

行為の内在性と共創の舞台

小川 健一郎

講演要旨

多体システムにおいて要素が秩序を共創する際に、その振る舞いは何によって規定されるのであろうか？従来、多体システムの振る舞いを調べる方法として、システムの動態を微分方程式などでモデル化することが行われてきた。しかし、このようなアプローチだと、解（パターン）の安定性を調べることに力点が置かれるため、個別のシステム或いは個別の現象を越えた秩序形成の原理を調べるのが困難であった。そこで、本講演では、この問題に対して従来とは異なる数理的観点からアプローチすることにより、要素の振る舞いを規定する条件と共創の舞台となるシステムの構造との関係について統一的な理解を得るための土台を提供する。具体例として、典型的な自律分散システムである多細胞システムを取り上げ、その形態形成の過程における化学物質の濃度パターンと遺伝子の発現パターンとの関係に注目する。この関係については、従来、「一連の化学物質が反応拡散機構に基づき安定な濃度パターンを形成することにより、各細胞においてそのターゲット遺伝子の発現が安定に行われる」という考え方が主流であった。そこには、「細胞には化学物質の受容量に対する閾値が存在し、それに基づき遺伝子の発現が行われる」という前提があった。この考え方は上記した従来の数理的アプローチと相性がよいわけだが、近年それとは異なる実験結果が報告されている。それによると、ショウジョウバエの頭尾軸形成に關与するビコイドタンパク質の濃度パターンには大幅な個体間変動があるにも関わらず、そのターゲットであるハンチバック遺伝子が発現する境界位置にはほとんど変動が見られない。このことは、必ずしも化学物質の濃度パターンの安定性が遺伝子発現の境界位置の安定性を導くものではないことを示唆している。この問題に対して、本講演者は、化学物質の濃度パターンに対して“ロバスト性”という概念を新たに導入することによって一つの答えを与えた。それによると、細胞は化学物質の濃度値を別の値（位置値）へと変換する機能を有しており、その機能がシステムの構造に基づくある種の拘束条件を満たす場合には、たとえ化学物質の濃度パターンに大幅な個体間変動があったとしても、システムにおける遺伝子発現の境界位置が安定することが説明できる。本講演では、このような観点から、システムの要素が共創の舞台の上でどのように内在する行為を発現して秩序形成を行うのかについて議論する。