

数理社会学I

第9回目 血縁淘汰1

2014年6月13日

東工大・文系科目

担当: 中丸麻由子

前期授業スケジュール・予定

回	日にち	講義内容
1	4/11	ガイダンス
2	4/18	進化生態学基礎
3	4/25	進化ゲーム
4	5/2	進化ゲーム
5	5/9	進化ゲーム・採餌行動
6	5/23	採餌行動
7	5/30	性比
8	6/6	性転換・性選択
9	6/13	性選択・血縁淘汰
10	6/20	血縁淘汰
11	6/27	人の性選択・人の血縁淘汰
12	7/4	協力の進化
13	7/11	遺伝と多様性
14	7/18	予備日・テスト範囲説明
15	7/25	テスト日

進化生態学の基本
+人への適用例

参考文献

- 長谷川真理子・他 「行動・生態の進化」 シリーズ
進化6 岩波書店
- 酒井聡樹、高田壮則、近雅博(1999)「生き物の進化
ゲーム」共立出版
- 長谷川寿一、長谷川真理子(2000)「進化と人間行
動」東大出版会
- 巖佐庸(1990)「数理生物学入門」共立出版
- McElreath, R. & Boyd, R. 2007. Mathematical models
of social evolution, Univ of Chicago Press

利他行動(協力行動)

利他行動とは：
自らの適応度を下げても相手の適応度を上げる行動

社会的相互作用：2個体間の場合

		他個体の適応度への影響	
		+	—
自分の適応度への影響	+	相利	利己
	—	利他	嫌がらせ (spite)

利他行動(協力行動)

-血縁淘汰

-非血縁間の協力

互恵的利他行動

--繰り返し囚人のジレンマゲーム

間接的互恵性

--評判、噂の影響

非協力者への罰行動

--利他的罰行動

血縁淘汰

社会性昆虫でのワーカーの存在

真社会性昆虫・・・巣の中で分業

ワーカーは雌、巣の中の大多数

{ 巣の拡張や採餌、幼虫の世話など、女王のための労働
女王の繁殖を手伝うが、自らは繁殖しない



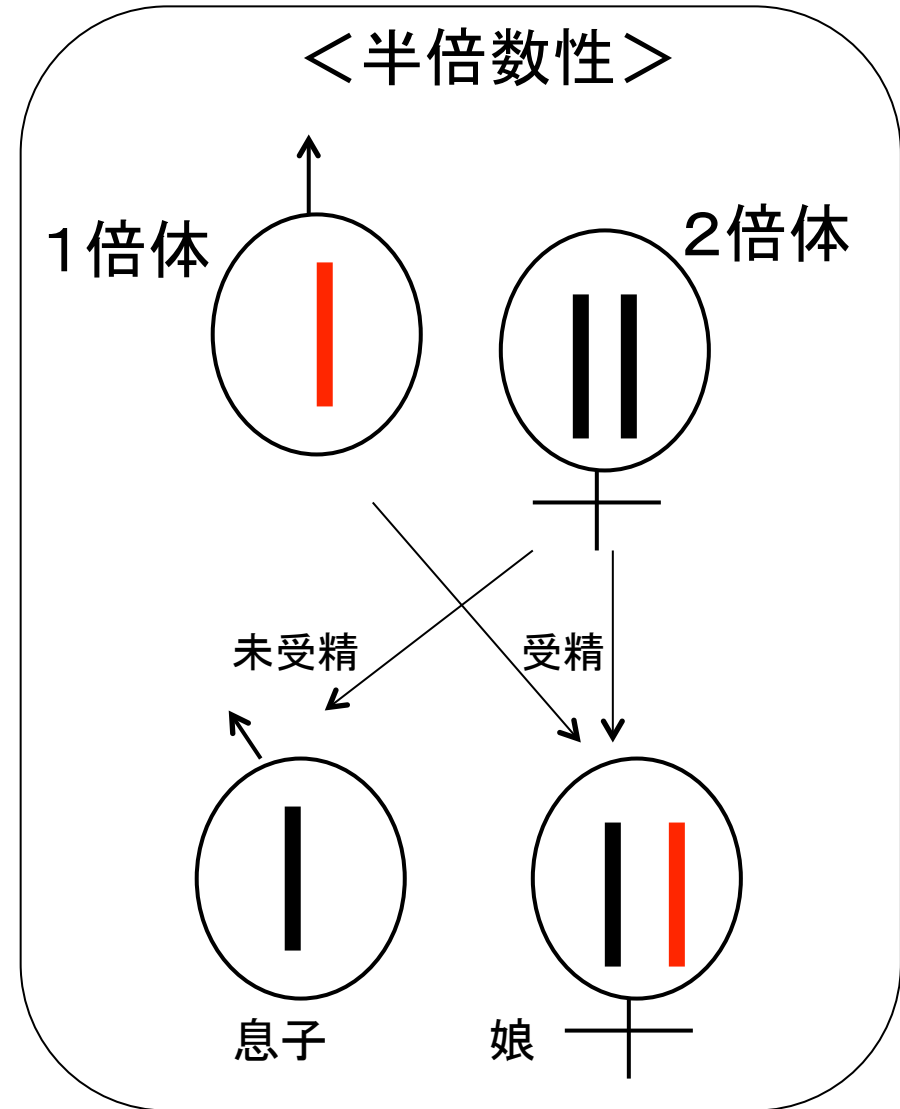
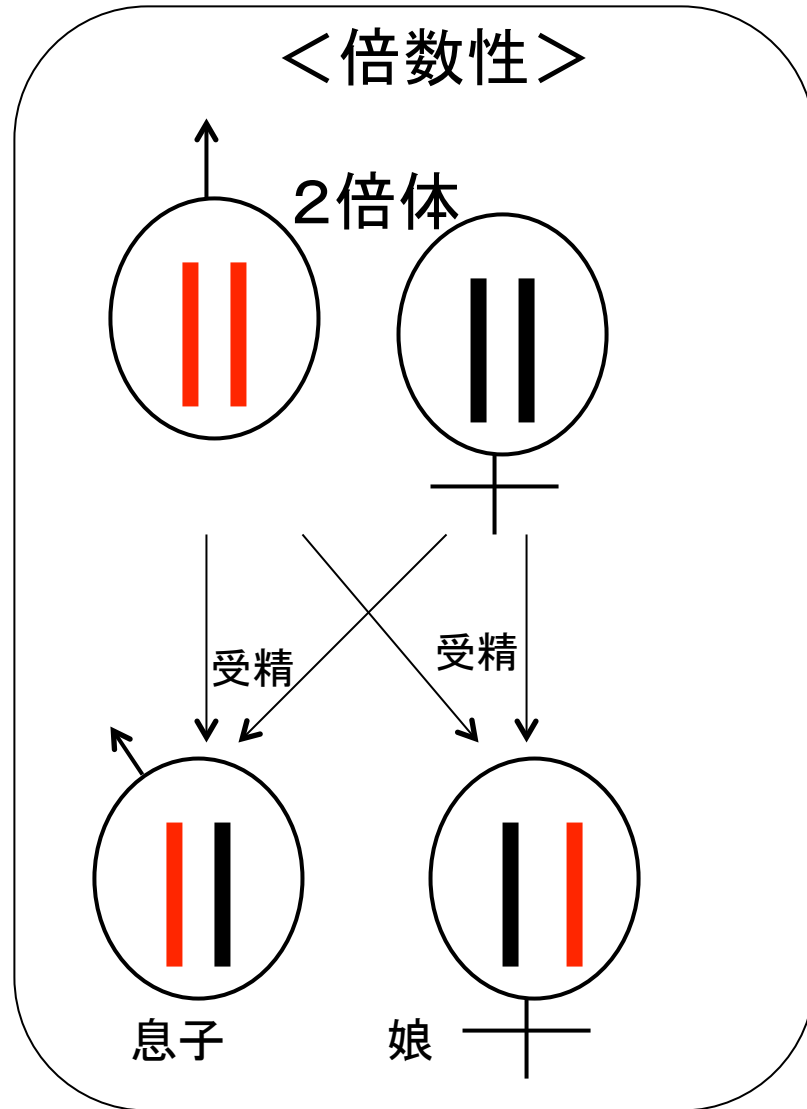
利他行動の典型例

なぜワーカーは存在するのか??



Hamilton, W. D.は半倍数性に着目

倍数性・半倍数性の遺伝システム



包括適応度

A個体からみたB個体の血縁度： r_{AB}

Aの中にある特定の遺伝子の同祖遺伝子（祖先が同じ遺伝子）
をBが持っている確率

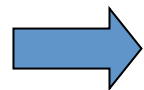
r_{AB} が大：血が似通っている

r_{AB} が小：他人

自分との血縁度が高い個体が子供を生む



間接的に自分の適応度を上げている事になる



包括適応度の考え方

血縁淘汰：血縁者の遺伝的成功を通じて何らかの形質が進化する機構
(kin selection)

包括適応度 inclusive fitness

$$\text{個体Aの包括適応度 } W_{IF} = W_O - \Delta W_A + \sum_B r_{AB} \Delta W_B$$

W_O : Aが他個体と社会的関係が無い時の適応度

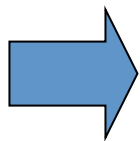
ΔW_A : Aが他個体との社会的行動を通じて失う適応度

ΔW_B : Aが他個体Bと社会的関係を通して得る適応度

r_{AB} : AのBに対する血縁度

2個体間の利他行動の時 $\Delta W_A = c > 0$
 $\Delta W_B = b > 0$ とする。

$W_{IF} > W_O$ の時 (つまり、包括適応度が社会的相互作用
が無い時の適応度よりも大きい時)



$$\frac{b}{c} > \frac{1}{r_{AB}}$$

Hamiltonのルール

血縁度が大きい個体
に対して利他行動は
進化する

血縁度(r)の測り方 1

長谷川・長谷川「進化と人間行動」123ページBox 5より

- 血縁度 r とは、2個体間で同じ祖先に由来する特定の遺伝子を共有しあう確率のことをいう
- 2倍体の生物では、精子や卵は減数分裂によって作られるので、親の遺伝子が子に伝わる確率は50%。したがって、(両親に血縁関係がなければ)親子間の血縁度は0.5になる。同父母のきょうだい間の血縁度は、父親経由の場合(自分ー父ーきょうだい: 0.5×0.5)と母親経由の場合(自分ー母ーきょうだい: 0.5×0.5)の和、すなわち0.5となる

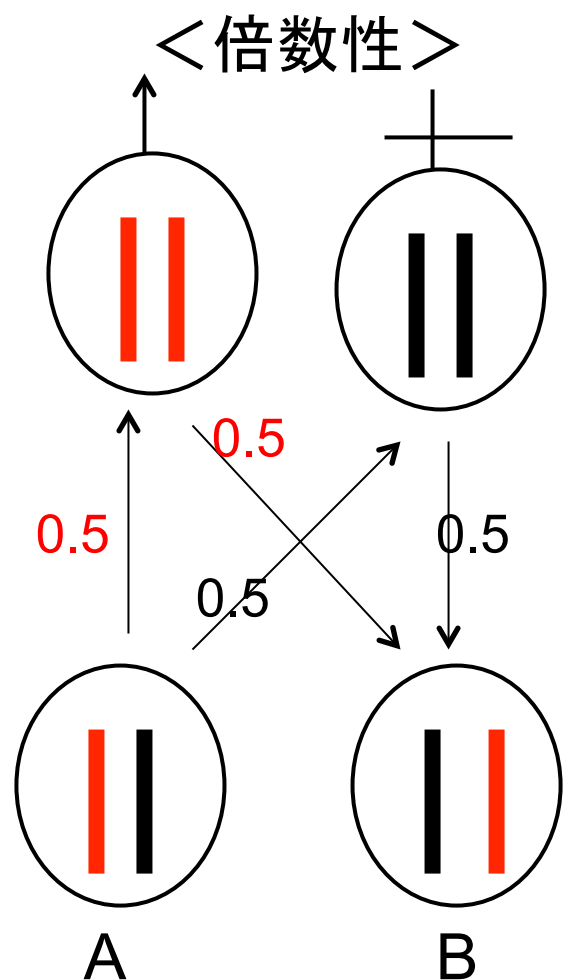
血縁度(r)の測り方 2

長谷川・長谷川「進化と人間行動」123ページBox 5より

- 配偶者間に血縁関係がない場合の r の一般的な求め方
 - 1) 対象となる2個体とその共通祖先の関係を系譜図で描き、線を結ぶ
 - 2) 上に述べたように親子間の血縁度は0.5
 - 3) 2個体が L 個の線でつながれているなら、特定の遺伝子を共有する確率は $(0.5)^L$ である。
 - 4) 複数の経路がある場合は、各経路の確率を加算する。すなわち、 $r = \Sigma (0.5)^L$ となる。

血縁度の計算

Coefficient of relatedness



$$\begin{aligned}
 r_{AB} &= 0.5 \times 0.5 + 0.5 \times 0.5 \\
 &= 0.5^2 + 0.5^2 \quad \leftarrow L = 2 \text{で2経路} \\
 &= 0.5
 \end{aligned}$$

対称性より $r_{BA} = 0.5$

例)

一卵性双生児

$$r_{AB} = 1$$

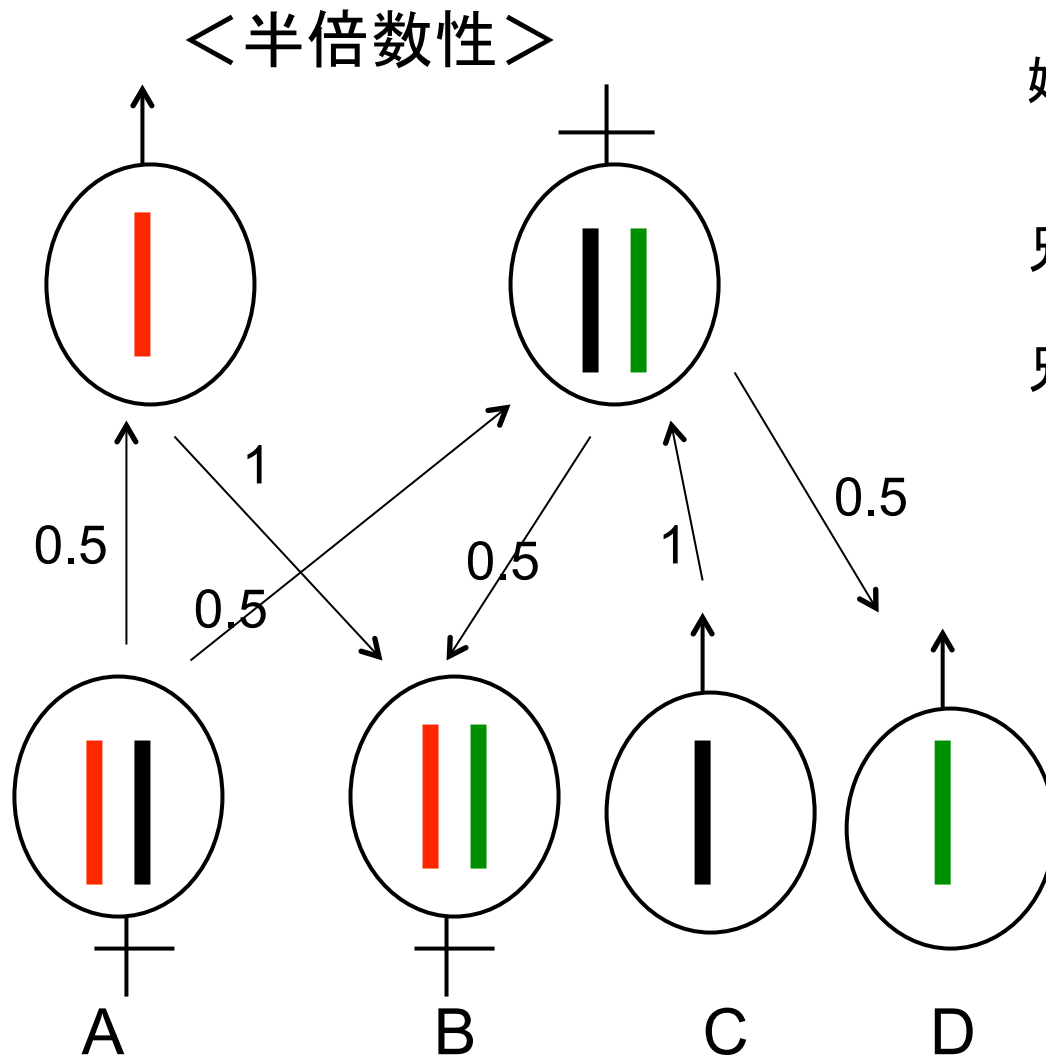
父母が同じである兄弟間

親子間

二卵性双生児

$$r_{AB} = 0.5$$

血縁度の計算



姉妹間

$$r_{AB} = 0.5 \times 1 + 0.5 \times 0.5 = 0.75$$

兄弟間 $r_{CD} = 0.5 \times 1 = 0.5$

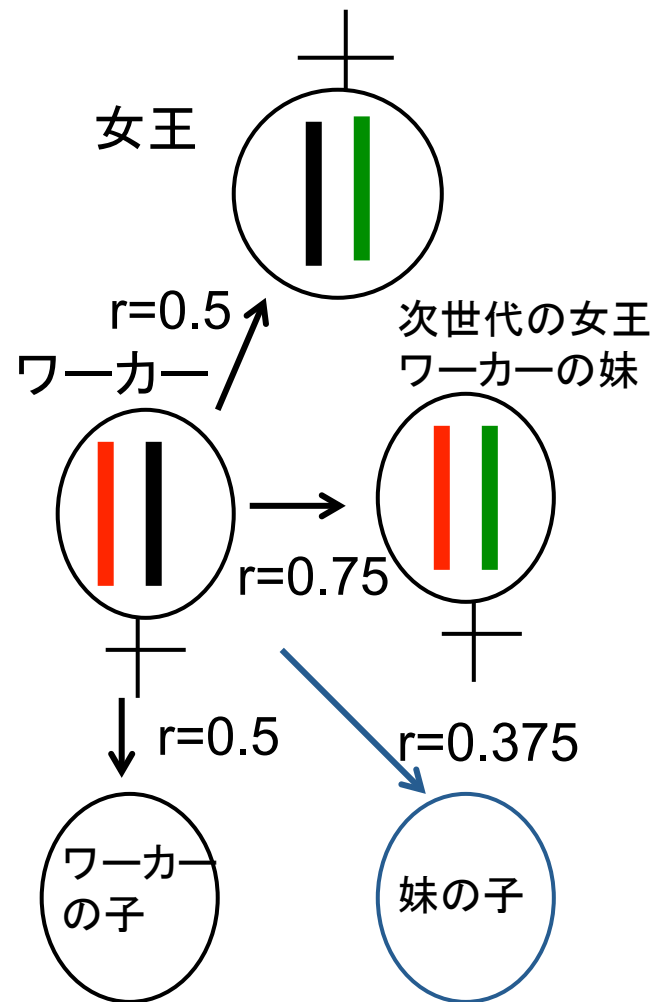
兄妹(姉弟)間・・・非対称！

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{♀} \rightarrow \text{♂} \quad r_{AD} = 0.5 \times 0.5 = 0.25 \\ \text{♂} \rightarrow \text{♀} \quad r_{DA} (= r_{CB}) = 1 \times 0.5 = 0.5 \end{array} \right.$$

ワーカーに戻って..

ハミルトンのルールより
ワーカーが女王の世話をす
る理由は.....

自分で子供を産むより
妹の世話をした方が進
化的に有利



実際には、ワーカーは産卵している

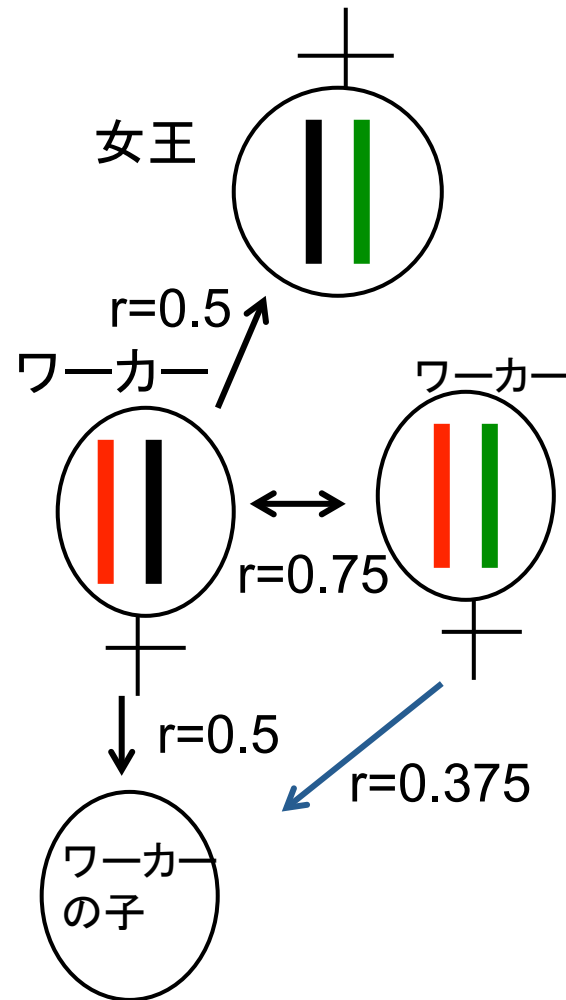
ワーカーは、他のワーカーの
産卵した卵をたべる(制裁)



ワーカーポリシング

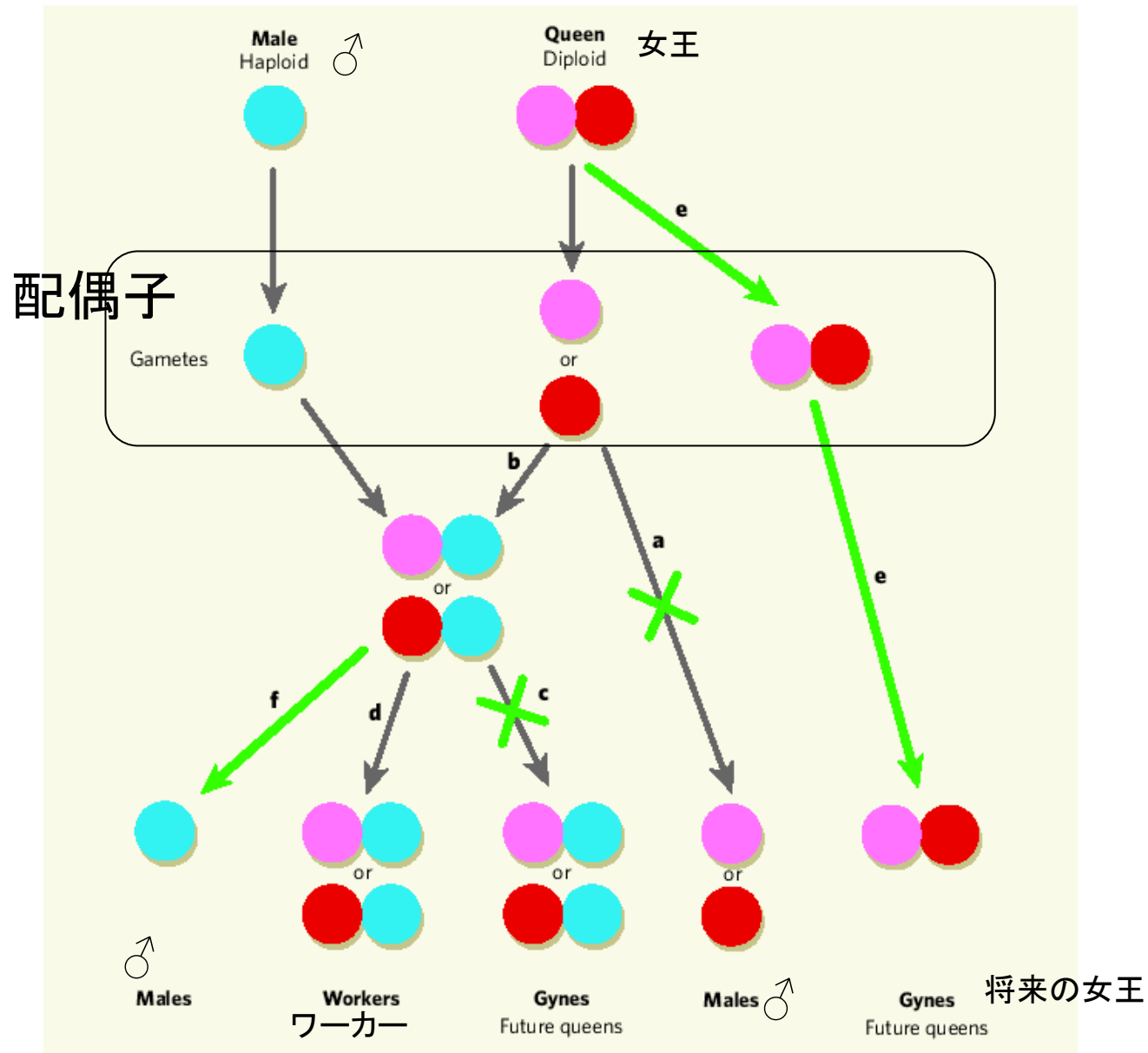
worker policing

(女王のいる社会性昆虫である
ミツバチなどで報告)



Fournier et al., 2005 Nature

fire antの研究



Fournier et al., 2005 Nature

fire antの研究

