

人工社会・経済ソフトウェアの現状と展望

Introduction to Software for Artificial Society/Economics Models

和泉 潔*†

Kiyoshi Izumi

1 人工社会・経済=エージェント+社会・経済構造

人工社会および人工経済 (以下, 人工社会・経済) とは, その言葉の通り, 計算機上に人の手によって人工的に作りだされた架空の社会現象や経済現象のことである (図 1).

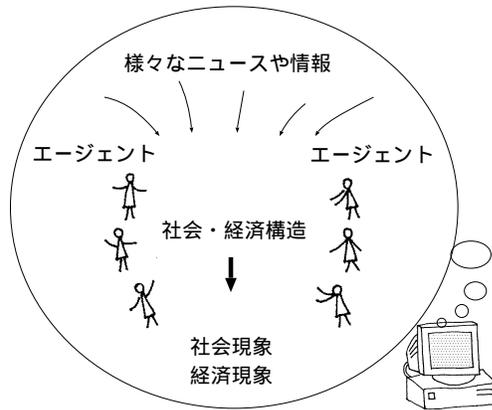


図 1: 人工社会・経済の概要

人工社会・経済に参加しているのは, エージェントと呼ばれる計算機プログラムで表現された仮想的な意思決定者である。また時には, 生身の人間がエージェントに混じって人工社会・経済での意思決定に参加する場合もある。人工社会・経済の中にある, 各エージェントは, 研究対象となる社会・経済現象に関連するニュースや情報を入力として受取り, その情報と自分なりのルールに基づいて社会・経済行動を決定する。また, 自分なりの行動のルールを, 何らかの基準を高めるように修正を行っていく。このようなエージェントの意思決定の結果, 人工社会・経済の中で仮想的な社会・経済現象が現れてくる。つまり, エージェントは人工社会・経済を構成する際の基本単位となっているのである。

各エージェントの社会・経済行動が集積し仮想的な社会・経済システムが変化していく仕組みを社会・経済構造と呼ぶ。人工社会・経済の主目的は, 意思決定者の行動が集積して, 社会・経済システム全体でみられるある現象が出現するメカニズムの解明を行うことである。そのメカニズムを知るために, 社会・経済構造はモデルの要ともなる非常に重要な構成要素であり, 現実の社会・経済現象の構造を反映したものでなければならない。

以上のことをまとめると, 人工社会・経済とは, エージェントを基本単位とした, 社会・経済構造を持つ, 計算機プログラムであると改めて定義することができる。

*産業技術総合研究所 サイバーアシスト研究センター

†科学技術振興事業団 さきがけ研究 21

2 社会的協調関係から金融バブルまで

今までに社会・経済現象の解析に計算機シミュレーションを用いた研究は色々なものがあるが [5], 先ほどの人工社会・経済の定義に合致して特にインパクトの大きかったものとして, 以下の研究が挙げられる。

- 囚人のジレンマゲーム: 協調関係の創発
ゲーム理論の分野では, 社会に広く見られる利害対立の場面で, 協調関係が生まれるかどうかを研究するために, 囚人のジレンマゲームというモデルがある。Axelrod はこのゲームに参加する計算機プログラムを集めて選手権を行った。その結果, しつぱ返しと呼ばれる有効な戦略を発見することができた [2]。その後, 遺伝的アルゴリズムで学習するエージェントが参加する人工社会を構築し, 戦略の変化などについて議論している [3]。
- シュガースケープ: 砂糖の中の原始社会
Epstein と Axtell は, 砂糖 (えさ) の中でアリのようなエージェントが様々なルールに基づいて生活する人工社会を構築した。エージェントに幾つかのルールを与えることによって, 戦闘・移住・文化的な同化と差別化・取引などの経済活動のような基本的な社会活動が出現する結果を得た [4]。
- サンタフェ研究所の人工株式市場: 金融バブルの創発
複雑系アプローチの研究で有名なサンタフェ研究所の Arthur らは, 複数の IF-THEN 式の集合で表されるようなルールを持ったエージェントによる人工株式市場の構築を行った。人工株式市場でシミュレートされた価格と, 従来の経済学理論価格との比較を行った結果, 理論価格からの大きな乖離や急激な回帰 (金融バブル) というような, 既存の経済理論だけではうまく説明できない現象も見られた [1]。

3 基礎理論構築のための基盤ソフトウェアの必要性

現在の人工社会・経済研究は, いくつかの社会・経済現象に関する研究結果が得られてきているので, それらの研究成果を統合して, 基礎理論の構築が必要な段階に来ている。それにより, モデル構築やシミュレーション結果の分析に対して, 恣意的なものとならないための判断基準を提供することができる。また, 研究成果を相互に比較評価したりして, より広範な理論の構築へ結び付けていくことが可能になる。

基礎理論の構築のためには, 図 2 に示すように, 方法論の確立と研究成果の統合が必要である。特に重要なのは基盤ソフトウェアの構築である。これによりモデル化の前提条件と人工社会・経済モデルの枠組みとの関係が明らかになれば, シミュレーション結果の有効性や限界について, だれが見ても分かるような形で明確に議論できるようになる。そして, 他のモデルとの共通点や差異が比較可能になり, 次の段階である研究成果の統合にも有効である。

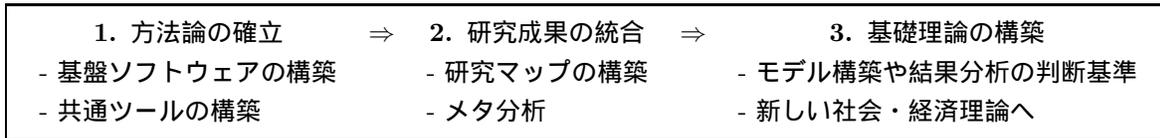


図 2: 人工社会・経済研究の基礎理論構築までの段階

4 現在利用可能なソフトウェア

最近、人工社会・経済のための良いソフトウェアがいくつか出てきた。ここでは、いくつか実績があり国内で開発された下記のソフトウェアを紹介する。

1. U-Mart, <http://www.u-mart.econ.kyoto-u.ac.jp/>
▷ 仮想取引実験ツールのプログラム。サーバーなど配布用の開発キットを登録の上で入手できる。サーバープログラムは Java で書かれている。
2. Boxed Economy, <http://www.boxed-economy.org/>
▷ 人工経済全般についての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を作成するプロジェクト。開発キットの配布を行っている。
3. Multi Agent Simulator (MAS), 構造計画研究所, <http://www2.kke.co.jp/mas/>
▷ 汎用なマルチエージェントシステム構築のためのツール。試用版が「MAS コミュニティ」からダウンロードできる。プログラミング初心者でも比較的容易に使える。
4. X-Economy, <http://www.x-econ.org/>
▷ 人工経済研究のための共通テストベッド・共通規格に基づくライブラリを構築していこうというプロジェクト。開発用のプログラムがダウンロードできる。プログラムは Java で書かれている。
5. AGEDASI TOF & 模擬市場システム (VDS), <http://www.carc.aist.go.jp/~kiyoshi/program.html>
▷ 外国為替市場の人工市場プログラムとエージェント設計のための模擬市プログラム。人工市場のソースコードがダウンロードできる。プログラムは Pascal で書かれている。人工市場専門に設計されており、研究目的のシミュレーション向きである。

各ソフトウェアの特徴を分類すると図 3 のようになる。

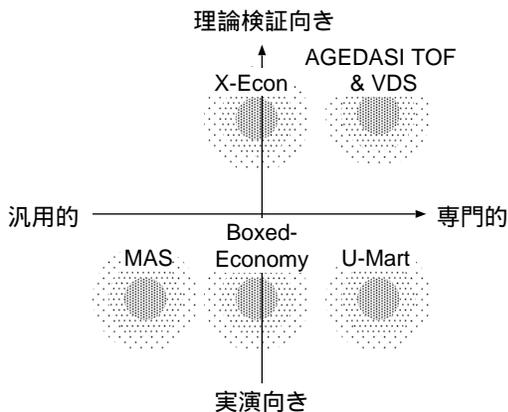


図 3: 人工社会・経済のためのソフトウェア

● 汎用的 – 専門的

金融市場などのある特定の社会・経済現象に専門的なソフトウェアは、詳細なモデルを構築できるが他の現象の適用するには困難である。逆に多くの種類の現象のモデルを構築できるソフトウェアは、適用範囲は広く柔軟であるが、詳細なモデルを作るのは困難である。

U-Mart と AGEDASI TOF は金融市場のシミュレーション専門であり、Boxed-Economy と X-Economy は国際貿易や一国の経済モデルなど他の人工経済を構築するためのライブラリがある。MAS はほとんど全ての人工社会・経済モデルを構築できるほど汎用的である。

● 理論検証向き – 実演向き

エージェントや社会・経済構造の設定と結果出力が詳細であると、モデル構築と結果分析の労力は増大するが、パラメータを操作して結果を比較し、理論や仮説の検証を行うことができる。逆にそれらが大きかであれば、出力結果は直感的に理解しやすく実演向きであるが、細かい理論検証に適用するには困難である。

AGEDASI TOF と X-Economy は今までの成果は理論検証型のもが多く、MAS と Boxed-Economy, U-Mart は実演型の成果が多かった。ただ、最近 U-Mart システムを用いたシミュレーションにより理論検証型の成果も得られるようになった。

今後、これらのソフトウェアを用いて様々な人工社会・経済の研究成果が得られ、それらの分類や統合により、基礎理論が構築されることが望まれる。

参考文献

- [1] W. Arthur, J. Holland, B. LeBaron, R. Palmer, and P. Tayler. Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market. In W.B. Arthur et.al., editor, *The Economy as an Evolving Complex Systems II*, pp. 15–44. Addison-Wesley, 1997.
- [2] R. Axelrod. *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, 1984. (松田 裕之訳, 『つきあい方の科学』, ミネルバ書房, 1998).
- [3] R. Axelrod. *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*. Princeton University Press, 1997.
- [4] J. Epstein and R. Axtell. *Growing Artificial Societies*. The MIT Press, 1996. (岡部 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).
- [5] N. Gilbert and K. Troitzsch. *Simulation for the Social Scientist*. Open University Press, 1999. (井庭 崇・岩村 拓哉・高部 陽平訳, 『社会シミュレーションの方法』, 日本評論社, 2002).