

パッチ間の移動分散が捕食者・被食者の存続に与える影響

穴澤研究室 菅野那美

1. はじめに

ハフフェイカーの実験[1]では、捕食・被食の関係にあるダニに複数のパッチからなる生息地を与え、障害物等で被食者と捕食者の移動のしやすさを人為的に操作した結果、両種の個体群を存続させることに成功した。この実験から、パッチ間の移動分散が両種の存続に影響していることが示唆された。しかし、一般的に実験環境下で捕食・被食の関係にある両種を存続させることは難しく、その影響については十分に調べられていない。

本研究では、捕食・被食の関係にある生物をパッチ状環境下でシミュレーションし、パッチ間の移動分散が被食者と捕食者の存続に与える影響を調べることを目標とした。

2. 研究内容・方法

§ 2.1 研究内容の概略

本研究では、生息地となる 36 個のパッチを 6×6 の格子状に並べた空間があり (図 1 参照)、空間内の各パッチには捕食・被食の関係にある 2 種の生物が存在していることを想定した。

両種の個体数を増やしたり、減らしたりするイベントを確率的に起こすことで個体数を変化させるシミュレーションモデルを使用した。

移動分散率の条件が異なる調査①～③のシミュレーションを行い、それぞれの調査で一定期間 2 種が存続する割合を求め、パッチ間の移動分散が捕食者・被食者の存続に与える影響について調べた。

調査①: 被食者と捕食者の移動分散率が同じ場合

調査②: 被食者のみが移動可能な場合

調査③: 捕食者のみが移動可能な場合

更に、個体群動態を求め、移動分散率の違いによって、個体群動態の違いがみられるのかを調べた。

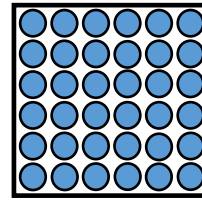


図 1 シミュレーションを行った空間

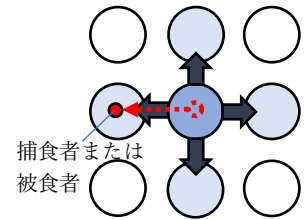


図 2 移動分散のモデル

表 1 各個体が 1 ステップの間に起こすイベントとその確率

イベント		確率
被食者	新しい個体を生む	$r\Delta t$
	死亡(捕食)	$aY_i\Delta t$
	死亡(捕食以外)	$(m + dX_i)\Delta t$
	隣接パッチへ移動	$\varepsilon\Delta t$
捕食者	新しい個体を生む	$caX_i\Delta t$
	死亡	$m'\Delta t$
	隣接パッチへ移動	$\varepsilon'\Delta t$
パラメータ・状態量の説明		
X_i : パッチ内の被食者数, Y_i : パッチ内の捕食者数 r : 出生率, a : 捕食率, m : 自然死亡率, d : 密度係数, ε : 移動分散率, c : 転換係数, m' : 死亡率, ε' : 移動分散率		

§ 2.2 シミュレーションモデル

今回、想定した各イベントを近似的に再現するため時間を細かい間隔 (Δt) で離散化した。個体数が増減するイベントを時間 Δt ごとに確率的に実行し、各パッチ内の被食者の個体数 X_i と捕食者の個体数 Y_i を時間経過とともに変化させていく。各個体が 1 ステップ (Δt) の間に起こすイベントとその確率を [表 1] のように定めた。

本研究で注目する被食者と捕食者の移動分散率はそれぞれ ε 、 ε' とおく。各パッチの捕食者または被食者の各個体は単位時間当たり、一定の確率で隣接する上下左右いずれかのパッチへ移動することを想定した (図 2 参照)。

本研究ではシミュレーションにおいて、1 ステップの間に各イベントが起こる回数は、ポワソン分布に従う乱数を用いて計算した。

§ 2.3 シミュレーションの流れ

シミュレーション空間には、初期条件でパッチごとに捕食者が10匹、被食者が100匹いると設定した。本研究においては移動分散のみに着目するため、移動分散率以外のパラメータは調査①～③で共に等しいものとする ($r=0.99$, $a=0.0005$, $m=0.8$, $c=0.2$, $d=0.00001$, $m'=0.05$)。移動分散率は 1.0×10^{-6} から数値を10倍して行き、1.0までシミュレーションを行った。

シミュレーションは各条件で1000回行い1000回中シミュレーション終了時間 ($t=500$) までに両種が存続していた回数をカウントすることで、両種の存続割合を求めた。更に、各条件下でどのような個体群動態をしているのかを調べるため、両種の個体数の増減のデータを取り、グラフに出力した。

3. 研究結果と考察

調査①と②では、移動分散率が中程度 (0.0001) の所で存続割合が最も高い値となった。調査③では、移動分散率 $\epsilon'=0.01$ の時に存続割合が急激に上がりその後、存続割合はほぼ頭打ちとなった (図3参照)。

2種の存続割合が最も高い時の移動分散率で、全パッチを合わせた捕食者・被食者の個体群動態を調べてみたところ、調査①は周期的な振動を繰り返して存続する動態 (図4参照)、調査②は被食者が優位な状態で存続する動態 (図5参照)、調査③は比較的安定した動態 (図6参照) となり、3つの調査全てで異なる個体群動態をしていることが分かった。

本研究の条件下においては、調査②のとき最も存続割合の値が高いという結果になった。被食者のみに移動分散率が与えられた調査②では、図5の個体群動態のグラフより、被食者が捕食を免れやすくなり、順調に数を増やしていったのではないかと考えられる。その結果、移動できない捕食者に対しても餌の供給が途切れづらくなったことで両種の存続割合が比較的高い値となったのではないかと考えられる。

移動分散率が高い場合では、調査③の条件が存続しやすくなることが分かったが、捕食者が移動に優位なときは、図6のように存続する個体数は、被食者の移動が優位な時に比べ少なくなると考えられる。

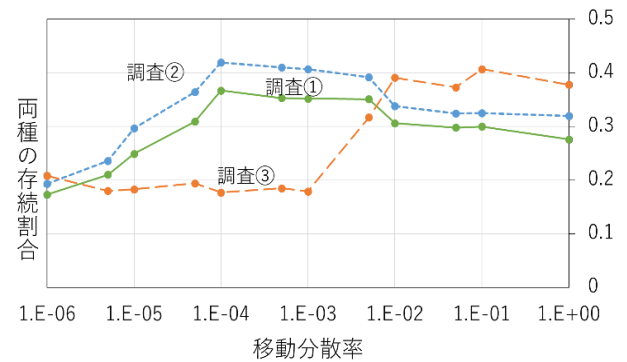


図3 各調査での存続割合

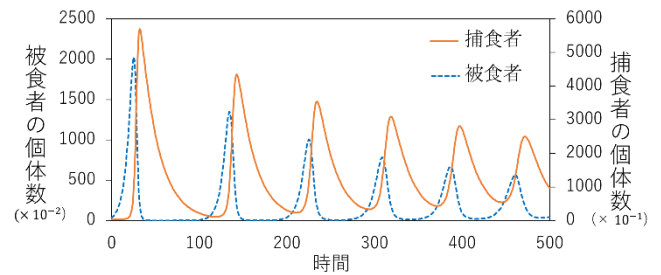


図4 調査①の個体数動態の例 ($\epsilon, \epsilon'=0.0001$)

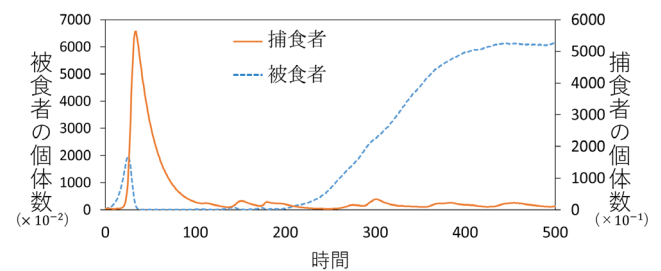


図5 調査②の個体数動態の例 ($\epsilon=0.0001$)

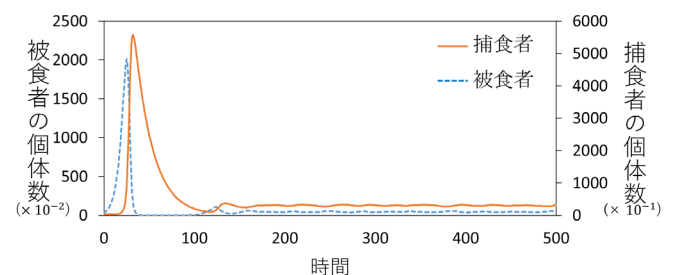


図6 調査③の個体数動態の例 ($\epsilon'=0.1$)

4. まとめ

本研究は、パッチ間の移動分散が捕食者・被食者の存続に与える影響について調査した。結果としては、移動分散の影響によって両種の存続の割合や個体群動態が変化することが分かった。本研究の条件下においては、被食者優位の条件が最も存続割合が高いという結果になったが、移動分散率の値によっては捕食者優位の条件でも存続しやすいことが分かった。

5. 参考文献

- [1] 嶋田正和・山村則男・粕谷英一・伊藤嘉昭 「動物生態学新版」 p. 260 海游舎 (2009)