

テーブル指向エージェントシミュレーションフレームワークの提案 A Proposal of the Table-Oriented Framework for Agent-Based Simulation

津田 侑[†]
Yu Tsuda

森 幹彦[‡]
Mikihiko Mori

喜多 一[‡]
Hajime Kita

上原 哲太郎[‡]
Tetsutaro Uehara

1. はじめに

社会現象を分析する手法としてエージェントシミュレーション(以下, ABS: Agent-Based Simulation と呼ぶ)が用いられる。ABS は計算機上に人工社会を実現し、人や組織が行動主体となりボトムアップに産み出す社会の秩序や規範を観察する手法である。ABS を実現するためにこれまで様々なソフトウェアが提案されている。たとえば、市場経済 [1] や道路交通 [2] といった特定の領域に特化したソフトウェアや、領域を問わない汎用的なシミュレーションを実現するソフトウェア [3][4] がある。これらのソフトウェアのうち、汎用的なシミュレーションを実現するものは、社会現象を自由に記述できる一方で、自由度が高いがゆえにシミュレーション初心者にとってプログラミングの負担が大きくなった。

そこで本研究では、プログラミングの知識のあるシミュレーション初心者を対象とした汎用的な ABS を実現するプログラミングフレームワークを提案する。シミュレーション初心者への導入の敷居を低くするために、データ集合を扱うときに広く利用されているテーブルのアナロジーを組み込む。

2. 関連研究

汎用的な ABS を構築するためのプログラムライブラリに MASON がある [4]。MASON は Java で記述されたライブラリで、シミュレーションの実行スケジュールやエージェントの状態を管理する *Model* とシミュレーションの途中経過の *Visualization* が提供される。

MASON を利用するとシミュレーションの内容を自由に記述でき、汎用的なシミュレーションを構築できるが、一方でそのようなシミュレーションを構築する場合、利用者には高いプログラミング能力以外にシミュレーションのために必要な能力も要求される。これに対して本研究では、対象となる利用者をプログラミングの基礎知識(プログラミング言語の構文がわかる程度の知識)を有したシミュレーション初心者とする。次章では、以上で述べた対象者にとって利用の敷居が低くなるように考慮された、テーブルのアナロジーを利用した ABS フレームワークについて述べる。

3. テーブル指向 ABS フレームワーク

本研究で提案する ABS フレームワークは、ABS で用いられるあらゆるデータ集合をテーブルで表現する。

テーブルはデータ集合を表形式に並べるデータ構造で、コンピュータ科学の分野では一般的に扱われる。

また、提案するフレームワークは、ABS で必要とされるエージェントの行動を制御するスケジューリング機構や実データから ABS のひな形を作成するスキップフォールディング機能を有する。

3.1. フレームワークで用いられるテーブル

提案する ABS フレームワークでは、構築する社会シミュレーションにおける人工社会をエージェント、関係、環境、行動の4つのテーブルで表現する(図1)。

エージェントテーブル エージェントテーブルは、エージェントの個々の特性を表したもので、エージェント数を m 体、エージェントが持つ特性数(属性数)を n 個とした $m \times n$ 行列で表される。

関係テーブル 関係テーブルは、エージェント間の接続関係をグラフ理論などで用いられる隣接行列で表したものである。実現する人工社会のモデルによってエージェント間の接続関係の有向・無向、重み付けの有無を自由に選択し記述できる。図1中ではエージェントの接続関係は無向であり、それぞれの接続に重み付けがある場合を示している。

環境テーブル 環境テーブルは、エージェントとは独立したデータ集合で、人工社会自身の環境情報の一覧をテーブルで表現したものである。各エージェントは環境テーブルから人工社会の環境情報を参照し行動する。

行動テーブル 行動テーブルは、エージェントの行動ルールが定義されたテーブルである。行動ルールは複数の行動から成る集合である。各エージェントは行動テーブルに定義された行動ルールに従って行動する。行動ルールの実行順は次章で述べるスケジューリング機構によって制御される。

3.2. スケジューリング機構

スケジューリング機構は、行動テーブルに定義された行動ルールを逐次実行する。 z 個の行動ルールが定義されている場合、1番目から z 番目に定義された行動ルールが逐次実行されるまでを単位時間とし、それが任意の時間で離散的に繰り返されることによってシミュレーションが実現される。

定義された行動ルールは互いに独立で、複数の行動ルール間ではエージェントの行動は互いに影響しない。一方で行動ルール内ではエージェントの状態変化に差が出ないように行動を定義することが求められる。

3.3. スキップフォールディング機能

ABS を構築する際、典型的なエージェントモデルがフレームワークから提供されると、利用者がプログラミ

[†] 京都大学 大学院情報学研究科, Graduate School of Informatics, Kyoto University.

[‡] 京都大学 学術情報メディアセンター, Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University.

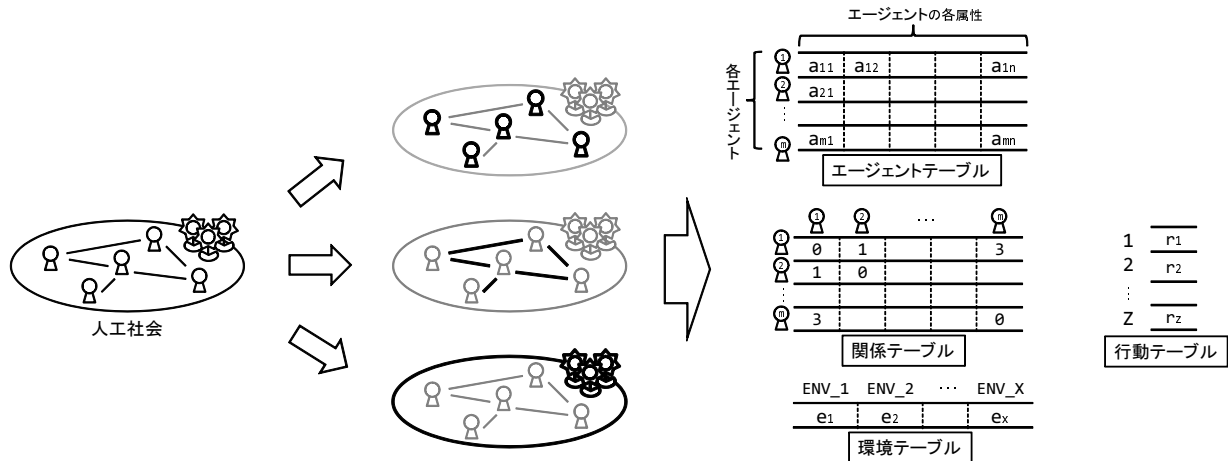


図1 テーブル指向 ABS フレームワークで用いられるテーブル

ングにかかる手間を低減させることができる。スキャットフォールディング機能を利用することで ABS の”土台”が作成される。具体的には、エージェントの状態判定や環境状態のチェックといった基本的な行動ルールが提供される。作成された土台はフレームワークの利用者による修正を認め、プログラミングの自由度を確保する。

4. テーブル指向 ABS フレームワークの適用例

本研究で提案する ABS フレームワークは統計処理向けプログラミング言語の R 言語[§]で実装する。R 言語はテーブルのデータ構造や基本的な演算を標準で備えたプログラミング言語である。ソースコード 1 は, Sugerscape モデルを提案フレームワークで実装したものである。

まず, scaffold 関数を利用することで ABS の土台が作成される。さらに, scaffold 関数の引数 template から典型的なモデルを指定でき, そのモデルをテンプレートとした ABS の土台が作成される。このテンプレートには, フレームワーク側であらかじめ用意された各テーブルの実体が含まれる。次に load 関数では引数を指定して CSV ファイルを利用して各テーブルに値を代入することができる。そして最後に run 関数を実行することで, 行動テーブルに定義された行動ルールがスケジューリング機構によって逐次実行される。

Sugerscape モデルを拡張した ABS を構築したい場合は, run 関数の直前で行動テーブルに定義された行動ルールの修正や新たな行動ルールの追加をすれば良い。

5. おわりに

本研究では, 基礎的なプログラミング知識のあるシミュレーション初心者を対象とした ABS フレームワークを提案した。シミュレーション初心者への導入の敷居を低くするためにテーブルのアナロジーを組み込んだ。利用者はフレームワークが提供するスキャットフォールディング機能を用いて ABS のひな形を作成し, 人工社会

ソースコード 1 基本的な Sugerscape モデルの ABS

```

1 # 提案フレームワークの読み込み
2 library("ftabas")
3
4 sim <- scaffold(template="sugerscape")
5 load(sim,
6       agentfile="agent.csv",
7       envfile="env.csv",
8       relfile="rel.csv")
9 run(sim)

```

におけるエージェント, 関係, 環境, 行動の 4 つのテーブルを詳細を記述するのみで ABS を実現できる。

今後はシミュレーション結果の可視化も視野に入れ, 提案したフレームワークを実装する。そして, Sugerscape モデル, シェリングの分居モデル, 繰り返し囚人のジレンマ, 捕食者-被食者モデルといった古典的なモデルを用いた記述性の評価と実行性能の評価を行う。

参考文献

- [1] 喜多一, 森直樹, 小野功, 佐藤浩, 小山友介, 秋元圭人. 人工市場で学ぶマーケットメカニズム U-Mart 工学編. 共立出版, 2009.
- [2] M. Balmer, K. Meister, M. Rieser, K. Nagel, and K.W. Axhausen. Agent-based simulation of travel demand: Structure and computational performance of MATSim-T. In *the 2nd TRB Conference on Innovations in Travel Modeling*, No. June, 2008.
- [3] 田沼英樹, 出口弘. エージェントベース社会シミュレーション言語 SOARS の開発. 電子情報通信学会論文誌, Vol. J90-D, No. 9, pp. 2415-2422, 2007.
- [4] S. Luke, C.R. Claudio, P. Liviu, S. Keith, and B. Gabriel. MASON: A Multiagent Simulation Environment. *SIMULATION*, Vol. 81, No. 7, pp. 517-527, July 2005.

[§] <http://www.r-project.org/>