

教育現場におけるエージェント・モデリング演習 —プログラミングだけでないプログラミングの講義—

和泉 潔, 米納 弘渡

現実社会では正解がない問題, 答えが一つとは限らない問題, 解法の指針がわからない問題が数多く存在する。実際に社会に出たとき, そういった問題に向き合うためには, 自ら考え仮説を立て検証する「仮説検証能力」が必要となる。本稿では, 仮説検証能力向上のアプローチとして, 社会現象を対象としたエージェントベースのモデリング&シミュレーションの技術を紹介する。実際に大学の演習講義で取り組んでいる内容をもとに, 現実社会では実験が難しい事象についてコンピュータを用いて検証を行う技術を解説する。

キーワード: エージェント・モデリング, グループ演習, 社会シミュレーション

1. なぜエージェント・モデリングなのか

エージェントベースの社会シミュレーション研究は1990年代から, 計算組織論や金融市場, 移動・交通などさまざまな社会経済現象について多くの成果をあげてきた。エージェントベースの社会シミュレーションモデルを構築する手法は今までにいくつか提案されてきた [1-4]。しかし, 興味ある社会現象をどうやってエージェント・モデルにするかということについて, 予備知識を前提としないモデル化手法の提案は少ない。そのため, 本分野に初めて取り組む人にとってハードルが高かった。そこで, 筆者らは学部学生を対象として, エージェント・シミュレーションのモデル化を実践的に学ぶ講義を行ってきた。本稿ではその講義内容を解説する。受講者は主に理工系の学生であったが, 一部社会科学系の学生も受講していた。

講義は105分×10回で行っており, 半分の約5回を使ってマルチエージェント・シミュレーションのプラットフォームである *artisoc* によるプログラミングをテキスト [5] で学ぶ, それと並行して5人ずつのグループで, 自分たちが決めた社会現象に関するモデル構築とシミュレーション・プログラム作成の演習を約5回行う (図1)。演習の最終回に, グループごとに作成したプログラムの実行結果と考察を発表する。講義の目的は, 現実社会では実験が難しい事象について, コンピュータを用いて検証を行う技術を身につけることである。それにより, 仮説検証能力向上のアプローチ



図1 グループワークによる演習の様子

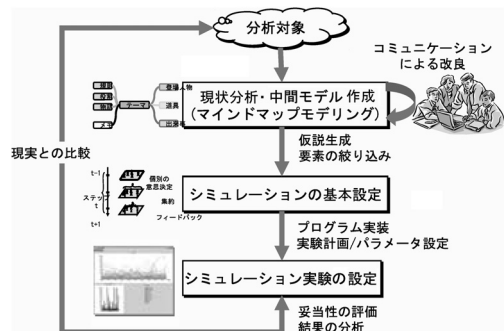


図2 モデリングの枠組み

チとして, 社会現象を対象としたモデリング&シミュレーションの技術を学ぶ。

2. エージェント・モデリングの枠組み

本講義で教えたエージェント・モデリングは図2の三つのステップよりなる。

①現象分析・中間モデル作成

最初に, 各グループで自分たちが分析する現実の社

いずみ きよし, よねのう ひろと
東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻
〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1
izumi@sys.t.u-tokyo.ac.jp

会現象を決め、グループ討論による要素抽出を行い、要素間の関係を可視化した中間モデルを作成する。

②シミュレーションの基本設計

次に、抽出した要素を分類・整理して、その現象がなぜ起きるのか、どういった条件や要素が重要であるかという仮説を立てながら、仮説を検証するためのシミュレーションモデルの基本設計を行う。この基本設計をもとに、社会現象を再現するエージェントシミュレーションのための計算機プログラムを作成する。

③シミュレーション実験の設定

最後に、自分たちの社会シミュレーションの結果のデータを分析して、社会経済現象のメカニズムを説明したり、予測・制御・設計を行う手法を検討する。次節以降で上述の三つのステップそれぞれの具体的な手続きを解説する。

3. 現象分析・中間モデル作成

現実の社会現象はさまざまな要素が複雑に絡み合っているため、どの要素が自分の分析目的に関係するか、分析の最初の段階ではわからない場合が多い。そこで、社会シミュレーションのプログラムとなる最終モデルを作成する前に、分析対象の社会現象に関わる現場の人々や、社会シミュレーション分析の結果を利用したい人たち、そして社会シミュレーションの研究者がお互いに議論して、少しでも関係のありそうな要素をできるだけ多く列挙して、その要素間の関係性を整理した中間モデルを最初に作成することが重要になる。

この講義では、中間モデル作成の方法の一つである、マインドマップモデリング [6] を用いた (図 3)。マインドマップとは、もともとある一つのテーマに関連する複数の概念間の関係を図にしておきやすく整理する発想支援のための表現方法である。表現したい概念から始めて、そこから放射状にキーワードやイメージを繋げていくことで発想を延ばしていく。通常のマインドマップをエージェント・モデル構築用に少し変更した形で利用する。最初の概念のすぐ次のキーワードは「登場人物」「道具」「出来事」の三つに限定したマインドマップを次の手順で作成する。

3.1 用語の切り出し

最初に、ニュースや書籍から分析対象となる社会現象に関連するさまざまな資料やデータを集めて、マインドマップでの要素となるような概念を表す用語を切り出す。たとえば、オンライン上のニュースサイトから「Twitter の炎上」に関する記事を図 4(a) のよ

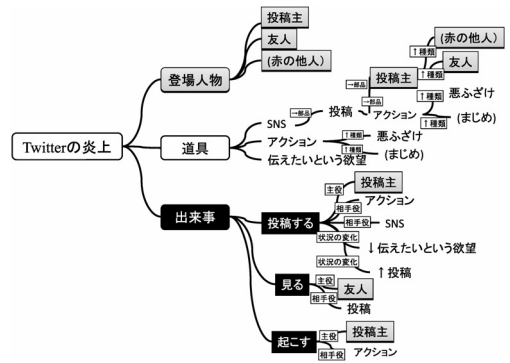


図 3 「Twitter の炎上」現象のマインドマップモデルの例

(a) 現象に関連する情報

- 職場の悪ふざけをSNSに投稿したことがある人は6.2%
- 何かアクションを起こしたら、誰かに「伝えたい」という欲望を抑えられず、約半数がネットへ投稿している
- 「実際にそのような友人の投稿を見たことがある人は32.2%もいるのに対して、「何かしらアクションを起こす人」は11%

出展: closet, <http://my-closet.jp/>, 2013年10月7日

(b) 用語の切り出し

(重要な主語、述語、目的語を抽出)

悪ふざけ, SNS, 投稿する, (投稿主), アクション, 伝えたいという欲望, 友人, 投稿, 見る, 起こす

(c) 用語の振り分け

(登場人物, 道具, 出来事に分類)

登場人物	道具	出来事
友人 (投稿主)	悪ふざけ SNS アクション 伝えたいという欲望 投稿	投稿する 見る 起こす

図 4 「Twitter の炎上」に関する現象分析の例

うに集めたとする。これらの文章から、重要そうな主語、述語、目的語を抽出する (図 4(b))。最初の文だと、悪ふざけを SNS に投稿するという行為に触れている。主語の投稿主は省略されているので、自分で追加した。このような手順をすべての文について行う。

3.2 用語の振り分け

次に、切り出した用語を登場人物、道具、出来事の 3 種類に振り分ける (図 4(c))。登場人物はある行動の主体である人や人に準じるものや概念を表す。先ほどの例では「投稿主」や「友人」などの主語が登場人物に分類される。道具は登場人物に操作される物や概念を表す。「悪ふざけ」「SNS」「アクション」などの目的語が道具に分類される。出来事は登場人物が行う行為を表す。先ほどの例では「投稿する」「見る」「起こす」といった述語が出来事に分類される。

3.3 マインドマップの作成

最後に、各概念間の関係を階層的に表現して図 3 のようなマインドマップモデルを作成する。マインドマップの登場人物、道具、出来事などの概念のすぐ後に、それぞれの用語を分類して繋げる。その後、マインドマップ上の要素と要素の間の関係を次の分類を用いて記述

していく。このように要素間の階層構造を明らかにして、マインドマップを発展させる。

- ・ **配役** 配役は、ある概念がほかの概念の具体例になっている関係である。たとえば「投稿主」という概念の具体例として「友人」という概念が関係する。
- ・ **種類** 種類は、ほかの概念に含まれる種類を表す概念となっている場合である。「投稿主」とアクションをした人が「友人」である場合と「赤の他人」の場合とでケースが違ってきそうなので、「投稿主」の種類として「友人」と「赤の他人」という概念を追加していく。「赤の他人」という概念は、もとのニュースから切り出した用語にはなかったが、分析しているうちに友人との対比で必要になったので自分で新たに概念をマインドマップに追加した。
- ・ **部品** 部品は、ほかの概念を構成する要素となっている場合である。たとえば「SNS」という概念の部品には「投稿」という行為が繋がる。さらに「投稿」という行為は、「投稿主」という登場人物と投稿内容である「アクション」という道具から構成される。
- ・ **主役** 主役は、登場人物の概念がある出来事の主語になっている関係である。たとえば投稿主があるアクションの内容を SNS に投稿するので、「投稿する」という出来事の主役は「投稿主」である。
- ・ **相手役** 相手役は、道具や登場人物の概念がある出来事の行為の対象となっている関係である。たとえば「投稿する」の相手役は「アクション」や「SNS」である。
- ・ **状況の変化** 状況の変化は、道具や登場人物の概念がある出来事の発生により、数や状態が変わる関係である。たとえば「投稿する」という出来事によって、投稿主の「伝えたいという欲望」が満たされて減少し、「投稿」という事実が増加するという状況の変化が起こる。

このように社会現象に関係するさまざまな概念をできるだけ広く集めて、概念同士の関係を大きな樹のような図にして整理していく。関係する人々とこの中間モデルを用いて議論し、不足している要素の追加や自分たちの関心ある要素の絞り込みを行う。

4. シミュレーションの基本設計

社会シミュレーションのプログラムを実装する前に、研究の仮説を決めてその検証に必要な要素の絞り込みとシミュレーションモデルの基本設計を行う。

4.1 仮説生成

最初に、マインドマップモデルを見て、分析する社

会現象の原因やメカニズムに関する仮説を考える。仮説とは、現象分析を通して、論理的または直感的に見えてきた着想や物事の見方のことである。仮説は、検証可能な具体的な内容でなければならず、使われる用語の定義も明確でなければならない。

先述の「Twitter の炎上」という社会現象について仮説を考えてみる。たとえば、学校の同窓会などリアルな友人だけのコミュニティーばかりでも、逆にお互いに顔を知らずネット上だけでのつきあいのコミュニティーばかりでも、Twitter の炎上が起こりそうにはない。その中間の、「ほどほどに繋がりが強く、ほどほどに外部にも開放的なコミュニティーが多い社会では、Twitter が炎上する確率が高い」という仮説が思いついたとする。これから、この仮説を検証するためのモデルを作る段階で、「繋がりが強い」「開放的」「炎上」の定義を明らかにしていく。

4.2 シミュレーション空間

仮説を検証するために、エージェントシミュレーションに必要な機能を、次の分類に従って決定していく。まず、社会シミュレーションが進行する世界全体、つまり空間に関する要件を考える。通常、社会現象が起こる世界は、2次元、3次元、あるいは高次元の物理空間や抽象的な空間を想定している。社会シミュレーションでよく使われる空間は、格子空間、ネットワーク空間、連続空間などの種類がある。「Twitter の炎上モデル」は、Twitter での繋がりを表す抽象的な空間での社会現象なので、ネットワーク空間を使う。シミュレーションのときに、この空間には、各エージェントが平均何人ぐらいと繋がっているか指定できる機能などが必要になる。

4.3 エージェントの内部変数

モデルの行動主体であるエージェントに関する要件を考える。マインドマップモデルの登場人物から、仮説検証に必要なとなる登場人物を複数選択して、それらをエージェントとする。各エージェントに関する要件は、エージェントの行動に関するもの、エージェント自身がもちうる状態に関するもの、エージェントがほかのエージェントや環境から受ける入力情報に関するもの、エージェントの行動などを決めるルール、そしてエージェントが自分の行動の価値を判断する基準に関するものがある。この要件項目は、マインドマップモデルの出来事や道具の組み合わせから決めていく。これらをモデルに含まれるエージェントごとに決めていく。

先の例で、Twitter を投稿する投稿主エージェント

を考えてみる。投稿主エージェントの行動に関する要件としては、自分自身のアクション、またはほかの人の投稿を引用して投稿する2種類の行動ができることが要件となる。他人を引用する場合には、拡散行動ができる。つまり、内容が赤の他人の悪ふざけだった場合には、一定の確率でネガティブな引用を付けて投稿できるようにする。仮説に関連する重要な要件として、投稿主エージェントは、最近自分がコミュニケーションを取った相手との関係性を記憶できて、そのうちリアルな友人がどれくらいの割合でいたかということ計算して、自分の状態変数としてもっていることができる。行動ルールとして、自分のコミュニケーション相手が友人ばかりであると気を許してしまって、自分自身の悪ふざけを投稿したり、友人の悪ふざけを引用したりする確率が高くなるようにする。

4.4 スケジューリング

シミュレーション全体の進み方、スケジューリングに関する要件を考える。多くの社会シミュレーションでは、モデルの中の時間は1ステップずつ不連続に進んでいく。シミュレーションの1ステップは、現実の1日や1週間、1カ月などに対応させる。各ステップの間に、各エージェントが自分の行動を決定するフェーズ、社会全体の状況を表す変数を計算する集約フェーズ、集計した状況が各エージェントに影響するフィードバックフェーズがある。Twitterの炎上モデルでは、個別の意思決定フェーズでマインドマップモデルの出来事であった「投稿する」という行動を行うようにする。

4.5 パラメータや制約条件の設定機能

次に、仮説検証のために、シミュレーション全体の条件をどのように設定することが必要か考える。たとえば、仮説にある「繋がり」の強さを表すために、フォロー/フォロワー関係にある人数を調整してシミュレーションを行うことが必要となる。同じように、仮説の「外部への開放性」を表すために、フォロー/フォロワー関係にある人のうち、友人と赤の他人の割合を調整できるようにする。

4.6 出力・統計値

最後に、シミュレーションの状況を表すために、どのような統計値を計算できるようにするか考える。たとえば、モデルでTwitterが炎上しているかどうかを見るために、社会ネットワークの中で、ネガティブな引用付き tweets を見た人の数を集計できるようにする。この統計値を出力して、Twitterの炎上度合いを調べられるようにする。

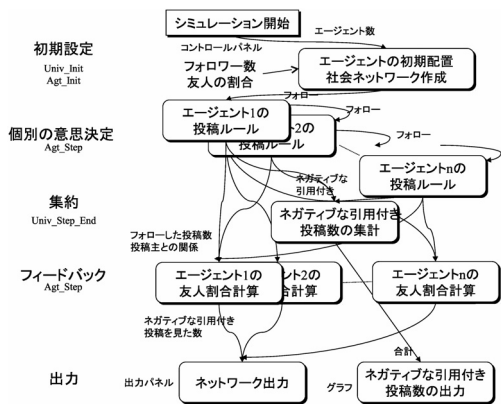


図5 Twitterの炎上シミュレーションのシステムフロー例

4.7 基本設計

このようにして、仮説検証のためのモデルに必要な要素とその機能を決めた後に、シミュレーションを実行するときの要素と要素の関係を決めて、シミュレーションプログラムの基本設計をする。

・システムフロー

シミュレーションの流れを表すために、システムフローと呼ばれる図を作成する(図5)。システムフローでは、マインドマップモデルでの出来事や出来事の集合が一つの箱になり、それがどのような順番で実行されるかを表す。そして、マインドマップモデルでの道具として出てきたデータや情報が、どの箱と箱との間で受け渡させるかを矢印で表す。Twitterの炎上の例では、シミュレーションの最初にTwitter上でのエージェント間の繋がりを表す社会ネットワーク空間を作成する。次に、シミュレーションの各ステップでは、各エージェントが投稿ルールを適用して投稿するかどうか、自分の行動を決定する。この投稿ルール間では、繋がっているエージェントへフォローした tweets の情報が受け渡される。全エージェントの投稿判断が終わった後に、このステップでの全体での炎上度合いを表す統計値として、ネガティブな引用付き投稿数を集計する。そして、各エージェントはこのステップでフォローした tweets 内容を新たに加えて、自分が最近コミュニケーションを取った相手のうちリアルな友人の割合を計算する。各ステップの最後に、全体状況などをグラフなどの形で出力する。

・行動ルールの詳細設計

このシステムフローのうち、エージェントの行動ルールをさらに詳細に設計する。たとえば、上記の例で各エージェントの投稿ルールを考える。各エージェントは各ステップに一定の確率で、自分のアクションを投

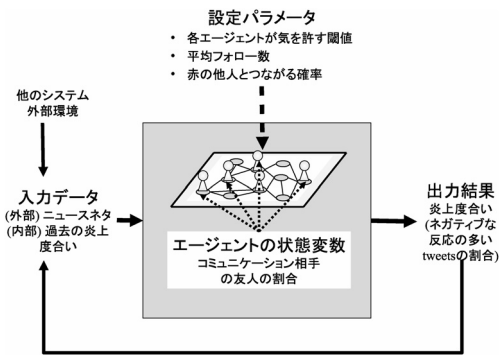


図 6 設定すべきデータの種類

稿するか、他人の投稿を引用して投稿するか決める。自分のアクションを投稿する場合は、自分のコミュニケーション相手が友人ばかりだと感じたときに、一定の確率で自分の悪ふざけをネタにして投稿する。ほかの人の投稿を引用する場合は、引用したい内容が赤の他人の悪ふざけだったら、一定の確率でネガティブな引用を付けて投稿する。

このような形で、事前にちゃんとプログラムの要素や設計をしておけば、シミュレーションプログラムの実装を楽に行うことができる。

5. シミュレーション実験の設定

このステップでは、すでに作成したシミュレーションプログラムに対して、仮説検証のために、どういった条件でシミュレーション実験を行うかを決める。

5.1 データの設定

シミュレーション実験を行う際に、値を設定すべきデータは以下のうち、入力データ・エージェントの内部変数の初期値・パラメータの3種類である(図6)。

・出力結果

通常、ユーザーがシミュレーションプログラムを実行すると、シミュレーションのステップごとに集計した統計値などのデータを、プログラムが結果として出力する。たとえば、Twitterの炎上モデルの場合は、各ステップでのネガティブな引用付き投稿の数が、炎上度合いという出力結果になる。

・入力データ

プログラムに与える一つ目のデータが、入力データになる。入力データには、内部データと外部データの2種類がある。内部データとは、モデル内部のルールによってシミュレーション中に自動的に決まる入力データのことで、大抵はシミュレーションプログラムの過去の出力結果が、新しいステップでの内部入力データ

になる。Twitterの炎上モデルの例だと、各エージェントが過去の1ステップや2ステップ前の炎上度合いを参照して、自分の行動を決めるルールをもっているとしたら、内部入力データは過去の炎上度合いになる。それに対して、外部データはモデルの対象外の外部の世界で決まる入力データである。たとえば、各エージェントは、炎上に繋がりそうな悪ふざけの話題以外にも、芸能ニュースとか政治ニュースなどのさまざまなニュースネタを日々受け取っているとす。そして、ほかのニュースネタの多さによって、悪ふざけネタの拡散の確率が変化するようなモデルも考えることができる。この場合、Twitter上の社会ネットワークの外部の世界でステップごとに発生して社会ネットワークに飛び込んでくるさまざまなニュースネタが外部入力データになる。

モデルでは決められない外部データにどのような値を与えるかには、主に3種類の決め方がある。出力結果が内部データからの影響が強く、外部データからの影響はあまりない場合は、外部データの値をランダムに決めることができる。ランダムに生成した複数の外部データを用意しておき、それぞれの外部データを入力したシミュレーションを複数回行って、それらの出力結果の平均などを分析する。出力結果が外部から受ける影響が強く、外部データが一定の値で比較的安定しているときは、外部データをユーザーが人工的に決めたいいくつかの値に固定する。たとえば、悪ふざけ以外のさまざまなニュースネタが多い時期と少ない時期で炎上度合いを比較したいならば、ニュースネタの数を多く固定した入力データと、数を少なく固定した入力データの2種類でそれぞれシミュレーションを行う。最後に、外部データが時間とともに大きく変化し、その変化がシミュレーションの出力結果に影響する場合は、現実世界で得られる時系列データをモデルに入力する。たとえば、週末や月の終わりにはさまざまなニュースネタが世の中に多くなることがあれば、実際のニュース記事などを調べた統計値を使って、現実と同じように時間変化するニュースネタの数を入力してシミュレーションを行う。

・エージェントの内部変数の初期値

モデルに与えるデータの二つ目は、エージェントの状態変数の初期値である。状態変数とは、各エージェントがもっている自分の状態を表す変数のことである。シミュレーションの最初に初期値を与えたら、後はモデルの内部ルールによって自動的に状態変数の値は変化していく。Twitterの炎上モデルの場合では、状態

変数は各エージェントがコミュニケーションをとる相手のうち、友人または赤の他人の割合になる。

状態変数の初期値の決め方も3通りある。初期値が出力結果に与える影響が小さい場合は、ランダムに生成した複数の初期値を使ってシミュレーションを行って、出力結果の平均などを分析する。友人または赤の他人ばかりと繋がった状態からスタートしたらどうなるか調べたいなど、特定の初期状態からの結果を見たいのであれば、固定した初期値を与えたシミュレーションを行う。三つ目は状態変数の初期値に現実世界の状態を反映させたい場合である。もし各個人の状態変数が現実世界で観測できるものであれば、現実のデータを初期値に反映させる。しかし、状態変数は各個人の内面に関する内容で、現実世界では観測することが難しいことがよくある。その場合は、状態変数の値に関連して現実世界でも観測できるデータを用いて、そのデータに近づくような状態変数の値をシミュレーションの前にあらかじめ計算する。その計算結果を、シミュレーションでの状態変数の初期値として用いてシミュレーションを行う。

・設定パラメータ

パラメータとは、モデルの内部のエージェントや環境に関するルールや動きを決定する係数のことになる。Twitterの炎上モデルの例では、各エージェントが自分のコミュニケーション相手のうちどれくらいの割合以上が友人であると、気を許すかという閾値がパラメータになる。ほかにも、各エージェントが平均何人をフォローするかという値や、赤の他人と繋がる確率もパラメータになる。

パラメータの値の主な決め方も3種類ある。最初に、出力結果が一番望ましい値がはっきりしている場合は、さまざまなパラメータの値を用意してシミュレーションを行い、一番望ましい結果が得られたパラメータの値を用いる方法がある。次に、たとえばすぐに友人が多いと思って気を許す人が多い場合となかなか気を許さない場合での炎上率を比較したいなど、固定したパラメータの値を与えてシミュレーションを行う場合もある。最後に、心理実験やアンケート調査などにより、現実世界で人は自分がコミュニケーション相手のうちの友人の割合がどれくらい以上だと、ほぼ全員友人であると錯覚するのかという現実の閾値を調べて、それを使う場合もある。

・データ設定の例

Twitterの炎上モデルを例に、入力、状態変数の初期値、設定パラメータの3種類のデータとそれらをど

表1 Twitterの炎上の例の実験設定

他人との繋がり	平均フォロー数	
	多い	少ない
大きい	条件1	条件2
小さい	条件3	条件4

のように決めるか説明する。まず、外部入力データは、たとえば、悪ふざけ以外の投稿内容になりそうなさまざまなニュースネタが考えられる。月や曜日によってニュースネタの数に変動パターンがありそうなので、過去のニュース記事などを調べて実際のニュースネタの変動を反映したデータをシミュレーションに使う。次に、状態変数は各エージェントがコミュニケーションを行う相手のうちの友人の割合が考えられる。十分な長さのシミュレーションを行えば、初期値が炎上率に与える影響は少ないと思われるので、ランダムに決めた初期値からシミュレーションをスタートするようにする。最後に、設定パラメータには図6の三つが考えられる。これらのパラメータの値は、今回の検証したい仮説に関連するので、いくつかの固定した値を用意して、シミュレーションを行う。

5.2 仮説検証のための実験条件の設定

具体的にどのように設定したシミュレーション条件を用意して、シミュレーション実験を行うのかを次に説明する。さきほどの三つのパラメータのうち、「繋がりが強く、外部にも開放的なコミュニティが多い社会では、Twitterが炎上する確率が高い」という仮説と直接関係するのは、平均フォロー数と赤の他人と繋がる確率の二つになる。そこで、この二つのパラメータの値をユーザーが決めた値に固定し、その組み合わせによってシミュレーション実験の条件を決める(表1)。

たとえば、一つ目の実験条件は、フォロー数が多く、他人との繋がりが確率が大きいという組み合わせの設定でシミュレーションを行う。同様にして、この二つのパラメータの値を変えた組み合わせをそれぞれの条件として、これらの実験条件で得られた炎上率を比較する。もとの仮説が支持されるのは、フォロー数と他人との繋がりが確率の両方がある程度大きい場合のみ、炎上率が高くなる結果が得られた場合になる。たとえば、これら二つのパラメータの値のどちらか一方だけが大きいときでも炎上率が高くなってしまったら、この仮説は間違っていたことになる。

より発展的な分析として、自分のコミュニケーション相手のうちリアルな友人が一定の閾値以上だと、気を許して自分の悪ふざけを投稿するというルールの閾

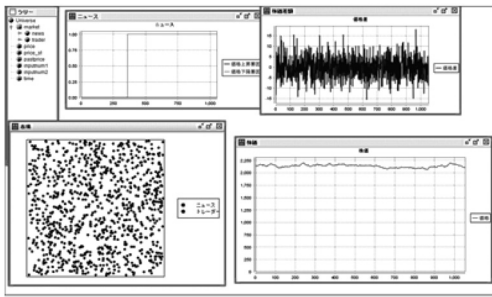


図7 会社情報の伝播と株価シミュレーション

値を変えた分析を行うことができる。たとえば、閾値が大きい場合は仮説が支持されないが、小さい閾値だと仮説が支持されるなどの結果が得られることも考えられる。

5.3 シミュレーション結果の考察と現実との対応

今まで説明した方法で設定した条件でシミュレーション実験を行い、得られた結果を分析して、自分たちの仮説が正しかったかどうか検証する。仮説が支持された場合でも、支持されなかった場合でも、シミュレーション結果を現実の現象と比較して、結果が妥当かどうか考察をする。仮説が支持された場合には、たとえばほかにも関係のありそうな要素がないかどうか、シミュレーションで見られたような状況が現実にもあるかどうか考えることができる。仮説が支持されなかった場合は、仮説に何か条件が足りなかったのかどうか、モデルに考慮すべき要素が抜けていなかったのか、などと考えることができる。このようにして、シミュレーション実験の後の、結果分析や現実との比較を行い、新たな発見をしていくことが社会シミュレーションの大きな目的になる。

6. シミュレーションの具体例

講義の最終日に、各グループが構築したシミュレーションモデルと分析結果を発表する。実際に今までにグループワークで作ってきた社会シミュレーションの例を紹介する。

最初に、前節まで解説した Twitter の炎上モデルを応用した、会社情報の伝播と株価シミュレーションを紹介する(図7)。左下のウィンドウは Twitter などメディアとする情報空間を表し、各点が市場参加者エー

ジェントである。Twitter の炎上と同様のメカニズムで、ある会社の良いニュースや悪いニュースがエージェント間で広まっていく。ニュースに触れたエージェントが株式を売買して、右下のウィンドウにあるように株価が変動する。また、ショッピングモール内の回遊行動シミュレーションで、店舗の配置と混雑度合いの関係を調べたグループもあった。ほかにも、原始社会の村づくりシミュレーションで森の密度や成長スピードなどの環境要因によって一緒に住む住民の人数、つまり村のサイズが変わることを調べたグループもあった。このシミュレーションにより、定住型の大規模な村ができる環境条件や、定期的に移住する小規模なグループができる環境を分析した。

7. まとめ

本稿では、エージェント・シミュレーションの初心者向けに、興味ある社会現象をエージェント・モデルに落とし込み、シミュレーション実験で仮説検証を行うまでの一つの手法を紹介した。仮説検証能力は、学術研究分野において重要な基礎であり、モデリング&シミュレーションの考え方は、今後研究活動を始めるにあたり効果的な事前学習となる。この授業を通して、社会経済現象に関するデータを解析しモデルを構築する工学的手法を学ぶことを目指す。さらに、「答えのない問題を解く力」を身につけ「研究の基礎的な流れ」も身につけることができる。

参考文献

- [1] N. Gilbert and K. G. Troitzsch, *Simulation for the Social Scientist*, Open University Press, 2005.
- [2] M. J. North and C. M. Macal, "Product design patterns for agent-based modeling," In *Proceedings of the Winter Simulation Conference. WSC '11*, pp. 3087–3098, 2011.
- [3] M. Richiardi, R. Leombruni, N. J. Saam and M. Sonnens, "A common protocol for agent-based social simulation," *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, **9**, p. 15, 2006.
- [4] G. Zacharias, J. MacMillan and S. Van Hemel (eds), *Behavioral Modeling and Simulation: From Individuals to Societies*, National Academies Press, 2008.
- [5] 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, 2010.
- [6] 浅海智晴, 『マインドマップではじめるモデリング講座』, 翔泳社, 2008.