

# 多集団社会における情報誤認過程に関する研究 ーシェリングの分居モデルをベースにー

土 居 淳 子  
金 明 秀

## 1. はじめに

社会科学にとって、マルチエージェント・シミュレーションは比較的新しい研究手法である<sup>1</sup>。自律的な行動主体として個人行動をモデル化し、ミクロレベルの個人同士が相互作用を繰り返すことでマクロレベルの社会全体にどのような特性が現れるのか、どのような社会秩序が発生するのかを実験的に分析・検証する手法である。通常はコンピュータ・シミュレーションが用いられる。

これまで、集団極化や人種による分居が発生するメカニズム、利他行動が集団内で合理的となる状況の範囲を示すことなどに成功してきた（塚崎・亀田、2004）。また、近年、KK-MAS や artisoc といった「人に優しい」シミュレータが開発されたため（山影、2007）、国際関係、流行現象、避難行動など様々な社会現象のモデル化が試みられている。

本研究では、マイノリティ差別の認知過程やマイノリティ政策の意見形成過程等の研究のための基礎研究として、Schelling（1978）が提案した分居<sup>2</sup>（segregation）モデルとその拡張モデルを分析する。具体的には、1つの人工社会に異質な2つの集団が存在するとき、互いの集団に対する認識はどのようなものであるのか、個々のエージェントの相互作用によってどのように変化する傾向にあるのかを検討する。

## 2. シェリング (Schelling) の分居モデル

分居とは、人種、宗教、文化、社会的地位などの違いによって、地域社会の住み分けが生じる現象のことをいう。Schelling (1978) は、チェス盤上に配置したコインを用いて分居モデルを作成し、以下のようなシミュレーションを手作業で行った。地域社会をチェス盤 (8×8)、2種類の住民を1セント硬貨と10セント硬貨に見立てている。

- (1) 8×8のマス目をもつチェス盤上に、1セント硬貨を23枚、10セント硬貨を22枚、重ならないようにランダムに配置する。
- (2) 各硬貨(住民に相当)は、周囲に自分と同じ種類の硬貨(同種類の隣人)が1/3以上であれば満足しそのマスに留まり、1/3未満の場合は、空いているマスのうち最も近くの自分の好みにあう(同種類の隣人が1/3以上の)マスに移動する。
- (3) 全硬貨が満足した段階でシミュレーションを終了する。

その結果、住民は自分と同種類の隣人が1/3以上であることを好むという異種の住民に対して寛容な住民ばかりであるにもかかわらず、地域社会全体では分居が進むことがわかった。つまり、地域社会全体としての分居(マクロレベル)が、政府等からの意図的な働きかけや強い差別意識がなくとも、個人(ミクロレベル)のささやかな嗜好によって、自己組織的に形成されうることが示されたのである。

Schellingの研究は前述のように手作業で行われたが、その後、Epstein&Axtell (1996) がマルチエージェント・シミュレーションの手法を用いてコンピュータの中で同様の実験を行い、分居現象が観測されることを検証している。さらに、板山・田村 (1999) は、各住民(エージェント)が求める同種のエージェントの比率(以下では、幸福度閾値と呼ぶ)やエージェント密度など、様々なモデルパラメータが分居に及ぼす影響を分析している。

本研究では、人工社会シミュレータ *artisoc* を使い、板山・田村 (1999) と同様の方法で Schelling の分居モデルをコンピュータモデル化する。

### 3. SmallWorld モデル

2次元セル型空間に、赤エージェントと青エージェントの2種類のエージェントのみが存在する人工社会を考える。2節で紹介した分居モデルを拡張し、エージェントは属性を1つ有していると仮定する。この属性を特性Aと呼ぼう。特性Aとは、例えば社会的地位、政治的思想傾向、教育レベルなどであり、エージェント（いいかえると、個人）毎に異なる値をとる。

2次元空間はループしており、上端は下端と、左端は右端とつながる2次元トーラス空間とする。各エージェントはセルからセルへと飛び飛びにしか移動できず、また、1つのセルに複数のエージェントが同時に存在することはできない。本研究では、シミュレーションの開始時点で、赤エージェントを $n_r$ 人、青エージェントを $n_b$ 人、空間上にランダムに配置することとし、2次元空間として $20 \times 20$ および $50 \times 50$ の2種類の空間を扱う。以下では $20 \times 20$ 空間をSmallWorld、 $50 \times 50$ 空間をBigWorldと呼ぶことにする。

#### 3.1 各エージェントの行動ルール

赤、青エージェントはそれぞれ、次のような基本ルールに従って行動する。

- (1) シミュレーション開始時、各エージェントの特性A（例えば、社会的地位）の値を決定する。赤エージェント集団における特性Aの分布は正規分布 $N(\mu_r, \sigma_r^2)$ 、青エージェント集団の分布は正規分布 $N(\mu_b, \sigma_b^2)$ に従うと仮定し、各エージェントには乱数を用いて具体的な値を割り当てる。
- (2) 毎ステップ、周囲の状況から自分の幸福度を計算し、幸福度がある閾値 $\theta$ 以上であれば自らを幸福だと判断しそのセルに留まる。一方、幸福度が閾値 $\theta$ 未満の場合は不幸だと判断し、周囲の空いているセルをランダムに選択し移動する。ここで、エージェントが周囲と認識する範囲（移動可能範囲でもある）は $k \times k$ ムーア近傍とする。また、幸福度は次のような式で計算する。

$$\text{幸福度} = \frac{\text{ムーア近傍にいる同種エージェントの数}}{\text{ムーア近傍にいるエージェントの総数}}$$

- (3) 各エージェントは、赤集団と青集団の特性 A に関する状況を次のような方法で認識し、それぞれの集団に対する認識を形成していく。シミュレーション開始時は、それぞれの集団の特性 A に関する認識は自分の特性 A の値と等しいと仮定する。つまり、この時点では内集団における自分自身の相対的な位置や、内集団と外集団との差に気づいていない。毎ステップ、自分の周囲にいるすべてのエージェントの特性 A の値を調べ、集団毎の平均値を用いて内集団に対する認識  $S_{inner}$  と外集団に対する認識  $S_{outer}$  を更新していく。 $i$  ステップにおけるそれぞれの値を  $S_{inner}^{(i)}$ 、 $S_{outer}^{(i)}$  とすると、 $(i+1)$  ステップにおける値は次のように更新する。

$$S_{outer}^{(i+1)} = S_{outer}^{(i)} + \text{認識更新定数} * (1 - \text{幸福度閾値}) * \text{rnd}() \\ * (\text{周囲の異種エージェントの特性Aの平均値} - S_{outer}^{(i)})$$

$$S_{inner}^{(i+1)} = S_{inner}^{(i)} + \text{認識更新定数} * \text{rnd}() \\ * (\text{周囲の同種エージェントの特性Aの平均値} - S_{inner}^{(i)})$$

ただし、 $\text{rnd}()$  は 0 から 1 までの一様乱数である。また、外集団に対しては、幸福度閾値が大きくなるほど、1 ステップ毎の認識更新量が小さくなるように設定している。

- (4) 各エージェントは、周囲の同種エージェントに対して、一定の確率  $q$  で異種エージェントに関する自らの認識を同種のエージェントに伝える。つまり、同種エージェントに対して、かつ、異種エージェントに関する認識のみ、口コミ行動を行うと仮定する。周囲に同種エージェントが複数存在する場合は、それぞれのエージェントに対して確率  $q$  で口コミを行う。口コミ情報を受け取ったエージェントは、異種エージェントに対する認識  $S_{outer}^{\text{更新後}}$  を、次式に従って更新する。口コミ情報は情報の受け取

り手に確実に影響を与えると仮定し、一様乱数  $rnd()$  は乗じないこととする。

$$S_{outer}^{\text{更新後}} = \text{自分の} S_{outer} + \text{認識更新定数} * (\text{口コミをしたエージェントの} S_{outer} - \text{自分の} S_{outer})$$

- (5) 幸福かどうかに関わらず、すべてのエージェントは一定の確率  $p$  で周囲の空いているセルをランダムに選び移動する。これは、通常に分居モデルには存在しない仮定であるが、分居完成後もある程度の流動性を確保するために追加した。
- (6) (2) ～ (5) の行動を繰り返す。

このモデルにおいて、幸福度閾値  $\theta$  は人工社会の特徴を表し、閾値  $\theta$  が大きいほど排他的な集団から形成される社会であると解釈できる。板山 & 田村 (1999) は、幸福度閾値  $\theta$  の増加に伴い社会全体に分居の程度が増大し、 $\theta$  が 0.5 を超えると空間全体に大規模な分居が生じること、しかし  $\theta$  が 0.7 よりも大きくなると突然分居が生じなくなり不安定化することを示している。つまり、個人というミクロなレベルにおける、強い排他意識ではなく、ささやかな嗜好が地域社会における大規模な分居というマクロレベルの（一見、排他的な）現象を引き起こすことが示された。また、このモデルにおける分居要因をさらに分析した結果、幸福度閾値  $\theta$  だけでなくエージェント密度も分居に影響を与えること、セルの形や視野（近傍の大きさ  $k$ ）が分居に及ぼす影響は小さいことを指摘している。

### 3.2 SmallWorld におけるシミュレーション結果

まず、 $20 \times 20$  の空間に、赤、青エージェントを同数配置した場合（ケース 1: 赤エージェント 150、青エージェント 150）と、エージェント数に大きな差があり赤エージェントがマジョリティ、青エージェントがマイノリティに相当する場合（ケース 2: 赤エージェント 220、青エージェント 80）について、シミュ

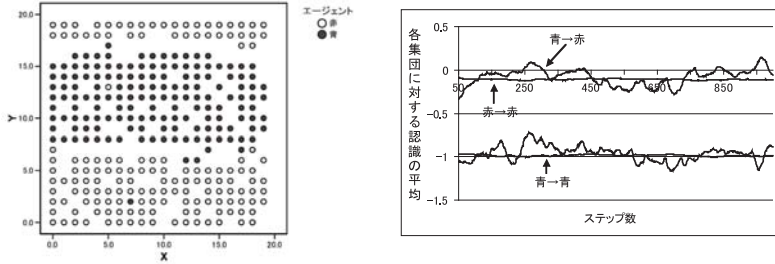
レーション結果の一例を示す(図1)。赤エージェント集団の特性  $A$  の平均値は0、青エージェントの平均は $-1$ 、標準偏差はそれぞれ1とした。幸福度閾値は0.6、視野  $k$  (近傍の大きさ) は3、移動確率  $p$  は0.01である。内集団における認識更新定数は0.2とした。外集団に対する認識更新定数は  $0.2 \times (1 - 0.6) = 0.08$  となる。

図1 (a) および (c) はケース1の場合で、(a) は幸福度閾値が0.6、(c) は幸福度閾値が0.7のシミュレーション結果である。それぞれ、左のマップは1000ステップ後のエージェントの配置、右の時系列は各エージェントの内集団および外集団に対する認識  $S_{inner}$ 、 $S_{outer}$  を集団毎に平均したものである。図1 (b) はケース2で幸福度閾値が0.6の場合である。図1 (d) に、それぞれの場合の平均分居度<sup>3</sup>の時間経過を示す。平均分居度はすべてのエージェントの幸福度を平均したもので、空間全体での分居の度合いを示す。

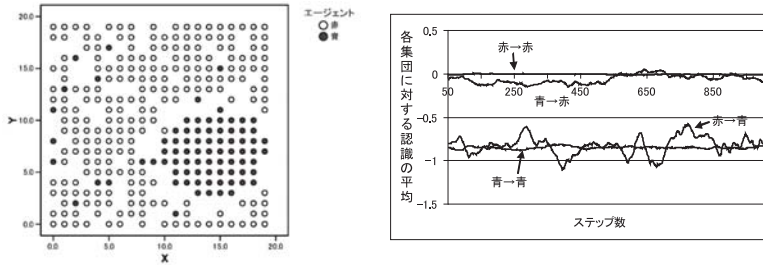
先行研究と同様に、幸福度閾値が0.6のときは明確な分居が観測されるが、本モデルにおいてはエージェントが常に一定の確率  $p$  で移動しているため、エージェントの配置は常に変化し、 $p=0$  の通常の分居モデルと比べて、より凝集された分居が起こる(図1a、b)。また、ケース1で幸福度閾値が0.7のときは、分居は起こらなかった(図1c)。

では、各集団の特性  $A$  に対する認識  $S_{inner}$  および  $S_{outer}$  の平均はどのように変化しているだろうか。幸福度閾値が0.6の場合、シミュレーション開始後、分居は急速に進んでいくが(図1d)、それと同時に内集団に対する認識  $S_{inner}$  の平均は真の値(ここでは、各エージェントの特性  $A$  の値の標本平均)に漸近する。一方、外集団に対する認識  $S_{outer}$  の平均は、一旦真の値に近づいた後、空間全体の分居が進むにつれて大きくゆらぎ始め、真の値からかけ離れた値として認識される期間が比較的長く続く。これは、分居が進むにつれて、外集団に属するエージェントとの接触頻度が社会全体として減少し、たまたま周囲に入り込んできた異種エージェントの特性  $A$  の値に、その周囲のエージェントが大きく影響されるからであろう。ただし、マイノリティ集団は分居が進んだ後もマジョリティ集団との接触頻度は相対的に多くなるので、マジョリティ集団に対する

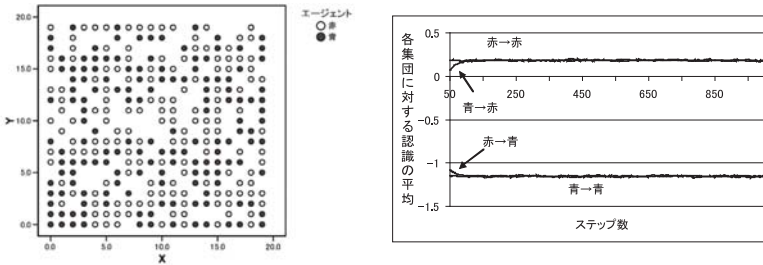
(a)



(b)



(c)



(d)

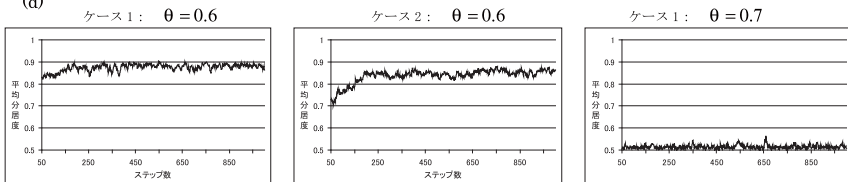


図 1 SmallWorld モデルのシミュレーション結果の例

認識のゆらぎは、マイノリティに対する認識のゆらぎと比べて小さくなる傾向がある（図 1b 左）。

なお、幸福度閾値が 0.7 のときは分居がおこらず、多くのエージェントが常に移動しているため、 $S_{outer}$  の平均値のゆらぎはほとんど発生しない（図 1c 左）。

実際、このような認識  $S_{outer}$  の平均値の大きなゆらぎの発生には、分居が大きく影響している。図 2 に、幸福度閾値が 0.6 のときの、平均分居度と  $S_{outer}$  のゆらぎとの関係を示す。縦軸は  $S_{outer}$  の平均から真の値（外集団の特性 A の値の標本平均）を引いたものである。平均分居度がおおよそ 0.8 以上のときにゆらぎの幅が急激に大きくなる傾向があること（図 2a、b、c）、マイノリティ集団のマジョリティ集団に対する認識のゆらぎ幅は小さいこと（図 2d）がわかる。

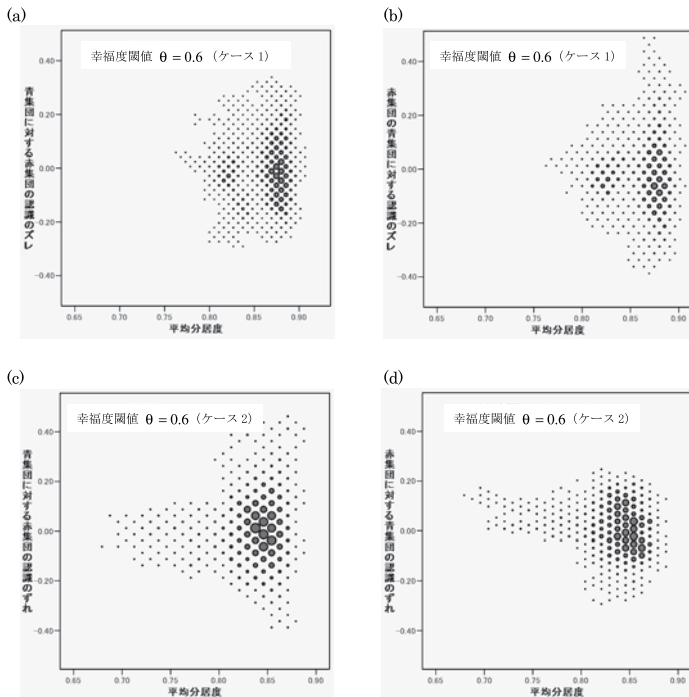


図 2 SmallWorld における外集団に対する認識のずれ。1000 ステップまでの試行 10 回繰り返し、各ステップにおける平均分居度と認識のズレとの関係を示した。



なお、同一集団内のエージェント同士は口コミ行動によって外集団に対する認識 $S_{outer}$ の情報を交換しているため、この SmallWorld モデルにおいて、同一集団内で $S_{outer}$ のばらつきはほとんどない。図中の各集団の $S_{outer}$ の平均は、すなわち各集団メンバーが外集団に対して持っている認識とみなすことができる。

#### 4. BigWorld モデル

3 節で扱ったモデルは、空間サイズが  $20 \times 20$  の小さな人工社会であった。この SmallWorld モデルにおいては、分居によって集団間の相互作用の機会が減少し、その結果、お互いの状況に対する認識が偏ったものになりがちであるという結果を示したが、これはもっと大きな社会でも成り立つ結果であろうか。これまでと全く同じエージェント・ルールで、空間のサイズだけを  $50 \times 50$  に拡張したモデル (BigWorld モデル) を考えよう。

エージェント数がそれぞれ 700 の場合のシミュレーション結果の一例を図 3 に、1200 と 400 の場合を図 4 に示す。BigWorld モデルにおいては、時間が経過するに伴い、小規模な分居から大規模な分居に徐々に移行してゆく (図 3b、4b)。図 3、4 (a) は 1000 ステップ後の各エージェントの配置図で、分居の最終形である。また、それぞれの図中で、(c) は認識 $S_{inner}$ と $S_{outer}$ の各集団毎の平均、(d) は集団内での認識 $S_{outer}$ の分散の時間変化である。さらに、(e) は 1000 ステップ時点での赤エージェントの青集団に対する認識 $S_{outer}$ の分布、(f) は青エージェントの赤集団に対する認識 $S_{outer}$ の分布である。

図 3、4 (c) に示すように、空間サイズを大きくすると外集団に対する認識 $S_{outer}$ の平均の、真の値からのズレはやや小さくなる。特に、集団のサイズに偏りがある場合はそれが顕著である (図 4c)。

一方、SmallWorld モデルにおいて、集団内のエージェント間で認識 $S_{outer}$ のばらつきはほとんどなかったが、BigWorld モデルにおいては、 $S_{outer}$ のばらつきが発生する。図 3、4 (d) は、集団内における $S_{outer}$ の分散が時間とともに変化する様子を示したものである。BigWorld モデルにおいては、外集団に対す

る認識  $S_{outer}$  が時間経過に伴ってゆらぐだけではなく、エージェント毎、いいかえれば、空間内における認識のばらつきが発生し、そのばらつきの大きさは分  
居が進んだ状況ではかなり大きくなる場合があることがわかる。

図 3 (e)、(f) および図 4 (e)、(f) は、シミュレーション開始後 1000 ステッ  
プ時点での、各集団内におけるエージェントの  $S_{outer}$  の分布である。BigWorld

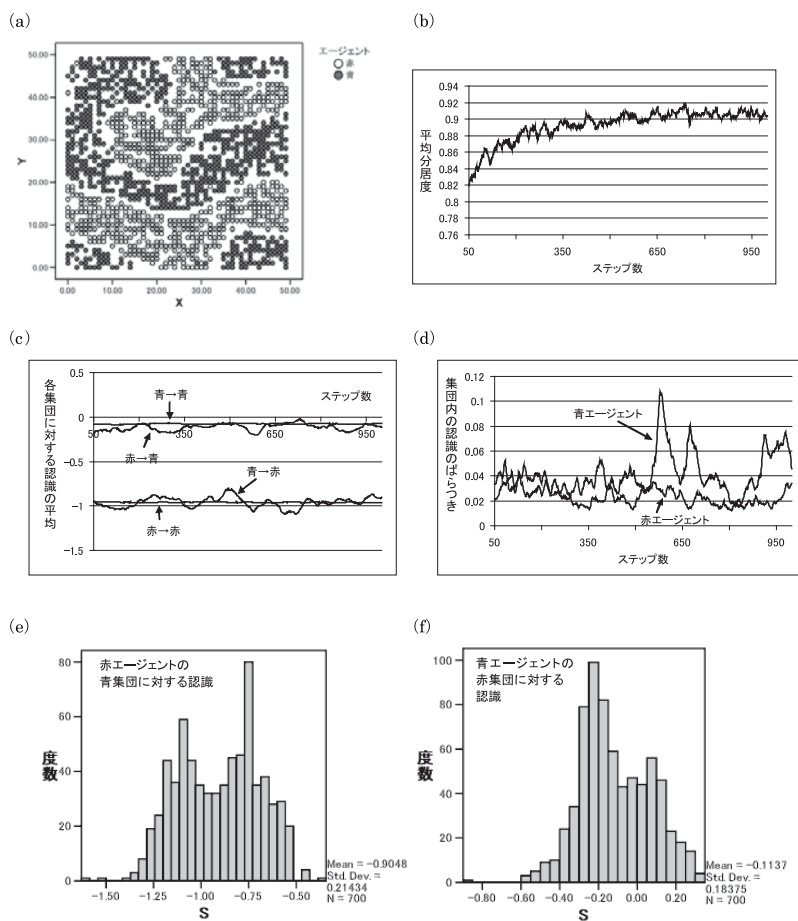


図 3 BigWorld モデルのシミュレーション結果の一例  
(赤エージェント 700、青エージェント 700 の場合)

モデルにおいては、同一集団のエージェント毎に $S_{outer}$ の値がばらつくこと、赤集団（マジョリティ）における青集団（マイノリティ）に対する認識 $S_{outer}$ のばらつきが、その逆と比べて明らかに大きくなるのがわかる。マイノリティ集団メンバーのマジョリティ集団に対する認識は、BigWorld 社会においてマイノリティ集団が3つのクラスターに分断されているにもかかわらず（図 4a）、

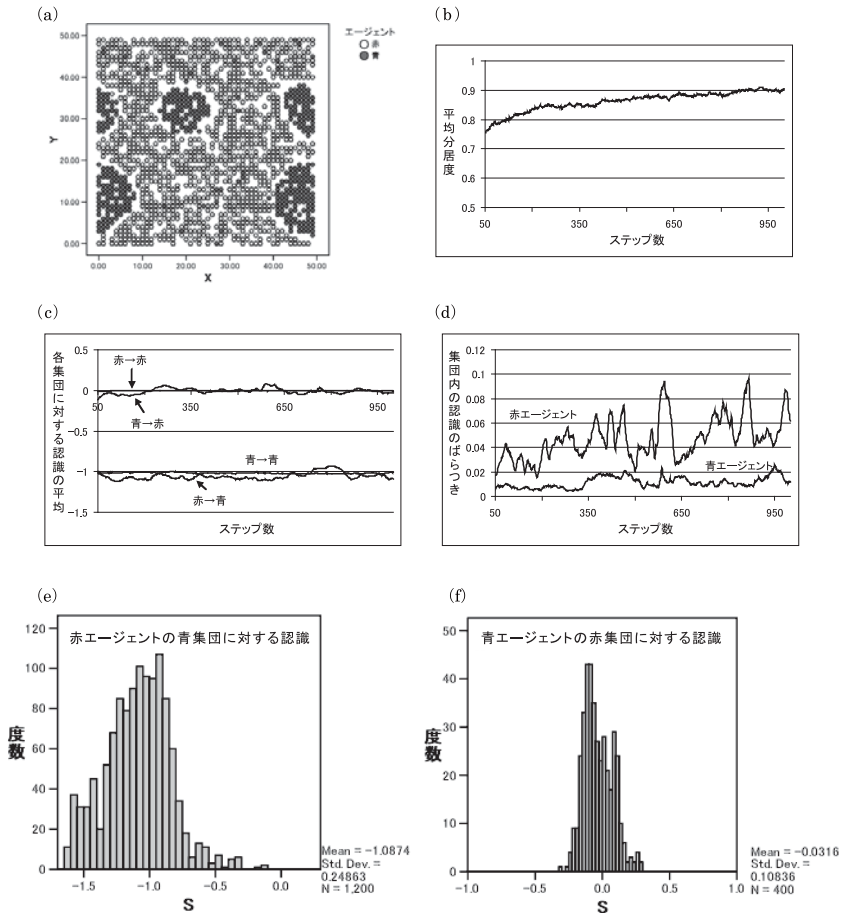


図4 BigWorld モデルのシミュレーション結果の一例  
(赤エージェント 1200、青エージェント 400)

あまりばらついていない。

## 5. BigWorld2—もう1つの判断基準を持つ分居モデル

さて、3節および4節で扱ったモデルでは、エージェントが移動するかどうかを単一の判断基準によって決定した。自分の周囲に存在する同種エージェントの比率が、その判断基準である。この節では、特性Aの値が比較的近いエージェントが周囲にいることを望むというルールを導入してみよう。すでに述べたように、特性Aの具体例としては、社会的地位、収入、教育レベル、思想傾向などが挙げられる。

各エージェントが移動せずにその場に留まるのは、周囲に存在する同種エージェントの比率が0.4以上、かつ、自らの特性Aの値との差が0.5以内のエージェント（赤・青は問わない）の比率が0.5以上のみと設定したときのシミュレーション結果を図5、6に示す。このモデルでは、分居は徐々に長い時間をかけて形成されるため、エージェント・ルール（5）の移動確率 $p$ は0としている。これら以外のエージェント・ルールおよびモデルパラメータはこれまでと同じである。

図5（a）は、赤・青エージェントがそれぞれ700と同数のとき、図6（a）は赤が1200、青が400のときのほぼ分居が完了した時点での各エージェントの配置である。分居がほぼ完了するまでに、およそ5000ステップを要した（図5、6（c））。判断基準が単一のBigWorldモデルと比べて、より複雑な形の細分化された分居が起こることがわかる。ぎっしりと凝集した小さなクラスターが数多く形成され、さらに、それらのいくつかはぴったりと隣接している。一方で、他のクラスターから離れ孤立しているクラスターもある。

図5、6（b）は、（a）と同じくこの時点におけるエージェントの配置であるが、特性Aの値で分類し表示している。特性Aの値を、 $-2$ 未満、 $-2 \sim -1$ 、 $-1 \sim 0$ 、 $0 \sim 1$ 、 $1$ 以上という5つのランクに分類した。それぞれに対応する図（a）と見比べてみると、特性Aの値が近い異種エージェントのクラスター同士が隣

接し、より大きなクラスターを形成していることがわかる。また、特性 A の値が大きい、あるいは小さいエージェントは、比較的小さな孤立したクラスターを形成する傾向にあることが見てとれる。たとえば図 6 では、2 次元空間のほぼ中央（やや上側）に、特性 A の値が 1 以上の赤エージェントの小さなクラスターと、特性 A の値が 0 以上の青エージェントの小さなクラスターが形成されている（これらは、社会的地位にたとえれば、各集団のハイクラスな人々の集まり）。

外集団に対する認識  $S_{outer}$  の平均の時間変化も、これまでのモデルとは大きく異なっている（図 5、6 (d)）。これまでのモデルと異なり、分居の形成は非常にゆっくりと進み、その間、異種エージェントとの接触機会は非常に多い。その後、分居の進行とともに  $S_{outer}$  の平均はゆっくり変動するが、分居が進むにつれて、赤集団（特性 A の平均は 0）から見た青集団（特性 A の平均は -1）の状況は実際より高く認識され、逆に青集団からみた赤集団は実際より低く評価されるようになる。

このような結果は、分居によって各エージェントが接触する異種エージェントが限定されることに起因していると考えられる。すでに述べたように、特性 A の値が近い異種クラスター同士が隣接する傾向がある。したがって、分居が進んだ段階では、ほとんどの青エージェントは、赤集団の中では比較的特性 A の値が低いエージェントと接触し、またそれに関する口コミ情報を受け取ることになる。一方、特性 A の値が非常に大きい赤エージェントは孤立したクラスターを形成する傾向にあるので、青エージェントが接触する機会はほとんどなくなる。その結果、青エージェントの赤集団に対する認識は、実際より低いものになるのであろう。

ところで、図 5、6 (e) に示すように、集団内における  $S_{outer}$  のばらつき（分散）は非常に大きくなる（図 3、4 (d) とは縦軸のスケールが異なっている）。外集団に対する認識  $S_{outer}$  の平均的な振る舞いは上で述べたとおりであるが、同一集団内では、分居クラスター毎に外集団に対して抱く認識  $S_{outer}$  がかけ離れていくことが示唆される。図 5、6 (f) および (g) は、それぞれ 5000 ステップ経

過後の各集団内における  $S_{outer}$  の分布である。ばらつき幅の大きい多峰形の分布になっており、同一集団内でもクラスター毎に  $S_{outer}$  が分極化していることを示唆している。

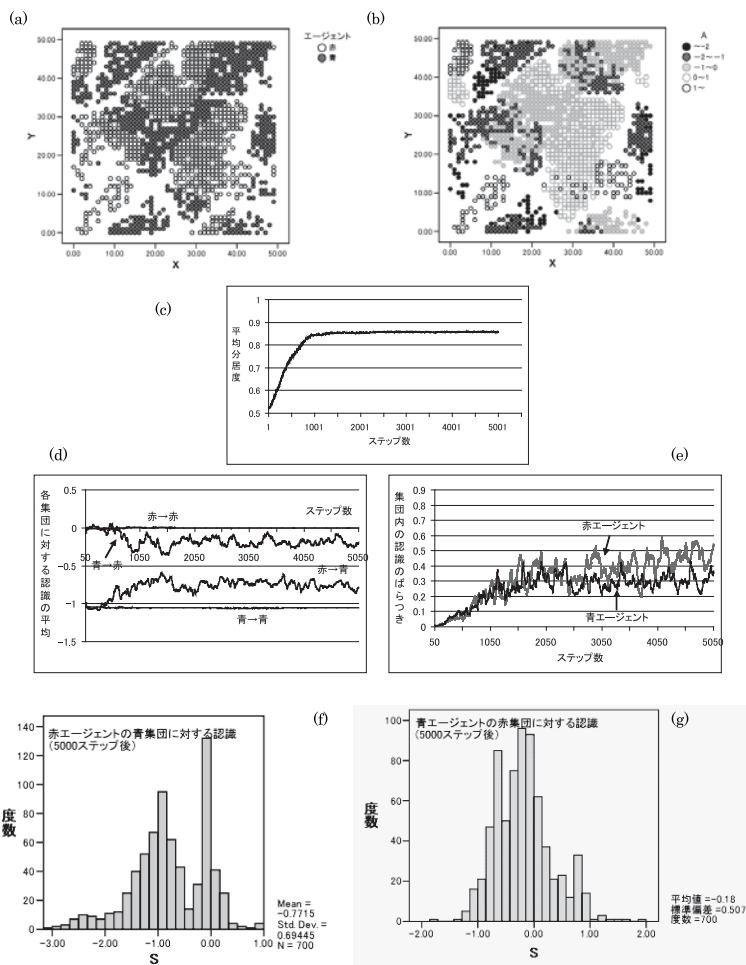


図5 BigWorld2 モデルのシミュレーション結果の一例  
(赤エージェント 700、青エージェント 700)

以上、周囲に存在する同種エージェントの比率が0.4以上、かつ、自らの特性  $A$  の値との差が0.5 以内のエージェント（赤・青は問わない）の比率が0.5 以上の環境を好むという、それぞれの判断基準を単体で見た場合にはかなり緩やかな嗜好をもつエージェントから構成される人工社会において、これら2つ

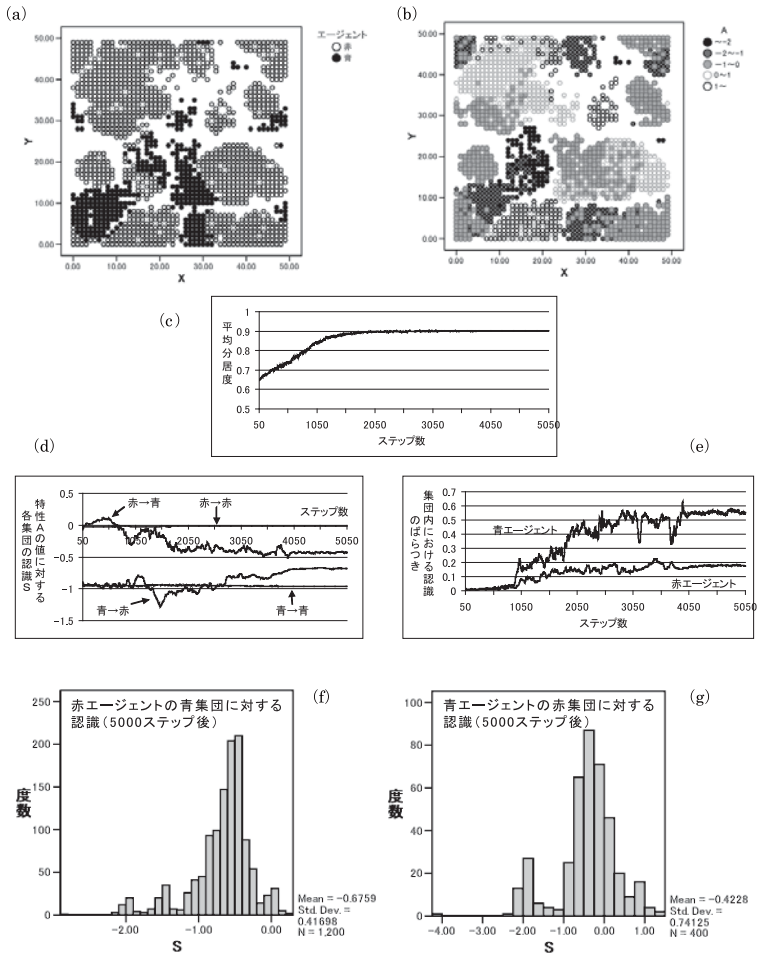


図6 BigWorld2 モデルのシミュレーション結果の一例  
(赤エージェント 1200、青エージェント 400)

の判断基準が組み合わせられたとき、小さく細分化されたクラスターがさらに複  
合クラスターを構成する複雑な分居が現れ、その結果、外集団に対する認識  
 $S_{outer}$  に大きなばらつきをもたらすという結果となった。

## 6. おわりに

本研究は、なぜ、マイノリティ差別に対する認知がマイノリティとマジョリ  
ティとでは異なるのだろうか、という問題意識をもちつつ、まずはそのための  
第一歩として、異質な2つの集団から構成される人工社会において互いの集団  
に対する認知がどのように変化するかを、シェリングが提案した古典的な分  
居モデルを用いて検討した。

5節で示した BigWorld2 モデルの振る舞いは、一見、現実の社会の一面を上  
手く再現しているように思える。このように細分化され、外集団に対して偏っ  
た認識をもつクラスターから構成される社会においては、例えばマイノリティ  
差別の存在に関する認知は社会全体では十分になされない可能性があるし、マ  
イノリティ政策の意見形成に一定の困難が伴うことが予想される。

田村ら(2002)が指摘するように、単純なモデルから得られたシミュレーショ  
ン結果を複雑な人間社会の現象に対して比喩的に結びつけるには、慎重な考察  
が必要である。しかし、それでもなお、偏見と差別、都市問題、民族問題、エ  
スニック紛争、国民の同化や分裂といった分居にまつわる社会的なテーマの仮  
説を検証する上で、シミュレーションを用いることは有効な手段の一つだと考  
えられる。

また、分居モデルは、アメリカの都市などで顕著に見られる人種による住み  
分け現象を説明するために作成されたモデルであるが、必ずしも地理的な分居  
に限定する必要はなく、ネットワーク社会における「たこつぼ化」などコミュ  
ニケーションの偏りが問題となる現象に広く一般化して解釈することも可能で  
あろう。

なお、本論文では、それぞれのモデルの振る舞いについて、シミュレーショ



ン結果の具体例を示しただけで、それらの振る舞いの安定性やパラメータ依存性については十分に分析していない。それらについては、今後の課題としたい。

## 注

- 1 エージェント・ベース・モデル、エージェントベース・モデリングなどと呼ばれることもある。
- 2 田村ら（2002）にならい、segregation を「分離」ではなく「分居」とした。
- 3 先行研究では「平均幸福度」と呼ばれているが、分居の程度の指標であることを明示するために、ここでは「平均分居度」と呼ぶ。

## 参考文献

- Axelrod, R. (1984) *The Evolution of Cooperation*, Basic Books. (松田弘之訳 (1987), 『つきあい方の科学—バクテリアから国際関係まで』, HBJ 出版局)
- Epstein, J.M. and Axtell, R. (1996) *Growing Artificial Societies*, MIT Press. (服部正太・木村香代子訳 (1999), 『人工社会—複雑系とマルチエージェント・シミュレーション』, 共立出版)
- 板山真弓・田村誠 (1999) 「Schelling 分居モデルを超えて～ABS モデルの検討～」新型シミュレータ開発プロジェクト ワーキングペーパーシリーズ Working Paper No.2, (東京大学山影研究室 HP よりダウンロード可能 <http://citrus.c.u-tokyo.ac.jp/download/wp2.pdf>)
- 亀田達也・村田光二 (2000) 『複雑さに挑む社会心理学—適応エージェントとしての人間』, 有斐閣.
- Schelling, T.C. (1978) *Micromotives and Macrobehavior*, Norton.
- 田村誠・板山真弓・山影進 (2002) 「地域社会の住み分け—異文化接触と分居のプロセス」『コンピュータのなかの人工社会—マルチエージェントシミュレーションモデルと複雑系』, 共立出版.
- 塚崎崇史・亀田達也 (2004) 「社会心理学におけるエージェント・ベースト・モデルの可能性」『理論と方法』35, Vol.9 No.1, 37-51.

山影進（2007）『人工社会構築指南—artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門』，書籍工房早山．