

1回繁殖型戦略における周期性と生活環恒常性の進化

Evolution of periodicity and life cycle constancy in semelparity

今 隆助 (宮崎大学)

Ryusuke Kon (University of Miyazaki)

ヒトの様に一生の間に複数回繁殖する戦略を多数回繁殖型戦略 (iteroparity) という。一方で、多くの昆虫や一年生植物のように、一生の間に1度しか繁殖せず、繁殖後直ちに死亡するような戦略を1回繁殖型戦略 (semelparity) という。いずれの繁殖戦略をとる生物も、その個体群動態はしばしば次の Leslie 行列モデルで記述される。

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{n-1} \\ x_n \end{pmatrix}_{k+1} = \begin{pmatrix} f_1 & f_2 & \cdots & f_{n-1} & f_n \\ s_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & s_{n-1} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{n-1} \\ x_n \end{pmatrix}_k \quad (1)$$

ここで、 x_i は i 歳の個体の数、 f_i は i 歳の繁殖率、 s_i は i 歳の生存率を表す。1回繁殖型戦略の場合には、 $f_1 = f_2 = \cdots = f_{n-1} = 0$ である。 $f_1, f_2, \dots, f_n, s_1, s_2, \dots, s_{n-1}$ が定数の場合には、(1) は線形の Leslie 行列モデルと呼ばれ、その振る舞いは単純であるが、個体数 x_1, x_2, \dots, x_n に依存する場合には、(1) は非線形の Leslie 行列モデルと呼ばれ、カオスのような複雑な振る舞いを示しうることが知られている [2]。Bulmer [1] や Hoppensteadt and Keller [4] はこのような非線形の1回繁殖型 Leslie 行列モデルを用いて、周期昆虫と呼ばれる昆虫が示す周期性について研究している。

周期昆虫 (periodical insects) とは、寿命の長さが、例えば n 年 ($n \geq 2$) に、固定されており、成虫が n 年に1度の周期で羽化するような昆虫のことをいう。代表的な周期昆虫はアメリカ東部に生息する周期ゼミであるが、周期ゼミ以外にもさまざまな周期昆虫が知られている [3]。Bulmer [1] は、非線形の1回繁殖型 Leslie 行列モデルを用いて、周期昆虫が周期性を獲得するには、同じ年齢の個体同士の競争よりも、異なる年齢の個体同士の競争の方が激しいことが重要であることを明らかにした。また、このような年齢特異的な競争の他にも、捕食者飽和と呼ばれる効果が、同様の効果をもたらすことを、Hoppensteadt and Keller [4] が明らかにしている ([5] も参照)。

周期昆虫の特徴は、Bulmer [1] や Hoppensteadt and Keller [4] が着目した周期性に加えて、寿命の長さが環境に依らず一定に固定されているという生活環の恒常性も特徴の1つである。周期性と生活環の恒常性は、一方を仮定すればもう一方が進化しうることが容易に示せそうである。実際、周期性を仮定すれば、生活環の恒常性を失った個体は大多数の個体とは異なる年に羽化してしまうので、適当な捕食圧の元では、そのような個体は淘汰されやすいと考えられる。また、生活環の恒常性を仮定すれば、Bulmer [1] や Hoppensteadt and Keller [4] が示したように、年齢特異的な種内競争や、捕食者飽和が周期性を作り出すことが知られている。しかしながら、周期性や生活環の恒常性がない状態から、その

進化を促すメカニズムは分かっていない。実際，Bulmer [1] は “There is some difficulty in seeing how the constancy of the life cycle and periodical behavior could have evolved together since each presupposes the other, but I shall not pursue this problem here.” と述べており，未解決の問題として残されている。本発表では，周期性と生活環の恒常性の進化を考察するための数理モデルを紹介し，周期性や生活環の恒常性を前提とせずに，それらの進化を促すメカニズムについて考察する。

参考文献

- [1] M. G. Bulmer. Periodical insects. *American Naturalist*, 111:1099–1117, 1977.
- [2] J. Guckenheimer, G. Oster, and A. Ipaktchi. The dynamics of density dependent population models. *Journal of Mathematical Biology*, 4(2):101–147, 1977.
- [3] K. Heliövaara, R. Väisänen, and C. Simon. Evolutionary ecology of periodical insects. *Trends Ecol Evol*, 9(12):475–480, Dec 1994.
- [4] F. C. Hoppensteadt and J. B. Keller. Synchronization of periodical cicada emergences. *Science*, 194(4262):335–337, Oct 1976.
- [5] R. M. May. Periodical cicadas. *Nature*, 277:347–349, 1979.