

# 「景観保全」問題に関する進化論的検討： 利他的行動の創発に関する理論的分析

羽鳥 剛史<sup>1</sup>・住永 哲史<sup>2</sup>・藤井 聡<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 博（工） 東京工業大学大学院助手 理工学研究科土木工学専攻（〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1, E-mail:hatori@plan.cv.titech.ac.jp）

<sup>2</sup>非会員 東京工業大学 土木工学科（〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1, E-mail:tsuminaga@plan.cv.titech.ac.jp）

<sup>3</sup>正会員 博（工） 東京工業大学大学院教授 理工学研究科土木工学専攻（〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1, E-mail:fujii@plan.cv.titech.ac.jp）

地域の良質な景観は、当該地域における一名、ないしは少数の利他的行動者によって保全されることがしばしば報告されている。本研究では、進化理論における階層淘汰の考え方をを用いて、利他的行動の発生メカニズムをモデル化し、地域において景観保全に積極的に取り組む利他的行動者が生ずるための社会的条件を理論的に検討した。その際、異なる集団間の集団淘汰と集団内部の個人淘汰を同時に考慮した動学的モデルを構築し、社会の中で利他的行動が創発するか否かを分析した。その結果、利他的行動の創発は、個人淘汰だけでは実現せず、集団淘汰が存在することによって実現し得る可能性を理論的に示した。

キーワード: 進化心理学, 景観保全, 利他的行動, 階層淘汰論

## 1. 景観保全問題と利他的行動

良質な景観は、一人、ないしは少人数の「地域の景観問題に熱心に取り組む人」によって保全されることがしばしば報告されている。例えば、環境省では、「地域環境保全功労者表彰」及び「地域環境美化功績者表彰」を設け、毎年、地域における景観保全に尽力した人々の活動内容が紹介されている<sup>1)</sup>。このような一人、ないしは少数の環境保全行動は、個人的な負担を犠牲にした「利他的な行動」と考えられる。これまでは、こうした「利他的行動者」の重要性と存在は報告されてきたものの、概して、「属人的」という言葉の下、そうした人々の出現があたかも「単なる偶然」の様に取り扱われてきているように思われる。そして、景観保全やまち作りにおいて成功を願うにおいて、そうした「利他的行動者」が重要であるにもかかわらず、その出現するかしないか分からない存在であるが故に、景観保全やまち作りの「計画論」を展開するに当たっては、計画要素から意図的に排除される傾向にあったものとも考えられる。しかし、そうした利他的行動者の出現は、前述の環境省の報告例に見られるように、頻繁に生ずる社会的な現象であり、その出現は一定の因果関係の下に生じ得るものである可能性が十分に考えられる。もしも、その出現が単なる偶

然ではなく、一定の因果関係の下に生じうる、特定の「必然性」をもつ現象であるのなら、そうした人々の出現を、景観保全や地域計画において単なる偶然性に支配される「誤差」としてではなく、重要な計画要素の一つと見なした上で、計画論を展開することが期待できると言えよう。すなわち、利他的行動者の「自発的出現」を「促進」ということも一つの計画目的、あるいは計画上の制約条件として見据えながら、景観まちづくりのあり方を検討することも可能となるものと期待できるのである。本研究では、このような認識の下、利他的行動者が出現する理論的メカニズムを、「進化心理学」の立場から検討するものである。

## 2. 進化心理アプローチ

20世紀後半から、生物学や人類学だけでなく、心理学や経済学等の社会科学の中で進化論的な視点に基づく研究が盛んに進められてきた。この進化心理学的アプローチは、個人のような行動規範や心的傾向を「遺伝子」とみなし、進化プロセスを通じて、これらの行動規範や心的傾向がどのようにして社会や集団に根付いてきたのかを把握しようとするものである。その中でも、個人の負

担を犠牲にした利他的行動がいかんにして醸成されるかについて検討した研究が数多く蓄積されてきた。

一方、近年、進化理論の先端領域である進化生物学において、「階層淘汰論 (multilevel selection)」の考え方が高い関心を得ている<sup>2)</sup>。ここで、階層淘汰論とは、一個の遺伝子の生存確率はその遺伝子が含まれている個体の生存率とその個体が属する集団の生存率に依存すると考える進化論である。すなわち、階層淘汰論によれば、遺伝子には様々な階層で淘汰圧が作用する。その階層としては、大きく集団内の個人淘汰 (individual selection) と集団間の集団淘汰 (group selection) の2つに分けられる。ここで、個人淘汰論とは、進化プロセスにおいて環境に適応できずに淘汰されるか、あるいは生き残るかという「単位」が「個体」であるのに対して、集団淘汰論とは、淘汰の単位が「集団」であると考える進化論である。

しかしながら、従来の進化生物学においては、「個人淘汰論は是だが、集団淘汰論は避けなければならない」という風潮 (あるいは、ドグマ) が支配的であった。この風潮は、ダーウィンの進化論の基本的な考え方が十分に社会的に理解されていなかった19世紀後半や20世紀初頭に、社会問題を安易に集団淘汰論で説明しようとした際に生じた種々の誤謬に対する反省によって生じたものであり、ドーキンスの「利己的遺伝子」(Dawkins, 1976)の発刊以来、より強固なものとなったと考えられる<sup>3)</sup>。

ところが、20世紀の後半から進化生物学において上述の風潮は変わりつつあり、「階層淘汰論」が支配的な考え方となりつつある。Sober & Wilson (1998)はこの階層淘汰論に基づいて、利他的行動の起源の少なくとも一つは階層淘汰に含まれる「集団淘汰」であると指摘している<sup>2)</sup>。すなわち、集団淘汰が存在するからこそ、「自分の利益 (すなわち、生き残る確率) を犠牲にしても集団内の他者の利益の増進を図る」という自己犠牲的な利他的行動が、進化プロセスの中で創発する可能性が存在するのである。Sober & Wilsonは、こうした利他的行動を特に「進化論的利他的行動」と呼称し、こうした進化論的利他的行動は個人淘汰論では説明できず、かつ、少なくとも部分的にでも集団淘汰論を許容する階層淘汰論でなければ説明できないという点を指摘している。

以上は、生物学という進化論の議論の展開の中でも最も先端の学術領域の議論であるが、その周辺領域である社会科学における進化論者は、今のところ、十分にこの階層淘汰論を導入した社会現象の記述を行っていないように思われる。そして、多くの社会学者は、未だに上述のような集団淘汰を否定的に見なすドグマで現象を捉えようとしているように思われる。それ故、社会科学の

最も興味を持つ対象の一つである「利他的行動」の起源について、十分に論理的な説明がなされていない危険性が十分に考えられる状況にあるものと言える。そのため、例えば本稿の問題意識である景観保全問題において、人々が利他的行動を行う「条件」が如何なるものであるのかに関わる議論が、現在の社会科学における諸議論の中では不十分である、と考えられる次第である。本稿は、このような問題意識の下で、進化論的な立場から、利他的行動の創発条件を明らかにするものである。

### 3. 進化モデル

#### (1) モデルの前提条件

藤井・松山は、前述の階層淘汰論に基づいて、進化心理シミュレーション分析を実施し、利他的行動が生起するか否かを数値実験的に分析している<sup>4),5)</sup>。本稿では、藤井・松山によるシミュレーション分析の前提条件を基にして進化モデルを構築し、利他的行動者の創発条件について解析的に検討する。

#### a) 景観保全問題

本稿では、複数の個人を内包した複数集団から構成される社会を想定し、このような社会の中で自己犠牲的な景観保全行動が創出するか否かを分析する。本節では、本分析が対象とする景観保全問題の前提条件を説明する。N人の個人から構成される集団が複数存在する状況を想定しよう。ここで、各集団は1つの地域コミュニティを表すものと解釈できる。各個人の寿命は全員共通であり、それを「1世代」と呼ぶことにしよう。ただし、個人の寿命はその個人の「生物学的な寿命」とは異なり、本人が自分の行動規範を変更する期間と解釈できる。また、集団を構成する各個人は、生涯の行動を規定する「遺伝子」を有すると仮定する。ここで、個人の遺伝子は、利他遺伝子と庶民遺伝子の2つのいずれかに分類されると考える。利他遺伝子を有する個人 (以下、利他的個人、あるいは利他的行動者と呼ぶ) は、自分の利益を犠牲にしつつも、集団の利益の増進に寄与するように「プログラム」されていると考える。このような利他的行動は、本稿が対象とする「景観保全行動」を表している。すなわち、集団の利益は、利他的個人が景観保全に積極的に取り組むことによって当該地域に良質な景観が保全されることを表している。また、このような行動による個人の負担は、当該個人の生活水準の低下等、利他的行動による機会費用を表している。一方、庶民遺伝子を有する個人 (以下、庶民と呼ぶ) は、自分で利他的な行動を行うようには「プログラム」されていないが、利他的行動者の恩恵を被ることが出来る。このように、利他的個人

は自分の所属する集団に対して多大な利益をもたらすが、その一方で、当該個人にとって多大な犠牲を強いる結果となる。このような状況の下で、社会の中で利他的個人が出現するか否かが本分析の焦点である。

#### b) 階層淘汰

以下では、上記の問題設定の下で、社会における利他的行動者数の推移、すなわち、各集団内の遺伝子分布の変化を分析する。ここで、個人淘汰と集団淘汰の2つの淘汰メカニズムを仮定する。第1に、各集団内において、個体レベルの淘汰が作用する。すなわち、個人の「適応価」（個人の遺伝子が次世代に継続する可能性）に応じて、各個人の有する遺伝子が次世代に継続されるかどうか決定される。ここで、利他的個人は自己犠牲的な行動を採用しているため、その「適応価」は、庶民よりも低くなると考えられる。この結果、個人淘汰によって利他遺伝子は駆逐される傾向にある。すなわち、集団内においては、利他的行動を促進するような行動規範や心的傾向は常に消失する傾向にある。

第2に、集団間において、集団レベルの淘汰が作用する。すなわち、各集団の「適応価」（集団が次世代に継続する可能性）に応じて、集団が次世代において存続するか否かが決定される。ここで、集団の適応価は、その集団内に存在する利他的行動者数に依存すると考える。その結果、適合度の高い集団は社会の中で高い割合を占めるようになり、適合度の低い集団は社会の中で低い割合を占めるようになるものと考えられる。

なお、以上の淘汰現象は、必ずしも個々の個体及び集団が「死滅」することを意味する必要はない。むしろ、本研究では、このような淘汰現象を、個人及び集団の特性（「ミーム」）が、学習及び模倣を通じて、個人間、集団間で伝播する状況を表しているものと解釈する<sup>3),6)</sup>。すなわち、個人淘汰は、地域において各個人がより生活水準の高い他者の行動特性を学習する現象を表していると考えられる。一方、集団淘汰は、集団内の規範や精神的風土等、集団を構成する個々人の行動を規定するような集団の特質が、集団間で伝播し、異なる集団に根付くような状況を表している。このような地域間の規範の伝播は、個人の社会的学習に基づいて、個人が他の地域の先進的な取り組みに感化され、地域における景観保全に積極的に取り組むことで、そのコミュニティの特質が変化する場合が該当する。そして、このような集団淘汰の強度は、個人の学習意欲や自分の属する集団を存続しようと願う地域愛着を含意している。本研究で得られた分析結果の政策的含意を考察する上では、このような解釈を用いている点に留意する。

#### (2) モデルの定式化

本研究では、社会における利他的行動者数の時間変化は、「集団間での集団淘汰」、「集団内での個人淘汰」、ならびに「突然変異」によって引き起こされる、という形の淘汰メカニズムを想定する。以下、この基本的な想定に基づいた淘汰メカニズムを、連続時間を仮定した動学的モデルとして定式化することとしよう。

**[1] 社会状態ベクトル** 前述したように、集団の適合度は、集団内の利他的行動者に依存する。したがって、集団内に  $i$  人の利他的行動者が存在する集団の適応価を「適応価  $i$ 」と定義する ( $0 \leq i \leq N$ )。本モデルでは、社会における各集団の割合に着目し、社会における適応価  $i$  の集団割合を  $x_i$  で表す ( $0 \leq i \leq N$ )。社会の状態は各集団の割合  $x_i$  から構成される状態変数ベクトル  $\mathbf{x} = (x_0, x_1, \dots, x_i, \dots, x_N)$  で表される。ただし、社会状態  $\mathbf{x}$  に対して、以下の条件式

$$\sum_{i=0}^N x_i = 1, \quad 0 \leq x_i \leq 1 \quad (1)$$

が成立すると仮定する。本ベクトル  $\mathbf{x}$  を用いて、社会における集団内の平均的な利他的行動者数  $r$  は、

$$r = \sum_{i=0}^N i \cdot x_i \quad (2)$$

で表される。以下、 $r$  を特に「平均的な利他的行動者数」と呼称する。

**[2] 個人淘汰** 集団内で個人淘汰が生起する場合、その集団内の利他遺伝子を備えた個体が一人減少すると仮定する。また、個人淘汰は集団内部の現象であり、その生起確率は集団の状態に依存せず一定であると仮定する。したがって、ある1つの集団において単位時間当たりに個人淘汰が生起する確率は一定値  $\mu$  を用いて表現される ( $0 \leq \mu \leq 1$ )。確立  $\mu$  は個人淘汰の強度を表すパラメータであり、以下では「個人淘汰圧」と呼称する。

**[3] 突然変異** 集団内で突然変異が生起すると、利他遺伝子を備えた個体が一人増加すると仮定する。ある1つの集団において単位時間当たりに突然変異が生起する確率を微小確率  $\varepsilon$  で表現する ( $\varepsilon \ll 1$ )。

**[4] 集団淘汰** 集団レベルにおいては、利他的行動者が多数存在する集団の割合は増加し、そうでない集団の割合は減少する。ここでは、適応価  $i$  の集団割合の集団淘汰による単位時間当たりの変化の期待値  $v_i(\mathbf{x})$  を、状態ベクトル  $\mathbf{x}$  の関数として以下のように定義する。

$$v_i(\mathbf{x}) = \rho \left( i - \sum_{k=1}^N k x_k \right) \quad (i = 0, 1, \dots, N) \quad (3)$$

ここで、関数  $v_i(\mathbf{x})$  に関して、任意の2つの状態  $j, k$  ( $j > k$ ) に対して、 $v_j(\mathbf{x}) > v_k(\mathbf{x})$  が成立する。したがって、関数  $v_i(\mathbf{x})$  は、集団割合の変化と利他的行動者数に関する上記の性質を満足する。また、 $\rho$  は集団淘汰の強度を表

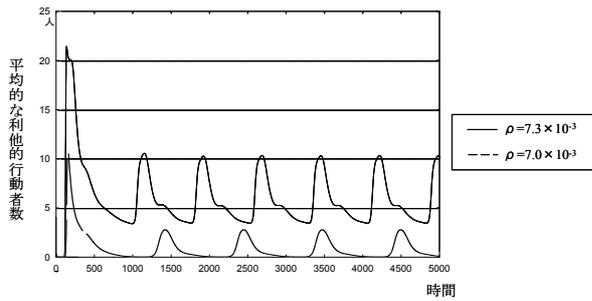


図-1 集団内の平均的な利他的行動者数の推移  
( $\mu=0.7$ ,  $\varepsilon=1.0 \times 10^8$ )

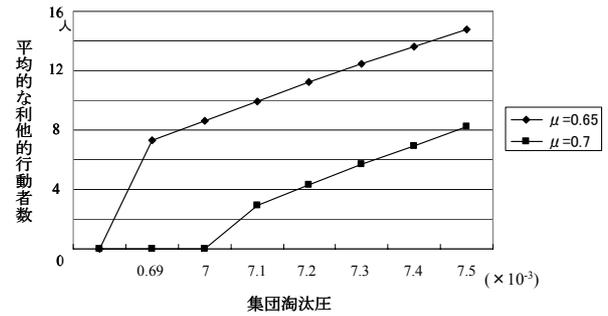


図-2 個人淘汰圧・集団淘汰圧と利他的行動者数の収束値  
( $\varepsilon=1.0 \times 10^8$ )

すパラメータであり、「集団淘汰圧」と呼称する。

**[5] 動学的モデル** 集団割合の時間変化の期待値は、個人淘汰と突然変異の生起確率  $\mu$ ,  $\varepsilon$ , 集団淘汰による集団割合の時間変化  $v_i(x)$  を用いて、

$$\frac{dx_0}{dt} = v_0(x)x_0 + x_1\mu - x_0\varepsilon \quad (4a)$$

$$\frac{dx_i}{dt} = v_i(x)x_i + x_{i+1}\mu - x_i\mu + x_{i-1}\varepsilon - x_i\varepsilon \quad (i=1,2,\dots,N-1) \quad (4b)$$

$$\frac{dx_N}{dt} = v_N(x)x_N - x_N\mu + x_{N-1}\varepsilon \quad (4c)$$

で表現される。ここで、上式(4b)の第1項は集団淘汰効果を表している。第2項、第3項は個人淘汰効果を表しており、第2項は適応値*i*+1の集団の適応値*i*への遷移、第3項は適応値*i*にある集団の適応値*i*-1への遷移を表している。第4項、第5項は突然変異効果であり、第4項は適応値*i*-1にある集団の適応値*i*への遷移、第5項は適応値*i*にある集団の適応値*i*-1への遷移、第5項は突然変異による適応値*i*の集団の適応値*i*+1への遷移を表現している。ただし、適応値0の集団では利他的個人がそれ以上減少しないため、上式(4a)において、式(4b)の第3項、第4項は存在しない。同様にして、適応値*N*の集団では、利他的個人はそれ以上増加しないため、上式(4c)において、式(4b)の第2項、第5項は存在しない。

### (3) モデルの解析結果

各集団の占める割合の推移を方程式(4a)-(4c)の解として数値的に導出し、式(2)に基づいて「平均的な利他的行動者数*r*」の挙動とその期待値を求めた結果を図-1、図-2に示す。ここで、集団内の個人の人数を*N*=100人に、突然変異の生起確率を $\varepsilon=1.0 \times 10^8$ に設定している。なお、以下の数値計算では、異なるパラメータ間でその値のオーダーが異なっているが、分析結果を考察するにあたり、各パラメータの値そのものは実質的な意味を有していない点に留意する。各パラメータの値を変化させた時、分

析結果にどのような影響を及ぼすかが分析の焦点である。

さて、図-1では、集団淘汰圧を $\rho=7.0 \times 10^{-3}$ ,  $7.3 \times 10^{-3}$ に設定した場合のそれぞれのケースの平均的な利他的行動者数の推移を表している。ここで、個人淘汰の生起確率を $\mu=0.7$ に固定している。また、横軸の「時間」は、微分方程式の計算ステップ数を表している。これより、平均的な利他的行動者数は淘汰圧を受けて常に揺れ動いているものの、集団淘汰圧が大きい方が集団内に利他的個人が定着する様子が確認できる。また、図-2は、集団淘汰圧について7パターン、個人淘汰の生起確率について2パターンを設定した上で、平均的な利他的行動者数の「期待値」を計算した結果を示している。ここで、平均的な利他的行動者数の期待値は、設定時間内の平均的な利他的行動者数の挙動の期待値を表している。図-2からも、集団淘汰圧が大きくなるにつれて、利他的行動者数が増加していることが確認される。また、個人淘汰の生起確率が高い方が、利他的行動者数は減少する結果が得られている。

## 4. 考察

本研究では、地域コミュニティにおける一名、ないしは少数の利他的行動者の存在が、当該地域の景観保全に本質的な影響を及ぼすという問題意識に基づいて、このような利他的行動が生じる社会的条件を理論的に検討した。その際、階層淘汰論に基づき、社会集団の中で利他的行動者が創発するメカニズムを、進化モデルを用いて記述し、社会における平均的な利他的行動者数の推移を導出した。その結果、集団淘汰が存在することによって利他的行動が創発することが理論的に明らかとなった。前述したように、集団淘汰とは、集団内の個人が他の集団における先進的な取り組みを学習するような状況を表

している。したがって、以上の結果をまとめるなら、次のようになる。

「外部の集団における先進的な取り組みを学習しようとする一定の動機が存在する集団では、集団内に利他的行動者が創発する可能性が高まる。」

ただし、以上の知見は、集団淘汰が存在するとき、集団内部に利他的個人が常に定着し続けることを必ずしも意味しない。むしろ、集団内部では、自己犠牲的な利他的個人は常に駆逐される傾向にあることに留意すべきである。この点は、2. で述べた集団淘汰論に対する否定的な風潮を考慮する上でも重要である。集団淘汰論に対する批判は、それが集団の価値のみを重視した結果、個人としての存在を否定し、「種の保存」、「全体主義イデオロギー」を助長する可能性があることに向けられている。ただし、こうした集団淘汰の考え方の根本的な問題点は、個人が集団に奉仕する存在であることを暗黙的に前提としたことにある。そこでは、個人の存在価値と集団の存在価値とが同一であることが、特別な根拠の無いまま「生得的 (a priori)」に前提とされている。しかし、本研究の分析枠組みにおいては、個人淘汰と集団淘汰はお互いに対立した影響を個人に与えている。そして、このような状況においても、集団淘汰が存在することによってのみ、集団内に利他的な動機が常に再生産され得ることが示されたのである。言い換えれば、外部の集団における先進的な取り組みを取り入れようとする一定の動機が原動力となって、集団内で利他的行動が再生産され得るのである。本研究の理論分析を通じて、利他的行動の創発に関する新しい理論的可能性が示されたものと考えられる。

## 5. 結論

本研究で得られた重要な知見は、個人による自己犠牲的な景観保全行動が個人の学習意欲や地域愛着と密接に関わっており、利他的個人の出現が一定の因果関係に基づいて生起し得る現象であることを理論的に明らかにした点である。前述したように、従来、このような利他的動機は個人に「偶発的」に備わっているものと見なされており、その重要性が認識されてはきたものの、地域計画論を展開する上で、計画要素から排除される傾向にあったものと考えられる。しかし、本研究の理論的検証を通じて、このような利他的個人の出現が特定の進化メカニズムの下で生起し得る「必然的」な現象であることが理論的に示された。この点を踏まえれば、このような因果関係に基づいて、利他的行動者の自発的出現を促進

することも、地域計画の新しい展開になり得ることが示唆される。

さて、ここでは、本研究で得られた知見が地域計画に示唆する点を考えてみることにしよう。

第1に、「集団」意識の適切な保持の重要性を、本研究が暗示しているものと考えられる。例えば近年では、市町村合併の進展や道州制の導入、ひいてはグローバリゼーションの進展が著しいが、このような動向に伴う、地域、国家という「集団」の溶解が、利他的動機の減退を導き、利己的動機の氾濫を誘発することが、本研究の分析より示唆されている。このような状況において、過剰な個人主義を是正し、地域の「集団」としてのアイデンティティを保持することによって、利他的行動が出現する可能性が向上するものと期待できるのである。

第2に、「地域間の社会的学習」を高めることが、地域に資する利他的行動の出現を促す効果があるものと考えられる。前述したように、集団淘汰は集団内の規範や精神的風土が集団間で伝播する状況を表しているが、そのためには、個人が地域に対する愛着を有するとともに、外部地域の動向を常に意識し、より良いものを取り入れようとする積極的な態度が必要であると考えられる。すなわち、個人の学習意欲を低減させることによって、自発的な利他的行動が抑制され得るという可能性が、本研究より含意されたものと考えられる。

さて、以上の2点を踏まえれば、「景観保全行動の自発的な発生」を促進するためには、地域において「集団」としての凝集性を高めるとともに、その一方で外部に対して「開かれた」精神的風土を保持することが重要であるという、半ば相矛盾する二つの傾向性の重要性が示唆されたものと考えられる。このことは畢竟、地域の「ウチ」と「ソト」との間で適切な平衡状態を保つことが地域計画に課された本質的な課題であることを暗示しているものと解釈できよう。

以上の知見は、本研究で提案した理論モデルの分析結果から演繹された理論仮説に留まっており、今後、これらの理論的可能性を地域計画に反映するためには、いくつかの課題が残されている。第1に、実際の社会を対象にして、上記の理論仮説が実証的な証拠を持つか否かについて検証することが必要である。特に、集団淘汰の強度と利他的行動の創発との因果関係を検証する上では、アンケート調査を通じて、個人の学習意欲や地域愛着等の心理学的データの分析を進めていく必要がある。第2に、本研究で検証した理論的可能性に基づいて、利他的行動者の自発的出現を促進する上では、集団淘汰を促進し、個人淘汰を抑制するような社会的要因を検討することが必要である。特に、藤井・松山で指摘されているように、一般の人々の感謝の念の存在が、利他的行動者の

創発を促すとともに、感謝と利他的行動とが共進化する可能性も存在する<sup>4),5)</sup>。今後は、感謝と利他的行動との関係を理論的・実証的に分析していくことが必要である。

#### 参考文献

- 1) 環境省  
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=7184>
- 2) Sober, E. and Wilson, D. S.: *Unto Others: The Evolution and Psychology of Unselfish Behavior*; Cambridge, Harvard University Press, 1998.
- 3) Dawkins, R.: *The Selfish Gene*, New York, Oxford University Press, 1976.
- 4) 藤井 聡, 松山公紀: 「まちづくり問題」に関する進化論的検討—利他的行動の創発に関する進化シミュレーション分析, 土木計画学研究・講演集 (秋大会), CD-ROM, Vol.30, 2004.
- 5) 藤井 聡, 松山公紀: 「まちづくり問題」に関する進化論的検討 (2) —利他的行動と感謝の創発に関する進化シミュレーション分析と実証分析, 土木計画学研究・講演集 (秋大会), CD-ROM, Vol.32, 2005.
- 6) Brodie, R.: *Virus of the Mind: The New Science of the Meme*, Seattle, WA, Integral Press, 1996. (森弘之訳: ミーム: 心を操るウイルス, 講談社, 1998.)