

現実の捕食者-被食者系の動態はどこまで理解できるか？

東京大学・大学院総合文化研究科 吉田 丈人 (Yoshida, Takehito)

Department of General Systems Studies

University of Tokyo

自然界において生物が見せる個体数変化のパターンは、生態学者が長年取り組んで来た重要なテーマであるが、野外生物の個体群動態を理解することはとても難しい。たとえば、野外個体群の約 $1/3$ は個体数振動を見せており、残りの約 $2/3$ は平衡にあるという報告がある。そのような個体数変化のパターンはどのように決まっているのだろうか？個体群動態の理解は、個体数変化のパターンの観測・記述に始まり、そのパターンをもたらすメカニズムの把握と、そのメカニズムを組み込んだ数理モデルに寄るパターンの再現、という3つの作業であると言われている。この3つの作業を野外生物に適用して、その個体群動態を理解することは困難である。しかし、実験室で飼育される生物の個体群動態について上記の作業を行うことで、個体群動態の「原理」を理解しようとする研究アプローチがある。私たちは、淡水性のプランクトンからなる捕食者-被食者系をマイクロコズム（連続培養ケモスタット）内で飼育して、その個体群動態を理解しようと研究してきた。これまでの研究結果を振り返りながら、どこまでこの捕食者-被食者系の個体群動態が理解できたのかを、講演で使ったスライドを基にして紹介する。

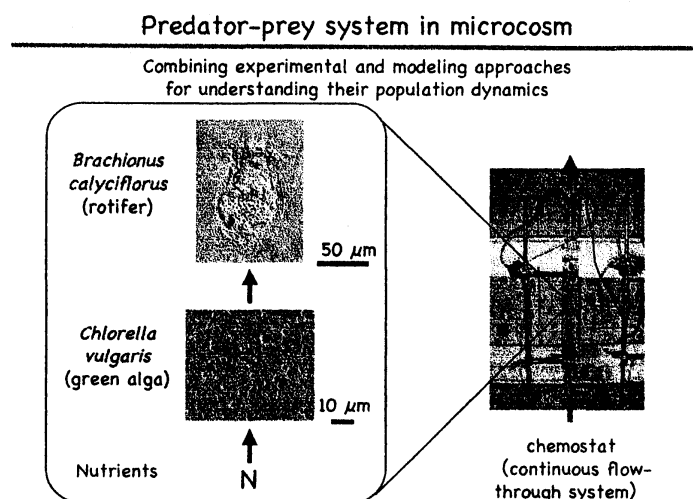


図1. 研究対象である捕食者-被食者系のマイクロコズム. 捕食者であるワムシと被食者である藻類(クロレラ) からの小さな生態系を、実験室内で連続培養装置(ケモスタット)を用いて飼育する. クロレラもワムシも無性生殖により増殖する生物である.

The basic predator-prey model

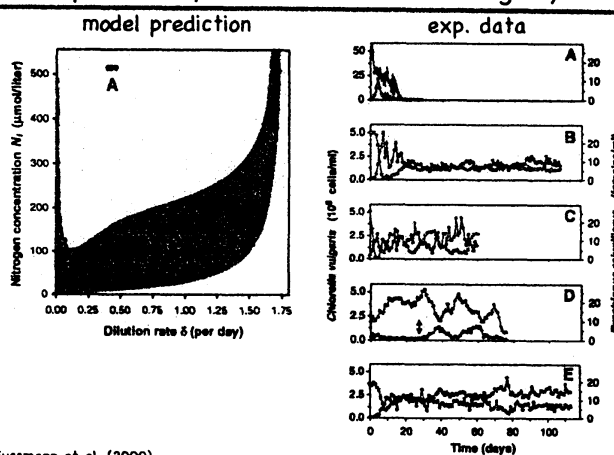
Nutrients[Nitrogen]	$dN/dt = \delta(N_i - N) - F_c(N)C$ inflow-outflow-algal consumption
Algae [<i>Chlorella</i>]	$dC/dt = F_c(N)C - F_B(C)B/\varepsilon - \delta C$ growth-rotifer predation-outflow
Rotifers[total <i>Brachionus</i>]	$dB/dt = F_B(C)R - (\delta + m)B$ growth-outflow-mortality
Rotifers[reprod. <i>Brachionus</i>]	$dR/dt = F_B(C)R - (\delta + m + \lambda)R$ growth-outflow-mortality-aging
$F_c(N) = b_c N/(K_c + N)$	N_i = nitrogen input concentration
$F_B(C) = b_B C/(K_B + C)$	δ = dilution rate
	ε = assimilation efficiency
	λ = decay of fecundity
	m = mortality

Fussmann et al. (2000)

5

図2. 図1の系の個体群動態を表した数理モデル. 栄養塩・藻類・ワムシ総個体数・再生産可能なワムシ個体数の個体数振動が4つの微分方程式により記述できる. ワムシ個体群には、若齢で再生産が可能な雌と、老齢で再生産はしないが藻類を摂食する雌がいる.

Population dynamics of the rotifer-alga system

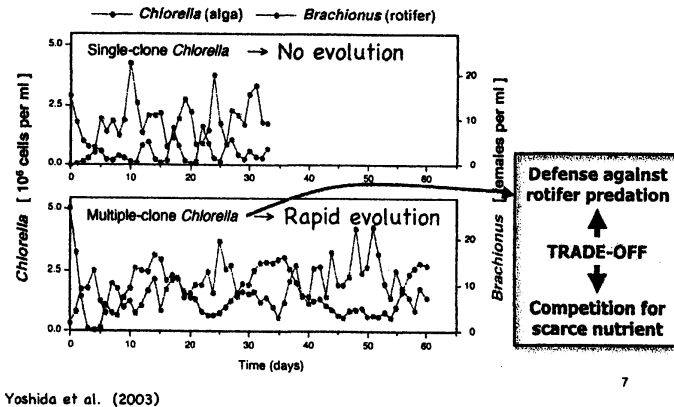


Fussmann et al. (2000)

図3. 図2の数理モデルが予測する個体群動態(左図)とその予測を検証した実験結果(右図). モデルは、ケモスタットの希釈率と培養液の栄養塩濃度に応じて、個体数振動(青の領域)・平衡(緑)・絶滅(白)を予測する. 左図中の点にある実験条件

で個体群動態を観測した結果、振動・平衡・絶滅のすべてが確認された。

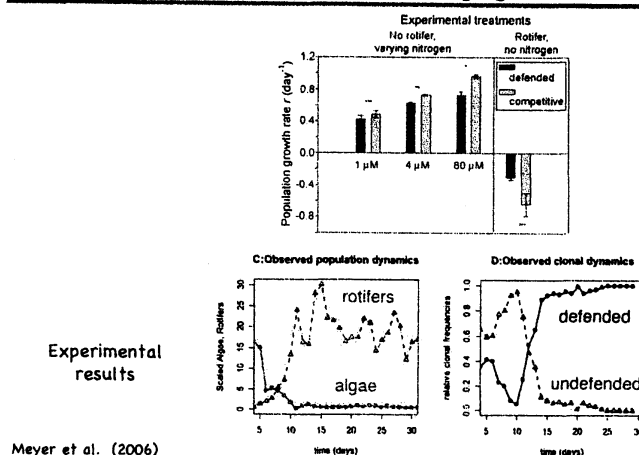
Algal rapid evolution altered population cycling



Yoshida et al. (2003)

図4. 藻類の進化が個体数振動のパターンを変える。図2の数理モデルは図3にあるように個体群動態の定性的な側面を説明したが、振動の周期などの定量的な側面は説明できなかった。藻類個体群には遺伝的な多様性があり、無性生殖するクローンの集合となっている。1クローンからなる藻類個体群には遺伝的多様性がなく「迅速な進化」は起こらない。このとき、個体数振動は短い周期となった（上図）。一方、複数クローンからなる藻類個体群では迅速な進化が起こることが期待され、このときの個体数振動は長い周期となった（下図）。

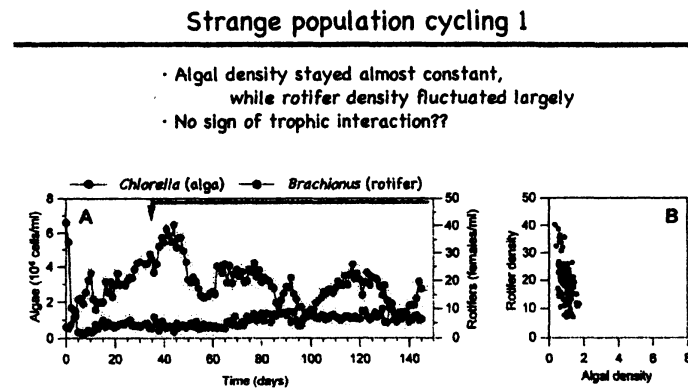
Rapid evolution in response to changing environments



Meyer et al. (2006)

図5. 藻類の遺伝的組成の変化＝進化の観察。異なる性質をもつ藻類の2つのクローン（上図）をワムシと共に培養し、個体数変化（下図左）と藻類クローンの組成（遺伝的組成、下図右）を観測した。藻類が多くワムシ捕食者が少ない時は、食べられや

すいが競争能力の高い藻類クローンが頻度を増やし、ワムシ捕食者が増え藻類密度が少なくなるにつれて、食べられにくい藻類クローンが増えるパターンが見られた。



Yoshida et al. (2007)

13

図6. 奇妙な個体群振動. 藻類に遺伝的多様性があると通常の捕食者-被食者系の個体数振動とは考えられないパターンが見られた. すなわち、捕食者の個体数は大きく変動するにも関わらず、餌生物の個体数はほとんど変化しなかったのである. これは、藻類個体群中の異なる性質をもつ遺伝子型（クローン）が互いに密度補償的に頻度を変えるために引き起こされていると考えられた.

以上のように、2者の生物からなる単純な捕食者-被食者系にも関わらず、その個体群動態を理解することはかなりの手間と時間を要する。本研究では、迅速な進化というプロセスが個体数振動を変化させる新しいメカニズムとして働くことを発見した。より多くの生物間で相互作用があり、環境要因が確率的に変動するような条件で生息している野外生物の個体群動態を理解することは、本研究で取り組んだような実験個体群の理解よりかなり難しい。個体群動態の詳細で定量的なパターンの理解ではなく、より定性的なパターンの理解を検証可能な理論予測（仮説）を基にして進めるような研究アプローチが求められるだろう。