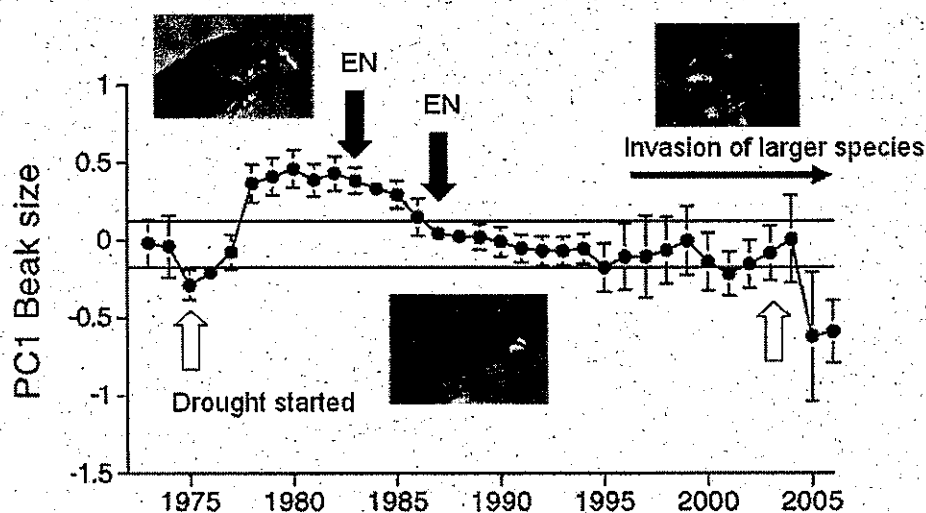


生態学 1/2

問題 [1]、[2]、[3] は、それぞれ別の解答用紙に答えなさい。

[1] 野生生物の個体数は自然環境の変動にともなう増減を繰り返している。この過程で、個体数の変化だけでなく、個体群の遺伝的性質の変化（すなわち進化）が生じている。以下の図は、ガラパゴスフィンチ（*Geospiza fortis*）の嘴の大きさが30年間の気候変動にともないどのように変化したかを示している（Grant and Grant 2002を一部修正）。図の縦軸 PC1 は主成分を表し、値が大きいほど嘴が大きい。調査地のガラパゴス諸島（大ダフネ島）では、1975年に大規模な旱魃が生じ、個体数が大きく減少した。1983年と1987年にはエルニーニョ（東部赤道域の昇温現象）にともなう降雨があり、個体数は大きく増加した。1990年代後半には、オオガラパゴスフィンチ（*G. magnirostris*）が大ダフネ島に侵入・定着し、ガラパゴスフィンチの個体数は減少した。2003年には再び旱魃が生じ、ガラパゴスフィンチの個体数はさらに減少した。このような環境変動にともなう嘴の大きさの変化に関して、以下の問に答えよ。（40点）



- (1) 図に示された嘴の大きさの変化が遺伝的であることを示すために、遺伝率が推定された。遺伝率とはどのような量を説明しなさい。
- (2) 遺伝率の推定には、子の形質の親の形質に対する回帰係数が利用された。生息地で測定された形質を用いて回帰係数から推定された遺伝率は1に近い大きな値であった。この結果は、推定値が過大評価されている可能性を示唆する。遺伝率の過大評価をもたらした可能性のある原因をひとつあげなさい。
- (3) 1975年の旱魃では嘴が大型化し、2003年の旱魃では嘴が小型化した。旱魃による死亡率の増加・個体数の減少の下で、このように異なる反応が生じたのはなぜだと考えられるかを説明しなさい。
- (4) 1983年と1987年のエルニーニョにともなう降雨によって、ガラパゴスフィンチは増加した。この過程では個体の生存率が高まり、嘴の大きさと個体の生存率には相関がなかった。上記の結果は生存率に差がなくても自然淘汰が作用し、嘴が小型化したことを示唆している。個体数が回復する過程で、なぜ小型の嘴を持つ個体が有利だったと考えられるかを説明しなさい。

[2] 自然淘汰の下での有利さをあらわす量は、「適応度」(fitness) と呼ばれる。適応度とは個体の属性であり、ある個体がどれだけ多くの遺伝子を子孫に伝達するかをあらわす量である。適応度に関する以下の問に答えなさい。（30点）

- (1) 雌雄異体の動物個体の適応度(W)は「親子の血縁度(r)×個体が生涯に残す娘の数(x)＋親子の血縁度(r)×個体が生涯に残す息子数(y)×集団の性比(\bar{x}/\bar{y})」であらわされる。 \bar{x} 、 \bar{y} はそれぞれ x 、 y の平均値をあらわす。ランダム交配集団では、 $r=0.5$ である。これは、親の遺伝子の半分が子供に伝達されることをあらわす。ランダム交配集団では、動物個体の平均適応度(\bar{W})は個体が生涯に残す娘の数の平均値(\bar{x})と等しくなることを示しなさい。
- (2) 雌雄同体の植物個体の適応度(W_h)は、「 r_1 ×他家受粉種子の割合($1-s$)×個体が生産する種子数(x)＋ r_2 ×自家受粉種子の割合(s)×個体が生産する種子数(x)＋個体が生産する花粉の数(y)×種子花粉比(\bar{x}/\bar{y})」であらわされる。 r_1 、 r_2 は一般にどのような値をとるか。
- (3) 雌雄同体の植物集団の中に、雌個体が一定の割合で維持されている場合がある。雌雄同体個体と雌個体が生産する種子数が等しいとき、雌個体の適応度(W_f)を r_1 、 r_2 、 s 、 x 、 y 、 \bar{x} 、 \bar{y} を用いてあらわせ（これらの変量のすべてを使う必要はない）。
- (4) $x=\bar{x}$ 、 $y=\bar{y}$ の状態の雌雄同体植物集団中に雌の突然変異体が進入できる条件を求めよ。ただし、雌個体が生産する種子数は $z(z \geq x)$ とし、雌という性質は核遺伝子に支配されているものとする。

生態学 2/2

[3] 同種の個体間に見られる相互作用に関する基本的なモデルの1つにタカ・ハト・ゲームがある。このモデルでは、資源をめぐる2個体が争い、争うときにとる選択肢はタカ（攻撃的）あるいはハト（非攻撃的）のいずれかである。攻撃的な選択肢（タカ）をとる個体は非攻撃的な選択肢（ハト）をとる個体に勝つ。攻撃的な選択肢（タカ）をとる個体同士が争ったときには、負けた個体は負傷する。各個体が生涯に一度だけ他個体と相互作用する場合について、以下の問に答えなさい。（30点）

相互作用の影響によらないベースラインの適応度を W_0 とし、資源を得ることによる適応度への影響を V 、負傷による適応度への影響を $-C$ 、とすると、2個体をとる選択肢と相互作用の結果は以下のように要約できる。

タカ対ハト タカが勝ち資源を入手する。
 タカの適応度の変化 $W_0 + V$
 ハトの適応度の変化 $W_0 \pm 0$

ハト対ハト 確率 0.5 でどちらの個体が勝ち資源を入手する。
 ハト（勝者）の適応度の変化 $W_0 + V$
 ハト（敗者）の適応度の変化 $W_0 \pm 0$

タカ対タカ 確率 0.5 でどちらの個体が勝ち資源を入手する。負けた個体は負傷する。
 タカ（勝者）の適応度の変化 $W_0 + V$
 タカ（敗者）の適応度の変化 $W_0 - C$

以下、相互作用でタカを選択肢をとることをタカ戦略、ハトを選択肢をとることをハト戦略と呼ぶ。集団は、タカ戦略の個体とハト戦略の個体よりなり、タカ戦略個体の頻度を p とする。したがってハト戦略の個体の頻度は $(1-p)$ となる。

- (1) タカ戦略の個体の適応度を、タカ戦略の個体の頻度 p を使った式で書きなさい。また、タカ戦略の個体の適応度は、 p の変化に伴いどのように変化するか説明しなさい。
- (2) ハト戦略の個体の適応度を、タカ戦略の個体の頻度 p を使った式で書きなさい。また、ハト戦略の個体の適応度は、 p の変化に伴いどのように変化するか説明しなさい。
- (3) タカ戦略の個体の適応度とハト戦略の個体の適応度の差を式で示しなさい。式には V と C を必ず含むこと。
- (4) この集団の平均適応度がもっとも高いのは p がどのような値の場合かを説明しなさい。
- (5) $V > C$ の場合、この集団が進化の結果到達する状態はどのようなものかを説明しなさい。
- (6) $V > C$ の場合、この集団が進化の結果到達する状態と集団の平均適応度がもっとも高い状態はどのような関係にあるかを説明しなさい。