

平成21年 5月24日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18770217

研究課題名（和文） 文化進化モデルを用いたヒトの非適応的行動に関する研究

研究課題名（英文） A theoretical study on cultural evolution of human maladaptive behaviors

研究代表者

井原 泰雄（IHARA YASUO）

東京大学・大学院理学系研究科・講師

研究者番号：90376533

研究成果の概要：

階層のある社会における文化伝達の過程を数理モデル化し、繁殖率や生存率を犠牲にして社会的地位の獲得に努める行動が、文化伝達によって普及するための条件を求めた。また、ヒトを含む動物における配偶・繁殖行動の進化と、個体の利得を犠牲にしてグループの利得を増大させる行動の進化について数理モデルを用いた研究を行った。さらに、ヒトの配偶者選択における社会学習の影響について検討するため、日本人の既婚・未婚カップルを対象とした実験を行った。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,700,000	0	1,700,000
2007年度	900,000	0	900,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	300,000	3,900,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生物科学・進化生物学

キーワード：文化進化・行動学・進化・人類学

1. 研究開始当初の背景

ヒトをはじめとする一部の動物では、ある個体の行動が社会学習を通じて他個体の行動に影響を与える場合がある。このようにして個体間で伝達される情報を「文化」と定義し、集団中における特定の文化の頻度変化、すなわち「文化進化」の過程をモデル化することができる。文化伝達は親子間以外でも起こるなど遺伝とは異なる性質をもち、文化進化と遺伝進化は必ずしも同じ方向に進まない。特に、個体の生存や繁殖を妨げる

非適応的行動が文化進化によって集団中に広がりうるという点は、進化生物学の枠組みを広げるという意味でもきわめて興味深い。

研究開始当初、ニッチ構築理論の発展により、生物個体が環境を改変する事により自らの遺伝進化に影響を与える可能性が注目されるようになっていた。Ihara and Feldman (2004)はニッチ構築理論を文化進化に応用し、社会の教育水準が価値観の斜行伝達（親世代個体から子世代の非血縁個体への文化伝達）に影響を与える場合について解析を行

っていた。また、Kendal et al. (2005)は同様に教育水準の水平伝達への影響を考慮していた。Borenstein et al. (2006)は、異なる社会間で水平伝達が起こる場合に、それぞれの社会の教育水準と出生率との関係について研究を進めていた。

ヒトの行動について理解を深めるためには、行動に対する社会学習の影響を考慮する必要がある一方で、同時に、自然淘汰によって形作られた行動の大まかな傾向についても把握しておく必要がある。特に、繁殖率の低下をともなう行動の普及について考える際には、ヒトを含む動物における配偶・繁殖行動の進化に関する理解が役に立つだろう。配偶・繁殖行動の進化に関する理論研究として、研究代表者らによる先行研究 (Ihara 2002; Wakano and Ihara 2005) や、交尾回数に関する雌雄間の利害の不一致 (性的葛藤) を扱った Gavrilets et al. (2001) などがあった。また、ヒトの配偶者選択についての進化心理学的研究には膨大な先行研究があったが、中でも、配偶者選択に対する社会学習の影響を扱ったものとして、Berezkei et al. (2002) などによる、性的刷り込み様現象 (配偶者選択における選好性が幼少時に親密に過ごした個体の表現型に依存する現象) に関する研究があった。

非適応的行動の中には、行為者が所属するグループ全体に利得を与えているように見えるものが少なくない (協力行動)。グループの全個体が協力行動をすれば、全個体が一定の利得を得るが、自分だけが協力行動をしなければ、それ以上の利得を得られるような場合、ジレンマの状況が成立する。ジレンマの状況における協力行動の進化を扱った理論研究としては、Boyd and Richerson (1988) などがあった。また、2 者間のジレンマの状況については、確率過程を考慮した理論研究として Nowak et al. (2004) があった。

2. 研究の目的

本研究は、開始当初、ヒトにおける非適応的行動の例として、人口転換に着目した。人口転換とは、19 世紀以降のヨーロッパ諸国で見られるような、産業化にともなう出生率および死亡率の急激な低下を指す。人口転換における出生率低下の過程では、社会の成員が繁殖成功度を著しく低下させる行動を選択しているように見える。このため、人口転換はヒト行動の進化生物学的研究に対する批判の根拠として挙げられる。

人口転換における出生率低下を進化生物学的に説明する仮説はいくつか提唱されていたが、この中で「文化進化仮説」は、出生率低下を「産児数を減らすような価値観」の普及としてとらえ、文化進化が必ずしも個体

の繁殖成功度を最大化する方向に進まないことから現象を説明する。本研究では、ヒト行動への社会学習の影響を重視し、特に階層化した社会において、産児数を減らす価値観が普及する機構について、数理モデル解析を通じて示唆を得ることを第一の目的とした。

ヒトの繁殖行動の変化について理解するためには、ヒトが自然淘汰の産物として備えている、大まかな行動傾向について理解することが不可欠だと考えた。そこで本研究では、ヒトを含む動物における、配偶・繁殖行動の進化について数理モデルを用いた理論研究を行い、ヒトの配偶・繁殖行動の大まかな傾向について知見を得ることを第二の目的とした。

社会学習が、ヒトの配偶・繁殖行動に及ぼす影響について検討するために、進化心理学的な実験を計画した。Berezkei et al. (2002) がハンガリー人を対象に行った、性的刷り込み様現象に関する実験に注目し、日本人を対象に同様の実験を行い、結果を比較することを第三の目的とした。

個体が、コストを払って、自分が所属するグループ全体にベネフィットを与えるような行動の進化について理解を深めるために、Nowak et al. (2004) が開発した 2 人ゲームの確率論的モデルを拡張し、 n 人ゲームに適用できるような形にすることを第四の目的とした。

3. 研究の方法

(1) Ihara and Feldman (2004) の枠組に立脚し、 N 個体の社会学習者からなる無性生殖集団における繁殖、文化伝達、社会的地位の獲得、および死亡の過程を記述する常微分方程式モデルを構築する。高地位者は他個体に対する影響力が低地位者よりも大きいことを仮定する。モデル解析により、コストをともなう名声追求行動 (社会的地位獲得率の増大と繁殖率または生存率の減少をともなう行動) をうながす価値観や信念が、文化伝達によって集団に侵入する条件を求めると。

(2) N 個体の社会学習者からなる無性生殖集団における繁殖、文化伝達、社会的地位の獲得、および死亡の過程を記述する個体ベースシミュレーションモデルを構築する。モデル解析により、コストをともなう名声追求行動をうながす価値観や信念が、文化伝達によって集団に侵入する条件を求めると。この結果を、常微分方程式モデルで得られた結果と比較し、確率過程を考慮することによる影響を検討する。

(3) 雄による子の世話と雌の多重交配の共進化を扱った従来のモデル (Ihara 2002) を

拡張し、新たに二つのモデルを構築する。一方では雌の配偶者選択を導入し、他方では雄の父性に応じた世話の調節を導入する。モデル解析により、これらの要因が雄による子の世話と雌の多重交配の進化に与える影響について検討する。

(4) ヒトにおける性的刷り込み様現象(配偶者選択における選好性が幼少時に親密に過ごした個体の表現型に依存する現象)について検討するため、以下の実験を行う。既婚および未婚カップルの顔写真、男女それぞれの幼少時における異性親の顔写真、および対照となる男女の顔写真を用いて、被験者に顔の類似性を評価させる。この実験により、カップルの男女の顔は対照となる男女に比べて相互に類似しているか、カップルの男の顔は、女の父親の顔に類似しているか、カップルの女の顔は、男の母親の顔に類似しているか、などについて検討する。

(5) 交尾回数をめぐる雌雄間の利害の不一致(性的葛藤)について、数理モデルを用いた理論的研究を行う。雄の persistence trait と雌の resistance trait の拮抗的共進化を、レプリケータ方程式を用いて記述する。モデルをできるだけ単純な形に保つことにより、先行する種々の異なる仮定を置いたモデルと同時に比較できるようにする。

(6) Nowak et al. (2004)により開発された、2人ゲームの確率論的モデルを、n人のゲームに適用できるように拡張する。特に、n人反復囚人のジレンマゲームを解析し、協力的な戦略が進化するための条件を求める。

4. 研究成果

(1) 階層のある社会における文化伝達の常微分方程式モデルを解析し、コストを伴う名声追求行動が集団に普及するための条件を求めた(Ihara 2008)。モデルでは、集団中の個体を、社会的地位の高低、および名声追求性(繁殖率または生存率を犠牲にして社会的地位の向上に努める傾向)の有無に応じて4通りに分類した(表1)。

表1

文化型	個体数	社会的地位	名声追求性
S_0C_0	U_1	低	無
S_0C_1	U_2	低	有
S_1C_0	U_3	高	無
S_1C_1	U_4	高	有

ここで、 S_0 個体と S_1 個体との間には繁殖率や生存率の違いはなく、 C_1 個体は C_0 個体よりも繁殖率または生存率が低いものとした。

また、 S_0C_1 から S_1C_1 への変化率は、 S_0C_0 から S_0C_1 への変化率よりも大きいとした。名声追求性は文化伝達され、 C_0 個体あたりの C_1 への変化率を、 $h\alpha(1-c)$ とした。ただし、 h は水平伝達率 ($h > 0$)、 c は非適応的行動を獲得しにくいような文化伝達のバイアス ($0 \leq c \leq 1$) であり、 α は次の式を仮定した。

$$\alpha = \frac{(1-g)U_2 + U_4}{(1-g)(U_1 + U_2) + U_3 + U_4}$$

ここで、 g は社会的地位の社会的影響力への効果を表している ($0 \leq g \leq 1$)。一方、 C_1 個体あたりの C_0 への変化率を、 $h(1-\alpha)$ とした。モデル解析の結果、社会的地位が社会的影響力に与える効果がある閾値を超えると、コストを伴う名声追求行動が集団に侵入すること、繁殖率を低下させる行動は、生存率を低下させる行動よりも普及しやすいこと、などが示唆された。

(2) 階層のある社会における文化伝達の個体ベースシミュレーションモデルを解析し、コストをとる名声追求行動が集団に普及するための条件を求めた(Ihara 2008)。これは常微分方程式モデルの解析を補完するものである。これにより、決定論的モデルで得られた結果が、確率過程を考慮した場合でも基本的に成立することが示された。一方で、常微分方程式モデルが有効でないようなパラメータの範囲も確認された。

(3) 雄による子の世話と雌による多重交配の共進化モデルを解析した(Seki et al. 2007)。基本モデルの仮定は、先行研究(Ihara 2002; Wakano and Ihara 2005)を踏襲した。雌雄それぞれに2つの対立形質を仮定した。 X_1 雌は1個体の雄とだけ交配するのに対し、 X_2 雌は平均 k 個体の雄と交配する ($k > 1$)。多重交配には生存上のコストがあるものとした。 Y_1 雄が子の世話に関与せず、配偶者の数を最大化するように振舞うのに対し、 Y_2 雄は子の世話をするにより、子の生存率を増大させることを仮定した(表2)。

表2

	雌	雄
X_1	配偶者数 1	-
X_2	配偶者数 k	-
Y_1	-	子の世話無
Y_2	-	子の世話有

今回の研究ではさらに、雌による配偶者選択と、雄による父性に応じた子の世話の調節を明示的にモデルに導入した。モデル解析の結果、多重交配しない雌が、子の世話をする雄を配偶者として選択しやすい場合、雄による子の世話が進化しやすいこと、子の世話

をする雄が、多重交配しない雌の子を世話しやすい場合、雄による子の世話が進化しやすいこと、これらが必ずしも雌の多重交配の進化を起こりにくくするとは限らないこと、などが示唆された。

(4) 交尾回数をめぐる性的葛藤のモデルを構築した (Kimura and Ihara submitted)。雄の persistence trait と雌の resistance trait の拮抗的共進化を、レプリケータ方程式を用いて記述した。モデル解析の結果、先行研究と同様の結果が得られることを確認した。

(5) ヒトにおける性的刷り込み様現象について検討するため、日本人の 38 組の既婚・未婚カップルを対象として実験を行った (Nojo et al. in preparation)。男女の顔は対象となる男女と比較して相互に類似していること、男性の母親と女性との間に類似性が見られないこと、女性の父親と男性との間に類似性が見られないこと、などの知見が得られた。また、顔面形質の測定値から主成分を抽出し、顔の類似性を評価する新たな方法を考案した。

(6) 2 プレイヤーによる反復囚人のジレンマゲームの確率論的モデルを、一般の n プレイヤーにも適用できるように拡張した (Kurokawa and Ihara 2009)。このモデルを解析し、非協力的な戦略の集団に協力的な戦略が侵入して最終的に固定する確率 (P_a) が、中立進化を仮定した場合の期待値を上回る条件、協力的な戦略の集団に非協力的な戦略が侵入して最終的に固定する確率 (P_n) が、中立進化を仮定した場合の期待値を下回る条件、 P_a が P_n を上回る条件、などを求めることに成功した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

Kurokawa, S., and Ihara, Y. Emergence of cooperation in public goods games. *Proceedings of the Royal Society B* 276, 1379-1384 (2009) 査読有

Ihara, Y. Spread of costly prestige-seeking behavior by social learning. *Theoretical Population Biology* 73, 148-157 (2008) 査読有

Seki, M., Wakano, J. Y., and Ihara, Y. A theoretical study on the evolution of

male parental care and female multiple mating: effects of female mate choice and male care bias. *Journal of Theoretical Biology* 247, 281-296 (2007) 査読有

井原泰雄 雄による子の世話と配偶システムの進化 *生物科学* 58, 68-76 (2007) 査読有

[学会発表](計 13 件)

木村麻里子, 井原泰雄. 性的葛藤による配偶者選択の進化. 第 18 回日本数理生物学会大会, 京都, 2008 年 9 月 16 日 - 18 日.

Ihara, Y. Spread of costly status-seeking behavior by social learning: mathematical models. *Human Behavior and Evolution Society 20th Annual Conference*, Kyoto, June 4-8, 2008.

Nojo, S., Tamura, S., and Ihara, Y. Parental influence on mate choice. *Human Behavior and Evolution Society 20th Annual Conference*, Kyoto, June 4-8, 2008.

Ihara, Y. Exaggeration of costly prestige-seeking behavior by cultural evolution. *Joint Annual Meetings of The Society for Mathematical Biology and The Japanese Society for Mathematical Biology*. San Jose, USA. July 31-August 3, 2007.

関元秀, 井原泰雄. オス投資と配偶戦略の進化について: 個体ベースシミュレーションによる検討. 第 25 回日本動物行動学会大会, 岡山 (2006 年 10 月 27 日 - 29 日)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井原 泰雄

東京大学・大学院理学系研究科・講師

研究者番号: 90376533

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし