

不確定性を含んだシステムについての解析及びモデリング ——特に生態学的なシステムへの応用——

京都大学理学部 東 正 彦

例えば、自然生態系における現象のように、多数の因子が複雑にからみ合った問題を、対象システムをモデル化することによって解明しようとするとき、まず必要となる基礎的手続きとして、関与する因子を表わす変数の選択及びそれらのつながり方の指定、つまりモデルの構造 (structure) の決定 (identification) がある。そうしたモデル構造決定の方法の一つとして応用できる reconstructability analysis について、その基本的考え方、数学的理論 (特に graph・hypergraph 理論及び情報理論) 及び簡単な例を紹介した。特にシステムの振る舞いが、確率分布あるいは possibility 分布で与えられる、不確定性を持った多変数(量)システムに焦点を当てた。

生物の適応戦略：生活史の動的最適化モデル

九州大学理学部 巖 佐 庸

近年、生物の行動や成長のパターンを表現する上で、与えられた制約の中で最大の繁殖成功を達成するような効率のよい挙動を生物がとっていると仮定するモデルが有効であることがわかってきた。そのときには、自然淘汰を主要要因とする長い進化の過程において形成されてきたと考えられているのである。モデルの解析には、経済学や工学で発展したゲームの理論や最適制御理論が用いられる。

本講演では、植物の成長スケジュールを例にとって生活史のタイミングに関する動的最適化モデルに用いられる数理的手法を説明した。

植物の成長は、生育期間にわたって、日々光合成した産物をさまざまな器官に分配するスケジュールとして表わされる。ことに、光合成産物を栄養器官の増大に投資してさらに大きな光合成能力を得ることと、種子や花を生産する繁殖活動との間で分配することになるが、その比率も時間と共に変わる。一年生の草本では、栄養器官は最終的には捨てられ、種子などの形で繁殖に投資された部分だけが次世代に寄与できるのだから、繁殖投資の総量を最大にするのが効率のよい分配スケジュールであるといえる。Pontryagin の最大原理にもとづいた数学モデルによれば、生育期間の初期は栄養成長し、ある時から繁殖成長へとスイッチすることが予測され、野外での観測や実験によって定量的に検証されている。

多年生の草本などでは、ある生育年度に光合成で得た物質の一部を貯蔵器官に蓄えることによって次年度まで持ち越すことができるので、各年度の中での成長スケジュールの問題に加えて、光合成産物をその年の繁殖に使ってしまう分と蓄えて次年度の初めに光合成系を作り上げるのに用いる分との比率を決める必要があり、ダイナミックプログラミングによって解かれる。同じモデルは、落葉性の樹木が葉を展開するタイミングにも用いることができる。モデルの予測は、さまざまな環境に生育する植物に関する実験生理生態学および植物季節学での知見をうまく説明した。

さらに栄養器官がいくつかの部分からなるモデルによって、地上部と地下部の比率が生育環境や齢によって変化することや、刈り取った後の成長パターンも表現することができた。