

# 集団の性質と好感度の力学

高浦正樹

## 目次

1	序論と謝辞	2
2	シミュレーションモデル	3
2.1	概要	3
2.2	エージェント	3
2.3	シミュレーションの流れ	4
3	シミュレーションの結果の考察	7
3.1	2層構造を持つエージェント20人の集団	8
3.2	3層構造を持つエージェント20人の集団	9
3.3	2層構造を持つエージェント4人の集団	10
3.4	3層構造を持つエージェント4人の集団	12
4	まとめ	13
5	参考文献	15

# 1 序論と謝辞

私は、日常生活の中でいじめの報道を耳にすることが多い。人は共同で生活をしており、一人で生きているわけではない。自分以外の誰かとともに行動しなければならないような場面はどこにでもある。そのような環境においてその“誰か”をどのように感じるか、それは人それぞれで異なる。しかし、なぜ人それぞれであるはずの嫌悪感が集団で行ういじめを生み出してしまうのか。そのような思いから、コミュニケーションによる人間関係の構築を研究の題材として選択した。

まず人間関係を扱うにあたり、ゼミナールでゲーム理論について学んだ。ゲーム理論とは、意思決定を行う複数のプレイヤーが、その意思決定に関して相互に依存する状況を数学モデルを用いて研究する理論である。ゲーム理論では各プレイヤーが戦略を決定し、自分の得る利得を最大にするように行動する。このプレイヤーの性質を前提とすることで、社会科学だけでなく生物の行動様式や進化の分析などの自然科学に応用することのできる理論である。そして私はゲーム理論を学んでいく中で、ゲーム理論を現実社会と照らし合わせている論文と出会った。そこで、コンピュータ上で人工社会を構築しシミュレーションを行うマルチエージェント・シミュレーションを学んだ。

本論文では、人間がコミュニケーションをとることで、その集団における立場がどのように変化するのかについて考察を行う。

本論文は、明治大学理工学部数学科の渡邊浩教授の研究室において渡邊教授のご指導のもと、学んだものを用いて行ったシミュレーションをまとめたものです。渡邊教授は、ゲーム理論を学ぶ機会を与えてくださり、シミュレーション実行に関しても論文提出まで大変厚いご指導いただきました。また、数学分野だけでなく、様々な教養も丁寧にご指導いただきました。厚く御礼申し上げます。

渡邊研究室の金村安侑美さん、菅原颯君、菅原大輝君、広野桃太郎君、前田拓也君との討議は本当に学ぶことが多く、刺激になりました。研究室での日々が大変充実していました。心から感謝します。

また、シミュレーションを行うにあたり、マルチエージェント・シミュレーションのプログラムである artisoc を無償で貸して下さった構造計画研究所様、厚く御礼申し上げます。

本論文の作成にご協力いただいた皆様に心から感謝し、謝辞とさせていただきます。

## 2 シミュレーションモデル

### 2.1 概要

本論文では、マルチエージェント・シミュレーションを行うにあたり、実際の人間関係を想定しているが、エージェントの男女などの外的要因を除いている。これはマルチエージェントモデルにおいて、モデルはKISS(Keep It Simple, Stupid)であるべき、という主張を考慮したものである。KISSとは、可能な限り簡単なモデルを構築することで結果を明確に理解することができるという意味である。

artisocの空間上に1つの集団を想定し、その集団に属するエージェントが他のエージェントとコミュニケーションをとることで相手に対する好感度を変化させるシミュレーションを作成する。一人目のエージェントが行動を開始してから最後のエージェントが行動し終えるまでを1ステップとし、各ステップでのエージェントの行動はその都度決定する。シミュレーションはそのステップを繰り返すことによって構成されている。1回の試行におけるステップ数は、各エージェントの好感度変化が安定するまでのステップ数を考慮し、決定する。本論文のシミュレーションはエージェントの行動に2つの段階が存在するため、奇数ステップ目と偶数ステップ目でエージェントの行動を分け、それらを合わせて1セットとした。1回の試行は1000セット、つまり2000ステップを行った。ただし、偶数ステップ目に行動するエージェントの順番はランダムである。

時系列グラフやヒストグラムなどを用いて、その集団に属するエージェントの人数や他のエージェントに対する認識の仕方が、好感度の変化に与える影響について考察する。エージェントの人数は20人の場合と4人の場合を行う。また、他のエージェントに対する認識の仕方については2層構造をもつものと、3層構造をもつものを考える。なお、コミュニケーションは1対1で行われるものとし、一度に複数のエージェントとコミュニケーションをとることはできないものとする。また、集団において1対1のコミュニケーションが同時に複数箇所で行われることも許容する。

### 2.2 エージェント

エージェントとは、マルチエージェント・シミュレーションにおける行動主体である。エージェント  $a_i (i = 0, \dots, n-1)$  はID番号によって識別される。エージェント  $a_i$  は他のエージェント  $a_j (i \neq j)$  に対し、好みの度合いを示す好感度を持ち、 $l(i, j)$  で表す。好感度  $l(i, j)$  は、

$$-100 \leq l(i, j) \leq 100$$

の整数とする。好感度  $l(i, j) \geq 0$  でエージェント  $a_j$  に好感を、好感度  $l(i, j) < 0$  でエージェント  $a_j$  に嫌悪感を抱いていることを表す。

このシミュレーションでは、他のエージェントを友人と敵の2層で区別するものと、友人、見かけ上の友人、敵の3層で区別するものの2種類のエージェントを考える。この2種類のエージェントを区別するため、エージェント一般を  $a_i$ 、2層構造をもつエージェントを  $b_i$ 、3層構造をもつエージェントを  $c_i$  とする。

他のエージェントを2層で区別するエージェント  $b_i$  はエージェント  $b_j (i \neq j)$  に対する好感度  $l(i, j)$  によって、

$$\begin{cases} l(i, j) \geq d \text{ のとき、友人集合 } Sf(i) \\ l(i, j) < d \text{ のとき、敵対集合 } Se(i) \end{cases}$$

にエージェント  $b_j$  を加える。この  $d$  を友人選択閾値という。一方、他のエージェントを3層で区別するエージェント  $c_i$  はエージェント  $c_j (i \neq j)$  に対する好感度  $l(i, j)$  によって、

$$\begin{cases} l(i, j) \geq d \text{ のとき、} & \text{友人集合 } Sf(i) \\ d' \leq l(i, j) < d \text{ のとき、} & \text{見かけ上の友人集合 } Sm(i) \\ l(i, j) < d' \text{ のとき、} & \text{敵対集合 } Se(i) \end{cases}$$

にエージェント  $c_j$  を加える。この  $d'$  を見かけ上の友人選択閾値といい、これらの友人集合  $Sf(i)$ 、見かけ上の友人集合  $Sm(i)$ 、敵対集合  $Se(i)$  をエージェント  $a_i$  の友人グループと呼ぶことにする。

さらに、エージェント  $a_i$  の他のエージェントからの好感度の平均  $\bar{l}(i)$  を

$$\bar{l}(i) = \frac{1}{n-1} \sum_{k \neq i} l(k, i)$$

と定義する。好感度の平均  $\bar{l}(i)$  が大きいほど、集団全体から好かれていることを表す。

## 2.3 シミュレーションの流れ

シミュレーションは以下の流れで実行する。

### (1) エージェントの存在

2層構造をもつエージェント  $b_i$  と3層構造をもつエージェント  $c_i$  のどちらか一方のみからなる集団を考え、その人数を4人あるいは20人とする。このとき、2種類のエージェントは混在させない。

### (2) 好感度の初期値設定

エージェント  $a_i$  のエージェント  $a_j (i \neq j)$  に対する好感度  $l(i, j)$  の初期値  $l_0(i, j)$  は

$$-100 \leq l_0(i, j) \leq 100$$

の整数であり、次の方法で設定する。artisocにある0以上1未満の実数をとる乱数関数  $\text{rnd}()$  を用いる。 $\text{rnd}()$  は一様分布になるよう計算された擬似乱数である。まず、各エージェントに対して  $\text{rnd}()$  が0.5未満なら好感度  $l_0(i, j)$  の符号を正に、 $\text{rnd}()$  が0.5以上1未満なら符号を負にする。次に、あらためて  $\text{rnd}()$  を用意し、それを101倍して整数部分を取り、好感度  $l_0(i, j)$  の絶対値とする。これらを組み合わせて好感度の初期値  $l_0(i, j)$  を決定する。

### (3) 他のエージェントの分類

2層構造を持つエージェント  $b_i$  は、友人選択閾値  $d$  を0として、(2)で設定した好感度の初期値  $l_0(i, j)$  によって、他のすべてのエージェントを自らの友人集合  $Sf(i)$ 、敵対集合  $Se(i)$  に割り振る。3層構造を持つエージェント  $c_i$  は、友人選択閾値  $d$  を80、見かけ上の友人選択閾値  $d'$  を0として、好感度の初期値  $l_0(i, j)$  により、他のすべてのエージェントを自らの友人集合  $Sf(i)$ 、見かけ上の友人集合  $Sm(i)$ 、敵対集合  $Se(i)$  に割り振る。

### (4) コミュニケーション候補の選択

シミュレーションの奇数ステップ目に行う。自分自身を含むすべてのエージェントの中からこのステップにコミュニケーションを行う候補を、乱数関数  $\text{rnd}()$  を用いてランダムに一人選択する。そこでコミュニケーション候補として自らを選択した場合は、このステップにコミュニケーションを行わないものとする。

### (5) コミュニケーションの実行

シミュレーションの偶数ステップ目に行う。このシミュレーションでは1対1のコミュニケーションを考えているため、コミュニケーションの実行について次の2つの条件を与える。エージェント  $a_i$  と、そのコミュニケーションの候補エージェント  $a_j$  について、

- (i) エージェント  $a_j$  のコミュニケーションの候補がエージェント  $a_i$  である。
- (ii) このステップにエージェント  $a_i$  とエージェント  $a_j$  がともにコミュニケーションをとっていない

これらが成り立つときコミュニケーションを行い、エージェント  $a_j$  に対するコミュニケーション後の好感度  $l'(i, j)$  を

$$l'(i, j) = l(i, j) + r(i, j)$$

で定義する。 $r(i, j)$  はエージェント  $a_i$  のエージェント  $a_j$  に対する好感度の変化量とする。好感度の変化量は、互いをどのように認識しているかによって表1、表2の値を用いる。また、コミュニケーションを行っていない場合は好感度  $l(i, j)$  は変化させない。

表 1: 2 層構造を持つエージェント同士の認識と与える好感度の変化量  $r(i, j)$

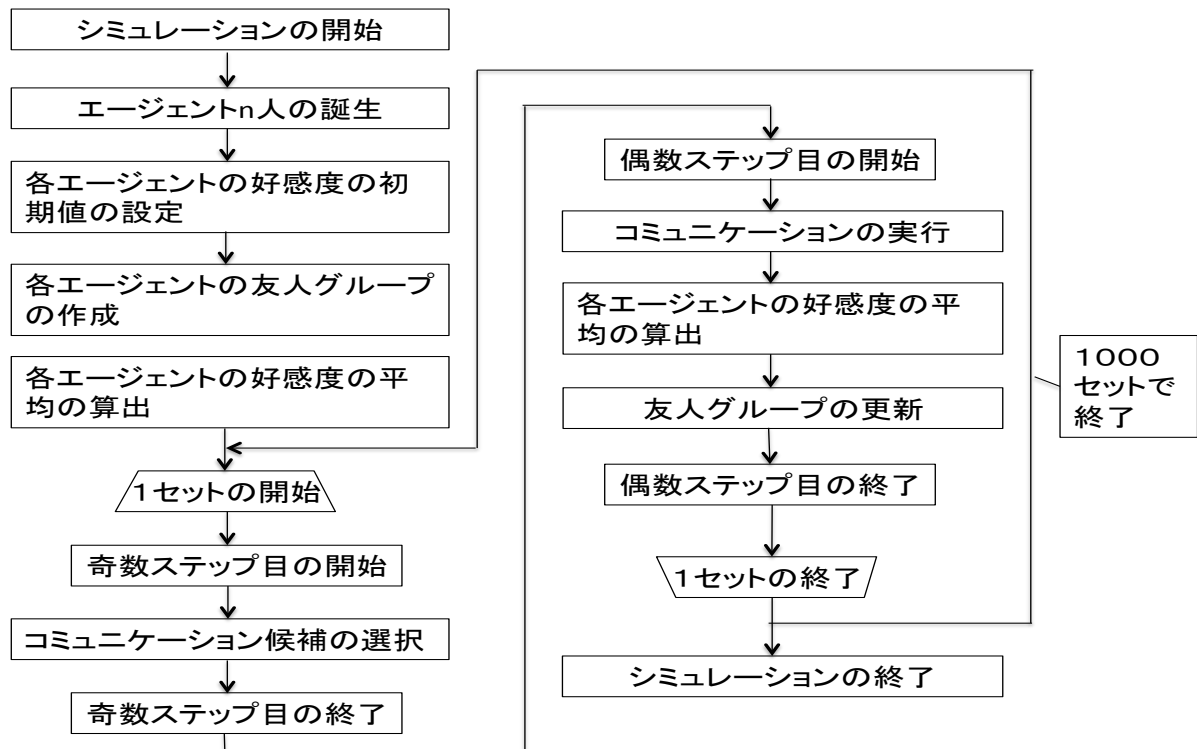
		相手	
		友人	敵
自分	友人	5	-10
	敵	10	-5

表 2: 3 層構造を持つエージェント同士の認識と与える好感度の変化量  $r(i, j)$

		相手		
		友人	見かけ上の友人	敵
自分	友人	5	-7	-10
	見かけ上の友人	7	2	-7
	敵	10	7	-5

## (6) 友人グループの更新

シミュレーションの偶数ステップ目に行う。コミュニケーション後の好感度  $l'(i, j)$  によって、友人グループを更新する。エージェント  $a_i$  が 2 層構造を持つならば友人選択閾値  $d$  を用いて、エージェント  $a_j$  を友人集合  $Sf(i)$ 、敵対集合  $Se(i)$  のどちらかに格納する。3 層構造を持つならば友人選択閾値  $d$  と見かけ上の友人選択閾値  $d'$  を用いて、エージェント  $a_j$  を友人集合  $Sf(i)$ 、見かけ上の友人集合  $Sm(i)$ 、敵対集合  $Se(i)$  のいずれかに格納する。



シミュレーションのフローチャートはこのようになっている。

### 3 シミュレーションの結果の考察

それぞれのシミュレーション結果をまとめ、考察する。図3. 1. 1、図3. 2. 1、図3. 3. 1、図3. 4. 1は、エージェント  $a_i$  に対する好感度によって  $a_i$  以外のエージェントを4つのグループに分け、各グループが全体に占める割合を表している。その割合は  $i$  について平均し、さらに試行平均もとっている。

図3. 1. 2、図3. 2. 2、図3. 3. 2、図3. 4. 2は、エージェント  $a_i$  に対する他のエージェントからの好感度の平均  $\bar{l}(i)$  の初期値を表したヒストグラムである。その値は  $i$  について平均し、さらに試行平均もとっている。図3. 1. 3、図3. 2. 3、図3. 3. 3、図3. 4. 3は、エージェント  $a_i$  に対する他のエージェントからの好感度の平均  $\bar{l}(i)$  の最終的な値を表したヒストグラムである。その値は  $i$  について平均し、さらに試行平均もとっている。

図3. 1. 4、図3. 2. 4、図3. 3. 4、図3. 4. 4は、各エージェントの他のエージェントからの好感度の平均  $\bar{l}(i)$  の時間推移を表す時系列グラフである。これはある特定の試行におけるグラフである。

### 3.1 2層構造を持つエージェント20人の集団

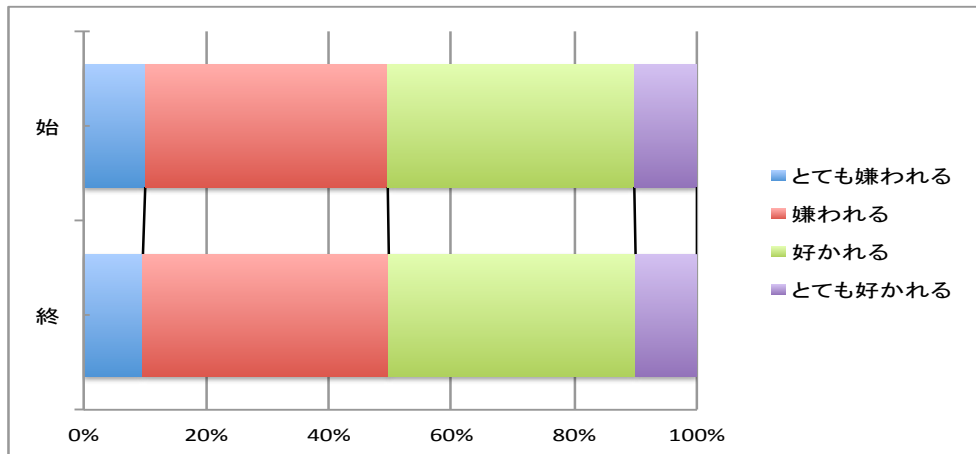


図3. 1. 1

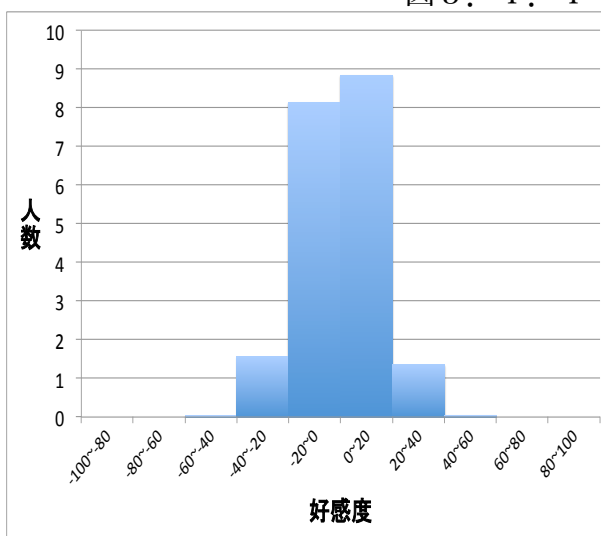


図3. 1. 2

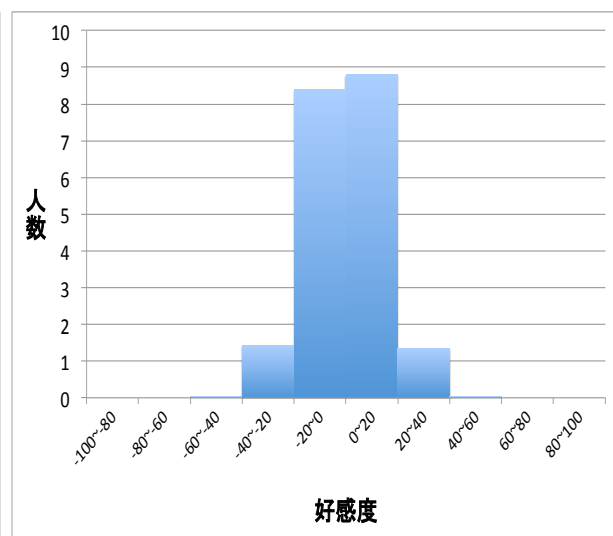


図3. 1. 3

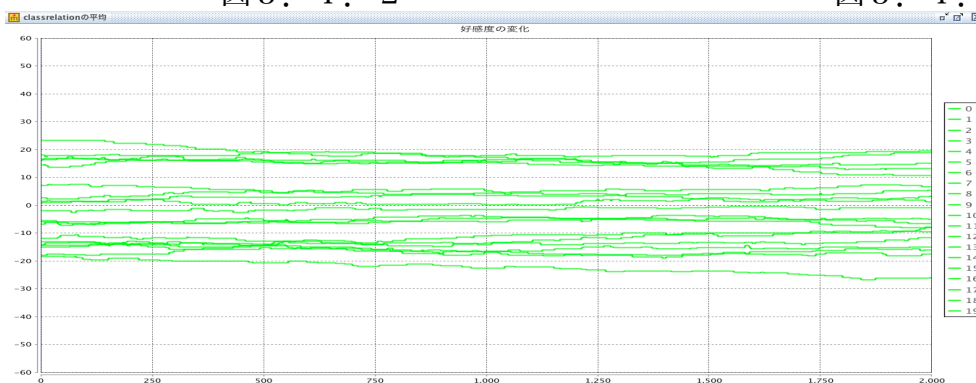


図3. 1. 4

図3. 1. 1を出すために145回、図3. 1. 2と図3. 1. 3を出すために132回の試行を行った。2層構造を持つエージェント20人の集団では、他のエージェントとの関係を



1対1でみると変化しているが、各グループが全体に占める割合はシミュレーションの前後でほとんど変化が見られない。ヒストグラムに関しても変化が小さいことから、集団の構成のされ方は好感度という面からみると安定していることがわかる。

### 3.2 3層構造を持つエージェント20人の集団

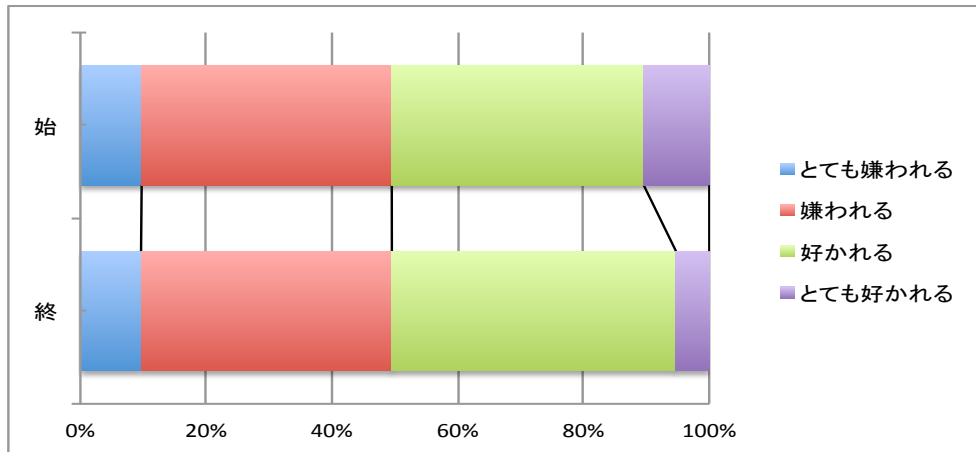


図 3. 2. 1

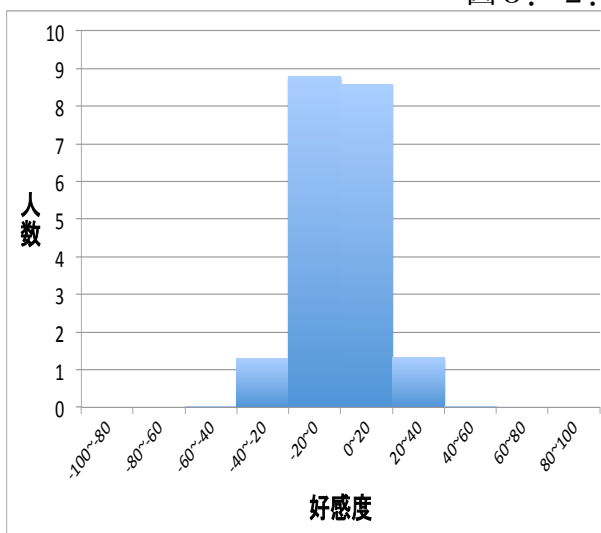


図 3. 2. 2

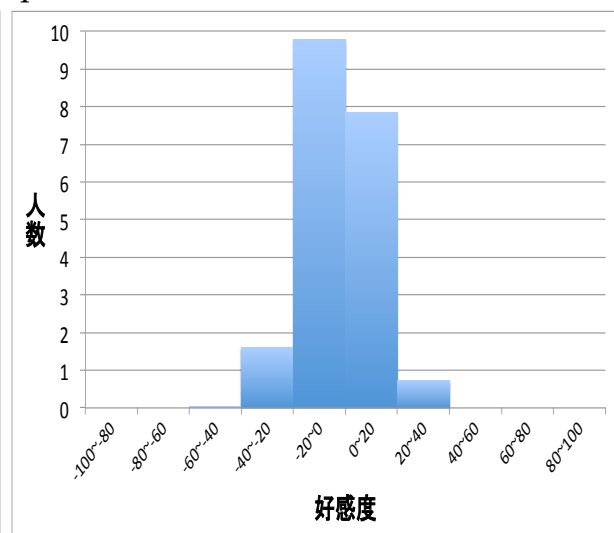


図 3. 2. 3

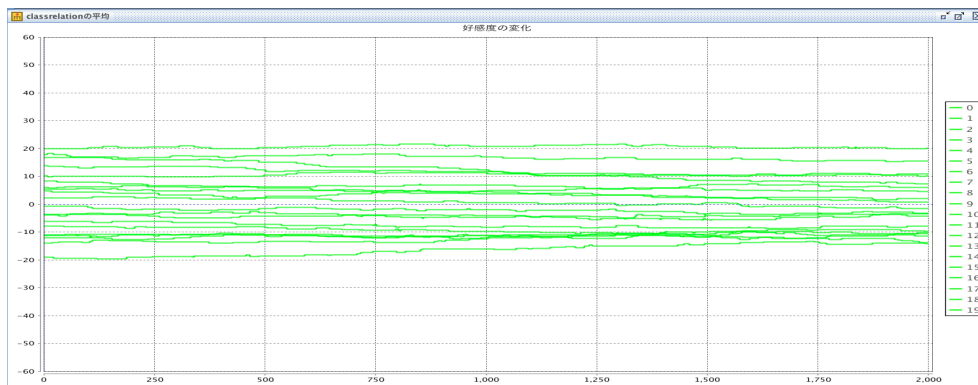


図3. 2. 4

図3. 2. 1を出すために100回、図3. 2. 2と図3. 2. 3を出すために266回の試行を行った。3層構造を持つエージェント20人の集団では、自分に対する好感度で分けた4つのグループのうち、自分を好いてくれるエージェントの割合が増加し、とても好いてくれるエージェントの割合が減少している。ヒストグラムではシミュレーションの前後で、正の好感度を受けているエージェントが減少し、負の好感度を受けているエージェントが増加している。これはとても好いてくれるエージェントの割合の減少によって、自分に対する正の好感度の総和より負の好感度の総和が大きくなったためであると考えられる。

### 3.3 2層構造を持つエージェント4人の集団

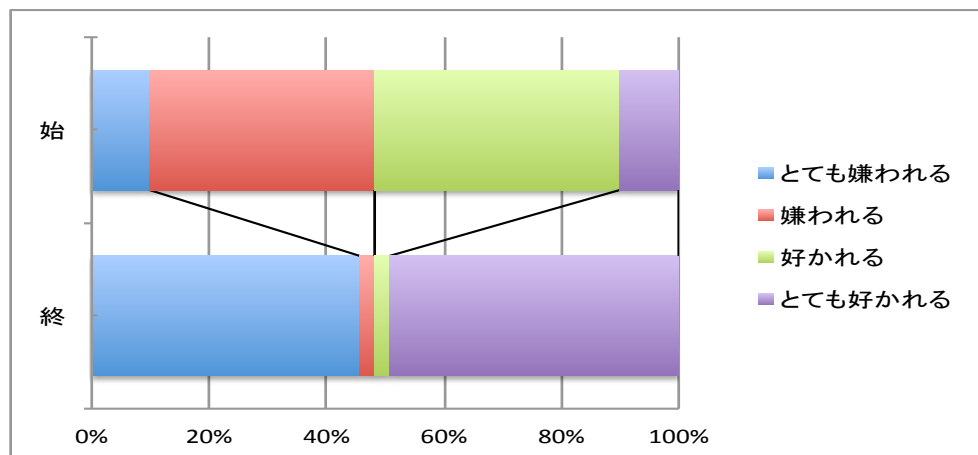


図3. 3. 1

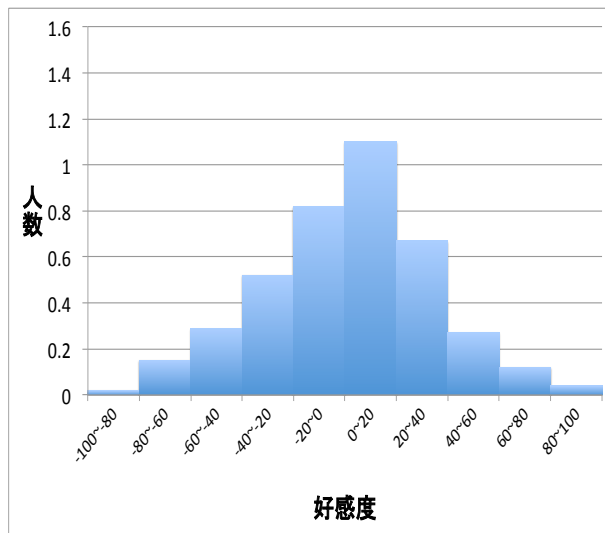


図 3. 3. 2

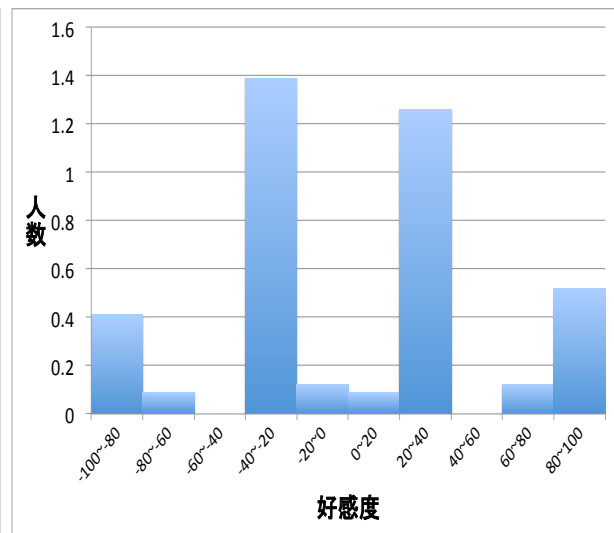


図 3. 3. 3

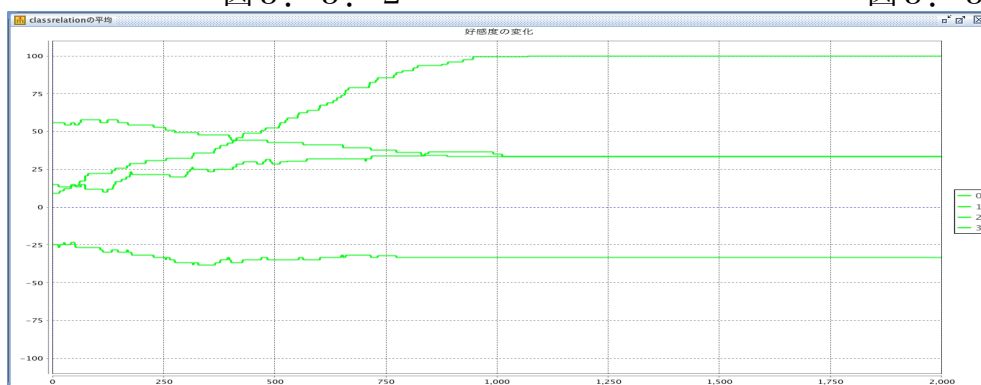


図 3. 3. 4

図 3. 3. 1 を出すために 2 1 1 回、図 3. 3. 2 と図 3. 3. 3 を出すために 1 0 0 回の試行を行った。2 層構造を持つエージェント 4 人の集団では、自分に対する好感度で分けた 4 つのグループのうち、自分を嫌うグループと好いてくれるグループの割合が大幅に減少し、自分をととても嫌うグループととても好いてくれるグループの割合が増加している。ヒストグラムからは集団における人気者と嫌われ者が出やすく、好き嫌いの激しい集団であることがわかる。

### 3.4 3層構造を持つエージェント4人の集団

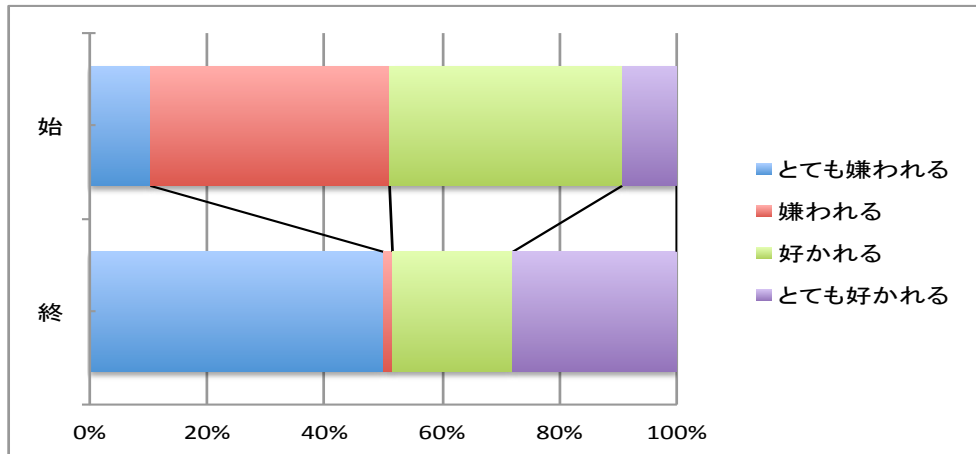


図3. 4. 1

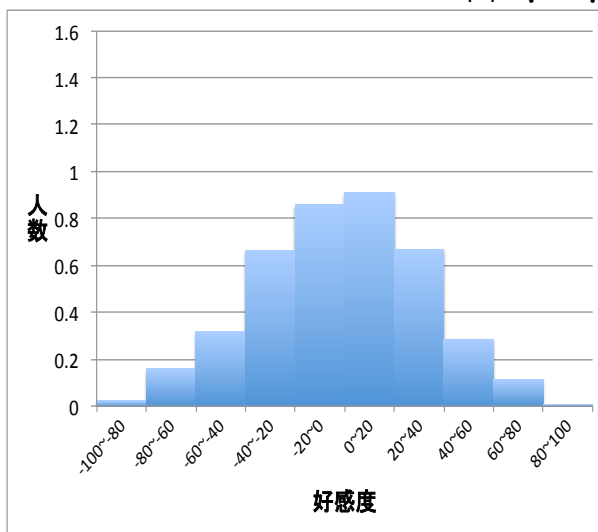


図3. 4. 2

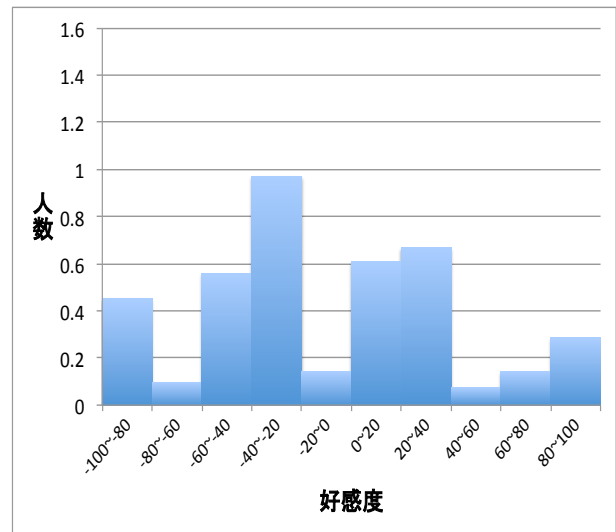


図3. 4. 3

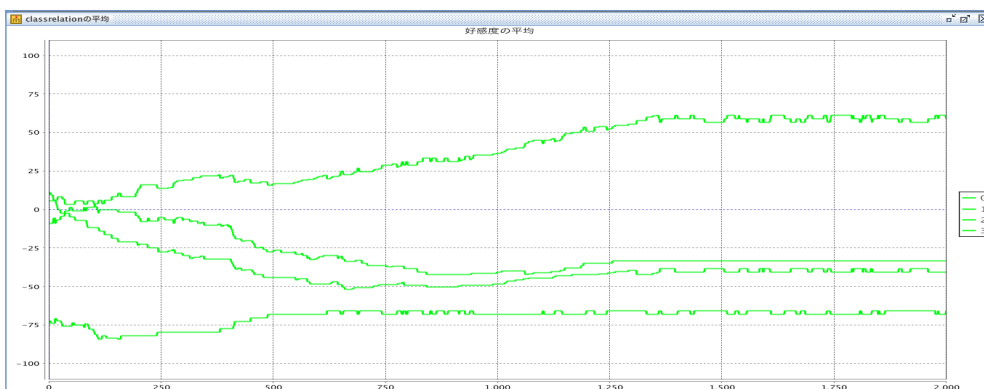


図3. 4. 4

図3. 4. 1を出すために133回、図3. 4. 2と図3. 4. 3を出すために133回の試行を行った。3層構造を持つエージェント4人の集団では、自分に対する好感度で分けた4

つのグループのうち、自分を嫌うグループの割合は大幅に減少し、その分自分をととても嫌うグループの割合が増加する。また、好いてくれるグループの割合は減少するが、とても好いてくれるグループの割合は増加する。ヒストグラムから、嫌われた場合その度合いは大きく、集団での人気者はあまり現れないことがわかる。

## 4 まとめ

まず、シミュレーションの結果に対し留意しなければならないことがある。それは時間変化の速度の違いである。本論文でのシミュレーションはコミュニケーションを行う際、自分と相手の認識の違いに焦点を当て、好感度の変化量 $r$ を決定した。その際、3層構造を持つエージェントに比べ、2層構造を持つエージェントの変化量 $r$ が大きくなりやすい。これにより、2層構造を持つエージェントの集団が3層構造を持つエージェントの集団より、好感度の変化が早いと考えることができる。さらに、集団の人数が4人と20人では前者の方が、互いをコミュニケーションの候補として選択しやすいため、その点でも好感度の変化に速度の違いがあると考えられる。しかし、図3. 1. 1、図3. 2. 1、図3. 3. 1、図3. 4. 1を比較すると変化の方向が異なることがわかる。また、シミュレーション終了時のヒストグラムを見ると20人の集団では連続的であるのに対し、4人の集団では離散的であることがわかる。これら2点により、シミュレーションの結果の違いは時間変化の速度の違いによるものではないことがわかる。

エージェントの人数が多く、コミュニケーションを行うことのできる範囲が広いとき集団の構成や一人のエージェントと集団の関係は大きな変化が起こらなかった。エージェントの人数を減らし、コミュニケーションを狭い範囲で行う場合にはコミュニケーション相手に対する好感度が大きく変化した。あくまでも時間変化の速度による違いではないが、これは同じ2000ステップというシミュレーションの中でも、コミュニケーション範囲の狭さから互いをコミュニケーションの候補とする可能性が高くなるためである。それにより2層構造を持つ集団、3層構造を持つ集団ともに4人のときに人気者や嫌われ者の存在がはっきりと確認できた。このことから、コミュニケーション範囲の広い方が大きな好き嫌いが生まれることなく、集団全体と関わる可以说是といえる。一方、コミュニケーション範囲が狭くなってしまうとそれぞれの好みが大きく表れ、集団全体から嫌われてしまうというリスクがあることがわかる。

また、エージェントは他のエージェントを友人と敵の2層で区別するものと、友人、見かけ上の友人、敵の3層で区別するものを考えた。20人の集団でシミュレーションを行った際、3層構造ではコミュニケーション前に比べ、自分をととても好いてくれるエージェントが減少した点が2層構造と大きく異なっている。これは3層構造を持つエージェントのコミュニケーショ

ンによる好感度の変化量  $r$  が自分と相手の認識の違いによって決まることが理由の一つであると考えられる。自分は友人だと思っているが、相手には見かけ上の友人と思われていた、というような場合が起こりうるからである。4人の集団では、2層構造を持つ集団が3層構造を持つ集団より大きな変化を見せた。友人と敵の間に見かけ上の友人という認識を挟むことで好みの表れが穏やかになっていることがわかる。

以上から、現実社会でも、自分がコミュニケーションをとることのできる範囲を大きくすることで集団全体からの人気者にはなりにくいが、嫌われ者にもなりにくくなるのではないだろうか。好みに関係なく一人ひとりがコミュニケーションをとることによって、集団として安定したものを構築することができると考えられる。一方、エージェントは2層構造をもつもの考えたが、現実社会では周囲への好みを2層で表明しつづけることは難しい。そのため、コミュニケーションの相手に対して3層、あるいはそれ以上の階層で認識することになるだろう。そこで、友人を2層に分けたシミュレーションの結果から、見かけ上の友人選択閾値を下げることで、集団の大きさに関わらず自分をとて嫌う人の割合を小さくすることができるのではないかと考えられる。

本論文では乱数関数 `rnd()` を用いて好感度の初期値を設定したがその方法によって、好感度の初期値において0が出やすくなってしまった。この点に関しては改善の余地がある。また、エージェントの好感度の変化量  $r$  はコミュニケーション時の人間関係にのみ依存している。しかし、実際にはコミュニケーションを行うタイミング、その内容などによっても相手への好感度は変化する。より現実に近いシミュレーションを行うためには、これらをシミュレーションの設計に加えることが必要である。詳細な状況設定を用いた人工社会の構築が今後の課題である。

## 5 参考文献

- [1] 岡田章『ゲーム理論・入門 人間社会の理解のために』有斐閣アルマ,2012
- [2] 渡辺隆裕『ゼミナール ゲーム理論入門』日本経済新聞出版社,2012
- [3] 山影進『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,2013
- [4] 森平菜津子、佐伯胖『子どもの集団遊びにおける強調と対立の生成過程に関する一考察 ～マルチエージェント・シミュレーションによる分析～』  
<http://www.agulin.aoyama.ac.jp/mmd/library01/BD81036543/Body/ab40036543.html>
- [5] 佐伯胖、森平菜津子「子どもの仲間づくりの進化ゲーム論的分析」(佐伯胖、亀田達也『進化ゲームとその展開』共立出版,2003)
- [6] 鳥海不二夫、石井健一郎『学級集団形成における教師による介入の効果』  
電子情報通信学会論文誌 D Vol.J90-D No.9 pp2456-2464,2007
- [7] 宮田健『マルチエージェントシステムを用いた「世間」におけるいじめのシミュレーションモデル』  
九州工業大学 電子情報工学科 卒業論文 2009 年度
- [8] 宮田健『学級のいじめ問題に関するマルチエージェントシミュレーション』  
九州工業大学 情報システム専攻 電子情報工学分野 修士論文 2011 年度  
<http://mas.kke.co.jp/output/miyata149.pdf>

