

固着性海洋生物における 体サイズ依存の資源分配と性表現

山口幸^a、遊佐陽一^b、高橋智^a

^a奈良女大院・人間文化、^b奈良女大・理



固着性海洋生物とは

- フジツボや寄生性二枚貝など
- 性表現
 - 同時的雌雄同体
 - 雄性先熟的雌雄同体
 - 雌雄同体と雄(矮雄)
 - 雌と雄(矮雄)



研究目的

- 繁殖集団中には、さまざまな体サイズの個体が存在
- 各個体は連続的に体サイズを変化させる



個体の体サイズが連続的に変化する場合の資源分配モデルを作成する

→その結果、どのような性表現が出てくるか？

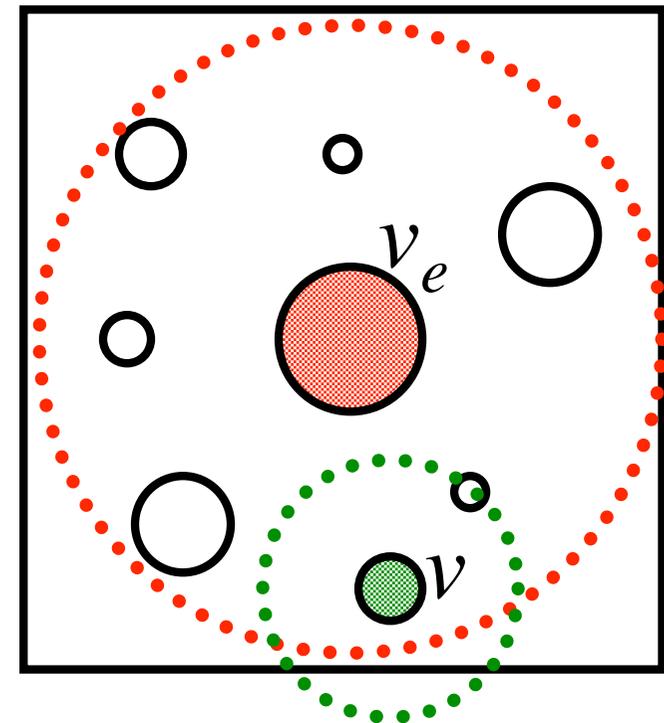
モデルの特徴

- 体サイズ v は連続
- 3つの資源分配方法（戦略）
 - 雄機能・雌機能・成長への資源分配
 - $m(v) + f(v) + g(v) = 1$
- 交配可能個体数 K_e が、体サイズ v によって変化

$$K_e(v) = \min \left[K \left(\frac{v}{v_e} \right)^{\frac{2}{3}}, K \right]$$

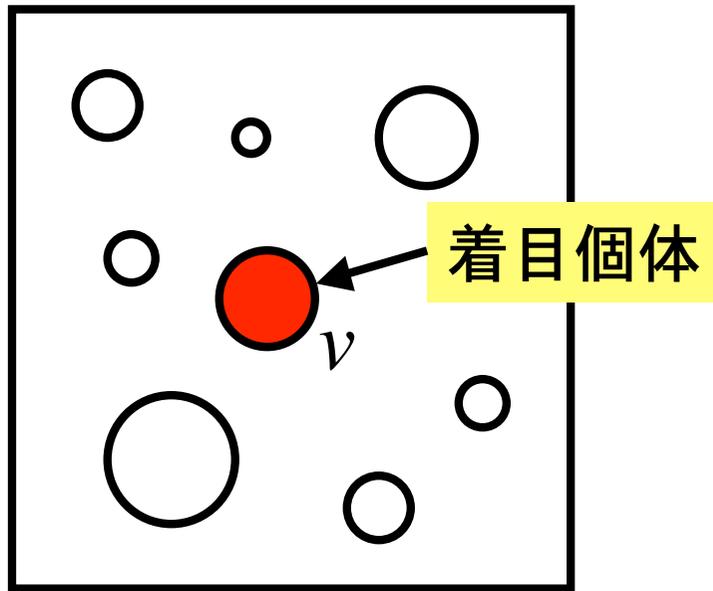
K は繁殖集団から着目個体を除いた個体数

繁殖集団サイズ ($K+1$)



モデルの詳細 (1/3)

着目個体を除く K 個体の
全卵量 F 、全精子量 M



繁殖集団サイズ ($K+1$)

- 着目個体について
 - 体サイズ（体積） v のときに得られる資源量 $r(v)$

$$r(v) = v^{\alpha}$$

α : 資源獲得増加指数

- 成長式

$$\frac{dv}{dt} = g(v)r(v)$$

モデルの詳細 (2/3)

- 着目個体の繁殖成功度

雄機能を通して
$$\phi_m = F/K \times \frac{m(v)r(v)/K_e(v)}{M + m(v)r(v)/K_e(v)} \times K_e(v)$$

雌機能を通して
$$\phi_f = f(v)r(v)(1 - e^{-\int \frac{K_e(s)}{K} n(s) ds})$$

.....
雄役がない確率

- 生涯繁殖成功

$$\Phi = \int_0^{\infty} e^{-\mu t} (\phi_m + \phi_f) dt \quad \mu: \text{死亡率}$$

→ Φ が最大になるような最適戦略 $m^*(v), f^*(v), g^*(v)$ を求める

モデルの詳細 (3/3)

- 体サイズ v で生存している確率を $P(v)$ とする

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP}{dt} &= -\mu P(v) \\ \frac{dv}{dt} &= g(v)r(v) \end{aligned} \right\} \longrightarrow \frac{dP}{dv} = -\frac{\mu}{g(v)r(v)} P(v)$$
$$\therefore P(v) = e^{-\int_{v_{min}}^v \frac{\mu}{g(v)r(v)} dv}$$

- 単位サイズあたりの個体数密度 $n(v) = \frac{\gamma}{g(v)r(v)} P(v) \quad (v < v_c)$
- 臨界体サイズ v_c の個体数期待値 $N(v_c) = \frac{\gamma}{\mu} P(v_c)$

γ : 繁殖集団への新規個体定着率

モデルの結果

- 成長を止める臨界体サイズ v_c が存在して
 - $v < v_c$ のときは、雄機能と成長に資源を分配

$$m^*(v) + g^*(v) = 1 \quad \text{if } v < v_c$$

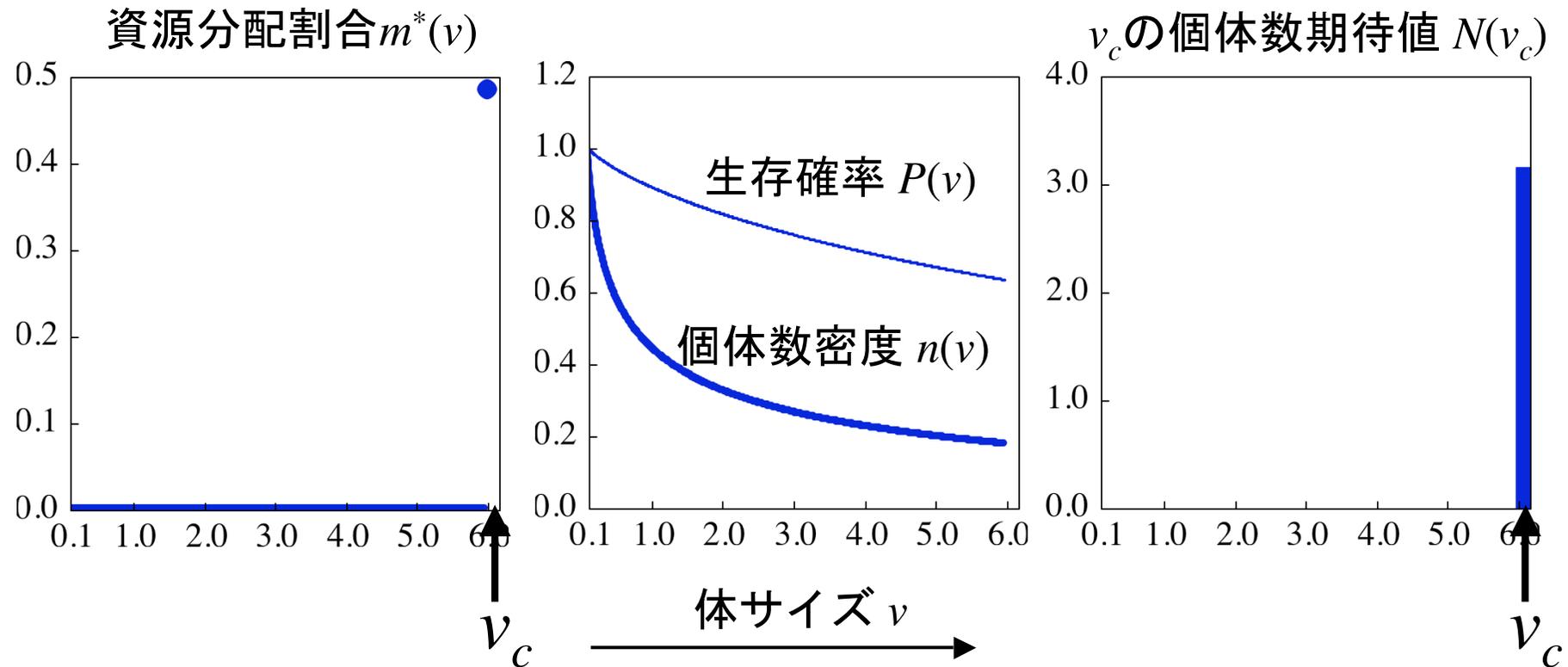
- $v = v_c$ のときは、雄機能と雌機能に資源を分配

$$m^*(v_c) + f^*(v_c) = 1 \quad \text{if } v = v_c$$

→ 成長が止まると、雌機能が出現する

結果 1 - 1

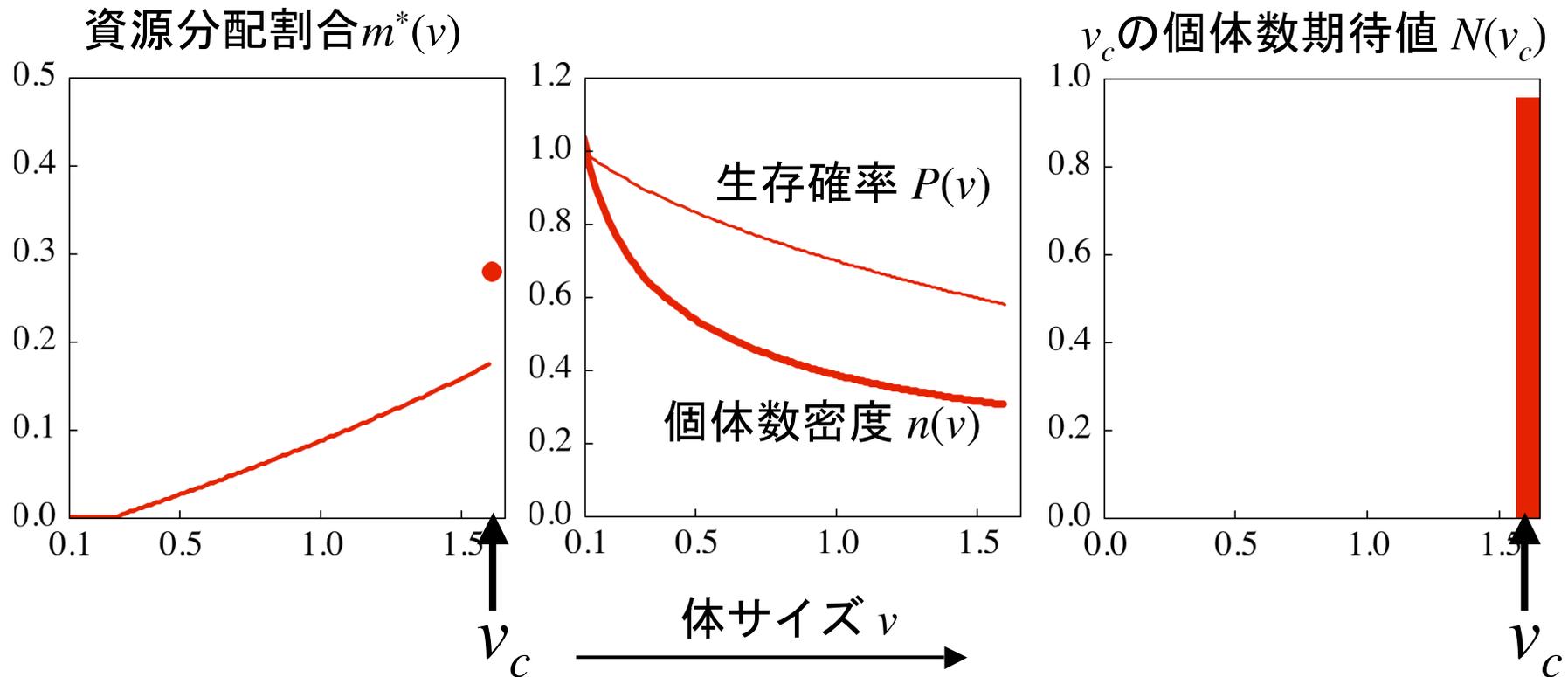
同時的雌雄同体



- $v < v_c$ ならば資源をすべて成長に分配
- $v = v_c$ で雄機能と雌機能におよそ1:1で分配

結果 1 - 2

雄性先熟的雌雄同体

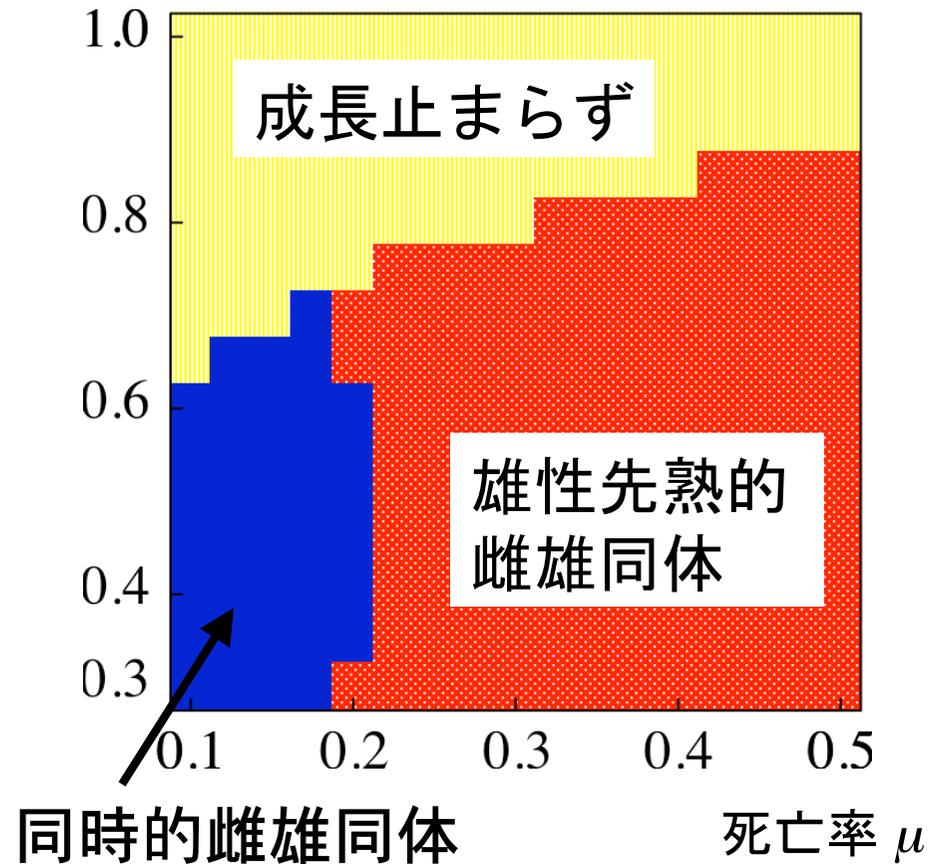


- 成長するにともない、雄機能への分配が増加する

結果 2

2つの性表現の領域分け

体サイズによる資源
獲得増加指数 α



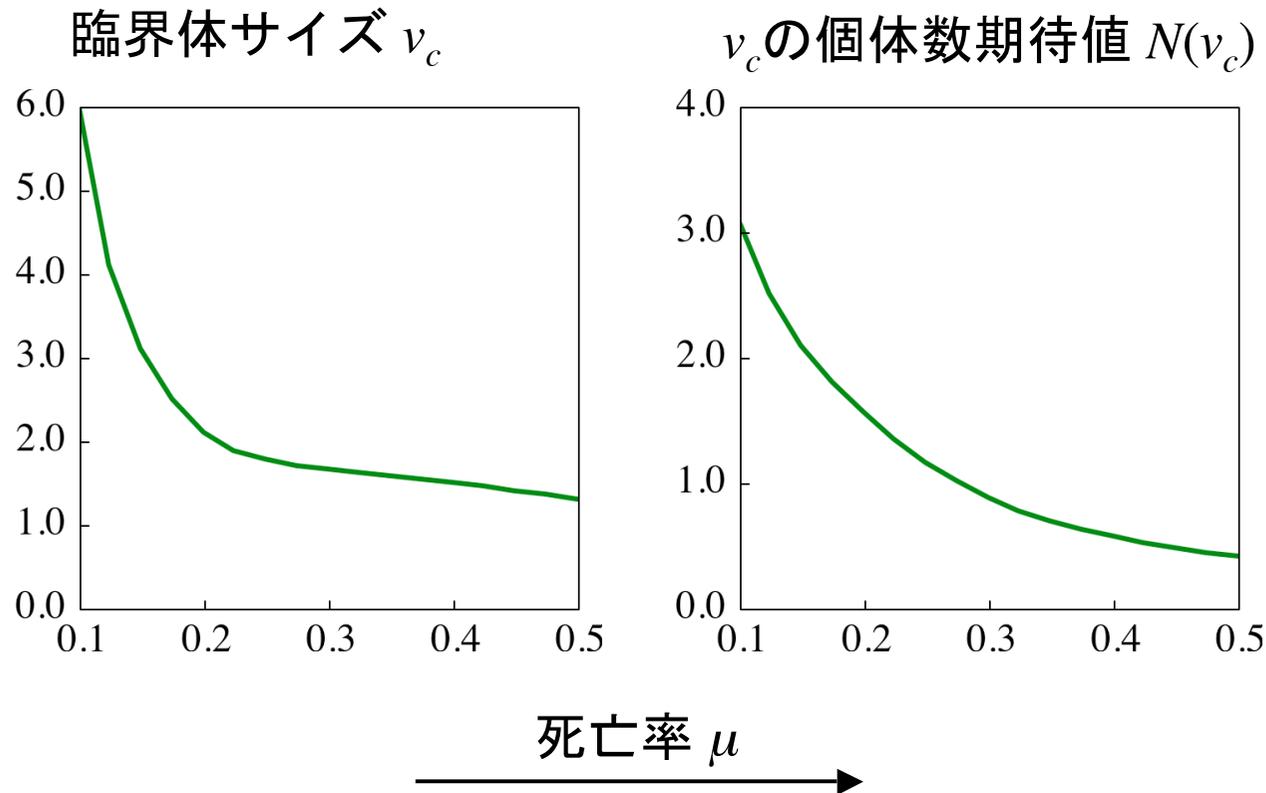
資源量

$$r(v) = v^{\alpha}$$

μ が大きいときに、
雄性先熟的雌雄同体

結果 3 - 1

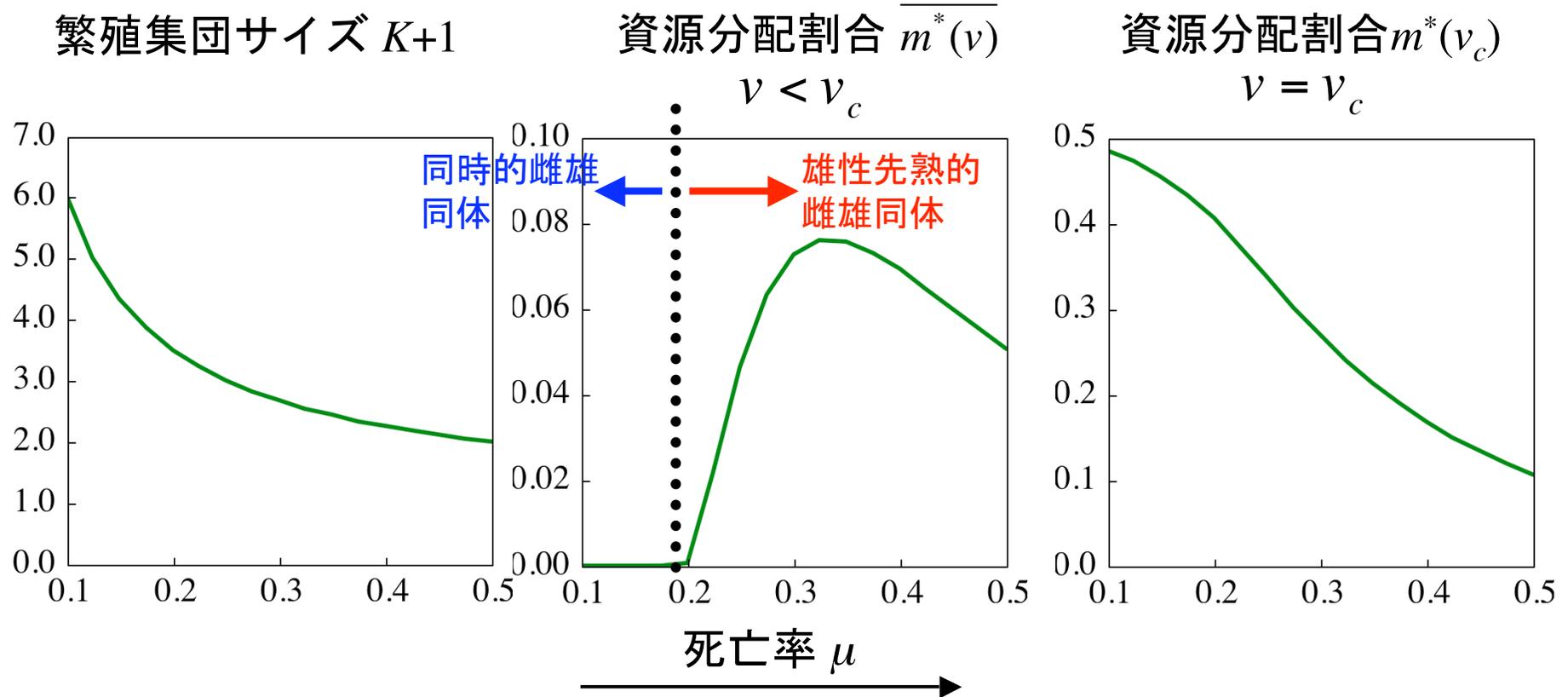
死亡率 μ の影響



- 死亡率が高くなると、 v_c および $N(v_c)$ は減少する

結果 3-2

死亡率 μ の影響



- 死亡率が高くなると、繁殖集団サイズ ($K+1$) と $m^*(v_c)$ は単調減少
- $\overline{m^*(v)}$ は死亡率が0.325までは増加するが、その後減少する

まとめと考察 (1/2)

- 臨界体サイズ v_c が存在して
 - $v < v_c$ で、雄機能と成長に資源を分配する
 - $v = v_c$ で、雄機能と雌機能に資源を分配する
- 死亡率の違いによる2つの性表現

死亡率 μ	性表現
大	雄性先熟的雌雄同体
小	同時的雌雄同体

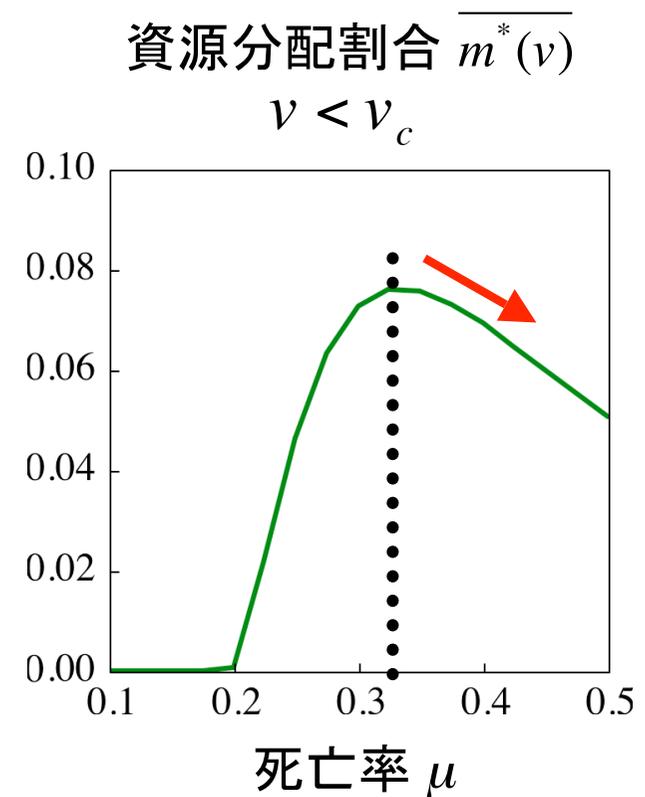
- 死亡率が大きいと、成長を待たずに繁殖にも資源を分配するのが有利

→ 雄性先熟的雌雄同体が出現

まとめと考察 (2/2)

- 死亡率 μ を増やすと、 $v < v_c$ における雄機能資源投資割合の平均値は、一旦増加した後、**減少する**

- なぜ**減少する**のか？
死亡率がある閾値 ($\mu > 0.325$) を超えると、繁殖集団サイズの減少により、雄役としての競争相手がいなくなる



今後の課題

- モデルの多型解を探し、性的二型（大型雌雄同体＋矮雄、大型雌＋矮雄）を含めた性表現を説明する