

# 津波来襲時の避難行動シミュレーションの開発

公共システム研究室 山本和之

## 1. はじめに

近い将来、東南海・南海地震等による大津波の発生が危惧されている。しかし、対策を求められる国・地方自治体は財政が逼迫しており、防波堤建設等の十分なハード防災事業を行うことが困難である。また、仮に十分行えたとしても、自然災害に対して絶対の安全を保障することは不可能であり、被害を抑制するためには住民の防災意識を高める取り組み、避難方法の取り決め等のソフト防災が重要である。

そこで本研究では、津波来襲時の避難シミュレーションを開発し、それを用いて住民の避難に関する問題点、地域の津波に対する脆弱性を考察する。

## 2. 避難シミュレーションの開発にあたって

避難シミュレーションを利用するメリットは、住民に災害に対するイメージや避難方法を認識してもらい防災意識向上に繋げられる点と地域の防災上の脆弱性を把握し、効果的な対策に繋げられる点がある。避難シミュレーションのように、多くの人間の意思決定や行動、また外部環境や周囲の人間との兼ね合いを表現する場合、個々のエージェント（自律的に行動する活動主体）の属性に基づいてルールを実行するマルチエージェントシステムがある。本研究では、マルチエージェントシミュレータ *artisoc* を用いて津波避難シミュレーションを開発し、鳥取県境港市渡町の住民が津波災害時の一時避難所である渡小学校に避難するケースを対象とした。

## 3. 避難モデル

本研究では、道路をリンク、道路網の交差点をノードで表し、リンクコスト  $c$  を式(1)で表す。

$$\begin{aligned} c &= d(1 + \alpha_1(\beta - w_r) / \beta), \quad w_r < \beta \\ c &= d, \quad w_r \geq \beta \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 $d$  は道路長、 $w_r$  は道路幅、 $\beta$  は道路幅によるリンクコストの補正を行なうかどうかを決定する基準値、 $\alpha_1$  は各エージェントの道路幅に対する重みパラメータである。このリンクコストを用いて、ネットワークの最短距離（コストも可）および最短（最適）経路を求めるダイクストラ法を実行し、避難場所から各ノードまでの最小総リンクコストを導出した。さらに、各ノードの属性に海岸からの距離を与え、これらから被災の危険性を表す指標である危険度ポテンシャルを求めた。避難者は、現在のノード

に接続されるノードの中から、危険度ポテンシャル  $p_i$  が最も低いノード  $i$  を次に進むノードとして選択するとし、式(2)で表す。

$$p_i = C_i + \alpha_2 / s_i \quad (2)$$

ここに、 $C_i$  は避難者が現在のノードからノード  $i$  を経由して避難場所ノードに到達するのに要する最小総リンクコスト、 $s_i$  がノード  $i$  の海岸からの距離、 $\alpha_2$  は各エージェントの海岸からの距離に対する重みパラメータである。

本研究では各エージェントは家族等のグループで構成され、グループ単位で徒歩により避難するものとする。エージェントの歩行速度  $V$  を式(3)で表す。

$$\begin{aligned} V &= \min(V_0, V_0(4 - \rho_c) / 3), \quad \rho_c < 4 \\ V &= 0, \quad \rho_c \geq 4 \end{aligned} \quad (3)$$

ここに、 $V_0$  はエージェントの自由歩行速度、 $\rho_c$  はエージェント前方 3m 区間の群集密度である。

## 4. 脆弱性分析

境港市渡町の 797 エージェント（世帯）を対象とした。各エージェントの構成人数（1~5 人）、自由歩行速度（ $1.0 \pm 0.1$  m/s）、経路判断のパラメータ（ $\alpha_1, \alpha_2$ ）、正規分布に基づく避難開始時間は、それぞれ乱数で決定している。

津波発生の原因は地震であるため、震源地が近い場合、家屋等の倒壊によって道路が閉塞される可能性が高くなる。本研究では、道路幅 4m 未満の道路が閉塞しやすいものと仮定し、4m 未満のリンクを対象にリンク切断確率を 0~0.4 まで 0.1 ずつ変化させてシミュレーションを行った。その結果、リンク切断確率が 0.1 までは避難を完了するエージェント数に影響はあまり出ていないが、0.2, 0.3, 0.4 と確率が上がる毎に避難完了できないエージェントが発生し、その数も増加傾向を示した。したがって、防災の観点から見て、リンク切断確率が 0.1 以下になるように、家屋の耐震補強、または道路幅の拡張等が望まれる。

## 5. おわりに

本研究では、人々の行動を容易に表現できるマルチエージェントシステムを用いて、避難シミュレーションを構築し、津波来襲時の避難行動を分析した。今後の課題として、経路選択モデルの改善や道路閉塞モデルの構築のための家屋調査が望まれる。