

参加モデル
～人の集まりの盛衰～

東京大学大学院総合文化研究科博士課程

阪本 拓人 / 鈴木 一敏

1. はじめに

社会生活を送る中で、ある行動を取るかどうかの選択に迫られたとき、同じ行動に関する、周囲の人々の「出かた」を伺って決定を下すことは非常に多い。たとえば、大学の講義や教授会、または町内会などのように、「みんなが出ていたら自分も出席しないとマズイ」と思ったり、行列のできるラーメン屋、人でごった返すバーゲン会場やイベント会場を目の当たりにして、「これだけ人がいるのだから何か良いことがあるに決まっている」という思いに駆られたりするのは、日頃よく経験することである。逆に、閑散とした同窓会やお祭りに参加したり、客入りの悪いクラブやディスコに足を踏み入れようとする気はめったに起こらないだろうし、誰も止める人のいない街中の喧嘩にあえて割って入ることは、並外れた勇気を必要とするに違いない。もちろん、場合によっては、「みんながやっているから私はやめよう」という判断もありうる。人のいない静かなビーチでのんびりしたい、人のいない平日にスキー場に行きたいというのは、ビーチやスキーに向かう多くの人に共通した願いである。

私たちは、上に挙げたような日常生活の幾多の場面で、周囲の人々の「出かた」を伺って行動を決するが、これはとりもなおさず、他人も私たちの「出かた」を見て決定を下しているということでもある。このような状況で、人々はいかに行動を選択し、その集まりは全体としてどのような振る舞いを示すのだろうか、というのが、ここでの一般的な問題関心である。たとえば、大学の講義の受講者数やセミナーの参加者数はどのような「盛衰」を示すのだろうか。年々開かれる同窓会は長続きするのだろうか。ディスコやラーメン屋の流行り廃りはどのように起きるのだろうか。以下で紹介する ABS モデル「参加モデル」は、こうした広範な問題を扱うのに適した、ごく単純なマルチエージェント・シミュレーション・モデルである。

本稿の内容は概略以下のように展開する。まず、参加モデルの基本的な状況設定とルールを示した上で、モデルを構成するエージェントが従う、タイプの異なる 3 つの行動ルールを記述する。これらの行動ルールは、エージェントが周囲のエージェントの「出かた」を伺うときの、参照範囲の違いによって区別され、セミナーや同窓会の参加・不参加の決定を例に取るなら、全エージェントの参加状況を見る場合（「グローバルな判断」）、友人や身近な人々の参加状況を見る場合（「ローカルな判断」）、異性の参加状況を見る場合（「異性めあての判断」）の 3 つの場合に対応付けることができる。本稿の後半部では、こ

の 3 タイプのルールを順次適用したときの、参加モデルの試行結果を示し、各ルールのもとでのモデルの振る舞いの特徴を、相互に比較しながら、大掴みに描き出す。もちろん、このようにして示された結果は決して網羅的ではないし、エージェントの行動ルールやモデルの状況設定も、冒頭に挙げたような、現実の様々な局面のごく一部を表現しているに過ぎない。そこで、本稿の末尾に、参加モデルの他の試行方法やモデルそのものの拡張について、考えうるいくつかの方向性を簡単にまとめておく。

2. 「参加モデル」のルール

(1) 基本仕様

まず、参加モデルの基本的な状況設定とエージェントの行動選択の大まかな流れを簡単に描写しておこう。以下でみるように、参加モデルは、行動の選択肢が 2 つであり、かつ自らの行動選択が周囲のエージェントの過去の行動選択にのみ依存している状況であれば、広く適用できる一般的な構造を持っているが、さしあたっては、セミナーや同窓会、町内会のような一定の集まりに参加するかしないかについて、個々人が意思決定を迫られている状況を想定すると分かりやすい。

ディスプレイ上に映し出される参加モデルの画面構成は、次頁図 1 のとおりである。画面右側、二次元空間上に青の濃淡で示されているのがエージェントであり、モデルでは単に「ヒト」と呼ばれている。他方、ヒトが配置されている空間を「マップ」と呼ぶが、その解釈は、後述するエージェントの行動ルールによって大きく変わってくる。当面は、ヒトとヒトとの位置関係には特段の意味はなく、マップは、教室や同窓会の会場のような、ヒトが集まる場所を漠然と指し示していると考えて差し支えない。デフォルトの設定では、マップの大きさは縦 25 横 20、ヒトの数は 400 になっている。

さて、各ヒトは幾つかの属性で特徴付けられているが、そのうち最も重要なのが、0~1 の値をとる変数「閾値」である。これは、そのヒトの参加・不参加の分岐点となる、周囲の参加率を示している。この変数にも多様な解釈が成り立つが、セミナーや同窓会のように、「みんなが出るなら私も出よう（出ざるをえない）」という選好が広く成り立つ状況では、それはヒトの「腰の重さ」や「消極性」を示していると考えることができる。つまり、閾値が高ければ高いほど、そのヒトに参加を促すのに必要な周囲の参加率は高くなる。他方、閾値の低いヒトは、周囲にわずかな参加者がいれば、容易に参加を決断してしまう。

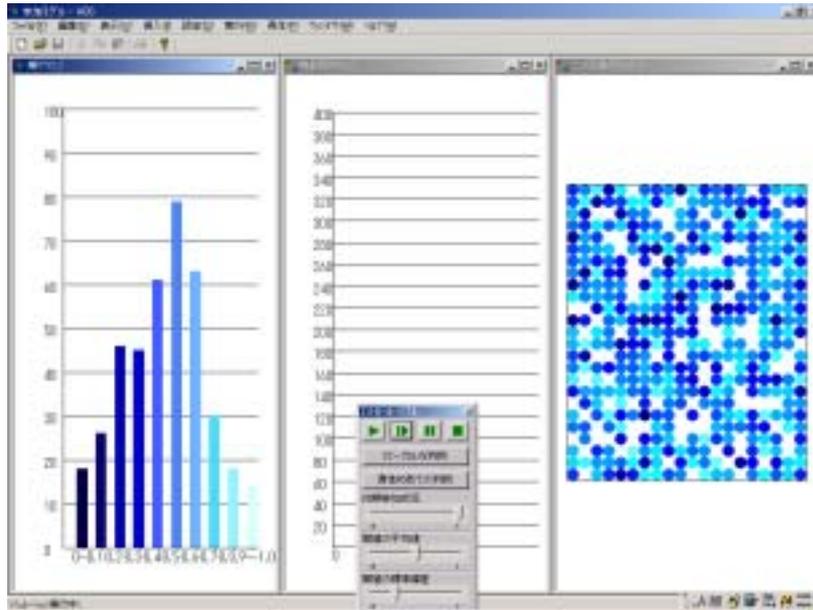


図 ABS「参加モデル」の画面構成

閾値には個人差があり、各ヒトがマップ上でとる色の濃淡がそれを示している。青色が濃くなれば濃くなるほど、そのヒトは会合の参加に積極的である。つまり、閾値は低い。逆に閾値が高く腰の重いヒトは、色が薄くなる。なお、ある時点で会合に参加していないヒトには、閾値の大小にかかわらず色がつかず、その時点におけるマップからは姿を消す仕組みになっている。

さらに、閾値の分布は正規乱数によって決定される。画面上では、左側のヒストグラムが閾値の分布を示す。デフォルトでは、閾値の分布の平均値は0.5（つまり、半数が参加すれば自分も参加する）その標準偏差は0.25に設定されているが、これらの値は、コントロールパネルの操作で変更することが可能である。つまり、参加モデルと同様の状況設定で、人々の集まりの盛衰を解析的に論じたトマス・シェリングの *Micromotives and Macrobehavior* のように、個々人の動機の分布と全体的な参加状況との関連の考察を、コンピュータ上でいわば実験的に進めていくこともできる。ただ、本稿での試行では、パラメータの連続的な変化ではなく、エージェントの行動ルールの質的な違いの影響を主な考察対象としたいため、閾値の分布はデフォルト設定のまま一定に保つことにする。

このような閾値で特徴付けられるヒトが従う行動ルールは、その概要において極めて単純である。その流れを簡単に追うと、以下ようになる。

シミュレーション開始とともに、ヒトはマップ上にランダムに配置される。この時点で各ヒトが会合に参加しているかどうかは、0~1の値をとる変数「初期出席状況」によって確率的に決定される。デフォルトでは、この変数値は「確率1での参加」を意味する1に設定されているが、コントロールパネルによって値を変化させることが可能である。

シミュレーション開始時を除いて、各ヒトが出席するか否かは、その閾値と、前回の会合における周囲の出席率との大小関係によって内生的に決まる。つまり、前回の出席率が閾値と等値かそれを上回る限り、そのヒトは会合に参加するが、それ以外の場合には、参加を見合わせることになる。

こうした「正規の行動選択」に加え、各ヒトは、1%の確率で不測の事態に直面したり、気まぐれを起こしたりする。つまり、ランダムなノイズによって、本来参加すべきヒトは不参加に、参加を見合わせるべきヒトは参加に、参加状況が変えられてしまう。

以上のような行動選択の流れにおいて問題になるのが、何をもって「周囲の出席率」と見なすかである。参加・不参加の決定に迫られたヒトにとって、「周囲」とはどのような範囲を指すのだろうか。それは、全てのセミナー参加者や同窓生、町の住民全員を指すのだろうか。あるいは、親しい友人や「お隣さん」のように、全メンバーのうち、そのヒトを取り巻くごく一部の人々に限られるのだろうか。それとも、全く別の基準で選ばれた特定の集団を指すのであろうか。以下に紹介する3タイプの異なる行動ルールは、「周囲」をめぐるこのような解釈の相違によって差異化される。

(2) 3タイプの行動ルール

グローバルな判断

デフォルトの設定では、参加・不参加をめぐるヒトの行動選択は、「グローバルな判断」に基づくことになっている。つまり、おのおののヒトは、マップ上に配置された400人のヒト全てを参照範囲とし、自らの閾値と、前回の会合における彼らの出席率との大小を比較することで、参加するか否かの決定を下す。たとえば、前回の会合に、400人中80人のヒトが参加していた場合、出席率の値0.2を上回る閾値を持つ全てのヒトは、今回の参加を見合わせる。この行動ルールは、セミナーや教授会、同窓会、地域やマンションの住民の集まりなど、潜在的な参加者の集団が比較的明瞭な場合に、ひとつの行動仮説として、直接的に適用することが可能である。ラーメン屋に並ぶ行列やディスコの客など、参加者集団が不定な場合には、別の解釈が必要となる。

ローカルな判断

場合によっては、マップ上に配置された全エージェントの「出かた」ではなく、自らを取り巻くごく一部の人々の「出かた」が、各ヒトの参加・不参加の判断を大きく左右する要因になるかもしれない。日和見的な学生は、講義やセミナーの出席にあたって、仲のよい友人の参加を前提条件にするかもしれない。同窓会の参加者にとっては、会全体の盛り上がりよりも、一部の懐かしい友人と旧交を温めることこそが会合参加の大きな動機となりうる。「近所の目」を気にする住民は、町内会全体の参加状況ではなく、もっぱら「お隣さん」の動向を気にかけるかもしれない。

参加モデルでは、このようなエージェントの行動パターンを、コントロールパネル上で「ローカルな判断」ルールをオンにすることによって導入することができる。このルールによれば、各ヒトは、参加・不参加の判断にあたって、マップ上で自らの周囲8近傍内に存在する人々の参加状況のみを参照基準とする。たとえば、あるヒトの周囲8近傍内に5人のヒトが存在し、そのうち2人が前回の会合に参加した場合、エージェント全体の参加状況によらず、周囲の参加率は0.4と計算され、そのヒトの閾値と比較されることになる。

したがって、このルールのもとでは、マップにおけるヒトとヒトとの位置関係が大きな意味を持つ。町内会やマンションの住民の集まりを例にとれば、マップ上におけるヒトの配置は、まさに家屋や部屋の配置そのものを表現していると言いうる。セミナーや同窓会などの例では、マップに、人間間の心理的な距離によって定義される空間という、より抽象的な解釈を与えることが可能である。デフォルトでは、25×20マスのマップに400のヒトがランダムに配置されている。後者の解釈に従えば、マップの大きさ・人数いずれかの値を変化させることで、様々な「密度」の人間関係を表現することができる。

異性めあての判断

コントロールパネルにおいて「異性めあての判断」をオンにすることで、前二者とはかなり性質の異なる行動ルールが導入される。このルールのもとでは、エージェントの集団は「男」「女」の二つのサブ・グループに分割され、各ヒトは、もっぱら異性の参加状況に注目して参加・不参加の断を下す。ディスコやクラブで刺激的な出会いを求める若者、ナンパ目的の学生、同窓会で目にするであろう女性の変貌振りに胸を躍らせる男などがよい例であるが、他の文脈での解釈も可能である。たとえば、若干の変更を加えれば、喫煙者を避ける非喫煙者の行動パターンも、ほぼ同じルールで記述することができる。

ヒト・エージェントの集まりを特定のサブ・グループに分割することで、論理的には実

に多様な行動ルールが可能になる。ここで紹介するルールは、そのほんの一例に過ぎない。それによれば、各ヒトは、前回の会合の「参加者全体に占める異性の比率」と自らの閾値とを比較することで、今回の会合に参加するかしないかを定める。たとえば、前回の会合の出席者のうち、「女」が占める割合は0.3であったとしよう。そのとき、閾値0.5の「男」は、この状況にひどく落胆し、今回の会合の出席を見合わせてしまう。

「異性めあての判断」をオンにすると、性別が「女」のヒトは、画面マップ上での表示色が変わり、その閾値にしたがって、黄色から赤のグラデーションで表現されるようになる。赤の要素が濃ければ濃いほど、会合参加への積極性が強く、閾値はそれだけ低くなる。逆に赤の要素が希薄で、黄色の要素が強くなれば、そのヒトの腰は重く、その閾値は高い値を示す。また、コントロールパネルで変数「女の閾値の平均」を操作することで、閾値の分布に男女差をつけることができる（男の方は、「閾値の平均値」で操作）。同様に、コントロールパネルで、全エージェントにおける「男女比」を変化させることも可能である。

3. モデルの比較：同窓会の例

以上に見てきたように、基本的な特性を共有していながらエージェントの参照範囲の違いによって、いくつものルールを考えることができる。多くの場合、他人の行動を見て自分の行動を決定するという基本的な特性さえ備えていれば、エージェントが参加または退出しようとする場の性質によって、何か適当なルールを考えることができるだろう。中には、一つの場合に対して、いくつもの適当なルールを考えることができるものもある。例えば「毎年開かれる同窓会への参加」では、上に挙げた 全体の参加率、友人の参加率、

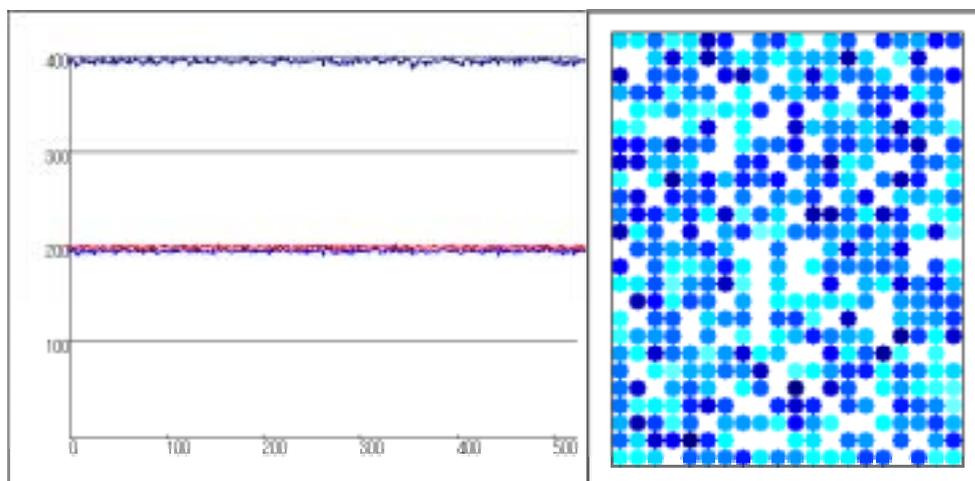
参加者に占める異性の割合、の全てがエージェントの参照範囲としてもっともらしいもののように思える。以下では、この同窓会の例を想定して、エージェントの参照範囲によって、同窓会の参加率はどのような変化を見せるのかを分析してみることにする。なお、潜在的な出席者は400人、エージェントの閾値の分布は分散0.25、平均0.5の正規分布曲線に近似する設定に固定してある。これらを一定に保つことによって、参照範囲の違いが結果にどのように影響するのかを明確に示すことができるだろう。今回は、「グローバルな判断」、「ローカルな判断」、「異性めあての判断」の3つのルールを適用し、さらにこれらについて、各エージェントの初回の参加確率を100%、50%、0%とした場合について分析する。初回の参加率が100%というのは、卒業式の後のパーティを初回にカウントした場合、50%は他の同窓生が参加するかどうか分からず当てずっぽうで初回の参加を決めた場合、

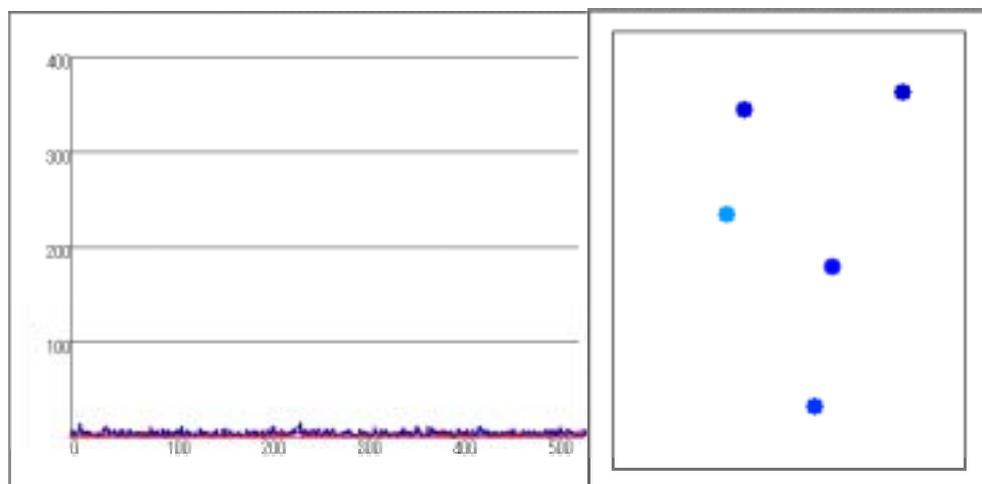
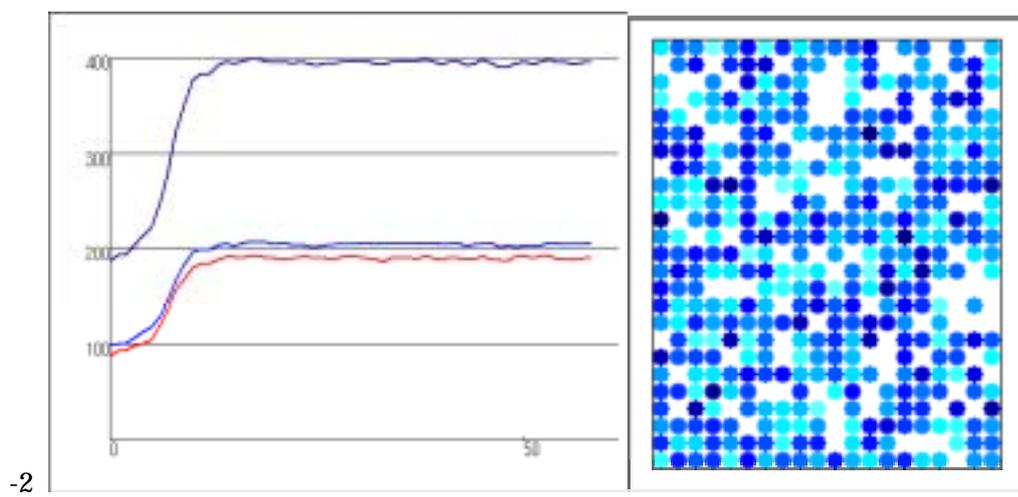
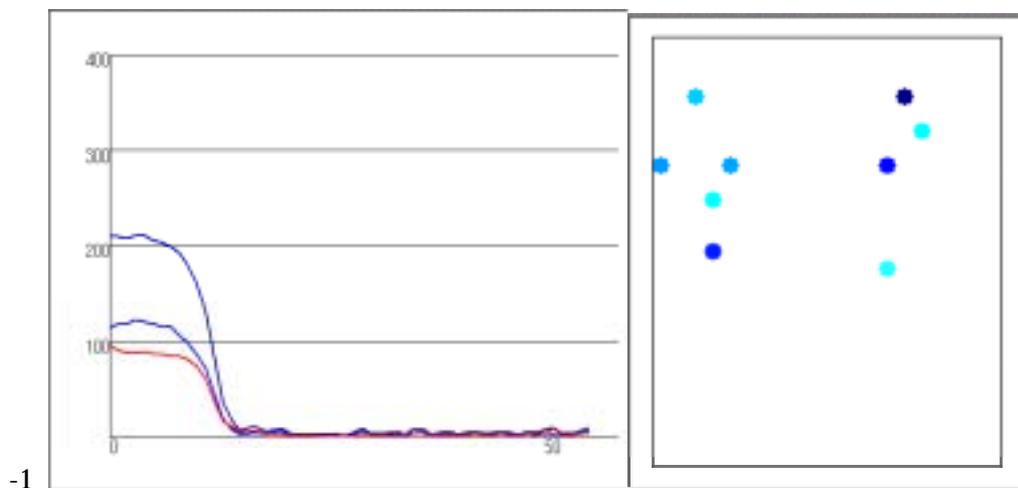
0%というのは卒業から数年後に同窓生の一部が新たに同窓会を企画した場合をそれぞれ思い浮かべていただきたい。参加者は一年のうちに友人や参加案内などから前回の参加情報を手に入れ、それを基準にして出欠を決めることとしよう。では、それぞれどのような結果が出たのかをまず見てみよう。

(1)前回の全体の参加率を考慮して同窓会に参加決定する場合(「グローバルな判断」)

ここでのエージェントは、前回の全体の出席率を参照して自らも出席するべきかどうかを決定する。「グローバル」ルールに従うと、初回の参加率が100%の場合(下図：右側は最終的な出席状況、左側は出席者数の推移を示している)、出席者が減らず、ほとんどのエージェントが参加を続けた。今回用いた閾値の分布の下ではこの結果は安定的で、何度試行しても同じ傾向が見られた。また、初回の参加率を0%とした場合(下図)、出席者はほとんど増加せず、同窓生はいつまで経っても集まらない。この結果も安定的であった。

これに対して、初回の出席率を50%とした場合(下図 -1、 -2)には、試行ごとに結果が異なった。エージェントごとの初回の参加率を50%としているため、実際の初回出席者数は200人前後となる。正規乱数として与えられる閾値の初期値の微妙な違いによって、その後の出席者は急速に増えたり、減ったりする。ただし、初回の出席率を60%、70%と上げてゆくと -2 の様に出席者が増加しやすくなり、逆に40%、30%と下げてゆくと -1 の様に出席者が減りやすくなる傾向があることも確認できるので、「グローバル」ルールの傾向としては、参加者がほとんどいなくなる、またはほとんど全員が参加する、の2つの結果に収束しやすいということが言えそうだ。





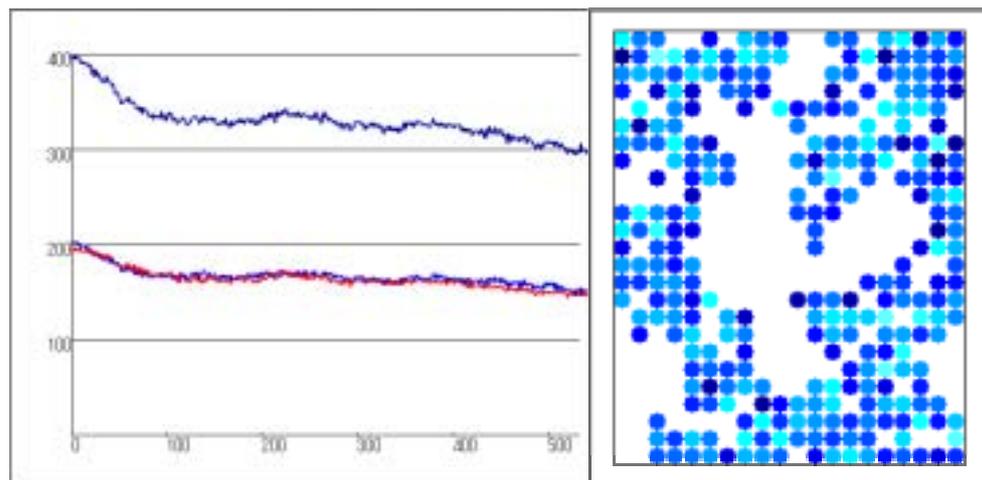
(2)仲の良い友人の前の参加率を考慮して参加を決定する場合(「ローカルな判断」)

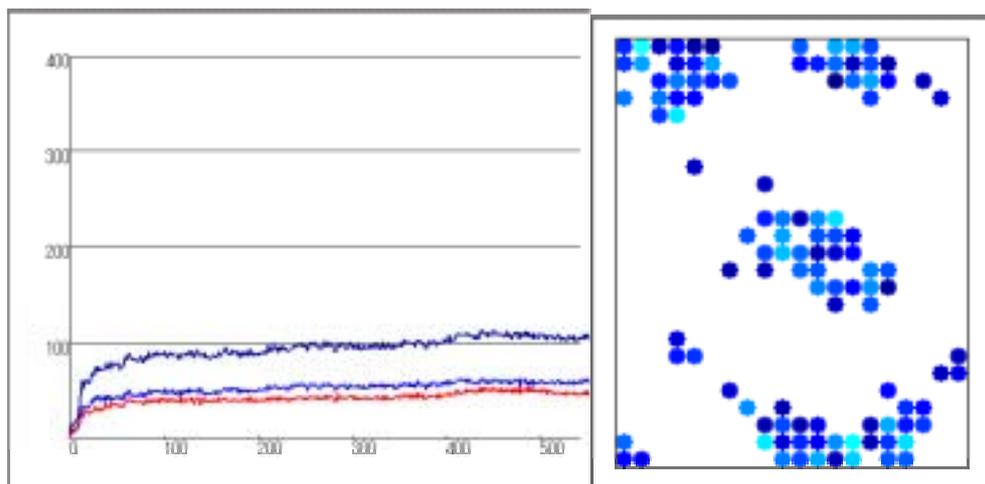
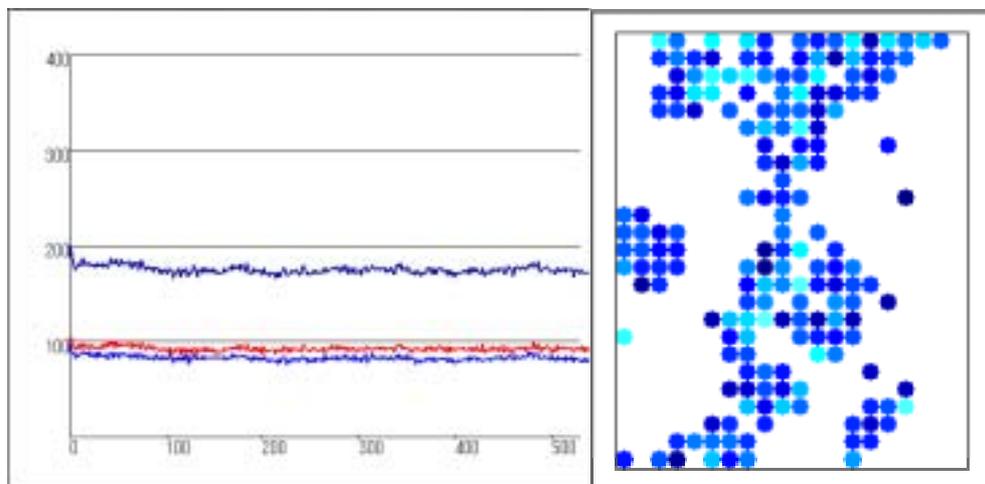
このルールにおいては、エージェントは仲の良い友人の参加率のみを参照して出欠を決定する。エージェントにとっての友人関係はマップ上の 8 近傍で表されており、マップ上のエージェントの密度は交友関係の広さに対応している。ここでは、 $20 \times 25 = 500$ の広さのマップに 400 のエージェントが配置されているので、一人のエージェントには平均して 8 近傍の内の 4/5、つまり 6.4 人の友人がいる計算になる。

初回の出席率が 100%の場合(下図)、参加者は徐々に減っていった。この際、マップでは欠席者の固まった部分と出席者の多い部分の偏りが生じているのが分かる。この虫食い状態は、「友達が行かないから自分も行かない」というエージェントの集まりによって引き起こされている。

逆に、出席率 0%から始めた場合には、参加するエージェントは徐々に増え続けた。たまたま参加した友人を見つけたエージェントが、会に定着するのがその原因のようである。

出席率 50%から始めた場合(下図)、出席者数はそのままあまり動かない傾向が見られた。それぞれの結果は安定的で、何度試行しても同じ傾向が見られる。このことから、「ローカル」ルールの下では、出席者が多いときには減り、少ないときには増えてゆく傾向があるものと考えられる。



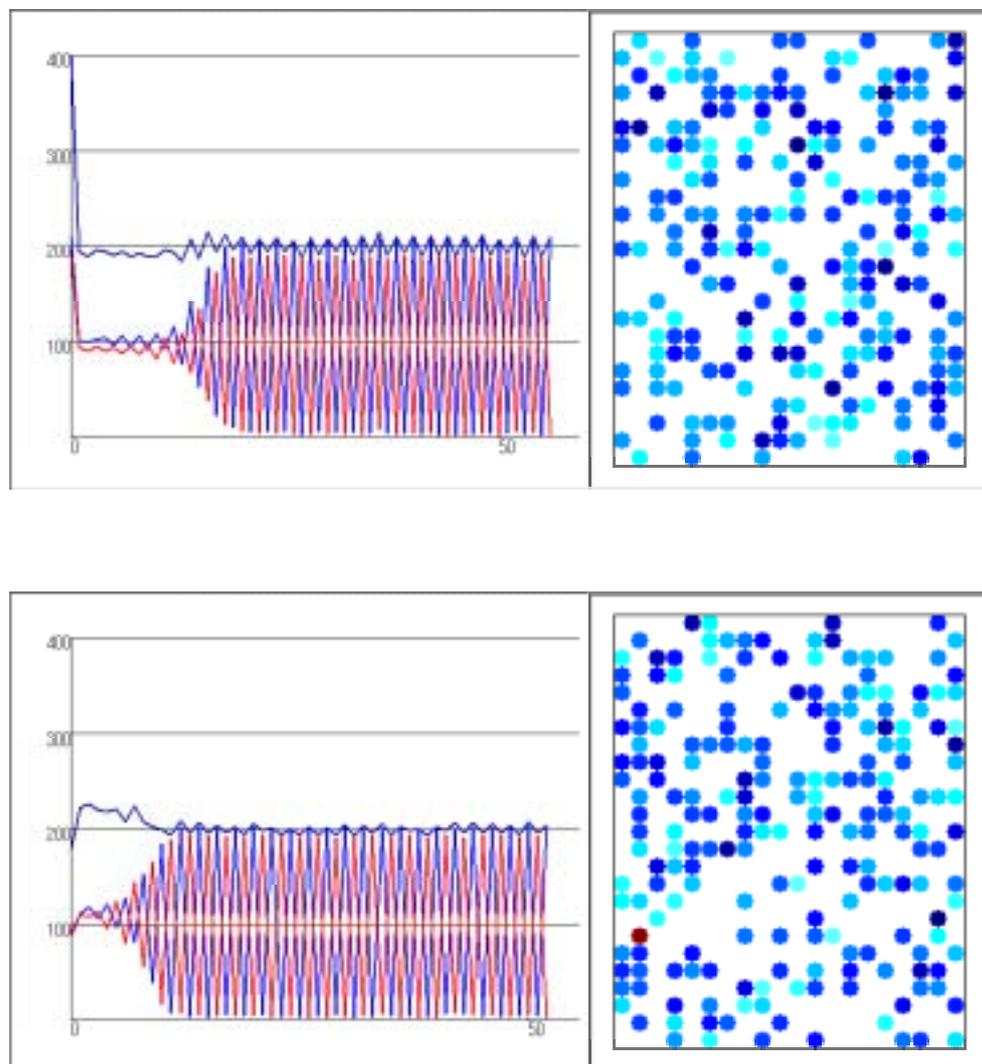


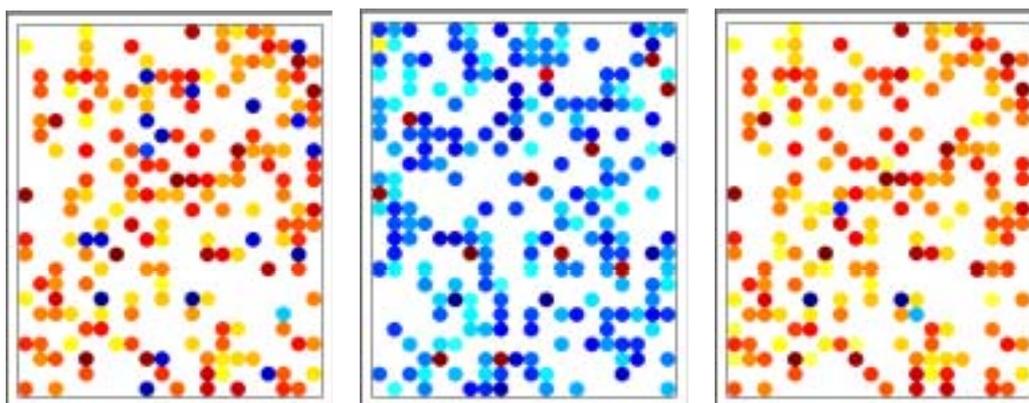
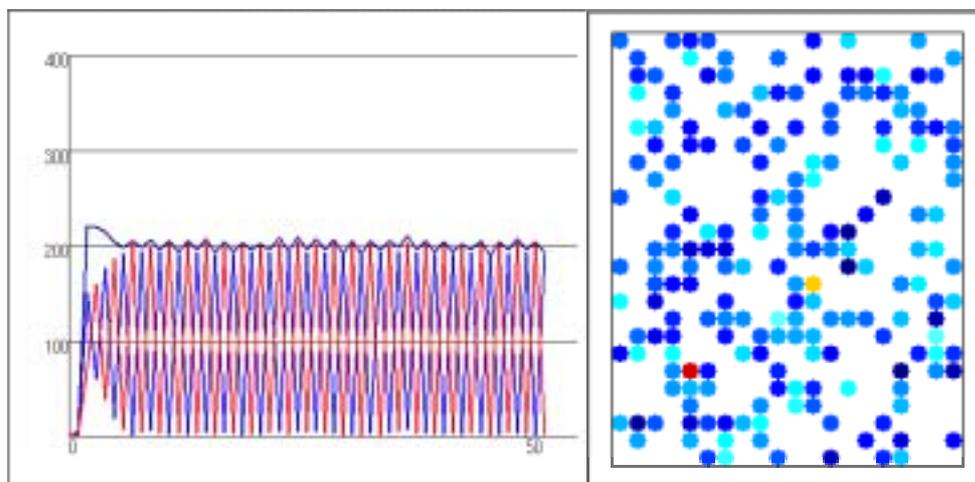
(3)前回の参加者に異性の占める率を考えて参加を決定する場合(「異性めあての判断」)

最後に、エージェントが前回出席者に占める異性の割合のみを参照して自らの出欠を決定する場合を見てみよう。エージェントは性別を持っており、マップ上では、片方のエージェントは青紫から水色のグラデーション、もう片方のエージェントは赤茶色から黄色のグラデーションで示されている。それぞれのエージェントの出席者数を表すのが左側のグラフの青と赤の線である。

この場合、初期の出席率をどのように設定してもほぼ同じ結果が見られる。(下図 、 、参照) ターン t において、 $t-1$ での女子の多さに目を引かれて男子エージェントが出席を

増やす。すると、ターン t では出席者に占める女子の割合が減るため、ターン $t+1$ で男子エージェントが出席するインセンティブが減り、同時に女子エージェントの出席するインセンティブは増す。その結果、ターン $t+1$ ではまた女子の割合が増える。このようなパターンが繰り返され、うねりが増幅されることで、ある会にはほとんど男子のみが集まり、次の会にはほとんど女子ばかりという状況が生まれる（下図 参照）。結局、このルールの下では、それぞれのエージェントが異性を求めているにもかかわらず、「男と女のすれ違い」が起きてしまう。





t-1

t

t+1

(4)まとめ

上に見た結果を下のようにまとめた。

各人の初期出席率	0%	50%	100%
グローバルな判断	0 付近に安定	0 か 100 へ収束	100 付近に安定
ローカルな判断	増加してゆく	あまり変化しない	減少してゆく
異性めあての判断	すれ違い	すれ違い	すれ違い

異性めあての場合には、少なくとも前回の参加率のみから判断する限り、すれ違いが避けられない。特に年に一度しか開かれないような同窓会では、前回の出席率が出席者の参照基準の中で大きな割合を占めると考えられるので、参加者が異性めあてである限り、ここでの結果のように両性の思惑とは裏腹に「すれ違い」が起きてしまう可能性が高い。

また、「グローバル」ルールと「ローカル」ルールの結果の比較からは、興味深いことが言える。「グローバル」ルールでは全ての同窓生の参加率を参照することから、「ローカル」ルールの「友人」の範囲を同窓生全体にまで広げたものと同じである。したがって、「グローバル」は浅く広い友人関係、「ローカル」は偏狭で濃密な友人関係を示すものと考えられることができる。初期出席率 0%(つまり各エージェントが全く出席していない状況)から会を立ち上げようとしたとき、友人関係は広ければ広いほど参加者は集まりにくいことが分かる。アムウェイや一部のカルト集団が会員獲得のために少人数のパーティーやセミナーを設けてある種独特の交友関係を築こうとするのは、それが会員を集めるために有効な戦略であるからかも知れない。

逆に、一旦参加してしまった個人(初期出席率 100%)を会に参加させ続けるためには、「グローバル」なルールの方が適しており、「ローカル」な友人関係は参加者を減少させる。したがって、ヤマギシ会などのカルト集団で一旦会員になって共同生活をおくっている信者の家族をバラバラに住ませたり、象徴的な教祖や教義をおき全体の一体感を強調することは、会員の連鎖的離脱を防ぐ上で有効な手段だと言えるだろう。

4. 結論

(1)まとめ

本稿では、他人の動向を見て参加するか否かの決断を下すエージェントに焦点を当てた「参加モデル」を紹介してきた。この参加モデルでは、各エージェントが決断を下す際に参照する範囲の違いから、いくつものバリエーションが考えられるが、ここでは特に、全体の参加状況を参照する「グローバルな判断」ルール、友人の参加状況を参照する「ローカルな判断」ルール、異性の参加率を参照する「異性めあての判断」ルールの 3 つを考え、それぞれのもとでエージェント全体の出席状況がどのような挙動を示すのかを比較した。その結果、それぞれのルールによって参加者の集まり方、減り方に特徴的な違いが見られた。

(2) 拡張

参加モデルには、ここに挙げた 3 つのルール以外にもいくつかのバリエーションが考えられる。こうしたバリエーションを考える上で、いくつか重要だと思われる点を以下に列挙する。

- 閾値の分布を変化させる: 今回は閾値の分布を一定に保ち参照範囲の影響を調べることに専念したが、閾値の分布を変えることが参加者の挙動を大きく変化させるのは明らかである。また、正規分布ばかりでなく、採りあげるケースによって様々な分布が想定できるだろう。たとえば、大学の授業では、授業に関心の高い学生と隙さえあれば休みたいと思っている学生の両極端に集中した閾値の分布が想定できるかも知れない。
- 割合と絶対数: エージェントの参照する対象が、割合の場合も考えられるし、参加している他のエージェントの数である場合も考えられる。たとえば、ガード下にある小さな店には、実際には大した人数が入っていなくても繁盛しているように見える。この場合は絶対数ではなくて席の数に対する割合が重要だろう。このように場合によってエージェントの参照する対象を選択する必要がある。
- 参加状況の情報伝達: エージェントが持つ周りの参加状況は重要な要素である。たとえば、前回欠席したエージェントが出欠を決めるときに、前回の他のエージェントの参加状況が分からない、とする事もできる。
- 過去の情報: どこまで昔の情報までさかのぼって参照するかも重要な点である。今回の「異性めあて」ルールでは、前回の結果のみを参照できるという条件であった。想定する状況が変われば、過去数回の出欠状況を参照できるというルールにした方が適切な場合もあるだろう。
- 外生的イベント: 外生的イベントを発生させて、参加または退出を促すためにはどうしたらいいのかをシミュレートすることも可能である。たとえば、定期的に特売を行うスーパー、開店日にサクラを使う店、講義などにおいて時々行われる小テストなどが、参加者の動向にどのように影響するのかを考えることができる。
- 現状維持の傾向: ヒトエージェントに現状維持の傾向を加えることも有効だろう。レストランの客を想定して、一旦来店した客はある特定の率でリピーターとなって周囲の参加状況に関わりなく特定の頻度で来店するようしたり、宗教など参加や退出のための心理的ハードルが高い場合にいったん入ったら抜けにくくすることもできる。

この他にも拡張の方法はあるだろうが、これだけでもかなり多くの状況をシミュレートすることができるだろう。

この「参加モデル」が想定している参加動機は、実際に考え得るエージェントの参加動機のうちの一部である。ここでは、その要素だけを取り出して、ヒトが他人の行動を基準に行動した場合、ヒトの集まりは全体としてどのような運命をたどってゆくのかを考察した。普通あるレストランを選んで入ろうとするのは、そこの料理がおいしそうだったり、雰囲気良かったり、立地が良かったりするからだ。しかし、その時の判断の一要素として「他の人がどうしているのか?」ということも重要である。実際、本稿での考察は、その一要素だけからでも特徴的な傾向が生まれうることを示しているのである。