

MASによる分居モデル

2001MT008 別川貴子 2001MT047 川田康平

2001MT063 松尾とも子 2001MT086 三枝亜記

指導教員 石崎文雄

1. はじめに

分居現象は、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の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[1]。個々人の選好と社会全体のあり方とギャップの好例と考えられる。人種の違いや文化、宗教、所得の違いによる住み分け現象が現実にも観察されている。

このような分居現象をモデル化した研究は、チェス盤上に配置したコインによる手作業の実験を行ったトマス・シェリング (Shelling 1969,1971,1978) に端を発する。シェリングの分居モデルは、社会科学におけるエージェントベースのモデリングのはりしりとなっているだけでなく、アメリカの都市の人口データを用いた Clark (1991) などの研究により、実証的にも分析されている。その後、コンピュータ技術の発達により、EML (Environmental Modeling Language) を利用した Theobald and Gross (1994)、Sugarscape モデルを用いた Epstein and Axtell (1996) などの研究がある。また、Krugman (1996) や Batten (2001) は自己組織化という観点からシェリングのモデルを再評価している。このように、分居現象とそのモデル化は社会科学の広い分野における重要な研究対象の一つにあげられる[8][9][10][11]。

本研究では、MASを用いて、シェリングにより提唱された実験の追試、および一連の先行研究で得られた知見を踏まえて、モデルの変更や拡張を行い、分居現象を分析する。また、判断基準として、ステップ数が低く平均幸福度の高いものを最適とする。

2. モデルの概要

2.1. MASとは

MASとは Multi Agent Simulator の略である。これはマルチエージェントの世界を楽しむために開発された社会シミュレータであり、目指すべきところは「頭に浮かんだアイデアをそのままモデルとして定義し、シミュレーションを実行し、結果を分析できること」、さらに「モデルを改造してシミュレーションを再実行し、結果を分析し・・・、という思考ループをできるだけ簡単かつ楽しく行えること」である[2][3]。ゆえ

に、社会科学系の本格的な研究が行える環境を提供するものである。

2.2. シェリング「分居」モデル

分居モデルの基礎となったシェリングの実験について説明する[4][5][6]。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あり方 (macrobehavior) と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な状況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) を提示した。そして、個々のエージェントがそれほど大きくない嗜好傾向をもっている場合でさえ、相対的に有意な全体的分居をもたらすことを指摘した。

シェリングによるモデルの基本的な内容について説明する。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 (ここでは「閾値」と呼ぶ) 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。シェリングはコインの閾値や行動判断ルールを変化させた三つの条件設定での試行結果を述べている。第一の条件は、コインの閾値は 0.33 に設定され、ペニー貨とダイム貨がお互いに集まり、コインは分居するようになった。この 2 回の試行では、後述する平均幸福度に換算すると 69.73 という結果になった。第二の条件では、2 種類のコインの閾値を一方は高く、他方は低く設定されている。このとき、閾値の低いコインは広がっているのに対して、閾値の高いコインは集まっていると論じている。第三の条件は、同種類のコインが自分の周囲に三つ以上存在すると満足するというように、コインの判断ルールを変更している。試行結果は、最初の条件のときとほぼ同じであった。

これらの実験を通してシェリングは、個々のエージェント (各コイン) はそれほどお互いを嫌っていないにもかかわらず、社会全体 (チェス盤) としては大きく分居が進んでしまう

可能性があることを指摘した。さらに、シェリングの研究ではコインの意思の代行を人間が行ったために、広大な空間を多数のコインが動き回るような実験を行うことは困難であったようである。実際、シェリングが行った実験は8*8のマスマ目内に45枚のコインが配置されるといったものであり、この程度の規模でさえ大変な苦労を必要としたことは容易に想像できる。

2.3 Epstein の研究内容

先に述べたように、シェリングの時代とは異なり、現在はコンピュータの中にMASを作り上げることで、シェリングが多大な苦労を強いて行った実験も簡単にを行うことが可能となっている。Epstein等がおこなった研究では、シェリングによっておこなわれた8*8という小さな世界での実験を50*50という大きな世界をコンピュータ内に作り出し、また2000ものエージェント(シェリングの時代にはコインであった)を配置することで大幅に規模を拡大している[8]。これは社会科学の方法論における革命をもたらすアプローチだと考える。また、これほどまで規模が拡大しても、研究は容易に進んだと想像できる。

本研究では、MAS「分居」モデルによる具体的な試行結果を援用しながら、シェリングによる議論の検証、およびその他の先行研究の指摘に基づいて、シェリングとは別の角度からの分居現象の分析を行う。

3. MAS「分居」モデル

3.1. MASによるシミュレーションの条件と環境

シェリングモデルをもとに、MASを用いて構築した分居モデルにおける基本行動ルールを持たせる。エージェントは赤、青2種類を用いる。

基本行動ルールを、図1に示す。まず、シミュレーションの開始の時点で、各エージェントは、ランダムに配置される。次に、各エージェントは、周囲の状況から自らの幸福度を図ることによって意思決定を行う。このとき、各エージェントは周囲8近傍(ムーア8近傍)に存在するエージェントを見回して、幸福度を計算する。そして、エージェントの幸福度が、ある一定の値(ここでは閾値という)を満たし幸福だと感じたら、その場にとどまり、逆に幸福度が、閾値以下で、エージェントが不幸だと感じたら、あらかじめ設定された移動範囲内のあいているマスに移動する。あらかじめ設定された移

動範囲とは、実験の基本設定では、3*3マスの空間上をランダムに移動する設定である。そして、すべてのエージェントが幸福だと判断し、その場に停止すると、均衡状態に達してシミュレーションを終了する。100ステップまで均衡状態に到達しないときは、強制的にシミュレーションを終了することにした。ステップ数を100から1000程度にあげても平均幸福度の値がほとんど変化しないためである。

ここに、本研究において使用する用語の定義をする。

- 幸福度=(ムーア近傍にいる同色エージェントの数/ムーア近傍にいるエージェントの総数)*100
- 閾値=各エージェントが満足する最低限の幸福度
- 平均幸福度=各エージェントの幸福度の合計をエージェント数で除したもの
- ステップ数=図1の基本行動ルール1回分のこと

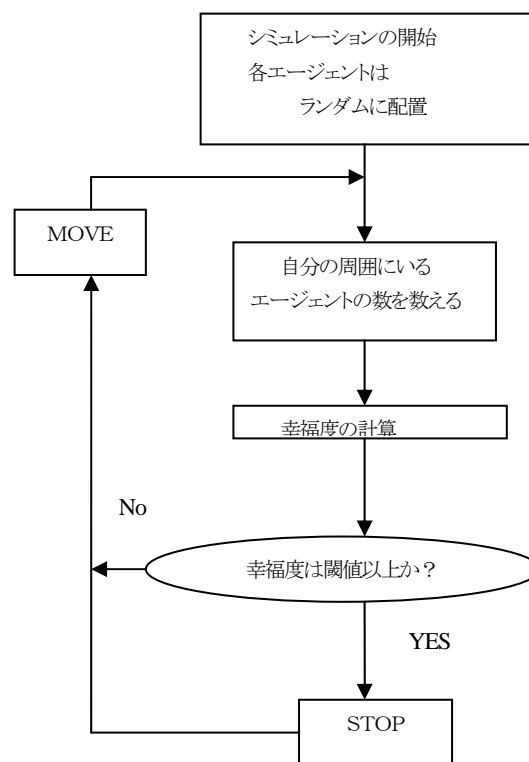


図1 基本行動ルール

4. シミュレーション結果

4.1 エージェントの数の変化によるシミュレーション結果

最初に、エージェントを同数ずつ変化させたシミュレーションを行った。モデルの空間上に赤と青のエージェント同数を各 400,450,500 ずつ配置し、閾値 0.3~0.8 での変化を図 2 と図 3 に示す。

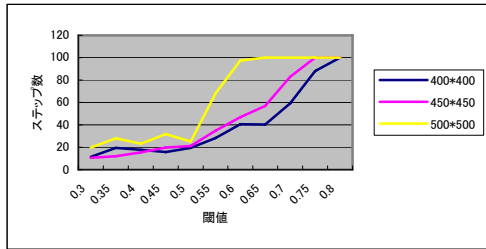


図 2 エージェントを同数ずつ変化させた時の終了時のステップ数

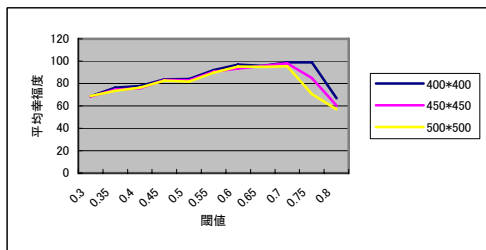


図 3 エージェントを同数ずつ変化させた時の終了時の平均幸福度

図 2 よりステップ数はエージェントの数が多くなるほどステップ数が増加した。また、図 3 より平均幸福度はエージェントの総数に関わらずほぼ同じ値を示した。閾値の増加に伴い増加し、閾値 0.75 以上で低下した。

次に各エージェントの数の比率を変化させたシミュレーションを行った。一方のエージェントの数を 400 に固定し、もう一方のエージェントの数を 10, 50, 100, 200 に変化させたシミュレーションを行い、その結果を図 4 と図 5 に示す。

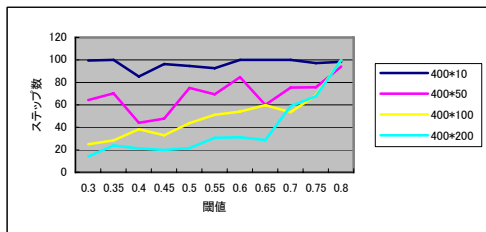


図 4 エージェントの比率を変化させた時の終了時のステップ数

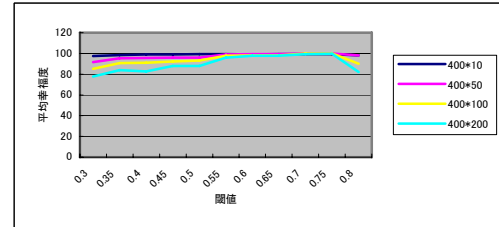


図 5 エージェントの比率を変化させた時の終了時の平均幸福度

図 4 からエージェントの比率の差が大きくなるほど、ステップ数が増加している。400*10 の場合閾値に関わらずステップ数が 100 付近である。また、図 5 よりエージェントの比率の差が大きくなるほど平均幸福度は高くなる。

4.2 エージェントの行動ルールの変化によるシミュレーション結果

`_MoveToSpace(my.X,my.Y, a)`関数を用いてエージェントの行動ルールを変化させる。`_MoveToSpace()`関数とはエージェントが指定された場所(my.X, my.Y)を中心に、指定された範囲内(a)で空き地を探して移動する関数である。4.1 ではエージェントは 1 ステップにつき 3*3 マスの空間上しか移動できなかったが、この関数の値を変化させることによって 1 ステップで 1*1~12*12 マスまで移動範囲を変化させた。

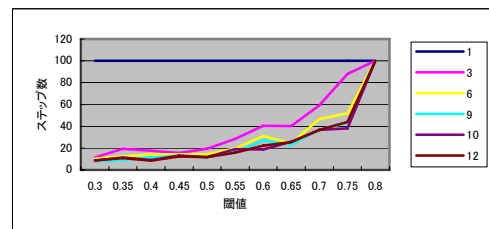


図 6 エージェントの移動範囲を変化させた時の終了時のステップ数

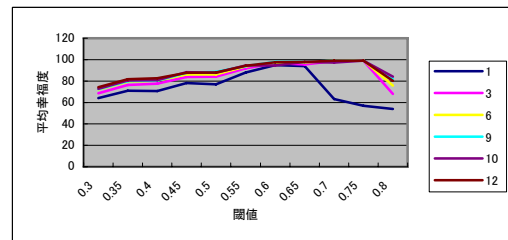


図 7 エージェントの移動範囲を変化させた時の終了時の平均幸福度

図 6 からステップ数は移動範囲が大きくなるほど減少している。移動範囲が 1 の時はステップ数 100 から変わらない。移動範囲が 10 以上でのステップ数の減少は見られなかった。また、図 7 より、大きな差は見られないが、移動範囲が大きくなるほど平均幸福度が高いことが分かる。

5. 考察

5.1 エージェントの数を変化させたシミュレーションの考察

4.1 に示された結果より、エージェントの総数を多くすればするほど空間上に同色のエージェントとともに異色のエージェントも増え、空き地が減る。そのためエージェントは思うように動けなくなりステップ数が増加する。また平均幸福度がエージェントの総数に影響されない理由として、同色と異色が同じ割合で増減し、ムーア 8 近傍にいるエージェントの総数に対する同色のエージェントの割合も変化しないためだと考えられる。

エージェントの数の比率を変化させたシミュレーション結果より、400*10 のシミュレーションでは 10 しかいないエージェントは周りが異色のエージェントばかりなので動き回るが、同色のエージェントがほとんどいないため均衡状態に達しにくい。また、400 のエージェントは異色のエージェントが周りにいないため、集団を成しており幸福度が 100 に近い。このため 10 のエージェントとの平均幸福度を出すと、10 のエージェントの幸福度が低くても影響を受けない。よってエージェント数の比率の差が大きくなると平均幸福度が高くなる。

5.2 エージェントの行動ルールを変化させたシミュレーションの考察

4.2 の結果より、_MoveToSpace()関数でエージェントの 1 ステップでの移動範囲を大きくすると、ステップ数が減少する。移動範囲を大きくすることによって 1 ステップでのエージェントの動ける範囲が広がるので、より遠くの同色エージェントの隣まで移動できる。そのため、少ないステップ数で閾値を満たす。また移動範囲を大きくするほど、エージェントの成す集団が大きくなる。集団が大きくなればなるほど周囲に同色のエージェントが増え、平均幸福度も上昇すると考えられる。

6. おわりに

シェリングのモデルから出発した MAS 分居モデルにより、単純な行動原理と社会全体のあり方との複雑な関係性を容易に分析できた。MAS 分居モデルにおいて、分居の促進・阻害要因に注目して、各パラメータの定量的分析、エージェントの種類、行動ルールの多様化といった一連の作業を行った。その作業の中で先行研究の指摘している所見や

仮説を見直す結果がいくつか得られた。

すべての実験結果から、エージェント数が少なく、移動範囲が広いものほどステップ数が減少し、平均幸福度も高くなり、最適であることがわかった。これは、移動範囲が広いほど離れたところにいる集団に属することもできるようになり、ステップ数は減少し平均幸福度は上昇したものと思われる。

本研究では、ある最適条件を設定したが、この条件はほんの一部に過ぎない。例えば、エージェントや空間の形、幸福度の計算式などの改良点が挙げられる。よって、それらを改良した判断基準やシミュレーションの条件・環境について検討する必要がある、将来の研究課題として残っている。

参考文献

- [1] 山影進、服部正太：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、構造計画研究所(2002)
- [2] 構造計画研究所ホームページ：<http://www.kke.co.jp/>
- [3] _mas()：<http://citrus.c.u-tokyo.ac.jp/mas/index>
- [4] Shelling,T.C.：“Models of Segregation” .American Economic Review, Vol.59, pp.488-493, (1969)
- [5] Shelling,T.C.：“Dynamic Models of Segregation” .Journal of Mathematical Sociology, Vol.1, pp.143-186, (1971)
- [6] Shelling,T.C.:“Micromotives and Macrobbehavior”.European Economic Review(1978)
- [7] Clark, W.A.V.：The center for Business and Economic Research：
http://www.unlv.edu/Research_Centers/cber/pop.html(1991)
- [8] Theobald, D.M. and Gross, M.D.：“A modeling environment for exploring landscape dynamic”.Computers. Environment and Urban Systems, Vol.18, pp.193-204, (1994)
- [9] Epstein, J.M. and Axtell, R.：“Growing Artificial Societies” .MIT Press(1996)
- [10] Krugman,P.:“The Self-Organizing economy” .Blackwell(1996)
- [11] Batten, D.F.：“Complex landscapes of spatial interaction”.The Annals of Regional Science, Vol.35, pp.81-111, (2001)