

生命システムにおける相互作用と遭遇確率

橋本憲太朗、中島敏幸

愛媛大学

遭遇とは相互作用を可能にする事象である。生命システムにおいて、要素間の相互作用は遭遇を通して起こり、これにより物的実体（システムの要素）の間関係が構築、維持される。例えば、個体レベルでは捕食者－非捕食者間や有性生殖における雄と雌の遭遇、共生関係にある個体の遭遇、などは集団や群集の構造形成に重要に関わる。また、細胞レベルでは、抗原－免疫細胞間、シナプス形成における神経細胞間の接続、発生過程における細胞間の接触による増殖や細胞分化など、細胞間の遭遇は個体の発生や秩序の形成・維持に関わる重要な事象である。さらに、分子レベルにおいても細胞内の化学反応（代謝、シグナル伝達など）は分子間の衝突という遭遇を通して起こっている。このように、遭遇は自然科学が扱う様々な現象に共通する一般性の高い事象であり、生命システムにおいても極めて重要な役割を担っている。従って、遭遇事象に関する基本的原理を理解することは、遭遇が関係する生命システムの諸事象をより深く理解する上で必須の課題である。

これまで、遭遇に関する事象は特定の要素間における遭遇として、物理学、化学、生物学など多くの分野で行われてきた。しかし、これら従来の研究では、要素間の遭遇や遭遇確率という一般的スキームにおいてモデルを作り理論的に解析するというやり方では研究されてこなかった。従来の個々の分野における数学的モデルに用いられる係数や定数には遭遇確率が概念的にインプリシットに内包されており、その明確な理論的説明もないため、確率を確率で説明する循環論に陥る誤りを犯している場合も見られる。さらに、従来の研究は物的要素の性質や要素間の相互作用を考慮しておらず、十分に要素間の遭遇確率を解明しているとは言いがたい。例えば、遭遇確率は密度に比例するという仮定が、物理学、化学、生物学における多くの相互作用系のモデルで用いられるが、その仮定の妥当性は不明であり、システムの要素間の遭遇確率が何によってどのように決定するのか、についての基本的理解は未だに不明である。このように、従来の遭遇確率に関する研究は多くの問題点や不明な点を残しており、遭遇の理解をするためには、これらの問題を解決できる新たな遭遇確率の理論とモデルが必要である。

本研究では要素間の遭遇確率はどのように決定するのか、また物的実体の性質がどのように遭遇確率に影響を及ぼすのかに焦点を当て、遭遇についての理論的な解析をした。具体的には、物的実体を主体として捉えたシステムモデルである **cognizers-system**

model (Nakajima, 1999, Journal of Theoretical Biology)を基にして作られたコンピュータシミュレーションモデルを用い、主体が環境状態に対してどう運動（行動）するかという特性（認知特性）が、その主体が遭遇する事象の確率との間にどのような関係にあるかを解析した。その結果、遭遇確率が対象の密度に比例するという従来の見解は特別な場合にのみ成立し、一般的には、比例関係ではない遭遇確率と対象密度の関係が得られた。さらに、情報の過多により遭遇確率が減少する現象や主体の行動の回数が多くなるほど遭遇確率が上昇する「行動の履歴効果」などが明らかになった。以上のように、このモデルによって、システムの要素間の遭遇事象の確率を一般化されたシステムモデルで解析し、その確率の決定機構を一般化された要素の特性の変数で明らかにできることが示された。