

# 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

○杉本陽拓 高橋真吾 (早稲田大学)

## Specification for Validation of Agent-Based Model

\*A. Sugimoto and S. Takahashi (Waseda University)

**Abstract**— Model validation of agent-based organizational model by stakeholders is necessary. However, it is difficult to explain model because of the complexity. Companion modeling is one way to support researchers for model explanation to stakeholders and validation with them to tackle complexity of nature system. In this paper, we will discuss how to define the model as model explanation and apply companion modeling to agent-based organizational model.

**Key Words:** agent-based modeling, gaming, conceptual model, specification

## 1 はじめに

エージェントベースモデリング&シミュレーション (ABMS : Agent-Based Modeling & Simulation) の実践において、具体的な組織状況を表現したファクシミリモデルを利用する際は実際の問題関与者を含めたモデルの妥当性の検討が重要である。しかし、社会システムのもつ複雑性を表現しているABMの構造を文章や口頭で過不足なく説明することは難しく、プログラムのソースコードを読まなければならないこともある。さらに、多くの場合は実際の問題関与者がABMSやプログラミングに関する知識が十分でない。そこで、ゲーミングなどを用いてモデル構築やシミュレーション過程に関与者を参加させるアプローチの研究が注目されている。<sup>1)</sup> 本研究では時間制約のある現実のビジネスの現場で関与者が対象ABMを理解し、検討を行う上で他の関与者やモデル設計者と認識の共有、円滑な対話を行うためにゲーミングを使ったアプローチを考える。

ゲーミングはシステムの理解の深化・共有の手法として知られており<sup>2)</sup>、ABMの理解促進の効果はすでに確認されている<sup>3)</sup>。また、モデル設計の過程にゲーミングを取り入れた関与者参加型アプローチとしてコンパニオン・モデリング (ComMod : Companion Modeling) が研究されている<sup>4) 5)</sup>。ComModは主に資源管理を目的としたマルチエージェントシミュレーション (MAS : Multi Agent Simulation) のために行われる。利害関係の異なるさまざまな立場の関与者を参加させたゲーミングを適宜行いながらモデルの検討を繰り返し進めていき、より洗練されたモデルの設計を行う手法である。

本研究ではComModの組織モデルへの応用を行う。ビジネス現場での実用を考えると、従来のComModのように年単位の時間をかけることはできない。本研究ではABMのプロトタイプがすでにある状態で、関与者がモデルを理解し、修正ができるアプローチを考える。関与者との協議によるABM修正案はABMの仕様記述への変更としてまとめられ、シミュレーションモデルに反映する。ABMの仕様記述については、概念レベルの記述から実装目的のAML (Agent Modeling Language) などさまざまな研究がされている。本稿では、本研究で目指すアプローチの要求に適したABMの仕様記述を検討する。

## 2 コンパニオン・モデリング (ComMod : Companion Modeling)

ComModは問題関与者の利害が異なる状況での客観的なMASモデルの構築手法である<sup>4)</sup>。資源管理を考える上で、利害の異なるさまざまな立場の関与者間での対話、認識共有、集団としての意思決定、よりよい意思決定を行うための学習を目的としている。

ComModでは関与者に対し、ロールプレイングゲーム (RPG : Role Playing Game) とインタビュー (モデルの検討) を繰り返し行う。そのゲームの役割は、関与者のモデル (または問題状況) の理解と、相互作用により引き起こさせる個々のエージェント (関与者) の挙動の調査の2つがある。ゲームは特定の問題状況の要素を理解させるためのビジネスゲームの場合もあるが、モデル構築がある程度進むと、モデルを模した (意識した)、モデルと同じ概念モデルをもつゲームを採用するが多い。

モデル構築において、ゲームやインタビューなどで得られた情報の関連付けは非常に重要である。ComModでは統一モデリング言語 (UML : Unified Modeling Language) を用いて概念モデルを記述する試みがなされており、関与者やモデル設計者とのモデルの認識の共有にも有効であることが認められている。

## 3 ComModの組織モデルへの応用

ABM理解促進のためにゲーミングを用いるアプローチでは、ゲームプレイ後のディブリーフィングの過程でモデル自体の妥当性に関する議論がなされたが、モデルの変更・修正のアイデアを短時間でモデルに反映させる手段がなかった。本研究で提案するアプローチはComModの組織モデルへの応用し、関与者によるモデル評価の後にモデル修正を行う、ゲーミングを用いた具体的な組織状況を表したABM構築の関与者参加型アプローチを考える (Fig.1参照)。従来のComModによるモデル構築には年単位の膨大な時間がかけられていたが、ビジネス現場への導入を考えるとComModのプロセスをそのまま適用するのは時間の面で現実的ではない。ビジネス現場での時間制約を考慮し、参加者の時間拘束を極力小さくするために本アプローチではABMのプロトタイプ作成から作成されたゲーミングを実行した後にABMを修正するプロセスを主な研究対象とする。ゲーミングにより関与者にモ

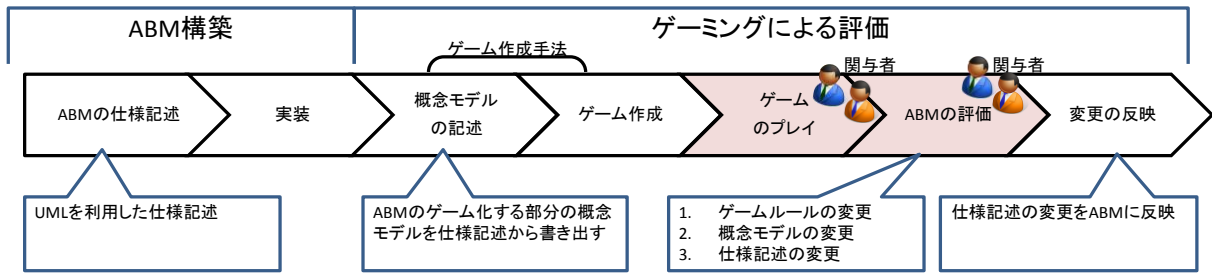


Fig. 2: モデル修正の流れ

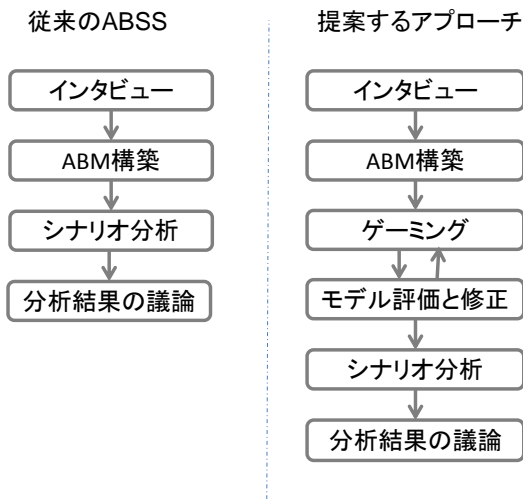


Fig. 1: 提案するアプローチの流れ

デルを理解させた上で、ComModのゲーミングを利用したモデル検討サイクルを任意の回数行う。すでにABMがあるために、ゲーミングは最低1回の実施で済むためにComModと比較して実行時間を大きく縮めることができる。ABM理解促進のためのゲーミングについてはすでにその手法と効果が認められており、ゲーム作成の手順も用意されている<sup>3)</sup>。これは関係者に特に理解させたいABMの要素を含むABMのメカニズムを概念モデルで表し、同じ概念モデルをもつゲームに変換する手法である。ゲーム作成には職人芸的な側面、経験やひらめきを要するために何の手がかりもないままゲーム作成を行うことは難しい<sup>6)</sup>が、ComModにはゲーム作成において決まった手順はない。本アプローチではこのゲーム作成手法を利用することで、短時間での品質の安定したゲーム作成を図る。

本アプローチは、(1) ABMの仕様記述、(2) ゲームの作成、(3) ゲーミング、(4) ABMの検討、(5) ABMの修正、の手順で行う (Fig. 2参照)。関係者が参加するのは(3)、(4)の段階である。関係者との協議によって得られたABMの修正案を正確かつ迅速にシミュレーションモデルに反映させるために、修正案はABMの仕様記述の修正として記述する。これは実装担当者とモデル設計者が異なる場合に両者との間に起こりうる認識の相違の排除とシミュレーションモデルの修正箇所の明示化という2つを目的としている。

#### 4 使用するゲームの作成

前述のゲーム作成手法は、ABMと同じ概念モデルをもつカードゲーム作成の手引きである。ABMとカードゲームの両者がオブジェクト指向の状態遷移モデルとして記述することができることを利用している。数あるゲーム形式の中でカードゲームとして実装するのは、オブジェクトの定義がしやすいためである。また、実行フローの類似性があげられる。ABMは並列計算処理ができなく、ある時点で区切って時間の同期を行う。この手法ではUMLを用いてモデルの記述を行うが、UMLもまた並列計算のモデルには対応していない。カードゲームはこういったモデルの実行フローと類似しているためにABMとの対応付け、整合性をとることが容易である。実際の問題状況と異なる世界観のゲームで問題状況のメカニズムを体験することで、先入観なく客観的に問題状況を理解することができることが考えられるが、カードゲームであれば世界観の変更も容易である。

このゲーム作成手法はゲーム上のABMの要素の絞り込みから始まる。ABMのすべてをゲームで再現すると複雑になりすぎてしまい、意図通りの学習が妨げられたり、ゲームの実行自体が難しくなってしまうりする可能性が高くなる。そのため、ゲームはABMの特に理解させたい要素を再現する対象とする。なお、ゲームのサイズはABMより小さくなるが、モデル理解の上でゲームがABMの全てを再現する必要はない。ゲーミングを行うと、関係者はゲームで体験したこと以上の気づきを得ることができる。実際の問題状況の理解を深めるとともに、何がモデルで表現されているのか、モデルと現実の違いを理解することができるため、ゲームが仮にABMの一部しか再現していないとしてもゲームを通じてモデル全体の評価を行うことができる。むしろ、問題状況やモデルの複雑性を取り払い、重要な部分のみをゲームで体験することで、モデル理解がかえって促進されることもありえる。

ゲーム化する要素が明確になったらそれらを概念モデルとしてUML (クラス図, ステートマシン図, シーケンス図, アクティビティ図) で記述する。UMLの表現をゲームの言語に置き換え、カードゲーム原型と呼ばれるカードゲームの典型的な流れを当てはめることでゲームの骨格を作る。その後、具体的なカードの種類や枚数などのルールの詳細を定めてゲームを完成させる。

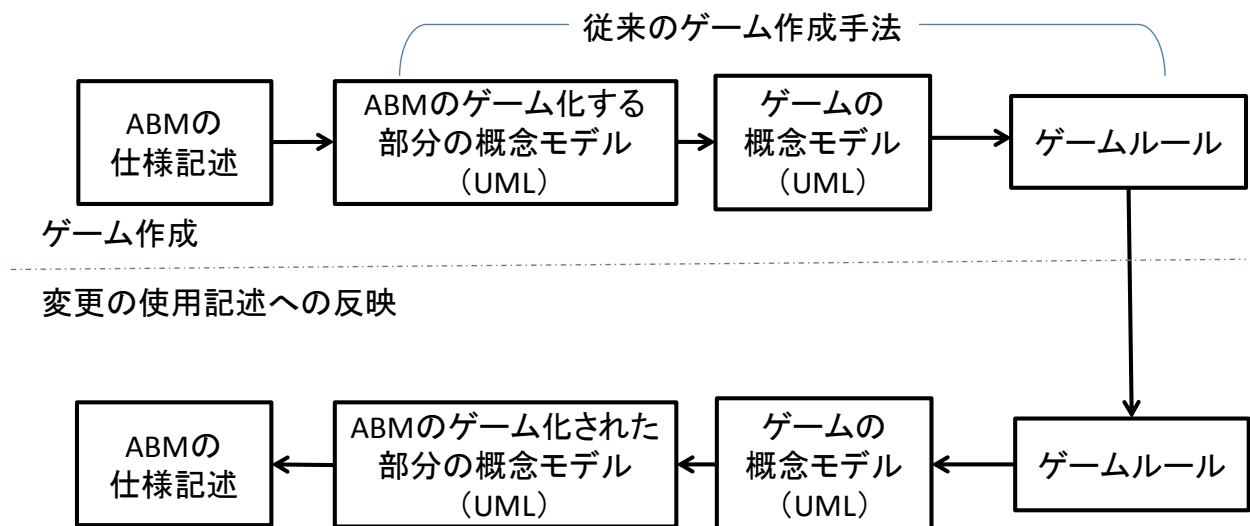


Fig. 3: モデル記述と修正の流れ

## 5 関与者によるモデル評価

モデル関与者によるABMの妥当性評価はゲームプレイ中から行われる。また、ゲームで表現されているのはABMの特に重要な部分であり、これをシンプルに検討することができる。ゲーミングでの気づきを議論する際にはABM全体の仕様記述ではなく、ゲームの概念モデルを参照するのが良いと考えられる。他に、ゲームルールを変更し、再びゲームをプレイして吟味することも可能である。

これらの修正をABMの仕様記述にまとめるプロセスを (1) ゲームルール、(2) ゲームの概念モデル、(3) ゲーム化した部分のABMの概念モデル、(4) (元となる) ABMの仕様記述、の順の修正とする。これはゲーム作成での記述プロセスの逆であり、最も自然に修正を伝達できる手順と考えられる。修正した対象から (4) のABM全体の仕様記述までこの順で変更を反映させていく (Fig.3 参照)。

## 6 仕様記述

### 6.1 本アプローチで求められる仕様記述

組織モデルではエージェントの学習が特徴の1つであり、ComModの従来の対象領域と構造が異なる。したがって、エージェントが適応的に学習する状況を表現するABMの仕様記述法を考えなければならない。

また、本アプローチで求められるABMの仕様記述は、その利用目的から (1) ABMの本質的な挙動を表現したものであること、(2) モデル設計者や実装担当者が最終的なABMの仕様記述からシミュレーションモデルへの反映が容易であること、を満たす必要がある。このことから、仕様は概念レベルであるが、詳細な記述をする必要がある。

また、前述の理由からゲームから着想を得たABMの修正をABMの仕様記述に容易に反映できるようにする。修正されるゲーム作成過程で記述された概念モデルがUMLの図で表されることから、ABMの仕様記述との関連付けをする上でこれらUMLの図の利用が妥

当であると考えられる。

ABMの仕様記述とゲーム化される部分のUMLの記述が対応することはゲームの記述からABMの記述への変更の伝達だけでなく、ABMの記述からゲームの記述の導出が可能であることと同義である。ABM全体の仕様記述からゲーム化する部分の記述を導出することができればABMと整合性のとれたゲームの作成がより容易になり、かかる時間的負荷を減らすことができる。そのため、2度目以降のゲーム作成も迅速に行うことができ、モデルの再評価だけでなく、ゲーミングシミュレーションの実行も容易にできるようになる。

### 6.2 UML による仕様記述の必要性

UMLはモデル記述言語としてすでに広く普及しており、記述法として洗練されている利点がある。

複雑系モデルを構築するにあたり、因果ループ図やストック/フロー図がある。因果ループ図は要素間の依存関係を記述する記法である。ストック/フロー図は特定の要素に関連する相互作用を記述する。ABMの仕様記述で必要と考えられるシステムの様相において、ゲーム作成時に概念モデル記述で利用する4種類のUML図と因果ループ図、ストック/フロー図の役割をまとめた (Table1参照) <sup>7)</sup>。

因果ループ図は非常に簡単な記法で誰にでも書きやすく、理解がしやすいという利点があるが、システムの構造の記述においてはオブジェクト間の関係の表現が不明瞭である。また、システムの挙動がどのようなプロセスで行われていくのかわからないという問題もある。ストック/フロー図は特定要素に関連する相互作用とその影響を直感的に記述できるが、状態遷移については記述できない。そして、何より因果ループ図とストック/フロー図は記述が定性的かつ曖昧で正確性に欠けたり、見る者によって解釈が異なってしまったりする (誤解を生む) 可能性がある<sup>8)</sup>。そのため、これらの図はゲームプレイ後のディブリーフィング過程で導入し、関与者との問題状況の整理や議論においては有効である可能性があるが、実装を踏まえた最終的な仕様記述には厳密な記述が可能なUMLでの記述

に書き換えていく必要がありそうである。

Table 1: 仕様記述言語の役割比較

		役割			
		構造	状態活動	相互作用	プロセス
UML	クラス図	◎			
	ステートマシン図		◎	△	
	シーケンス図			◎	
	アクティビティ図				◎
因果ループ図		△	○	○	
ストック/フロー図			△	○	

## 7 今後の課題

今後の課題として、まずABMの仕様記述の方法を定めることが挙げられる。修正を適切にモデルに反映させるためにはいくつか課題が残る。ゲームではエージェントの役割をプレイヤーが担うためにゲーム設計で利用される概念モデルにはエージェントの意思決定ルールの記述がない。また、シミュレーションモデルでは扱わないエージェントなど主体となるオブジェクトの状態の記述もゲーム上重要な役割を持っている。

そして、ABMの仕様記述とゲーム作成に用いる概念モデルの対応付けを行う。そのためには、ゲーム作成時に概念モデルの記述がABMの仕様記述から導出できるようにゲーム作成手順の調整が必要である。なお、これによりゲーム作成にかかる時間や手間が減るといふ利点も考えられる。ゲーム作成の時間が減ることで、ゲームのルールの大幅な変更に対しても試験することが容易になる可能性が大きくなる。

## 参考文献

- 1) 滝沢, 後藤, 高橋: 関与者の受容性促進のためのABSとゲーミングによるハイブリッドアプローチの検討, 計測自動制御学会 システム・情報部門, 第2回社会システム部会研究会, 51/56 (2012)
- 2) 兼田: 社会デザインのためのシミュレーション&ゲーミング, 共立出版株式会社 (2005)
- 3) 後藤, 杉本, 滝沢, 高橋: ゲーミングを活用した複雑なエージェントベースモデル理解促進の方法論, システム制御情報学会論文誌, 27 (7), 290/298 (2014)
- 4) F. Bousquet, G. Trébuil, and B. Hardy: Companion Modeling and Multi-Agent Systems for Integrated Natural Resource Management in Asia, IRRI & CIRAD (2005)
- 5) M. Étienne: Companion Modelling - A Participatory Approach Supporting Sustainable Development, Update Sciences & technologies (2011)
- 6) 後藤, 滝沢洋介, 高橋: エージェントベースモデルの理解に関するゲーミングの役割の考察, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 (SSI2012), 438/441 (2012)
- 7) H. E. Eriksson, M. Penker: UMLによるビジネスモデリング, ソフトバンクパブリッシング株式会社

- (2002)
- 8) D. C. Lane: The Emergence and Use of Diagramming in System Dynamics: A Critical Account, Systems Research and Behavioral Science, Vol.25, 3/23 (2008)