

「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*
An evolutionary study of regional public works with residential participation:
A simulation analysis of emergence of altruistic behaviors*

藤井 聡**・松山 公紀***

By Satoshi FUJII** and Hiroki Matsuyama***

1. まちづくり問題と利他的行動

まちづくりや地域づくり等の地域の固有性が重要となる公共事業では、地域共同体（コミュニティ）の（納税以上の）適切な関与が重要となるケースが少なくない。事実、こうした認識から、まちづくりや地域作りに関わる合意形成研究が頻繁になされるようになってきている（c.f. 土木学会誌編集委員会，2003）。

しかしながら、「適切な地域共同体の参加」とは一体いかなるものなのだろう。

まず考えられるのは、その公共事業の恩恵を被る人々全員が、薄く広く平等に参加する、というものである。しかし、既存の制度やインフラを使用する際の費用や、納税の義務については万人が平等に負担することも可能ではあっても、「事業」の実施に伴って必要とされる積極的労力を、全員が広く薄く負担することは現実的に難しいだろうし、かつ非効率的ですらある。それ故おそらくは、その地域共同体の中の一人、ないしは、数名がその公共事業に「熱心」に取り組むことが、当該の公共事業を成功に導く「適切な地域共同体の参加」の現実的形態であるものと考えられる。

事実、これまでのまちづくりや地域づくり等が成功に終わった事例を考えてみた場合、当該地域におけるごく一部の人々、一名の多大な労力が存在していたことが経験的に知られている（藤井，2003；11章参照）。

この様に、一人、ないしは一部の人々が協力的に振る舞うことで、公共事業が実施され社会全体（この場合には地域全体）の利益が増進する一方で、そうした協力的な人々が一人もいなければ結局は公共事業が実施されず公共利益の増進が見込めない、という様な状況は一般に「ボランティア・ジレンマ」と呼ばれている（藤井，2003：2章・11章参照）。すなわち、ボランティア・ジレンマとは、一人、あるいは一部の人々が、大幅な利己的損失を顧みずに利他的に振る舞う行動者である“ボランティア”が出現するか否かで、社

会全体の厚生水準が決定してしまう社会状況である。そして、先述の様に、まちづくり等においては、そうした利他的な「ボランティア」の存在が成功の鍵となっていることが経験的に知られているのである。

しかしながら、以上の知見はあくまでも「経験的」なものにしか過ぎない。しかも、仮に公共事業の成功のために“ボランティア”が必要であるとしても、それが生まれる社会的条件についての知見が無ければ、実務的含意も十分なものとは言い難い。本研究は以上の認識の下、“ボランティア”が創発する社会的な条件を論理的に検討することを目的とする。この目的の下、「利己的な人々ばかりの社会」を考えた上で、その社会の中でどのような条件の下で「利他的なボランティア」が進化論的に進出するのかを、近年の進化生物学の中で注目を集めつつある階層淘汰理論（c.f. Sober & Wilson, 1998）に基づくシミュレーション分析によって検討するものである。こうした進化論的シミュレーションは直接的に応用問題に援用することは難しいが、そこで得られた社会科学的にも新規な知見が意味する実務的な含意を検討することで、これまでの社会科学的常識の中では展開できなかった新たな形の計画論的議論の展開が期待できるものと考えられる。

2. 進化シミュレーション

20世紀後半から、生物学や人類学だけではなく、心理学や経済学や社会学などのいわゆる社会科学の中で進化論的な視点に基づく研究が盛んに始められてきた。しかし、生物学における進化論の学術的展開と、心理学や経済学などの周辺社会科学領域におけるそれとは数年から数十年程度の乖離があり、最新の生物学上の進化論の理論的展開が十分に周辺社会科学領域では反映されていないのが実態である。

ところで、進化生物学においても、それを援用した種々の進化論的社会科学においても「個体淘汰論は是だが、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）が長らく支配的であった。ここに、個体淘汰論とは、進化プロセスにおいて環境に

*キーワーズ：進化シミュレーション，市民参加，計画基礎論

**博士(工学)，東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻

***東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻修士課程

(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

Tel & Fax：03-5734-2590fujii@plan.cv.titech.ac.jp)

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」であるという進化論であり、集団淘汰論とは、淘汰の単位が個体ではなく「集団」であるとする進化論である。こうした風潮は、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より生じたものであり、1976年に出版されたドーキンズの「利己的遺伝子」(Dawkins, 1976)以来より強固なものとなった^[1]。

ところが、20世紀の後半から進化生物学では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。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、ならびにその個体が属する集団の生存率に依存する、と考えるものである。すなわち、遺伝子は様々な階層で淘汰圧がかけられると考えるのが階層淘汰論である。

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いうことを指摘した。すなわち、集団淘汰が存在するからこそ、「自らの利益(すなわち、生き残る確率)を犠牲にしてでも集団内の他者の利益の増進を図る」という行動を行うことがプログラムされた遺伝子ですら、生き残ることができる。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のなげ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。そして、多くの社会学者は、未だに上述の様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。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のが、21世紀初頭の実情である。それ故、本稿の問題意識である、まちづくり問題等のボランティア・ジレンマ問題において、人々が利他的行動を行う条件を明らかにする様な議論が、現在の社会科学における諸議論の中では不十分であるものと考えられる。本稿は、その問題意識の本、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. シミュレーション実験の概要

本シミュレーションでは、複数個体で構成される集団を複数考える。各個体の寿命は全員共通で、それを「1世代」と呼ぶこととする。各個体は、生涯の行動を規定する「遺伝子」を持つ。遺伝子としては戦士遺伝子、庶民遺伝子、利己遺伝子の3種類を考える。戦士遺伝子を持つ個体(以下、戦士)は、一生で20の費用を拠出するが、集団内の全員に10の利益をもたらす。一方、庶民遺伝子を持つ個体(以下、庶民)と利己遺伝子を持つ個体(以下、利己主義者)は共に戦士の様に集団内の他者を利するようには振る舞わないが、庶民は戦士に僅かな謝礼C(後に示す数値計算例では $C \leq 0.3$)を供与する一方、利己主義者は謝礼を供与しない。なお、庶民から拠出された感謝額合計は戦士全員で山分けし、また、社会に戦士が存在しなくても庶民は感謝Cを供出するものとする。

以上の前提の下、世代毎に各集団内の遺伝子分布は次の様に変化していくものとする。まず、初期時点では全遺伝子が利己遺伝子とする。次に各個体の遺伝子は、その個体が所属する集団内の全個体の生涯利得の合計 B_G とその個体の生涯利得 B_i に応じて定義される数値 $E = \{100 \times (B_i / B_G)\}^{(1-a)}$ に基づく次の確率により、 n 個の個体($n \geq 0$)に引き継がれる(ここに a は0~1までの値を取るパラメータである)。

$$\begin{aligned} \text{ある個体の遺伝子が次世代で} n \text{ 個の個体に} \\ \text{伝承される確率} &= 0 \text{ (if } E \leq n-1 \text{ or } E \geq n+1) \\ &= 1 - n + E \text{ (if } n-1 < E \leq n) \\ &= n - E \text{ (if } n < E < n+1) \end{aligned}$$

つまり、個人利得 B_i が大きい程その遺伝子は多数の個体に次世代で伝承され、小さい程消滅する確率が高くなる。以上が本研究で仮定する集団内の個人淘汰のメカニズムであるが、各集団についても同様に集団淘汰メカニズムが存在する。各集団の構成員の利得の合計 B_G と全集団の集団利益の合計 B_{all} で定義される数値 $E' = \{10 \times (B_G / B_{all})\}^a$ に基づく次の確率により、その集団と同じ個体構成の集団が次世代で n 個($n \geq 0$)生成される。

$$\begin{aligned} \text{全く同じ個体構成の集団が} n \text{ 個構成される確率} \\ &= 0 \text{ (if } E' \leq n-1 \text{ or } E' \geq n+1) \\ &= 1 - n + E' \text{ (if } n-1 < E' \leq n) \\ &= n - E' \text{ (if } n < E' < n+1) \end{aligned}$$

以上の設定により集団数の期待値は10個、集団内の個体数の期待は100個となる。ここに先述のように a は0~1までのパラメータだが、集団淘汰の圧力と個人淘汰の圧力の比を表すものである。 a が1に近いほど集団淘汰圧が優越し、0に近いほど個人淘汰圧が優越する。

なお、いずれの個体においても、生涯の最初の時点で1%の確率で突然変異を起こす。突然変異が生ずれば、その個体は現在所持している遺伝子とは異なる遺

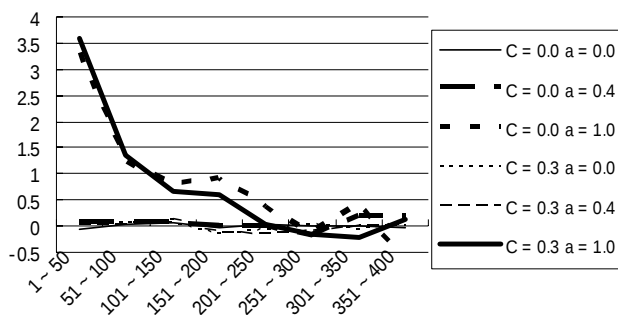


図1 平均固体利得の平均増変化量の推移

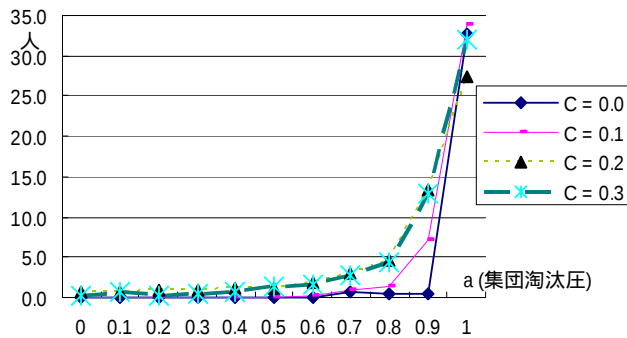


図2 200～300世代の戦士数の平均

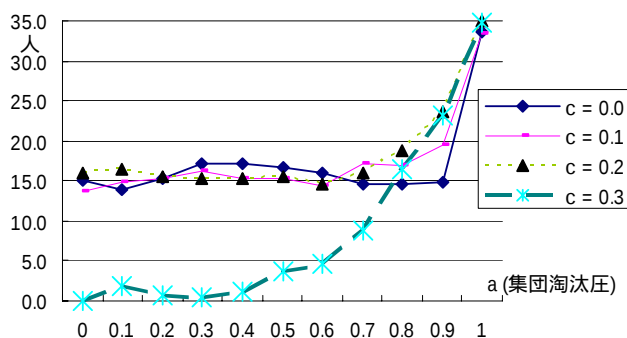


図3 200～300世代の庶民数の平均

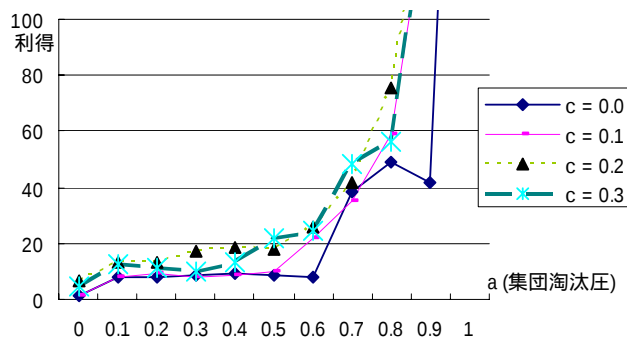


図4 200～300世代の固体平均利得の平均

伝子を持つに至る．その場合，現在の遺伝子以外のいずれの遺伝子となるのかは無作為に決定される．

4．結果

以上のシミュレーションを， $C = 0, 0.1, 0.2, 0.3$ のそれぞれについて， $a = 0.0, 0.1, \dots, 1.0$ の11個の条件毎に行

った（合計44ケース）．ここで，全固体の利得の平均（平均固体利得）を世代毎に求めた上でその隣接2世代間の変化量を求め，そしてその変化量の50世代毎の平均値を求めた結果を図1に示す．図1にはCの両極値である0.0と0.3の2条件とaの両極値の0.0と1.0に加えて中程度の値である0.4の3条件の組み合わせの計6ケースを表示した．この図に示すように，200世代頃まではケースによって（ $a = 1.0$ ）は平均個体利得が増加していく様子が確認できるが，200世代前後から増加量も微小となり，収束している様子が分かる．

次に，図2，3，4に，概ね収束したと考えられる200世代から100世代分の，戦士数（図2），庶民数（図3），平均固体利得（図4）の平均値を全44ケースについて表示する．まず，図2より，戦士への感謝額（C）が0の状況では，完全なる集団淘汰条件（ $a = 0$ ）以外では，戦士数はほぼ0であるが，Cが0.1の時には $a = 0.7$ の時に1名の戦士が現出し，C = 0.2の時には $a = 0.2$ 程度の時から1名の戦士が現出していることが示された．C = 0.3の時の戦士数もほぼC = 0.2のケースと同様であるが，戦士数が1を超過するのは $a = 0.5$ の時であり，C = 0.2の時よりも戦士の現出にはより強い集団淘汰圧が必要であるという結果となった．

図3の庶民数に着目すると，C = 0.0～0.2の場合は，おおよそ集団淘汰圧が十分に強くなる（ $a = 0.7$ 以下あたり）までは，おおよそ15人程度であり，それ以上の集団淘汰圧がかかると庶民数が増加していくことが分かる．ところが，C = 0.3の場合は，集団淘汰圧が低い状況では庶民は現出していないことが分かる．これはすなわち，ほぼ全員が利己主義者であることを意味している．しかし，集団淘汰圧が増加するにつれて，庶民数が徐々に増加していき， $a = 0.8$ 程度でその他のケースとほぼ同数の庶民が現出している．これは，1）C = 0.3のケースでは，それ以外のケースに比べて庶民の出費が多く，個人淘汰の観点から庶民の適応価が低く，それ故，集団淘汰圧が低い状況では庶民数が低くなった一方，2）集団淘汰圧が強い状況では，庶民は戦士の個人淘汰的観点からの集団内の適応価を高め．それを通じて集団そのものの適応価の向上をもたらすが故に，庶民のトータルとしての適応価（すなわち平均適応価；c.f. Sober & Wilson）が向上し，結果として現出数が増加したものと考えられる．

最後に，図4に着目すると，いずれのケースにおいても集団淘汰圧が強いほど個体平均利得は増加していく傾向が読み取れるが，庶民からの感謝コストCが0.2までにおいてはCが多いほど個体平均利得が高い水準

となっていることが分かる．しかし、 $C = 0.3$ の場合には $C = 0.2$ よりも若干低い水準となった．

5．考察

集団淘汰圧が存在するなら、利己主義者ばかりに占拠された集団の中においてすら、自らの大幅な損失を顧みない“戦士”が現出し、それに伴って集団の利益が大幅に増進し、そして、一人あたりの平均の利益が大きく増進する可能性が生ずるという結果が示された．

しかし、戦士以外の全ての人々が利己主義者であり、戦士に何ら感謝しない人々であるという状況なら、戦士は現出し難く、集団の利益も平均個人利得も低い水準に止まることも示された．全員が利己主義者の中で戦士が現出するには、淘汰圧の全てが集団淘汰圧であり、個人淘汰圧が皆無の場合に限られるのである．

しかし、集団の中の一部の“庶民”が、戦士に対して“僅かな感謝”を表すことがあるのなら、強い集団淘汰圧が存在せず個人淘汰圧が支配的な状況においてすら、戦士が現出する可能性も示された．ここで戦士は、“感謝”を庶民から受けとったとしても、自らの利他的行動に伴う損失を埋め合わせることができないのであり、それ故、あくまでも集団内においては最も“損”をする役回りであることには変わらない．しかし、その損失は“感謝”によってある程度緩和されるため、集団内における個人淘汰圧力で淘汰されてしまう可能性が減少するのである．

しかしながら、庶民からの戦士に対する感謝が若干でも多い状況（今回のケースでは、 $c = 0.3$ ）では、かえって戦士の出現率が減少し、それに伴って集団の利益も平均個人利益も減少することが示された．これは、個人淘汰の観点における庶民の適応価が減少し、その結果戦士の個人淘汰上の適応価も低下するためである．

以上の結果をまとめるなら、次のようになる．

集団保存に向けた一定の動機が存在する集団では、一部の人々が利他的行動者（ボランティア）に対する“僅かな感謝”を供与するのなら、一名ないしは数名のボランティアが発生し、集団利益ならびに平均個人利益が大きく増進する．

この知見をまちづくりの文脈で捉え直すとすると、利己的損失を省みず熱心に取り組む利他的行動者に対して“有り難う”という気持ちを持つ人々が、社会の中に一定数いるのなら、そうした利他的行動者が一名ないしは数名出現し、それによってその地域に必要な公共事業が実施され、その地域は豊かになり、住民ひとり一人が豊かになる、ということを示唆している．

純粋な利他的行動者は、このシミュレーションが示唆するように実際に「有り難い」（difficult to exist）．そうした人々に対して自然に感謝の意を表すことができる社会とはどのようなものなのだろう．本研究からはその問いに対する回答を直接提供することはできないが、少なくとも、住民同士が赤の他人ではなく、地域共同体が共同体として適切に機能しているということは、その共同体のために利他的に振る舞う人々に対して感謝する気持ちが自生する重要な条件であろう．

そしてさらに、本シミュレーションは「集団」の観念が一切無く、個人淘汰のみで行動が規定されるような状況では、利他的行動は創発しないことも示された．このことは、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に伴う、地域社会や地域、国家という「集団」の溶解が、利他的な行動の減退を導き、利己主義の氾濫を誘発する可能性を示唆する．地域の問題を考えるにあたって、我々はこの可能性に常に留意すべきなのかも知れない．

これらの結果は、計画の専門家としてまちづくりに関わるなら、地元の一名ないしは数名の利他的な行動者に対する敬意を忘れてはならないことを、そしてその利他的行動者を支える地域共同体に対する敬意を忘れてはならないことを、含意している．おそらく、こうした敬意を忘れたまま部外者が現場に関わるようなことがあれば、いくら熱心に取り組んだとしても成功に結びつくことは難しいだろう．そして、そうした行為はボランティア・ジレンマを解消するためのボランティアとして感謝されるどころか、独り善がりの独善家の振る舞いとして疎んじられることすらあり得るだろう．しかし、部外者たる専門家が地元で創発する自発的利他的行動に敬意を払い、それを促す様な支援ができるのなら、まちづくりの成功はより確かなものとなる、と期待することはできるのではなかろうか．

謝辞：本研究を進めるにあたり、埼玉大学久保田尚先生との議論を参考にさせて頂いた．ここに記して深謝の意を表したい．

注[1] Sober & Wilkinsが指摘するように、もとよりDawkinsはこのドグマを持たなかったが、著書にselfish geneという名称を付けたが故に意図せざるうちに当のドグマを社会的に加速させることとなってしまったのである．

参考文献

- Dawkins, R (1976) *The Selfish Gene*, Oxford University Press.
土木学会誌編集委員会（編）（2003）合意形成論：総論賛成各論反対のジレンマ，土木学会．
藤井 聡：社会的ジレンマの処方箋：都市・交通・環境問題の心理学，ナカニシヤ出版，2003．
Sober, E. and Wilson, D.S. (1998) *Unto others: the evolution and psychology of unselfish behavior*, Harvard University Press, Cambridge.