

格子モデルによる雄の繁殖成功に多型がある生物種での集団ダイナミクス解析

向坂 幸雄[†] 橋本 剛[‡] 泰中 啓一^{*}

茨城県立医療大学[†] 松江工業高等専門学校[‡] 静岡大学創造科学技術大学院^{*}

1. はじめに

生物の繁殖力は適応度に大きく寄与する。遺伝的な質の低下が起きやすい育種など特殊条件下では、集団内の適応度に大きな変異が生じる場合がありうる。本研究では有性生殖生物種で、雄のみに適応度の多型が存在する場合のダイナミクスを格子モデルで解析した。結論は以下のようなものである：安定性のためには、優性雄の保全がより重要となる。しかし、持続可能性のためには、劣性雄がより重要となる場合が多い。

2. 安定性と持続可能性

本系では「安定性」と「持続可能性」という観点から集団が維持されやすいかどうかを検討した。安定とは、個体群動態が絶滅に向かわないことであり、持続可能とは定常密度が十分高いことである。生物の保全のためには、安定と持続可能の両方が大切である。後者はこれまでほとんど考慮されてこなかった。

3. モデル

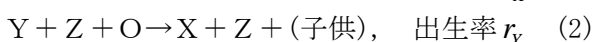
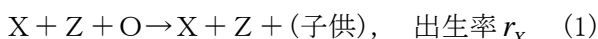
格子上に1種生物を考え [1]、

X：適応度が高いオス（優性雄）、

Y：低い適応度のオス（劣性雄）、

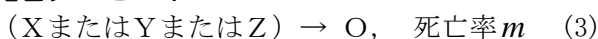
Z：メス

出生プロセス：



ここで $r_x > r_y$ であり、子供は、オス比 α の確率で雄が生まれる。また雄のうち、 β の確率で X が生まれる。したがって、子供が X, Y, Z となる確率は、それぞれ $\alpha\beta$, $\alpha(1-\beta)$, $(1-\alpha)$ である。

死亡プロセス：



死亡率は、全ての個体で等しいものとする。

Lattice model population dynamics analysis of a biospecies with male polymorphism in reproductive success

[†]Yukio Sakisaka: Center for Humanities and Sciences, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

[‡]Tsuyoshi Hashimoto: Matsue College of Technology

^{*}Kei-ichi Tainaka: Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

シミュレーション方法：

反応(1)と(2)は、次の2通りで起きる：

- ・ローカル相互作用：隣接格子点間（現実）

- ・グローバル相互作用：任意の格子点間

グローバル相互作用の利点は、平均場近似によって、微分方程式で表現できることである。

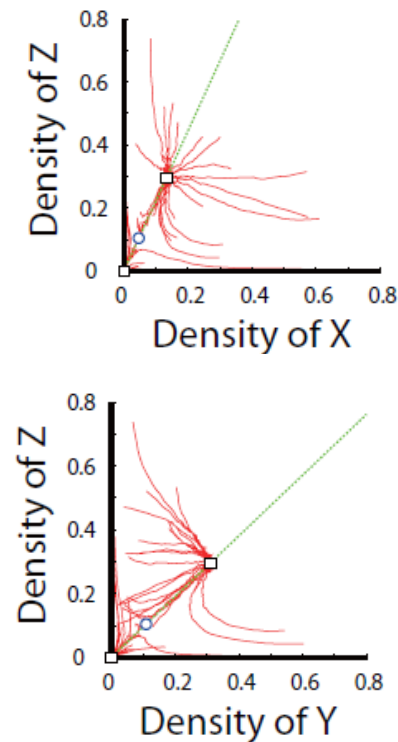


図1. 個体群動態。四角と丸は、それぞれが安定・不安定平衡点を表す。優性雄（X）の個体数が低いと、絶滅し易い。

4. 結果

グローバル相互作用のときと、ローカル相互作用のときでは、基本的結論が同じになった。図1は、個体群動態を示した。優性雄（X）の個体数が低いと、絶滅し易い。しかし、劣性雄（Y）の個体数が低くても絶滅し難い。したがって、ダイナミクス安定性のためには、優性雄の保全がより重要となる。

次に持続可能性を求めるために、安定平衡点における定常密度を求めた。定常密度は、優性雄の出生率 r_X と劣性雄の出生率 r_Y に影響する。図2は、優性雄の出生率 r_X や劣性雄の出生率 r_Y を変化させた時、定常密度はどのように変化するかを示した。優性雄 (X) の出生率 r_X が低くなってもそれほど変化がないが、劣性雄 (Y) の出生率 r_Y が低くなると、絶滅し易いことが分かる。

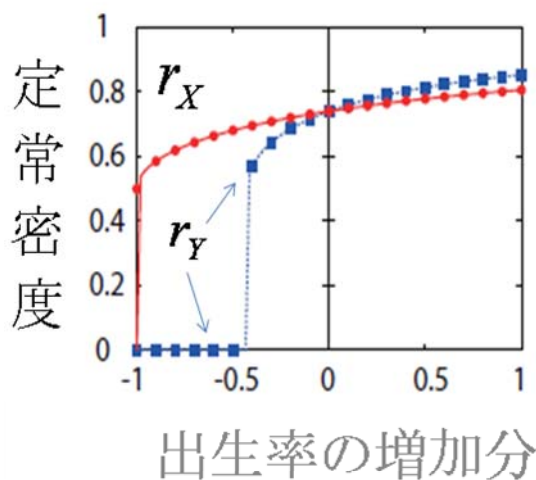


図2. 出生率の変化と定常密度との関係。優性雄の出生率 r_X と劣性雄の出生率 r_Y を変化させた時、定常密度はどのように変化するか？劣性雄 (Y) の出生率 r_Y が低くなると、絶滅し易いことが分かる ($\beta = 0.3$)。

5. 考察

結論は以下のようなものである：図1から、ダイナミクスの安定性のためには、優性雄 (X) の保全がより重要となる。この理由は、優性雄の出生率 r_X がより高いからである。しかし、図2から逆の結論を得る。すなわち、持続可能性のためには、劣性雄 (Y) がより重要となる場合が多い [2]。

パラメータの値は結論に影響する。図1の結論は、パラメータの値に依存しない。しかし、図2では、結論は逆になる場合がある。今、 $\beta = 0.3$ とした。実は β 値は持続可能性において、

大切な役割を果たす。もし β の値が 0.5 を超えると、結論は逆になる。すなわち、持続可能性においても、優性雄 (X) がより重要となる。平均場近似によって、解析すると、定常密度の出生率依存性は、次の式で表現できることが分かった。

$$r_X \beta + r_Y (1 - \beta) \tag{4}$$

この式は、オスの繁殖力の平均値を表す。一般的に、 β の値が 0.5 以下の場合が多いので、持続可能性において劣性雄 (Y) がより重要となる場合が多い。

参考文献

- [1] K. Tainaka, T. Hayashi and J. Yoshimura: Sustainable sex ratio in lattice populations, *Europhysics Letters* Vol. 74 (2006) 554-559.
- [2] Y. Sakisaka, Y. Iwamura, N. Nakagiri, J. Yoshimura, K. Tainaka. Finite size stability analysis for stochastic cellular automata. *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 5191, 228-235 (2008).