

サステナブル社会に向けた価値観創発の マルチエージェントシミュレーション

谷本 潤[†] 藤井 晴行[‡]

[†]九州大学大学院総合理工学研究院 〒816-8580 春日市春日公園 6-1

[‡]東京工業大学大学院理工学研究科 〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1

E-mail: [†] tanimoto@kyushu-u.ac.jp, [‡] hfujii@arch.titech.ac.jp

あらまし 環境問題のジレンマゲームをマルチエージェントシミュレーションモデルに構築した。エージェントはFSMとGAからなる行動規範により振る舞い、その行動の善し悪しを評価する適合度は“価値観”により規定される。価値観は社会的に共有され、進化的に変容する。全てのエージェントは原初状態ではエゴの価値観にプリセットされているが、線形結合で表現される価値観の内容により、ナッシュ均衡を脱し、パレートのサステナブルの協調社会を達成しうることが示された。

キーワード マルチエージェントシミュレーション、環境ジレンマゲーム、価値観

A Multi Agent Simulation to Establish Sustainable Society Dealing with Emergent Value System

Jun TANIMOTO[†] and Haruyuki FUJII[‡]

[†] Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University

6-1 Kasugakoen, Kasuga-shi, Fukuoka, 816-8580, Japan

[‡] Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8552, Japan

E-mail: [†] tanimoto@kyushu-u.ac.jp, [‡] hfujii@arch.titech.ac.jp

Abstract To induce whether we can obtain a sustainable society shifting our paradigm from the materialism to the eco-conscious idea, a multi agent simulation model was established. The model was primarily featured with a dilemma structure encouraged by a confliction between each agent's private desire to earn more and environmental conservation problem. Another pronounced point is the fact that the model has two layers from the viewpoint of evolution system. The subordinate layer is a learning system entailed with Finite State Machine (FSM) and Genetic Algorithm (GA), which is carried with each individual agent to determine his/ her next step behavior how much he/ she earns to maximize his/ her fitness function. The supra system is the so-called Value System of which gene pool is shared within the society. The Value System stipulates, or actually defines in other words, agent's fitness function, which affects on agent's behavior respectively. The Value System of every agent was set to be entirely ego-oriented at the beginning of the simulation episode. A numerical experiment based on the model reveals a marvelous scene that under a certain condition related to assumptions of the Value System a group of agents is getting a paradigm shift from the ego-oriented materialism to the eco-conscious sustainable society. The key condition is a latent existence of several values to lead sustainability in a long run, even though they do not work at all at the beginning of the episode.

Keyword Multi Agent Simulation, Dilemma Game of Environment, Value System

1. 緒言

小論では、人工社会に仮構したジレンマゲームを通じて、原初状態では私利私欲をひたすら増大させようとするエゴの価値観がやがては持続可能指向の価値観、すなわちエゴを抑制し協調を旨とする価値観を獲得していく、言葉を変えると、エゴの価値観の中から持続可能指向が創発していくプロセスをマルチエージェントシミュレーションにより示す。但し、後に述べるように持続可能社会は無条件に達成

されるわけではない。人間と環境とを射し貫く社会システムが或る一定の要件を満たすならばと云う条件付きなのである。本モデルは[1]-[5]の先行研究に関連している。

2. モデル

2.1. エージェント

人工社会を構成するエージェント数は2以上の偶数 N である。エージェント i は k タイムステップにおいて環境から資源 $C_{i,k}$ を獲得する。 M は獲得資源の上限値である。また、

全てのエージェントは自己保全のため $Met = M/2$ なる代謝活動を行う。各エージェントはタイムステップ毎に定義される収支 $B_{i,k}$ の概念を有する。

$$B_{i,k+1} = B_{i,k} + C_{i,k} - Met \quad \dots(1)$$

$C_{i,k}$ については後節で述べる。

2.2. 環境

エージェントを取り巻く環境には初期に $N \times M/2$ の初期資源が存在する。 k タイムステップにおいて、環境賦存量(以下、環境とする)はエージェント群の資源獲得活動に起因する収奪 Rob_k を受け一方、復元力 Rc_k で回復する。よって、環境 E_{k+1} は、

$$E_{k+1} = E_k - Rob_k + Rc_k \quad \dots(2)$$

なる漸化式で表される。 Rc_k は現在の環境の関数とし、以下で付与する。

$$Rc_k = E_k \quad \text{if } E_k \leq N \cdot M/2 \\ = N \cdot M - E_k \quad \text{else} \quad \dots(3)$$

この資源回復を表す関数は、現下の環境の状態が相対的に貧弱な場合 ($E_k \leq N \cdot M/2$) にあつてはAkiyamaの表現を借りれば線形的な回復に止まり、相対的に豊饒であれば ($E_k > N \cdot M/2$) であれば収獲適減的に最大容量 ($E_k = N \cdot M$) にまで回復することを意味する。 Rob_k は各エージェントの資源獲得量 $C_{i,k}$ の総和である。

$$Rob_k = \sum_i^N C_{i,k} \quad \dots(4)$$

各エージェントの資源獲得量 $C_{i,k}$ は、以下の二様の定義で付与する。

$$C_{i,k} = C_{i,k}^{FSM} \quad \text{if } E_k + Rc_k - \sum_i C_{i,k}^{FSM} - \epsilon > 0 \\ = \frac{C_{i,k}^{FSM}}{\sum_i C_{i,k}^{FSM}} (E_k + Rc_k - \epsilon) \quad \text{if } E_k + Rc_k - \sum_i C_{i,k}^{FSM} - \epsilon \leq 0 \quad \dots(5)$$

$C_{i,k}^{FSM}$ は次節で定義する各エージェントが有する状態遷移機械(以下、FSMとする)の出力であり、各員が資源獲得を企てようとする期待量を意味し、 $0 \leq C_{i,k}^{FSM} \leq M$ を満たす整数値を取る。

また、 ϵ は環境の許容下限値を意味し、 $0 < \epsilon \leq N \cdot M$ である。(5)式の意味するところは、以下の通りである。すなわち、環境が悪化しないうちは、各エージェントは目論見通りの収量を環境から上げられる。が、悪化して各員の期待量の総和を環境から獲得すると許容下限値を下回ってしまう状況下では、各員の資源獲得量は社会的に管理される。具体的には、資源獲得後、環境が許容下限値に等しくなるように獲得期待量に応じて配分された量しか、各員は資源を得られない構造になっている。各エージェントの獲得量が管理される状況、すなわち(5)式2行目で各員の収奪量 $C_{i,k}$ が決定される状況を環境破壊と呼ぶことにする(比喻のイメージで云えば、環境容量が低下し、このまま資源を獲得するに任せては

FSM の例 ($M=4$)

環境	$E_k < N \cdot M/2$		$E_k \geq N \cdot M/2$	
社会	$\sum_i C_{i,k}^{FSM} \leq N \cdot M/2$	$\sum_i C_{i,k}^{FSM} > N \cdot M/2$	$\sum_i C_{i,k}^{FSM} \leq N \cdot M/2$	$\sum_i C_{i,k}^{FSM} > N \cdot M/2$
自己	$C_{i,k-1}^{FSM} \leq M/2$	$C_{i,k-1}^{FSM} > M/2$	$C_{i,k-1}^{FSM} \leq M/2$	$C_{i,k-1}^{FSM} > M/2$
	3	4	3	2
	0	1	2	0

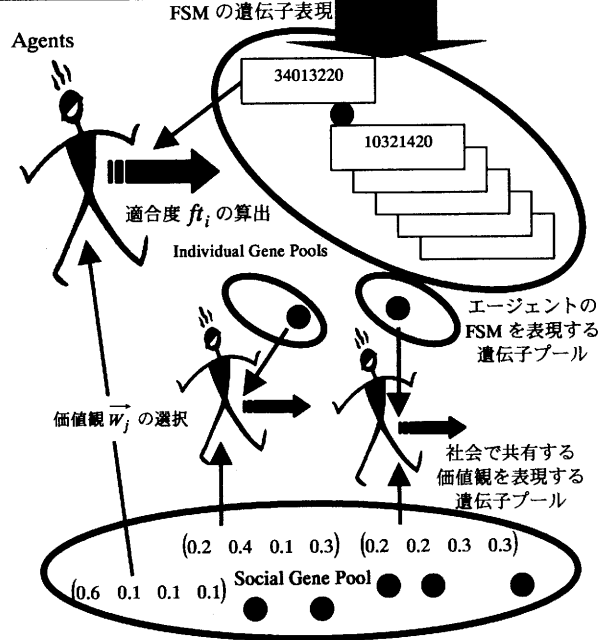


図1 各エージェントが有するFSMと社会で共有する価値観の共進プロセス

システムが崩壊するので、資源獲得を管理する状況...このモデルでは次行で述べる通り $E_k \leq 0$ となる文字通りの環境破壊は発生しないメカニズムになっている。

(5)式、(3)式から、 $\epsilon \leq E_k \leq N \cdot M$ が成立する。

2.3. エージェントの学習

各エージェントは、 k タイムステップにおける自己と社会、環境の状況に応じて、資源獲得期待量 $C_{i,k}^{FSM}$ を定めるFSMを個別に有する。FSMは自己の前回資源獲得期待量 $C_{i,k-1}^{FSM}$ が $M/2$ に比し大か小か(いわば、自分がsustainable指向だったか否か)、前回の社会全体の資源獲得期待量 $\sum_i C_{i,k-1}^{FSM}$ が $N \cdot M/2$ に比し大か小か(社会が総和としてsustainable指向だったか否か)、更に $E_k \geq N \cdot M/2$ だったか否か(yesならば環境容量は比較的潤沢、noならば危機的)の計8通りの状況に対して、 $0 \leq C_{i,k}^{FSM} \leq M$ を満たす整数値を出力する。この入出力関係は8バイトの文字列で表される(各文字は $0 \leq C_{i,k}^{FSM} \leq M$ なる整数)。各エージェントはこれを遺伝子表現したプールを個別に有し、遺伝的アルゴリズム(以下、GAとする)を用いることで、FSMで表される資源獲得戦略を適応的に進化させる。

2.4. FSM進化計算における適合度と価値観

各エージェントのFSM進化計算における適合度は以下で与与する。

$$\begin{aligned}
 f_i = & w_{i,1} \times v_{i,1} + w_{i,2} \times v_{i,2} + w_{i,3} \times v_{i,3} + w_{i,4} \times v_{i,4} \\
 & - w_{i,1} \times \sum_{k=1}^{NT} C_{i,k} \\
 & + w_{i,2} \times \sum_{k=1}^{NT} \left[M - (C_{i,k}^{FSM} - C_{i,k}) \right] \quad \dots(6) \\
 & + w_{i,3} \times NT \times M \times (1 - p_{env_destroy}) \\
 & + w_{i,4} \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^{NT} C_{i,k}
 \end{aligned}$$

ここで、 NT は適合度を計量するタイムステップのスパン、 $p_{env_destroy}$ はスパン NT (各 NT ステップ)中の環境破壊確率である。 $\vec{w}_i = (w_{i,1}, w_{i,2}, w_{i,3}, w_{i,4})$ は価値観を表す。各要素は1以下の実数値をとり、 $\sum_{j=1}^4 w_{i,j} = 1$ である。各エージェントは社会で共有しているプールからそれぞれ異なる \vec{w}_i を選択し、各自の適合度を(6)式に基づき定義する。社会で共有されている \vec{w} は、それを参照したエージェントの上げた f_i の平均値を適合度とし、GAを用いて適応的に進化させる。この適合度の計量期間は各エージェントのFSMを進化させる1世代に相当する。すなわち、 \vec{w} の進化計算は各エージェントのFSMの進化計算に対してメタに行われることになる。また、両過程は山口らのモデル同様、共進的プロセスを構成している。社会でプールされている全ての \vec{w} の初期値は原則(1 0 0 0)とする。

ここで、(6)式の各項の意味するところを説明すると、第1項は自己の NT ステップ間における獲得資源の総和(以下、エゴの利得とする)、第2項は NT ステップ間に資源獲得期待量に対して実際に得られた収量の差分に起因して発生するフラストレーションが如何に小さかったか(以下、ストレスフリー得点とする)、第3項は NT ステップ間に環境破壊発生が如何に少なかったか(以下、環境破壊防止得点とする)、第4項は NT ステップ間における社会全体の獲得資源の総和(以下、社会利得総和とする)を表している。 $w_{i,1}, w_{i,2}, w_{i,3}, w_{i,4}$ は適合度関数を構成する夫々の得点の重みを意味し、既述したようにこれらを一括した \vec{w} が価値観を表す。なお(6)式で重みを除く各項は最大値が $NT \cdot M$ となるようにスケールが調整されている。また、各項が表す影響を例えば積で観るなど他の考え方もあり得るが、これらに関する既往知見が不足している刻下、小考では線形重ね合わせを仮定しておく。

上述したように原初状態ではエージェントはエゴの利得の増進のみ邁進する。しかし、エピソードの進捗に伴い、社会に適合した価値観へと推移していく。

ここで留意すべき重要な点は、(6)式で定義した価値観は、確かに原初においてはエゴ的利得だけで決まることになるが、ストレスフリー得点、環境破壊防止得点、社会利得総和の各パートは“存在しない”のではなく、重みがゼロセット

されているだけなのである。換言するなら、価値観の概念上、後三者はまるで認識されていないわけではなく、*alternative*としては潜在しており、当初は発現していないだけなのである。従って、価値観の進化計算における適合度(6)式は、関数構造上の変化がエピソード中に生じるのではない。これは価値観創発を取り扱っている[3]、[4]についても同様のことが云える。本来的な価値観の創発とは、旧来の価値観のもとでは目睫の閉塞が打破出来ない場合に、新パラダイムが*heuristic*に発見される過程を指すかと思われるが、これを人工社会に再構するには、(1)人間の試行錯誤的思考プロセスを如何にモデル化するか、(2)適合度関数をエピソード中に変容させることは学習の非収束をもたらす可能性がある[5]点を克服しなければならず、これらに関しては、現在のところ、一般的解法は知られていない。一方、現下の持続可能社会にまつわる議論を観ても諒解されるように、社会的には、実現のための方策は既往概念から外挿的に認知されたいとも云え(例えば、省エネルギーの徹底、リサイクルの称揚、シンプルライフの薦めetc)、全く新しいアイデアが天恵物の如く降って湧いてくるシナリオでなければならないと云うわけでもない。

3. 数値実験

3.1. 計算条件

仮定したパラメータを表1に示す。以下の結果は全て5試行のアンサンプル平均である。

3.2 結果及び考察

図2に各エージェントの資源獲得量、図3は環境及び環境

N 及び M	4
FSMに関する遺伝子プール数	10000
\vec{w} に関する遺伝子プール数	400
NT	10
1エピソードの計算世代	40000
ϵ	1

破壊確率、図4は各世代における資源獲得期待量の出現確率、図5は価値観の世代推移である(以上を標準ケースとする)。図には示していないが、エピソード中の価値観を(1 0 0 0)に固定した場合(以下、エゴ志向とする)、同様にエピソード原初以降の価値観を夫々(0 1 0 0)(以下、ストレスフリー志向とする)、(0 0 1 0)(以下、環境破壊防止志向とする)、(0 0 0 1)(以下、社会総和志向とする)に固定した場合を計算してみた。

エゴ志向では、各エージェントは資源獲得期待量の最大値を要求するように学習は推移し、環境は許容下限値 ϵ にロックされ、環境破壊は常態と化した。結果的に各エージェントの資源獲得量は ϵ を4分した最低値0.25(ナッシュ均衡解)に固定されてる。皆がエゴ的に振る舞えば、ナッシュ均衡である0.25を抜け出すことが出来ないとの結果である。

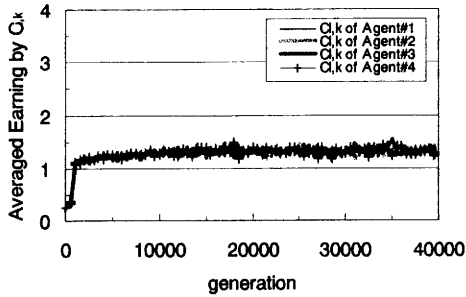


図2 資源獲得量の世代推移

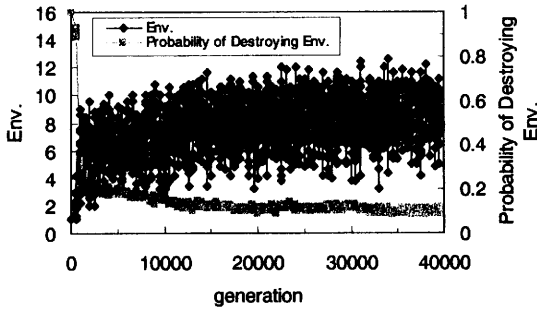


図3 環境及び環境破壊確率の世代推移

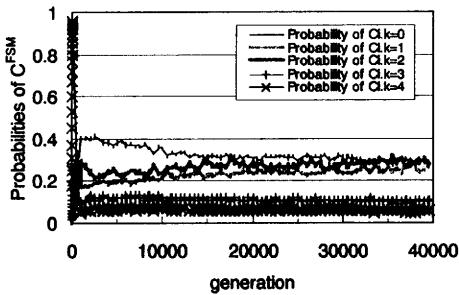


図4 資源獲得期待量の出現確率の世代推移

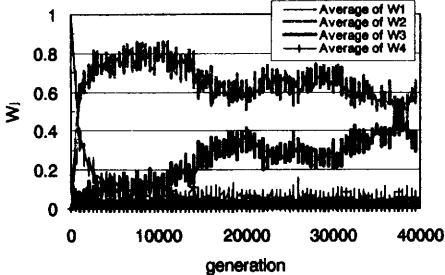


図5 価値観の世代推移

を重視する重み ($w_{i,1}$) は急減し、代わってストレスフリー得点、環境破壊防止得点を重視する重み ($w_{i,2}$, $w_{i,3}$) が急増、すなわちエゴ的価値観の限界を知るや、後両者を軸とする価値観へと転換を図っているのである (図5)。これにより、当初は高かった環境破壊確率は低減し (図3)、結果的には、各エージェントが平均的に資源獲得期待量=2を出し続けることで達成される完全なる持続可能社会、すなわちパレート最適解 (資源獲得量=2) には至らないものの、ナッシュ均衡からは脱出し、資源獲得量は1を悠に越えている (図2) ¹⁾。

図に示していないが、ストレスフリー志向、環境破壊防止志向では、学習の結果、資源獲得量はナッシュ均衡を脱し、1前後の値となり、環境破壊確率も標準ケース同様低い値にとどまる結果となった。ここでストレスフリー志向、環境破壊防止志向の両志向について着目すべきは、各世代で平均を取った資源獲得期待量の出現確率の推移である。いずれも完全なる持続可能社会を実現するための期待量2を下回る0及び1を番手として出す確率が高かった。これは、両志向では適合度関数上 ((6)式)、エージェントが獲得する資源量を利得として組み込んでいないため、資源獲得量を付度するよりも、ストレス及び環境破壊の抑制を目指すのが故に、その達成上より確実な0及び1の資源獲得期待量の番手を出すように学習が行われたためである (資源獲得量そのものを増進させるインセンティブを適合度関数上有していない)。対して、社会総和志向 (同様に図には示していない) では、完全なる持続可能社会の実現がすなわち社会総和最大化を意味するから、資源獲得期待量は2を番手として出すように学習は推移し、結果的に資源獲得量はパレート解に近い値となり、付随して環境破壊も抑制されている結果を示した。以上述べたエゴ志向、ストレスフリー志向、環境破壊防止志向、社会総和志向 (いずれも図示していない) は、価値観を固定的に付与したものであるから、学習は、固定的明示的に決められ、かつ動的に変化することのない構造を有する適合度関数の最大化を目指して行われるから、当然の事ながら、その推移も適合度関数の形から予想される常識的範疇を逸脱することはない。

さてここで再び、図4を見ることで標準ケースに戻ってみよう。標準ケースでは価値観は動的に変化する。再言すると、エピソードはエゴ的利得増大をひたすら目指すようにプリセットされた原初状態からスタートするが、やがては、ストレスフリー得点、環境破壊防止得点を重視する価値観へとパラダイムシフトが創発する。その際、先ず資源獲得期待量0とする番手が増加し、これは上述した考察からストレスフリー、環境破壊抑止と呼応する現象であると諒解されるが、更なる学習の進捗に伴い、次第に資源獲得期待量2あるいは1を番手として出す確率が高くなっていることがわかる (図4)。これは適合度関数上、エゴ的利得、社会利得総和に含まれる資源獲得量増大志向が全くもって忘却されたわけでは

一方、図に示した標準ケースはどうだろうか。原初は全エージェントはエゴ的だが、学習の進展とともにエゴ的利得

ない(図5の $w_{i,1}$, $w_{i,4}$ がゼロになってしまったわけではない)ことから来るのである。

以上を小括すると、標準ケースに見たエピソード推移から、原初は全くのエゴ志向であるエージェント群は、価値観の転換を創発させ、ナッシュ均衡の陥穽から脱して、相対的には大きな資源獲得量が得られる持続可能型社会を達成させていることが示された。

それでは、標準ケースに親た価値観のパラダイムシフトの創発は一体如何なる端緒で生起するのであろうか。言葉を換えれば、ナッシュ均衡の陥穽から脱するとの意味で「持続可能な社会」を達成するためには、(6)式の適合度関数に付されるべき制約が何か存在するのだろうか。

やはりスペースの都合で図示出来ないが、エピソード初期条件の価値観(1 0 0 0)以降、エゴの利得とストレスフリー得点に関する重み $w_{i,1}$, $w_{i,2}$ 以外を0に固定して学習させた場合(以下、エゴ&ストレスフリー志向とする)、エゴの利得と環境破壊防止得点に関する重み $w_{i,1}$, $w_{i,3}$ 以外を0に固定(以下、エゴ&環境破壊防止志向とする)した場合、エゴの利得と社会利得総和に関する重み $w_{i,1}$, $w_{i,4}$ 以外を0に固定(以下、エゴ&社会総和志向とする)した場合、さらに、エピソード初期条件を価値観(0 0.5 0.5 0)とし、以降、ストレスフリー利得と環境破壊防止得点に関する重み $w_{i,2}$, $w_{i,3}$ 以外を0に固定して学習させた場合(以下、ストレスフリー&環境破壊防止志向とする)、エピソード初期条件を価値観(0 0.5 0 0.5)とし、以降、ストレスフリー利得と社会利得総和に関する重み $w_{i,2}$, $w_{i,4}$ 以外を0に固定(以下、ストレスフリー&社会総和志向とする)した場合、エピソード初期条件を価値観(0 0 0.5 0.5)とし、以降、環境破壊防止利得と社会利得総和に関する重み $w_{i,3}$, $w_{i,4}$ 以外を0に固定(以下、環境破壊防止&社会総和志向とする)した場合について、詳細に検討してみた。

それらを観ると、価値観としてエゴ志向が潜在する場合は同時にストレスフリー志向が潜在しないとナッシュ均衡から抜け出せないことがわかった。

このことを、これまで述べた結果を再顧しつつ、(6)式の適合度関数で各項が意味する点を考えながら反芻してみる。エゴの利得増大とは資源獲得量で計量される私益増大を意味する。但し、如上の数値実験結果から明らかなように、エゴ志向では資源獲得量はナッシュ均衡から脱し得ない。ストレスフリー得点増大を目指す、結果的には各エージェントの資源獲得量はナッシュ均衡を脱し得るけれど、適合度そのものは各個人のストレスが如何に低いかで計量される私益増大型のものであり、その適合度増大の過程で付随して資源獲得量もナッシュ均衡を抜け出せたと云うべきものである。資源獲得量の多寡を論じるのなら、ストレスフリー志向は、結果的にナッシュ均衡から脱し得たと云う点で公益にも適しているけれど、あくまで適合度は個人レベルで定義されたストレスを減じることを目指す私益増大型であることを再

言しておく。一方、環境破壊防止得点は、適合度の大小は、社会を構成する全エージェントの振る舞いで定まる環境破壊の発生如何に関わる。極言すれば、自己は多量の資源獲得量を得ながら他人は少量にとどまり、全体として環境破壊に至らないのであれば適合度を減じることはないから、皆が一斉に協調的に振る舞う場合を除いて、学習は協調的振る舞いをよしとする向きには進み得ない。換言すると、エゴ的な価値観を有するエージェントが混在する場合は、環境破壊を防止せよとの個人レベルに還元されない公益増進を謳い上げても試みは虚しい結末となる。皆がエゴ的価値観を有する中で突然変異により環境破壊防止をよしとする公益性に目覚めたエージェントが現れても、一人の努力では実際的には環境破壊は防止し得ないから適合度を上げることが出来ず、結局、彼の価値観は淘汰されてしまうのである。社会利得総和を目指す場合も同様のことが云える。社会総和志向とエゴ志向が併存する場合、確かに社会総和を増進させることは間接的には自己の資源獲得量を増大させることをも包括するが、上記同様、自分は多量の資源を獲得しておきながら他人は抑制的であり、社会全体が持続可能型社会である場合が最も望ましいわけだから、このジレンマ構造から抜け出すことが出来ず、協調的振る舞いは創発し得ないのである。共産主義的テーゼが成員に強制される場合は余の儀にあらず、エゴ的な価値観を有するエージェントが混在する場合にあっては、やはり公益増進の広宣ではうまく持続可能社会は創発しないのである。エゴ的価値観が併存しない場合は、様相は異なる。公益増進もしくはそれに類した価値観しか持ち得ないのであれば、社会はやがて持続可能型社会を創発させ得る。

以上纏述した点を要括するなら、原初にエゴ的価値観が支配的な世界が持続可能型社会に至るには、ただ単に公益を称揚する価値観が潜在されていればよいのではなく、本数値実験例で云えばストレスフリー志向のように私益に還元され結果的には公益にも適しているが如き価値観が潜在していることが必要であることがわかった。

サステナブルな価値観が創発するメカニズムを詳看すべく、 $NT=25$, 資源回復関数を(3)式に代わって

$$Rc_k = \begin{cases} -E_k^2 \cdot N/M^2 + (N-1) \cdot E_k & \text{if } E_k \leq N \cdot M / 2 \\ -N \times M - E_k & \text{else} \end{cases} \quad \dots(7)$$

に変更して検討した。なお、(7)式は環境回復能を(3)式より緩和したことに相当し、Akiyama[1]の云う convex の条件設定に対応する(3)式は linear。図2に対応する資源獲得量の世代推移を図6に示す。環境回復能を緩和したこと、1ラウンド対戦数(NT)を増やしたことが利いて、図2より増してパレート解に近い資源獲得量となっている。図からは判読し難いが、2000世代前後で価値観シフトによりサステナブル的協調社会が創発している。図8は、1500, 1900, 2000, 2500の各世代におけるFSMの番号構成(全エージェント平均)とFSMを構成する各文字がどれだけの頻度で読まれたかを図示したものである。これもスペースの都合で全部を見

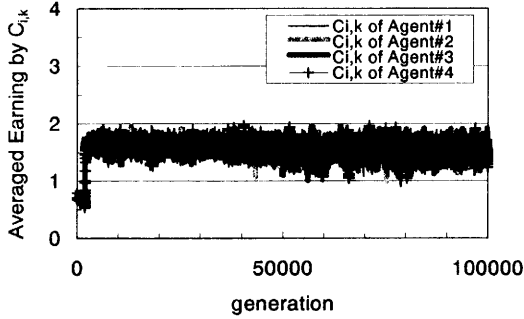


図7 資源獲得量の世代推移 (NT=25 および環境回復能(7)式)

せることが出来ないが、これを眺めると以下のことが判る。世代の若いナッシュ均衡時はFSMの2行2列目の文字が読まれそれはほぼ番号4である。世代が下り、価値観がシフトしてくると、先ず、社会平均(他人)がどうあれを自分は飲まず食わずの番号0や1を出すとの構成になり、これが集合されて皆(社会全体)が0や1を出すようになる。これにより、環境破壊の連続であった状況は打開されやがて環境が回復するようになる。そうするとFSM上の右半分、すなわち3列目、4列目が参照されるようになり、ここで特に1行2列目の文字に持続可能な資源獲得量である番号3を出すような進化を遂げていくのである。たまたま自己或いは他人が番号4を出し、環境が破壊されても、各人のFSMの左側半分には“環境が悪化したら飲まず食わずで我慢して環境を回復させる”との行動規範が残置されており、これがセーフネットになって、状況は再び持続可能型社会へと復するのである。

4. 結語

持続可能社会を達成する過程で如何なる価値観が創発され、その為の社会的要件は如何なるものであるかについて考量するために、エージェント個々の利得を規定するルールをメタに変容させる仕組みを社会で共有するフレームを価値観創発過程として組み込んだマルチエージェントシミュレーションモデルを構築した。

数値実験の結果、原初にエゴの価値観が支配的な世界がやがては持続可能型社会へと至るためには、盲目的に公益増進を説くが如き価値観が潜在しているだけでは不十分であり、結果的には公益にも適っているがあくまで私益に還元され得る価値観が社会的に潜在していなければならないことがわかった。

また、FSMの文字列を解析することにより、持続可能型社会へ至るプロセスについて論及した。

謝辞

本研究の一部は科研費・基盤研究 A (#14205087/代表: 神戸大・河村廣教授) 及び科研費・萌芽研究 (#14658122/代表: 谷本) による。納税者及び関係各位に謝意を表す。

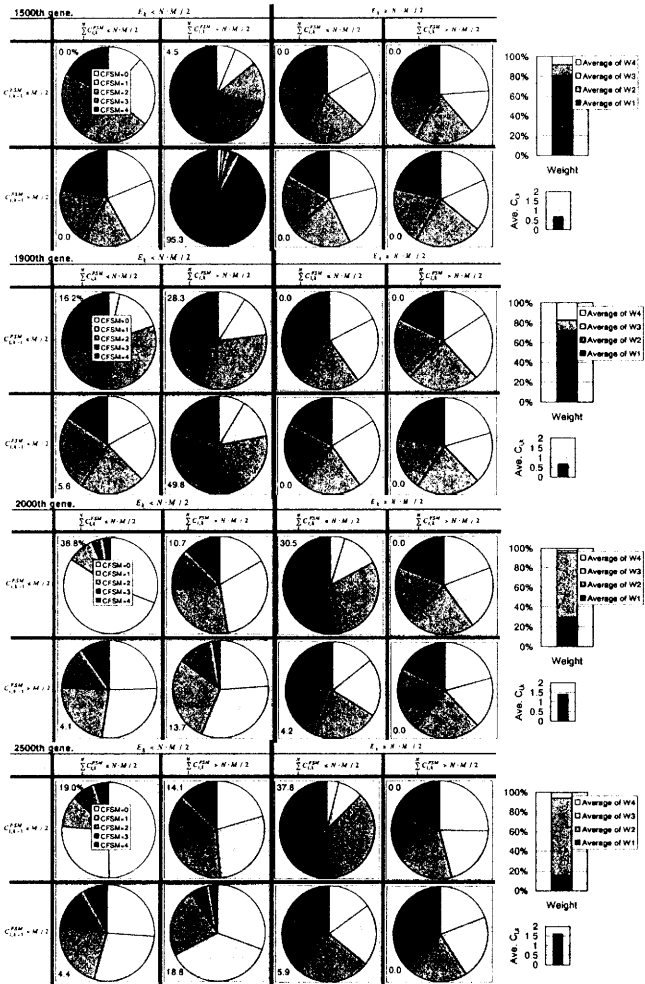


図8 FSMの進化

注記

*1 図2から図5の標準ケースをみると4万世代で定常に達しているかが不分明であるが、5試行アンサンブル平均で10万世代、1試行で20万世代の計算を行い、4万世代でほぼ定常であることを確認した。

文献

- [1]Akiyama,E., Kaneko,K.; Dynamical systems game theory II Anew approach to the problem of the social dilemma, Physics D 167, pp.36-71, 2002
- [2]石淵久生,中理達成,中島智晴;空間型繰返し囚人のジレンマゲームにおける隣接プレーヤ間での信頼関係のモデル化, 電子情報通信学会論文誌 D-I Vol.J83- D-I No.10, pp.1097-1108, 2000.10
- [3]石田崇,横井浩史,嘉数侑昇;競争社会系における価値観群の創発, 人工知能学会誌 No.15 Vol.5, pp.896-903, 2000.9
- [4]山口佳樹,山内敦,丸山勉,星野力;ジレンマゲームにおける価値観の発生とその解析, 計測自動制御学会論文集 Vol.38 Vol.3, pp.299-308, 2002.3
- [5]森山甲一,沼尾正行;環境状況に応じて自己の報酬を操作する学習エージェントの構築,第10回マルチエージェントと協調計算ワークショップ(MACC2001), pp.91-98, 2001.11