

# ゲーム設計とシステム設計の手法を応用した、エージェントベースモデリングのための対話プロセスの提案

○三浦政司 前波晴彦 (鳥取大学)

## Dialogue Process for Agent-Based Modeling Based on Game and System Designing

\* M. Miura and H. Maenami (Tottori University)

**概要**— エージェントベースモデリング(ABM)による社会シミュレーションは幅広い分野での実務応用が期待されており、様々な社会現象に対して有用かつ説得力のあるモデリングを行う方法が求められている。本研究では、実務家や非専門家が持つ暗黙知・経験値を活用することで効果的な ABM を行うことを提案し、それを実現するための対話プロセスの構築に取り組んでいる。具体的には、ABM とゲームがどちらもルール・意思決定・相互作用などによって特徴づけられることに着目し、ゲーム設計の手法に基づく対話プロセスを提案している。また、システム設計の手法に基づいて ABM の各要素と要素間の関係性を整理・管理・共有するプロセスについても検討している。本稿では上記の構想と部分的な試行について紹介する。

**キーワード:** エージェントベースモデリング, ゲームデザイン, システムデザイン

### 1 背景・目的

エージェントベースモデリング(ABM)による社会シミュレーションは複雑な社会現象をボトムアップ的に解析するための優れた方法として注目を集めている。しかし、実際に実務応用が実現しているのは、交通・避難などの一部の分野にとどまっており、今後はより幅広い分野を対象とした活用が期待されている。また、特定の地域や組織、環境における現象の分析・予測などの細分化かつ具体化されたニーズへの対応も期待されている。そこで本研究では、有用性・妥当性の高いモデリングをより効果的に行うために、異分野間の連携と、非専門家や実務家が持つ経験知・暗黙知の活用に着目する。複雑な社会現象を扱うためには、分野をまたいだ多角的なアプローチが必要である。また、対象となる現象におけるエージェントや環境の振舞いについて、誰よりも詳しく、正しいモデルを暗黙知として持っているのは、エージェントに相当する人自身や関連する業務に取り組む実務家など(ステークホルダ)である。このようなアプローチのモデリングを実現するため、異分野の研究者やステークホルダと対話しながら効果的なモデリングを行うことのできる手法とプロセスを提案・構築することが本研究の目的である。Fig. 1に本研究が提案する対話手法のコンセプトを示す。

対話プロセスの構築にあたり、本研究が着目するのが「ゲーム設計」と「システム設計」の手法である。ゲームとエージェントモデルはどちらもルール・意思

決定・相互作用によって特徴づけられ、ABMとゲーム設計は本質的に近い行為であると言えることができる。そこで、「実務家や非専門家らと協力して、対象とする現象に関するゲームを設計する」というプロセスを通して、効果的なABMを実現することを構想している。また、実務家や非専門家を含む多様な協力者と協働でモデリングを行うためには、目的目標、検証方法、モデル要素と要素間の関係性などについて常に整理・共有し、合意を得ながらプロセスを進めていかなければならない。これらは、分野横断的に複雑なシステムの設計開発に取り組む際にも求められることであり、そのための手法群としてシステムズエンジニアリング(SE)が知られている。特に最近では、システムの要求・振舞い・構成などをリレーションダイアグラムで表現して共有するモデルベースシステムズエンジニアリング(MBSE)が注目を集めている。MBSEは共有性やトレーサビリティの面で優れており、振舞いや構成を表現するダイアグラムはシミュレーションモデルの記述とも相性が良い。そこで本研究では、提案するプロセスにMBSEの方法論に基づくリレーションモデリングと、それによる諸要素の整理・共有・合意確認のプロセスを取り入れることを検討している。

このような着想のもと、本研究では、ゲーム設計とシステム設計のプロセスに基づいたABMのための対話プロセスを提案する。本稿ではその構想と試行的な取り組みについて紹介する。

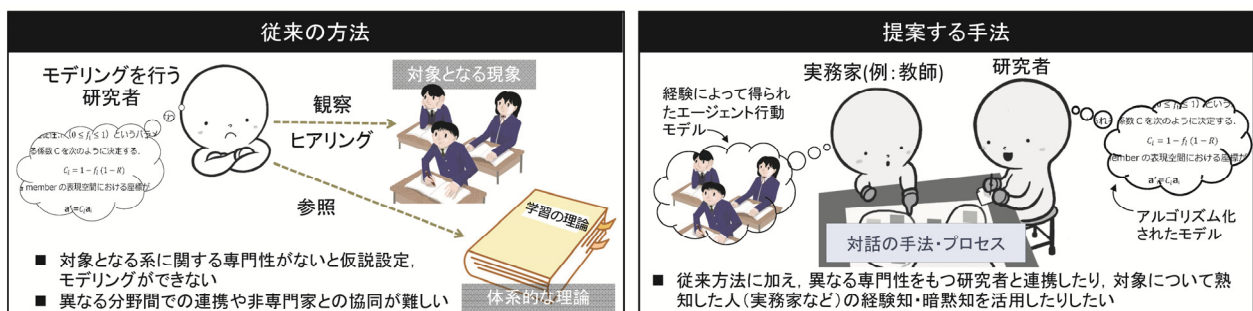


Fig. 1: 提案する手法のコンセプト

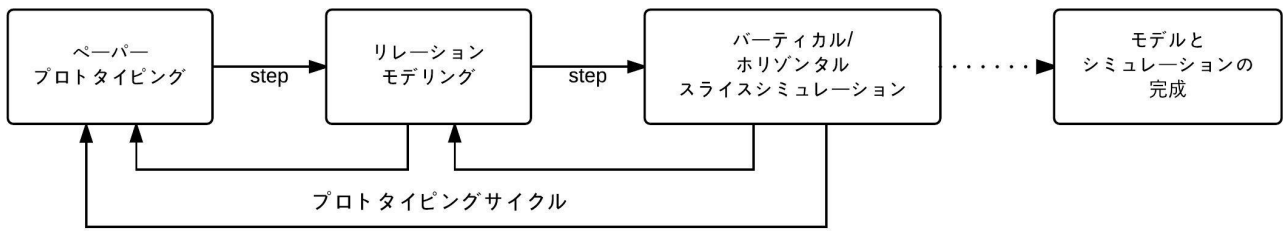


Fig. 2: 提案するプロセスの全体

## 2 提案手法

ゲーム設計プロセスの特徴的な面の一つは、段階的な試作（プロトタイプ）を用いた試行錯誤的なサイクルである。本研究で提案するプロセスも同じように段階的な試作に基づくプロトタイピングサイクルを含む。Fig. 2 に本研究で構想している実務家・非専門家らとの協働モデリングプロセスの全体フローを示す。ペーパープロトタイピングやリレーションモデリング、スライスシミュレーションなどの各手法は、段階に応じて順に実施されるものであると同時に、評価や変更の度に前の段階まで戻ってプロトタイピングによる修正・改良のプロセスを繰り返すものである。

なお、実際のシミュレーション構築プロセスでは、本研究で焦点を当てる上記の手法の他に、アンケートに基づく選好意識調査などの社会調査法によるパラメータ同定・要因抽出などのプロセスも含まれる。本節では、提案するプロセスを構成する具体的な手法の案について、ゲーム設計手法を応用したものシステム設計手法を応用したものに分けてそれぞれ説明する。

### 2.1 ゲーム設計手法の応用

ゲーミングシミュレーションの手法によって、着目する社会現象に関連するステークホルダの行動モデルを抽出し、エージェントベースモデリングを試みる先行研究が行われている。例えば、ロールプレイングゲームとインタビューを利用してインタラクティブにモデリングを行う Companion Modeling<sup>3)</sup>や、同様の参加型アプローチの研究報告が挙げられる<sup>3)4)</sup>。また、ゲーミング環境全体をマルチエージェントシミュレーションの一部として捉え、参加者の自然な認知や行動を抽出するマルチエージェントゲーミング<sup>5)</sup>などのアプローチもある。

これらの先行研究と異なり本研究では、モデリングに参加するステークホルダはゲームプレイヤーとしてロールプレイを行うのではなく、モデリングを行う研究者らと共にゲームの作り手となる。上記の先行研究では、ステークホルダがモデリングに参加する前の段階で、すでにある程度のゲームルールやゲームメカニクスが構築されていることが前提となる。そのため、ステークホルダの参加によるモデリングは前提となる構築済のゲームのルール・メカニクスに大きく制限され、ステークホルダが持つ暗黙知や経験値の一部を捨象してしまう可能性がある。また、非専門家のステークホルダは問題定義、課題意識が曖昧で抽象的であることが多く、実務応用を考えた場合は、ABM 利用の目的設定、問題具体化、課題抽出、着目点選定の段階から協働のプロセスを経ることが望ましい。そこで本研究

では、ステークホルダをゲームプレイヤーとしてではなく、ゲーム設計者としてモデリングプロセスに組み込み、ゼロベースからのルール、メカニクスの構築を協働で行う。これにより、ステークホルダの暗黙知や経験値を捨象することなく、目的設定や課題抽出の段階からの協働モデリングを行うことができる。一方で、ゼロベースからのルール構築による協働モデリングには、長い時間がかかってしまうことが問題点となる。また、ステークホルダは一般的にゲーム設計に関する知識を持ちあわせておらず、先行研究のようなロールプレイによるアプローチと比べてモデリング参画のハードルが上がってしまう。そこで本研究では、プロセスの最初にペーパープロトタイピングによるゲーム構築を位置づけることで、素早くかつ視覚的で分かりやすい協働モデリングを行うことを検討している。

ペーパープロトタイピングとは、紙材をはじめとした安価で調達や加工が容易な材料だけを用いて簡易的な試作をつくることである。ゲーム設計においては最初期のフェーズで活用されることが多く、素早く多数のゲームアイデアやコンセプトを形にし、簡易プレイを通して評価を行う。最初期フェーズだけでなく、設計の中盤や終盤においても、部分的なレベルデザインや空間設計、メカニクス設計に活用されることもある。著者らのグループが取り組んでいるゲーム教材開発<sup>6)</sup>におけるペーパープロトタイピングの例を Fig. 3 に示す。この例では、厚紙を用いて作ったカードの他、カラーシールやマグネットピン、ホワイトボードシートなどを使用している。ゲーム設計においてよく用いられるペーパープロトタイピングの材料や手法については、一般的なものが整理されており<sup>7)</sup>、本研究ではそれらを参考にしつつ、ABM を目的とした場合に適した独自手法の開発を試みる。

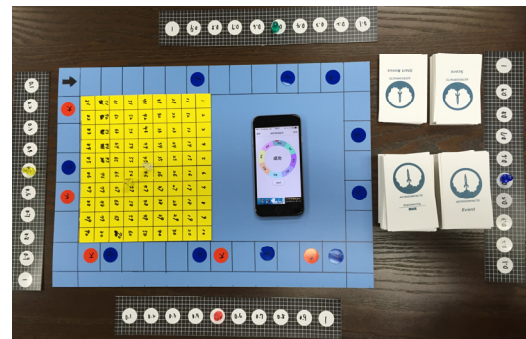


Fig. 3: ペーパープロトタイピングの例

Fig. 3 に示したペーパープロトタイピングの例では、写真中ほどにあるように、部分的にスマートフォンのアプリケーションを活用している。同様に本研究にお

いても、数理モデル部分の可視化などペーパープロトタイプに不適な部分に関しては、タブレットPC用簡易アプリなどを開発し、援用することを検討している。

ペーパープロトタイプによってステークホルダと共に素早く効果的にゲームの上流設計を行うことができるが、この段階でエージェント行動や相互作用のモデルを漏れや矛盾なく構築するのは不可能である。ペーパープロトタイプ上ではうまく機能するように見える振舞いも、実際にシミュレーションコードを記述しようとする、場合分け漏れがあったり、パラメータの設定や処理の順番に曖昧な部分があったりして、コーディングできないケースが多い。そこで、ペーパープロトタイプの次の段階として、リレーションモデリングを用いた振舞いや処理手順の記述、グラフィカルシミュレータを用いたソフトウェアプロトタイプの作成などを行う。ゲーム設計におけるプロトタイプ概念として、パーティカルスライスと、水平スライスがある<sup>8)</sup>。パーティカルスライスとはゲームのある一場面を切り出して、その場面におけるプレイを一通り体験できるプロトタイプのことである。ABMにおいては、特定の条件下または特定のフェーズにおいて、一連のエージェント行動のループを回すことのできるプロトタイプに相当する。水平スライスは、特定の要素だけを抽出して再現し、他の要素は動作しないようなプロトタイプである。ABMにおいては、特定の種類のエージェント行動や、特定の相互作用のみが動作するようなプロトタイプに相当する。本研究では、artiso<sup>9)</sup>のようなグラフィカルなシミュレーションプラットフォームを用いてパーティカルスライスや水平スライスに相当するソフトウェアプロトタイプを作成し、ステークホルダからの評価やフィードバックを得るステップを提案プロセスの中に位置づける (Fig. 2の左から3番目のノード)。

## 2.2 システム設計手法の応用

前述のように、非専門家や実務家であるステークホルダは、問題定義や課題意識が曖昧であることが多く、対話に基づく協働モデリングを実施するにあたっては、目的設定や問題分析、課題抽出についても整理・共有しながらプロセスを進めることが望ましい。また、2.1節で述べたように、ペーパープロトタイプによるゲーム設計では、処理の手順やパラメータの設定、モデルの構成などに曖昧な部分が多く残るので、別途それらを整理・共有する必要がある。しかし、一般的にステークホルダらはシミュレーションコードを通してのモデルの把握・評価を行うことはできないため、プロトタイプとシミュレーションコードの間を結び、モデル詳細の議論・共有を行うためのプラットフォームが必要となる。本研究では、このような課題に対応して、モデルベースシステムズエンジニアリング(MBSE)の手法を応用したリレーションモデリングによる情報の整理・共有を提案する。

システムズエンジニアリング(SE)は大規模かつ分野横断的なシステム開発において、適切なマネジメントプロセスと技術プロセスを提供する手法群一般を指す。ここで、本研究において着目するMBSEは、システムを構成する要素をノード、要素間の関係性をエッジとしたリレーションネットワークによってシステムを表

現し、リレーションダイアグラムを通してSEのプロセスを進めていく新しい手法である。直感的で視覚的なリレーションダイアグラムを用いることで、共有性やトレーサビリティの面で優れたSEを実現することができると考えられている<sup>10)</sup>。

MBSEにおけるデファクトスタンダードなモデリング言語として、SysMLがある<sup>11)</sup>。これはソフトウェア開発における統一モデリング言語UMLを拡張したものであり、ソフトウェアモデリング的な要素を含むABMの設計に流用しやすい。本研究ではSysMLをベースとしながら、ABMの目的設定や検証項目またはモデルの詳細な構成や振舞いなどの情報を整理・共有する手法を開発する。これらは、Fig. 2の全体プロセスの中では左から2番目のノードに相当する。その際、著者らのグループが開発に取り組んでいるクラウド型システムモデリングツール<sup>12)</sup>を活用する (Fig. 4)。

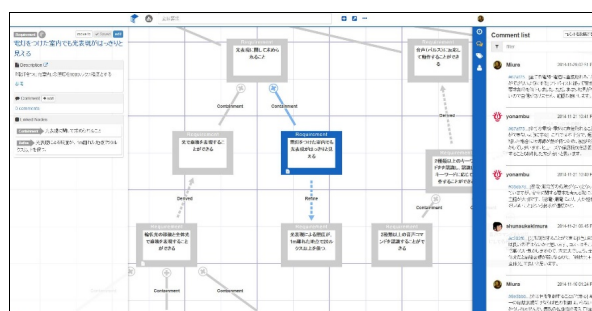


Fig. 4: クラウド型システムモデリングツール

このツールは、エンジニア同士またはエンジニア-ステークホルダ間のコミュニケーションに基づくシステムモデリングを支援するためのツールであり、クラウドを通じた共有だけでなく、更新通知、コメント、レビュー、差分表示などの、協働性を重視した機能を豊富に備えている。そのため、本研究における、非専門家や実務家らとのリレーションモデルの共有に活用することができる。

ABM構築に向けた具体的なリレーションモデリングの記述法については検討段階であるが、SysMLの要求図に基づく方法でABMの目的設定や問題定義、検証方法の整理などを行い、アクティビティ図やシーケンス図、内部ブロック図などに基づく方法でモデルの詳細仕様を共有することを想定している。ステークホルダ参加型のモデリングにおいてUMLを用いたモデル仕様記述を導入した先行研究<sup>13)</sup>があるが、本研究では上記のように、リレーションモデルを通じた協働を効果的に実践するためのツール開発まで踏み込んだ検討を行う。

## 3 試行実践

これまでに、2.1節で示したゲーム設計の手法を応用した提案について、研究機関における研究者のチームビルディングや協調学習における学習者の情報交換などをテーマとしたABMの試行を行っている。前者については学内の研究活動を支援する担当部署の職員に、後者については協調学習を実践している教員に、実務家としての立場からの協力を得た。Fig. 5に研究者のチームビルディングに関するABMを試行した際のペ

ーパープロトタイピングによる可視化の様子を示す。このケースでは、ホワイトボードシート、おはじき、白紙カード、付箋などを使用して、協力者とスムーズに対話を行いながら、素早く可視化しながらモデリングを行うことができた。



Fig 5: ペーパープロトタイピングの試行例

また、協調学習における学習者の情報交換などをテーマとした ABM<sup>14)</sup>において、artisoc を用いたパーティカルスライスおよびホリゾンタルスライスのプロトタイプ作成を試行した。Fig. 6 は協調学習においてお互いの文章を参照するエージェント行動部分に関するホリゾンタルスライスシミュレーションである。このプロトタイプを作成したことによって、ペーパープロトタイピングの段階では得られなかった議論やフィードバックを得ることができた。

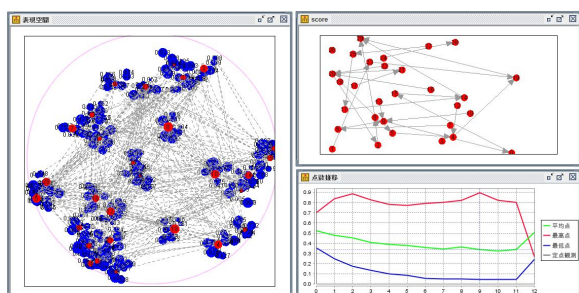


Fig 6. 試行実践におけるホリゾンタルスライス試作

さらに、2.2 節で示したリレーションモデリングの応用による目的の整理やモデルの詳細記述について、ABM とエージェントシミュレーションの構築を課題とした PBL 教育の中で試験的な実践を行っており<sup>15)</sup>、部分的にその有用性を示すことができた。今後はこれらの試行の成果に基づいて、提案内容をより具体化していく予定である。

#### 4 おわりに

本研究では非専門家や実務家の暗黙知・経験値を活用した効果的な ABM を実現するために、ゲーム設計およびシステム設計の手法の応用に着目した対話プロセスを提案し、具体的な方法論について検討を進めている。本稿ではその構想を紹介するとともに、先行研究に対する位置付けや試行実践の取り組みについて述べた。試行実践の結果、各々の提案手法に関して部分的な有効性があることを示すことができたが、提案プロセス全体に関する試行や、定量的な評価を行うには至っていない。今後はこれまでの提案と試行の成果にもとづいて、より具体化したプロセスを構築し、評価検証を進めていく必要がある。

#### 参考文献

- 1) 森俊勝：日本におけるマルチエージェントシミュレーション活用の動向，情報処理，Vol.55, No.6, 585/590 (2014)
- 2) M. Étienne : Companion Modelling - A Participatory Approach Supporting Sustainable Development , Springer (2014)
- 3) F. Bousquet, O. Barreteau, C. L. Page, C. Mullon and J. Weber : An environmental modelling approach -The use of multi-agent simulations, Advances in environmental and ecological modeling, Elsevier, 113/122 (1999)
- 4) 鳥居大祐, 石田亨：参加型モデリングとマルチエージェントシミュレーション，電子情報通信学会技術研究報告，人工知能と知識処理，No.104, Vol.133, 7/12 (2004)
- 5) 菱山玲子：マルチエージェントシミュレーションにおけるゲーミングの利用，情報処理，Vol.55, No.6, 557/562 (2014)
- 6) 三浦政司. 前波晴彦：メカニクスモデリングを活用したゲーミング教材の設計プロセス，経営情報学会 2015 年秋季全国研究発表会要旨集，B1-1 (2015)
- 7) J. Gibson : Introduction to Game Design, Prototyping, and Development, Addison-Wesley Professional, 125/140 (2014)
- 8) E. Dormans and J. Adams : Game Mechanics: Advanced Game Design, New Riders Press, 17/18 (2012)
- 9) 山影進：人工社会構築指南，書籍工房早山 (2008)
- 10) 西村秀和, 藤倉俊幸：モデルに基づくシステムズエンジニアリング，日経 BP 社 (2015)
- 11) S. Friedenthal, A. Moore and R. Steiner : A Practical Guide to SysML -The Systems Modeling, The MK/OMG Press (2008)
- 12) 三浦政司, 南部陽介, 他：システムモデリングとプルリクエスト駆動による分散共同開発の提案，第 13 回情報科学技術フォーラム論文集，第 1 分冊，121/122 (2014)
- 13) 杉本陽拓, 高橋真吾：エージェントベースモデル設計における仕様記述の方法の検討，計測自動制御学会第 7 回社会システム部会研究会 (2014)
- 14) S. Kiriyama, M. Murata, R. Yabe and M. Miura : Problem-Solving Method Utilizing Collective Intelligence, The 16th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, FM1-4 (2015)
- 15) M. Miura : Project Based Learning with Multi-Agent Simulation in Liberal Arts Education, The 3rd International Conference on Applied Computing & Information Technology, 242/247 (2015)