

## 外来捕食者侵入による見かけの競争の効果の変質に関する数理モデル解析

Analysis of a mathematical model on the modification of apparent competition effect with the invasion of alien predator

恩田 芳

広島大学理学部数学科

Kaoru ONDA

Department of Mathematics, Faculty of Science, Hiroshima University

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

Making use of Lotka–Volterra prey–predator system (1), we investigated the transition of equilibrium state with the modification of apparent competition between preys due to the invasion of an alien predator into 2 prey–1 predator system. We consider the system (1) of two predators and two preys.  $P_i$  is the population density of predator  $i$ ,  $H_i$  the population density of prey  $i$ ,  $\delta_i$  the natural death rate of predator  $i$ ,  $r_i$  the intrinsic growth rate of prey  $i$ ,  $c_{ij}$  the energy conversion coefficient for the predator  $i$  to predate prey  $j$ ,  $b_{ij}$  the predation coefficient for prey  $j$  to be predated by the predator  $j$ ,  $\beta_i$  the coefficient of intra-specific competition for prey  $i$ . In this model, there is no inter-specific interaction between two preys. Only predation relation is involved in it. Since two preys have common predators, we can say that they are in an apparent competition. Moreover, there is no direct interaction between predators which have common preys so that they are in an exploitative competition. We do not assume (i.e., do ignore) the intra-specific density effect for the predator. We assume that  $0 < H_i(0) \leq r_i/\beta_i$  ( $i = 1, 2$ ) as the initial condition for the prey, where  $r_i/\beta_i$  is the carrying capacity for prey  $i$ . As a mathematical model, such condition that the initial value  $H_i(0)$  does not exceed the carrying capacity is naturally required. Our analysis can demonstrate the case that the endangered species could be rescued and recovered with the introduction of an alien predator. Moreover, by the introduction of an appropriate alien predator, it would be possible to make a target species go extinct.

本研究では、Lotka–Volterra 型被食者–捕食者系を用いて、1 捕食者–2 被食者系に外来捕食者 1 種を導入した場合に起こる、被食者間の見かけの競争の変質による平衡状態遷移を調べた。捕食者 2 種と被食者 2 種から成る次の Lotka–Volterra 型被食者–捕食者系を考える：

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = -\delta_1 P_1 + c_{11} b_{11} H_1 P_1 + c_{12} b_{21} H_2 P_1 \\ \frac{dP_2}{dt} = -\delta_2 P_2 + c_{21} b_{12} H_1 P_2 + c_{22} b_{22} H_2 P_2 \\ \frac{dH_1}{dt} = (r_1 - \beta_1 H_1) H_1 - b_{11} H_1 P_1 - b_{12} H_1 P_2 \\ \frac{dH_2}{dt} = (r_2 - \beta_2 H_2) H_2 - b_{21} H_2 P_1 - b_{22} H_2 P_2 \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $P_i$  は捕食者  $i$  の個体群密度、 $H_i$  は被食者  $i$  の個体群密度、 $\delta_i$  は捕食者  $i$  の自然死亡率、 $r_i$  は被食者  $i$  の内的自然増加率、 $c_{ij}$  は捕食者  $i$  が被食者  $j$  を捕食した場合のエネルギー変換係数、 $b_{ij}$  は捕食者  $j$  による被食者  $i$  の被食係数、 $\beta_i$  は被食者  $i$  の種内密度効果係数である。このモデルでは、被食者 2 種間の相互作用はなく、捕食者と被食者の捕食関係のみが存在する。被食者 2 種は共通の捕食者をもつので、見かけの競争関係にあるといえる。また、捕食者 2 種間にも直接の相互作用はないが、共通の被食者をもつので、搾取型の競争関係にあるといえる。さらに、このモデルでは、捕食者の種内密度効果は存在しない（無視する）。被食者の初期条件に関しては、 $0 < H_i(0) \leq r_i/\beta_i$  ( $i = 1, 2$ ) とする。 $r_i/\beta_i$  は被食者  $i$  の環境許容量であり、数理モデルとして、初期値  $H_i(0)$  が環境許容量を超えない条件は自然に要請されるものである。

解析の結果、外来捕食者の導入によって在来の絶滅危惧種を救える場合の存在を示すことができた。また、外来捕食者の特性によっては、外来捕食者の導入による特定の在来種の駆除（絶滅の誘発）が可能であることも示された。