

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす
生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化



椿 宜高
京都大学生態学研究センター



生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす
生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

オスとメスの役割 アオアズマヤドリ

オーストラリア東部に生息。約8ヶ月の繁殖期
オスは交尾のための「あずまや」を作ってメスを誘惑し、メスは単独で巣作りと子育てを行う。



生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす
生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

オスとメスの役割の進化

アズマヤドリ
オスは「あずまや」を作るが、メスは作らない。なぜか？
(1) 「あずまや」作りの起原はどこにあるのか？
(2) 「あずまや」作りの行動は何のためか？

この理由を説明する研究アプローチ
(1) へのアプローチ
mtDNAなどの解析によって系統樹をつくり、「あずまや」の進化との対応を追ってみる
(2) へのアプローチ
立派な「あずまや」を苦勞して作って、オスにどんな利益が？ いっぽう、メスにはどんな利益が？

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす
生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

アプローチ1

アズマヤドリには20種が知られている



生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす
生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

アプローチ1

作る「あずまや」もさまざま



Vogelkop Bowerbird *Amphispiza inornatus* (Fakak)

Vogelkop Bowerbird *Amphispiza inornatus* (Fakak)

Great Bowerbird *(Chlamydera nuchastis)*

Tooth-billed Bowerbird *Scopopetes dentirostris*

Satin Bowerbird *Ptilonorhynchus violaceus*

Regent Bowerbird *Sericulus chrysocephalus*

Spotted Bowerbird *Chlamydera maculata*

Archbold's bowerbird *Archboldia papuensis*

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす
生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

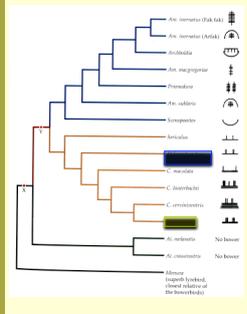
精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

アプローチ1

系統樹との対応から分かること



(1) あずまや作り行動はXで1回だけ進化した。

(2) あずまやの形はVで2種類に分かれた。

(3) 新しい系統ほど複雑なあずまやをつくる。

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動がもたらす生物多様性と進化

アプローチ2

アズマヤドリの交尾回数から見えること

- オスとメスの役割
- ダーウィンの性淘汰論
- オスの競争
- 精子競争
- メスの選択
- オスの論理/メスの論理

●ほとんどのメスは繁殖シーズン中1回だけ交尾する。

●メスの交尾相手はモテるオスに集中する。

●メスにモテるオスの「あずまや」は、大きい、枝の並べ方が美しい、顔丈、左右対称、「かざり」の数が多い。

メスの交尾回数

オスの交尾回数順位

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動がもたらす生物多様性と進化

アプローチ2

オスが「あずまや」を作る意味は？

1年のうち8ヶ月もの期間、オスはメスへのディスプレイの場である「あずまや」を他のオスの妨害から守る。そして、オスは隙あらば互いに隣りのあずまやを壊し、「かざり」を盗みあいながら「あずまや」を修理し続ける。

●そこまでしてメスの機嫌をとる理由は何か？

- “オスの自己宣伝”仮説:
- オスの主張: 立派な「あずまや」を作るオスは
- *健康なオス、*頭の良さ、*場所獲得の能力などを誇示

●なぜメスは「あずまや」をオス選びに使うのか？

- 病気でないオス: 自分が病気になる危険が少ない。
- 餌獲得のうまいオス: 脳の発達がよかった。
- 父親が優れていれば、優れた子が生まれる可能性が高い。

オスは競争する性、メスは選ぶ性

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動がもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

●ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

メスの交尾回数が少ない最大の理由は卵と精子(配偶子)の生産速度の差

メスが生涯で作れる卵数はせいぜい 200-300

オスが1回の射精で使う精子数は 300,000,000

オス1匹が生涯で作る精子数は世界中のメスが作る卵数よりも多い

ヒトの卵と精子

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動がもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

●ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

オスは常に交尾可能、メスは限られた期間だけ受精可能

●オスはメスとの出会い場所で、交尾相手になるメスを探し続ける。

●メスは、出会い場所には短時間しか出現しない。

出会い場所での性比はオスに偏る

その結果として
オスの間には競争が起こり、
メスにはオスを選ぶ機会がうまれる

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動がもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

●ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

子にかかる手間や時間は卵や精子を生産する時だけではない

子への給餌や保護、教育
哺乳類では胎児への栄養供給、授乳など

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動がもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

●ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

性淘汰説の構造

Triversによる再整理

繁殖成功は交尾相手の数による 繁殖成功は交尾相手の質による

交尾相手をめぐる競争 交尾相手の選択

偏った性比

高い性的活動性 低い性的活動性

大きな繁殖速度 小さな繁殖速度

小さな投資量/配偶子 大きな投資量/配偶子

子への投資

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

- ダーウィンの性淘汰論
- オスの競争
- 精子競争
- メスの選択
- オスの論理/メスの論理

性淘汰説をどう検証するか

子への投資量の違いによって、普通、オスは競争する性、メスは選ぶ性になる

普通でない (=性の役割が逆転している) 生物にも同じ論理があてはまるか？

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

- ダーウィンの性淘汰論
- オスの競争
- 精子競争
- メスの選択
- オスの論理/メスの論理

オス・メスの役割逆転が知られている例

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

- ダーウィンの性淘汰論
- オスの競争
- 精子競争
- メスの選択
- オスの論理/メスの論理

メスが競争し、オスが選択する場合

オス・メスの役割の逆転

性淘汰説が正しければ、オスメスの逆転がみられる種ではオスの投資量がメスより大ききはず。

投資量の逆転は、以下の現象と関連していることが多い。

- (1) オスが子育てをする
- (2) 交尾のときにオスがメスに贈り物をする
- (3) 繁殖速度がメスより小さくなっている
- (4) 性比がメスに偏っている

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

- ダーウィンの性淘汰論
- オスの競争
- 精子競争
- メスの選択
- オスの論理/メスの論理

系統による制約もあるが、性の役割転換は双方向

複雑な子袋と役割逆転は対応しない

— 通常の性役割
— 逆転した性役割

Phylogenetic relationship between the males and the role reversal in the evolution of male parental care (14-17132)

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

- ダーウィンの性淘汰論
- オスの競争
- 精子競争
- メスの選択
- オスの論理/メスの論理

モルモンクリケットの場合

- 交尾の際、オスは巨大な精包をメスに渡す
- オスの体重の25%
- メスは交尾後精包を食べる
- 大部分のオスは生涯で1回しか交尾できない。
- メスは数回産卵し、その度に別のオスと交尾し、精包を受け取る
- オスは交尾の準備ができると鳴き、メスは争って交尾をしようとする
- オスは重い(産卵数が多い)メスを選ぶ

Gwynne 1981

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

- ダーウィンの性淘汰論
- オスの競争
- 精子競争
- メスの選択
- オスの論理/メスの論理

オスメスの役割が可塑的な場合も

- カンガルーポー花粉食のキリギリス
- 花粉生産性によってオスメスの役割が変わる

	オスメスの出会いの内訳			
	鳴いている雄数	メスの交尾頻度	オスによるメス選択	メス間の競争
花粉貧乏: オスの精包生産が遅い	0.4	1.3	0.4	0.2
花粉豊富: オスの精包生産が速い	6.6	0.7	<0.1	0.0

Gwynne & Simmons 1990

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動もたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

しかし、多くの場合はオスがメスをめぐって競争する

メスの獲得競争に勝つための形質

- 武器
- メスに好まれる色や形
- 発音
- フェロモン

オスの競争能力には大きな差がある

オオクワガタ

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動もたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

オスの競争は社会的な序列をつくる

競争の結果、オスに生じる優位個体と劣位個体
その社会形態は「順位」や「縄ばり」

ハイイロアザラシ

☆優位オスは陸近くでハーレムを作る
★劣位個体は泳いでいるメスを探して交尾

ガラバゴスのウミイグアナ

密なコロニーを作る。
オスは大型から小型まで (優劣関係)
☆小型オスがメスにマウントして交尾しようとする、大型オスはダッシュして払いのける。

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動もたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

サバンナヒヒの順位と連れ添うメス数

優位雄は多くのメスと接触する

しかし、優位雄はメスを完全にコントロールできる訳ではない

Alberts et al. 2003

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動もたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

劣位オスの戦略

ハッチョウトンボの縄ばり制

オニヤンマとのサイズ比べ

オスとメス

金城学院大学キャンパス内の大森温泉での観察から (Tsubaki & Oho 1982)

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動もたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

観察の方法

- 温泉内の7つのプール周辺で個体識別のマーキング
- 6月から8月にかけて天気が許せば毎日センサス
- 温泉内の7つのプールのうちの1つで詳しく観察
 - 全個体を徹底的にマーキング
 - 縄ばり争い、交尾、産卵をすべて記録

金城学院大学内の大森温泉の一部

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動もたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

観察場所への出席表 (オス)
縄張りをもてるのは日齢による

ハッチョウトンボのオスの観察場所への出席表。ローンは縄ばりの記号。肩数字は個体番号

●:縄ばり ▲:非縄ばり △:活動せず ☆:未成熟 ○:空の縄ばり ? :未調査日

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

好まれる場所には大型オスが、しかし、縄張りオスと非縄張りオスは差がない

図5 縄張りサイズと順位との関係は非縄張りオスと縄張りオスとの間で異なる。縄張りオスは縄張りサイズと順位との間に負の相関を示す。非縄張りオスは縄張りサイズと順位との間に相関を示さない。

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

オスの交尾成功率

縄張りランク (縄張り地位)	縄張りオスがいた日数	メスの交尾相手		合計
		縄張りオス (1日あたり)	非縄張りオス	
1 (★)	10	52 (5.2)	6	58
2 (★)	10	41 (4.1)	6	47
3 (†)	9	7 (0.8)	2	9
4 (†)	9	21 (2.3)	2	23
5 (★)	9	6 (0.7)	0	6
6 (†)	8	5 (0.6)	0	5
7 (★)	2	0 (0.0)	0	0
8 (★)	6	10 (1.7)	1	11
9 (★)	0	— (—)	—	—
10 (†)	1	1 (1.0)	0	1
11 (†)	1	0 (0.0)	0	0
12 (★)	1	0 (0.0)	0	0
13 (★)	1	0 (0.0)	0	0
合計	67	143 (2.1)	17	160

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

ハッチョウトンボの縄張り社会

1. 優位/劣位は相対的な力関係でできる。
2. オスは未成熟期に力を蓄え、成熟後その力はピークに達し、また、だんだん衰えてくる。
3. 大きなオスは質の高い(メスと交尾できる可能性が高い)縄ばり者、力のある若い時にだけ持つ。
4. それ以外の時は、非縄ばり者となるか、低いランクの縄ばり者を持つ。
5. 小さいオスは一生涯、非縄ばり者となるか、低いランクの縄ばり者を持つ。
6. 縄ばり者を持つかどうかの選択ではなく、「よい縄ばり者」か、「非縄ばり者」かの選択が重要
7. すべてのオスは「自分の置かれた社会的状況で、最善の戦略を採用している」と解釈できる。

条件依存の代替繁殖戦略

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

条件依存の代替繁殖戦略の特性

- オスの年齢やサイズによって変化する代替繁殖戦略
- 2つの繁殖行動に遺伝的な違いはない
- 優位個体の繁殖成功率は劣位個体よりも大きい、進化は起きない
- 疑問：ほんとにそうか？体サイズに遺伝変異があれば、オスはどんどん大きくなるか？
- →大きなオスが不利になるような淘汰が働いているに違いない。

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

固定的な代替繁殖戦略

繁殖戦略が遺伝的に固定している場合がある

卵を受精させる成功率

オス色型大型オス > メス色型オス > オス色型小型オス

ブルーギル

- オス色型オス
- 大型オスは縄ばり
- 小型オスはスニーク
- メス色型オス
- メスに擬態してペア間に忍び込む
- メス

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割

ダーウィンの性淘汰論

オスの競争

精子競争

メスの選択

オスの論理/メスの論理

固定的な代替繁殖戦略

非繁殖期のエリマキシギ

縄ばりオス

非縄ばりオス

アマゴとサツキマス

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オオカワトンボ 固定的な代替繁殖戦略

オスとメスの役割
ダーウィンの性淘汰論
オスの競争
精子競争
メスの選択
オスの論理/メスの論理

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

固定した代替戦略が存続し得るのは両戦略が等しい適応度を持つとき

オスとメスの役割
ダーウィンの性淘汰論
オスの競争
精子競争
メスの選択
オスの論理/メスの論理

- ・ 生息地の空間的不均一性
 - ・ 生存率：ある場所では遺伝子型A、別の場所では遺伝子型Bが生き残りやすい。
 - ・ 成虫の生殖活動：遺伝子型A、Bの成虫は空間的に混じって活動する。
- ・ 頻度逆依存淘汰
 - ・ 二つの表現型（遺伝的ベースをもつ）が集団内に存在していて、頻度の少ないほうの増加率が大きい。

ともに野生集団内の遺伝変異が維持されている重要な機構だと言われているが、実証した例はほとんどない。

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オオカワトンボ 両タイプの繁殖成功度を比較する

オスとメスの役割
ダーウィンの性淘汰論
オスの競争
精子競争
メスの選択
オスの論理/メスの論理

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オオカワトンボの行動 わかっていること

オスとメスの役割
ダーウィンの性淘汰論
オスの競争
精子競争
メスの選択
オスの論理/メスの論理

1. メスは溪流の抽水植物、滞れた落枝に産卵
2. メスは産卵のため、2-3日に1回水域に飛来
3. オスに遺伝的な2型（オレンジ翅型と透明翅型）
4. オレンジ翅型オスは縄張り、透明翅型オスは非縄張り。メスは透明翅の単型。
5. オレンジ翅型オスは密度が高いと、縄張りをもてないオスが増える。
6. 透明の行動（スニーキング）はオレンジ/透明翅両オスの密度に影響される。

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オオカワトンボの生殖生理 わかっていること

オスとメスの役割
ダーウィンの性淘汰論
オスの競争
精子競争
メスの選択
オスの論理/メスの論理

1. メスは1回の交尾で生涯の産卵に十分な精子を得る。精子貯蔵器官をもつ。
2. 他の昆虫と同様、卵の受精は産下直前におきる。
3. 交尾のつど、オスはメスの精子貯蔵器官から精子を除去し、自分の精子と入れ替える。
4. 卵の受精には最後に交尾したオスの精子がおもに使われる。
5. メスの産卵時間は産卵数を反映する。

生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

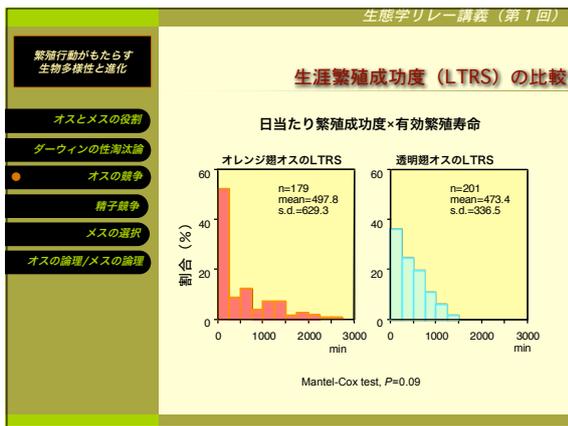
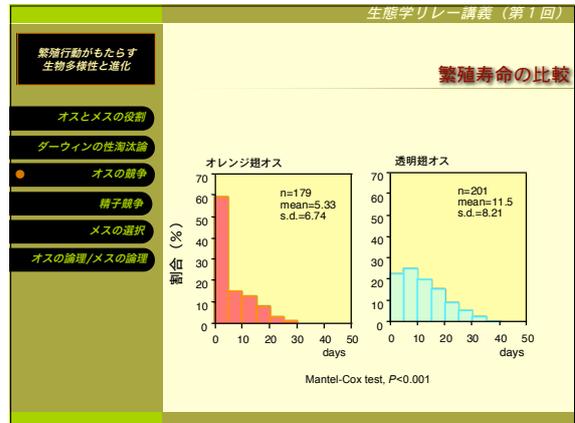
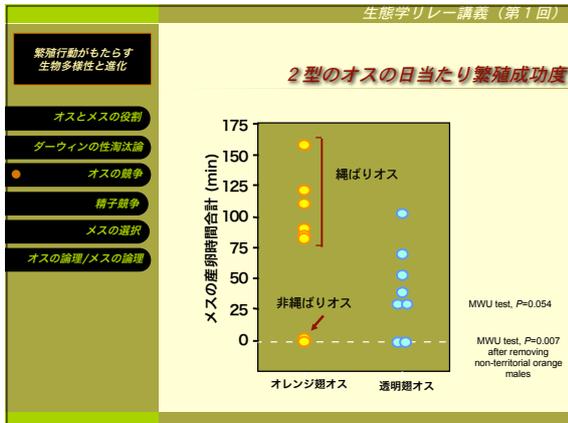
何を観察すればよいか

オスとメスの役割
ダーウィンの性淘汰論
オスの競争
精子競争
メスの選択
オスの論理/メスの論理

1. 各オスの日当たり交尾回数
2. 交尾後のメスの産卵数（産卵時間）
3. 各オスの繁殖寿命の長さ

生涯繁殖成功度 = (1) × (2) × (3)

生涯の繁殖成功度に差がなければ、頻度逆依存淘汰によって多型が維持されていると結論できる。



生態学リレー講義 (第1回)

繁殖行動をもたらす生物多様性と進化

オスとメスの役割
ダーウィンの性淘汰論
オスの競争
精子競争
メスの選択
オスの論理/メスの論理

結論

- ・ オレンジ翅オス：
1日あたりの繁殖成功率が大きいが、有効繁殖寿命が短い。
- ・ 透明翅オス：
1日あたりの繁殖成功率は小さいが、有効繁殖寿命が長い。

そのため、生涯の繁殖成功率はほぼ等しくなる

太く短い生涯 vs 細く長い生涯

- 生態学リレー講義 (第1回)
- 繁殖行動をもたらす生物多様性と進化
- オスとメスの役割
ダーウィンの性淘汰論
オスの競争
精子競争
メスの選択
オスの論理/メスの論理
- ### オス間競争のまとめ
1. オス間の競争によって、優位個体と劣位個体が生じる。
 2. オスの優劣関係は順位制や縄張り制の社会に発展することがある。
 3. 低順位オスや非縄張りオスは繁殖からはじき出された個体とは限らない。それなりの繁殖戦略をもち、ある程度は成功していることがある。
 4. 一見劣位オスのように見える「非縄張りオス」が、遺伝的に固定した繁殖戦略であることもあり、その場合、繁殖成功率は同等。