

## 避難行動のコラボラティブ・モデリングにおける津波避難シミュレーションの役割 A Role of Tsunami Evacuation Simulation for Collaborative Modeling of Evacuation Behaviors

○中居 楓子・畑山 満則・矢守 克也

○Fuko NAKAI, Michinori HATAYAMA, Katsuya YAMORI

This study is a practical research on community-based tsunami evacuation planning. Research activities are on the basis of fieldwork in a coastal community in Kuroshio, Kochi. This study adopted a framework of "collaborative modeling" which combined two frameworks: collaboration of residents and researchers, and adaptive management. Adaptive management is a framework of decision making under the uncertainty and the complexity of interactions in socio-ecological systems. We used multi-agent based tsunami evacuation simulation (MATS) as a language of modeling. As an outcome, MATS facilitated communication between residents, researchers, and municipal officers by showing the relationship between new hypotheses and its outcome.

### 1. はじめに

本研究は、筆者らが、2012年から、5年以上にわたり継続してきた、高知県黒潮町の津波防災の実践から得られた知見について、津波避難シミュレーションの役割に着目して考察するものである。本研究の津波避難シミュレーションは、研究者から住民に災害リスクや、津波避難の方法を指南する「教育ツール」ではなく、「対話の共通言語」として用いられる。

### 2. 災害の「想定」にいかに対処するか

東日本大震災から得られた教訓は、東日本大震災級の低頻度巨大災害の想定を計画に盛り込むことの重要性だけではない。むしろ、科学的知見の限界を真摯に認め、計画における設計外力よりも大きな規模の津波（いわゆる「想定外」）が必ず起こりうるということが認識された点が重要である。

南海トラフ巨大地震の第二次報告における内閣府の資料では、「新想定」は「巨大地震の津波等に関する詳細な分析と、現時点の最新の科学的知見を広く結集して得られた成果である」、「今後の科学的知見の蓄積を踏まえて検証し、必要に応じて修正していくべきもの」とされている。つまり、「新想定」は、今後も科学的知見の追加にともなって変わりうる「仮説としての想定」にすぎない。

しかし、一度置いた「新想定」に基づいて、多くの沿岸地域が対策を進めている状況を鑑みれば、これを再検討し、新たな想定に置き換えていくことは容易ではない。「想定」は計画を推し進めるた

めになくしてはならない。しかし、その計画の背後にしている「想定」が、未来永劫現実を反映し続けられる保証はない。したがって、計画や政策の遂行においては、「想定」をひとつの仮説としてしつつも、自然科学の発展にともなう予測の向上や、社会経済状況の変化にともなう更新される新たな仮説を反映できるように、社会を構造化していくことが重要であると考えられる。

### 3. 計画におけるコラボラティブ・モデリング

本研究では、変化しうる想定に社会が対応する仕組みとして、コラボラティブ・モデリングという枠組みを提案する。これは、一般的には「複数の人々が協働でモデル化の作業をおこなうこと」を意味するが、本研究では、津波避難計画を対象として、計画策定を支援するモデルを構築するプロセスを、避難の当事者である住民と、研究者が共同で担おうとするものである。ここでは、この枠組みを通じて専門家による知識と、住民によるローカルな知識の両方において、最新の知見を反映する仕組みを構築することをねらいとする。

コラボラティブ・モデリングの例に、Xu et al. (2014) [1]と竹内ら (2007) [2]による一連の研究がある。Xu et alは、竹内らによる対話を重視した調査（コミュニケーション・サーベイ）を基に、避難所計画の代替案評価モデルを、当事者である住民と研究者が共同で修正をおこなっている。住民が避難所の選択において重視すべき基準を特定した上で、代替案を作成し、行政によって決めら

れた公式の避難所割当計画よりも当事者にとって満足度の高い計画づくりを達成している。また、直接コラボラティブ・モデリングという用語を用いているわけではないが、Purnomo et al. (2003) [3]による森林管理計画の研究では、さまざまな利害関係者が、まず森林管理の構成要素を洗い出し、それらの相互関係について議論し、因果ループ図を用いて将来の状況を予測することで、望ましい成果を導き出している。いずれにしても、当事者、研究者などの複数の関係者によって計画がおこなわれる現場においては、モデルを介した対話が、計画において有効な結論を導き出している。

#### 4. 対話の共通言語としてのモデル

津波避難計画について、地域住民と対話するためには、何らかの共通言語が必要である。ここでの「共通言語」とは、対象となる問題を扱うための、より狭い範囲で用いられる「その世界で共通認識できることば」のことであり、3.におけるモデルに該当する。たとえば、地域のある道路を指して、地元の人々は「松原沿いの道」という言葉を使うが、行政は「町道〇号」と呼ぶかもしれないし、研究者は単にリンク1などと呼ぶことがある。これらに共通の表現を与えることにより、異なる主体間の対話が円滑に進むことが期待できる。

本研究では、地域で津波避難の問題について対話をおこなうための共通言語として、マルチエージェントモデルによる津波避難シミュレーション(MATS)を用いる。MATSでは、エージェントと呼ばれる主体の意思決定機構をモデル化する。エージェントは、他のエージェントや、環境の情報を取得し、それらと相互作用しながら、各タイムステップで意思決定をおこなう。これにより、住民の避難行動を表現することができる。また、シミュレーションは、住民の行動をモデル化したエージェントと、避難経路をモデル化した環境によって構成される。津波の計算結果と重ね合わせることで、避難行動と自然現象の関係性を可視化することもできる。モデルは、地域住民の関心や仮説の変化に合わせて、随時改良・変更した。

#### 5. 「新たな仮説」および「可能世界」を見せるツールとしての役割

MATSは、意思決定モデルを変更することにより、人々の行動に関する様々な仮説を表現することができる。たとえば、環境について「地震動

で建物が倒壊していたら避難できるのか」といった疑問に応じて、その想定の下で避難する状況を再現できる。また、2014年の伊予灘地震では、黒潮町住民が実際に避難し、渋滞を経験したことから、「みんな本当は車を使いたいと思っている」などの新たな仮説を得た。これに基づいて、MATSを実行することにより、地域のどのエリアの人が車を使うと渋滞に影響を与えるのか、どの年齢の人が使っても良いか、といった疑問について、シナリオ生成によって答えることができる。

起こりうる将来、すなわち「可能世界」についてさまざまな思考実験を重ねられる点に、MATSの優位性がある。たとえば、孫らによるスマートフォンアプリを用いた避難訓練(逃げトレ) [4]を通じた対話では、人々の実際の動きと津波を連動させた形で問題を明らかにするため、「現状」の可視化、住民自らデータを作り出す「参加」の可能性においては優れているが、「可能世界」を見せることは難しい。

MATSは、「可能世界」として「全員が助かる世界」を表現することも可能である。肯定的な意見も否定的な意見も含め、「自分は死ぬ」という想定を作り上げていた人に「生き残れる」という想定もあるということを示すことができた。津波のシナリオだけでなく、人間行動についてもさまざまなシナリオや代替案を見せられるという点は、MATSの特徴のひとつと言える。

#### 参考文献

- [1] Xu W, Li Y, Okada N, Takeuchi Y, Kajitani Y, Shi P: Collaborative modelling-based shelter planning analysis: A case study of the Nagata Elementary School Community in Kobe City, Japan, *Disasters*, Vol. 38, No. 1, pp. 125-47, 2014.
- [2] 竹内裕希子, 徐偉, 梶谷義雄, 岡田憲夫: コミュニカティブ・サーベイ手法によるリスクコミュニケーション, *京都大学防災研究所年報*, Vol. 50 B, pp. 171-6, 2007.
- [3] Purnomo H, Yasmi Y, Prabhu R, Hakim S, Jafar A: Collaborative Modelling to Support Forest Management: Qualitative Systems Analysis at Lumut Mountain, Indonesia, *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, Vol. 2, No. 2, pp. 259-75, 2003.
- [4] 孫英英, 矢守克也, 鈴木進吾, 李勇昕, 杉山高志, 千々和詩織, et al.: スマホ・アプリで津波避難の促進対策を考える: 「逃げトレ」の開発と実装の試み, *情報処理学会論文誌*, Vol. 58, No. 1, pp. 205-14, 2017.