

生態学 (1 / 3)

(注意) 問題 [1] [2] [3] [4] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[1] 同種の個体間で資源の獲得を巡る争いにおいては、相手の個体に対して、攻撃的なふるまいをすることもエスカレートせず非攻撃的なこともある。このような争いで攻撃性が進化する条件を検討する理論モデルにタカハトゲームがある。タカハトゲームでは、2 個体が争い、資源は分割できず、争いに勝った個体が入手する。攻撃的なふるまいと非攻撃的なふるまいを、それぞれタカとハトと呼ぶ。ここで、タカとハトは異なる種の生物を表すのではなく、同種の中での異なるふるまいを指す。争いの勝者は資源を入手し適応度が a 大きくなる。争いの結果起こる適応度の変化は自分と相手がタカとハトのいずれであるかにより、以下の表のようにまとめられる。 a と d は正の値をとる。

		相手のふるまい	
		ハト	タカ
自分のふるまい	ハト	a か 0	0
	タカ	a	a か $-d$

ハトとタカが争うと、タカが勝って適応度が a 大きくなり、ハトの適応度は変わらない。ハトとハトなら、片方の適応度が a 大きくなり、もう片方の適応度は変わらない。タカとタカなら、争いはエスカレートし、片方の個体は負傷して敗れ適応度は d 小さくなり、もう片方の個体は a 大きくなる。

なお、個体はいつもタカとしてふるまうかいつもハトとしてふるまうかのいずれかであり、個体群は十分に大きく、個体の争う相手はランダムに決まり相手がタカである確率は個体群でのタカ個体の頻度 (q とする) に等しいとする。また、争いに関する以外ではタカとハトの間に適応度の差はないものとする。

以下の問いに答えなさい (計 35 点)。

- (1) 争う相手がタカである場合とハトである場合のそれぞれについて、タカの適応度の争いによる変化がハトの適応度の争いによる変化よりも小さいのはどのような場合か、述べなさい。(5 点)
- (2) $a > d$ のとき、個体群での、タカの適応度の期待値とハトの適応度の期待値を比べ、タカの方が適応度の期待値が大きくなるのはどのような場合か、述べなさい。(4 点)
- (3) $a < d$ のとき、個体群での、タカの適応度の期待値とハトの適応度の期待値を比べ、タカの方が適応度の期待値が大きくなるのはどのような場合か、述べなさい。(4 点)
- (4) 適応度の個体群における平均は、ハトの個体の頻度 ($1-q$ である) とどのような関係にあるか説明しなさい。(5 点)
- (5) $a > d$ のとき、進化的に安定な状態は何通りあり、それぞれどのような状態であるか答えなさい。(7 点)
- (6) 条件戦略と混合戦略とはそれぞれどのような意味か、100 字以内で説明しなさい。(10 点)

生態学 (2 / 3)

(注意) 問題 [1] [2] [3] [4] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[2] 生息可能な場所がパッチ状に分布しているとき、移動・分散によって結合する局所個体群の集まりをメタ個体群とよぶ。レビンスが提案した古典的なパッチ占有モデルでは、ある局所個体群によって占められているパッチの割合を p 、空きパッチからの再入植率を m 、局所個体群の絶滅率を e とすると、 p の時間変化は次の式であらわすことができる。

$$\frac{dp}{dt} = mp(1-p) - ep$$

このモデルについて以下の問に答えなさい。(計 20 点)

- (1) 占有パッチの割合 p は、局所個体群が新たに生まれる確率 m の高い方が増えやすく、局所個体群の絶滅確率 e が高くなれば増えにくくなるが、占有パッチ p と空きパッチ $(1-p)$ の比率も重要な要因となる。 m は一定とした場合、その理由について説明しなさい。(5 点)
- (2) メタ個体群が平衡状態に達したとき、すなわち局所個体群によるパッチ占有率が一定になるとき ($dp/dt = 0$) のパッチ占有率 p を m と e であらわしなさい。(3 点)
- (3) 平衡状態に達したときに占有されているパッチの割合が大きくなるのは、再入植率 m と局所個体群の絶滅率 e の値がどのような場合か述べなさい。(3 点)
- (4) 上記のモデルに生息・生育適地の減少率 D を加えると

$$\frac{dp}{dt} = mp(1-D-p) - ep$$

となる。平衡状態に達したときにメタ個体群が絶滅する、すなわち、パッチ占有率が 0 となるときの D を m と e であらわしなさい。(3 点)

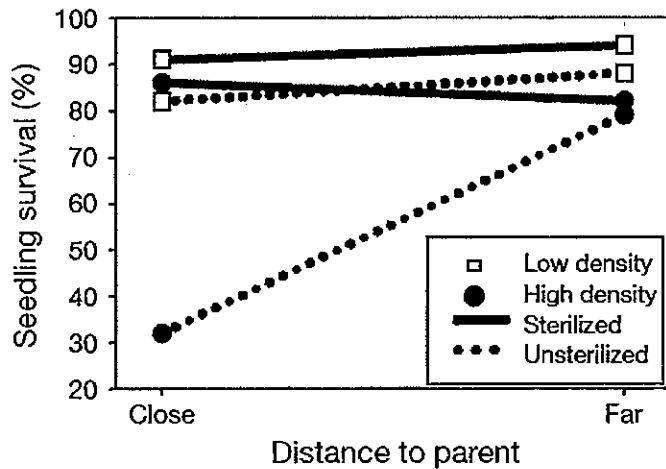
- (5) メタ個体群が存続するために必要な条件について、局所個体群の新生率、絶滅率、生息・生育適地、のすべての語句を用いて 100 字以内で説明しなさい。(6 点)

[3] 生物の体を構成する元素のうち、炭素の他に重要なものとして、窒素がある。窒素は N_2 として大気を構成する最も多い成分となっているが、植物などの生産者の多くは N_2 ガスをそのまま利用することはできない。窒素が生態系の中を循環する際に、特に重要な生物作用と人間活動作用の主なプロセスについて、200 字以内で説明しなさい。(10 点)

生態学 (3 / 3)

(注意) 問題 [1] [2] [3] [4] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[4] 下図は、サクラ属の一種 *Prunus serotina* を用いてジャンセン・コンネル仮説を検証した実験の結果である (Packer and Clay 2000, Nature 404, 278-281)。



P. serotina の木から 0 ~ 5m (Close) または 25~30m (Far) で採取した土壌で、*P. serotina* の芽生えを育てた。その結果、芽生え間で競争が生じる高密度条件 (High density) で、Close で採取した土壌で芽生えを育てた場合には、低密度条件 (Low density) の場合とは異なり、芽生えの生存率 (Seedling survival) が 30% に低下した。Close で採取した土壌をオートクレーブで殺菌 (sterilize) して芽生えを育てると、芽生えの生存率が 85% に増加したが、Far で採取した土壌を殺菌して芽生えを育てても生存率に有意な変化はなかった。この実験結果について、以下の問に答えなさい。(計 35 点)

- (1) ジャンセン・コンネル仮説とはどのような現象を説明するために提唱されたどのような仮説か、それは樹木の更新についてどのような予測を導くかについて説明しなさい。なお回答には、「少数者有利」または「頻度依存」という用語を用いること。(6 点)
- (2) Close で採取した土壌で育てた芽生えの生存率の低下が、芽生えに感染した菌によるものであることを証明するには、どのような実験を行えばよいか、説明しなさい。また、生存した 30% の芽生えに菌の感染に対する耐性があることを実証するにはどのような実験を行えばよいか、説明しなさい。(8 点)
- (3) 菌の感染に対する芽生え間の耐性の違いが、遺伝的違いであることを実証するにはどのような実験を行えばよいか、説明しなさい。(8 点)
- (4) Far で採取した土壌を使って芽生え 30 個体を一年間育て、翌年その土壌を使って別の芽生え 30 個体を育てたところ、前年よりも平均成長速度が有意に低下した。植物-土壌フィードバック (Plant-soil feedback) と呼ばれるこの現象が生じるメカニズムを説明しなさい。(5 点)
- (5) その後の研究によって、Plant-soil feedback の大きさには、樹種間で変異があり、森林内で個体数が少ない種ほど、Plant-soil feedback を強く受けることが明らかにされた。このような Plant-soil feedback は、森林内での多くの樹種の共存を促進するか、それとも困難にするかについて考察しなさい。(8 点)