

# エージェントベース・モデリングにおける質的研究法の活用に関する一考察

## On Use of Qualitative Research Methods in Agent-Based Modeling

後藤 裕介<sup>1\*</sup>  
Yusuke Goto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 岩手県立大学

<sup>1</sup> Iwate Prefectural University

**Abstract:** This paper introduces qualitative research methods used in agent-based modeling. Qualitative research methods are effective where modelers face with the uncertainties of agent behavior because they help modelers decide about agent behavior based on qualitative evidences. We demonstrate three kinds of problems on use of qualitative research methods in agent-based modeling: modeling cost, gap between qualitative evidence and agent-based model, and necessity of complementary approaches such as quantitative research methods. We confirmed that the three problems were recurring in our ongoing research activity.

### 1 はじめに

近年、多くの学会においてエージェントベース・シミュレーション (Agent-Based Simulation: ABS) に関する特集号が企画されているが、とりわけ工学系での企画が目立ち、現実と直面する具体的な問題に対する解決方法としての注目が高まってきているといえる [1, 2, 3, 4]。これまでの研究や実践から方法としての特徴は明確になってきており、ABS で「何ができ」「何ができないのか」の理解も浸透しつつある [5]。これらのことから、ABS 研究は実利用時代に入ってきていると考えることができる。

個別具体的問題に関して施策効果の予測を志向する ABS 実践においては、シミュレーションモデルは詳細に作り込まれた解像度の高いファクシミリモデル [6] となるのが自然と増えるだろう。しかしながら、現状ではファクシミリモデルの特徴である、諸パラメータやエージェントの意思決定モデルが実証的な知見に基づいて定められているものは少ない。傾向を確認するために、関連する研究会での発表の傾向を調べたところ ([7, 8, 9, 10] を対象とした)、何らかの具体的問題を取り扱っている ABS 研究 49 件のうち、(A) 諸パラメータの決定に実データの利用がなされているものは 29 件 (59%)、(B) エージェントの意思決定モデルが実証的なデータ・知見に基づき定められているものが 10 件 (17%) となっており、特に後者 (B) について

困難があることが予想される。

エージェントベース・モデリングでは、マクロレベルの動学を記述する数理モデルをミクロレベルから説明するエージェントベースのモデルへと展開するが、この際エージェントの意思決定モデルを定める必要がある。多くの場合、ある種の最適化原理や満足化原理、あるいは消費者行動論のような当該ドメインにおける有力理論を基に意思決定の数理モデルが構築されているが、特に個別組織・社会を対象とするファクシミリモデルにおいては、通常これらの理論では捨象されているローカルな文化や価値観などを考慮したモデルとする必要性が存在しうる。

本稿では、エージェントベース・モデリングにおける意思決定モデルの定式化に際して、ローカルな文化や価値観などを考慮する方法である質的研究法を活用することに関して考察する。第 2 節では質的研究法について簡単な紹介を行い、第 3 節ではエージェントベース・モデリングにおける質的研究法の活用例を紹介し、活用の意義と活用における課題を考察する。第 4 節では前節の考察に関して高齢化と人口減少に直面しながら復興によるまちづくりが行われている沿岸地域への次世代モビリティ導入効果予測の ABS を事例として確認を行う。第 5 節はまとめである。

### 2 質的研究法

質的研究とは木下 [11] の定義では簡潔に「質的データをを用いた研究」とされており、質的データと

\*連絡先：岩手県立大学ソフトウェア情報学部学部  
〒020-0693 岩手県滝沢市菓子 152-52  
E-mail: y-goto@iwate-pu.ac.jp

は「当該の研究テーマに関してディティールの豊富なデータ」と定義されている。本稿ではこの定義に従い議論を進めていく。このとき、質的研究法とは質的研究に関する具体的な方法を指す。ここでは代表的な質的研究法として、エスノグラフィー、ナラティブ・インタビュー、GTA (Grounded Theory Approach, グラウンデッド・セオリー・アプローチ) を紹介して、これらの方法に共通する特徴を述べる (各説明はフリック [12] を参考にしている)。

エスノグラフィーは文化人類学における部族・民族の文化や生活様式に関する調査に起源として、対象集団に固有の様式・文化等を明らかにすることを目的としている。通常長期にわたる対象集団への参与観察を通じて、研究者の関心のあるテーマに関するデータを収集し、解釈を通じて、集団における固有の様式・文化等に関する記述と説明が主たる成果となる。

ナラティブ・インタビューは被調査者の主観的な見方と実践の分析を目的とする。質問とそれに対する回答の形式で進行する通常のインタビューとは異なり、ナラティブ生成質問を被調査者に向け、被調査者のナラティブ (語り/物語) をデータとして用いることで、被調査者の経験・感じている世界の構造をそのまま把握することを狙う。

GTA は収集した質的データの解釈を系統的に行い、データに基づいた (grounded-on-data) 理論の構築を支援する方法である。暗黙で他者が追跡不可能になりがちである解釈・分析のプロセスを透明にすることができる。ここでの理論とは関心のある何らかのプロセスを説明するものであり、GTA の典型的な成果物は対象プロセスの因果的条件や文脈、結果などとそれらの間の関係性が定義されたモデルとして提示される。

これらの質的研究法に共通する特徴として、当事者の視点を尊重し、集団や個人に関するローカルな理論の生成を志向することが挙げられる。これは既存の理論や概念を当てはめて検証する研究の方法 (誇大理論 grand-theory と呼ばれる) とは異なり、不確実性の高い対象に関して少数の例だとしてもデータ (エビデンス) に基づいた分析を志向するものであるといえる。

### 3 エージェントベース・モデリングにおける質的研究法活用

#### 3.1 質的研究法活用例

エージェントベース・モデリングにおける質的研究法の活用は近年注目されており、論文誌 *Journal of Artificial Society and Social Simulation* でも 2015 年に「Using Qualitative Evidence to Inform the Specification of Agent-Based Models」[13] という特集が組まれ

ている。この特集での論文を中心として、前節の方法と関連する活用例を簡単に紹介する。

Yang と Gilbert [14] は図書館と高齢者介護施設を対象としたエスノグラフィーを実施して、これらの集団における人びとの文脈依存のルールを明らかにしている。そして、これらのルールをエージェントベース・モデルに組み入れている。その上で、実践から得られたエスノグラフィックなデータを使うことを想定した場合の助言を述べている。

Edmonds はナラティブデータからエージェントの行動モデルを同定する方法を提案し、農家の作物選択を例として方法を適用している [15]。この方法は CSNE (Context, Scope, Narrative Element) 分析と呼ばれ、(1) ナラティブテキストの収集、(2) コンテキストの同定、スコープの同定、ナラティブエレメントの同定、(3) ミクロレベルのエージェントの行動の同定、(4) エージェントのプログラムコーディングから構成される。

Neumann [16] は GTA を利用したエビデンスに基づくモデリングを中心とするアプローチを提唱している。イタリアのマフィアによる企業へのゆすり現象について、GTA を用いた分析においてオントロジーを援用することで、主体間の関係や行動の構成定義を支援している。

#### 3.2 質的研究法活用の意義

前項で紹介したの特集タイトルにあるように、エージェントベースモデルの決定において質的なエビデンスを活用することは有望であると考えられる。ビッグデータの利用が現実的になってきているとしても、人間の意思決定過程に関するデータの収集は依然として極めて難しい。このとき、研究者は不確実性に直面しながら、モデルの要素・構造・パラメータ値などに関する多数の決断を強いられている。質的研究法は人間の意思決定過程に関して、その人間自身が認識している主観的に内容に限定されるとしても、一助になることが期待できる。特に個別組織・社会を対象とするファクシミリモデルにおいては、個別状況の固有性を反映した意思決定のプロセスとしてモデル化することが多少抽象度の高いミドルレンジモデルとの本質的な違いとなる。このため、ファクシミリモデルの構築においては、ミドルレンジモデルで素朴に採用されている数理モデルでは捨象されるようなローカルな文化や価値観などのある種の非合理性を考慮したモデルとすることがポイントとなる。このとき、根拠に基づく決定はミクロレベルでの妥当性につながると考えられ、この点において質的研究法の活用は大きな意義があると考えられる。

### 3.3 質的研究法活用における課題

前述のようにエージェントベース・モデリングにおける質的研究法活用には大きな意義がある一方で、(1) 時間的コスト、(2) 質的研究法から得た知見とモデルとの間のギャップの存在、(3) モデル同定における不十分さなどの課題も認識されており、今後これらの課題解消がより活用の普及のためには必要となると考えられる。

(1) 時間的コストの課題はとりわけ深刻である。質的研究法は一般にいわゆる量的研究法に比べて研究成果が出るまでの期間が長いことが知られている。一方でファクシミリモデルが範囲とするのは個別具体的問題であり、自然と研究成果を要求されるまでの期間は短いことが想定される。特に理論生成において理論的飽和に至るまでには分析とデータ収集を行き来することが想定されているが、ABS研究の全体プロセスを参照したときにモデリング以降のプログラミング、Verification & Validation、シナリオ分析においても多くの時間がかかることを考えても、実現可能ではない状況も多いだろう。この点については、理論的飽和化というアプローチを採用しているM-GTA[11]のような現実的な方法がある程度課題を解消してくれると考えられる。あるいは、短期間での行動ルール抽出が制約である際には、参加型アプローチやハイブリッドシミュレーション、ゲーミングなどの方法も有効であるかもしれない。

(2) 質的研究法から得た知見とモデルとの間のギャップの存在は、質的データはディティールの豊富な記述だとしても、そのままモデルで詳細に決めるべき事項と対応する訳ではないことを指している。このとき、両者の間のいわゆる橋渡しをする方法がモデル決定をスムーズに進めることにつながることを期待されるが、そのためには事前にモデル構造や項目が明らかになっている必要があり、これは不確実性が認められるから質的研究により構造を推定するという前提と相反するため、完全な解決は難しい。同様に(3)についても質的データがモデル決定に必要な全ての事項を網羅することは通常期待できないことを指している。この場合については、質的なデータの範囲外のものについては量的な研究方法（例えばアンケート調査など）を組み合わせる混合研究方法（mixed-method research）[17]や不確実性が認められる要因の決定に際しての影響分析[18]、仮想状況での意思決定結果から意思決定モデルのパラメータ推定を行うVirtual Grounding[19]などが有効であると考えられる。

## 4 事例による検討

前節で挙げられた3つの課題に関して、現在研究を進めている「高齢化と人口減少に直面しながら復興に

よるまちづくりが行われている沿岸A地域への次世代モビリティ導入効果予測」を事例として、具体的に検討する。A地域では公共交通機関が不便であることから、多くの住民は自動車での利用を志向しており、家用車は一家に1台というよりむしろ一人一台あるものであると考えられている。高齢化と人口減少に直面しており、自動車を運転することが困難・危険になる住民や代わりに運転してくれる同居者がいない住民が増えてくることが予想され、同時に震災により旧市街地や住宅地を移動・再構築する必要性にも直面しており、地域内においてモビリティの視点から何らかの施策が必要であると認識されている。施策の一つとして、次世代モビリティ（超小型モビリティやカーシェアリング、EV/プラグインハイブリッド車など）の研究開発・導入が挙げられるが、どのような機能要件を備えるものがA地域のローカルな需要に応えるのかはわかっていない。

A地域の固有性から住民の志向・モビリティ選択の意思決定ルールは大都市の住民のそれとは相当程度異なると想定される。また、A地域内においても住民が直面している状況（世帯構成、住んでいる場所、通勤・通学先、所有しているモビリティなど）により、移動場面で利用するモビリティの選択結果は異なることが想定されるし、人により考慮する要因（距離、高低差、天候、利用しやすさなど）も異なるだろう。以上から、質的研究法を活用してA地域住民の意思決定モデルを実証データに基づいて検討することは良いアプローチのように考えられる。

この事例でも時間的コストは大きな課題となる。現在進行形で研究開発が進められている以上、短期間でのABS実施が求められる。このため、モデリングの時間も可能な限り短くしたい。現時点ではM-GTAを採用して理論生成を行うことを考えているが、銀の弾丸ではない。質的研究法から得た知見とモデルとの間のギャップも想定され、生成した概念図から数式あるいはアルゴリズムとして記述する選択モデルとの橋渡しは必要になるだろう。同様に、効果予測を考えると、量的な議論のためにはアンケート調査によるパラメータ推定が必要になると考えられる。

## 5 おわりに

本稿では不確実性の高い対象に関してローカルなエビデンスに基づいた分析を志向する質的研究法をABS研究におけるファクシミリモデル決定の手順において活用することについて、現時点での実践例を紹介しながら、根拠に基づく決定がミクロレベルでの妥当性につながるという意義を述べた。その一方で、(1) 時間的コスト、(2) 質的研究法から得た知見とモデルとの間の

ギャップの存在, (3) モデル同定における不十分さなどの課題があることを説明し, 研究事例においても同様の課題が見られることを確認した.

## 参考文献

- [1] 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」, 計測と制御, Vol. 52, No. 7 (2013)
- [2] 特集「マルチエージェントシミュレーション」, 情報処理, Vol.55, No.6 (2014)
- [3] 総合特集号「社会システムへの新たなアプローチ」, システム制御情報学会論文誌, Vol. 27, No. 7 (2014)
- [4] 特集「ビジネスが創発する人工知能と人工社会」, 人工知能学会誌, Vol.30, No.4 (2015)
- [5] 後藤裕介: エージェントベース・シミュレーション研究の動向, 経営システム, Vol.25, No.4, pp.223-228 (2016)
- [6] Gilbert, N.: Agent-Based Models, *Sage Publications* (2007)
- [7] 計測自動制御学会 システム・情報部門「社会システム部会」第8回社会システム部会研究会予稿集 (2014)
- [8] 計測自動制御学会 システム・情報部門「社会システム部会」第10回社会システム部会研究会予稿集 (2015)
- [9] 人工知能学会「経営課題にAIを! ビジネス・インフォマティクス研究会」第3回研究会予稿集 (2015)
- [10] 人工知能学会「経営課題にAIを! ビジネス・インフォマティクス研究会」第4回研究会予稿集 (2016)
- [11] 木下康仁: ライブ講義 M-GTA 実践的質的研究法—修正版グラウンデッド・セオリー・アプローチのすべて, 弘文堂 (2007)
- [12] ウヴェ・フリック (著), 小田・山本・春日・宮地 (訳): 質的研究入門—人間の科学のための方法論, 春秋社 (2002)
- [13] Edmonds, B.: Using Qualitative Evidence to Inform the Specification of Agent-Based Models, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 18, No. 1, 18 (2015)
- [14] Yang, L. and Gilbert, N.: Getting away from Numbers: Using Qualitative Observation for Agent-Based Modeling, *Advances in Complex Systems*, Vol. 11, No. 2, pp.1-11 (2008)
- [15] Edmonds, B.: A Context- and Scope-Sensitive Analysis of Narrative Data to Aid the Specification of Agent Behaviour, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 18, No. 1, 17 (2015)
- [16] Neumann, M.: Grounded Simulation, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 18, No. 1, 9 (2015)
- [17] Dilaver, O.: From Participants to Agents: Grounded Simulation as a Mixed-Method Research Design, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 18, No. 1, 15 (2015)
- [18] 後藤裕介, 高橋真吾: 組織行動のもつ不確実性が業績評価制度の効果に与える影響の分析—可能性のランドスケープ分析の提案と適用, 経営情報学会, Vol. 18, No. 2, pp. 139-166 (2009)
- [19] Ohori, K., Iida, M., and Takahashi, S.: Virtual Grounding for Facsimile Model Construction Where Real Data Is not Available, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 6, No. 2, pp. 108-116 (2013)