

コンタクトプロセスを用いたクローナル植物における病原体伝播モデルの解析

北海道大学大学院 環境科学院

環境起学専攻 先駆コース

酒井 佑植

クローナル植物は、種子によって繁殖する方法以外に、根・茎・葉などの栄養器官から個体を繁殖(栄養繁殖)する植物であり、親株と遺伝的に同じ個体をふやすことが出来る。種子繁殖では、遺伝子組み換えによって父親と母親それぞれから染色体を受け継ぐことで、病気にかかりにくい遺伝子を作ることができる。しかし、栄養繁殖では、遺伝子情報が親と同一なため親株が病気にかかっている場合、子供も病気に感染しやすくなる。つまり、栄養繁殖で繁殖する植物個体群においては、ある個体が病気に感染すると、多くの個体が同一の病気に感染し、個体群が絶滅する恐れがあると考えられる。このような病原体の伝播を考えるために用いられる数理モデルがコンタクトプロセスである。コンタクトプロセスは、Harris(1974)によって導入された数理モデルであり、数学的には配置空間に値をとる連続時間上のマルコフ過程に属している。グラフの各頂点が0,+の2状態(健康、病気)のどちらかをとり、その状態が時間とともに移り変わっていく。例えば、各頂点に植物がいると考えると健康な個体はグラフ上で隣にいる感染個体の数に比例した感染率 $\lambda$ で病気に感染すると考える。

本研究では、植物の繁殖と病原体の伝播のタイムスケールの違いを考慮し、2つのモデル(植物繁殖モデル、病原体伝播モデル)を構築した。前者のモデルは、各格子点が2状態(空地、植物)のいずれかをとり基本的なコンタクトプロセスを用いており、植物は、繁殖率 $p$ で隣接する格子点(空地)に繁殖し、死亡率 $d$ で死亡する。一方、後者のモデルでは、各格子点は3状態(空地、健康な植物、病気に感染した植物)のいずれかをとり、病原体は植物の存在する格子点にしか伝播しないため、異方性のあるコンタクトプロセスとなる。病原体は伝播力 $\lambda$ で隣接する健康な植物に伝播し、感染した個体は病原体の殺傷率 $e$ で殺され、空地となる。ここで、空地には植物は繁殖しないと考える。前者のモデルの平衡状態は後者のモデルの初期分布に対応している。解析は、後者のモデルに対してペア近似を用いることで平衡点を導出し、局所安定性解析を行った。さらに、解析結果と数値シミュレーションによる結果との比較を行った。結果として、平衡点は病気により植物が絶滅する平衡点(自明)と絶滅せずに生き残る平衡点(非自明)の2種類が存在し、非自明な平衡点においては2次元の自由度も持つことが分かった。さらに、非自明な平衡点での局所安定性に関して、健康な植物の初期密度 $\rho_{+}(0)>1/7$ のとき不安定な領域が存在することが分かった。また、数値シミュレーションの結果と解析結果の比較により、初期分布によって誤差の大きさが変化することが分かり、初期分布依存度の高さを確かめることができた。