

エージェントシミュレーションによる水害時の避難経路分析

畑山満則†

京都大学 防災研究所†

1. はじめに

本研究は、実画像センシングによって構築される仮想化現実世界を用いた高臨場な VR 型防災教育システムを開発し、VR による防災教育の効果を向上させることを目的とする。具体的には、火災・洪水・土砂災害などの災害を対象とした防災教育における課題である、(a) 個々の住民にリスク判断をさせるための教材がなく防災教育が難しい問題、(b) VR 型防災教育システムにおける現実感が乏しく防災教育の効果が低い問題、の双方を解決することを目標とする。本発表では(a)の課題を実現するために、エージェントシミュレーションによる避難経路上のリスクの分析と可視化について報告する。

2. 災害と避難

本研究では、教育内容として災害時の行動で最も重要でありながら、適切な行動が状況・条件により様々に変化する避難を取り上げる。災害時の避難については、災害特性を考慮して考える必要がある。予測が極めて難しいとされる地震や土砂災害は、リードタイムが取れないため事象の発生の時系列変化に合わせたタイムラインは作りにくい、地震をトリガーにする津波や、台風や前線の動きに連動した豪雨の結果として発生する洪水はタイムラインを描きやすいという特徴がある。本研究では、このような特性を考慮して、まず、水害を取り上げて分析を行う。

3. エージェントシミュレーションと避難

エージェントベースシミュレーションは、エージェントを「相互作用を引き起こす基本単位」として構成されるシステム（マルチエージェントシステム (multi-agent system)）を用いて協調や交渉などの相互作用の分析を行うものである。個々のエージェントを、計算モデルを用いて認知心理学の視点から設計することが可能なため、人間行動のミクロな部分に焦点を当てた

分析には親和性が良いと考えられている。心理学の知見を取り込んだエージェントベースシミュレーションは、交通行動分析の新たな手法として検討され¹⁾、避難行動の評価や計画策定への応用事例として多くみられるようになった。特に、グループ・ダイナミクス (group dynamics) の分野で杉万らが行った避難誘導に関する実験²⁾を、マルチエージェントとして計算モデルで記述し、再現することを試みた石田らの研究³⁾は、心理学の知見とエージェントシミュレーションの親和性の良さを示す例となった。これ以前にも、群衆行動を取り扱うマイクロレベルのシミュレーションは存在したが、多くは人の動きを粒子の振る舞いと捉え、粒子同士の力学的インタラクションとして数理モデル化する手法がとられていたのに対して、石田らはこの研究において、プログラムにより人の行動を規定する計算モデルによりエージェントを設計しており、さらに杉万らの実験結果を検証材料とすることで、行動モデルの妥当性を示している。

別途行われた実験を再現するように人間行動をモデル化する手法は、以降も多くみられるが、さらにフィールドワークやサーベイリサーチから心理分析を行いモデル化する手法も取り入れられている。このような計算モデル作成手法の検討に加えて、いくつかの汎用的なシミュレーション基盤が構築・提供されたことで、エージェントベースシミュレーションの適応事例が増えている（例えば文献5）。

4. 没入型デジタル環境を用いた教育

近年、没入型デジタル環境を用いて、仮想空間での災害の体験を行うことで防災教育につなげようという動きがある。これは、現在提供されている紙のハザードマップや、GIS をベースとした浸水想定区域図では、災害をリアルに捉えることが難しく、発災時に取るべき行動を、感覚的・知覚的に学ぶことができないことに起因する。この問題に対して、国交省では、町の中に直に浸水深を表示する「まるごとまちごとハザードマップ」⁵⁾を進めているが、これとは別に、情報デバイスを通して浸水状況を町にマッ

Analysis on Effective Evacuation Routes in Flood with Agent-based Simulation

†MICHINORI HATAYAMA, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

ピングする没入型デジタル環境を用いた提案がなされている（例えば文献 6）。しかしながら、避難の際の経路の安全性までも考慮した学習コンテンツができていないのが現状である。そこで本プロジェクトでは、シミュレーション結果を VR で表示するシステムで、経路安全性を考慮した避難体験を実現するシステムの構築を目指すこととした。本稿では、安全性を分析するシステムの構築について報告するものとする。

5. 避難経路分析システム構築

本研究では、物理的な安全性（水路の位置など）に加えて、マルチエージェントシミュレーションによる避難シミュレーションから避難経路の行動を分析し、それらを用いて避難経路に潜むリスクについて分析する。シミュレーションは、国土地理院が提供する基盤地図情報をベースに、避難者をエージェントとしてモデリングされる⁷⁾。図1にシミュレーションイメージを示す。このシミュレーション結果から安全が確保される場所までの移動時間をベースに経路の相対的な避難安全性評価を行うものとする。

6. おわりに

本研究では、VR 型防災教育システムを用いて個々の住民にリスク判断をさせるための教材に必要な要件について考察を行った。今後は、対象地域を決めて、シミュレーションを行い、VR への実装を行っていくことを考えている。

謝 辞

本研究は、総務省の戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）研究科題名「実世界の仮想化に基づく高臨場 VR 型防災教育システムの開発（181607010）」により実施している。

参考文献

- [1] 秋山孝正：知的情報処理を利用した交通行動分析，土木学会論文集 No. 688/IV-53, pp. 37-47, 2001.
- [2] Sugiman, T. and Misumi, J.: Development of a New Evacuation Method for Emergencies: Control of Collective Behavior by Emergent Small Groups, Journal of Applied Psychology, Vol. 73, No. 1, pp. 3-10, 1988.
- [3] 村上陽平, 石田亨, 河添智幸, 菱山玲子：インタラクション設計に基づくマルチエージェントシミュレーション，人工知能学会論文誌，18 巻 5 号 E, pp. 278-285 (2003) .
- [4] 枝廣篤・畑山満則・多々納裕一・湯川誠太郎：姉川・高時川下流域におけるエージェントベース広域避難シミュレーションシステムの開発，土木計画学研究・講演集，Vol. 40, CDROM, 2009.
- [5] 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課水防企画室：まるごとまちごとハザードマップ実施の手引き（第2版），2017.
- [6] 板宮朋基, 神保貴彰, 四村好紀, 幸村衡, 北河佑基：ヘッドマウントディスプレイを用いた洪水疑似体験システムの開発と市民啓発への応用，日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会 CSVC2016-5, 25-28 頁, 2016.
- [7] 畑山満則, 中居楓子, 矢守克也：地域ごとの津波避難計画策定を支援する津波避難評価システムの開発，情報処理学会論文誌，55 巻, 5 号, 1498~1508, 2014.

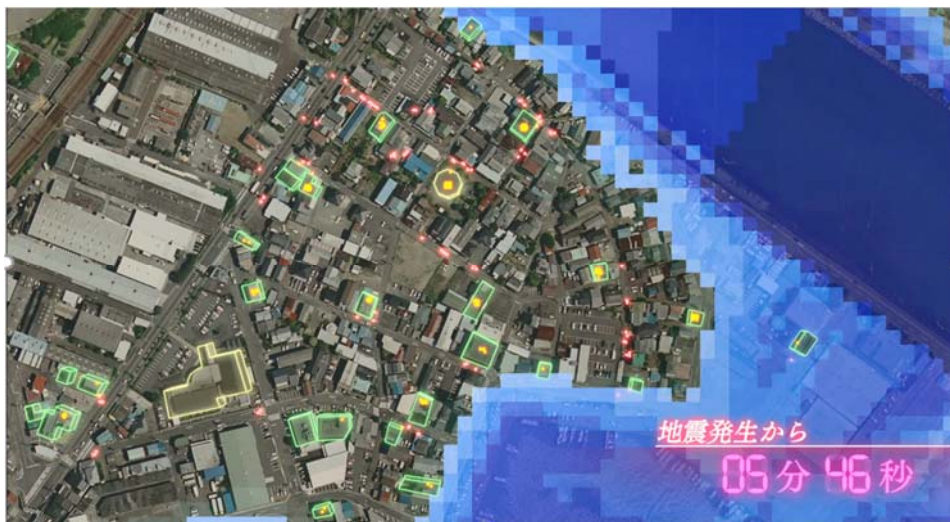


図1 津波避難シミュレーションのイメージ