

## 人工社会モデルにおけるエージェントの個人差が与える影響

大学院社会文化システム研究科 佐 藤 翔  
文化システム専攻心理・情報領域

法経政策学科 西 平 直 史

人間文化学科 本 多 薫

人間文化学科 渡 邊 洋 一

### 〈要旨〉

人工社会モデルにおける個人差が与える影響を検討するために、エージェントベースによるコンピュータ・シミュレーションを実施した。先行研究には、文化変動を取り扱った Axelrod の Adaptive Cultural Model (ACM) と、Axelrod の研究をマスメディアの影響力という視点から拡張を行った柴内らの研究がある。これらの研究では、特徴（個人のもつ文化、嗜好、意見など）の変化のしやすさという点でエージェント同士が等質であると仮定している。しかし、現実社会に適用する場合には、特徴の変化のしやすさには、個人差があるという視点から検討する必要がある。そのため、Axelrod、柴内らのモデルにエージェント毎の特徴に個人差を導入し検討を行った。その結果、(1) 設定する個人差に意思を変えない頑固者が含まれる場合には、ACM と比較して残存文化数が増加する、(2) 多数派情報の参照が可能な場合には、残存文化数は減少することを示した。

キーワード：人工社会モデル，コンピュータ・シミュレーション，個人差，多数派情報

### 1. はじめに

日頃我々が生活をしている社会を見渡してみると、個人レベルでの意思の変化や、流行や世論など社会全体における意思の集合現象のような、文化の生成や変化が日々起っている。このような文化の生成や変化というものは個人と社会の相互作用の中で生まれる。個人の意見が集約され世論が形成されると同時に、形成された世論は個人の意見に影響を与えるようになる。このような文化の生成や変化などの集合現象に共通する特徴を考えた場合、個人の意思決

定がベースとなっている。個人レベルの過程と社会・集団レベルの過程には多くの場合で双方向性があり，こうした個人—集団間での文化生成，変化の過程はしばしばコンピュータ・シミュレーションにより検討され，その一つに Axelrod の研究がある [1]。Axelrod はシミュレーションの結果として，クラスタ化と極性化という二つの大きな結果を提示している<sup>1</sup>。また，柴内・石黒・安野は Axelrod のモデルをマスメディアの影響力という視点から拡張し検討を行った [2]。

しかし，現実世界を考えれば人間には個人差がある。社会や文化がそこに属する個人の人格を形成するように，個人の人格が集合することによって社会や文化もまた形成されるとするならば，そこに個人差が与える影響もあるはずである [3]。このように世論や文化形成が個人と切り離すことが出来ないならば，相互作用を行うエージェント同士にも個人差を考えるべきであろう。そのため本論文では，Axelrod のモデルをエージェント毎の個人差という視点から再検討していく。

なお，Axelrod は，人間同士の影響は信念，態度，規範や芸術など多様な形で表現されるが，一言でそれらを表すのは「文化」という言葉が一般的であるとし，その言葉の中に信念や態度など人間同士の影響を含むとしている [1]。

また，エージェントとは，シミュレーションにおいて現実の個人と同じような役割を持ち，自律的に学習，行動を行う実行主体である。

## 2. 先行研究

これまでに検討されてきたシミュレーションモデルの事例として，今回再検討する Axelrod のモデルとその拡張モデルである柴内らのモデルを取り上げる。

### 2.1 Adaptive Cultural Model

Axelrod の提唱したコンピュータ・シミュレーションモデル Adaptive Cultural Model (以下 ACM と呼ぶ) では，コンピュータ上で  $10 \times 10$  の格子に一つずつエージェントを配置し，それぞれのエージェントに 5 つの特徴を持たせている (図 1 参照) [1]。この特徴はシミュレーションの初期段階において 0 から 9 までの特性をランダムにセットされ，その 5 桁の特徴のセットを「文化」としている。ここでの特徴とは，言語や服装，髪や目の色などの身体的特徴などカテゴリ自体を意味し，特性とは使用する言語や服装の種類，身体的特徴などの具体的な中身を意味している。

このように文化をセットされたエージェントは以下の手順で作用を行っていく。はじめにラ

---

1 クラスタとは，心理学における集団の定義に倣い，保持する文化が一致したエージェントが 2 つ以上存在する集合を示す。また，極性化とは，個人や集団間での様々なやりとりによりそれらの差異が強化され浮き彫りになることを示す。

20671	52863	53721	19241	
55864	72499	33436	16372	
81920	36108	86044	52238	
21379	59033	19604	21112	

図1 格子状に配置されたエージェント

ランダムに一つのエージェントが選択される。ここでは仮に A というエージェントが選択されたとする。次に選択されたエージェント A の上下左右のエージェントから一つのエージェント B が選択される。これら二つのエージェントの類似性、つまり A と B が共有する特性の割合を確率として、二つのエージェント間で作用が起こり、その結果、エージェント間で一致していない特性の一つがランダムにエージェント A にコピーされる。例えば、11123 (A) と 11132 (B) というエージェントが作用をする場合、3 つの特徴にセットされている特性が一致しているため、作用は  $3/5$ 、つまり 60% の確率で発生することになる。この一連の流れを 1 イベントとすると、この 1 イベント中では選択されたエージェントしか保持する特性が変化しないが、数万回のイベント試行全体を通すとエージェント B もエージェント A から影響を受け特性が変化することがある。Axelrod はこの全体を相互作用と呼んでいる。こうした手順のシミュレーションを繰り返した結果として、Axelrod は局所的な文化の集束が全体的なクラスタ化と極性化をもたらす事を示している [1]。

## 2.2 現代社会とマスメディアの影響

現代の社会現象においては、ACM がエージェントにより仮定したような周囲とのコミュニケーションによってのみ相互作用が発生しているわけではない。通信メディアが発達した現代においては携帯電話、インターネットなどの空間的制約を帳消しにするコミュニケーションメディアが身近に溢れ、周囲の人間と交流するのと同様に、もしくはそれよりも容易に遠隔地の人間と交流することも可能となってきた。このような社会の変化を考えると、Axelrod が提示したような近隣エージェントのみによる相互作用のモデルでは、現代社会における文化の生成や変化を捉えることは出来ないと考えられる [4]。

こうした観点から柴内・石黒・安野は ACM に対し「マスメディア」の登場が文化変動にどのような影響を及ぼしうるかを検討している [2]。柴内らはマスメディアの機能として、社会の中の多数のエージェントに対して所属する集団等に関わらず等しく均等な情報を伝達し皆が同じ情報に触れる機会を与えるという機能を挙げている [2],[4]。シミュレーションを繰り返

した結果として、多数派情報のフィードバック機構を組み込んだ ACM は、エージェントの保持する特性の多様化とその持続に寄与し、多数派情報の参照機会が大きくなればなるほどにその効果も増大するとしている。ここから柴内らは、マスメディアのような画一的な情報を提示する機構は、早期の特性値の収束を招きはするものの、全体を一方向に引き寄せるような作用を必ずしも招くとは限らないという見解を示している [4]。

ここまで Axelrod の ACM と、その拡張を行った柴内らのモデルを見てきた。どちらのモデルも実際の文化の生成や変化の流れを考えた場合、その一端を的確に捉えているモデルであるように思える。しかし、現実の社会を考えた場合、同じ文化に所属している人間同士であっても性格が似たもの同士ばかりであるとは考えられない。周囲の人間を見るだけでも、一度意見を聞いただけで態度や行動が変化するような人間もいれば、何度相互作用を重ねても態度や行動を変化させないような人間も存在するだろう。Moscovici [5] によれば、そうした自分の意見を変化させることのない、つまり首尾一貫した行動様式を少数派が持っていた場合、時に多数派に自分たちを認めさせ、集団内で少数派が多数派へと転じる可能性があるとしている。また、Axelrod や柴内らの研究においても、地位や性格、文化的な魅力などを考慮し検討を行う必要があると述べられている [1], [4]。こうしたことから、個人の性格、変化のしやすさというものを考慮することは、本来の社会の姿を捉える上で不可欠であると考えられる。そこで現実世界における個人差というものを、エージェント毎の作用のしやすさによって ACM に導入した。本論文で導入した個人差というパラメータは、Axelrod や柴内らが想定する地位や性格など複数の項目に対応するものであり、それを 1 つのパラメータで表すことが出来るものである。

### 3. ACM の拡張：個人差の追加

Axelrod の ACM や柴内らのモデルにおいて、エージェント同士の作用は特徴毎にセットされた特性の一致率にのみ起因しているが、本論文では現実社会における個人毎の違いを踏まえ、Axelrod のモデルにエージェント毎の個人差というものを導入することを考えた。本論文ではエージェント毎に作用のしやすさを 5 段階に設定し、作用の起こる確率を細分化した。このエージェント毎の個人差の設定が、どのようにシミュレーションの結果に影響を与えるのかを検討していく。

#### 3.1 方法

10×10 の格子型のネットワーク上に、5 つの特徴を持つエージェントを 100 個配置した。エージェントの持つそれぞれの特徴は 0~9 の特性の値を取る。この格子状に配置されたエージェントの全てに対しランダムに作用のしやすさを 0~4 までの 5 段階に設定した。この値は

Axelrod らのモデルにおけるエージェント毎の作用のしやすさを 1 とした場合の相対値として設定している。設定された値が 0 である場合は、そのエージェントは作用を全く行わないエージェントであり、1 の場合は Axelrod らが設定したエージェントと比較して「1/4 の作用のしやすさ」、2 の場合は「1/2 の作用のしやすさ」、3 の場合は「3/4 の作用のしやすさ」、4 の場合は「同等の作用のしやすさ」と設定している。本論文では、作用の発生確率を  $P_1$  とし、特性の一致数を  $a$ 、エージェント毎の作用のしやすさの値を  $b$  とすると

$$P_1 = \frac{a}{5} \times \frac{b}{4} \quad (1)$$

によって決定されている。例えば、11123 (A) と 11132 (B) というエージェントが作用する場合、これまでのモデルならば特性の一致している特徴の数が 3 つであるから、60% の確率で作用が起きる。しかし、エージェント (A) の作用のしやすさの値が 2 であった場合、 $(3/5) \times (2/4) = 3/10 = 30\%$  の確率で作用が発生する。また、エージェントに設定した個人差の値において 0 のエージェントが存在する場合、そのエージェントの数だけ最終的な残存数も増加してしまうため、設定する値から 0 を除いた場合のシミュレーションも行った。さらに、こうした個人差を導入した場合の ACM において、柴内らが提示するようなマスメディアの機能はどのように働くのかを検討した。本論文においてマスメディアの機能は、柴内らが行ったシミュレーションに倣い、全体情報を集約した「多数派情報」を各エージェントの 5 番目の近隣エージェントとして扱っている。つまり、作用を受けるエージェントの周囲には、4 つの近隣エージェントと、エージェントとしてみなされる多数派情報の 5 種類のエージェントが存在し、その内 1 つが選択され作用が発生する。まず各エージェントが特徴に保持している特性毎に多数派である値を取り出し、それによって「多数派情報」を形成する。形成された「多数派情報」の参照確率は、柴内らの結果と比較するため、柴内らと同様に ACM におけるエージェントが選択される確率の相対値として扱い、0.5, 1, 4, 8 の 4 条件を検討した。「多数派情報」が選択される確率を  $P_2$ 、条件付けを  $w$  とすると、

$$P_2 = \frac{w}{4+w} \quad (2)$$

という式で参照確率は決定される。例えば  $w=1$  の条件下では、 $1/(4+1) = 1/5 = 20\%$  の確率で多数派情報が参照される。なお、各イベントにおけるエージェントの特性値の変化過程は ACM と同様である。1 回のシミュレーションにおいて、エージェントの選択回数（選択され作用が発生するまでの流れ）は 10 万回行った。このシミュレーションをエージェントの特性値、作用のしやすさの値をランダムに変えて 100 回実施し結果を検討した。

### 3.2 ACM への個人差導入の結果

結果を検討するために、シミュレーションにおける残存文化数の変化を取り上げた。図 2 は各 100 回のシミュレーションにおける残存文化数の変化を平均したものである。図 2 を見る

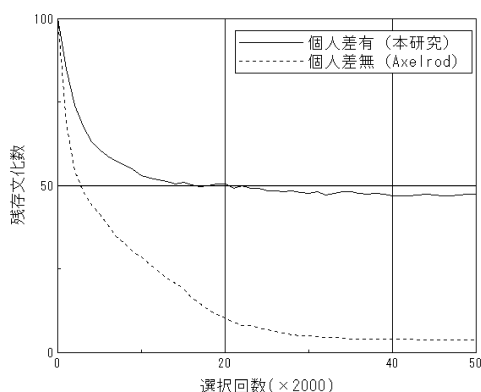


図2 ACMと個人差を導入した場合の比較

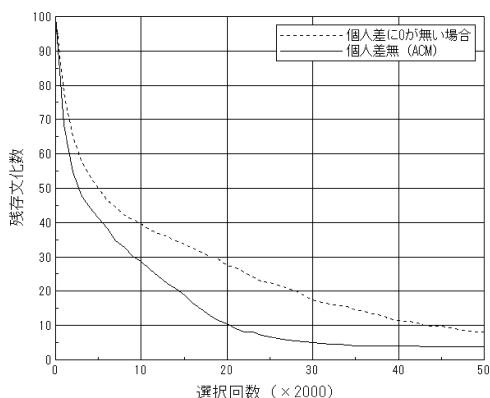


図3 ACMと個人差に0が無い場合の比較

と、Axelrod の ACM において、残存文化数はゆるやかに減少し、最終的に数個に落ち着いた。しかし、設定する個人差に0が含まれる場合の結果を見ると、ACM と比較して飛躍的に残存文化数が増加していることがわかる。なお、図2において、選択回数が増えたりから残存文化数は平衡状態になっている。これはエージェントの選択回数を1000万回に増やしてシミュレーションを行った場合も50前後で平衡状態が続いていたため、一時的な平衡状態では無いと思われる。

また、設定する個人差の値から0を除いた場合のシミュレーションの結果は、残存文化数の減少率が低下するにとどまり、最終的には ACM と同程度の残存文化数に落ち着いた(図3)。この結果から ACM に個人差を設定した場合、残存文化数に変化を与える要因は頑固者(個人差の設定の値が0であるエージェント)を含むことであると推測した。そのため、初期値設定において、配置場所はランダムであるが頑固者の数に上限を設けシミュレーションを繰り返したところ、図4に示すように頑固者の上限が5, 10, 15, 20と増加するにつれて、残存文化数も増加していく傾向がみられた。

図5に ACM と個人差を設定した場合におけるクラスタ数の推移を示す。図5に示すデータは、各10回のシミュレーションにおける平均である。ACM では残存文化数が収束していくため、クラスタ数も同様に減少していくが、個人差を設定した場合の結果は、ACM と比較してクラスタ数が増加している。

図6には、クラスタのサイズが10以下のものを小規模のクラスタと定義し、ACM と個人差を導入した場合において小規模クラスタの数の推移を示した。小規模クラスタの定義は、心理学において10人以下の集団を小集団と定義することに倣った[6]。図6に示すデータは、各10回のシミュレーションにおける平均である。ACM では残存文化数の収束と同時に、クラスタ数も収束していくため、小規模のクラスタは減少していく。だが、個人差を設定した場合の結

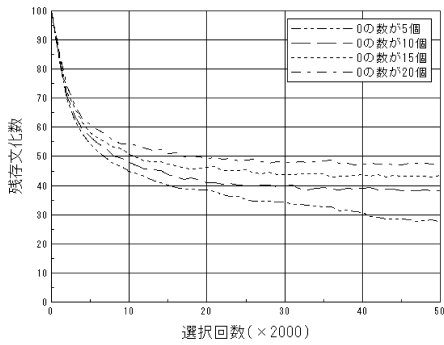


図4 個人差に含まれる0の数による比較

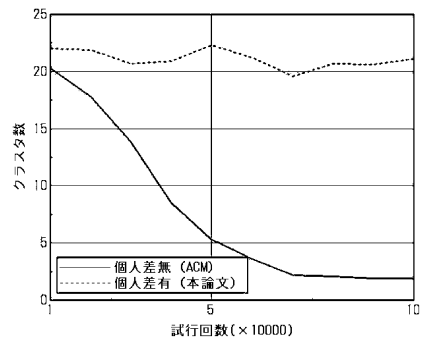


図5 ACMと個人差を導入した場合におけるクラスタ数の比較

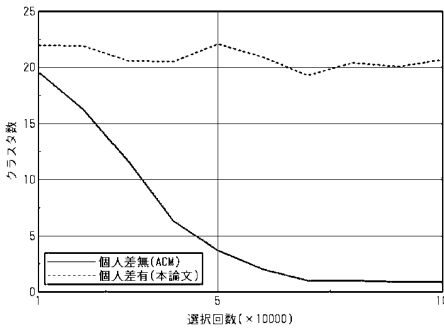


図6 ACMと個人差を導入した場合における小規模クラスタ数の比較

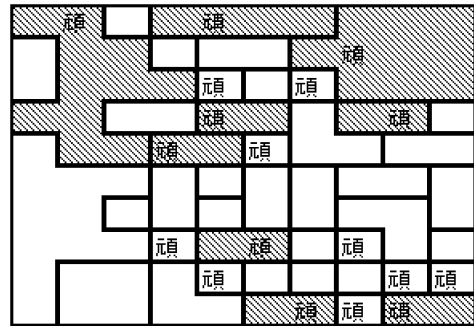


図7 頑固者により形成されたクラスタ

果では、小規模のクラスタが多数存在する結果となっている。

図7には個人差を設定した場合のクラスタ化の一例を示す。図7において、斜線部は頑固者とその同調者で構成されたクラスタである。「頑」の文字がある場所が頑固者であるエージェントの位置であり、それ以外の斜線部はその頑固者に同調したエージェントを示す。また、白い部分は頑固者ではないエージェントで構成されるクラスタ、もしくはエージェントである。頑固者の周囲にはクラスタ化が見られ、またその規模は小さいものとなっている。しかし、頑固者が狭い範囲に混在する場合には、エージェントの特性は一部が頑固者に同調するものの、全ての特性が完全に一致したクラスタ化は見られず、そのことが全体的な文化の多様化を招いている。

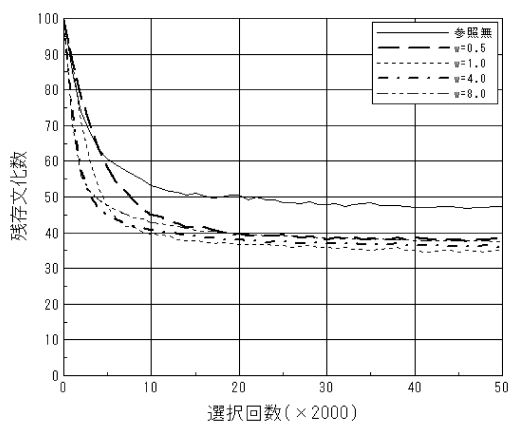


図8 多数派情報の参照

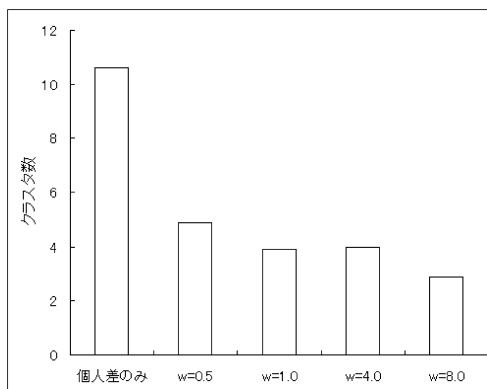


図9 頑固者により形成される  
クラスタ数の比較

### 3.3 多数派情報の影響

個人差を設定した場合において、多数派情報の参照を検討した。柴内らが提示する結果によれば、多数派情報は多様化を招くため、残存文化数はさらに増加していくはずである。しかし、図8に見られるように、多数派情報の参照の可能性を与えた場合、残存文化数は減少している。また、各参照確率を比較した場合、参照確率の増減に関連した変化は認められなかった。なお、選択回数が5万回を越えた辺りから残存文化数は平衡状態になっている。各参照確率において、選択回数を10万回から1000万回に増やして選択を行ったが平衡状態が続いたため、一時的な平衡状態では無いと思われる。また、図9に、各条件下における頑固者に同調したクラスタの数を示す。図9に示すデータは、各10回のシミュレーションにおける最終的なクラスタ数の平均である。図9を見た場合、多数派情報を参照していない状態では頑固者と同調するクラスタ化が多く発生しているが、多数派情報を参照する可能性が増大するにつれて、多少の影響を受けはするものの、完全に頑固者と同調するクラスタ化は減少していくという結果となった。図10には多数派情報を参照した場合のクラスタ化の一例を示す。図10において、斜線部は頑固者とその同調者で構成されたクラスタであり、点描部分は多数派情報に同調したエージェント、もしくはクラスタである。「頑」の文字がある場所が頑固者であるエージェントの位置であり、それ以外の斜線部はその頑固者に同調したエージェントを示す。また、白い部分は頑固者ではないエージェントで構成されるクラスタ、もしくはエージェントである。多数派情報を参照しない場合は頑固者の周囲に頑固者に同調するエージェントが多数存在していたが、多数派情報を参照した場合では同調するエージェントの数は減少している。



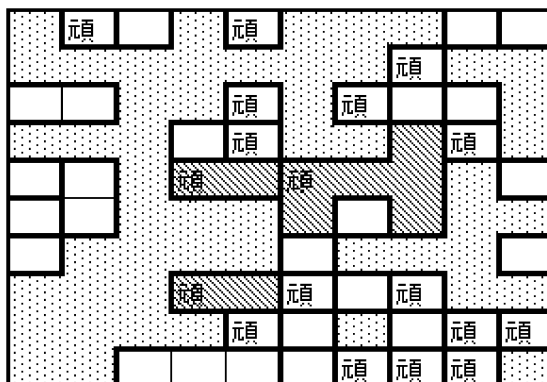


図 10 個人差を導入した場合における多数派情報の参照

#### 4. 議 論

本論文の結果における大きな特徴は、残存文化数の増加と多様化，そして頑固者の影響である。ACMで提示された極性化やクラスタ化自体は今回のシミュレーションにおいても確認されている。しかし、図2に示したように、ACMと比較して残存文化数は大幅に増加している。図6に示したように、クラスタ化においても多数派が形成するクラスタの規模は小さく、小規模なクラスタが多く生じるという結果になっていた。また、残存文化数が増加しているということから、エージェントが保持する特性においても多様化が認められる。

つまり多数派が少数派を飲み込むことも無く、小規模なクラスタや個々のエージェントが混在しているエージェント社会を生み出している。また、形成されたクラスタには頑固者に同調したクラスタが多く見られ、Moscoviciのいう首尾一貫した頑固者の行動様式が周囲のエージェントの同調を引き起こし、局所的な多数派を形成していると思われる。なお、少数派は集団内に多様性、流動性、変動性を持たせる機能を備えている。本論文において残存文化数の増加が見られたのは、頑固者が混在する状況下においてクラスタを形成しえなかった少数派の頑固者が、クラスタの境界に位置するエージェントに影響を与えていたためであると思われる。

現実社会を考えた時、頑固者というものは多くの場合、集団内での逸脱者として扱われると思われる。しかし、首尾一貫した行動が周囲に容認され同調を引き起こした場合、頑固者はリーダーシップを備える人物として扱われ、集団を形成するようになる。だが、頑固者に同調する者が出現しない場合、頑固者は集団内において逸脱者として存在することになる。本論文の結果、頑固者に同調するクラスタ化と孤立した頑固者の両方が確認されたのは、こうした過程を示唆していると思われる。

その一方で、個人差を設定した場合における多数派情報の参照は、頑固者が形成するクラスタと残存文化数の減少に寄与している（図8，図9）。多数派情報が無い場合においては頑固者に同調したクラスタ化が見られたが、参照する機会を与えた場合そのクラスタ化は減少し、多数派である大規模なクラスタ化が集団内部に生じた。一部の頑固者に同調するエージェントや、柴内らが提示するような多様化が生じたため、多数派以外のクラスタ化も見られた。だが、どちらにせよ本論文のように個人差を設定したエージェント社会において、多数派情報の参照は文化を多様化させ存続させる方向に働くというよりも、エージェントの多様化、残存文化数の増加を打ち消す効果を示していると考えられる。多数派情報、つまり全体的な状況情報を取り入れることのないエージェント社会においては、頑固者はリーダーと成りえる。しかし、個々のエージェントが全体状況を把握することが出来た場合、多数派情報と頑固者の差異が提示されることで、個々のエージェントは多数派情報へと流れ、全体的な意見の統一が生じると推測される。また、柴内らはマスメディアのような画一的な収斂機構では全体的な変化を起こしにくいと提示しているが、今回の結果では逆に、画一的情報により意見が統一されていくという全体的な変化が生じることを示した。

## 5. 終わりに

本論文では、ACMへの個人差の導入を通じ、Axelrodや柴内らの提示する結果を再検討してきた。今回の結果においては、集団内の頑固者が強い影響力を備えていること、そして集団内の多数派情報の強い影響力というものの一端も確認できたと思われる。しかし、今回設定した個人差は不変であり、現実社会に即した場合適切ではないと思われる。意見交換の中で人々は自身の姿勢も変化させていくことを考えれば、こうした作用のしやすさというものも変動すべきであるだろう。また、自身が多数派か少数派かを認知できない集団内における頑固者の影響力は大きいと思われる。

こうした意見変動のない頑固者という存在は世論形成に関する理論の一つである「沈黙の螺旋」理論においても、ハードコア層として触れられている[7]。このハードコア層に関して安野は、こうしたハードコア層がなぜ孤立を恐れないのかが重要であるとし、その理由として準拠集団の存在と近隣他者とのクラスタ化を挙げている[8]。準拠集団とは、個人の意見、態度、判断、行動などの基準となる枠組みを提供する集団であり、個人はこの集団の規範との関係において自己評価を行い、態度の変容や形成をする。準拠集団は、一般には家族、友人などの近隣集団や所属集団であることが多いが、以前所属していた集団や将来的に所属したいと望む集団なども含めることに特徴がある。本論文において、頑固者は単なる意見変動のないエージェントとして設定していたが、個人の態度変容、形成が準拠集団に影響されることを考えると、準拠集団による個人差の決定を検討することも考えるべきであろう。さらに、今後はこうした頑固

者の影響が実際の社会においても起こりうるのか, 人間小集団を用いた実験などを通して検討していきたい。

## 参 考 文 献

- [1] Axelrod R.: The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global Polarization; *The Journal of Conflict Resolution*, Vol.41, No.2, pp. 203-226 (1997)
- [2] 柴内康文・石黒格・安野智子: 適応エージェントモデルへの全体情報フィードバックの導入 (2): Axelrod (1997) の「文化」シミュレーションへの適応; *日本社会心理学会第 39 回大会発表論文集*, pp. 182-183 (1998)
- [3] 北山忍・唐澤真弓: 自己: 文化心理学的視座; *実験社会心理学研究*, Vol. 35, No. 2, pp. 133-163 (1995)
- [4] 柴内康文: メディア社会とチャンス発見: チャンス発見の情報技術; *東京電機大学出版社*, pp. 183-196 (2003)
- [5] Moscovici, S., Lage, E. & Naffrechoux, M.: Influence of consistent minority on the responses of a majority in a color perception task. *Sociometry*, Vol.32, pp. 365-380 (1969)
- [6] Gary R. VandenBos (ed.): *APA Dictionary of Psychology*; American Psychological Association, Washington, p.860 (2007)
- [7] Noelle - Neumann E. 著, 池田謙一・安野智子訳: 沈黙の螺旋理論: 世論形成過程の社会心理学; *ブレーン出版* (1997)
- [8] 安野智子: 沈黙の螺旋理論の展開; *マス・コミュニケーション研究*, Vol. 60, pp. 44-61 (2002)

# The Effects of Individual Differences Among Agents in Artificial Society Models

Sho SATO

Naofumi NISHIHIRA

Kaoru HONDA

Yoichi WATANABE

## Abstract

The purpose of this paper is to examine what effects the individual differences among agents will manifest themselves in artificial society models. We have run a series of agent-based computer simulations with reference to the models of Axelrod and Shibantai et al. Axelrod has analyzed certain cultural changes upon the Adaptive Cultural Model (ACM); Shibantai et al. have applied Axelrod's theory to the analysis of mass media influences. They incorrectly hypothesize that each of the agents displays homogeneous qualities in relation to the liability to changes in personal characteristics (e.g. individual cultural backgrounds, tastes and opinions).

In simulating a real human society, we need to take the fact into account that a considerable extent of personal equation is actually observable in terms of the liability to changes in personal characteristics. Therefore, we have modified the Axelrod and the Shibantai models, integrating the elements of individual differences into the characteristics of each agent.

The results of our simulations show (1) that the number of remaining cultures is higher than in the ACM when individual differences include a stubborn figure who never changes his/her personal characteristics, and (2) that the number of remaining culture is lower when the majority information is available.

Keywords : artificial society model, computer simulation, individual variations, majority information