

空間を巡る競争に関するメタ個体群動態の数理モデル研究

A mathematical model for the metapopulation dynamics about the competition for space

上出太一郎

広島大学理学部数学科

Taichiro KAMIDE

Department of Mathematics, Faculty of Science,

Hiroshima University, Kagamiyama 1-3-1, Higashi-hiroshima 739-8526 JAPAN

生息好適地がパッチ状に分布する環境中において、生息好適パッチを巡って競争する複数種の共存可能性についてのメタ個体群動態に関する数理モデルを考察した。 N 種の生物個体群が存在し、各生息好適パッチは、1種のみが占めるか空であるとする。種間には競争的な優劣が存在し、優位種は劣位種が占めているパッチを奪うことができるが、劣位種は優位種が占めているパッチを奪うことはできないとする。これらの仮定に基づく次のモデルを考察する：

$$\frac{dp_i}{dt} = \alpha_i F_{i,N} \left(1 - \sum_{k=1}^N p_k \right) + \sum_{k=i+1}^N F_{i,k-1} s_{ik} f_i p_i p_k - \sum_{k=1}^{i-1} F_{k,i-1} s_{ki} f_k p_k p_i - \delta_i p_i. \quad (1)$$

ここで、

$$F_{i,k} = F_{i,k}(p_1, p_2, \dots, p_k) = \frac{f_i p_i}{\sum_{j=1}^k f_j p_j}$$

である。 $i > j$ であるとき、種 i は種 j より競争的に優位であるとする。 $p_i(t)$ は時刻 t に全生息域内において種 i が占めるパッチの期待頻度を表す。 f_i は種 i の分散性を表す係数、 δ_i は種 i パッチにおける種 i 個体群の絶滅率、 s_{ij} は種 i による種 j パッチの奪取成功係数、 α_i は種 i による空パッチへの定住成功係数を表す。 $f_i p_i(t)$ は時刻 t における種 i の分散部分個体群の実効的な大きさ、 $F_{i,k}$ は分散している種 1 から k の分散部分個体群のうち、実効的な種 i の頻度を表す。空パッチの獲得や優位種による劣位種パッチの奪取については種間競争が存在し、競争の勝者となる確率は、分散部分個体群の実効的な頻度に比例すると仮定している。さらに、競争の勝者が奪取したパッチへの定住に成功する確率は、その分散部分個体群の実効的な大きさに比例するとする。

本研究では、特に、2種系についての詳細な解析を行った。劣位種パッチの奪取成功率が十分に小さい場合には、劣位種の分散性が優位種の分散性に比べて十分に強いとき、劣位種パッチの奪取成功率が十分に大きい場合には、劣位種パッチの絶滅率が十分に大きいとき、優位種個体群が絶滅することがわかった。この結果は、パッチ状環境における複数種競争系における共存性が各生物種の分散性に左右され、単一の生息地内での競争関係における優劣とは異なる競争の結果が生じうることを示している。

We consider a metapopulation dynamics model with N species competing for space in a patchy environment. In our model, each patch is alternatively occupied by a species or vacant. The species are ranked and labeled in the order of the competitive dominance. Each species could take away a patch occupied by the subordinate species, though can never do any patch occupied by the dominant species. With these assumptions, we consider the model (1). The species i is competitively dominant over the species j for $i > j$. $p_i(t)$ is the frequency of patches occupied by the i th species at time t . f_i is the dispersion coefficient of the i th species, δ_i the extinction rate for the i th species at the its occupied patch, s_{ij} the coefficient of the i th species' successfully taking away a patch occupied by the j th, α_i the coefficient of the i th species' successful settlement at a vacant patch. $f_i p_i(t)$ is the effective size of dispersing subpopulation of the i th species at time t . $F_{i,k}$ is the frequency of species i in the dispersers from the 1st to the k th species. The probability to successfully take away a patch occupied by the subordinate species is proportional to the size of the dispersing subpopulation. In this work, as the first step, we analyzed the two-species version of (1). We found that the competitively dominant species goes extinct while the subordinate species persists, if the dispersivity of the subordinate species is sufficiently stronger than that of the dominant when it is hard for the dominant disperser to take away the subordinate patch, or if the natural extinction rate of the subordinate species' patch is sufficiently large when it is easy for the dominant disperse to take away the subordinate patch. Our result implies that the dispersivity significantly contributes to the coexistence of different species in a patchy environment, and that the interspecific competition for space would make a different competitive conclusion, depending on the patchiness of habitat environment.