマの取り組む分野は発生進化生物学（Evolutionary Developmental Biology）、通称エボデボ（Evo-Devo）と呼ばれている。エボデボについては、戸田山和久が現代思想のダーウィン特集の中でわかりやすく解説しているが[i)]、特に発生に関してまとめると、「遺伝子は種に特有の発生のための情報をすべて持っており、また遺伝子に蓄えられた情報が発現する過程が発生である」という旧来の考えに対抗するものである。その中でもオーヤマの主張する発生システム論は、DNAが遺伝情報を「持っている」わけではなく、遺伝子と環境の偶然的関係の中で発生が起こり、淘汰が働くのも遺伝子ではなく発生多様体全体に対してだとする厳格な立場である。

20世紀から21世紀にかけての遺伝学の進歩は目覚ましく、輝かしい成果を生んでいる。しかし、生きものの進化を考える上では、遺伝学のまぶしさに目がくらんで他の進化に関する研究を忘れてしまってはならない。もちろん遺伝学も含めて、それらの研究の融合は不可欠であるが、いたずらに専門用語をつなぎ合わせるだけでは、かえって混乱を招き、対立を深めることになってしまうかもしれない。本書は、研究成果を単純に合わせて記述するのではなく、我々の考え方に揺さぶりをかけてくるものである。生きものをとりまく情報や生物が存在するための条件を対照的な言葉に分割して我々の思考を縛ってきたこれまでの対立を解消する試みでもあるだろう。

本書の初版は1985年であるが、進化を考えるうえで忘れられがちな個体発生のはたらきについて確認しておくことは、いまなお強い必要性があるだろう。

本書は、第１章イントロダクションに始まり、第２章から第４章にかけて生物における継続や変化を原則論的に論じ、第５章から第７章にかけてはアニミズム的なメタファーとしての遺伝子についての議論や表現型を生みだす過程としての個体発生についての議論を応用的に進め、第８章で「情報」に注目してそれらをまとめ、第９章に展望を示すという構成になっている。この書評では、情報の個体発生というタイトルに沿って、オーヤマの代表的主張である発生システム論についてまとめた上で、それが生物学や進化論の現代的総合にいかに役立つかを述べていく。

nature と nurture

“nature-nurture”は、主に第６章から第７章にかけて論じられているが、本書全体を通じて重要なキーワードとなっている。日本語にすると、自然か養育か、生まれか育ちか、遺伝か環境かなど様々なことばの対立として表されるだろう。nature か nurture かという対立的な議論は根深く、また現在も進行中である。オーヤマはこれらを二者択一のものではなく、発達の結果と過程として見る。

nature と nurture の相互作用が必要だということは多くの人が認めるだろう。オーヤマは個体発生にそれを見る。遺伝と環境とがはっきりと分けられない個体発生の有名な例は、爬虫類や魚類の一部などに見られる温度による性決定だろう。また、栄養状態や捕食者の有無によって表現型に変化が生じることもある。エボデボ研究の分野では、これらは「表現型可塑性」と呼ばれる[ii]。一方で、温度や湿度に多少の差があったとしても通常の条件下では予測可能な道筋で発生は進行する。この安定性は「カナライゼーション（経路設定）」と呼ばれる[iii]。環境や遺伝的変化への感受性に注目すると、表現型可塑性とカナライゼーションは相反するものに思えるかもしれない。しかし、発生上の相互作用が遺伝的、環境的な違いにうまく順応するというレベルで見ると、カナライゼーションの安定性は表現型可塑性の産物だと見なすことができる。

一般に、nature とは、nurture によって隠されるものというイメージで捉えられてきた。例えば、進化においては nature の差異を nurture というフィルターで淘汰しており、個体においてはそのものの本質である nature をそれが育つ環境である nurture によって歪めているという考えである。しかし本当にそうだろうか。

本書では一貫して、この nature-nurture の区分は解消されなければならないと主張されている。また、科学的ダーウィニズムがこの対立を求めているという想定こそが、進化において情報という概念が発達しなかった原因であると言われている。そしてこの考えの背景には、nature-nurture 対立の代わりになるものは非科学的なラマルク主義しかないという信念が潜んでいる（本書p. 5）。ラマルクへの強い否定から、遺伝するものは遺伝子に記された情報だけだという思い込みが広まったが、DNA の塩基配列がすべてをコードしているというのは間違っている。また、逆に当然遺伝情報がなければ生命は生まれることができない。実際にオーヤマも、蝶やショウジョウバエの発生の観察を通して、情報をゲノムの中あるいは環境の中のいずれかに位置づける理論には限界があると結論づける（本書p. 145）。

受け継がれるもの

遺伝によって受け継がれているものは何だろうか。ある個体が他の個体よりも自身の親に似ているという現象は、古代に遺伝が考えられるきっかけになったと言われるほどの基本事項であるが、その形質を伝えているものがDNAだとわかったのは20世紀になってからである。その発見以来、生物学を化学や物理学に還元し、DNA というモノを調査することで生物学の使命が果たされると考える人もいたかもしれない。けれども、転写された DNA を子へ伝えるということは、「なぜ子は親に似るのか」あるいは「なぜ同じ種でも生育状況によって異なるのか」といった古くからの疑問に対する答えにはなっていない。我々が想像できるのは見た目＝表現型の遺伝であり、遺伝子組成の変化が表現型と一致するわけではない。

ところで、形態は直接的に受け継がれたもの、行動は直接的でなく受け継がれたものとして語られがち

だが、オーヤマはこれに否定的である。どちらも、生殖細胞かどこかの中を文字通り伝えられているわけではない。代謝の段階を数えることで直接性を測定するとしても、いくつかの行動はいくつかの形態よりも直接的に伝えられているだろう（本書p. 144）。オーヤマは、行動や身体を「遺伝子によって作られている、プログラムされている、形作られている」という意味で、「受け継がれている」と呼ぶことに反対している（同上）。

発生と進化は、それぞれ発生の原因となるものを伝えることによって結び付けられていた。しかし、遺伝学者が核に、発生学者が細胞質に注目したことは、彼らの意思疎通を妨げてしまった。また、擬人化された遺伝子のイメージは非常に普及しているが、これは遺伝子主義を推進し、その遺伝子が発現して表現型に影響する過程を無視しているために決して良いメタファーではない。遺伝子からエージェンシーの負担が取り除かれるには、構築主義的な考えが浄化され、核-細胞質の境界だけでなくより高度な境界も超えて適用されなければならない。

実際に何が受け継がれたかは、はっきりと示されているのではなく、個体発生において漸進的に明らかにされるものだろう。その中にさまざまな「情報」が含まれている。

書かれていない情報

進化において、情報も遺伝的情報、環境的情報といったように分けて語られることが多い。先にも述べたが、この区分の背景には、正しく科学的なダーウィン主義に対して、誤ったラマルク主義という発想がある。進化に関わるのは遺伝的情報のみであり、つまり、情報はすべて遺伝子に還元できるかもしれないと考えられてしまった。いわゆる遺伝的情報とは、DNAの塩基配列であるが、それがわかったからといってその有機体のことがわかるかと言えば、そうでないことは明らかだろう。間違いなく、DNAに書かれていない情報が存在する。

オーヤマの主張に従って、遺伝されたものと獲得されたものという区分を解消すれば、「遺伝によって差異が生じて、環境によって淘汰される」という進化において一般的な言説も再考すべきだろう。進化的変化に必要となるのは、獲得形質の反対としてコードされている遺伝形質ではなく、発生システムの機能である。オーヤマはこれを「生態学的に埋め込まれたゲノム」（本書p. 138）という言葉で表す。この埋め込まれたという言葉によって、生態系からそれだけを取り出して論じることはできないということを示している。

進化的変化とは遺伝子の多様性ではなく、発生の状態の差異である。オーヤマの主張は、差異をつくる情報の差異は個体発生に現れるということだ。進化には差異の発生が不可欠であるが、それを遺伝子の突然変異だけに頼るのはあまりに強引な議論ではないだろうか。もっと微細な、致命的にならない変化が起きていると考えるのが自然であろう。

データを解釈する方法はひとつだけではない。ちょうど、ゲノムを取り巻く可能性のある発生システムがひとつだけではないように。情報とは、natureとnurtureの切り離せない関係の中で発達している生物を観察することでおぼろげながら見えてくるものである。第２章で「遺伝的情報は、情報（in-formation）

のもつ『形作る（shaping）』や『動かす（animating）』という意味のおかげで、化学物質のかたまりをひとつの存在にするのに必要とされる認知的機能や因果的機能をもたらすことを約束していた」（本書p. 14）と述べられているように、まさに、情報そのものが個体発生するのである[iv)]。

発生システム

発生システムとは、まさに遺伝子が発現するところであり、単に環境的なものとも遺伝的なものとも言い切れない。それは種間の相互行為をすべて含んでおり、各々の有機体は他のものの発生システムの一部を担っている。また、人工物もシステムになりうる。

本書において、発生学者たちは「卵がいかにして鶏になるかということに魅せられすぎていて、すべての卵が違った鶏になるという事実や、それぞれの鶏の右側は予測できずに左側と異なっているという重大な事実を無視してきた」（本書p. 137）と指摘されている。個体発生を通じて、個体間あるいは個体内に現実に差異が現れている。この現実の差異こそが、進化のための差異になりうる。

では、その現実の差異を生み出してきた個体発生についてはどのような議論がなされてきたのか。オーヤマによると、遺伝子の重要性を強調する前成説主義者たちは遺伝子の活動を説明するために細胞質を方向づけるべきだと主張し、ライフサイクルにおける形質の精作を無視する。これでは発生学者たちの同意は得られない。形質の変化が認められない限り、遺伝と発生との総合は難しいだろう。オーヤマは発生システムという概念によって、遺伝子主義を退ける。「カナライゼーションや発達のホメオスタシスといった安定性は、発生システムの結果として見られるものであり、決してゲノムからの統制的な力の結果ではない」（本書p. 146-147）。

システムという見方によって、生物学的遺伝と財産相続モデルとの一般に思われている以上に近しい類比が導かれる。次の例は、遺伝子の擬人化という批判もあるだろうが、目に見えるモノだけが遺伝に関与しているのではないということを示している。「家族はたいてい、教育や社会的立場やふさわしい倫理とともに、その富とその維持や活用の手段とを伝える。またそれらすべてが家族の富を構成していると言われるかもしれない。複雑さの一部のみを受け取っている子孫が、家族の幸運を永続させるかどうかは確かではない」（本書p. 148）。生物学的遺伝も同様で、DNAだけでなくそれを発現させる仕方や、環境への対応の仕方も含めて子孫に伝えているのだ。

オーヤマの発生システム論から導かれるのは、環境と相互作用するのは有機体の表現型であり、その表現型をつくる過程としての発生システムが大切な役割を果たしているということだ。

おわりに

「自然は、現実がそこで鋳造されるところのアプリオリな型ではない」（本書p. 148）とオーヤマは言う。何かがうまくいくかどうかを試すところの世界の側面は、遺伝的であれそれ以外であれ表現型を生み出すものよりも急速に変化している。

オーヤマは、もちろん遺伝学の進歩を認めている。しかし遺伝子主義者たちの中には、発達をすべて遺

伝的プログラムに帰し、遺伝子が個体発生を制御しているという者もいる。彼らは進化を遺伝子プールの変化と捉えている。そのことに警鐘を鳴らしているのだ。『社会生物学』を著したE・O・ウィルソンの生物学的総合に対して、オーヤマはそのやり方に批判もするけれど、最終的にはウィルソンの情熱に賛成している。それは、遺伝学の研究と発生学の研究をそれぞれに推進したり、それぞれの成果をつなぎ合わせたりするのではなく、たがいの対立意識をぬぐい去り、手を取り合って進化の謎と発生の不思議に取り組むことが必要だという主張である。

遺伝的変異だけでなく個体発生によっても表現型に変化を起こす。そして、環境だけでなく個体発生によっても淘汰が生じる。

オーヤマが個体発生に注目したのは、系統的に近縁な生物であっても、何に注意を払って発達するかは全く異なっているかもしれず、それこそ遺伝子＝系統発生の連続性だけでは見えてこない差異であるからだ。評者の私見になるが、これによって、突然変異のような突飛な状況だけではなく、環境との相互作用の中で生物が安定して発達するために発生の仕方を変えてきたという現実味のある変化生成の様子が連想される。

本書はオーヤマの発生システム論を理解するのに有用であるだけでなく、進化にまつわる思想的な対立を解消し、生物学的総合へと進む手助けにもなる。例えば、20世紀の対立の代表格ともいえるドーキンスとグールドについても、オーヤマは本書の中で両者に言及し、それぞれの主張から的を射ている部分を的確に見抜いてまとめている。彼らの有名な著作である、ドーキンスの『延長された表現型』とグールドの『個体発生と系統発生』とをつなぐ一冊にもなりえるだろう。最後に、オーヤマが科学について述べた一節をひいて、この書評のくくりとしたい。

> 科学というものが、神の精神と我々自身の精神との相互作用ではなく、我々の精神と世界との相互作用であるならば、我々が世界を分析することは、予定された運命や決まりごとや禁止やDNAに刻まれた究極の制約といったものを解読することではなく、むしろ世界の多層化された複雑さに出会う道である。(本書p. 164)

注

i) 戸田山和久「『エボデボ革命』はどの程度革命的なのか」、『現代思想総特集　ダーウィン――『種の起源』の系統樹』、青土社、2009年4月、235-249頁

ii) スコット・F・ギルバート、デイビッド・イーベル著『生態進化発生学――エコ・エボ・デボの夜明け――』正木進三、竹田真木夫、田中誠二訳、東海大学出版会、2012年2月、4頁

iii) 同書、98頁

iv) もちろん、「情報」は個体を超えて個体群や種に共通することも多いが、その場合も各々の個体発生を通じて現れてくると考えられる。個体同士は遺伝子組成や生育環境を通じてつながっており、生まれて育ってまた次世代を生むというサイクルの中で情報が受け継がれていくのだろう。