

Analysis of a discrete-time competition population dynamics with harvesting effect

削減効果を導入した離散時間型競争モデルの解析

*Munehisa KUNISADA and Hiromi SENO

*国貞宗久¹, 瀬野裕美

Department of Mathematical and Life Sciences, Graduate School of Science, Hiroshima University

広島大学大学院理学研究科数理分子生命理学専攻

Abstract

In this study, we consider the population size control with harvesting a portion of population in the competing two species system. We consider whether the repeated harvesting makes both or one of competing populations smaller, or them greater as a paradoxical consequence. The model analyzed in our work is the following discrete-time two species competition population dynamics with harvesting effect, modified from the Leslie–Gower model:

$$\begin{aligned} N_1(t+h) &= \frac{e^{r_1 h}(1-\rho_1)}{1+\phi_{r_1}(h)\Theta_1\beta_1 N_1(t)+\phi_{r_1}(h)\Theta_2\gamma_{12}N_2(t)} N_1(t) \\ N_2(t+h) &= \frac{e^{r_2 h}(1-\rho_2)}{1+\phi_{r_2}(h)\Theta_2\beta_2 N_2(t)+\phi_{r_2}(h)\Theta_1\gamma_{21}N_1(t)} N_2(t) \end{aligned} \quad (1)$$

where $\Theta_i = \theta + (1-\theta)(1-\rho_i)$ and $\phi_{r_i}(h) = (e^{r_i h} - 1)/r_i$. The parameter ρ_i is the harvesting rate for species i , and θ represents the harvesting timing in the time step h .

The existence and the stability of equilibria for (1) are equivalent to those of Lotka–Volterra two species competition system with ordinary differential equations. Making use of the results obtained by analyzing (1), we can find the condition that both population sizes at the coexistence equilibrium under the harvesting effect become greater than those without harvesting. We can find the other condition such that the harvesting results in the decrease of equilibrium population sizes for both species, and that it does in the decrease for one species and the increase for the other. With these results, we try to discuss the harvesting effect with respect to the resurgence problem or the biological management.

本研究では、人為的な個体群サイズ削減操作による競争2種系の個体群サイズ制御について考察する。削減の繰り返しにより、競争2種の個体群サイズが共に低いレベルに遷移するか、内1種のみが高いレベルに遷移するか、あるいは、共に高いレベルに遷移する逆説的な結果となるかについて、検討した。扱うモデルはLeslie–Gowerモデルに削減効果を導入した離散世代型2種競争系モデル(1)である。このモデルの平衡点の存在性と安定性は、常微分方程式系によるLotka–Volterra型2種競争系のそれらと同等である。数理モデル(1)の解析により、削減効果が導入された場合の共存平衡点における個体群サイズが、削減効果のない場合よりも2種共に高いレベルに遷移する条件、2種共に低いレベルに遷移する条件、内1種のみが高いレベルに遷移する条件を導出した。そして、これらの結果に基づいて、リサージェンス(害虫の誘導多発生現象)や生物保全に関連する議論を試みた結果について発表する。

¹ kunisada-munehisa @ hiroshima-u.ac.jp