

マルチエージェントシミュレーション：ABS

服部 正太，木村 香代子

1. はじめに

このたびは、「マルチエージェントシミュレーションシステム：ABS システム」に対して、学会より第 21 回事例研究賞を授与していただき、まことにありがとうございます。この ABS システム (Agent Based Simulation System) は、相互に関係性を保持しながら場を形成するエージェントをシミュレーションすることにより、社会事象の説明や理解を深める目的で開発されたシミュレータです。特にプログラミングの素養を持たない社会科学研究者でも、比較的簡単にシミュレーションモデルが構築できることを目的としております[1, 4]。

2. システム開発の経緯

構造計画研究所では、1996 年以来、米国サンタフェ研究所のプロジェクトに参画し、当時注目を集めていた Swarm に注目し、このシステムを利用しながら、シミュレーションモデルの構築を行ってきました。しかしながら開発環境が複雑なこと、日本語が表示できないなどの制約があり新しいシステムの構築を模索しておりました。1998 年通産省および情報処理振興協会の支援を受けて、「マルチエージェントモデルによる社会シミュレーションシステムの開発および普及事業」として開発するとともに、実際の研究現場で活用されながら実験を進めるという方針で、国際大学 GLOCOM (公文所長) と共同で、東京大学総合文化研究所山影教授、同東洋文化研究所田中教授、同経済学研究科高橋教授、新宅助教授らの協力の下、大学院および学部授業で利用しながらシステムの改善を進め、2000 年春に完成しました。最近の一年間は、システムの普及につとめ、米国ブルッキングス研究所の教授

はっとり しょうた、きむら かよこ
(株)構造計画研究所
〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13

による人工社会セミナーなどの啓発活動に努めるとともに、大学、研究機関に無償で貸し出し、研究の一環として利用されることを期待しております。現在、このシステムを利用いただいている大学研究機関は 60 校に至っております。また本年 6 月には、各大学の成果を集めて第一回マルチエージェントシミュレーションコンペティションを開催しました[2, 3]。

3. システムの概要

それでは本システムの概要を使用される重要な用語の定義、システムの機能順に説明します。

3.1 用語の定義

エージェント：一定の動作ルールに基づき、自分および他への作用を及ぼす構成物をさします。エージェント内に所属するエージェント (内部エージェント) も定義できます。

マルチエージェント：複数個存在する同種のエージェントの集合をさします。

変数：エージェントがその構成要素として持ち、他のエージェントから作用を受け変動する値のセットです。

空間：エージェントもしくは変数が位置する場の定義をいいます。

コンポーネント：エージェント、変数、空間を総称しこのように名づけます。

内部コンポーネント：エージェントまたは空間の直下にあるコンポーネントを名づけます。

新規コンポーネント：属性の設定されていないコンポーネントをさします。新規変数、新規エージェント、新規空間などがあります。

モデル：ユーザが構築しようとしているコンポーネント集合をさします。

ワールドエージェント：最上位の特殊エージェントをさします。ワールドエージェントの中に様々なコンポーネントを定義することにより、モデルが定義され

ます。

ツールボックスエージェント：ユーザーの操作性を向上させるためにコンポーネントを格納している特殊エージェントをさします。

ステップ：シミュレーションを実行する動作単位をさします。

エージェントルール：エージェントが動作するための記述をいいます。

ループ：本システムにより、同様のシミュレーションを自動的に繰り返し実行することをいいます。

3.2 システムの提供する機能

以上の用語の定義のもとで、以下の5つの機能をシステムは提供します。それらは、A モデル設定機能、Bシミュレーション設定機能、Cシミュレーション実行機能、Dシミュレーションエンジン機能、およびE分野別シミュレーション機能です。

A. モデル設定機能では、新規ジョブデータ作成とジョブデータのジョブファイルへの入出力、ジョブデータにおけるコンポーネント定義データ、エージェントルールデータの編集をジョブ設定画面にて行う機能を提供します。ジョブ管理機能とは、初期設定値データを入力とし初期化されたジョブデータを生成し、コンポーネント定義データにワールドエージェントおよびツールボックスエージェントを加えたジョブデータを新規に生成する機能を提供するものです。モデル編集機能やシミュレーション設定機能で編集されたジョブデータをジョブファイルに保存する機能を提供しま

す。モデル編集機能では、ユーザーによるジョブ設定画面からの編集操作により、ジョブ管理機能において生成されたジョブデータに編集操作の反映を行う機能を提供します。

B. シミュレーション設定機能ではジョブデータを読み込み、ジョブ設定画面にてユーザー操作により編集された結果をジョブデータに出力する機能を提供します。具体的には、初期値設定機能や実行環境設定の編集機能、あるいは出力設定編集の機能などがあります。特に出力としては、時系列グラフ、棒グラフあるいは二次元表示マップなどが提供されます。さらに分析設定機能として基礎統計量や各種分析ができます。変数値操作パネル画面から変数値の変更も容易に行えます。

C. シミュレーション実行機能では、モデル設定機能およびシミュレーション設定機能により設定されたジョブデータを利用して、シミュレーションを実行する機能が提供されます。実行制御機能として、設定されたジョブデータおよび実行ステータスデータを参照し、更新し、終了条件式にあわせて終了します。出力実行機能では、出力値データと出力設定データから画面およびファイル出力の形式で計算結果を提供します。

D. シミュレーションエンジン機能では、生成された実行ステータスデータおよび条件式実行文データから導出されるエージェントルール、式を解釈し、実行し、コンポーネント変数値データ、出力値データとして出力を行う機能を提供します。ルール実行制御機能、文法解釈実行機能あるいは変数アドレス管理機能が提

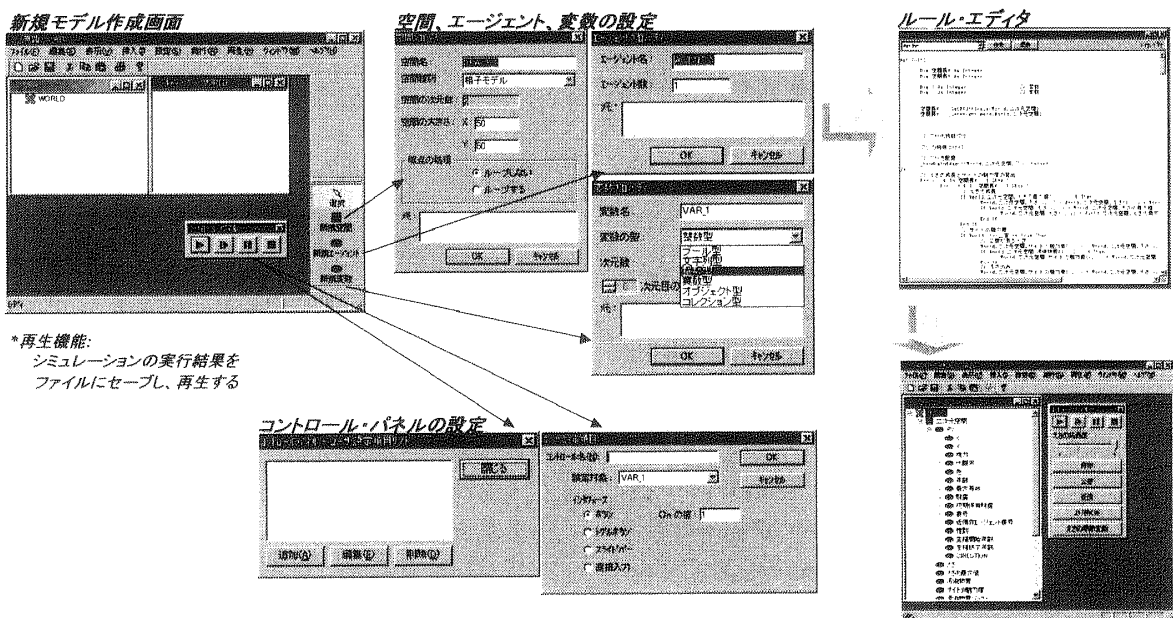


図1 シミュレーション・モデルの構築

供されています。

E. 分野別シミュレータ機能として、実験に参画している教育関係者の専門分野から、国際政治モデルシミュレーション機能、組織論モデルシミュレーション機能などが個別に開発され、提供されます。

以上の機能をまとめると図1のようにまとめられます。

3.3 想定されるユーザおよび動作環境

対象としては、コンピュータプログラミングに不慣れた社会科学者でも比較的容易にシミュレーションモデルが構築できることを想定しています。具体的には、ユーザーは Visual Basic 程度のプログラミング知識を有することが前提とされます。アプリケーションの動作環境は以下のとおりです。

- ・CPU : Pentium 233 MHz 以上
- ・HDD : 50 MB の空き容量
- ・メモリ : 64 MB 以上
- ・OS : Windows 95/98/NT 4.0/2000

4. 他のシミュレータとの比較

4.1 Swarm

Swarm は、米国サンタフェ研究所にて開発されたエージェント・ベースのシミュレーションを行うプログラミング環境であり、基本的には UNIX システム上で動作するプログラミング言語である Objective-C 言語のライブラリという形態で提供されています。そもそも Objective-C 言語は、C 言語をオブジェクト指向に発展させたものであり、属性とルールを持つという点で、エージェントをオブジェクト指向プログラミングにおけるオブジェクトとして扱うのに適当でした。Swarm ではそれらを補助する機能およびシミュレーションに必要なユーティリティが提供されています(ライブラリの構成など詳しくは、サンタフェ研究所ホームページ <http://www.santafe.edu> あるいは、構造計画研究所創造工学部ホームページ <http://www2.kke.co.jp> を参照ください)。

4.2 StarLogo

米国 MIT メディアラボにて開発された分散型システムのシミュレーションで、中高等教育に利用されて実績があります。StarLogo のシミュレーション世界では、Turtle とよばれる亀に代表されるエージェントと Patches とよばれる二次元平面および Observer といわれるシミュレーション管理者が想定されています。実際には、Turtle とよばれるエージェントは、

項目	StarLogo	Swarm	ABS
インストールの容易さ	○	×	◎
モデル構築の容易さ	◎	×	◎
ルール作成の容易さ	○	×	◎
出力設定の容易さ	○	×	○
出力のバリエーション	○	◎	○
シミュレーション速度	○	◎	○
複雑なシミュレーションへの対応	×	◎	○
日本語対応	×	×	◎

図2 シミュレータ比較

シミュレーション動作手順をもち、またシミュレーション全体を管理する Observer にも動作手順があります。Logo プログラミング言語を拡張した簡易言語で記述されています。

当初は Macintosh にて利用されていましたが、現在は UNIX, Windows でも Java アプリケーション版が開発されて動作します[5]。

4.3 両プログラムとの比較

インストールして実行する場合、Swarm では、UNIX に関する一般的な知識が必要になります。作業時間もかなりかかります。この点、StarLogo および ABS は、容易です。また、シミュレーションの設定および実行を比較すると、難易度の点で、Swarm はかなり習得が難しいのですが、複雑なシミュレーション設定では一番の自由度があります。StarLogo は、手順は簡単ですが、自由度に制限があります。ABS は、難易度と自由度では、それぞれの中間の評価ですが、オープンなシステムで機能強化を目指せば、自由度は今後ますます高まると判断しております。また、日本語環境や連続実行、コントロールパネル利用、再生機能などでは ABS が最も使いやすいと評価されています。

全体的な比較では、図2を参照ください。

これ以外にも、Java ベースの RePast というツールキットも最近シカゴ大学で開発されています(<http://repast.sourceforge.net/>)。

5. 本システムを利用した具体例

実験研究でプロトタイプ版を作成し、その後発展したモデルとしては、田中、原田両氏による勢力均衡モデルがあります。またターミナルにおける人の移動シミュレーションとして、ターミナル内における移動シミュレーションの研究があり、さらに、遊園地における携帯端末情報による人間行動の変化を考察した研究

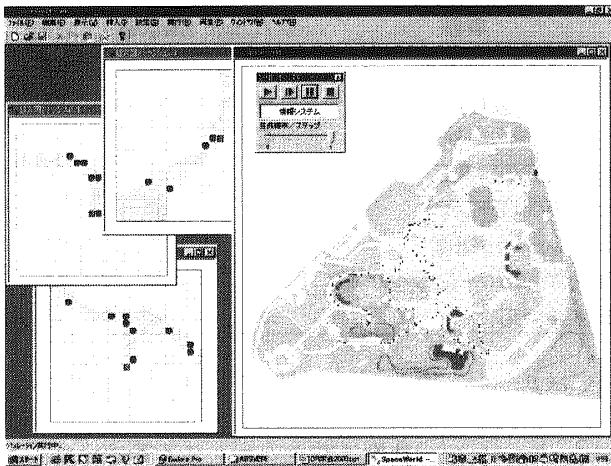


図3 遊園地モデルの例

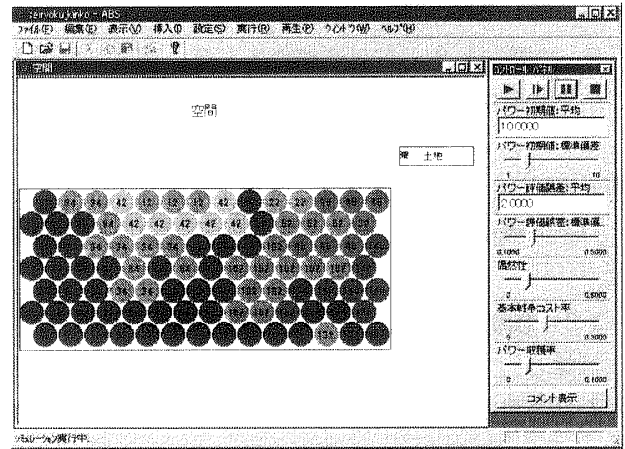


図4 勢力均衡モデルの例

もあります (図3)。

これらの成果の一部は、新型シミュレータ開発プロジェクトとして、ワーキングペーパーシリーズが発行されています。

また本年6月に行われた第一回コンペティションでは、最終選考に残った8編が発表されました。それらの研究テーマは、「投資家の意思決定と資産価格変動の分析」「吉里吉里人の境界-ABSを用いた分離主義モデル」「参加モデル 人の集まりの盛衰」「大学・学会モデルによるアカデミックソサエティの盛衰予測に関する研究」「ABSにおけるどろけいモデル」「空間配置型N人版囚人のジレンマゲーム」「19世紀ヨーロッパの勢力均衡システム」および「公益的資源を巡る競争と合意」などきわめて幅広い領域に至っています。

今後は、このシステムの普及をすすめるとともに、システムの改良をさらに進めていく所存です。普及のために、導入教科書の出版あるいは、セミナーの開催も計画されています。

最後になりましたが、5年にわたるプロジェクトは、多くの大学研究者の方々の協力によるものです。特に東京大学大学院の山影進教授のご支援に深く感謝申し上げます。

なお、本システムは、商標登録の関係上、今後はマルチエージェントシミュレータ (MAS) と称するこ

とにします。

参考文献

- [1] Axelrod, R., 1997, *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- [2] Epstein, J. and Robert, A., 1996, *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*. Washington, DC: Brookings Institute Press (邦訳: 人工社会, 共立出版, 1999年).
- [3] 構造計画研究所, 第一回マルチエージェントシミュレーターコンペティション論文集, 2001.
- [4] 生田目章, 『マルチエージェントと複雑系』, 森北出版, 1998年.
- [5] Resnick, M., 1994, *Turtles, Termites and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds*, MA. MIT Press.

関連ホームページ

MAS 詳細情報・ダウンロード

<http://www2.kke.co.jp/mas>

MAS ワーキングペーパー (東京大学山影研究室)

<http://citrus.c.u-tokyo.ac.jp>

MAS サンプル集 (国際大学グローバル・コミュニケーション・センター)

<http://kids.glocom.ac.jp/eduwoods/abs>