

# 生物学的確率：理論と検証

中島敏幸(Toshiyuki NAKAJIMA)

愛媛大学大学院 理工学研究科

細胞や個体などの生命体はシステムとしての内的秩序を維持するために自分の環境との間に一定の関係を保ち続けなければならない。環境中には、他の生命体のみならず原子や分子といった無生物的な物質が存在し、生命体は開放システムとして常に外部からエネルギーや資源を取り込み、システムの維持に必要な外部環境が維持されるように行為する必要がある。その環境において、行為の結果としてどのような事象がどのような確率で、そのシステムに生起するかを理解することは生命システムの本質的な理解に必須であるが、これには従来の確率概念では捉えることのできない新しい確率の解釈と理論の発展を必要とする。

この問題に対して演者は、認知体システムモデルにより上記の事象の確率を説明する理論を提案した（中島, 1990 ; Nakajima, 1999）。このモデルは、世界を認知体の集まったシステムとして捉える。認知体自身はより下位のレベルの認知体の集まったシステムとしてみることができる。認知体は、自らの状態と環境の状態に基づいて、その認知体固有の運動特性（関数）によって一意的に次の状態を決める。このモデルにおいて、事象とは、着目した認知体（「主体とする認知体」）がある行為の結果出くわす経験のことである。認知体システムは決定論であるが、認知体が経験する事象はある行為に対して一意的に決まるとはかぎらず、これが事象の不確実性を生じる。また、行為後の事象の種類は行為の内容と環境中の認知体の行為の種類により異なってくる。認知体モデルのより詳しい解析から、認知体が環境との相互作用において経験する事象の種類とそれらの確率は、認知体はその環境の異なる状態を識別する能力（「識別性」）とその行為が次にどの状態を選ぶか（「選択性」）、そして環境中の認知体の行為特性（選択性）で決まることが明らかになった（中島, 2005）。このモデルにおける確率の解釈は従来の解釈とは異なることから、内的確率（internal probability）と名付けた（Nakajima, 2003）。

この認知体モデルを基礎にした事象の確率についての一般理論から、具体的かつ定量的な事象の確率の理論を発展させることは、この理論を有用なものにする上で、また科学理論として検証し、修正し、発展させていく上でも重要なことである。その一つの試みとして、認知体が他の認知体に遭遇する事象の確率の理論を検討した。まず、主体とするタイプの認知体と対象となる認知体を含め全部で  $m$  種類のタイプの認知体から構成される認知体システムを考える。ある有限の位置空間において、システム中に一つ定めた「主体とする認知体」が対象とする 1 つ以上の認知体と遭遇する確率の一般式 (Q) を求めた。それによると、主体とする認知体が、ある行為後に対象とする  $n_j$  個の認知体（タイプ  $j$ ）に遭遇する確率は、以下の式で表された。  $Q =$

$$\frac{\sigma_j n_j}{\sum_{i=1}^m (\sigma_i - 1) n_i + w - \sigma_1} \quad (1)$$

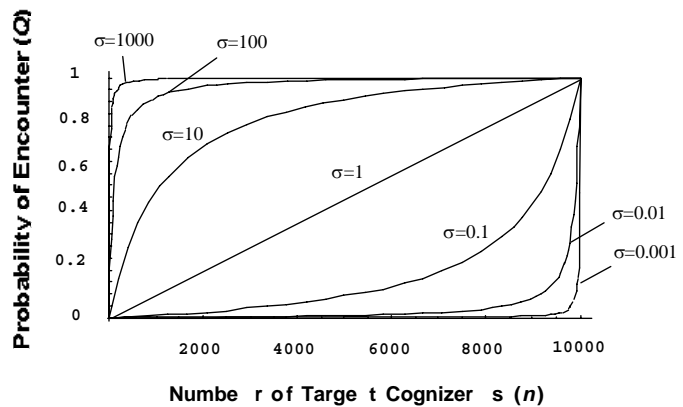
ここで、 $n_i$  はタイプ  $i$  の認知体の数とする。主体とする認知体はタイプ 1 に属し、遭遇対象とする認知体をタイプ  $j$  とする ( $1 \leq i, j \leq m$ )。  $\sigma_i$  は主体とする認知体 (タイプ 1) がタイプ  $i$  の認知体と遭遇関係を生じるようなシステムの特性を示す係数である ( $i=1$ の場合は、主体とする認知体が自分と同じタイプの認知体と遭遇する係数)。 また、 $w$  は空間のサイズ、即ちシステムの位置空間に存在できる認知体の最大数である。このシステムは、 $n_1 + n_2 + \dots + n_m$  個の認知体からなる。

上記システムの単純な場合として、タイプ 1 の認知体が 1 個 (主体となる認知体のみ)、そして対象となる認知体 (タイプ 2) が  $n$  個、そしてそれ以外のタイプの認知体が 0 個のシステムを考える。この場合の遭遇確率は、上式の  $n_1$  を 1、 $n_2$  を  $n$ 、それ以外の  $n_i$  を 0 とすると得られる。すなわち、

$$\frac{\sigma n}{(\sigma - 1)n + w - 1} \quad (2)$$

ここで、 $\sigma$  は 1 式の  $\sigma_j$  ( $j=2$ ) に相当する。

この式をグラフに表したものが右図である。  $\sigma=1$  は、主体とする認知体が対象に対して遭遇関係になるような選択的行為特性 (すなわち、近づこうとする特性) を持っていない場合であり、いわゆるランダム衝突を示している。この値が大きくなるにつれ近づこうとする傾向が高まることを意味する。逆に、1 以下の値は、遠ざかろうとする特性を持っている。



この解析結果をさらにコンピュータシミュレーションにより検証した。ランダムに配置した対象認知体 (簡単のため、これらは動かないとした) に対し、一つの主体認知体が運動するシステムにおいて遭遇確率を計算した。ここで、主体認知体が環境状態を識別する能力 (選択性) と対象に近づこう、或は遠ざかろうとする行為特性 (選択性) を示すパラメータを導入し、これらの値を変えてシミュレーションを行った。複数回行ったアンサンブル平均から対象認知体の数に対する遭遇確率を調べたところ、上の図に近い結果が得られた。以上の結果は、遭遇確率が対象物の数 (密度) に比例するとして記述している多くの科学研究の基礎に疑問を投げかけるものである。これは、密度が低い場合や密度区間が狭い場合の近似としては正しいが、厳密には正しくないことを意味している。また確率概念に対しては、この結果は、主体が経験する事象の種類と確率がシステムを構成する構成要素 (認知体) たちの客観的特性 (識別性と選択性) により決まることを定量的に示している。