同調遺伝子とミームを用いた性選択モデルにおける循環型流行の発現

An Expression of Periodic Phenomena of Fashion on Sexual Selection Model with Conformity Genes and Memes

武藤 敦子

Atsuko Mutoh

名古屋工業大学

Nagoya Institute of Technology

atsuko@ics.nitech.ac.jp

徳原 信哉

Shinya Tokuhara

株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ

NTT DoCoMo Inc.

tokuhara@ics.nitech.ac.jp

加納 政芳

Masayoshi Kanoh

中京大学

Chukyo University

mkanoh@sist.chukyo-u.ac.jp

大星 多聞

Tamon Oboshi

名古屋工業大学

Nagoya Institute of Technology

b-star@ics.nitech.ac.jp

加藤 昇平

Shohei Kato

(同 上)

shohey@ics.nitech.ac.jp

伊藤 英則

Hidenori Itoh

(同 上)

itoh@ics.nitech.ac.jp

keywords: sexual selection, memes, genes, conformity and differentiation, periodic phenomena of fashion

Summary

It is generally thought that living things have trends in their preferences. The mechanism of occurrence of another trends in successive periods is concerned in their conformity. According to social impact theory, the minority is always exists in the group. There is a possibility that the minority make the transition to the majority by conforming agents. Because of agent's promotion of their conform actions, the majority can make the transition. We proposed an evolutionary model with both genes and memes, and elucidated the interaction between genes and memes on sexual selection. In this paper, we propose an agent model for sexual selection imported the concept of conformity. Using this model we try an environment where male agents and female agents are existed, we find that periodic phenomena of fashion are expressed. And we report the influence of conformity and differentiation on the transition of their preferences.

1. は じ め に

生態には、クジャクのオスの羽のように、生物が生存する上で過度に派手で不利であると考えられる現象が見られる。Darwin はこのような現象を性選択と定義することで説明した [Kirkpatrick 82, Collins 92]。性選択の過程にはアズマヤドリのアズマヤのようにオスがメスを引きつけるために後天的に装飾するという現象がみられる [Albert 00]。このような生物は、配偶者選択において、先天的な身体的特徴に加え後天的な嗜好対象オブジェクトを参照していると考えられる。近年では、メスの嗜好の後天的

な学習を考慮に入れた性選択モデルの解析が頻繁に行われている [Ihara 03]。

一般的に、嗜好には流行があると言われている。流行とは、社会に特定の思考などが浸透・普及していく過程を表し、時代ごとに異なる流行が発生する要因として、同調行動が挙げられる。同調行動により、集団に斉一性をもたらされ、多数派が形成される [Asch 51]。ただし、同調行動によって常に多数派が集団全てを占めるとは限らない。Latane らは、Dynamic Social Impact Theory を用いたシミュレーション実験によって、他者と同調する個体で構成された集団内においても少数派が存在可能であることを示した [Latane 81, Nowak 90]。さらに、現実社会においても多数派が社会を完全に統合することはなく、

少数派が残存し多様性を保持するとし、実際の個人を対象にした実験でも同様の現象を確認した [Latane 96]。また、彼らは周囲個体と同調しながら配偶者選択を行うシミュレーションモデルを提案し、多数派同調が集団内の多数派の変遷を促進させることを示した [依 03]。

他方、Simmel は「他者との同調（同調行動）」のみではなく「他者からの差別化（非同調行動）」という排反欲求が拮抗することで流行が発生するとした [Simmel 71]。非同調行動によって多様性を保持することが可能となり、同調行動により流行が発生すると考えられる。Fujii らは、これら同調行動と非同調行動のいずれかを集団内の個体に行わせたシミュレーション実験を行い、流行の発生には多くの非同調個体が必要であることを示した [Fujii 02]。中井は、個体の行動戦略として、同調化欲求と差別化欲求という矛盾した欲求を導入したモデルを提案し、流行が周期的に発生する循環型流行の発現を確認した [中井 00]。

前述のように、嗜好には流行があると考えられているが、動物の配偶者選択においては近年までオスの装飾を進化させる要因は時間を経ても常に一定である、すなわちメスの嗜好には流行がないと考えられていた。しかしながら、Chaine らの近年の研究によりメスの好むオスの装飾が時間毎に変化する生物が存在することが分かっている [Chaine 08]。我々は、一部の生物に見られるメスの嗜好の流行現象が配偶者選択における嗜好ミームおよび同調性・非同調性の存在に関与していると考え、計算機シミュレーションにより検証する。

我々はこれまでに、先天的な身体的特徴を遺伝子で表現し、後天的な嗜好対象オブジェクトをミームで表現することで、遺伝子とミームをあわせもつ人工生命体（エージェント）の進化モデルを提案し [水野 03]、性選択が存在する環境下での遺伝子とミームが及ぼす相互作用について解明してきた [Tokuhara 05]。本稿では、このエージェントモデルに、同調遺伝子を加えたモデルを提案し、エージェントの同調性・非同調性が配偶者選択における嗜好の遷移に与える影響について考察する。

2. エージェントモデル

2.1 エージェントの定義

文献 [Tokuhara 05] では、Lerena のモデル [Lerena 00] に対してミーム [Dawkins 89, 水野 03] の概念を加えることにより、遺伝子とミームの双方を持つエージェントモデルを提案している。エージェント a_i は、性別 sex_i 、年齢 age_i 、遺伝子 $gene_i$ 、ミームプール $meme\ pools_i$ で構成される。

$$a_i(sex_i, age_i, gene_i, meme\ pools_i). \quad (1)$$

ただし、

$$gene_i = (g_i^{trait}, g_i^{pref}), \quad (2)$$

$$meme\ pools_i = (m_i^{trait}, m_i^{pref}). \quad (3)$$

このように、このモデルでは、遺伝子とミームプールは、それぞれ、形質 (*trait*) と嗜好 (*pref*) で構成される。 g_i^{trait} , m_i^{trait} はエージェントがオス ($sex_i = \text{male}$) の場合に表出される「形質」である。すなわち、 g_i^{trait} は羽の色などを表現する先天的獲得形質であり、 m_i^{trait} は、産卵に適した巣などの後天的獲得形質である。これらの形質は、それぞれ、形質遺伝子と形質ミームによって規定される。また、 g_i^{pref} , m_i^{pref} はエージェントがメス ($sex_i = \text{female}$) の場合に表出される「嗜好」である。すなわち、 g_i^{pref} は形質遺伝子を評価する嗜好遺伝子であり、 m_i^{pref} は形質ミームを評価する嗜好ミームである。本稿では、ミームを形質ミームと嗜好ミームに大別することにより表現する。

以上をまとめると、文献 [Tokuhara 05] のエージェントモデルはつぎのように表現できる。

$$a_i(sex_i, age_i, (g_i^{trait}, g_i^{pref}), (m_i^{trait}, m_i^{pref})). \quad (4)$$

2.2 同調遺伝子

本稿では、このモデルに同調遺伝子 g^{tconf} , g^{pconf} およびエネルギー $energy_i$ の概念を加える。

図 1 に提案するエージェントモデルを示す。まず、遺伝子 g_i^{trait} , g_i^{pref} を以下のように定義する。

$$g_i^{trait} = (g_i^t, g_i^{tconf}), \quad (5)$$

$$g_i^{pref} = (g_i^p, g_i^{pconf}). \quad (6)$$

ここで、 g_i^{tconf} と g_i^{pconf} は、エージェント a_i が同調的^{*1}であるかどうかを決定する遺伝要素（同調遺伝子）である。 g_i^{tconf} , g_i^{pconf} は 1 ビットとし、ビット情報が 1 の場合は同調エージェント、0 の場合は非同調エージェントと定義する。 g_i^{tconf} , g_i^{pconf} の 2 つが同時に表出されることはない。

つぎに、 $energy_i$ をモデルに導入する。 $energy_i$ によってオスが行動する際のハンディを表現する。派手な形質を持つオスほど、外敵に見つかりやすくなるため行動に必要なコストは大きくなる。そこで本稿では、 $energy_i$ を形質的ハンディに伴い減少させることとする。以上より、エージェント a_i は、つぎのように定義される。

$$a_i(sex_i, age_i, energy_i, gene_i, memepools_i) = a_i(sex_i, age_i, energy_i, ((g_i^t, g_i^{tconf}), (g_i^p, g_i^{pconf})), (m_i^{trait}, m_i^{pref})). \quad (7)$$

*1 本稿における「同調」は [Simmel 71] の定義に基づいており、社会学における「同調伝達」 [Lipo 05] とは区別する。

図1 提案エージェントモデル.

2.3 形質の派手さの定義

本稿では、形質を表すビット列に1が多い個体ほど派手な個体とする。ビット列に含まれる1の個数をカウントする関数 $cf()$ を用いて形質を表現する。すなわち、 $cf(G_j^t)$ は形質 G_j^t のビット列に含まれる1の個数を表す。本稿では、 $cf()$ を用いて行動に必要な $energy$ を決定する。

2.4 エージェントの行動

エージェント a_i は、自らが同調エージェントであるか、非同調エージェントであるかによって異なる行動をとる。行動は以下の順に行われ、1回の反復を1ステップとする。

- (1) 配偶者選択
- (2) 交配
- (3) 模倣行動/独創行動

エージェントの行動モデルの概略を図2に示す。まず、メスがオスの形質を参照することで配偶者選択 (*mate choice*) を行い、交配対象のオスを選択する。つぎに、選択されたオスは、メスと交配 (*mating*) する。その後、同調エージェントは模倣行動 (*imitation*) を、非同調エージェントは独創行動 (*creation*) を行う。1ステップ経過すると、エージェントは $1[age]$ 年齢をとり、 $L_m[age]$ 生存したオス、 $L_f[age]$ 生存したメスは集団から排除される。

以下に、各行動について説明する。

§1 配偶者選択 (*mate choice*)

メス a_i は、集団から N 個体のオスをランダムに選び、その中から交配対象となるオス a_j を決定する。評価には、自らの嗜好 G_i^p, m_i^{pref} および、評価対象となるオス a_j の形質 G_j^t, m_j^{trait} を用いる。評価関数 $P_{i,j}$ を以下に示す。

$$P_{i,j} = w_1 H(G_i^p, G_j^t) + w_2 H(m_i^{pref}, m_j^{trait}). \quad (8)$$

ただし、 $H(A, B)$ は2つのビット列 A, B のハミング距離を求める関数、 w_1, w_2 は荷重パラメータである。メス a_i の嗜好とオス a_j の形質が近づくほど、ハミング距

離は短くなる。そこで、メス a_i は、 $P_{i,j}$ が最小となるオス a_j を選択することとする。配偶者選択後、メス a_i は、選択したオス a_j の交配のための待ち行列 $waiting_j$ に加えられる。

§2 交配 (*mating*)

メス a_i は、オス a_j を選択した後、交配により子個体 a_l を生成する。子個体 a_l は以下のように定義される。

$$a_l(sex_l, 0, energy_{DV}, (g_l^{trait}, g_l^{pref}), (m_{DV}^{trait}, m_{DV}^{pref})). \quad (9)$$

ただし、

$$(g_l^{trait}, g_l^{pref}) = (mut(cr(g_i^{trait}, g_j^{trait})), mut(cr(g_i^{pref}, g_j^{pref}))). \quad (10)$$

子個体 a_l の性別 sex_l はランダムに決定される。年齢 age_l は0とする。 $energy_l$ にはエネルギーの初期値 $energy_{DV}$ を与える。遺伝子 $(g_l^{trait}, g_l^{pref})$ は、式(10)の遺伝的操作によって決定される。ここで、 $mut(A)$ はビット列 A の各ビットを確率 γ で反転させる突然変異関数であり、 $cr(A, B)$ は2つのビット列 A, B の各ビットをランダムに選択する交配関数である。ミーム $(m_l^{trait}, m_l^{pref})$ は親個体からは遺伝せず、初期値 $(m_{DV}^{trait}, m_{DV}^{pref})$ を与える。

また、オス a_j が交配するために必要なエネルギー C_j^{crs} は、以下のように定義される。

$$C_j^{crs} = \alpha^{crs} (cf(G_j^t) + cf(m_j^{trait})) + 1. \quad (11)$$

派手な形質であるほど交配には大きなコストがかかるので、派手な形質は子個体を生成するにあたって不利に働くことになる。

メス a_i は1ステップ中1回に交配が制限されているがオス a_j には交配の時間的制限がないため、エネルギーが0以上であれば待ち行列 $waiting_j$ 中のメスと、 $P_{i,j}$ の値の小さな順に繰り返し交配する。生物においては交配にかかるコストはオスとメスで差があるのが一般的であるが、本モデルでは同調遺伝子の効果を分かりやすく

図2 エージェントの行動モデル．

するため同コストとして単純化した．よって，1回の交配でメスも同様にエネルギーが減少する．

§3 模倣行動 (imitation)

模倣行動とは，同調エージェント a_i (オスの場合 $G_i^{tconf} = 1$ ，メスの場合 $G_i^{pconf} = 1$) がオス a_k のミーム m_k^{trait} を真似る行動である．図3に模倣の方法について示す．模倣対象は，集団から M 個体のオスをランダムに選び，その中で最も交配回数の多いオスとする．すなわち，メスから多く選ばれている後天的獲得形質を参照することで，オス a_i は自らのミーム m_i^{trait} を修正し，メスは嗜好 m_i^{pref} を修正する．

a_i が模倣対象 a_k のミームを1ビット模倣するために必要なエネルギー C_i^{imt} は，以下の式で決定される．

$$C_i^{imt} = \begin{cases} \alpha^{imt}(cf(G_i^t) + cf(m_i^{trait})) + 1 & (if \text{ sex}_i = \text{male}) \\ \alpha^{imt}(cf(G_i^p) + cf(m_i^{pref})) + 1 & (if \text{ sex}_i = \text{female}) \end{cases} \quad (12)$$

模倣されるビットはランダムに決定され，エネルギーが0以上であれば，模倣行動は繰り返し行われる． C_i^{imt} は，エージェント a_i が派手であるほど大きなコストを要求するため，派手であるほど模倣できるビット数は少なくなる．

§4 独創行動 (creation)

独創行動とは，自らのミームを自由に变化させる行動であり，非同調エージェント a_i (オスの場合 $G_i^{tconf} = 0$ ，メスの場合 $G_i^{pconf} = 0$) がとる行動である．1回の独創行動によって，ミーム中の1ビットがランダムに選択され反転する．したがって，独創行動はエージェントにとって有利に働く場合と不利に働く場合がある．

a_i がミームを1ビット变化させるために必要なエネルギー C_i^{crt} は，以下の式で決定される．

$$C_i^{crt} = \begin{cases} \alpha^{crt}(cf(G_i^t) + cf(m_i^{trait})) + 1 & (if \text{ sex}_i = \text{male}) \\ \alpha^{crt}(cf(G_i^p) + cf(m_i^{pref})) + 1 & (if \text{ sex}_i = \text{female}) \end{cases} \quad (13)$$

エネルギーが0以上であれば，独創行動は繰り返し行われる．したがって，模倣行動と同様にエージェント a_i が派手であるほど独創できるビット数が少なくなる．

3. 実験

3.1 実験環境

オスエージェントとメスエージェントがそれぞれ複数存在する環境の中で配偶者選択を行い世代交代を繰り返す実験を前章にて提案したモデルを用いて行う．エージェントの生存ステップを $L_m = L_f = 5[age]$ ，初期個体数を500とした． G^t ， G^p ， m^{trait} ， m^{pref} のサイズは，それぞれ10ビットとした． g^{trait} ， g^{pref} の初期値はランダムに決定し， m^{trait} ， m^{pref} の初期値は中央値である $cf(m_{DV}^{trait}) = cf(m_{DV}^{pref}) = 5$ となるようにした．配偶者選択時および模倣時の参照集団数は $N = M = 40$ 個体とした． $energy_{DV} = 100$ とし，1ステップ終了と共に100加算されるものとした．その他の各パラメータは， $\alpha^{crs} = 3.5$ ， $\alpha^{imt} = 2.0$ ， $\alpha^{crt} = 4.0$ ， $w_1 = w_2 = 0.5$ ， $\gamma = 0.005$ とした．

同調・非同調エージェントの有無によってメスエージェントの嗜好の遷移にどのような影響があるかを調べるために，同調・非同調エージェントの組から考えられる組合せについて実験を行う．本実験では， $cf(G^p) + cf(m^{pref}) > 10$

図3 模倣対象となるオス a_k の選定 (a) とオス a_j およびメス a_i の模倣行動 (b) .

表 1 実験の組合せと結果 .

実験	オス	メス	平均転換数*
(1)	同調/非同調	同調/非同調	5.35 ± 2.29
(2)	同調のみ	同調/非同調	5.25 ± 2.23
(3)	非同調のみ	同調/非同調	2.55 ± 1.60
(4)	同調/非同調	同調のみ	0.00 ± 0.00
(5)	同調のみ	同調のみ	0.00 ± 0.00
(6)	非同調のみ	同調のみ	0.00 ± 0.00
(7)	同調/非同調	非同調のみ	1.70 ± 1.85
(8)	同調のみ	非同調のみ	1.75 ± 1.34
(9)	非同調のみ	非同調のみ	1.25 ± 1.09

(*20 回実験の平均値 $\pm$ 標準偏差)

であるエージェントを派手嗜好, そうでないエージェントを地味嗜好とし, ステップ毎に派手嗜好と地味嗜好を持つメスエージェントの生存割合を調べた .

3.2 実験結果

表 1 に各 20 回行った実験の組合せと結果を示す . 実験では, エージェントの半数以上を占める嗜好を多数派, それ以外を少数派としたときの多数派と少数派の入れ替わりに着目した . 具体的には, ある嗜好が多数派, 少数派となる状態が 500 ステップ以上継続したときをそれぞれ普及期, 沈黙期としたときの, 普及期と沈黙期の転換数を調べた . 実験の結果, メスの非同調エージェントの存在している実験 (1)(2)(3)(7)(8)(9) において普及期と沈黙期の転換が起きた . また, メスに同調・非同調エージェントが共存している実験 (1)(2)(3) においてさらに転換数は多く, 特にオスに同調エージェントが存在する実験 (1)(2) において頻繁に転換を確認した .

図 4, 図 5, 図 6 に, 実験 (1), 実験 (3), 実験 (4) のメスの嗜好の推移の平均値をそれぞれ示す . 横軸はステップ, 実線は派手嗜好 ($cf(G^p) + cf(m^{pref}) > 10$), 破線は地味嗜好 ($cf(G^p) + cf(m^{pref}) \leq 10$) のメスエージェントの生存割合を示している . 実験 (1) においては 2 つの嗜好が均衡する様子が見られ, 実験 (2) においても同

図 4 実験 (1) における嗜好別メスエージェント平均生存割合 .

様の結果となった . 一方で, 実験 (3) においては地味嗜好が全体の約 6 割を占める状態に安定し, 実験 (7)(8)(9) においても同様の結果となった . 実験 (4) においては地味嗜好が常に全体の約 8 割を占め, 実験 (5)(6) も同様の結果となった . 図 7 に実験 (1) においてよく見られたメスの嗜好の遷移の一例を示す . 2 つの異なる嗜好が多数派と少数派を繰り返す様子が確認できる .

3.3 考察

実験の結果より, メスに同調・非同調エージェントが共存し, オスに同調エージェントが存在する場合に, 2 つの異なる嗜好が交互に多数派と少数派を繰り返す様子が頻繁に確認できた . この様子は, 池内が定義している「循環型流行」(ほぼ同一の様式がある程度周期的に普及と沈黙を繰り返す現象)[池内 68] の様子に近似している .

提案モデルにおいて循環型流行現象が発現する過程として, まず, 子孫を残すのに不利な派手嗜好を持つエージェントが増加するのは, 1) 非同調のメスが独創行動することで派手嗜好が発生する, 2) 非同調のメスが派手なオスを配偶者選択し, さらに, 3) 同調のメスが派手嗜好を模倣する, 作用が働くことによる .

また, 多数派を占めた派手嗜好のエージェントが再び

図5 実験(3)における嗜好別メスエージェント平均生存割合。

図7 実験(1)における嗜好別メスエージェント生存割合*。
(*結果は3次スプラインでスムージングしてある。)

図6 実験(4)における嗜好別メスエージェント平均生存割合。

図8 実験(1)におけるメスエージェント嗜好遺伝子生存割合*。
(*結果は3次スプラインでスムージングしてある。)

減少し少数派となるのは、1) 非同調のメスが独創行動することで地味嗜好が発生する、2) 派手になるほど子孫を残すのが不利になるために派手嗜好の増加メカニズムが働かなくなる、理由による。

以上のことから、提案モデルでは少数派の発生の引き金となる非同調のメスと少数派の増加を促す同調のメスが共存している環境において循環型流行現象が発現しやすいものと考えられ、実験結果の一部と整合する。同じく同調のメスと非同調のメスが共存している実験(3)については、オスが非同調エージェントのみのため、非同調のメスによる嗜好の変化のダイナミズムを追従できないため、結果的に循環型流行現象が頻繁に見られなかったと思われる。

つぎに、実験(1)における嗜好の遷移を遺伝子とミームに分けて詳細を考察する。図8、図9にメスの嗜好遺伝子、嗜好ミームの遷移を示す。グラフは、それぞれ $cf(G^p) > 5$, $cf(m^{pref}) > 5$ であるエージェントを派手嗜好、そうでないエージェントを地味嗜好としたときの、ステップ毎の派手嗜好と地味嗜好を持つメスエージェントの生存割合である。図8より嗜好遺伝子は地味な形質を持つオスを好む傾向へと進化していることが見てとれる。こ

れは、地味なオスは派手なオスに比べて交配にかかる消費エネルギーが少ないために多くのメスと交配できるためだと考えられる。さらに、実験開始直後には、地味なオスが急増したために派手嗜好のメスが交配しにくくなり、その数は急速に減少している。他方、嗜好ミームは、図9が示すように派手を好む傾向を示すものの値に変動がある。これは、地味嗜好を持つメスは派手嗜好を持つメスに比べて模倣行動にかかる消費エネルギーが少ないために模倣行動を起こしやすくなり結果的に派手嗜好のミームが増加するが、非同調エージェントの独創行動によりその値は安定しないためだと考えられる。

図10に実験(1)における非同調エージェント数の遷移を示す。メスの非同調エージェントは、常に全体の10%から50%存在し、少なからずメスの嗜好の変化に影響をもたらすと考えられる。オスの非同調エージェントは配偶者選択の権利がないためにメスの非同調エージェントより生存割合が少ないが、これらのオスの非同調エージェントが存在することでメスの非同調エージェントによってもたらされた嗜好の変化に柔軟に対応できると考えられる。なお、世代交代時に性別がランダムに決定されるにも関

図 9 実験 (1) におけるメスエージェント嗜好ミーム生存割合*。
(*結果は 3 次スプラインでスムージングしてある。)

図 11 実験 (1) におけるメスの嗜好およびオスの形質の平均値。

図 10 実験 (1) における非同調エージェント生存割合*。
(*結果は 3 次スプラインでスムージングしてある。)

図 12 実験 (2) におけるメスの嗜好およびオスの形質の平均値。

わらず継続してこのような性差が生じるのは、性別によって表出されない同調遺伝子 (2.2 節にて定義) が存在しているためだと考えられるが、詳細については別紙にて述べたい。また、メスの同調エージェント同士は嗜好が近似するが、交配対象集団がエージェントによって異なりさらにオスには交配の時間的制限がないため、メスの同調エージェントが競争にさらされることは少なく*2その数は減少しない。

図 11, 図 12 に実験 (1), (2) のときのメスの嗜好 ($cf(G^p) + cf(m^{pref})$) およびオスの形質 ($cf(G^t) + cf(m^{trait})$) の 20 回実験の平均値の推移をそれぞれ示す。オスが同調エージェントのみの実験 (2) ではメスの嗜好とオスの形質の平均値に差が生じているが、実験 (1) ではオスの非同調エージェントが存在することによって、オスの集団は、より正確にメスの嗜好に沿った形質を獲得できていることが見てとれる。

最後に、普及期と沈黙期の転換が全く起きなかった実験 (4)(5)(6) について詳細を考察する。表 2 に、各実験の

組合せと 20 回の実験中多数派に安定した嗜好の内訳を示す。実験 (6) においては全て地味嗜好に安定したが、実験 (4)(5) では一部の実験において派手嗜好に安定した様子が見られた。派手な嗜好や形質は不利に働く本モデルでは、地味嗜好に安定しやすいことが予想されるにもかかわらずメスが同調エージェントのみでオスに同調エージェントが存在する実験 (4)(5) において派手嗜好が多数派に安定した結果が一部に見られた。この原因として、ランダムに設定される初期値により発生した派手嗜好または派手形質が同調エージェントに多く模倣されることで派手嗜好が増加し、メスが同調エージェントのみであるために多数派に安定したものと考えられる。初期値によっては派手嗜好が流行し得る様子は性選択の多くの基礎的モデル [Kirkpatrick 82] において述べられている結果に整合するが、遺伝子に加えミームと同調遺伝子を加えた本モデルにおいて同結果が得られたことは、生存に不利と考えられる派手な形質が発達する現象に対する議論への一つの解釈を提供するものと考ええる。これらについては詳細な分析を含め別紙において論述したい。

*2 初期収束時を除き、交配できないメスの割合は各ステップ平均 1.5 % 程度。

表2 多数派に安定した嗜好の内訳 .

実験	オス	メス	派手/地味嗜好*
(4)	同調/非同調	同調のみ	4/16
(5)	同調のみ	同調のみ	2/18
(6)	非同調のみ	同調のみ	0/20

(*20 回実験中の多数派に安定した派手/地味嗜好の実験数 .)

4. お わ り に

本稿では、遺伝子とミームを持つ性選択モデルに、同調遺伝子を導入したモデルを新たに提案した。エージェントの持つ遺伝子とミームはそれぞれ配偶者選択の決定要素となる形質と嗜好で構成され、同調行動として模倣行動を、非同調行動として独創行動を行うことでミームを書き換えることとした。提案モデルを用いて実験を行った結果、同調・非同調エージェントのメスと、同調エージェントのオスが共存することで、配偶者選択における嗜好の循環型流行に似た現象の発現を多く確認した。

本稿では、このような現象が見られる過程として、非同調のメスの独創行動による少数派の嗜好の発生が引き金となり、同調のメスによる模倣行動によって少数派が多数派に入れ替わる作用によるものと説明したが、本モデルにおける非同調個体の独創行動や配偶者選択時および模倣時の参照集団選定はランダム性を有するため循環型流行現象が必ずしも安定的には観察できない。しかしながら、そもそも一般的に流行の変化とは不安定であるため、本モデルにおいても循環型流行現象の発現にランダム要素が関わることについては問題ないと考える。

一方で、配偶者選択においてメスの嗜好に流行を持つ生物の事例研究は極めて少なくモデルの検証には大きな困難が予想される。このために、実世界における性選択を含めた様々な流行現象についての実データを収集していくことが望まれる。また、実世界における性選択は本モデルのようにシンプルではなく、繁殖におけるオスとメスの役割の非対称性をはじめ様々な要因が考えられる。本稿で得られた知見を元にさらに実世界に即したモデルへと拡張する必要がある。

謝 辞

本研究は科研費特定領域研究 (17074003) の助成を受けたものである。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Albert 00] J. Albert C. Uy and G. Borgia: SEXUAL SELECTION DRIVES RAPID DIVERGENCE IN BOWERBIRD DISPLAY TRAITS, *Evolution*, Vol. 54, pp. 273-278 (2000)
- [Asch 51] S. Asch: Effects of Group Pressure upon the Modification and Distortion of Judgements, in H. Guetzkow *Groups, Leadership and Men*, pp. 177-190, Carnegie Press (1951)
- [Chaine 08] A.S. Chaine and B.E. Lyon: Adaptive Plasticity in Female Mate Choice Dampens Sexual Selection on Male Ornaments

- in the Lark Bunting, *The Weekly Journal of the American Association for the Advancement of Science*, Vol.319, No.5862, pp. 459-462 (2008)
- [Collins 92] R. J. Collins and D. R. Jefferson: The Evolution of Sexual Selection and Female Choice, *Proc. of the First European Conference on Artificial Life*, MIT Press, pp. 327-336 (1992)
- [Dawkins 89] R. Dawkins: *The Selfish Gene*, 2nd Edition, New York, Oxford University Press (1989)
- [Fujii 02] S. Fujii, Z. Wang and Y. Nakamori: Analysis for Fashion Emergence by Agent-based Simulation, *The Second International Workshop on Agent-based Approaches in Economic and Social Complex System* (2002)
- [Ihara 03] Y. Ihara, K. Aoki and M. W. Feldman: Runaway sexual selection with paternal transmission of the male trait and gene-culture determination of the female preference, *Theoretical Population Biology*, Vol. 63, pp. 53-62 (2003)
- [池内 68] 池内一: *心理学 II*, 培風館 (1968)
- [Kirkpatrick 82] M. Kirkpatrick: Sexual Selection and the Evolution of Female Choice, *Evolution*, 36, pp. 1-12 (1982)
- [Latane 81] B. Latane and S. Wolf: The Social Impact of Majorities and Minorities, *Psychological Review*, 88, pp. 438-453 (1981)
- [Latane 96] B. Latane and T. L'Herrou: Spatial Clustering in the Conformity Game: Dynamic Social Impact in Electronic Groups, *Journal of Personality and Social Psychology*, 70, pp. 1218-1230 (1996)
- [Lerena 00] P. Lerena: Sexual Preferences: Dimension and Complexity, *Proceedings of the Sixth International Conference of The Society for Adaptive Behavior*, pp. 395-404 (2000)
- [Lipo 05] C. P. Lipo, M. J. O'Brien, M. Collard and S. J. Shennan, eds.: *Mapping Our Ancestors: Phylogenetic Approaches in Anthropology and Prehistory*, Transaction Publishers, New Brunswick (2005)
- [水野 03] 水野雄介, 加藤昇平, 武藤敦子, 伊藤英則: ミームによる文化形成・伝達のシミュレーション, *情報処理学会第 65 回全国大会*, pp. 371-372 (2003)
- [中井 00] 中井豊: 人工社会における循環型流行現象のシミュレーション実験, *理論と方法*, Vol.15, No. 2, pp. 345-358 (2000)
- [Nowak 90] A. Nowak, J. Szamrej and B. Latane: From Private Attitude to Public Opinion: A Dynamic Theory of Social Impact, *Psychological Review*, 97, pp. 362-376 (1990)
- [大星 07] 大星多聞, 徳原信哉, 武藤敦子, 加藤昇平, 加納政芳, 伊藤英則: 同調・非同調エージェントモデルによる流行発生シミュレーション, 第 23 回東海ファジ研究会, pp. 11-17 (2007)
- [Simmel 71] G. Simmel: *On Individuality and Social Forms*, The University of Chicago Press (1971)
- [依 03] 依啓介, 有田隆也: 性選択における多数派同調バイアスに関する人工生命モデル, 第 30 回知能システムシンポジウム, pp. 31-36 (2003)
- [Tokuhara 05] S. Tokuhara, A. Mutoh, S. Kato and H. Itoh: A Sexual Selection Model with Genes and Memes, *Proc. of the 7th International Conference on Artificial Evolution on CD-ROM* (2005)

〔担当委員：伊藤 公人〕

2008 年 5 月 20 日 受理

 著 者 紹 介

武藤 敦子

1998 年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業．
1998 年同大学知能情報システム学科文部科学技官．2004
年同大学大学院工学研究科情報工学専攻助手，2007 年同
助教，現在に至る．進化的計算，人工生命に関する研究に
従事．情報処理学会，日本知能情報ファジィ学会，電気学
会各会員．

徳原 信哉

2005 年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業．
2007 年同大学大学院工学研究科博士前期課程終了．同年，
株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ．進化計算に興味を持つ．

加納 政芳(正会員)

1999 年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業．
2004 年名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程修
了．同年中京大学講師．博士(工学)．感性・知能ロボティ
クスなどに興味を持つ．2006 年日本感性工学会技術賞．日
本ロボット学会，日本感性工学会，電子情報通信学会，情
報処理学会，日本知能情報ファジィ学会，電気学会，日本
顔学会，日本公衆衛生学会各会員．

大星 多聞

2002 年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業．
2004 年同大学大学院工学研究科博士前期課程終了．同年
同大学大学院工学研究科博士後期課程進学．進化的計算，
人工生命に関する研究に従事．情報処理学会会員．

加藤 昇平(正会員)

1998 年名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程修
了．同年豊田工業高等専門学校助手，1999 年同講師．2002
年名古屋工業大学講師，2003 年同准教授．博士(工学)．
知識推論・探索処理，並列探索問題，画像処理，知能・感
性ロボティクスなどに興味を持つ．2006 年日本感性工学
会技術賞．電子情報通信学会，情報処理学会，日本ロボッ
ト学会，画像電子学会，日本感性工学会各会員．

伊藤 英則(正会員)

1974 年名古屋大学大学院工学研究科博士課程電気電子専
攻満了．工学博士号取得．1974 年日本電信電話公社横須
賀研究所勤務．1985 年(財)新世代コンピュータ技術開
発機構出向．1989 年名古屋工業大学大学院教授．情報工
学専攻．数理言語理論，計算機ネットワーク通信，OS，人
工知能などの研究開発に従事．2006 年日本感性工学会技
術賞．電子情報通信学会，情報処理学会，日本ロボット学
会，形の科学会，日本感性工学会各会員．