

SC-4 (Presentation in Japanese)

可塑性、安定性、進化

○金子 邦彦

東大総合文化・複雑系生命センター

Key Word : Fluctuation, gene regulation network, genetic assimilation

生命システムは普通の機械とちがって、なんらかの意味での柔軟性や環境変化への適応性、可塑性をもっているように見える。では、そのような柔軟性や可塑性をどのように定量的に表現し、理論化したらよいだろうか。そのために、「生命システムが分子—細胞—多細胞生物—生態系といった異なる階層にまたがって存在することに着目し、その階層間の整合性 (consistency) がゆらぎやダイナミクスを通していかに形作られるかに着目して、複雑系としての生命の研究を進めている。このような考え方の背景を簡単に述べた後で、表現型の可塑性と進化について議論する。

表現型の可塑性とロバストネスが進化しやすさ (evolvability) といかに関係するか、またこれらが進化とともにどう変化するかは古来の大問題であり、例えば、Waddington により canalization、遺伝的同化といった概念が提唱されてきた。では、これらの問題をいかにして定量的次元にのせられるだろうか。ここでは表現型が発生過程を経て形作られることを重視し、そのダイナミクスや表現型揺らぎに着目する。進化実験、遺伝子ネットワークの進化シミュレーション、そして表現型分布の進化的安定性の理論によって以下を示していく。(i) (同一遺伝子型個体間の、発生ノイズによる) 表現型揺らぎ (その分散をここでは V_p とあらわす) が可塑性、進化速度と比例する。(ii) 次に遺伝子変異による表現型揺らぎの分散 V_g であらわすと、 V_g と V_p が、安定した進化過程では比例して減少する。表現型がかちっと決まってくにつれてその分散は減り、ロバストネスが増すので、これは発生過程でのノイズに対する安定性が突然変異への安定性をもたらす進化過程として理解できる。(iii) この比例関係は、適応度のゆらぎが世代を通して比例して変化する、というものであったが、各世代で多くの形質 (遺伝子発現) に対して、それぞれの分散 V_p と V_g を求めると、これらも比例している。つまり、発生過程でのノイズで変化しやすい形質は、突然変異によっても進化しやすい。(iv) 一定の環境 (適応度条件) 下の進化では、このような揺らぎは減少して可塑性も減少していくが、環境変動のもとでは、これらの揺らぎが上昇して、新しい環境への適応を獲得する。

最後に、時間があれば、相互作用によりもたらされた表現型分化が遺伝的に同化されることで種分化がおきるという、安定した同所的種分化理論を紹介したい。この理論によれば、個体間相互作用が表現型の可塑性がもたらし、それが進化を通して多様性をもたらす、その結果、新たな相互作用と表現型可塑性がもたらされるという、多様性の進化過程が予想される。

参考文献: 生命とは何か第2版、東大出版会 (2009)
システムバイオロジー第3章、岩波 (2010)

e-mail : kaneko@complex.c.u-tokyo.ac.jp