

教室における人工社会構築

- 教育手法としてのマルチエージェント・シミュレーション -

Teaching Artificial Society Modeling with Agent-Based Simulation Methodology

光辻克馬 (東京大学特任研究員)

<要旨>

本稿は、人工社会構築という社会現象についての新たな研究技法を、高度なプログラミング経験をもたない受講者に教育する手法について、その意義、具体的実施方法や成果を報告するものである。人工社会構築は、マルチエージェント・シミュレーションという技法を基盤としている。この技法は近年さまざまな分野で活用されつつあり、社会現象の研究においても有効かつ有望である。

シミュレーション・ソフトウェア *artisoc* およびそれに基づいた解説書『人工社会構築指南』を利用することにより、高度なプログラミングを経験したことのない受講者にも、容易に短期間で楽しく、この技法を習得させることが可能である。*artisoc* は習得が容易であるだけでなく、モデル構築における自由度も高い。受講者は、マルチエージェント・シミュレーションという新規な技法を理解し、それぞれの着想に基づいた独創的な人工社会を構築する技能を身につけることができる。

Multi-agent (agent-based) simulation is now being introduced in various academic fields, including physics, biology, engineering, economics, sociology and political science. Modeling the object as a system of many agents is very feasible for an inquiry into society, which is composed of individuals and groups. We can obtain new understanding of social phenomenon by building virtual social interactions in our personal computers. The “artificial society” approach is very useful and promising methodology.

In this paper we report our experience of teaching this methodology to students who has little experience of computer programming. A simulation software *artisoc* is one which is developed for social scientists and do not require the users to have knowledge of programming languages. Learning it is neither difficult nor complicated even for non-programmers and the guidebook of it enables them to master it in a very short period. As *artisoc* permits us various types of modeling, students can build their own “artificial societies” as they want. Modeling their own virtual society lead them to new understanding of society.

1. はじめに

本稿は、人工社会構築という社会現象についての新たな研究技法の教育手法について、これまでの経験にもとづき報告するものである¹。人工社会構築という技法は、マルチエージェント・シミュレーションを基礎とした新たな研究技法であり、

社会問題を理解し、その解決方法をさぐるうえで、非常に有益なものである。いくつかの大学で教育経験にもとづき、この研究技法を、高度なプログラミングを経験したことのない受講者（以下、プログラミング未経験者）に習得させる意義、具体的実施方法、期待できる成果について報告する。第2節および第3節において、基盤となっているマルチエージェント・シミュレーションおよび人工社会構築という研究技法について説明を行い、第4節および第5節において、教育手法としての活用の仕方やその成果について論じることとする。

¹ 本研究は科研費(20243011)の助成を受けたものである。本稿で報告している教育の経験は、おもに東京大学教養学部および東京大学大学院総合文化研究科における山影進教官による人工社会構築についての演習への筆者のティーチングアシスタントとしての参画の経験によるものである。ティーチングアシスタントとしては、他に鈴木一敏(広島大学准教授)、阪本拓人(東京大学助教)、湯川拓(科研費特別研究員)が協力してきた。本稿の文責は全て光辻にある。ほかに東洋大学、学習院大学、構造計画研究所での筆者の教育経験にもとづいている。

2. マルチエージェント・シミュレーション

個人用計算機 (PC) の処理能力向上により、現在のわれわれは、以前では考えられなかったほど高度な計算能力を個々人のレベルで手軽に利用できるようになってきている。マルチエージェント・シミュレーションは、その計算能力を利用した新たなシミュレーション技法である。PC の計算処理能力が今後も上昇するにともない、さらなる展開が期待される発展途上の技法である。

マルチエージェント・シミュレーションで構築されるモデルの特徴は、エージェントベース (agent-based) あるいはボトムアップ (bottom-up) といった言葉に集約される。モデルのなかの系は、たくさんのエージェントで構成されている。それらのエージェントは、粒子、分子、生物、ヒト、企業や組織、あるいは国家などを模することとなる。モデル作成者は、これらのエージェントに、それぞれの状況でどういう選択し行動するのかを「行動ルール」という形で与える。エージェントはこの行動ルールに従って行動する。エージェントは互いの行動によって影響を与えあい、相互作用が引き起こされることになる。そして、そこに現れる系のふるまいを観察するという形でシミュレーションは進められる。

個々のエージェントの持つ行動ルールが非常にたわいもない単純なものであっても、その相互作用から生み出される系のふるまいは、しばしば観察者やモデル作成者にとって「意外」なものである。ここで生じる意外さにはさまざまなものがある。思っていたより複雑であったり、直観に反する (しかし論理的な) 新たな知見を与えるものであったりすることもあれば、単純なルールであるにも関わらず、現実世界に存在するものにそっくりなものが生じる意外さであることもある。あるエージェントの行動によって、他のエージェントのおかれた状況は変化し行動も変化する。その行動の変化は、さらに他のエージェントにとっての状況の変化を生み出すことになる。そのため、エージェントの行動が単純で明確に決定されたものであっても、その行動の相互作用によって生み出される系のふるまいは、複雑で予想できないものとなるのである。

実は、このような方法が発想されたのは、決して

で最近のことではない。ジョン・ホートン・コンウェイのライフゲーム (Conway's game of life) やトーマス・シェリングの分居モデル (segregation model) など、発想自体は 1960 年代後半には登場していた²。マルチエージェント・シミュレーションにおける系は多くのエージェントで構成されており、膨大な計算を必要とする。しかし、彼らの用いることのできた計算処理能力は微々たるものにすぎず³、当時は非常に単純なルールそして非常に限られた数のエージェントで構成された系しか、表現することが出来なかった。近年の PC 計算処理能力の飛躍的向上により、われわれ、つまり個々の研究者や学生にも、十分な大きさと適度な複雑さをもった系を構築し、そこから有益な知見を得る可能性が開かれたのである。

3. 人工社会構築と artisoc シリーズ

マルチエージェント・シミュレーションという技法を用いて社会現象を分析するのが人工社会という研究技法である。社会は、多くのヒト、組織、団体に構成された系であり、これらの要素の相互作用こそが社会現象である。マルチエージェント・シミュレーションは社会の分析に非常に適した研究技法なのである⁴。

エージェントを、社会を構成する要素 (ヒト、組織、団体) に見立て、それらのエージェントの状況に応じた「行動ルール」を考える。そして、初期状態を与えて行動させてやれば、そこに相互作用が発生し、系のふるまいが生じる。このように、われわれは個々のエージェントの意図 (micro-motives) だけを基盤として、社会の集合

² コンウェイのライフゲームは、セル・オートマトンといわれるシミュレーションモデルの一種として位置づけられる。セル・オートマトン (を構成するセル) は空間に敷き詰められて動かないという特徴をもち、エージェントが空間のなかを移動する (しなくても構わない) マルチエージェント・シミュレーション・モデルとはその点で異なる印象を与える。しかし原理的には同じものであり、セル・オートマトンは、広い意味でのマルチエージェント・シミュレーションに包含される。

³ コンウェイもシェリングも発想当時はコンピュータすら使用しておらず、サイコロや手作業でモデルを動かしていたと言われる。文献 (1) を参照のこと。

⁴ 始まったばかりではあるが、社会科学の分野でのマルチエージェント・シミュレーションの適用、つまり人工社会という技法は確実に成長している。文献 (3) から (9) および (12) から (17) を参照のこと。

的動向 (macro-behavior) を発生させることができる。この技法の特徴が、「ボトムアップ」という言葉に集約される所以である。しかし、マルチエージェント・シミュレーションの特徴としてすでに述べたように、エージェント、つまりこの場合はヒト、組織や団体、の相互作用からは、多くの場合、複雑で予想をこえた系のふるまいが生じる。個々人の意図が明らかであっても、その相互作用として起こる集合的現象は決して自明ではなく、私たちはそこから社会現象についての多くの知見を得ることができるのである。

人工社会という研究手法が普及するうえでのひとつの大きな障壁は、コンピュータ・プログラミングが必要とされるという点にある。マルチエージェント・シミュレーションのためのソフトウェアの多くは、C 言語や JAVA といったプログラミング言語の習得を要求しており、まず、エージェントに思ったとおりの「行動ルール」を与えるという作業が容易とはいえず、この研究手法にとりくむ際の敷居を高くしている。そのうえ、モデルを構築するにあたっては、エージェントに「行動ルール」を与えるだけでは十分ではない。モデルの枠組みや試行の出力過程を準備し、ルールの実行順序を管理することが要求される。これらの要求は、プログラミングの未経験者にとって、実際にも心理的にも、非常に高い障壁となるため、この技法はプログラミングが得意な一部の研究者のみの市場となる傾向がある。

この障壁を克服するひとつの方法は、エージェントに与えることのできる「行動ルール」を最初から限定してしまうことである。そうすれば、難解なプログラミングに苦しむことなく、エージェントを行動させることができる。しかし、この方法では、当然のことながらエージェントの行動のレパートリイは限られたものになり、構築することができるモデルが最初から制約されることになる。多くの場合、実際に社会現象の研究に用いるには不十分なものとならざるを得ない。プログラミング自体をたださせないということによって、この技法への障壁を克服しようとすることは、構築できるモデルの範囲や可能性を狭める結果となるのである。

人工社会構築という研究手法が、社会現象の研究に広く用いられるようになるためには、高度な

プログラミング技能を要求することなく、もう一方で研究目的に使用するのに堪えうるレベルの表現の自由度、速さ、使い勝手の良さを備えたソフトウェアが必要なのである。東京大学山影研究グループ（国際関係論専攻の研究者群）と構造計画研究所によって開発が進められてきた *artisoc* シリーズは、これらの要求に答えることを目指しているソフトウェアである⁵。

その特徴の第一は、モデルの枠組みや出力過程の準備、ルールの実行順序の管理など、エージェントの「行動ルール」以外の煩雑な部分については、ほぼ完全にソフトウェアに任せることができる点にある。簡単な設定を選ぶだけでモデルの枠組みや出力過程を準備することができ、モデル作成者は、エージェントに「行動ルール」を付与することに集中できる。第二の特徴は、「行動ルール」を与える際には、Visual Basic を基にした非常に簡易な文法に従ってルールを記述することができる点である。その際、社会的相互作用を表現するためのさまざまな表現も用意されており、モデル作成者は、社会におけるヒト、組織、団体の行動をほぼ思ったとおりに書くことができる。第三に、作成したモデルの試行過程の出力が非常に簡単なので、モデルの試行過程を見ながら、行動ルールのリライトを行い、再び試行過程の出力を見るといったかたちで、作業を極めてスムーズに行うことができるという点である。これらの利点から、表現の自由度と使い勝手の良さが両立された社会科学研究に非常に適したソフトウェアとなっている。そして、第四の特徴は、プログラミングを経験したことがない研究者や学生にとっての学習環境が整っている点である。この点については、次節で論じることとする。

artisoc は、2006 年からは製品版がリリースされ、現在も新たなバージョンへの更新が続けられている⁶。その機能は社会現象の研究に用いるにも十分であり、山影研究グループが属する国際関係論分

⁵ *artisoc* は科研費学術創成プロジェクト「マルチエージェント・シミュレータによる社会秩序変動の研究」の一貫として開発された。研究上の開発趣旨については文献 11 を参照のこと。その後の研究の展開については、山影研究室のサイト<<http://citrus.c.u-tokyo.ac.jp/>>を参照のこと。*artisoc* について、およびその後の展開については、構造計画研究所の MAS コミュニティのサイト<<http://mas.kke.co.jp/>>を参照のこと。

⁶ 現在の最新版は 2011 年にリリースされた第 3 版になる。構造計画研究所の MAS コミュニティのサイト<<http://mas.kke.co.jp/>>に詳細がある。

野では、*artisoc* を用いた研究が、主要学会誌（『国際政治』）や主要学会（日本国際政治学会）に発表されている。また、毎年3月にはこのソフトウェアを用いたモデルのコンペが開催されており、工学、経営学、経済学、政治学など幅広い分野での研究やモデルが発表されており、その汎用性が証明されている⁷。

4. 教育の実施要領

artisoc シリーズは、高度なプログラミング技能を持たない研究者や学生が、自由に社会現象についてのマルチエージェント・モデル、つまり人工社会、を構築するために作られたソフトウェアである。そのため、当初から *artisoc* を用いた教育の実施が想定されていた。良い人工社会モデルを構築するのに必要なのは、プログラミング技能そのものではなく、社会についての鋭いあるいは深い理解である。高度で煩雑なプログラミングの必要性という障壁を取り除き、多くのプログラミング未経験者にこの技法を習得してもらうことが *artisoc* シリーズ開発の際の趣旨なのである⁸。

そのため、ソフトウェア *artisoc* の開発と並行するかたちで、その開発途中のソフトウェアを用いて、教育が試みられてきた。受講者は主に国際関係論を専攻する学生および大学院生で、ほとんどプログラミングの経験はなかった。この教育の経験に基づき、プログラミング未経験者が人工社会モデルの構築技法を学ぶために開発された解説書（教科書）が『人工社会構築指南』である⁹。教育の場での経験は、ソフトウェア開発にフィードバックされただけでなく、『構築指南』の内容にも反映されている。当初からプログラミング未経験者による使用が想定され、ソフトウェア開発と並行して、教育のための環境整備がすすめられてきた点は *artisoc* シリーズの大きな特徴である。2007年からは、東京大学教養学部1・2年生を対象とし

た人工社会構築の演習が開講されており、好評を博している¹⁰。もちろん高度なプログラミング技能を身につけている学生が参加することもあり、彼らは大きな困難もなく、*artisoc* の使い方を習得していく。しかし、高度なプログラミング技能をもっていることが、最終的に良い人工社会モデルを作れることを意味しているわけではない。社会についての理解と新鮮な発想を組み合わせることにより、プログラミングの経験を持たない研究者や学生にも、興味深い人工社会を創発させることは十分に可能である。人工社会構築という門戸は可能な限り開かれておくべきである。管見の限りではあるが、広島大学、筑波大学、関西大学、社会事業大学などでも *artisoc* および『人工社会構築指南』を用いた授業が始まっており、これからより多くの学生がこの技法を経験する機会をもつことが期待される。

以下では、プログラミングについての経験がない受講者にこの技法を教育してきた経験をまとめておく¹¹。人工社会構築という技法を取得するには、受講者自身が実際にさまざまなモデルを構築する経験を積んでいくのが最も効率が良い。「做うことで慣れる」がその精神であり、『人工社会構築指南』はその方針で編集されている。受講者は、自分で作成したモデルが動くのを目にして達成感を得て、学習意欲を維持することができる。そのため、一回の講義（90分）で、かならずモデルを完成するところまで経験させることが肝要である。実際には、一回の講義のなかで、2〜3個のモデルを完成させることが可能で、受講者は講義全体では20個前後のモデルを作成することになる。

前述したように、人工社会モデルにおいては、エージェント間の相互作用のありかたが最も重要な要素となる。エージェントが、他のエージェントの存在や行動との関係のなかで、どのような行動を選択していくのかという点が社会全体の系のふるまいを決定するのである。受講者に、エージェント間の相互作用を表現する方法を習得させる

⁷ コンペでは、非公開を条件に企業による *artisoc* を用いた研究発表も行われており、実務でも利用可能な水準となっている。

⁸ 教育を行っているなかでは、高度なプログラミング技能をもった受講生もおり、彼らの感想をきくと、プログラミング技能を備えた者にとっても、使いやすく、ちょっと思いついたことをモデル化するのに優れているとのことである。

⁹ 文献10参照。文献11はその英語版である。

¹⁰ 毎年80人前後の学生が受講しており、授業アンケートでの評価も良好で科目全体の平均を常に上回っている。ちなみに文系理系の比率は、毎年ほぼ半々である。

¹¹ 東京大学での一学期間（毎週1回90分）を利用しての演習の実施がここでの記述のベースとなっているが、構造計画研究所で毎年3月に行っているチュートリアルは内容を圧縮して4時間で行っている。経験的には、枝葉をのぞくことで、人工社会構築の技能は、半日で習得させることが可能である。

のが最大の目標であり、多くの時間をそこにさく必要がある。幸い *artisoc* は、モデルの枠組み、出力過程、インターフェースの準備などを学ぶことに必要な時間や労力が少ないため、多くの時間をこの相互作用の表現方法習得に用いることができる。

エージェント間の相互作用を表現するためには、他のエージェントの存在を認識させ、それに従ってエージェントを行動させる必要がある。そのために *artisoc* では、「エージェント集合型変数」と名付けられているエージェントの集合を格納する機能をもつ変数を用いて表現する。受講者の第一目標は、エージェント集合型の変数の操作方法を習得することとなる。実は、エージェント集合の使い方を会得するのはさほど困難ではなく、経験的には、ごく初期の段階で教えることが可能である。この表現方法を学ぶことで、実はシェリングの分居モデルを再現することが可能であり、受講者にモデル構築の達成感やその系のふるまいの面白さを体感してもらうことができる。

しかし、エージェント同士により本格的な相互作用をさせるためには、エージェントが他のエージェントの存在することを認識するだけでは不十分である。自分が認識したエージェント集合のなかに含まれる個々のエージェントを識別し、それらのエージェントのもつ属性に影響をうける、あるいは影響をあたえるという、より「踏み込んだ」相互作用を表現する必要がある。そのために、「エージェント型変数」と名付けられている個々のエージェントを格納する機能をもつ変数の操作方法を学ぶことが目標となる。経験的には、この部分については、モデル作りに十分な経験を積ませてから教えるのが適切である。プログラミング未経験者にとっては、一番難しく感じる部分であり、十分な時間をかける必要がある¹²。しかし、受講者が自分なりの人工社会モデルを構築するときには必ず必要となる表現方法なので、習得することが必須となる部分である。講義では、「踏み込んだ」相互作用に焦点を絞ったモデルだけでも5種類のモデルを受講者に作成させている。

エージェント集合型変数、およびエージェント型変数の操作方法を習得すれば、エージェント間

の相互作用を表現する上での基礎はできたと言ってよい。むしろ、学んだほうが望ましいことは他にも多くあるが、それはむしろ自分なりの人工社会モデルを構築しながら学ぶほうが効率的である。『構築指南』は独習も可能なように編集されている。モデルを構築しながら、必要となった表現方法を習得していけばよいのである。

5. 教育の成果

マルチエージェント・シミュレーションもその一角をになう複雑系研究では、モデルの系が、予想外の意外なふるまいを見せることを「創発 (emergence)」と名付けている。多くの学生が実際にモデルを作成しその設定をいじるなかで、教室で、あるいはモデルのなかで、この「創発現象」を経験することができる。

コンウェイのライフゲーム (Conway's Game of Life) を作成してもらう回がある。ライフゲームはそのルールが極めて単純であるにも関わらず、生き物のようなふるまいを見せることで有名なモデルである¹³。モデルのなかを生きているセルが移動する「グライダー」と呼ばれる系のふるまいがある。ライフゲームを実際に作成して試行してみると分かるが、この「グライダー」は比較的創発しやすい現象で、講義のなかでも完成したライフゲームを何度か試行していると見る／見せることが可能である。極めて単純なルールのみで、移動する生き物もどきが発生する現象を体感できることは、受講者にとって非常に興味深い体験となる。ライフゲームはその初期状態により、さまざまなふるまいをすることになる。講義中に作成するライフゲームでは、初期状態は無作為に決定している。20×20のセルで構成される非常に小さいものであるが、そのパターンは2の400乗あることになり、モデルを試行する毎にその初期状態は無作為に決定されるので、同じ初期状態をみることは事実上ない、といえる。講義のなかで、ときに驚くようなふるまいを発見することがある。筆者の経験でも、受講者の試行において、8ステップ毎に元の状態に戻る上下左右対称の幾何学模様

¹² 注9のなかで紹介した4時間で行うチュートリアルでも参加者が急に難しくなったと感じるのがこの部分である。

¹³ ライフゲームについての解説は、さまざまどころにあるので、ここでは省略する。

が偶然発生したことがあり、非常に印象的であった。

エージェント間の非対称な相互作用を学ぶ回では、被命令者と命令者の関係を人工社会のなかで表現する。『構築指南』では、気ままに歩こうとする園児と一定方向に歩かせようとする先生の関係としてモデル化される。実際に人工社会のなかで、園児と先生を再現してみると、園児を思った方向に歩かせることは容易ではなく、非常に多数の先生を投入しないと園児が好き勝手に動き回ってしまうことが分かる。ところが、園児に「周囲の他の園児の大多数（たとえば、80%）が命令に従っているときには同調する」という行動ルールを導入するだけで、系のふるまいは劇的な変化を見せる。園児に同調する（それも非常に限られた状況でのみ同調する）という行動を覚えさせるだけで、園児を思った方向に歩かせるために必要な先生の数はごくわずかで済むようになるのが分かるのである。命令や強制による社会秩序がいかにコストの高いもので、規範や同調による社会秩序がいかに効率的であるかということ、コンピュータのなかの小さな疑似社会のなかで体験することができるのである。現実を試そうとすると困難な思考実験を簡単に行い、その結果を体感できるのが、人工社会構築という技法の面白いところである。

食物連鎖を模した生態系のモデルを作成し、産む、あるいは殺す（食べる）という究極的に「踏み込んだ」エージェント間の相互作用を学ぶ回がある。生態系のモデルはテーマとしても非常に人気のあるもので、このモデルの改造を試みる学生は非常に多い¹⁴。解析的に表現された生態系と異なり、空間的要素の加わった、より現実に近い生態系は、実はとても不安定なものである。捕食者もしくは被捕食者が系のどこかで過剰に増加してしまい、バランスを崩した生態系はどちらかの種が絶滅する（多くの場合、捕食者）ことになる。このコンピュータのなかの生態系の不安定さの「解決」に取り組む学生がしばしば現れる。系の

さまざまなパラメータを調整することで安定化させることが可能であり、今までもいくつかのパラメータ案が受講者によって提案されてきた。なかなか増殖しにくい生物や空間を極めて高速で移動する生物の導入で系が安定するといった意外な解決方法が発見されることもあり、試行と偶然によって発見される系の安定条件は興味深いものである。なかには思わぬ方法で系を安定化させる学生もおり、捕食者に「縄張り」をもたせ、自分の縄張りのなかに入った他の捕食者を殺す、というルールを入れるだけで、系が極めて安定した状態になるということを受講者が発見したのは驚きであった。

実質2ヶ月ほどの講義を履修することにより、学生に自分なりの人工社会モデルを構築しうだけの技能を身につけさせることが可能である。最終的な成果として、受講者に自分なりの人工社会のモデルを構築することを課すと、多くの興味深いモデルが提出される。過去の講義において比較的多くの受講者が提出する傾向のあるモデルを挙げてみよう¹⁵。

分子や粒子、天体などが物理的に運動しあるいは化学的に反応するモデルが構築される。生物の種類を増やしたり、生物自体が進化したり共生関係が導入されたり、人間の存在が環境に影響を与えたりと、さまざまに工夫された生態系のモデルが構築される。建物構内、道路や交差点といった混雑状況で、あるいは災害からの避難のために移動する歩行者のモデルが構築される。鬼ごっこやサッカーといった子どもが遊ぶモデルが構築される。噂や口コミで商品等の情報が、あるいは病気が伝播する流行現象を表現したモデルも構築される。教室内のいじめ関係や男女の恋愛求婚関係を模した人間の社会学的関係のモデルも構築される。学園祭や商店街、株式市場や金融市場、あるいはもっと抽象的なレベルの市場を再現したモデルも構築される。居住地や商業地の立地が変動する都市形成のモデルが構築される。選挙や指導者の支持率の変動、デモや暴動といった政治現象のモデルが構築される。人間集団が衝突し殺し合う

¹⁴ 受講者の意欲を駆り立てるのが、2007年の構造計画所MASコンペ（第7回）において佳作を受賞した研究「絶滅危惧種を守れ！」の存在である。本研究は、絶滅危惧種となっている捕食者を絶滅から救うために、逆に捕食者の餌である被捕食者を保護するという方法を提案している。捕食者（絶滅危惧種）が入れない被捕食者にとっての聖域（サンクチュアリ）を設定することが、生態系を安定させ結果として捕食者を救うことになるということ、マルチエージェント・シミュレーションを用いて示したのである。当時発表者は高校生であった。

¹⁵ 受講者の関心に従って自由にテーマを決めてもらっており、とくに社会現象のみに限定していないので、以下では自然現象のモデルも含まれている。挙げているのは、結果として多くの学生が作成する傾向のある人気のテーマである。実際には、独創性に富む「一点もの」のモデルも数多い。

戦闘あるいは戦争のモデルが構築される。

このように、受講者はそれぞれの関心に応じ、さまざまな人工社会モデルを構築する。受講者の多くはプログラミングについては未経験者である。artisoc を用いた講義により、それらの受講者が短期間で人工社会モデルを構築する十分な技能を修得しうることや、artisoc を用いて構築することができるモデルは非常に幅広く、その自由度がきわめて高いことが分かるだろう。

6. おわりに

artisoc は、プログラミング未経験者に、ごくわずかな時間で習得し、自由にモデルを構築することを可能にするために開発されたソフトウェアである。受講者は、数回の講義を受ければ、エージェント間の相互作用を表現する技能を身につけ、自分の発想にもとづいて「人工社会」モデルを作ることができる。受講者は、その技能を用いて、自分なりの人工社会を構築するなかで、社会についての新たな知見を得ることが可能となる。とくに社会を構成する要素であるヒト、組織、団体のもつ意図 (micro-motives) とそれらの相互作用から生じる社会全体の系のふるまい (macro-behavior) の関係の複雑さを体感し、社会についての新たな理解を得ることができる。また、現在発展途上にあり、さまざまな分野での適用が進んでいるマルチエージェント・シミュレーションを習得すること自体も重要な意味をもつことになるだろう。

参考文献

- (1) T.C.Schelling: *Micromotives and Macrobehavior*, Norton (1978)
- (2) Mitchel Resnick: *Turtles, Termites, and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*, The MIT Press (1994)
- (3) J.M.Epstein and R.Axtell: *Growing Artificial Societies*, The MIT Press (1996) (服部正太、木村香代子訳: 人工社会: 複雑系とマルチエージェント・シミュレーション、共立出版 (1999))
- (4) Paul Krugman: *The Self-Organizing Economy*, Wiley Blackwell (1996) (北村行伸、妹尾美起訳: 自己組織化の経済学: 経済秩序はいかに創発するか、東洋経済新報社 (1999))
- (5) Robert Axelrod: *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton University Press (1997) (寺野隆雄訳: 対立と協調の科学: エージェント・ベース・モデルによる複雑系の解明、ダイヤモンド社 (2003))
- (6) Lars-Erik Cederman: *Emergent Actors in World Politics: How States and Nations Develop and Dissolve*, Princeton University Press (1997)
- (7) 山影進、服部正太編: *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*、共立出版 (2002)
- (8) 今福啓: 「マルチエージェントシステムによる人工社会の創発: コンピュータシミュレーションによる検証」*情報科学研究*、第 21 号、pp.41-51 (2003)
- (9) 山本和也: 「国際政治学のシミュレーション: 歴史と展望」*東洋文化研究所紀要* (東京大学) 144 冊、pp.391-432 (2003)
- (10) 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 (2007)
- (11) Susumu Yamakage: *Modeling and Expanding Artificial Societies: Introduction to Multi-Agent Simulation with artisoc*, KOZO KEIKAKU Engineering (2009)
- (12) 山影進: 「社会科学とマルチエージェント・シミュレーション: シミュレータ開発と事例提供の課題」、*情報科学* (札幌学院大学)、第 27 号、pp.1-9 (2007)
- (13) 山本和也: *ネイションの複雑性: ナショナルリズム研究の新地平*、書籍工房早山 (2008)
- (14) 中井豊: *熱狂するシステム*、ミネルヴァ書房 (2009)
- (15) 光辻克馬、山影進: 「国際政治における実証分析とマルチエージェント・シミュレーションの架橋: 国際社会の基本的規範の交代をめぐって」*国際政治*、155 号、pp.18-40 (2009)
- (16) 兼田敏之編: *artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション: 原理・方法論から安全・賑わい空間のデザイン・マネジメントまで*、書籍工房早山 (2010)
- (17) 阪本拓人: *領域統治の統合と分裂: 北東アフリカ諸国を事例とするマルチエージェント・シミュレーション分析*、書籍工房早山 (2011)