

2R-7

性選択が自然選択に及ぼす影響に関する囚人のジレンマモデル

川口 哲司[†] 有田 隆也[‡]

名古屋大学情報文化学部[†] 名古屋大学大学院情報科学研究科[‡]

1. はじめに

性の存在意義を考える際、性選択が自然選択による進化に与える影響を検討する事は重要である。特に、社会的生物における興味深い行動である協調行動は性選択に少なからぬ影響を受ける可能性がある。Key と Aiello は子孫を残す際に得点から配偶者探しと子育てに相当するコストを差し引く囚人のジレンマゲームを考えた[1]。個体を2分し、一方(オス)における子孫を残すコスト MRC は、もう一方(メス)における子孫を残すコスト FRC より小さいものとする。実験により、MRC が FRC に比べて圧倒的に低い場合、オスによる一方的な協調行動が起きる事を示した。Upal はこのモデルにメスは最も協調的なオスを好むというえり好み、つまり性選択を導入し、自然選択と性選択の対立が、メスに協調的なオスの増加ではなく、オスに協調的なメスの増加をもたらす事を示した[2]。本稿では、メスがどのようなオスを好むかというえり好み自体も進化的に決定されるはずであるという観点からモデルを拡張し、性選択が自然選択に及ぼす影響を検討する。

2. モデル

各個体は性別、戦略遺伝子列、得点、嗜好遺伝子列の4属性をもち、繰り返し囚人ジレンマゲームを行う。戦略遺伝子列は裏切り(0)と協調(1)の2値をとる4×4個の遺伝子で構成される(図1)。戦略遺伝子列を用い、自分と相手の性別、前回の相手と自分の行動に応じて協調(C)か裏切り(D)か決める。そして、図1下の利得行列に示す得点を得る。同図には、自分がオス、相手がメスで、前回自分が協調し相手が裏切った場合、戦略遺伝子の対応部分(網掛け)により裏切る事を示している。嗜好遺伝子列は戦略遺伝子と同じ長さであるが、裏切り(0)、協調(1)、無関心(2)の3値をとる。基本的なアルゴリズムは次の通りである。

200個体のエージェントを用意し、現世代プールへ入れる。戦略遺伝子列、嗜好遺伝子列、性別をランダムに割り振る。得点は0。

2個体のエージェントをランダムに選んで囚人のジレンマゲームを20回繰り返すことを1ラウンドとし、1000ラウンド行う。

総得点がFRC(MRC)を越えたメス(オス)をエリートプールに移す。移されたエージェントは総得点からFRC(MRC)が引かれる。

エリートプール内で配偶者選択を行い、子孫をつくり次世代プールにいれる。次世代プールが埋まればへ、埋まらなければに戻る。戻る際エリートプールの個体を現世代プールに戻す。

現世代プールを次世代プールで置き換え、～を5000回繰り返す。

配偶者選択の方法は、エリートプール内のメスがエリートプール内のオスをランダムに選ぶえり好み無しモデルとエリートプール内のメスがエリートプールの中から最も好みのオスを選ぶえり好みモデルにわかれる。えり好みモデルではメスは嗜好遺伝子列が2では無い部分とオスの戦略遺伝子列の一致遺伝子数の最大のものをえり好みする(図2)。エリートプールのメスは確実に交配できるが、オスは保証されない。交配によって両親から一点交叉、1/5000の突然変異によって戦略遺伝子と嗜好遺伝子を受け継ぎ、得点0とする、ランダムに性別を与えられた子孫ができる。

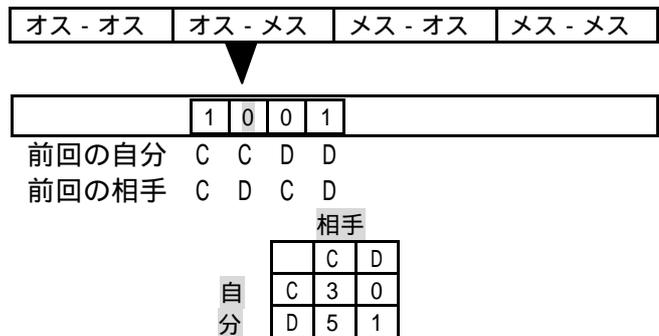


図1. 戦略遺伝子列と利得行列

A Prisoner's Dilemma Model for the Effects of Sexual Selection on Natural Selection

[†] Tetsuji Kawaguchi · Nagoya University

[‡] Takaya Arita · Graduate School of Information Science

オスの戦略遺伝子列	1	0	1	0	1	0	...
メスの嗜好遺伝子列	1	1	2	0	2	2	...

◎ × ◎
図2 . メスによるえり好み

3 . 実験結果

FRC を 1000 に固定し、MRC を任意に変化させて実験を行った結果を図3と図4に示す(10試行の平均)。図3で左がえり好み無しモデル、右がえり好みモデルの得点である。凡例の「オスメス」はオスがメスから得る得点を示す。MRC が FRC に比べ圧倒的に低い時 (MRC=10)、メスがオスから得る得点はえり好み無しモデルにおいて明らかに高い。これはオスによる一方的な協調関係を示し、Key と Aiello のモデルと同じである。えり好みモデルではメスは MRC が極端に低い場合でも少しだけ高い得点を獲得するだけにとどまる。MRC が 700、1000 の時はえり好み無しモデルでは、メスはオスから高い得点は得られないが、えり好みモデルにおいてはメスがオスからわずかではあるが、高い得点を得ている。MRC が高いと、えり好みモデルではえり好み無しモデルに比べ多数派の戦略が入れ替わりにくく、安定した得点を得やすい傾向が観察されたが、このことが関連していると思われる。

図4はえり好みモデルにおいて嗜好遺伝子列中のオスがメスにとる戦略に対する部分(4ビット)のうちの協調遺伝子、裏切り遺伝子の平均ビット数を示す。MRC が 1000 の時に協調遺伝子の数が多いことがわかるが、この事も図3で示された MRC が 1000 の時にメスがオスから高い得点を得た事と関係すると考えられる。

図5はえり好みモデルにおけるオス対メスの戦略の推移を示すグラフである。横軸が世代を表し、縦軸が戦略の割合を示す。同図の後半世代に示される戦略の2分化が時折観察された(稀に4分化も)。これは MRC、性別に関わらず起こり、えり好みモデルでしか起こらなかった。戦略遺伝子列の2分裂が起きている時、嗜好遺伝子列も必ず2分裂している。このとき、各グループは相手グループの戦略遺伝子をお互いに好んでいることがわかった。その結果、毎世代、2種類の子孫ができるという平衡状態が実現されると考えられる。

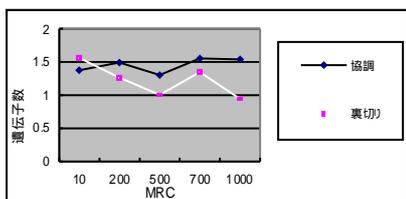


図4 . 協調遺伝子と裏切り遺伝子の数

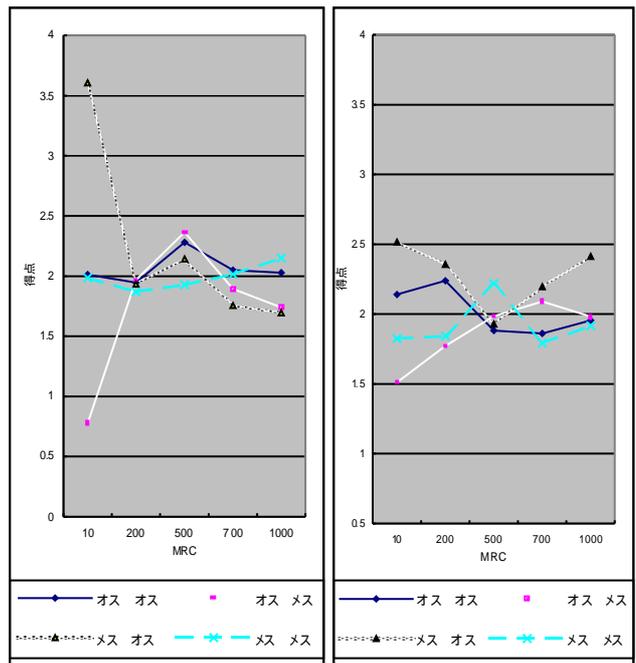


図3 . えり好みモデルとえり好み無しモデルとの得点の比較

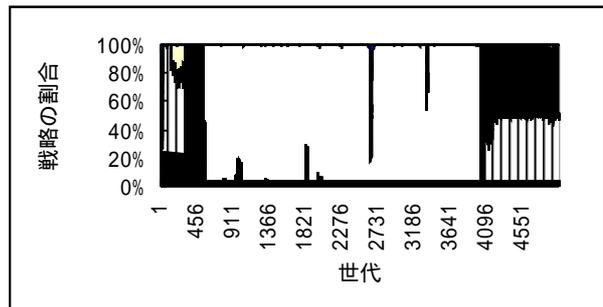


図5 . 戦略が2分化していく様子

4 . おわりに

性選択が自然選択に与える影響の検討するため、オスの戦略とメスのえり好みを共進化させる実験を行った。詳細な検討は今後の課題であるが、協調的なオスを好むように進化しないこと、強い自然選択がオスにかかってもメスはオスから比較的高い得点を得ること、戦略やえり好みの2分化といった興味深い現象が観察された。

参考文献

- [1] C. Key and L. Aiello, "A Prisoner's Dilemma Model of the Evolution of Paternal Care", *Folia Primatologica*, Vol. 71, pp.77-92 (2000).
- [2] M. A. Upal, "Sexual Selection of Cooperation", *Proc. of the International Conference on Genetic and Evolutionary Computation*, pp. 98-109 (2003).