埼玉大学紀要（教養学部）第45巻第２号　2009年

集団内での最後通告ゲームの戦略進化
：シミュレーションによる検討

高　木　英　至*

集団内のプレイヤーが相互に最後通告ゲーム(Ultimatum Game)を行うという状況設定をし、その中でどのような戦略が進化するかを計算機シミュレーションによって分析した。プレイヤーの戦略次元は、提案者として報酬の分配提案をするときの分配比率、および反応者として相手の提案を受諾するための最低要求水準、の２つである。進化的シミュレーションは、利己的分配と平等分配の中間的な（ただし利己的分配寄りの）分配が支配的となることを示す。２つの戦略次元がリンクする（相手に与える量と同じ水準を最低要求水準とする）場合は、平等分配に近い戦略の進化が観測された。このシミュレーション結果が生じた理由を考察する。

キーワード：最後通告ゲーム，戦略進化，計算機シミュレーション

１　はじめに

１．１　最後通告ゲーム

最後通告ゲーム(ultimatum game)とは次のような単純な２人ゲームである。プレイヤーは提案者と反応者に分れる。提案者は一定の報酬額（R とする）を x と(R – x)に分割し、x を自分が受領し、(R – x)を反応者に与える提案（最後通告）をする。提案者と反応者間ではもはや交渉はできない。反応者の選択肢は、その提案を受諾する（このとき(R – x)の報酬を受ける）ことと、提案を拒否する（このとき両者の報酬はゼロとなる）こと、の２つである。反応者がその２つの何れかを選ぶことでこのゲームは終了する。両者の利得を(提案者の報酬, 反応者の報酬)で表記すると、提案者は(x, R – x)を最後通告し、反応者がその最後通告を呑まなければ(0, 0)が実現する。このゲームの結果はこの２つしかない。

よく知られているように、この最後通告ゲームの解は、R のほとんどが x である（つまり提案者は自分にほとんどの報酬を配分する）条件で(x, R – x)が実現する、つまり x が正である限り反応者は最後通告を呑む、というものである。

このゲーム解は通常、先読み推論によって説明される(e.g., 岡田, 2008)。最後通告を蹴ったときの反応者の利得は 0 であるから、反応者は 0 と(R – x)から何れかを選ぶ選択を迫られる。反応者が合理的なら、R – x > 0 である限り、(R – x)がいかに少額でも、(R – x)を選ぶ。反応者のこの選択を先読みすれば、提案者は R をほぼ独占するような x を選んで反応者に最後通告をするはずである。

このゲームは一見すると奇妙で極端な状況のモデル化と映る。しかしよく考えれば、一般的に生じる交渉過程の決定的な瞬間のモデル化であることが分かる。仮に x = R/2 であれば、注目すべき心理過程は何も働かない。しかし x が R のほとんどである場合、提案者は意を決して強いコミットメントを表明したことになる。こ

* たかぎ・えいじ
埼玉大学教養学部教授，社会心理学

の提案は単なる強欲を表すのではなく、最後通告を受けた側がどのように反応するかの読みをした上での判断を、通常は意味するだろう。また、反応者の判断も、呑み難い提案を受けたときの決定的な判断を表すはずである。

とはいいながら、先読み推論による上記のゲーム解はいかにも常識に反している。もしRが少額であれば、提案者となる多くの人は‘split-half’の社会規範（ないしヒューリスティックな反応）にしたがって(R/2, R/2)の提案をするだろう。Rが多額であれば、Rを独占する形で提案する誘惑はあるとしても、相手の拒否反応を恐れてより譲歩した提案を選択するだろう。受ける報酬が少額過ぎれば、多くの人は反応者として拒否の選択をするだろう。実際、過去の最後通告ゲームによる実験記録はそのような人間行動を記録している(e.g., 福野・大渕, 2001; Ohmura & Yamagishi, 2005)。それゆえ、人間を用いた最後通告ゲームの実験は、ゲーム理論が仮定する合理的行動への反証として引用されることが多いのである(e.g., Thaler, 1992; Motterlini, 2006)。

R を split-half するという解には、実はゲーム理論による「合理的」な根拠もないではない。最後通告ゲームは提案者による一方的な提案状況を想定する。がここで、x をどう決めるかが双方向的な交渉であると仮定しよう。この交渉は $x \in [0, R]$ であるすべての x の値で妥結が可能であり、妥結しないときの「威嚇解」ないし「不一致点」は(0, 0)となる。したがってこのときのナッシュ交渉解(Nash, 1950, 1953)は(R/2, R/2)に他ならないのである。

１．２　問題の所在：集団状況での最後通告ゲーム

本稿の目標は、最後通告ゲームをプレイヤー集団の中で相互に行うときの、プレイヤーの戦略を見出すことにある。

最後通告ゲームは元来、孤立した、１回限りの交渉事態を想定している。提案者と反応者の役割も固定的である。しかしここで、多数のプレイヤーからなる集団内で相互に提案者となることも反応者となることもあると考えてみよう。こうした社会的相互作用の中で最後通告ゲームが行われるときに「均衡」をもたらす戦略が、安定的に社会的に「進化」する反応の基準となると見ることができる。

この問題設定の下で、プレイヤーの戦略は２つのパラメータを持つ戦略 S[x, y]と表現できる[1]。x は、提案者となったときにプレイヤーが R の中で自分に確保する報酬量を示す。y は反応者となったときに提案者からの最後通告を受諾するための最低報酬量(y 以上が提示されれば受諾する)を表す。

このように戦略を定義したうえで、x と y がどのような値となるかを、以下では進化的計算に基づくシミュレーションによって推定する。進化的計算では確率的な変異を伴うことから、この作業はノイズを含む世界での最後通告ゲームの戦略を求めることであるということもできる。

２　予備的考察

シミュレーションを始める前に、ここまでで定義したゲーム状況がどのような特性を持つかを整理しておこう。

２．１　基本的特性

集団内で戦略が進化するという前提のもとでは、まず次の点を指摘できる。

(1) 普及する戦略にしたがうプレイヤーにとり、他者に対する扱いは自分が受ける扱いでもある。

戦略が進化するという前提のもとでは、より

効率的な戦略は自分が接触する他のプレイヤーも同様の戦略をとっていることになる。その戦略で相手にどう振舞うかは、つまり自分の受ける処遇でもあることになる。さらに特定していえば：

(2) $y > R - x$ となる戦略 $S[x, y]$ は普及することができない。

相手に与える量 $R - x$ よりも多くの報酬量を相手に求める戦略 $S[x, y]$ は、同じ戦略を持つプレイヤー同士では非妥結(0, 0)をもたらすことになる。そのような戦略が社会的に多数を占めることはできない。つまり集団状況で進化できるのは、reasonable な要求をする戦略だけである。

(3) 集団内でパレート効率的な状態は、提案の拒否が生じない状況である。

集団内でのパレート効率性を、プレイヤーが受け取る利得の総和で考えると、最後通告ゲームのもとでは、パレート効率性に影響を与える要素は提案が拒否される頻度だけである。どのプレイヤーがどれだけの利益を得るかはパレート効率性には影響しない。

２．２　戦略間の優劣

設定した状況でどのような戦略が進化的に優越するかを考えるため、２つの戦略が集団内にある場合を考えてみよう。議論を単純化するために、この２つの戦略は自分が他者に与える処遇と同じ水準の処遇を相手に求めると仮定する。配分する報酬量を R とすれば、第１の戦略（「利己的戦略」とする）は自分に R のほとんどを確保し（自分への配分比率を P_D とする）、相手からの同様の処遇を容認するものである。この利己的戦略は $S[R \cdot P_D, R \cdot (1 - P_D)]$ と表記できる。ただし $(1 - R_D)$ は微小な比率である。もう１つの戦略は「平等志向戦略」である。平等志向戦略は比率 P_C（ただし $P_D > P_C$）で自己の報酬を確保して提案し、相手からも最低でも $R \cdot (1 - P_C)$ の報酬を求める。平等志向戦略を $S[R \cdot P_C, R \cdot (1 - P_C)]$ と表わす。本来の平等戦略であれば $P_C = 1/2$ であるが、ここでは単に、$P_D > P_C$ と仮定しておく。

この２つの戦略を持つプレイヤー間で最後通告ゲームを繰り返すとすると、次のことがいえる。まず両方の戦略とも同じ戦略とは両立可能である。つまり、同じ戦略を相手にするときには提案者の最後通告は受容され実現する。平等志向戦略が提案者として利己的戦略を相手にするときも同様に拒否には会わない。しかし利己的戦略が平等志向戦略を相手にするときには最後通告は拒否される。報酬の配分では利己的戦略はより有利な条件を目指すけれども、拒否に会う分だけ、報酬を失う可能性もあることになる。

集団内のプレイヤー数 n とし、利己的戦略をとるプレイヤー数が n_D、平等志向戦略をとるプレイヤー数が n_C とおく（$n = n_C + n_D$）。

ここで、簡単のため、集団内の各プレイヤーは１回、他のプレイヤーを相手（反応者）として報酬 R を分配する機会を持つと仮定する。

利己的戦略の任意のプレイヤーが提案者となる回数は $n - 1$ である。そのうち、同じ利己的戦略のプレイヤーが相手になるのは $n_D - 1$ 回であるから、利己的戦略の他プレイヤー相手とする報酬の総額は $R \cdot P_D \cdot (n_D - 1)$ となる。また、平等志向戦略を相手に提案者となるのは n_C 回であり、そのときはすべて提案は拒否されるので、報酬の総額は $0 \cdot n_C = 0$ となる。

利己的戦略プレイヤーが提案を受ける反応者となる回数は同じく $n - 1$ 回である。うち、相手（提案者）が同じ利己的プレイヤーである回数は $n_D - 1$ 回となる。つまりその接触での報酬の総額は $R \cdot (1 - P_D) \cdot (n_D - 1)$ となる。平等志向戦略プレイヤーを相手にする回数は n_C 回であ

り、報酬の総額は$R \cdot (1-P_C) \cdot n_C$である。

したがって、利己的戦略プレイヤーが受け取る総報酬額π_Dは、

$$
\begin{aligned}
\pi_D &= R \cdot P_D \cdot (N_D-1) + R \cdot (1-P_D) \cdot (n_D-1) \\
&\quad + R \cdot (1-P_C) \cdot n_C \\
&= R \cdot (n_D-1) \cdot (P_D+1-P_D) + R \cdot (1-P_C) \cdot n_C \\
&= Rn - R \cdot (1+P_C \cdot n_C) \\
&= R \cdot (n-1) - R \cdot P_C \cdot n_C \qquad (1)
\end{aligned}
$$

となる。

平等志向戦略プレイヤーの利得を見てみよう。同様に、自分が提案者となる回数は$n-1$回であり、うち、相手（反応者）が同じ平等志向戦略プレイヤーであるのはn_C-1回である。その報酬総額は$R \cdot P_C \cdot (n_C-1)$となる。利己的戦略を相手にする回数は$n_D$回であり、その報酬総額は$R \cdot P_C \cdot n_D$である。

逆に自分が反応者の立場になる$n-1$回のうち、相手（提案者）が平等志向戦略であるのはn_C-1回、報酬総額は$R \cdot (1-P_C) \cdot (n_C-1)$である。

また、利己的戦略プレイヤーを提案者として接触するのはn_D回であり、そのときは提案を拒否するので、報酬総額は$0 \cdot n_C$である。

そこで、平等志向戦略プレイヤーの総報酬額π_Cは、

$$
\begin{aligned}
\pi_C &= R \cdot P_C \cdot (n_C-1) + R \cdot P_C \cdot n_D \\
&\quad + R \cdot (1-P_C) \cdot (n_C-1) \\
&= R \cdot (n_C-1) \cdot (P_C+1-P_C) + R \cdot P_C \cdot n_D \\
&= R \cdot (n_C-1) + R \cdot P_C \cdot n_D \\
&= R \cdot n_D - R \cdot (1-P_C) \cdot n_D \\
&= R \cdot (n-1) - R \cdot (1-P_C) \cdot n_D \qquad (2)
\end{aligned}
$$

(1)と(2)から、利己的戦略に対する平等志向戦略の相対的な有利さは次のように表せる。

$$
\begin{aligned}
\pi_C - \pi_D &= R \cdot P_C \cdot n_C - R \cdot (1-P_C) \cdot n_D \\
&= R \cdot [P_C \cdot n_C - (1-P_C) \cdot n_D] \qquad (3)
\end{aligned}
$$

上式(3)は次のことを示している。

第１は、両戦略の利得の相対的有利さは、利己的戦略が与える報酬水準P_Dには影響されないことである。このことは、同じ戦略間でのプレイでは双方向的な授受の中で分配比率の項は消えてしまうこと、異戦略間のプレイでは利己的戦略が提案者になる分配が拒否されて生じないことに起因している。

第２は、プレイヤー数が多い方の戦略が有利となり、したがってより普及しやすいことである。典型的には$P_C=1/2$のときは、過半数を確保した側が勝利することになる。このことは、どちらの戦略も、いったん集団内で支配的になれば安定的である、つまり他戦略を排除できることを意味している。

第３は、戦略の選択者数を固定したとして、自己に分配する比率を上げるほど、平等志向戦略は利己的戦略と比較して利得の点で有利になることである。このことから考えれば、平等志向戦略は利己的戦略に近いほど、優勢になりやすい、といえる。

以上の考察は、議論を単純化するため、戦略の２つのパラメータがリンクすると仮定したものだった。しかしより一般には、２つのパラメータはより自由に動くことが許される。そうした状況でどのような戦略が「進化」するかを、次に検討する。

３　シミュレーションによる分析

３．１　モデルの構成

一定数のエージェントの集団を計算機上に仮想に設定し、各エージェントは最後通告ゲームのプレイヤーとしてそれぞれの戦略をもってプレイする状況を考える。

集団内のプレイヤー数：まずプレイヤー数は200とした。

シミュレーションの流れ：１つのラウンドで各プレイヤーは順番に最後通告ゲームの提案者と

なる。ある提案者ごとに、他のプレイヤーの各々は順番に反応者として選ばれ、提案者とプレイする。計 200×199 回のゲームで１ラウンドが終了する。各プレイヤーは１ラウンドで提案者となることが 199 回、反応者となることが同様に 199 回ある。

１ラウンドが終わるとその間の各プレイヤーの累積利得を基に進化計算が生じ、次の世代の戦略が計算され、各プレイヤーの戦略は入れ替わる。つまり１世代は１ラウンドで構成される[2]。

500 世代が終了したとき、そのシミュレーションの１回の試行(run)は終了する[3]。以下の分析では 100 回の試行を行った。

戦略：まず１回のゲームで分配される報酬量を R ＝ 1 とおく。各プレイヤーの戦略を S[Pself, Preject]と表記する。Pself は当のプレイヤーが提案者となったときに自分に分ける報酬の比率である。Preject は同じプレイヤーが反応者となったときに提案者の最後通告を受諾するための報酬の最低水準である。

Pself と Preject をそれぞれ、６次元の２値（0 か 1）変数として定義する[4]。したがって各プレイヤーの戦略は１２次元で表現される。

進化的計算：各世代の開始時に、各プレイヤーの戦略の１２次元には、初期値として１か０の一様乱数を割り当てる。

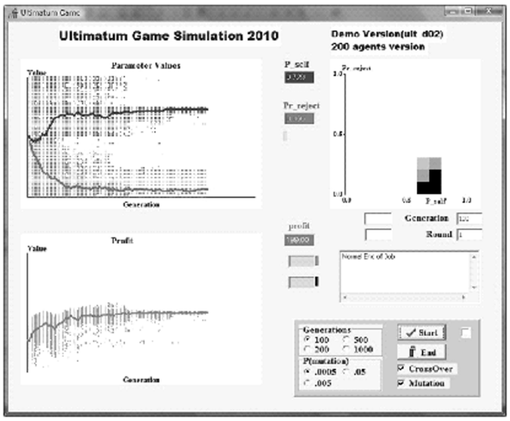

図１：シミュレーションプログラムのフォーム

各世代の終了時に、その世代での各プレイヤーの総利得の額にしたがって次世代の「子」の戦略を作る。総利得の値に比例した確率でプレイヤーを「親」として選び、２つの「親」の戦略を交叉して２つの「子」の戦略を作る[5]。この交叉操作の後に「子」の戦略に突然変異を施す（0 は 1 に、1 は 0 に変化する）。突然変異の確率は、各プレイヤーの戦略の次元ごとに、p = .005 とした。

プログラミング言語に Windows 版の Pascal である Delphi 2007 を使用した。図１はこのシミュレーションのプログラムのフォームである。

３．２　結果

戦略を表す２つのパラメータの値は 100 世代までにはほぼ安定した。図２(a)は、最初の試行(run)での、Pself と Preject の全プレイヤーの平均値の変化（100 世代まで）を表す。変化のパタンは試行によって変わることはほとんどなかった。２つの値は乱数から出発する（したが

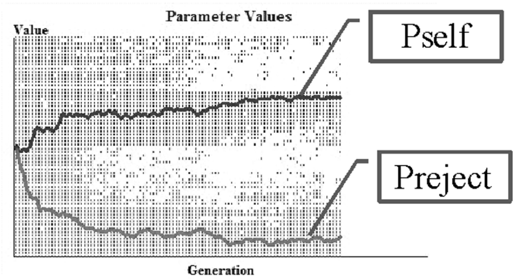

図２(a)：戦略の進化（平均値）

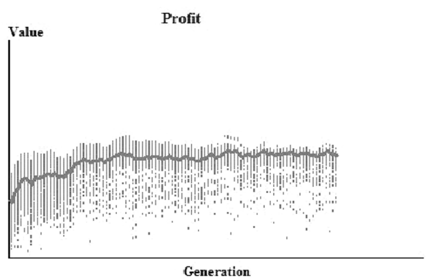

図２(b)：平均報酬量

って平均値は 0.5 に近い）が、Preject の平均値は下降し、Pself の平均値は上昇する。

最終世代での 100 試行の平均では、Pself が .765、Preject が .113 である。この数字は利己的戦略に近いが、利己的戦略に比べれば Pself はやや低め、Preject はやや高めである。普及する戦略の条件として３．１で述べた Preject ≦ (1 – Pself)はこの平均値において充たされている。

また、図２(b)はプレイヤーが得た報酬の平均値の推移（同様に第１試行の 100 世代まで）を表す。最終世代での平均報酬の試行を通した平均値は 186.3 である。平均報酬の最大値（すべてのゲームで拒否が生じないとき）は 199 であるから、集団内で拒否はほとんど生じていないことが分かる。このことは Preject ≦ (1 – Pself)を充たすように戦略が進化したことの結果といえる。

最終世代での２つのパラメータの平均値の散布図（単位は試行）は図３によって表される。一見して２群になっているのが分かる。非階層的な大規模ファイルのクラスタ分析を適用して２群を求めると、(Pself の平均, Preject の平均) = (.724, .130)の群（メンバー数は 64）と、(.838, .082)の群（メンバー数は 36）に分離した。

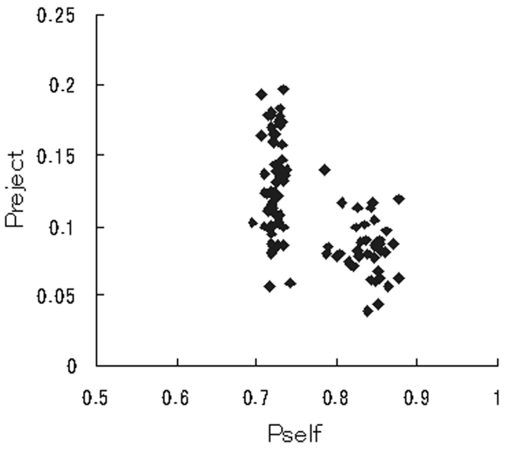

図３：最終世代でのパラメータの値

少数派の後者の群は利己的戦略により近い。なお、Pself の平均値と Preject の平均値の相関係数は– .588 ($p < .01$; スピアマンの順位相関係数では– .484, $p<.01$)である。この負の相関は、Preject ≦ (1 – Pself)という関係の反映と見ることもできる。

上記のようにパラメータの値が収束する過程をより詳しく見て行く。２つのパラメータの値の世代間の変化を初期の世代を中心に図示したのが図４である（図２と同じ第１試行の結果）。図４から、２つのパラメータのうち Preject の平均値が初期の数世代で急速に下降し、その後に P が上昇しているのが分かる。

図５は、同じ試行の２つのパラメータの度数を２次元（横軸が Pself で縦軸が Preject）で表示したものである。色が濃い箇所で度数が高い。第１試行では当然ながら、２次元空間に等しく値が分布している。しかしその後、第 10 世代までに、Preject の高い値が駆逐されているのが分かる。その後、第 50 世代までに Pself の値も集中し、最終の第 500 世代では両方の値とも集中してくることが分かる。

３．３　追加の分析

上記のシミュレーションの結果の考察のため、次の２つの分析を追加的に行った。

第１は、進化的計算（３．１）の別の方法を

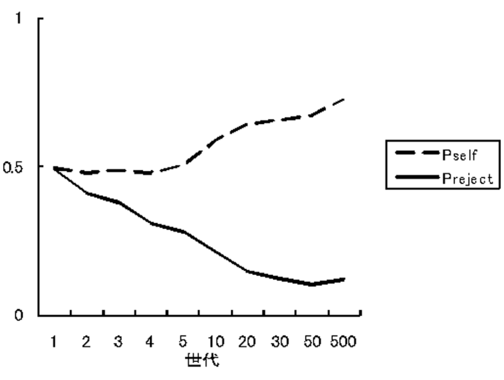

図４：戦略の変化

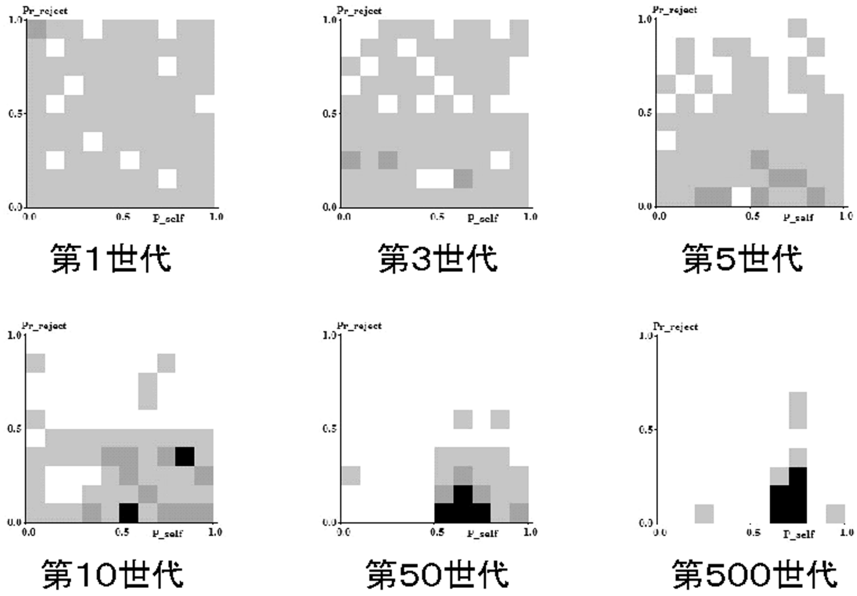

図５：戦略の値の世代間の変化
（横軸がPself、縦軸がPreject）

採用して結果を検討することである。

３．２のシミュレーションで用いた進化的計算はＧＡと同じである。ＧＡは基本的に、遺伝子（戦略）を持つエージェントが相互に独立に評価関数の値を生み出す場合を想定している。しかしここで用いているエージェント（プレイヤー）はゲームを介して相互作用している。相互作用するエージェントにＧＡを適用することで生じる懸念の１つは、相互作用するエージェントが複数の異なる戦略を持つ状態で本来は均衡する可能性がある点である。仮に複数の異なるパタンの戦略が混在する状態で均衡するのが本来であるなら、３．２の計算ではすべての「子」の戦略は交叉によって生成されるため、進化的計算の中でその複数の戦略が常に「混ぜられて」しまい、本来あるべき複数パタンの戦略分布の実現が阻害されている可能性も考えられる。

そこで、交叉のモジュールを次の「単純置き換え」に代えて試験的にシミュレーションを実施した。用いた交叉モジュールでは、利得が高い「親」戦略を確率的に選択しつつすべての次世代戦略を作る。そこで代わりの「単純置き換え」では、利得で下位５％の戦略を上位５％の戦略で各世代終了時に置き換えることにした。

この進化的計算方法の変更によっても、３．２の結果は基本的には変わらなかった[6]。

第２の追加的分析は、２．２で議論したように、Preject＝(1－Pself)という前提（パラメータのリンク）を置いた場合のシミュレーションである。リンクがあるとき、一定の比率で平等志向戦略に近い戦略が進化する可能性があるかも知れないと考えた。

このシミュレーションが３．２の分析と異なるのは、進化するパラメータが Pself だけである点である。Preject ＝ (1 － Pself)によって Preject は決まる。同様に 100 の試行を実施した。

図６(a)は第１の試行の 100 世代までのパラメータ（全プレイヤーの平均値）の経過である。どの試行でも同じような経過をたどった。Pself

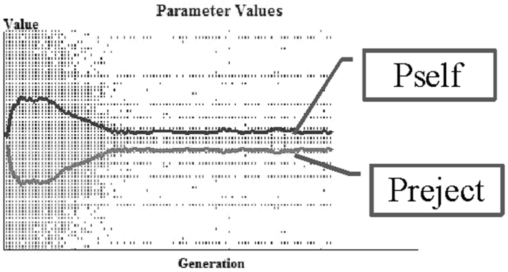

図６(a)：戦略の進化（平均値）

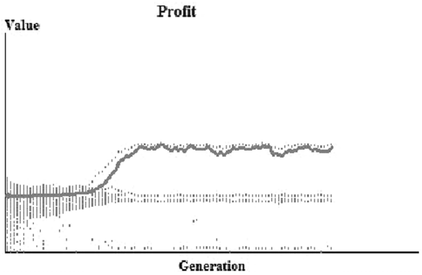

図６(b)：平均報酬量

は最初増大するが以後下降に転じ、平等分配に近い提案をする点で均衡する。試行を通した最終世代での平均値は Pself = .562（したがって Preject = .437）であり、３．２のシミュレーションのように、値が２群に分離することもなかった。

このシミュレーションでの、最終世代でのプレイヤー利得の平均値は 187.87 であり、３．２の場合よりやや高い(Kolmoorof-Smirnof 検定、z = 1.626, p = .010)。３．２の場合同様に、ほとんどの最後通告ゲームで拒否が生じていないことになる。

４　考察

本稿のシミュレーション（３．２）の結果は次のように総括できるだろう。まず、大勢では利己的戦略に近い、つまり報酬の多くを自分で確保して相手に少ない報酬を与え、他者に対しても最低要求水準（Preject）を低く設定する戦略が進化した。２．１での分析の通り、最低要求水準は、提案者となったときに相手に与えるよりも低い範囲で設定している（Preject ≦（1 – Pself)）。

他方で注意すべきは、実現した戦略は利己的ではあるが、先読み推論（１．１）の予測ほどには利己的ではないことである。他者に与える比率の平均は 1 – Pself = .235 であるから、この戦略は利己的戦略と完全平等戦略の中間に近いといえる。ある程度の拒否が生じ得ることを考慮するかのように、極端に低くはない報酬を相手に与える。

こうした戦略のパラメータ値が生じた理由は図４と図５に示した結果から容易に推論できる。プレイヤーは Pself と独立に Preject を設定できる。他の条件を一定とすれば、Preject を低く設定して多くの提案を受諾した方が利得上有利である。そこでまず Preject が低下する。集団内でいったん Preject が低下すれば、今度は相手に与える報酬量を低くした方が（Pself を高めに設定した方が）有利になる。

３．３で示した、パラメータにリンクのあるケースでは同じ経過をたどることができない。Preject を低くして提案を拒否しない戦略を採ろうとすると、自動的に相手に与える報酬額が低下して今度は拒否に会う可能性が高まるからである。そこで３．２のシミュレーションよりは平等分配に近い提案をする戦略が生まれることになる。

仮にプレイヤーが自己の行動に対する論理的一貫性を高め、相手に求める水準と同じ報酬量を相手に分配することにこだわると仮定すれば、自由な戦略設定ができる場合よりも、社会は(少なくとも最後通告ゲームでは）平等主義に充ちることになるのかも知れない。

引用文献

福野光輝・大渕憲一（2001）最終提案交渉における受け手の拒否動機の分析.『社会心理学研究』、*16*、184-192.

Motterlini, M. (2006) *Economia emotiva*. Milano: Rizzoli. モッテルリーニ, M. 『経済は感情で動く』、泉典子(訳)、紀伊国屋書店.

Nash, J.F. (1950) The bargaining problem. *Econometrica, 18*, 155-162.

Nash, J.F. (1953) Two-person cooperative games. *Econometrica, 21*, 128-140.

Ohmura, Y., & Yamagishi, T. (2005) Why do people reject unintended inequity? *Psychological Reports, 96*, 533-541.

岡田章（2008）『ゲーム理論・入門』、有斐閣.

Thaler, R. (1992) *The Winner's Curse*. NY: The Free Press. セイラー, R. 『行動経済学入門』、篠原勝(訳)、ダイヤモンド社.

注

1　むろん、S[x, y]は可能な戦略定義のうちで最も単純な戦略である。より複雑な、相手の関する情報に応じて反応を変異させる戦略も考えられる。本稿で扱うのはこうした単純な戦略を仮定したときの議論である。

2　ラウンドの結果は確定的であるため、１世代内でラウンドを繰り返す意味はない。

3　このシミュレーションでは 100 世代以内でパラメータの値は定常状態に達する。

4　つまり２つのパラメータは[0, 1]の範囲で $2^6 - 1 = 63$ の間隔で分けられ、1/63 (≒ 0.0159)ずつ刻まれている。

5　交叉の方法は一様交叉による。交叉の実施毎に乱数でマスクを作り、そのマスクにしたがって２つの「親」戦略から２つの「子」戦略を生成した。

6　この２つの計算方法による結果は正確な比較はできない。突然変異要因は両方法で同一である。しかし交叉では全プレイヤーの戦略は世代ごとに入れ替えになるのに対し、「単純置き換え」では１回の世代交代で５％のプレイヤーの戦略が入れ替わるに過ぎない。したがって、交叉を用いた結果では戦略の変異がより大きい。