

生態化学量論にもとづく 摂餌戦略と食物網の進化

○加藤聡史*、占部城太郎、河田雅圭
(東北大院・生命科学)

kato@momo.biology.tohoku.ac.jp

1. 背景と目的

生態化学量論とは...

Ecological Stoichiometry

「生態学的」な相互作用における

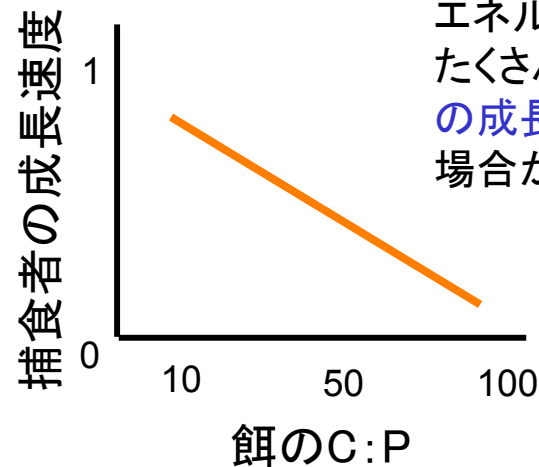
●複数の化学物質(元素 etc.)

あるいは

●エネルギーと物質

のバランスに着目するコンセプト

資源同士の適正な バランスが重要



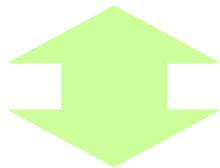
エネルギー(炭素)だけが
たくさんあっても、捕食者
の成長は悪くなってしま
う場合がある

Sterner & Elser (2003)より改変

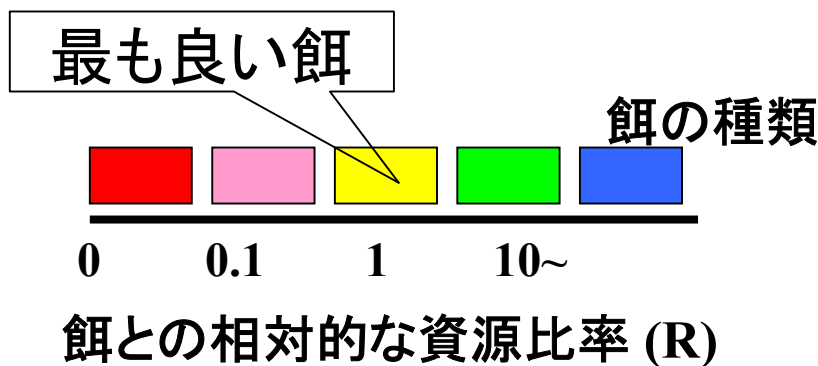
化学量論を考慮したモデルを用いて、捕食者の
摂餌戦略の進化と食物網構造への影響を調べた

2. 着眼点とアイデア

古典的摂餌理論では**最適の餌 = 最大エネルギー**



餌の量と資源(栄養)バランスを考えた摂餌競争
最適の餌 = 自分によく似た餌?



$$R = \frac{\text{餌の資源バランス}(C:P)}{\text{自分の資源バランス}(C:P)}$$

しかし最適バランスの餌を常に利用できるとは限らない

3. 化学量論的摂餌選択モデル

全体の流れ

N世代目の集団



餌の選択・摂餌 (繰り返し)

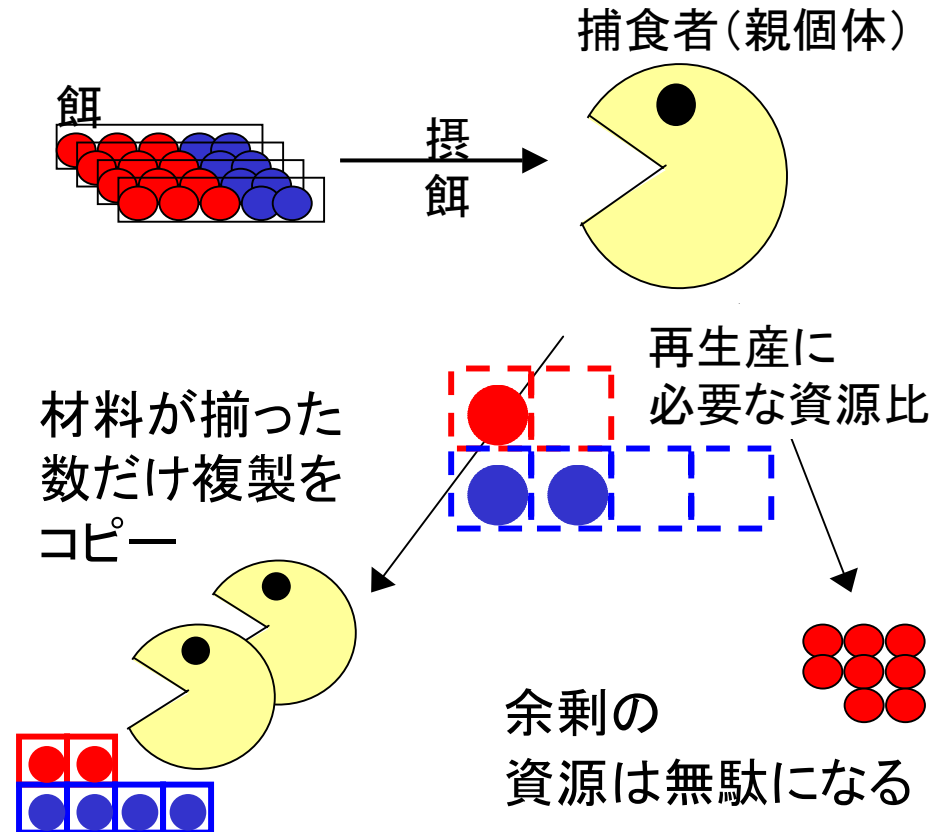


交配・個体複製
(突然変異)



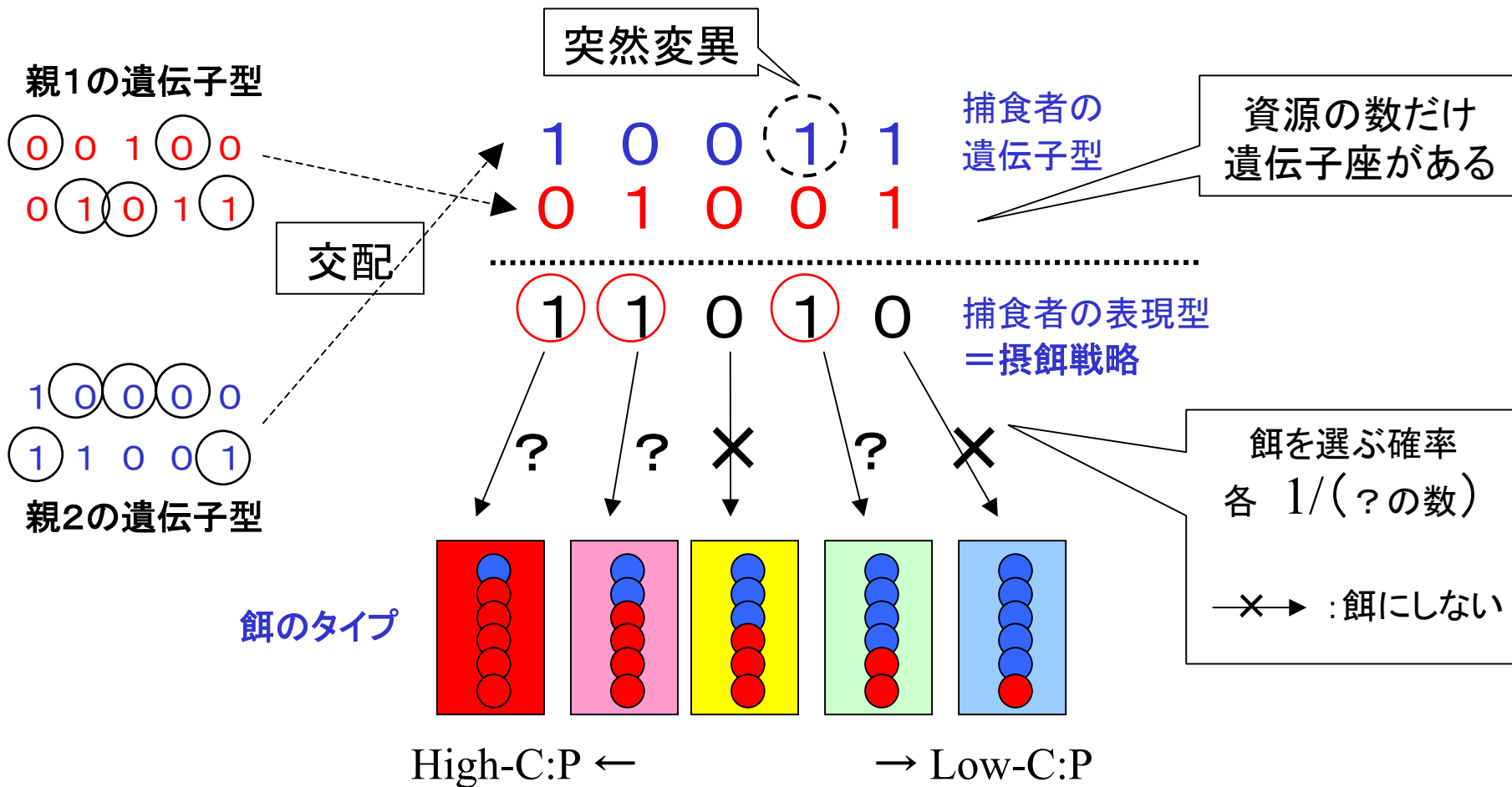
N+1世代目の集団

捕食者の適応度は餌との
化学量論で決まる



4. 個体の遺伝と摂餌選択

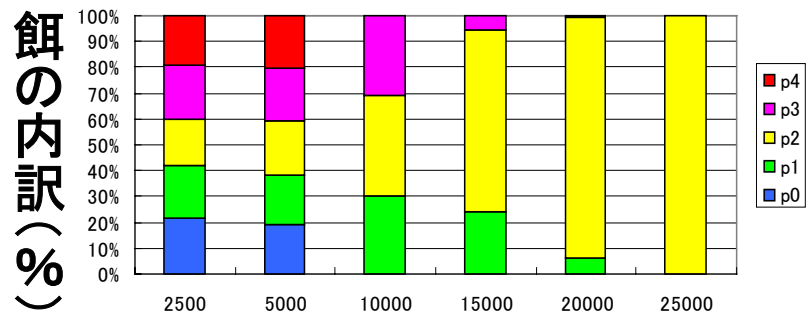
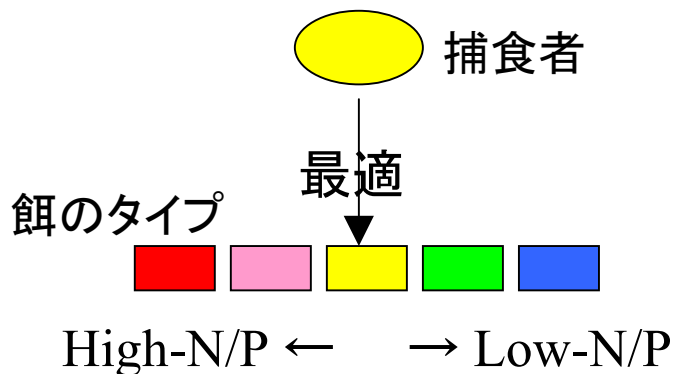
各個体の摂餌戦略は遺伝子型から決まる
 各餌について利用する(1・優性) / 利用できない(0・劣性) ⇒ 表現型



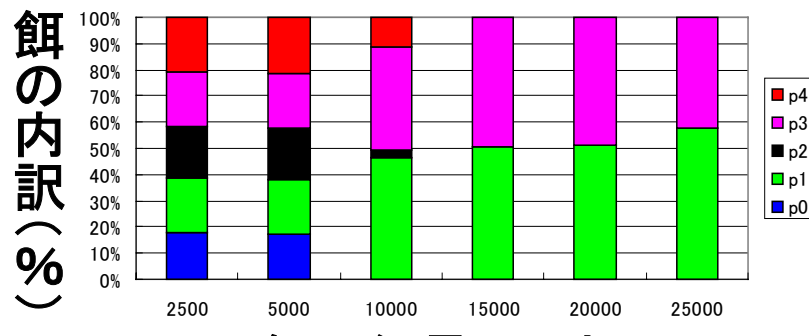
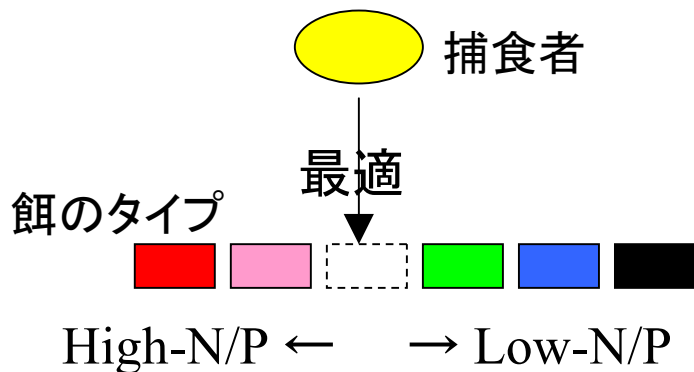
5. 種内競争モデルの結果

⇒ 餌が十分にあれば最適な餌の食べ方になる

最適バランスの餌がある ⇒ 最適な餌だけを食べる



最適バランスの餌がない ⇒ 最適な組合せで食べる

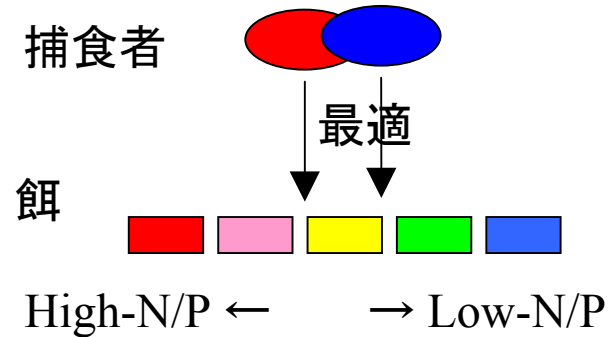


6-1. 競争の効果と共存パターン

generalist (的) な摂餌戦略が進化する

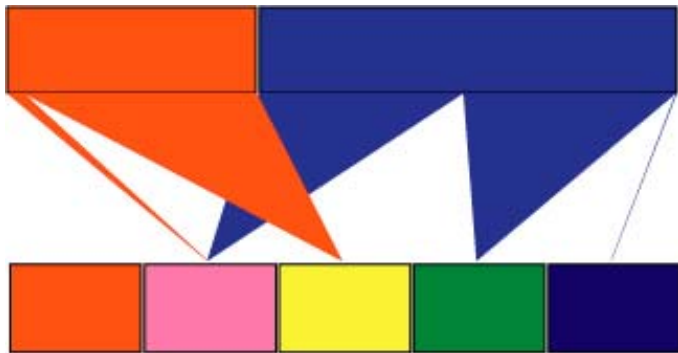
条件:

ニッチの近い競争相手が存在する



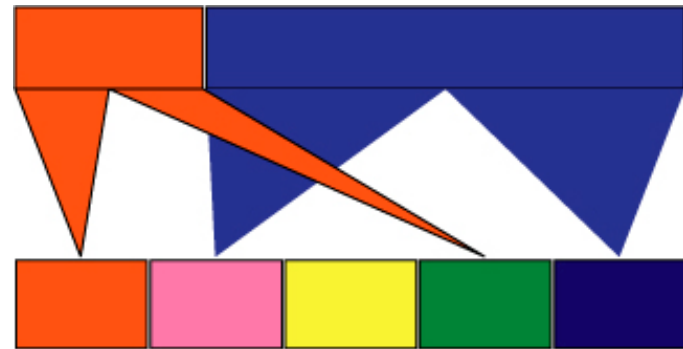
共存パターン1:

スペシャリスト+組合せ型



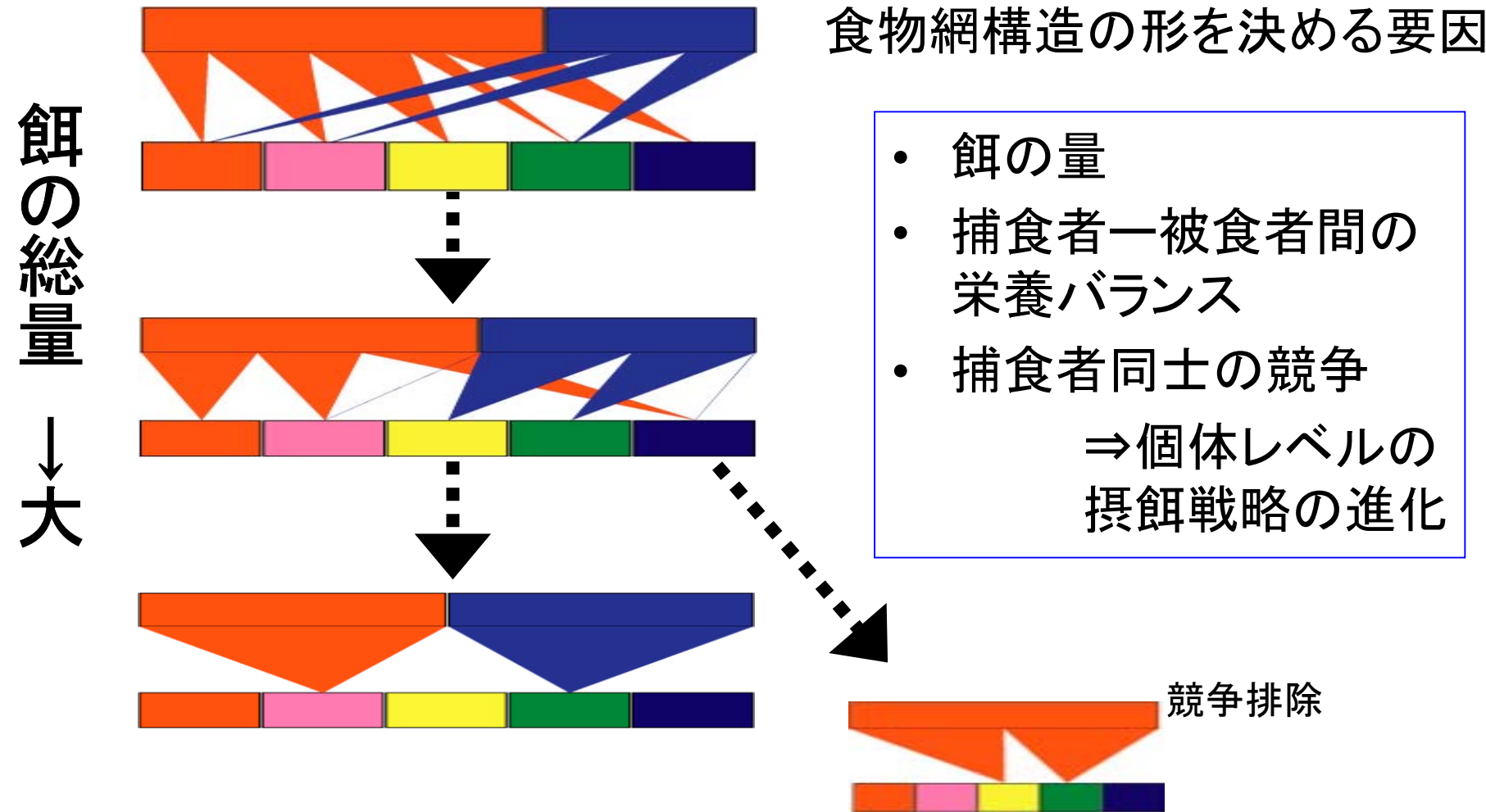
共存パターン2:

組合せ型+組合せ型



6-2. 競争の効果と食物網構造

⇒ 餌量が増えると食物網構造はシンプルになる？



7. まとめ

- 組合せによる最適摂餌戦略が進化する
 - 混合食によってgeneralistが進化できる可能性
- 摂餌戦略の進化が食物網構造の形を決める
 - 生産性⇒食物網の複雑性...??

8. 今後の発展

- 捕食一被食系のダイナミクス（無段階の栄養構造⇒食物網）
- 競争回数の効果（ハビタット選択～時間的学習）
- 発生ステージによる捕食者の栄養塩バランスの経時変化
- 離散的なスイッチング ⇒ 摂餌努力量への拡張
- 要求バランスの進化 ⇒ 種分化モデル...?

Appendix 1: 餌獲得と適応度

捕食者の繁殖成功

$$F_j = r \cdot M_j$$

- F_j : 捕食者個体の次世代コピー数
 r : 捕食者個体の成長効率(代謝ロス)
 M_j : 捕食者個体の適応度

捕食者が獲得した資源Rの総量

$$D_{R,j} = \sum_{t=1}^T h_j \cdot E_{i(j,t),j,t} \cdot R_i$$

- $E_{i(j,t),j,t}$: 選択した餌*i*が獲得できたかどうか
 R_i : 選択した餌*I*に含まれる資源量
 h : generalistへのtrade-off (線形)

捕食者の適応度

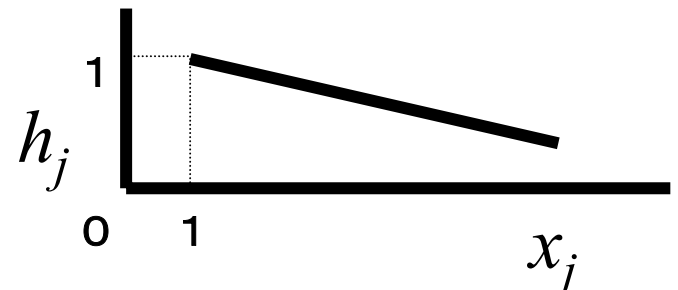
$$M_j = \text{Min} \left(\sum_j^T \frac{D_{N,j}}{C_N}, \sum_j^T \frac{D_{P,j}}{C_P} \right)$$

- $D_{R,j}$: *j*回目の競争で獲得した資源Rの量
 C_R : 1個体の複製に必要な資源R量
 T : 一世代あたりの摂餌回数

generalistに対するtrade-off

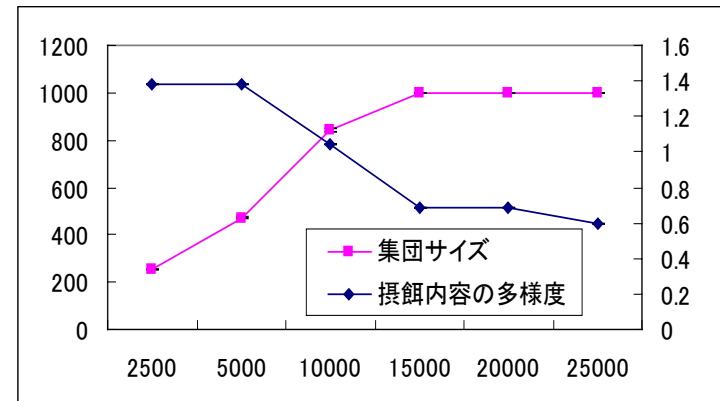
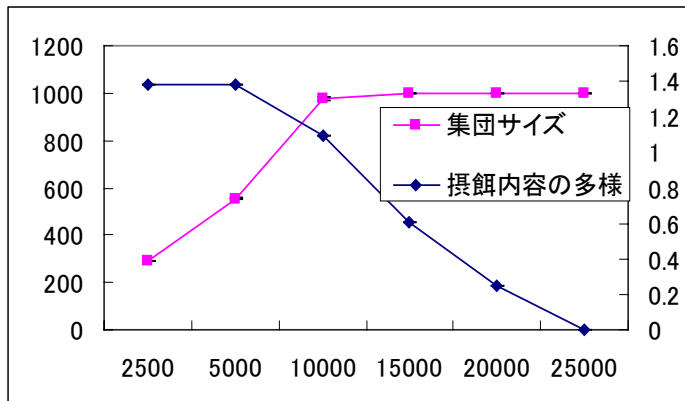
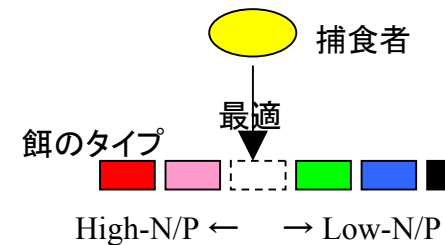
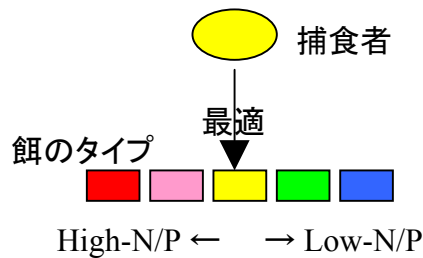
$$h_j = 1 - p \cdot (x_j - 1)$$

- p : 複数の餌を扱うためのコスト
 x : 扱える餌の種類



Appendix 2: 摂餌戦略と環境収容力

捕食者の摂餌内容の多様性は、個体ごとに食べている餌をカウントしてShannon-Wienwer の多様度指数 H' を計算した



Appendix 3: 摂餌選択の定量化

捕食者の摂餌戦略は

遺伝子型 (2)

⇒ 表現型 (10)

⇒ 餌選択の内訳

(摂餌型 × 個体数)

と計算される

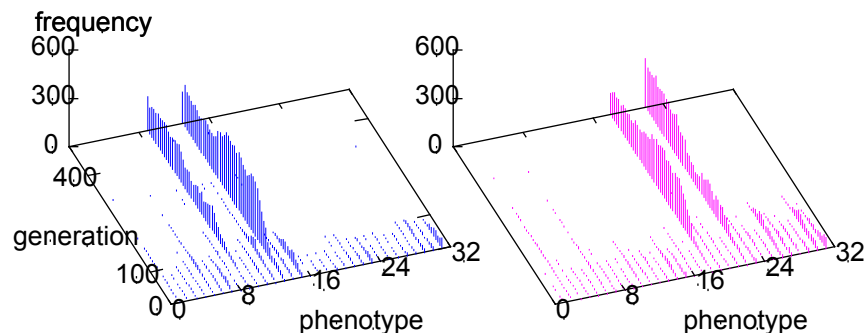
(右図は、餌量による表現型
頻度の時間変化の違い)

捕食者1

捕食者2

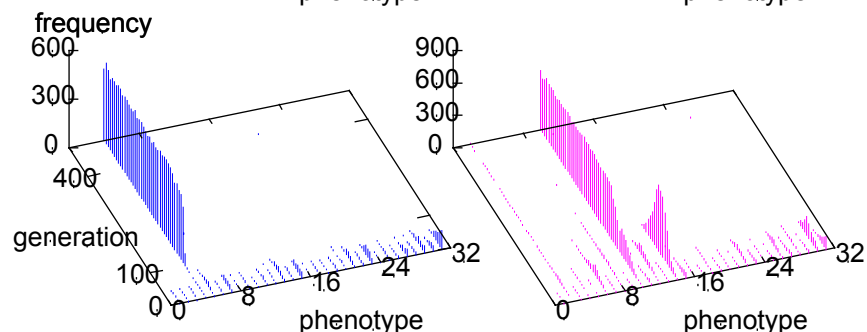
餌量: 小

(N=1000)



餌量: 大

(N=5000)



餌量: 大

(競争排除)

