

Ecological and evolutionary traps

Martin A. Schlaepfer, Michael C. Runge & Paul W. Sherman

H15.10.29 TREE 輪読会 担当：下野 綾子

生物はしばしばハビタット選択の基準として物理環境の間接的な cue (合図、手がかり) を利用する。例えば、ある生物は食物や隠れ場所といったハビタットの質を直接評価せずに、植生構造を基準に子育て場所や縄張りの場所を選ぶ。一般にこれらの決定や選好性は、長い進化の過程で生残や繁殖成功と高い相関のあった cue に依存しているため、適応的である。しかし、環境が突然変化してしまい、cue とハビタットの質との関係がなくなったら、cue に基づく行動は、もはや適応的ではない。

Ecological trap という単語は本来、近年の環境の人為改変によって cue とハビタットの質の相関関係がくずれ、鳥の営巣ハビタットの選択が、かえって営巣の失敗に繋がるという状況をさす。もし cue と環境の将来の状態の間に強い相関が今まであったのなら、生物は進化的に新しい状況を評価したり反応したりする表現的可塑性を持っていないだろう。従って、他に利用可能で適した条件が残っていたとしても、生物は進化の産物によって間違いを犯すよう強制されることになり、それをトラップと呼ぶ (Fig.1)。

本論文では、最近の ecological trap に関する研究例をレビューし、一般的なメカニズムを説明し、このメカニズムが環境的および社会的 cue に基づく行動に幅広く適用できることを述べる (著者は evolutionary trap と呼んでいる)。Ecological & evolutionary trap による非適応的行動は、個体群の減少や絶滅を導く恐れがあり、野生生物の個体群ダイナミクスや保全にも密接に関わってくる。

The ecological trap

Gates & Gysel (1978)の研究：

燕雀目 21 種の卵と雛の死亡率を調査。林縁ほど営巣密度は高いが、林縁の巣ほど卵や雛の死亡率が高い。

要因：林縁では捕食者や寄生者の活動が活発

なぜ林縁で営巣するのか？：不均一な植生を好むため

攪乱のない森林では、植生の不均一性は良い採餌場および捕食者からの避難場所の指標。しかし人為活動により、突然林縁環境が急増。鳥たちはダーウィンアルゴリズム (生物が進化してきた本来の環境下で適応的な環境 cue に基づいた行動の意思決定規則) によって林縁にある不均一性の高いハビタットを好むが、エッジ効果により捕食者や寄生者の密度が高い。植生の不均一性という cue は適応的なものではなくなった。

* 環境の質そのものが変化しなくても、生物が非適切な選択をしてしまう例

カゲロウ目：地面からの光の偏光を利用して池を認識。アスファルトに偏光作用があるため、そばに池があっても、誤ってアスファルトに産卵

海ガメ：砂浜に産卵された卵から夜に孵化した子ガメは、光を頼りに海に向かう。海岸の建設物による光により、誤って陸へ向かう。

* Ecological trap のコンセプトは様々な種群に適用できる (Table 1)

* Ecological trap が個体群に及ぼす影響

- 決定論的モデルでは、もとのハビタットと改変されたハビタットの質の違いが大きく、個体群サイズが小さいとき、繁殖が不可能なハビタットを選好性する個体群は絶滅する。
! 改変されたハビタットの割合が小さくても同様の結果となる。
- 個体群密度が低いとアリー効果で ecological trap が及ぼす影響も大きくなる可能性
低密度ではハビタットを巡る競争が生じないため、すべての個体が非適応的なハビタットを選好する
高密度では選好するハビタットからはみ出た個体が、反対に高い適応度を示し個体群維持に貢献

Evolutionary traps

Ecological trap のメカニズムは、様々な行動や生活史特性に適用可能 (Table 2)

Evolutionary trap : 人間活動によって変えられた環境下では、生物の環境 cue に基づく行動や生活史特性が非適応的となってしまう状況

Evolutionary trap のメカニズムが適用できる例

- (1) 世界レベルのハビタットへの影響 : 日長を cue とする鳥の渡りの時期と、温度を cue とする植物のフェロロジーが、温暖化によりズレが生じている
- (2) ダーウィンアルゴリズムを見つけ出すことを目的とした cue の操作的実験 : ツバメの雌は長くて左右対称な尾をもつ雄を好む。このことは、尾の形を操作した実験によって明らかにできる。
- (3) 人間の脂質への嗜好性 : 脂質の摂取が限られていた時代は適応的な嗜好であったが、現代では肥満、糖尿病、冠動脈疾患、睡眠時無呼吸症候群など健康問題の原因となっている。
- (4) 害虫駆除などへの活用 : 昆虫を性フェロモンで誘引し捕獲。

Applications for conservation and wildlife management

個体群の減少は ecological & evolutionary trap と合わせて blatant disturbances (生物の適応度を下げるような人為的環境改変) によっても引き起こされる (Box1)

Ecological & evolutionary trap : 改変環境とダーウィンアルゴリズムのミスマッチが生物の減少要因

Blatant disturbances : 改変環境が直接的な生物の減少要因

* Ecological & evolutionary trap と blatant disturbances が組み合わさった例 :

コンドル : 高い位置にある止まり木から餌を探す

高圧電流の流れる鉄塔を止まり木として利用するため、年間数百等もの若い個体が感電死。

その他、射撃や毒物による blatant disturbances も減少要因

Trap は他の減少要因と複合的に作用する場合が多い。

これらのメカニズムと結果としての悪影響は、一般に広く偏在しているため、trap の概念は保全生態学者や野生生物管理者にとって重要である。

Distinguishing evolutionary traps from natural ‘disturbances’

Evolutionary trap にはまった個体群が絶滅から逃れるには？ (Box 2)

トラップによる繁殖や生残への悪影響がシビアではない

新しい環境への反応に遺伝的なバリエーションあるいは行動的可塑性がある

新たな適応が生じる (個体群が大きく長い期間存続できる)

- * Evolutionary trap は自然界ではありえない速度と規模の人為的環境改変によって生じる。
自然攪乱によるものと区別すべき
- * 人間活動による短期間の個体群の減少を食い止めるため、保全生態学者や野生生物の管理者は、ecological & evolutionary trap への留意が必要

Solutions for the future

Ecological & evolutionary trap を同定するのは困難

個体群の減少を引き起こしている環境変数は、自然本来のものからわずかに変化している可能性がある。あるいは新しい変数である可能性がある。

短期間の適応度ではなく、生存期間全体あるいは生活史ステージごとの適応度を評価する必要がある。

- * 保全生態学や野生生物管理の分野では、行動生態学と進化心理学の統合が進んでいる。
- * 個体群の減少要因が新しい cue による影響のみの場合 (blatant disturbance による影響が無い場合)、比較的少ない調整で改善できる可能性がある。
ウミガメの例：海岸線のライトを隠すあるいはウミガメの認識できない波長のライトを使う。
- * Blatant disturbance を含む場合、即効性の解決策は無いが、trap を同定することで個体群の減少や絶滅を阻止できる可能性がある。

Conclusions

生物は突然の環境変化に際して非適応的な choices をしてしまう傾向がある。行動決定の基礎となっているダーウィンアルゴリズムは、人為的に産み出された不測の事態に対応できるほど複雑ではないからだ。Evolutionary trap の概念は様々な現象に当てはめることが可能で、個体群や種の世界的な減少を食い止める重要な概念である。