

進化における固形化と変容のダイナミクス—複雑系科学の観点から

津田一郎 北海道大学大学院理学研究科数学専攻

生物進化について複雑系科学の観点から本質的と思えるいくつかの事柄を概観し、人間行動を進化的な観点から見直す一つの契機としたい。

生物進化において焦点を当てたい項目は生命的なシステムと人工システムの相違、生命進化のダイナミズムの機構、進化における脳の変化、進化的痕跡、他の可能な進化形態、進化における安定性、生命システムの意義、ダイナミクスの意義、進化の意義などであるが、もう少し具体的に述べると次の六項目になる。

(1) 機能に関するマクロ情報はどこにどのように固定化されるのか。遺伝子以外への情報の固定化の可能性はあるだろうか。

(2) 生命的システムの進化におけるダイナミクスの働き。何が機能単位になっているか。

(3) 個と集団の関係のダイナミクス。ダーウィン進化は形態進化である。自然選択は個のレベル(表現型)で起こるとされるが、それでは集団レベルでの普遍性は何だろうか。

(4) 脳の進化：なぜ脳神経系が生まれてきたか。何のために必要か。なぜ進化上急激に大きくなってきたのか。人類進化200万年の意味は何か。

(5) 発生と進化の関係：発生の法則とその進化の法則はなんだろうか。

(6) 生成の論理：すべては生成される。時間でさえも進化上は生成の対象である。

時間の問題は(4)の脳の進化と関係するだろうし、記憶、知覚、予期の問題とも関係する。さらには、条件付けの問題は意外と見過ごされがちだが、記憶を生成するための前提条件を神経系に与えている。当然、進化の問題として、言語の起源、思考の起源、記憶の起源も問われなければならない。

(2)と(4)に関連して、脳機能地図の境界は時間的に変化することが知られている。ニューロンは構造単位であるが必ずしも機能単位ではない。セルアセンブリーがダイナミックに変化している。

(3)と関連して、心理学と生理学の結合の問題があり、その最初の例として、パブロフの条件付けの研究が位置づけられる。それに続くティンバーゲンやローレンツらは心理現象は種に依存し、種は自然選択に依存すると述べた。

cf)行動の生物学的研究(Tinbergen, 1964)

特にティンバーゲンは生命科学の方法として、1. 因果関係(causation)、2. 個体発生(ontogeny)、3. 生存価(survival value)、4. 進化(evolution)を挙げている。

そこでは、形態変化が如何に行動、機能に影響を与えるか、行動、機能が如何に形態を変えるかが論じられたが、最近のエーデルマンらの考えはもっと動力学的である。すなわち、内部ダイナミックスが如何に機能に影響を与えるか、機能が如何に内部ダイナミックスを変えるか、に関心が移されてきたのである。これに関連して、遺伝子は単独で働くのではなく他の遺伝子と複合して形態を変える、さらには形態の小さな変化は行動、機能の大きな変化をもたらすという観点も考察されている。すなわち、集団の中の個体差は変化の原因になりうるものであり、自然選択はその差異に働き、異なる種ができる可能性があるというのである。

(1) に関して、池田清彦やエーデルマンらの観点は重要であろう。すなわち、生体内の反応の特徴は「事後に決まる：ex post fact」ということである。例えば、ある抗原に特異な抗体が選ばれた結果その抗体が増殖する。また、ある刺激に特異的に反応した神経細胞(群)はますますその刺激に対する反応性を強化する。すなわち、工学の言葉を使えば、生体は出力駆動であるという特徴を持つ。これを実現するために選択後の状態と選択を起こした状態が強く相関し構造的にカップリングしていてその状態が動的に保持される機構が作られているのかもしれない。その機構がルールとして遺伝子の中に（必ずしも単独ではなく）複合的にコードされる可能性がある。この過程で記憶の必要性が出てくる。

(6) に関しては、論理ダイナミックスを導入して推論過程を力学系として考える試みを紹介する。これが重要なのは、古典論理で互いに矛盾した命題が自然数による時間の推移性の導入によるステップ推論では矛盾しなくなる(矛盾の解消)ということである。おもしろいことに、実数による時間の推移性を導入すると古典論理の解が漸近解として得られる。つまり、形式論理に基づく推論と無限小の時間での推論は同等だが、それらとステップ推論は異なっている。生命が矛盾を超越する仕組みは有限時間の推論や行動にあるのかもしれない。

最後に、動物の推論形式の数学理論を紹介し、それを実際のサルでの推論実験に適用した例を紹介し、ヒトの意識、無意識活動との相違を考えたい。