

# マルチエージェントモデルを用いた 災害時避難方法検討支援用システムの開発

田中和幸 河原好孝 古市昌一

日本大学 生産工学部 数理情報工学科

## 1. はじめに

津波、地震、台風などの災害は我々人間に多くの被害をもたらす。特に2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震ではこれに伴う津波により多くの犠牲者が出た。しかし現実問題として、災害発生時、被災者の多くはどこに避難すれば良いか判断することは困難である。また、海岸に近い地域の住民にとって、どこまで津波が来るかの判断をその場で行うのは困難である。このような問題を解消するため、各自治体等ではハザードマップの作成が行われてきたが、想定外の災害が発生した場合には十分な効果が得られない事が、先の災害における被害からわかる。これらの事実からわかるのは、ハザードマップの作成では不十分で、自治体の職員等が、想定される災害に対する住民の避難計画等を、想定外の災害も含めて繰り返し仮想的に体験し、これに基づいたハザードマップの作成と避難訓練の重要性である。

そこで、本研究では、自治体等の職員が上述したようなシミュレーションを効率良く実施するための環境を実現することを目的とし、マルチエージェントモデルを用いた災害時避難方法検討支援用システムを提案し、災害シミュレーションシステム (Agent for Disaster Simulation System, ADSS と略称) を試作した。ADSS では、津波災害における住民避難を対象とし、既存のハザードマップを含む諸条件等をパラメータとして与えることにより、異なる条件下における避難状況の違い等を結果として得ることができる。これにより、自治体職員が平時において避難方法を繰り返し検討することが可能になることが予想される。

## 2. 既存研究

災害時における避難方法の検討は、災害による被害予測に基づき自治体等で実施する。そのために、自治体職員がこのような検討を容易に

実施可能な災害シミュレーションシステムが必要となる。以下に、このような災害シミュレーションを目的として実施された研究事例を紹介する。

松見らは、住民の防災意識が避難所要時間に及ぼす影響を明らかにし、避難経路を考慮した防災施策考察を目的とした避難シミュレーションを開発した[1]。また、南らはこのようなシステムを効率良く構築するため、インタラクション設計言語  $Q$  を用い、エージェントと環境とのインタラクションにより避難シミュレーションを行うシステムを開発した[2]。

このように、様々なアプローチにより災害シミュレーションシステムが構築されてきたが、自治体等の職員が様々な避難誘導法を検討するために必要な、システムの変更等を行う方式については考慮されていなかった。

## 3. 提案方式

本研究は、このような災害シミュレータを、自治体等の職員が容易に利用可能とすることを目的とし、市販または既存のデータを利用可能であることを基本とする。例えば、国土地理院等が発行する GIS データを地形や道路等環境データとして用い、災害状況等を再現するためのパラメータとしては既存のハザードマップを用いる。また、避難民や避難誘導等を自治体の職員等が記述可能なため、将来予想される様々な規模の災害が発生した場合、どのように自治体等が災害対策を行えば、被害を最小化することができるか検討可能となる。平時において繰り返しこのようなシミュレーションを実施することにより、より効果的なハザードマップの作成が可能となる。

### 3.1 災害規模と再現地域の設定

災害規模の設定は、ハザードマップを基に、本システムの GUI からマウス操作により入力を行う。再現地域の地図データは、国土地理院の「数値地図 25000」から道路のノードとリンクのデータを抽出し CSV ファイルとしたものと、国土地理院の「基盤地図情報数値標高モデル」

A Development of an Evacuation Simulation System Based on a Multi-Agent Model

Kazuyuki Tanaka, Yoshitaka Kawahara, Masakazu Furuichi  
College of Industrial Technology, Nihon University

を用い、道路と標高を入力し、これらのデータからシミュレーション環境内で再現地域を設定する。

### 3.2 エージェントの配置

エージェントの配置は日本地図センター発行の「メッシュ別人口・世帯数データ」を基にし、自動的に配置する方法か、本システムの GUI からマウス操作により手動で入力を行う。

### 3.3 エージェントの行動判断

表 1 にエージェントの行動ルールを示す。

表 1 : CaSPA 行動ルール

TASK	CONDITION	ACTION
周囲を含む安全を確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今自分は安全か？ Unknown なし False 自分の安全を確保</li> <li>・救助要求者が近くにいないか？ Unknown なし False 情報の提供</li> </ul>	なし
自分の安全を確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今自分のいる場所は安全か？ Unknown なし False 移動する (安全な場所)</li> <li>・安全な場所を知っているか？ Unknown なし False 他のエージェントから情報を取得する</li> <li>False 標識から情報取得する</li> </ul>	なし
移動する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動先は安全か？ Unknown 移動する (安全圏の端まで)</li> <li>False 移動する (逃げる)</li> <li>・移動先へのルートを知っているか？ Unknown なし False 他のエージェントから情報を取得する</li> <li>False 標識から情報取得する</li> </ul>	指定されたポイントへ移動
他のエージェントから情報を取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>・近くにエージェントはいるか？ Unknown なし False 移動する (大通りへ)</li> </ul>	エージェントに対して情報要求を行う
標識から情報取得する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・標識は視界内にあるか？ Unknown なし False 移動する (大通りへ)</li> </ul>	
情報の提供	なし	他のエージェントに対し情報提供を行う

エージェントの行動判断には、文献[3]に示す「連鎖的部分目的生成アルゴリズム CaSPA」を用いている。表 1 に示すエージェントの行動ルールを設計し、CaSPA のコスト計算による行動判断でエージェントは動作する。また、エージェントには他のエージェントを発見できる距離、エージェント同士で交信できる距離、避難所と標識を発見できる距離が、GUI により一括で設定出来る。エージェントのルート探索には A\*探索アルゴリズムを用い、移動目的地までの最短ルートを選択する。

### 3.4 避難所と標識

避難所と標識は全て、利用者が複数のケースでシミュレーションを行うことを前提とし、ハザードマップなど避難所や標識が記載された資料を参考にし、マウス操作により入力を行う。

## 4. 試作システム

本システムにおけるシミュレーションの妥当性評価、有用性評価のため、本稿では岩手県陸前高田市をシミュレーション対象地区とし試作システムを試作中である。試作システムでは表 2 に示すパラメータをエージェントに設定する。

表 2 : エージェントに設定するパラメータ

エージェント発見可能距離	30
交信可能距離	1.5
避難所、標識発見可能距離	50

## 5. おわりに

本稿は津波避難シミュレーションを行う際に、利用者が自由な規模、エリア、避難所や誘導などを変更することができる、簡易的な避難方法検討支援システムの構築について述べた。

今後は、試作システムの開発を完了させ、本シミュレーションの妥当性評価とシステムの有用性を評価し、実際に運用できるようにしていくことが課題である。

### 参考文献

- [1] 松見 吉晴, 蘆田 哲也: “沿岸過疎地域の浸水災害を対象とした避難シミュレーション開発”, 海岸工学論文集, 第 55 卷(2008) 土木学会, 1376-1380
- [2] 南 一久, 村上陽平, 河添智幸, 石田 亨: “マルチエージェントシステムによる避難シミュレーション”, 2002 年度人工知能学会全国大会 (第 16 回) 論文集 P 97
- [3] Kensuke Kuramoto, Masakazu Furuichi: “FUSE: A MULTI-AGENT SIMULATION ENVIRONMENT”, Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference, pp.3982 - 3983