

マルチエージェントモデルによる社会シミュレータシステムの開発

豊福晋平*1 服部正太*2 桑原敬幸*3 玉田正樹*4 辺見和晃*5

<概要>本研究では複雑系研究のツールとして、非プログラマや初心者でも容易に扱えるエージェントモデルシミュレータの開発を行っている。本稿では、現状のエージェントモデルシミュレータの問題、開発システムの特徴と教育用途への利用の意義について述べる。

<キーワード>複雑系、エージェントモデル、シミュレータ

1. はじめに

複雑系における研究は、現象を理解するために従来の解析的手法とは異なった構成論的アプローチが取られる。具体的にはコンピュータ上にモデルを構成して現象を発生させ、観察とモデルの妥当性検討を繰り返すことにより、シミュレーションによる同定を行うものである。

コンピュータシミュレーションには様々なタイプがあるが、特に社会現象の解明については、コンピュータ上に人工社会(Artificial Society)という仮想空間を構築し、局所的なルールにしたがって行動するエージェント(人間や組織)を複数配置し相互作用させる、いわゆるマルチエージェントモデルによるシミュレーションを用いた手法が広まりつつある。

2. エージェントモデルシミュレータの問題

エージェントモデルシミュレータとしては、米国サンタフェ研究所で開発された The Swarm Simulation System¹が最も良く知られている。このシステムは当初 Xwindows と GNU Objective C が稼働する Unix マシンを前提とし、エージェント環境を構成するための豊富なライブラリツールを用いつつシミュレーションをプログラム、コンパイルする形をとっている。したがって、実際にモデルを構築するには、C 言語、オブジェクト指向によるプログラミングスキルに加えて Swarm ライブラリの扱いに習熟しなければならない。このため、「プログラマ以外には難解過ぎる」、「インストールが難しい」、「ライブラリが膨大過ぎる」、などの問

題が指摘されている²。

一方では、Logo を拡張したエージェントモデルシミュレータも開発されている。マサチューセッツ工科大学メディアラボによる StarLogo³、タフツ大学による StarLogoT⁴は、どちらも Apple Macintosh 上で稼働するインタプリタ型シミュレータアプリケーションであり、2次元のタートルグラフィックス画面にエージェントとしてのカメを複数配置し、シミュレーションを行わせるものである。

3. 開発の目的

本研究は、サンタフェ研究所 Swarm のコンセプトを継承しつつ、日本語環境で利用しやすい ABS(Agent Based Simulator)システムを構築するものである。目的の一つは、社会科学系のコンピュータに精通しない学生でもマルチエージェントシミュレータの内容を理解し、操作することが可能なシステムを構築すること。また、もう一つの目的として、社会科学系の研究者が、モデル構築に活用できるシステムを構築することである。

4. AB の機能

ABS⁵は Microsoft Windows98/NT4.0 上で稼働するインタプリタ型シミュレータアプリケーションであり、おもに以下の5つの機能から構成されている(図1)。

- モデル設定機能
ジョブデータ新規作成とファイル入出力、エージェント定義データ編集(初期値設定・ルール記述など)など

*1 TOYOFUKU, Shimpei : 国際大学 GLOCOM (toyofuku@glocom.ac.jp)

*2 HATTORI, Shota : 株式会社 構造計画研究所 (shatto@kke.co.jp)

*3 KUWABARA, Takayuki : 株式会社 構造計画研究所 (kuwabara@kke.co.jp)

*4 TAMADA, Masaki : 株式会社 構造計画研究所 (tamada@kke.co.jp)

*5 HENMI, Kazuaki : 株式会社 構造計画研究所 (henmi@kke.co.jp)

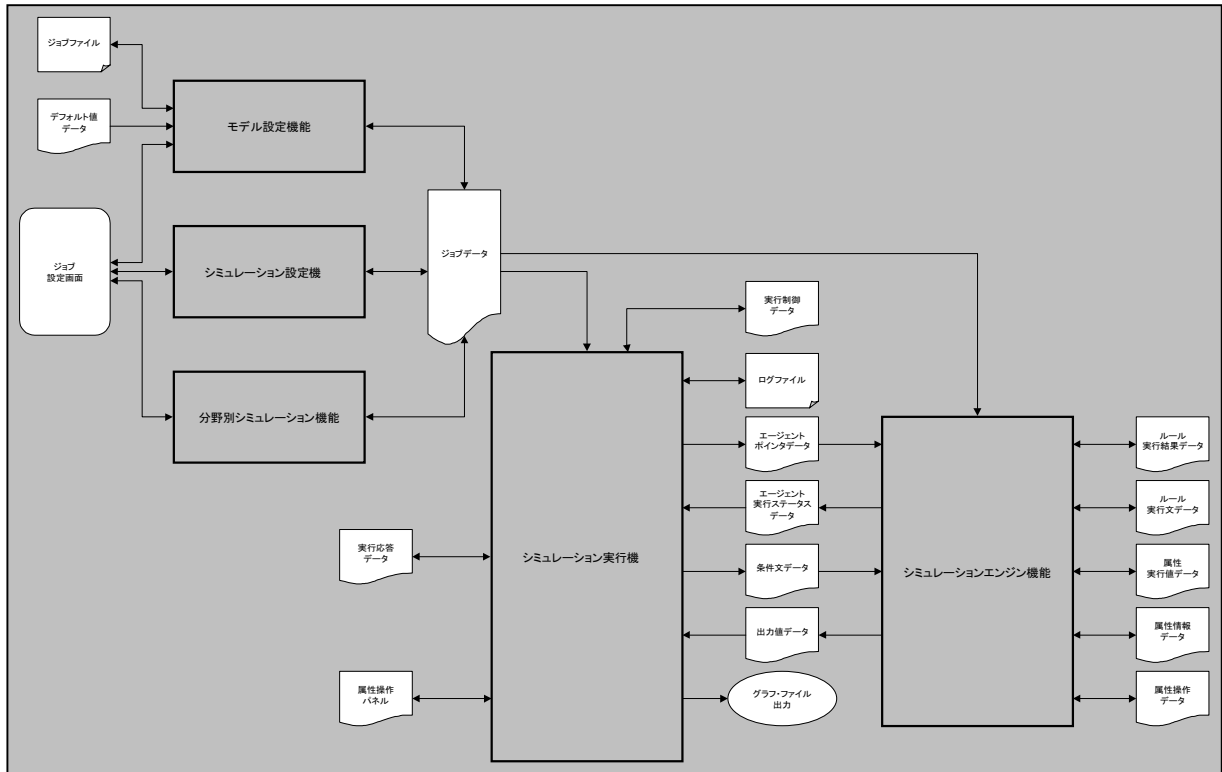


図1 ABS(Agent Based Simulator)の機能

- シミュレーション設定機能
実行環境設定(終了条件・ループ実行など)、出力設定(各種グラフ・数値表示・二次元表示・ファイル出力など)、属性操作パネル設定(各種設定値をボタンやスライダーで調整可能にする)
- シミュレーション実行機能
実行制御機能、出力実行機能、属性操作機能
- シミュレーションエンジン機能
ルール実行制御機能、文法解釈実行機能、エージェント属性管理機能
- 分野別シミュレーション機能
特定用途向けにカスタマイズされたシミュレーション機能

5. AB のインターフェース

ABS はグラフィカルユーザーインターフェースを基調としており、モデル設定においては各種オブジェクト、エージェント、変数がツリー構造となって表示されるほか、「キャンバス」と呼ばれるウィンドウに直接エージェントや変数のアイコンを貼り付けて作業が進められるよう工夫されている(図2)。

また、ABS のエージェントルール記述は、

BASIC をベースとした簡易な書式を採用しており、日本語による変数名、関数名の指定が可



図2 モデル設定画面



図3 実行場面(森林火災モデル)

能である。

シミュレーション実行場面(図3)では、出力設定によりエージェントの動きや状態を二次元マップに表示させたり、あるいは任意の変数値のグラフ表示や直接表示が可能である。コントロールパネルでは、実行コントロール(実行・ステップ実行・一時停止・停止)のほか、任意変数の属性を随時変更できるボタンやスライダーを付加することができる。

6. 教育場面での利用実験

ABSを用いたシミュレーションの教育利用は、学習者に対して次の3つのアプローチが考えられる。すなわち、(Phase 1) 既存モデルを実行させ経過を観察させる (Phase 2) 既存モデルを実行させ、やや複雑なパラメータの組み合わせによる結果の相違や最適値を探索させる (Phase 3) プログラミング環境として与え、学習者自らがモデル構築と検討を行う。

そこで、開発中のアプリケーションプログラムを用い、理科系大学学部生を対象とする講義で90分×2コマの導入カリキュラムを試験的に実施した。有効回答を得た受講者は50名であり、各自1台ずつコンピュータを実際に扱いながら課題を進める形とした。

課題は以下の3種類である。課題1は(Phase 1)として、StarLogo⁶の「森林火災モデル」をABSに移植し用いた。左端から始まった火災が右端に達する確率は、樹木密度のある閾値によって影響されることを観察・理解させる。

課題2は(Phase 2)として、Wilensky, U & Reisman, K⁷の「オオカミとヒツジモデル(Predator-Prey)」について一部ABSの仕様に合わせてプログラムを変更して用いた(図4)。オ

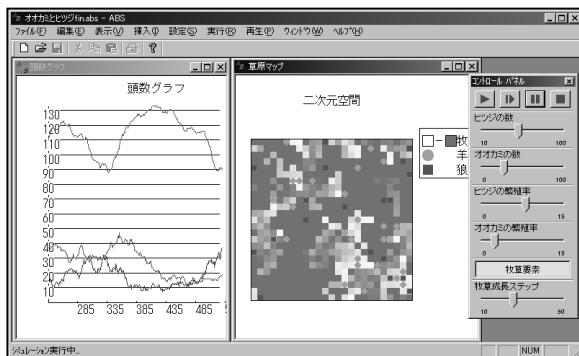


図4 実行場面(オオカミとヒツジモデル)

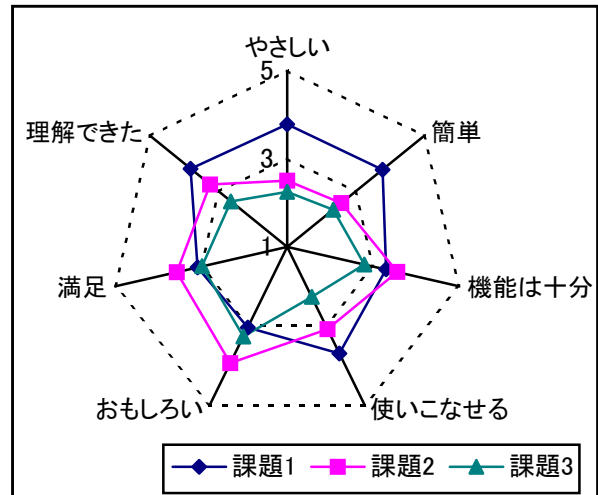


図5 課題評定の平均値(5段階)

オカミとヒツジの数、繁殖率に加えて、ヒツジの食べる牧草のパラメータを加えることにより、増減はあっても安定するモデルとそうでないモデル(絶滅する)があることを理解させ、パラメータの均衡点を発見させる。

課題3は(Phase 3)として、「カメの分居モデル(Segregation)」をマニュアルリファレンスに示された手順を元に、最初からモデル設計やルール記述をしながら組み上げるものである。通常のプログラミング環境と比較すれば、はるかに少ない工数で一応動きのあるモデルシミュレーションが構築できるため、初心者にとっても比較的達成可能ではないかと思われた。

受講者各自には課題と回答欄が印刷されたワークシートを配布し、各課題が終了するごとに「やさしい-難しい」「簡単-複雑」など7項目5段階の評定を指示した。評定結果の平均を図5に示す。

これによると、課題1から課題3にかけて順に難易度が高くなり、これに応じて理解度や使いこなしの評価も低くなる傾向が認められるが、課題2に関しては、難しく、複雑なものにも関わらず、課題に対する満足度や面白さの評定は高い。

課題3についての難易度とプログラム経験との関係を見るため、プログラム経験者(授業等での演習を含む)23名と未経験者25名の2群について評定平均値の比較をおこなった。結果を図6に示す。これによると、「やさしい」「簡単」で0.1%水準の、「使いこなせる」で5%水準の有意差が認められた。すなわち、プログラム未

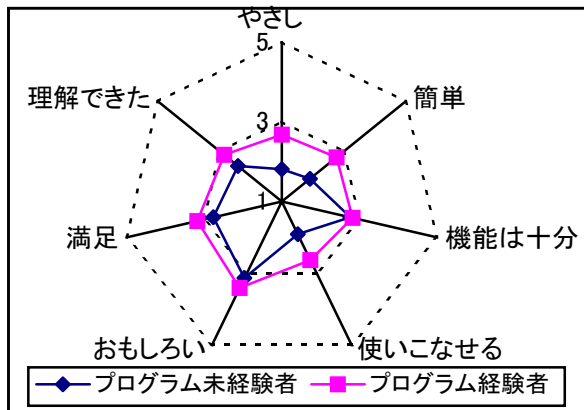


図 6 プログラム経験による平均比較 (課題 3)

経験ユーザーと比較して、すでにプログラミング経験を持っているユーザーにとっては、エージェントモデルの構築はより簡単に優しく感じられる傾向にあることが分かる。

7. 教育場面における利用の考察

結果から明らかであるように、エージェントシミュレータの教育場面への適用は、単に実行して簡単なパラメータ変化を観察させるよりは、むしろ課題 2 のような多少複雑なパラメータをもったモデルで探索的な検討を繰り返す方が学習者の満足度や課題克服感につながるということが示唆された。また、このような活動を行う上では、ABS は機能としても十分である、と言えよう。残る課題は、今後いかに工夫しがいのあるモデルを数多く集められるか、という点にかかっている。

一方、ABS を用いてモデル構築を行う場合でも、やはりプログラミング未経験者にとっては、特に高いハードルであると認識される傾向があり、初心者のための導入プログラムが別途必要とされることが明らかになった。

利用実験においては演習時間が十分とれなかったこともあり、学習者側からもっと時間が欲しかったという要望が出された。これらも導入のカリキュラムについての検討事項として今後の課題としたい。

本研究は、情報処理振興事業協会平成 10 年度「教育の情報化推進事業・マルチエージェントモデルによる社会シミュレータシステムの開発および普及事業 (受注者: 株式会社構造計画研究所) の一部として行われたものである。

¹ The Santa Fe Institute, The Swarm Simulation System (<http://www.santafe.edu/projects/swarm/>)

² The Santa Fe Institute, 1999 Swarm survey results online (<http://swarm.santafe.edu/survey99/survey-results1.mhtml>)

³ MIT Media Lab., StarLogo Homepage (<http://el.www.media.mit.edu/people/starlogo/index.html>)

⁴ Tufts University, Connected Mathematics: Making Sense of Complex Phenomena Through Building Object-Based Parallel

Models (<http://www.ccl.tufts.edu/cm/index.html>)

⁵ 株式会社構造計画研究所, Agent Based Simulator (<http://www2.kke.co.jp/abs/>), アプリケーションはホームページ上に公開されており、最新版のダウンロードが可能である。

⁶ Resnik, M. (1997), *Turtles Termites And Traffic Jams*, MIT Press

⁷ Wilensky, U. & Reisman, K., *Thinking like a Wolf, a Sheep or a Firefly: Learning Biology through Constructing and Testing Computational Theories -- an Embodied Modeling Approach*.

(<http://www.ccl.tufts.edu/cm/papers/bio/bio-long.html>)