マルチエージェントによる土地の魅力を考慮した新分居モデルの構築

～都市と農村の住み分け現象はいかにして起こりうるか？～

03601101　横堀純子

アメリカの経済学者トマス・C・シェリング(Thomas C. Schelling)は個人の嗜好とそれによってもたらされる社会全体の分居のあり方との関係を解明すべく、近隣自己形成モデル（A Self-Forming Neighborhood Model）を掲示した。田村・板山（1999）はシェリング分居モデルの問題点を挙げた上で、マルチエージェントを用いた MAS 分居モデルを構築した。そして、シェリング分居モデルの操作・拡張をした。

本研究では従来の研究で扱われてこなかった、分居モデルのエージェントの行動空間そのものに価値付けを行い、マルチエージェントによる人間関係と土地の魅力の二点を併せ持つ新分居モデルを構築する。土地の価値に違いが出来たとき、エージェントがその場所に留まるか、移動するかを決定する要因は分居現象にどのような影響を及ぼすかを新分居モデルを用いて明らかにする。

シミュレーション実験結果から、従来研究のような分居現象の再現性、シミュレーションの数値結果から見えるエージェント行動の特徴について検証し、以下の 3 つの点が分かった。一点目は新分居モデルにおける従来 MAS 分居モデルの再現性の確認である。二点目は、新分居モデルにおける二次元空間の分居の様子を三つに分類して、従来 MAS 分居モデルとは異なる分居現象を見ることが出来た点である。三点目はシミュレーションの実行結果から得られた数値結果をグラフにすることで新分居モデルの特徴が明らかになった点である。

最後に、今後の課題として挙げられることは、従来研究、今回の研究ともに幸福度で分居の様子を測ってきたが、試行結果を目で見て分居の程度を確認するのだけではなく、分居の程度、特に分居集団の大小を測れるような実行結果の数値表現方法をどうにか考え出すことはできないかといった、新たなる課題が生まれたことである。

1. はじめに

シェリング分居モデルは 8×8 のマス目にランダムに配置された 2 種類のコイン（ペニー貨が 23 個、ダイム貨が 22 個の合計 45 個のコイン）が、周囲に自分と同じ種類のコインが一定数以上いるという環境を求めて行動する。自分の周囲にある同種のコイン数が閾値以下であると「自分の要求に合う最も近い空き場所に移る」が、そうでない場合には移動せずにその場にとどまる、というモデルである[田村・板山・山影(2002)]。

シェリング分居モデルを基に構築したMAS分居モデルのエージェント基本ルールは大きくは変わらない。変わった点は二次元空間のマス目を 35×35 に拡張した点。また、周囲八近傍に存在するエージェントの内の同色エージェントの比率を幸福度として算出し、これをエージェントがどれだけその時点の環境に満足しているかを表す値としたこと点である。

このようにシェリング分居モデルはさまざまに展開されてきたが、それらにはひとつの共通点がある。それは近隣エージェントの配置によって自らが満足か不満足かを決定し、その場所に留まるか、移動するかの意思決定を行っている点である。一般に人間がその場に留まるか、移動するかを決定するのはさまざまな要因によって影響を受けると考えられる。人間関係もその要因のひとつであるが、土地の魅力も大きな要因のひとつであると思われる。

そこで本研究の一つ目の目的は、このような点をふまえ、本研究では人間関係と土地の魅力の二点を併せ持つマルチエージェントモデルを構築することである。二つ目の目的は土地の価値に違いが出来たとき、エージェントがその場所に留まるか、移動するかを決定する要因は分居現象にどのような影響を及ぼすかを構築した新分居モデルを用いて明らかにしたいということである。

2. 分居モデルに関する先行研究

2.1. 分居現象とは

アメリカの経済学者、Thomas C. Schelling は 1971 年に論文"Dynamic Models of Segregation"を発表した。人々のごく些細な感情や動機が、マクロ的に大きな変化となって生じることを示した。

田村・板山・山影（2002）はこの現象のことを“分居”現象とした。そして分居現象について以下のようにまとめている。

> 分居現象は、個々人の選考と社会全体のあり方とのギャップの好例として知られている。個々のエージェントは異質なエージェントに対して相対的に寛容であるはずなのに、社会全体としては同質なエージェント同士が集まってしまい住み分けが起こる現象である。

2.2. シェリング分居モデル概要

シェリングは 1978 年に著書“Micromotives and Macrobehavior”で、人種や文化、宗教、貧富の違いなどによって、住み分けが起こる現象をゲーム理論的に説明した。

シェリングの実験について、田村･板山･山影（2002）は以下のようにまとめている。

> シェリングは個人の嗜好（micromotives）とそれによってもたらされる社会全体の分居のあり方（macrobehavior）とその関係を解明すべく、近隣

のエージェントの配置によって自らが満足か不満足かを決定するエージェントと、そのエージェントの行動によって、社会全体がどのようになるかを表現した近隣自己社会形成モデル（A Self-Forming Neighborhood Model）を掲示した。

① 二次次元空間→8×8 マス
② エージェント→2 種のコインをランダム配置
③ 以上いるという環境を求めて行動する
④ 周囲に自分と同じ種類のコインが一定数以下のとき、自分の欲求に合う最も近い空き場所に移る
⑤ そうでないとき、移動せずにその場にとどまる

2.3. MAS 分居モデル概要

田村・板山・山影（2002）はシェリング分居モデルの以下のような問題点を挙げた上でシェリング分居モデルをエージェントベースモデルで構築するためのツールである MAS で動作する分居モデルを構築した。

問題点 1：モデルが 8×8 マスと小規模であった事
問題点 2：人間の手作業による実験であった事

MAS 分居モデルのエージェント基本ルールはシェリング分居モデルと基本的に変わらない。

MAS 分居モデル変更点

変更点 1：二次元空間→35×35 マスへ
変更点 2 ：幸福度の算出（式 2.1）

$$\text{幸福度} = \frac{\text{周囲八近傍に存在する自分と同色のエージェント数}}{\text{周囲八近傍に存在するエージェント総数}} \times 100 \quad \textbf{式 2.1}$$

MAS 分居モデルにおける各エージェントの基本行動ルールは図 2.1 の通りである。

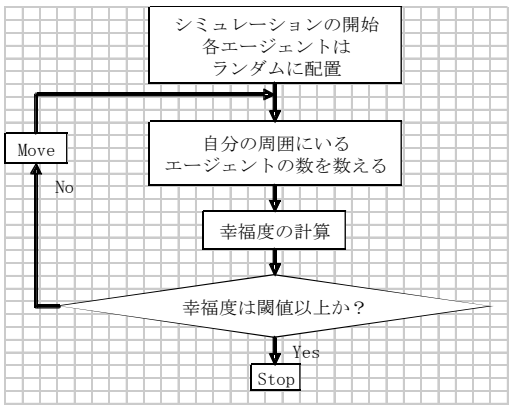

図 2.1MAS 分居モデルにおけるエージェントの基本行動ルール

3. 土地に関する価値を考慮した新分居モデル

3.1. 新分居モデルの構築

3.1.1. 新分居モデル概要

従来シェリング分居モデルはさまざまに展開されてきた。そして、それら従来分居モデルにはひとつの共通点がある。それは近隣エージェントの配置によって自らが満足か不満足かを決定している点である。一般に人間がその場に留まるか、移動するかを決定するのはさまざまな要因によって影響を受けると考えられる。近隣エージェントの配置、すなわち、人間関係もその要因のひとつであるが、土地そのものの持つ住環境といった土地の魅力も大きな要因のひとつであると思われる。そこで新たに「土地に関する価値を考慮した新分居モデル」を構築する。

なお、本研究ではマルチエージェントモデルを作成するにあたり、株式会社構造計画研究所が開発されたシミュレーションシステムである KK-MAS を用いて研究を進める。

3.1.2. 新分居モデルエージェント行動ルール

新分居モデルにおける各エージェントの基本行動ルールは図 3.1 の通りであり詳しく説明する。

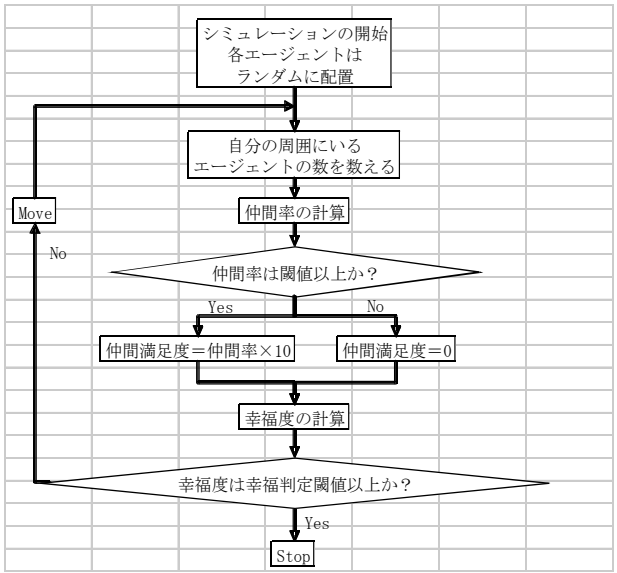

図 3.1 新分居モデルにおける各エージェント基本行動ルール

①各エージェントは二次元空間上にランダムに配置
②仲間満足度の算出
ⅰ）仲間率（式 3.1）が仲間閾値以上であるならば、仲間満足度は仲間率を 10 倍したものとする[1](式 3.2)。
ⅱ）それ以外ならば、仲間率は 0 とする（式 3.3)。
③環境魅力度の決定
④幸福度を求める（式 3.4）
⑤幸福度と幸福判定閾値を比較する
ⅰ）幸福度が幸福判定閾値以上ならばエージェントはその場にとどまる。
ⅱ）それ以外ならば、エージェントは空き地に移動する。

$$\text{仲間率} = \frac{\text{周囲八近傍に存在する同色エージェント数}}{\text{周囲八近傍に存在するエージェント総数}} \quad \textbf{式 3.1}$$

$$\text{仲間率} \geq \text{仲間閾値} \quad \text{のとき、仲間満足度} = \text{仲間率} \times 10 \quad \textbf{式 3.2}$$

$$\text{仲間率} < \text{仲間閾値} \quad \text{のとき、仲間満足度} = 0 \quad \textbf{式 3.3}$$

$$\text{幸福度} = \text{環境魅力度} \times w + \text{仲間満足度}\ (1-w),\ (0 \leq w \leq 1) \quad \textbf{式 3.4}$$

3.2. 新分居シミュレーションモデルの構築

3.2.1. 空間設定

二次元空間→35×35 格子状
土地に関する魅力→都市指数 t （式 3.5）

$$t = 10 \times \frac{i}{34} \quad (i = 0,1,2,\ldots,32,33,34) \quad \textbf{式 3.5}$$

二次元空間の一番左、縦一列のセルからセル番号を $(i = 0,1,2,\ldots,32,33,34)$ と番号付けして、セル番号 i の都市指数 t を式 3.5 の通りに設定する。

[1]仲間満足度＝仲間率*10 にする理由は、幸福度＝環境魅力度*w+仲間満足度*(1-w)のとる値の範囲を $(0 \leq w \leq 1)$ とするためである。

3.2.2. シミュレーションモデルの変数定義

新分居モデルに設けた以下の 3 つのパラメータ、仲間閾値 n、環境仲間比重係数 w 及び幸福判定閾値 h について説明する。

仲間閾値 n $(0 \le n \le 1)$

一般に、エージェントは仲間（同色エージェント）が自分の周囲にどの程度存在すれば満足するかはエージェントによって異なる。これを判定するパラメータを仲間閾値 n と呼ぶ。

環境仲間比重係数 w $(0 \le w \le 1)$

幸福度（式 3.4）の仲間満足度と環境魅力度に重みをづけするパラメータである。

幸福判定閾値 h $(0 \le h \le 10)$

一般に、エージェントは同じ幸福度を持ったとしても、それを幸福であると感じるか、不幸であると感じるかはエージェントによって異なる。これを判定するパラメータを幸福判定閾値 h と呼ぶ。

3.2.3. MAS における設定変数

コンポーネント

WORLD：空間の配置、エージェントの生成、配置。

空間：格子状の二次元空間、各エージェントが配置される。

赤エージェント、緑エージェント：変数と行動ルールを持ち、モデル内の行為主体となる。

WORLD 変数

赤（緑）エージェント数：空間に配置する赤（緑）エージェントの総数。コントロールパネルで初期値を設定する。

赤（緑）エージェント幸福度合計：全赤（緑）エージェントの幸福度合計。

赤（緑）エージェント平均幸福度：赤（緑）エージェント幸福度合計を赤（緑）エージェント数で割ったもの。

仲間閾値 n：$0 \le n \le 1$ の範囲をとる。エージェントが自分の周囲にどの程度存在すればエージェントが幸福と感じるかを判定するパラメータ。コントロールパネルで設定をする。

幸福度合計：全エージェントの幸福度合計。

環境仲間比重係数 w：　$0 \le w \le 1$ の範囲をとる。幸福度の仲間満足度と環境魅力度に重み付けする。コントロールパネルで設定をする。

幸福判定閾値 h：$0 \le h \le 10$ の範囲をとる。エージェントの持つ幸福度がどの程度でエージェントが幸福であると感じるかを判定するパラメータ。コントロールパネルで設定する。

AGENT 変数（赤エージェント、緑エージェント）

位置変数（X,Y）：空間上でのエージェントの位置表現をする変数。

DIRECTION：空間上でのエージェントの進行方向表現をする変数。

幸福度：式 3.4 で算出されるエージェントの幸福度。

3.2.4. ストッピングルール

① 幸福度が幸福判定閾値以上であれば、エージェントは移動をやめる。

② ステップ数が 100 ステップに達したとき、自動的にシミュレーションは終了される。

4. シミュレーションの方法と範囲

二次元空間の広さは 35×35（1225 マス）の格子状とする。二次元空間に存在するエージェントは都市好きエージェント（赤色エージェント）と農村好きエージェント（緑エージェント）の二種のエージェントで、エージェントの数はそれぞれ 525 ずつ二次元空間上にランダム配置する。3.2.2 で定義した 3 つのパラメータは表 4.1 の通りに変化させる。

表 4.1 新分居モデルパラメータ組み合わせ表

変数	変化値	組み合わせ
仲間閾値(n)	0.0/0.3/0.5/0.7/1.0	5通り
環境仲間比重係数(w)	0.00/0.25/0.50/0.75/1.00	5通り
幸福判定閾値(h)	0/2/4/6/8/10	6通り
		150通り

5. シミュレーションと結果の分析

5.1. シミュレーションの再現性

5.1.1. MAS 分居モデルの再現

新分居モデルにおいて、従来分居モデルの分居パターンの再現性を証明する。環境仲間比重係数を w=0 に設定することで土地に関する魅力を全く考慮しないモデルとなる。

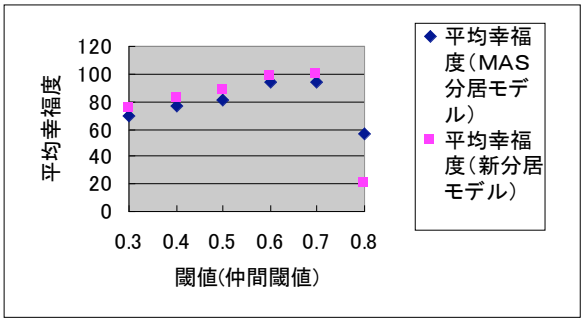

図 5.1 MAS 分居モデル・新分居モデル閾値と平均幸福度との関係

平均幸福度は各閾値において 100 回連続試行した時の平均値を示している。従来の MAS 分居モデルも新分居モデル、どちらの平均幸福度も閾値 0.7 までは閾値の増加に伴い平均幸福度は上昇している。しかし、閾値 0.7 を超えると、エージェントは均衡状態に至らないために平均幸福度は低下する。グラフから見て分かるように、MAS 分居モデルと新分居モデルの平均幸福度は同じような値をとって推移していることが確認できた。

次に、閾値を変化させた場合の MAS 分居モデルのシミュレーション実験結果を図 5.3、図 5.5、図 5.6 に示し、新分居モデルのシミュレーション実験結果を図 5.2、図 5.4、図 5.7 に示す。閾値と平均幸福度の関係の数値結果と同様に、この実験結果も MAS 分居モデルと新分居モデルは同じような結果を得ることを確認できた。

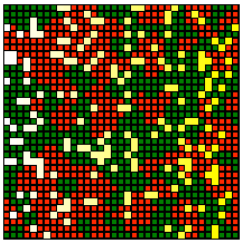

図 5.3 新分居モデル

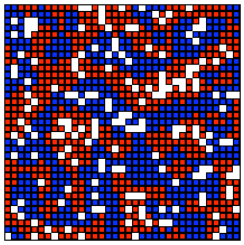

図 5.2MAS 分居モデル 閾値

図 5.3、図 5.2 が示すように、閾値が 0.3 と比較的低い時、つまりエージェント同士がお互いをあまり嫌いあわない条件のときにはエージェントは小さな集団を形成するものの分居の程度は低い。

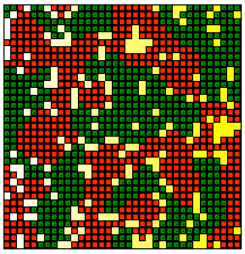
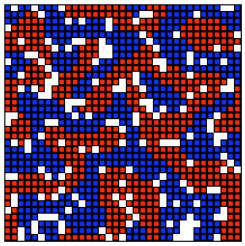

図 5.4 新分居モデル 図 5.5 MAS 分居モデル 閾値=0.5

次に、図 5.5、図 5.4 が示すように、閾値を中間の 0.5 の条件にしてみると、閾値 0.3 のときよりもはっきりと分居の様子をいることが出来る。

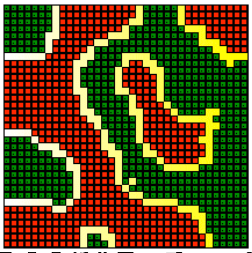
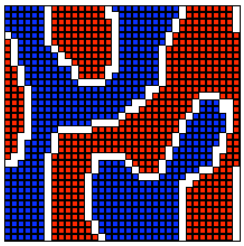

図 5.7 新分居モデル n=0.7図 5.6 MAS 分居モデル 閾値

さらに図 5.6、図 5.7 が示すように、閾値を 0.7 に設定してみると、エージェントはもっとも大きな集団を形成し、分居の状態ははっきりとエージェントが分かれた。そして、これ以上の閾値に設定したときには、エージェントは均衡状態に至らずに、分居の集団を形成されることはなかった。

5.1.2. 新分居モデルにおける分居パターン

MAS 分居モデルで見られた分居現象は新分居モデルにおいても環境仲間比重係数 $w=0$ の条件で同じように見ることが出来た。本項では環境仲間比重係数 w=0 以外の条件で見られた分居現象について述べる。

新分居モデルにおいて閾値 0.3, 0.5, 0.7 の条件で分居現象を見ることが出来た。そして、その分居現象を大きく三つにパターン分けをした。

まず、一つ目のパターン、「二次元空間に満遍なく分居の集団が分布したパターン」のパラメータ条件は環境仲間比重係数 w=0.25 と低く、かつ、幸福判定閾値が低いという条件で見ることが出来た。図 5.8 は仲間閾値 n=0.5, 環境仲間比重係数 w=0.25, 幸福判定閾値 h=4 の条件で行ったシミュレーション実行結果である。仲間閾値を高くすると分居集団の規模も大きくなる従来MAS分居モデルと同じような分居現象を確認することが出来た。これは、環境仲間比重係数が低く、環境魅力度への重みが少ない。言い換えると、仲間満足度への重みが多いために土地の魅力をあまり考慮していないので、環境仲間比重係数 w=0 の従来MAS分居モデルと同じような分居現象を見ることができたと考えられる。

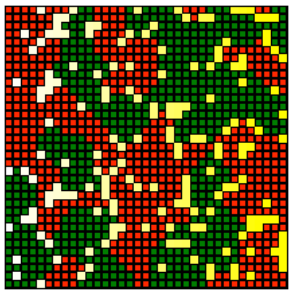

図 5.8 シミュレーション実行結果（n=0.5, w=0.25, h=4）

次に、二つ目のパターン、「二次元空間の中央付近で赤エージェント、緑エージェントの集団が混ざり合い、二次元空間の両端がそれぞれどちらか一種類のエージェントのみが集団形成しているパターン」のパラメータ条件について述べる。図 5.9 は仲間閾値 n=0.5, 環境仲間比重係数 w=0.50, 幸福判定閾値 h=4 の条件で行ったシミュレーション実行結果である。そのパラメータ条件は環境仲間比重係数 w=0.5 に設定したときである。二次元空間の両端にはそれぞれ一種類のエージェントが集まっている。都市好きエージェント（赤エージェント）は二次元空間の都市度の高い右方向へ集まり、農村好きエージェント（緑エージェント）は二次元空間の農村度の高い左方向に集まる。都市度、農村度が中程度である二次元空間中央付近では、異種エージェントの間に集団を作るエージェントが現れる。このとき仲間閾値を高くするとエージェントの集団の規模は大きくなる。環境仲間比重係数 w=0.5 ということはエージェントの幸福度の環境魅力度と仲間満足度の重みは等しく、エージェントは人間関係と土地の魅力をどちらも考慮している。したがって、エージェントは土地の魅力は低くても仲間と集団を形成することによって幸福度を高めていると考えられる。

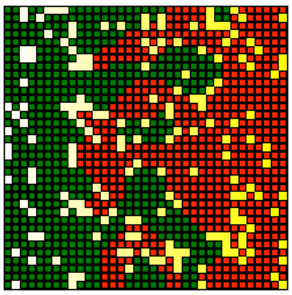

図 5.9 シミュレーション実行結果（n=0.5, w=0.50, h=4）

最後に、三つ目のパターン、「二次元空間の中央付近を境にして赤エージェント、緑エージェントがはっきり左右に別れたパターン」のパラメータ条件について述べる。図 5.10 は仲間閾値 n=0.5, 環境仲間比重係数 w=0.75, 幸福判定閾値 h=4 の条件で行ったシミュレーション実行結果である。そのパラメータ条件は幸福判定閾値が中程度（h=4, 6）かつ、環境魅力度の比重が高い（w=0.75, 1.00）とき、都市好きエージェントは二次元空間の都市度の高い右方向へ集まり、農村好きエージェントは二次元空間の農村度の高い左方向に集まり、エージェントは二次元空間の中央付近を境にして左右に分かれる。しかし、幸福判定閾値 h=6、環境仲間比重係 w=0.25, 0.50 のときにも同じような分居の様子を見ることが出来た。エージェントの幸福度は仲間満足度に重みが多い。本来ならば、エージェントは二次元空間のどこでも仲間と集団を形成する。しかし、エージェントは土地の魅力の高いところで集団を形成し

た。これは、幸福判定閾値が高い値でエージェントの幸福に対する欲求は高い。そのために、エージェントは人間関係から得られる幸福のみならず、土地の魅力からも幸福を補おうと、幸福度の環境魅力度の比重が低くても、エージェントは土地の魅力の高い二次元空間の左右に集団を形成したと考える。

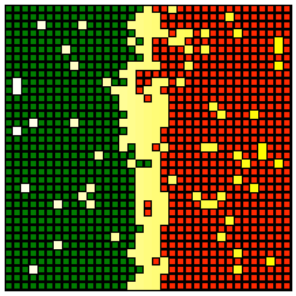

図 5.10 シミュレーション実行結果（n=0.5, w=0.75, h=6）

5.2. パラメータごとに見る平均幸福度とステップ数の分析

5.2.1. 仲間閾値 n から見るシミュレーション結果の分析

仲間閾値を固定したときの環境仲間比重係数の変化に伴う仲間閾値別に見た平均ステップ数の推移、平均幸福度の推移をグラフ化して、シミュレーション結果にどんな特徴があるかを確認する。

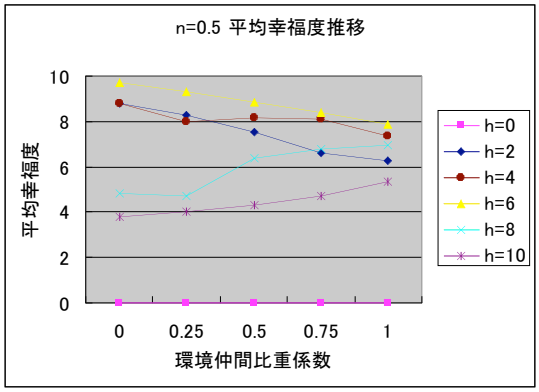

図 5.11 仲間閾値 n=0.5 平均幸福度推移

図 5.11 は仲間閾値 n=0.5 のときの幸福判定閾値別に見た環境仲間比重係数に対する平均幸福度の推移である。仲間閾値の大小にかかわらず各閾値の幸福度のとり方には同じような傾向が見られた。幸福判定閾値の低いとき、エージェントの平均幸福度は環境仲間比重係数 w が 1 に近づくにつれて減少している。反対に幸福判定閾値が高いとき、エージェントの平均幸福度は環境仲間比重係数 w が 1 に近づくとともに増加している。人間関係のみを考慮する従来 MAS 分居モデルは周囲に仲間が多く存在しているとエージェントの幸福度は高くなった。土地に関する魅力を考慮に加えた新分居モデルにおいては土地の魅力の高い土地にいるとエージェントの環境魅力度は高くなるので幸福度も高くなる。これは、人間関係のみで幸福度を測っているのとは異なり、土地の魅力を考えるときには土地の魅力が高い土地、低い土地があるために、魅力の低い土地は幸福度を測るときにはマイナス要因として働いてしまうからである。環境仲間比重係数が低い値のときは土地に関する魅力をあまり考慮しないので、エージェントは土地の魅力から幸福を得ることが出来ないために平均幸福度が低い値となる。環境仲間比重係数が 1 に近づき、土地の魅力を考慮するようになると、エージェントは土地の魅力からも幸福を得られるために平均幸福度は増加してゆくのである。

5.2.2. 環境仲間比重係数 w から見るミュレーション結果の分析

環境比重係数を固定したときの幸福判定閾値の変化に伴う仲間閾値別に見た平均ステップ数の推移、平均幸福度の推移をグラフ化して実行結果にどんな特徴が見られるかを確認する。

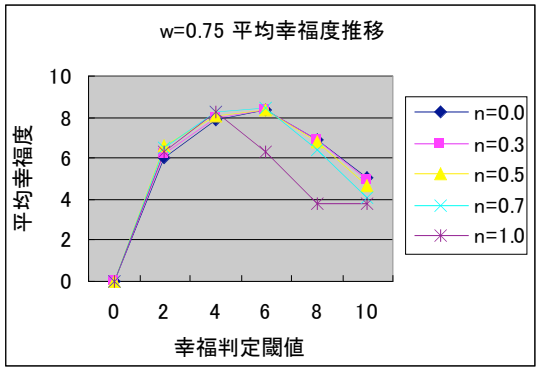

図 5.12 環境仲間比重係数 w=0.75 平均幸福度推移

図 5.12 は環境仲間比重係数 w=0.25, 0.50, 0.75 のときの平均幸福度の推移を示したグラフである。全ての環境仲間比重係数において、平均幸福度は幸福判定閾値 h=6 の時に最も高い値をとっている。幸福判定閾値が中程度の時にエージェントの平均幸福度が高くなるのはエージェントの仲間率が仲間閾値を上回るエージェトがほどほどに多く、仲間率が仲間閾値以上にならずに仲間満足度が 0 になってしまうエージェントの数が少ないためであると考えられる。

5.2.3. 幸福判定閾値 h から見るシミュレーション結果の分析

幸福判定閾値を固定したときの環境仲間比重係数の変化に伴う仲間閾値別に見た平均ステップ数の推移、平均幸福度の推移をグラフ化して、シミュレーション実行結果にどんな特徴が見られるかを確認する。

幸福判定閾値 h=0 のとき、幸福度がどんな値でもエージェントは満足するので、全てのエージェントは最初のステップでシミュレーションを終了する。

幸福判定閾値 h =8, 10 のとき、幸福判定閾値が高い値のためエージェントの幸福度は幸福判定閾値の値まで達することは難しくなり、ステップ数は 100 ステップまで続きエージェントの場所は定まらない。そのため、平均幸福度は低い値となる。また、仲間閾値が高いほど、エージェントの仲間満足度は仲間閾値以上にならずに仲間満足度=0 になってしまうので、結果的に幸福度は低い値を示す。また、環境仲間比重係数 w を 1 に近づける、つまり、土地の魅力である環境魅力度の比重を上げてゆくと平均幸福度は高い値を示す。これは、環境魅力度は周囲のエージェントの位置に影響されず、都市度、農村度の高い土地へ移動することで簡単に高い満足度を得ることが出来るからであると考えた。

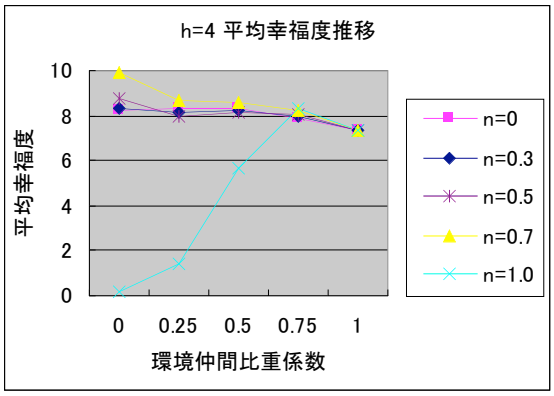

図 5.13 幸福判定閾値 h=4 平均幸福度推移

図 5.13 は幸福判定閾値 h=4 のときの平均幸福度の推移を示したグラフである。幸福判定閾値 h=2, 4, 6 のとき、ステップ数の推移に大きな違いは見られず、少ないステップ数でシミュレーションは終了している。仲間閾値 n=0.0, 0.3, 0.5, 0.7 のとき平均幸福度は環境仲間比重係数 w が 1 に近づくにつれて小さくなってゆく。なぜなら、土地に関する魅力を考慮に加えた新分居モデルにおいては環境魅力の高い土地にいるとエージェントの環境魅力度は高くなるので幸福度も高くなる。反対に土地に関する魅力の低い土地にエージェントが配置されたときにはエージェントの環境魅力度は低くなる。これは、人間関係のみで幸福度を測っているのとは異なり、土地の魅力を考えるときには土地の魅力が高い土地、低い土地があるために、魅力の低い土地は幸福度を測るときにはマイナス要因として働いてしまうからである。仲間閾値 n=1.0 のとき、平均幸福度は環境仲間比重係数 w が 1 に近づくにつれて高くなってゆく。

6. おわりに

シミュレーションの実行結果から以下の 3 点が分かった。一点目は新分居モデルにおける従来 MAS 分居モデルの再現性の確認である。閾値を変化させた場合のシミュレーション実験結果である、シミュレータの二次元空間の画面と平均幸福度の推移を確認することで、従来 MAS 分居モデルと同様の分居の様子を見ることができた。

二点目は、新分居モデルにおける二次元空間の分居の様子を三つに分類して、従来 MAS 分居モデルとは異なる分居現象を 3 つのパターンに分けて見ることが出来た。

三点目はシミュレーションの実行結果から得られた数値結果をグラフにすることで新分居モデルの特徴が明らかになった。

判断基準であった閾値はエージェントの幸福に対する欲求の強さだと考えた。しかし、幸福に対する欲求が低いのではなく、幸福判定閾値が低いということは土地の魅力や人間関係以外に何か要因があると考えられる。モデルで見る事の出来た現象を実社会に照らし合わせて見たときに何が見えてくるのか？以上のことを、今後の課題として残したい。

従来 MAS 分居モデルでは「各エージェントの幸福度の合計をエージェント総数で除したものを平均幸福度と呼び、シミュレーション結果の図示とともに、分居の程度を表す指標として用いる。」[田村・板山・山影(2002)]とされていたが、試行結果を目で見て分居の程度を確認するのだけではなく、分居の程度、特に分居集団の大小を測れるような実行結果の数値表現方法をどうにか考え出すことはできないかといった、新たなる課題が生まれた

文献

1. 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
2. 板山真弓・田村誠（2000）「Schelling 分居モデルを超えて 3～色盲エージェントの新たなルールの影響～」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.7
3. 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～」、山影進・服部正太 編、『コンピューターの中の人工社会～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、pp.108-123