

4

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

基
専

■ 菱山玲子 早稲田大学理工学術院

ゲーミングの背景と狙い

我々は身近な暮らしの中で、さまざまな問題に直面している。

一面倒を見ることができなくなった外来種のペットを川に捨てる人が後を絶たず、本来の生態系が崩れ、川に住む固有種が絶滅の危機に瀕している。一景観や自然環境を大切に守ってきた地区に、異質なデザインの商業施設が建設され、昔からの風情ある町並みや住環境が台無しになってしまった。

これらは、我々が生きる身近な社会に、他者や環境との関係性を考える上で避けがたい問題が存在していることを示す典型的な事例である。非協力的な人々の行動を規定している要因はいったい何か、人々の協力的な行動を誘発するためには、どのような方法が有効なのか—こうした問いにアプローチするためには、社会的な規範やシステムの見直しが必要になるかもしれない。あるいは、人の道徳心や倫理感、正義感に変化をもたらすことで態度の変容を促すような動機づけを行うことが有効かもしれない。こうした問題を解決するうえで、マルチエージェントシミュレーションとしてのゲーミング（本稿ではこれを特に、マルチエージェントゲーミングと呼ぶ）は、有効な解析手段の1つになると考える。

マルチエージェントシミュレーションについては近年、頻繁に解説記事^{1), 2)}で紹介され、研究も盛んに行われている。マルチエージェントシミュレーションでは、ソフトウェアとして記述されたマシンエージェントによってシミュレーションを行う。この方法により、交通システムや経済・市場モデル、意思決定メカニズムなどの社会的な状況の再現や、社会的課題に対する理解や解決が試みられている。

近年では、マシンエージェントだけではなく、仮想空間で人の参加を伴うタイプの参加型シミュレーションも行われている。

一方、ゲーミング（ゲームを行うこと）ないしゲーム（その実行ツール）が学術的な解説記事で紹介される機会は少なく、近年までその方法も経営政策科学やオペレーションズリサーチ、都市工学など一部の分野の文献に見られるのみであった。ゲーミングの起源は第二次世界大戦時の軍事行動の机上演習にあるとされ、これがエンタテインメントとしてのゲームへ発展する一方、教育のためのゲームや、社会の現象やプロセスの表現を通して問題解決を考えるためのゲームへも発展したとされている。ゲーミングないしゲームとは何かということについては、さまざまな見方がある。システムを解釈するためのシミュレーションツール、ゲーム理論の拡張としての記述、教育手法、ロールプレイによる社会的プロセスとの相関の把握、学際融合を実現する手法、大衆の娯楽としてのゲームなど、多様な説明が存在することを前提に、1974年にゲーミングに関する体系的な解説³⁾を著したRichard D. Dukeはゲーミングを、「コミュニケーションの一様式」と結論づけている。人によるコミュニケーションを扱ってきたゲーミングは、マルチエージェントシミュレーションにおける社会や組織の問題を、そこに参加して何らかの役割を体験する人の目線から扱うものといえる。この点で、ゲーミングは、ロールプレイを利用したマルチエージェントシミュレーションの一形態である。逆にマルチエージェントシミュレーションから見ると、人の参加を得ることで、研究者がそれまで得られているモデルからは想定することができなかった新たな相互作用に関する知見を獲得でき

る可能性がある。本稿で取り上げるのは、こうした役割体験（ロールプレイ）を担うプレイヤーによる参加空間を用いた、コミュニケーションとしての相互作用を伴うマルチエージェントシミュレーションの一例である。

その狙いは、以下にまとめられる。

- 1) 研究者（実験遂行者）や実践者が、対象問題において操作可能な変数を扱いながら人の参加を伴う実験環境をコントロールし、社会性のある問題の主題を再現する。
- 2) 参加者（何らかの役割を果たすことを通して、問題に巻き込まれる体験を担う人）の視点から問題の捉え方を知るとともに、研究者から見た現象に対する理解を推し進める。
- 3) 研究者によるゲームの過程や結果の観察、参加者による体験の双方向の知見を活かし、問題解決のための「構造的方略と心理的方略」⁴⁾を導出する。
マルチエージェントシミュレーションの利用により蓄積されてきた技術や方法論は、ゲーミング実験を実行するうえでも役立つものであり、この点で、マルチエージェントシミュレーションとゲーミングは相補的な役割を果たし得ると考える。以降、本稿前半では、マルチエージェントゲーミングについて、その位置付けや実験環境を紹介し、後半では利用事例を紹介する。

マルチエージェントゲーミングの位置付け

マルチエージェントゲーミングの特徴は、以下のよう整理できるだろう。

1. 何らかの役割を担う参加者間の相互作用（コミュニケーション）がある
2. 問題が時間軸を伴う文脈（シナリオ）として構成され、表現されている
3. 何らかのジレンマ状況ないし対立的状況が設計されている
4. 参加者自身が把握可能な（インナーゴールを含む）ゴールが目標として設定されている
5. 集団の共通理解としてのルールが存在する

6. 実施の目的として、研究者や実践者から見た問題理解や解決のための方略の探索、参加者自身から見た体験による問題の捉え直しといった、多面的な側面を有している

マルチエージェントゲーミングはリアルエージェント（人）のみにより実行される場合もあれば、人に加え、設計者により記述されるマシンエージェントを含むハイブリッドなマルチエージェントの系として実行される場合もある。従来のマルチエージェントシミュレーションの技術を踏襲するものの、発展的にゲーミングが注目するのは、人がどのように問題を捉え、問題に対しどのように振る舞うのか、どのように他者とインタラクトするのか、ということである。その狙いは、社会問題に対する人々の行動やその要因の究明にある。加えて、問題が存在する現実の社会（フィールド）で有用な問題解決の方略発見へのこだわりもある。

人々の行動やその要因を明らかにするため、ゲーミングでは、フィールドの人々や環境とのインタラクションを含む体験の本質的な部分をコントロール可能な変数として取り出し、人による行動を起点にデータを取得し分析するアプローチをとる。実行時にジレンマ状況や対立的状況を参加者自身の目線（体験）として呈示することで、必ずしもフィールドの自然な状況が作り出せない場合であっても実験のリアリティをできるだけ担保しつつ、より現実に近い状況に接近することで説明力を高めようとする。

たとえば、（規範や倫理の逸脱を犯し、後ろめたな気分を抱えながら）他者と比べて自分だけが利得を得る感覚、（他者にとって不快と分かっているものの）私的な利益を優先して他者に不快感を与えざるを得ない感覚など、人は役割体験からこれらを自身の体験として得ることができる。これらの体験はしばしば、「かつて体験したことがあるような」過去の自身の追体験として呈示されることもあれば、自身ではない立場の人の役割を担うことでその人の思いを背負う体験として呈示されることもある。参加者は役割体験によって実感を伴う納得を得ることができ、これが参加者自身の自然な振舞いを担保し

④ 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

ている。ゲーミングが教育の現場で用いられる場合、こうした参加者の実感を伴う体験が、学習を促すトリガとなる。

一方、現実社会との対応におけるモデルの適切性という点では、実験としてゲーミングを用いる場合、本質的な情報の抽象化と比してコントロールの厳密さが優先される傾向にある。参加する人々の役割に基づく行動ないし意思決定を通して、設計者が意図した条件のもとでの変化がその意図どおりに発現されるかどうか、という点が、ゲーミングのモデル設計のポイント

になるだろう。マルチエージェントシミュレーションが理論に基づくモデルの実行によって「理論の反証可能性を強化する手法」と位置付けるならば、ゲーミングは実験の設計者によってコントロールされた環境での「理論や仮説の重要性や実践性を強化する手法」と位置付けることができる(図-1)。

そもそも、人に対する実験は心理学分野では従来から行われており、実験室での実験結果を再びフィールドへ戻すかたちで再検証を行うことが比較的容易である。研究者による現象の観察、参加者自身の振り返りの両方を活かした方法という点では、アクションリサーチの方法論の1つと位置付けることもできるだろう。このように、マルチエージェントゲーミングは、現実社会の本質的な側面をモデルによって記述するマルチエージェントシミュレーションに、社会学や心理学分野で行われてきたフィールド研究や実験室実験を融合するものと位置付けることもできる。

なお、ゲーミングの対象問題は、本稿の冒頭に挙げたような他者と環境との関係性にまつわる社会的なものを中心となっている。ゲーミングでは、こうした社会的な関係性やインタラクションを扱うサイズとして、2～6名程度の小集団を1単位として実

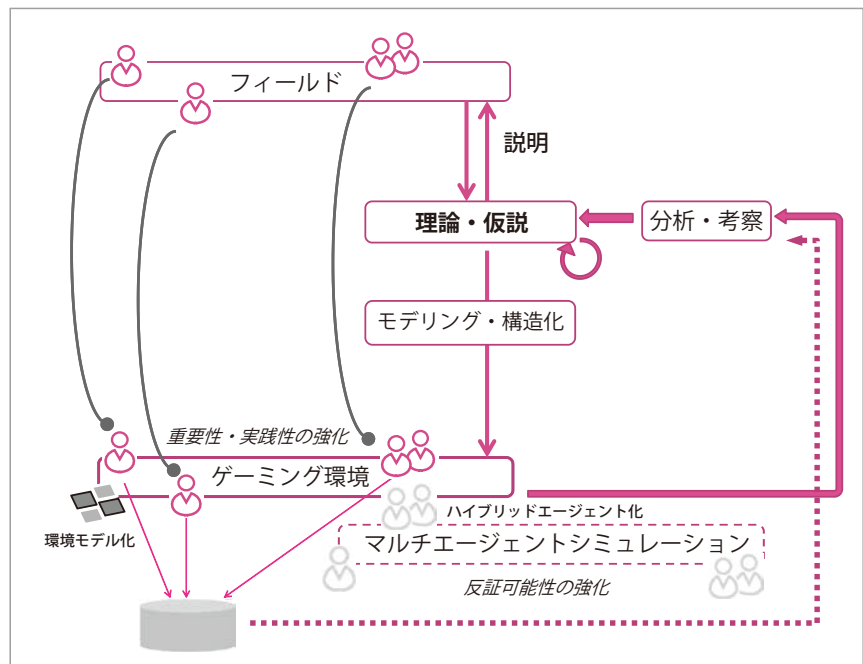


図-1 マルチエージェントシミュレーション、ゲーミング環境と探求手法との関係

験を行うことが一般的であるが、大規模実験ではマシンエージェントを含むハイブリッドな実行環境も活用されている。こうした社会性のある問題を扱うゲームは特に、娯楽とは異なる要素を扱う点でシリアスゲームと呼ばれるが、ゲームの実行空間では、そのシリアス性(たとえば、社会に生じる問題事態の深刻度合い)をコントロールすることが可能である。マルチエージェントゲーミングはこのシリアス性を制御しながら、エージェントや人に生じる現象変化を手がかりに、人の自然な認知や行動を担保しつつ、行動を誘因・促進する要因の特定や個人・集団に生じる葛藤や協力・共存関係の在り方にアプローチする技法と解することができる。

ゲーミングのための実験環境

自ら注目する社会問題にまつわる理論や仮説を検証したい研究者や学生にとって、扱いやすい探求の道具は不可欠である。しかし、コンピュータを用いて行うエージェントシミュレーションやゲーミングは一般に誰もが簡単に作成し実験できるものではなく、情報処理や計算機科学を専門としない人々にはしばしば技術的な困難を伴い、開発コストを要する。この敷居の高さを解

消するため、これまでマルチエージェントシミュレーションを容易に実行するための数々のシミュレーション言語やツールキットが提供されてきた。これらの詳細は市川らによる解説²⁾で紹介されているが、実行空間で役割を担う人の参加が想定されたものは限られ、利用にはローカルな環境設定が必要となるなど課題も多い。

これらの課題とユーザ負担を克服するため、筆者を含む研究グループ（早大・東邦大・京大）は長

期的な社会問題理解と解決の視点に立ち、マルチエージェントのためのゲーミング基盤 MAGCruise (Multiagent Gaming Cruise)⁵⁾を開発し公開している。MAGCruiseとは、多様な考え方や嗜好を持つ人々が一隻のクルーズ船に乗船して出会い、交流しながら時を共有し、晴天の日も荒天の日も共にまだ見ぬ土地へ航海を続ける、という趣旨でネーミングされた愛称であり、時間の流れ、環境の変化や人々のインタラクションを包含したイメージを表現している。

MAGCruiseはシナリオ記述言語 Q⁶⁾を利用しており、シナリオと呼ばれる簡易なエージェント間のインタラクション記述によりマルチエージェントの系によるゲーム実験を行うことが可能である。記述されたシナリオはクラウド環境で管理されており、実験遂行者・参加者とも、ネットワークに接続されたブラウザ搭載端末さえあれば、デバイスに依存せず、どこからでもゲームの開発や実行、ゲームへの参加が可能である（図-2）。

また、クラウド上でゲームのシナリオを作成するための開発環境、ゲームの保管、共有、流通、再利用を可能とするゲーム登録機能、ユーザ管理機能やヘルプ機能も提供されている。現在、MAGCruise

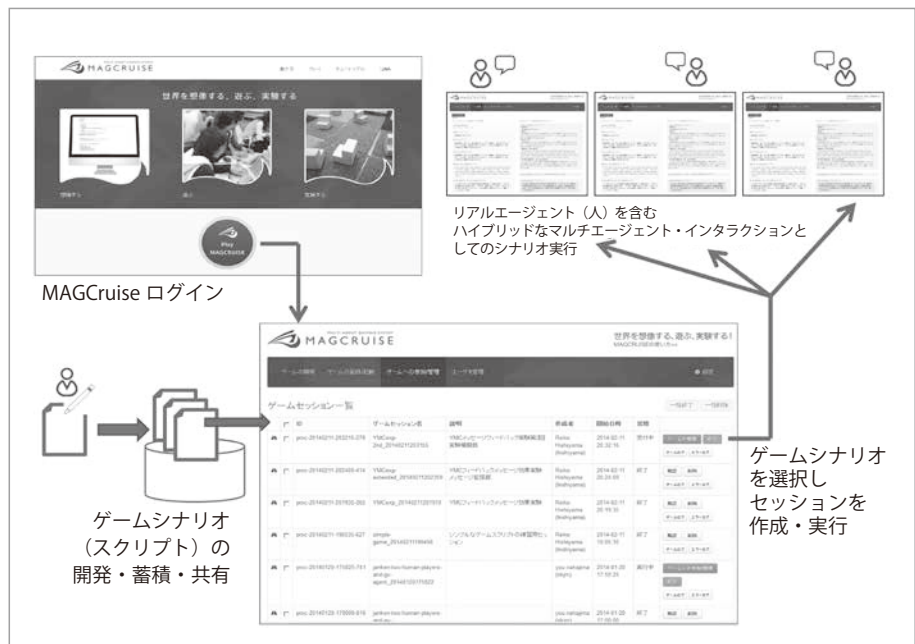


図-2 MAGCruiseによるゲーム実験の流れ

では次章で紹介する2つのゲーム事例のほか、実験経済学の代表的な研究モデルの1つである最後通牒ゲームのシナリオなどをテンプレートとして公開しており、利用者はこれらを活用し、軽微なシナリオの改変でさまざまなパターンの実験を行うことができる。

また、MAGCruiseは、言語の異なる参加者をグローバルに参加させることを前提に言語グリッド⁷⁾と接続しており、多言語化されたインタフェースと機械翻訳サービスを利用したインタラクション機能を提供している。参加者はログイン時に母語を選択することで、母語による実験参加が可能である。

次章では、実際の問題解決へのアプローチとして、2つのマルチエージェントゲーミングの適用事例を示す。

マルチエージェントゲーミングの適用事例

■ 漁業ゲーム実験

このゲームは、共有地の悲劇としてしばしば取り上げられる経済学分野のモデルがモチーフとなっており、自由な水産資源（魚）の漁獲による資源の枯渇を扱ったものである。ゲームにおいて、参加者は

④ 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

漁師の役割を担って漁に出るが、各々の漁師が自由に漁を行えば漁師たちにとって生活の糧である魚が減少し、やがて失われてしまう。一方、自身の漁獲量を減らせば他の漁師に自分が獲るべき魚を奪われ、収入が減り生活が困窮する。この社会的なジレンマ状況を再現し、漁師たちの非協力的な行動から水産資源が劇的に減少する問題状況の再現と、その問題解決のための方略の探索を行うことが、ゲームの目的である。非協力的な状況からどのように協力関係を創出するか——経済学分野で定式化による解に基づく戦略の獲得も試みられているが、本事例ではゲーミングによる実験から、行動の有りようや態度の変容をシミュレートした。また、チャット機能を併用することで、参加者全員に適用される漁獲量の総量規制や参加者単位の漁獲量規制の取り決め過程、説得と合意から全員で一定期間の禁漁を取り決める過程などの交渉過程を、ログとして記録した。このゲームを行うと、交渉の取り決めに従い自身の漁獲量を忠実に抑制する参加者がいる一方で、全員で合意した漁獲量を見捨てて利己的に魚を漁獲し続ける参加者が出現した。研究者はこれらの記録からこの問題を取り巻くシナリオの探索を行い、交渉パターンや意思決定としての漁獲行動に関する分析にとどまらず、問題解決のためのルールや方略に注目した実験を展開した。たとえば、仮想的なライバルとして他地域の漁業組合を導入すれば同じ組合内の参加者同士の協力行動が獲得できるかもしれない、禁漁期間に適用される行政からの無利子貸付金制度を導入すれば全員が禁漁に合意できるかもしれない、密漁者の監視とペナルティ制度を導入すれば漁獲量規制が守られるかもしれない、といった仮説の検証である。こうした実験

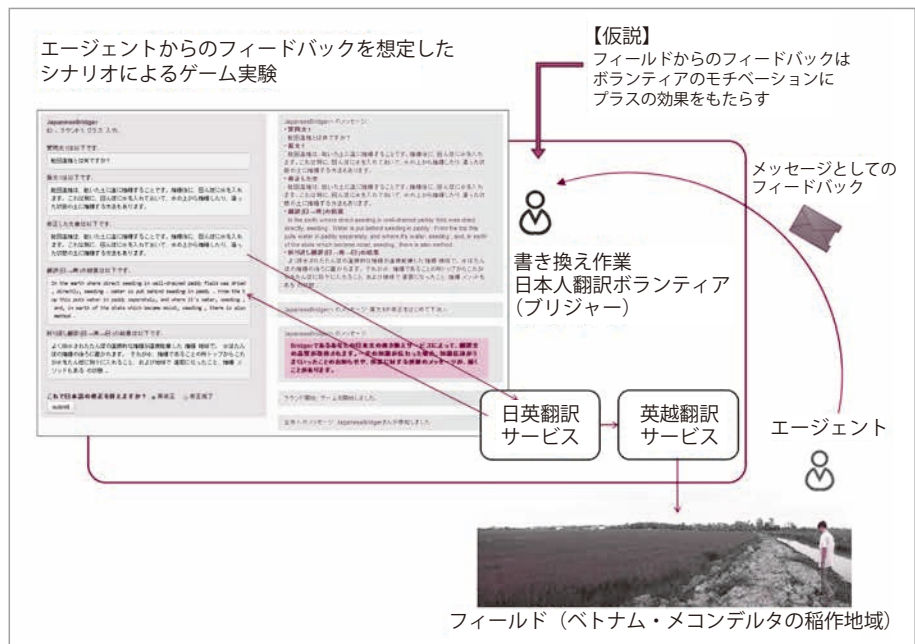


図-3 知識コミュニケーション実験の概要

の展開から、漁業関係者がとり得る方略の有効性を評価することができた。一方、参加者にとっては禁漁を決める漁師に対する心情的な理解や、総量規制や禁漁を取り決める困難さを知るよい機会となった。

知識コミュニケーション実験—翻訳サービス支援ボランティアへの動機づけ方略の検討

このゲームは、日本の豊かかつ高度な稲作の専門知識をベトナム農村部へ届ける国際 NPO 法人パンゲアの翻訳支援ボランティアの活動において、問題解決の方略を得るためのものである。稲作の専門知識は日本人の専門家により日本語で記述されており、これを現地に伝えるため、ボランティアが機械翻訳サービスを用いた翻訳支援を行っている。しかし、この翻訳支援作業では長期の作業モチベーションの維持が難しく、その動機づけをいかに行うかが課題である。NPO 団体のボランティア経験者を対象に行われた質問紙調査では、「サービスの受け手やユーザからの感謝の言葉」がやりがいにつながっていることが分かっており、ゲーミング実験で、感謝のフィードバックが本当にボランティアの動機づけ、やりがいや満足度の向上につながるのかを、メッセージによるフィードバックの効果やボランティアの

満足度を分析することで調べることにした (図-3)。

実験の参加者は翻訳支援ボランティアという役割を与えられ、稲作知識に関する10文について、良質な翻訳文を届けるというゴールを与えられる。この10文には、専門用語や良質な翻訳結果を得ることが難しい複雑な構造の文が含まれており、期待するような翻訳が得づらい体験が呈示されるように考慮されている。1文の作業が終了すると、その出来栄により知的エージェントから感謝の言葉などのフィードバックが提供される。

この実験を行った結果、何らかのメッセージによるフィードバックがあったほうがよい、メッセージにやりがいを感じる、という回答を寄せた参加者が全参加者の8割を超え、何らかのフィードバックが、参加者にとって有益かつ効果的であることが分かった。しかし、追加的に分かったことは、作業の出来栄に対する自身の実感とフィードバックされるメッセージの内容とはある程度一致している必要があり、これが一致しない場合は(たとえば、よい翻訳を届けたという実感が無い文に対して受け手から感謝のメッセージが届いても)そのメッセージには価値を感じられず、やりがいを実感しづらい、ということであった。さらに、フィードバックがない場合と比較して、フィードバックされるメッセージが仮に知識伝達の失敗を意味するものであったとしても、フィードバックの存在は参加者から見て客観的な作業評価の把握につながり、やりがいを生み出すものとして一定の意味を持つことが分かった。現在、この知識伝達フローにはボランティアたちへのフィードバックの仕組みが備わっていない。しかしこの実験から、ボランティアによる作業の持続可能性を高める方略として、知識伝達フローにフィードバックの仕組みを追加することが有益である可能性を得た。

探求方法としての課題

本稿では、マルチエージェントシミュレーションの1様態としてのゲーミングを紹介した。今後多くの事例を蓄積することで、問題解決を必要とする社

会的な課題に実践の立場からアプローチすることが可能になるだろう。一方で、探究の方法としての普及はこれからといってよい。マルチエージェントゲーミングは、数理モデル化が容易な従来技法と比べて厳密な理論化に弱く、実験で扱われる本質的な部分の適切性、インタラクション記述の妥当性の評価においても困難さを抱えている。これらの課題の一部はエージェントシミュレーションが抱える課題とも共通しており、マルチエージェントシミュレーションと両輪での研究が必要である。技法としては、社会への深い洞察や、人や組織の役割・環境を記述する力が要求される一方、実践としての評価も求められる。この点で、情報処理の専門家のみならず、信頼する探求の方法の1つとして人による実験を積極的に採用している心理学や実験経済学、フィールドの問題を扱う社会学分野の専門家との連携が不可欠である。

参考文献

- 1) 人工知能学会誌:特集 エージェント, Vol.28, No.3 (2013).
- 2) 計測と制御:特集 社会シミュレーション&サービスシステムが目指す世界, Vol.52 (2013).
- 3) Duke, R. D.: GAMING: The Future's Language, Sage Publications (1974).
- 4) 藤井 聡:社会的ジレンマの処方箋, ナカニシヤ出版 (2003).
- 5) MAGCruise, <http://www.magcruise.org/jp/>
- 6) Ishida, T.: Q: A Scenario Description Language for Interactive Agents, *IEEE Computer*, Vol.35, No.11, pp.42-47 (2002).
- 7) 言語グリッドポータルサイト, <http://langrid.org/jp/>
(2014年2月20日受付)

■ 菱山玲子 (正会員) reiko@waseda.jp

早稲田大学創造理工学研究科経営システム工学専攻教授。京都大学情報学研究科社会情報学専攻修了。博士(情報学)。人工知能、知識コミュニティおよびコミュニケーションデザインの研究に従事。