

は、多数生まれる性の方が成体の数でも多く、メスの養育コストがオスの3倍より少いときはメスの方が多く生まれ、3倍より大きいときはオスの方が多く生まれることを示す。実測によるこの結果の検証が待たれる。

なお、この講演は山村則男(佐賀医大)との共同研究の報告である。

利他的行動におけるESS

九大・理・生物 田町 信雄

生物の社会を見るとき、そこには利他的な行動が多く見出される。利他的行動(利他主義)とは、生物個体が自らの適応度を低下させて、他個体の適応度を高める行動と定義される。このような行動様式が自然選択の働く中でどうして進化し得たかという問題は、社会生物学上の重要課題のひとつであり、多くの研究者によってとりあげられてきた。

現在われわれは、連続分布する種集団における利他主義進化について、格子モデルの計算機シミュレーションによって研究を進めている。

[モデル]

連続分布集団のモデルとして、1次元トーラス格子を考える。その各格子点は、たかだか1個の replicon によって占められるものとする。Replicon のタイプには+と-の2通りがあり、従って格子点の状態としては、+、-、0 (replicon の存在しない空の状態)、の3通りが可能である。

シミュレーションにおいては extinction, invasion という2過程を交互にくりかえす。Extinction では replicon の死亡がおこり、replicon の死んだ格子点は0状態となる。Invasion では0状態の格子点に最隣接格子点に存在する replicon の子が侵入する。侵入能力に関しては、+-間に差はない。Extinction における第 i 番目の格子点の replicon の生存確率は、

$$V_i = S_{\sigma_i} \sqrt{w_{\sigma_{i+1}} \cdot w_{\sigma_{i-1}}} \quad (\sigma_i \in \{+, -\}, \sigma_{i\pm 1} \in \{+, -, 0\}) \quad (1)$$

であらわされる。 S_{σ_i} は replicon 固有の生存確率、 $w_{\sigma_{i\pm 1}}$ は両隣の格子点からの効果であって、それぞれ当該格子点の状態 $\sigma_i, \sigma_{i\pm 1}$ で定まるパラメータである。

以上のモデルの計算機シミュレーションによって、+ replicon の固定確率を求め、以下の結論を得た。

1) 利他主義はそのcostが十分小さいとき、利己主義の侵入に対してESSである。

(1)式を構成するパラメータが次の不等式を満足するものとする。

$$S_+ \leq S_-, \quad w_+ > w_0 > w_-, \quad (w_0 = \sqrt{w_+ \cdot w_-})$$

これは+が利他主義者、-が利己主義者である事を意味する。利他行為に伴う cost を示す S_+/S_- に対して、利他主義者の固定確率をプロットすると、 $S_- = 0.95$, $w_+ = 1$ のとき $S_+/S_- = 0.94$ 付近を境として利他主義のESS的領域 ($S_+/S_- > 0.94$) と利己主義のESS的領域 ($S_+/S_- < 0.94$) とに分れる。2つの領域の境界は、+ replicon と - replicon が同数ずつ並んだ初期状態を与えたときの固定確率 0.5 の位置にある。

2) 利他主義者の集団があるとき、その集団内で行なわれる利他行為の helping の強さにはESSが存在する。

Wild type の replicon が(1)式を構成するパラメータについて S, w なる値をもつものとし、そこに少し異った行動様式をとる mutant があらわれると考える。 S, w の微小変化量をそれぞれ $\delta S, \delta w$ とする。ここで常に $w \geq 1$ とし、 $w = 1$ は非利他主義、 $w > 1$ は利他主義である。このとき、 S と w の間には常に次の関係が成立しているものとする。

$$S = C \cdot w^{-k} \quad (C, k \text{ は正定数})$$

この式は helping の強さを表わすパラメータ w が増せば内的生存確率 S がどのように減少するかを指数 k で表わしたものである。従って k は cost 率をあらわし、 C は環境からの影響をあらわす。ここで生存確率が十分 1 に近いという仮定のもとに近似を用いて、ESS である $w (= w^*)$ は次のように求まる。

$$w^* = \begin{cases} \left[\frac{1-4k}{C(1-3k)} \right]^{\frac{1}{1-k}} & C \leq \frac{1-4k}{1-3k} \\ 1 & C > \frac{1-4k}{1-3k} \end{cases}$$

ただし $0 < k < \frac{1}{4}$, $0 < C \leq 1$ である。この範囲内において、 w^* は k と C の単調減少関数である。このことから、厳しい環境に生息する種ほど利他的行動が発達すること、利他行為における cost 率が小さいほど強い helping が行なわれることが示唆される。