



Empirical Evidence for Rapid Evolution

David Reznick, Helen Rodd, and Leonard Nunney

6.1 Introduction

環境変化に対する生物の進化の制限を知ることは、生物の保全上重要な問題となる。

- 生物はどの程度速く進化することができるか？
- どの程度変化することができるのか？
- 変化の程度は遺伝的変異や個体群構造などから予測できるか？

本章ではグッピーの野外における適応プロセスを中心に、どのような状況で迅速な進化が生じるかを考える。

6.2 Guppy Life-history Evolution

生活史 [life history]：発育のタイミングや繁殖への資源配分

グッピーの場合重要となるのは、

成熟齢、繁殖回数、子の数やサイズ、繁殖努力量、繁殖への資源の投資 など

The study system

グッピー *Poecilia reticulata*

- 性成熟まで3ヶ月以内。その後3~4週間おきに子を産む（胎生）。
- 性的二型があり、♂は小型で鮮やかな色。色彩パターンには多型。
- **滝の上流と下流で群集（捕食者）が変化** (Fig. 6.1)

下流：Pike cichlid (High predation)

上流：Killifish (Low predation)

The association between predation and life histories

- high-predation site では死亡率が高い（標識再捕の結果より）

<仮説>捕食圧が高い場所では、早熟、繁殖努力大、繁殖への投資大になるよう生活史が進化

<結果>F2の形質 (Fig. 6.2)

→high-predation site の集団では、**性成熟早い・繁殖間隔短い・資源投資大**

6.3 Selection Experiments

Methods

High-predation site のグッピーを、グッピーが生息していない low-predation site（滝の上流）に導入。4~10年後に滝の下の個体の形質と比較。

Results (Table 6.1)

4年後：オスの成熟齢遅延・成熟サイズ大。その他の生活史形質に変化なし



7年後：メスの成熟齢も遅延。

11年後：オス・メスともに成熟齢遅延・成熟サイズ大。

初回産仔数減・子の体サイズ大・若齢期の繁殖努力減

Intensity of natural selection on different traits

選択勾配分析（やや改変した使い方。詳細は Box 6.2）の結果、**成熟齢に強い直接の選択**、成熟サイズは齢との遺伝的な相関により変化（Table 6.2）。

オスの方が速く形質が進化→遺伝的変異が Y 染色体とも関係

多くの化石記録で推定される進化速度より 1 万～1000 万倍以上速い速度で生活史の進化が見られた（12000 ダーウィン）（Box 6.3）

6.4 Limits to Adaptation

迅速な進化が見られるにも関わらず、どうして生物は絶滅するのだろうか？

High-predation → Low-predation 導入成功（5/5）

Low-predation → High-predation 導入失敗（0/2）

後者では導入個体群が進化的適応を起こす前に、個体群サイズが絶滅への閾値（critical population size）を下回った？

Modeling population dynamics

個体ベース個体群動態モデル（Box 6.4）

150 個体導入

→12 日おきに 生存/死亡・成長量・繁殖する/しない

パラメータは性別・体サイズ依存（標識再捕データより）

生活史パラメータは移入元の値、成長率や捕食率は移入先の値

- Low → Low : 3 年生存。平均して個体群サイズ 2 倍
 - High → High : 16/20 個体群で生存。個体群サイズ減少。
 - High → Low : 1 年以内に 1000 個体を超える
 - Low → High : 75% の個体群では 3 年以内に絶滅。残りの個体群サイズ平均 11 個体
- High → Low では一時的に個体数が増加し、新たな環境に対して進化しやすい状況
死亡率の変化ではなく、高密度化に対して進化が起こった可能性も？

Modeling genetic dynamics

成熟齢が 1 または複数遺伝子座で決定されると仮定

- Low → High : 絶滅するが、その年数にはばらつき。1 年目の個体数は High predation site の個体群と同程度
- High predation の対立遺伝子を持つ個体が含まれるほど、導入成功率上昇（Fig 6.4 白）



- 遺伝子座の数を増やす（遺伝子あたりの選択圧を弱め、遺伝的浮動の影響を大きくする）と、迅速な進化による絶滅回避が起こりにくくなる（Fig 6.4 灰）
- 導入個体数を増やすと、High predation の対立遺伝子が含まれる場合の定着可能性増加（Fig 6.4 黒）

6.5 Conditions that Favor Rapid Evolution

迅速な進化の例（Table 6.4）

- **Parapatric colonization**（事例多い）
元の生息範囲の中に、新たな環境が出現する場合。
新たな環境のパッチで生物相が減少するが、周囲の個体群からの移入の機会が生じる
- **Allopatric colonization**（例：グッピー、カリブ海のアノール）
種が地理的障壁を越えて、新たな環境に侵入する場合。
- **Allopatric environmental change**（例：ダーウィンフィンチ）
孤立個体群が、地球環境の変化にさらされる場合。

この3つのカテゴリーでは絶滅の危険性が大きく異なる。

PC：潜在的加入者数大、繰り返しの侵入機会。ソース個体群は絶滅の危険にさらされない。

AC&AEC：個体群が分断・孤立している場合で、局所個体群の絶滅の危機にさらされる。

→保全上問題になるのは後者。進化が成功するのはむしろ特殊な状況。

6.6 Concluding Comments

化石記録で見られるより、ずっと短い時間スケールで適応進化がおこるのは実証されているが、環境変化に直面しても種が耐えられるといった間違った信頼を与えるかもしれない。絶滅の危機に瀕している生物がおかれている状況においては、急速な進化は特殊な事例だろう。

管理への提言

- 個体群サイズが小さくなってしまふほど環境が変化してからでは、適応反応もおきにくいので、先を見据えた行動をすべき
- 再生した生息地への再導入には、生活史の適応を考慮すべき。十分に導入個体数が多ければ、迅速な適応により、絶滅の危険を回避できるかもしれない。
- 本章で紹介したタイプの迅速な適応を、促進または遅延させる遺伝メカニズムを探索する