

マルチエージェントモデルを用いた水害避難シミュレーションに関する研究

中央大学 学生員 ○ 成川 竜也
 エイト日本技術開発 正会員 大川 博史
 中央大学 正会員 樫山 和男

1. はじめに

近年、地震、津波、洪水などの大規模な自然災害の発生が多大な被害をもたらしている。これらの自然災害が及ぼす人的被害の把握を行うことは重要である。しかし、現状では人的被害の影響評価を実験等で把握するのは困難である。そのため、減災対策の評価・検討の手段の1つとして避難シミュレーションが注目され、幅広く研究が行われている¹⁾。

本研究では、避難行動の決定において人間の行動特性を考慮し、行動を起こす手法としてマルチエージェントモデルを適用する。本研究ではより現実に近い避難シミュレーションを行うため、著者らが従来開発したマルチエージェントシミュレータ²⁾に対して、水際線の位置情報、避難所の収容制限、標識、道路閉鎖の組込みを行う。なお、システムの開発にはNetLogo5.1.0³⁾を用いた。

2. マルチエージェントモデル

自律的に行動する活動主体のことをエージェント、そしてそれらが相互関係をもつ集合体のことをマルチエージェントと呼び、システム全体の動きを表現するモデルのことをマルチエージェントモデルという。基本的な特性として以下の4項目が挙げられる

1. 自律性：エージェントは直接的介入なしに動作し、自信の行動や内部状態を制御することができる。
2. 社会性：何らかの言語を介して他のエージェントや人間と情報交換することができる。
3. 反応性：エージェントが自分自身の置かれた環境を認知し、その変化に適切に応答することができる。
4. 自発性：外部環境に対して単純な反応だけでなく、目標を持った自発的な行動を起こすことができる。

3. 津波避難シミュレーションシステム

本研究で構築している津波避難シミュレーションは避難者は避難行動を決定する際に、避難所までの距離、標高、水際線等の要因を判断しながら移動するものである。このような複雑なシミュレーションを行い、エージェント毎に相互作用を与える手法としてマルチエージェントモデルを用いる。また、ノードとリンクを用いて避難経路を構築した。

(1) 入力データ

本システムでは入力データとして表-1に示すものを用いる。避難経路はGISを使用し、ノード座標や標高等のデータを取得している。避難経路例は図-1に示すように分岐点(ノード)とリンクからなるネットワークモデルで表現される。数字は分岐点を示し、分岐点の隣接関係を用いて経路選択を行う。

表-1 入力データ

	データの種類
避難者	初期位置, 年齢, 年齢に応じた歩行速度 ⁴⁾
避難経路	ノード座標, 標高, 水際線の距離 隣接関係, 避難所までの距離
避難所	位置, 収容人数
標識	位置

ノード	合計 隣接数	隣接点1	隣接点2	隣接点3	隣接点4
1	1	2			
2	3	1	3	4	
3	2	2	5		
4	2	2	5		
5	4	2	3	6	7
6	1	5			
7	1	5			

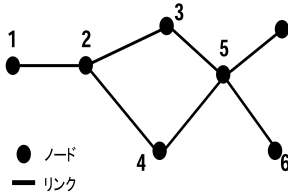


図-1 避難経路例とノード隣接関係

(2) 避難シミュレーションモデル

各エージェントは避難行動を図-2の手順で行う。避難者は建物内から避難を開始すると想定する。避難者は初期位置からノードに到着するまで最短距離のノードを検索し、移動する。避難者の経路選択は経路分岐点に到達した時のみ行う。隣接した経路分岐点の情報を取得し、避難所に近づく、低い場所から遠ざかる、水際線から遠ざかるという情報を基に決定する。経路選択を行うモデルとして、式(1)に示す重力モデルを用いた。

$$S = \frac{a}{s^\alpha} - \frac{b}{z^\beta} - \frac{c}{w^\gamma} \quad (1)$$

ここで、避難所の距離 s [m]、標高 z [m]、水際線の距離 w [m] とし、効用 S を最大とする隣接点を移動する。 a, b, c はそれぞれの変数に対する重みであり、値が大きいほど全体の効用に占める割合が大きくなる。一方、 α, β, γ は各変数に対する空間距離の影響度であり、値が小さいほど遠くまで影響を及ぼすこととなる。

水際線の距離は、津波遡上解析の水際線位置に音の到達範囲を設定し、音の到達範囲に入ったノードは水際線の距離を取得する。

(3) 避難所の収容制限

避難所に防災無線・サイレンがあると想定し、収容人数を達した場合、収容制限の情報を放送する。避難所に音声到達範囲を設定し、図-3に示すように避難者が音声到達範囲に入った時に避難情報を取得し、収容人数に達していない避難所に向かうこととする。

KeyWords： 避難行動, マルチエージェントモデル, 標高, 水際線

連絡先： 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 E-mail: r.narukawa@civil.chuo-u.ac.jp

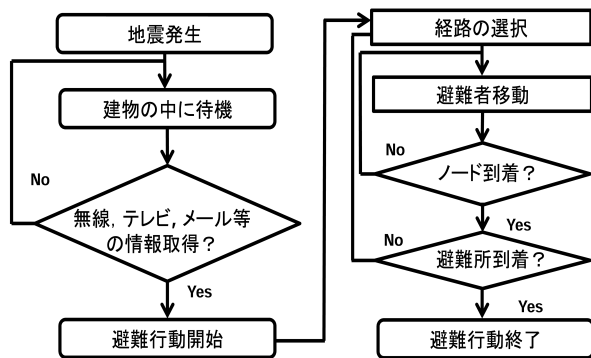


図-2 避難行動のフローチャート

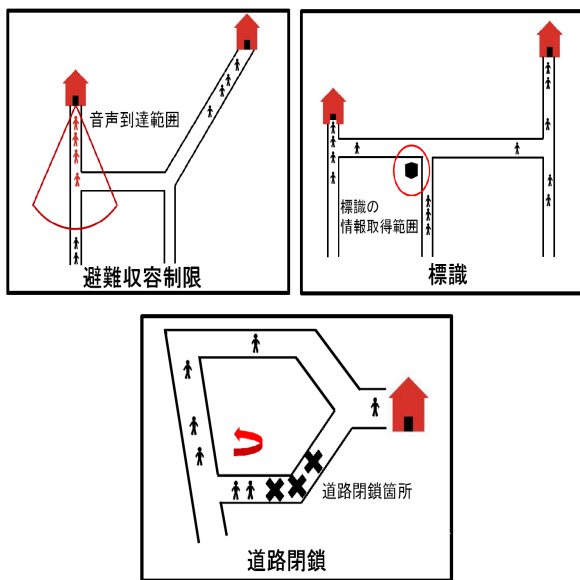


図-3 行動ルールのイメージ図

(4) 標識

避難誘導、高台等の位置、方向を表示する標識の考慮を行うために、図-3に示すように避難者が標識情報を取得できる範囲を設定する。避難者が情報取得範囲に入った時に、避難情報を取得し、標識より得た避難情報で水際線から遠く、標高が高い避難所に向かうこととする。

(5) 道路閉塞

自然災害による建物の崩落、倒木、道路の地割れ等の道路閉鎖⁵⁾を想定する。道路閉塞の考慮を行うために図-3に示すように道路閉鎖が起きた時点で道路閉鎖箇所は完全に通行不可とし、その道路にいる避難者はその場所から新たに避難所までの最短経路を選択することとする。

4. シミュレーション例

図-4に対象領域を示す。津波の時系列データとして、シミュレーション結果⁶⁾(安政南海地震-1854)を採用した。重力モデルの違いによる結果(被害者数)を示す。なお、重力モデルは4ケース(図-5)を採用し、避難所の距離、標高、水際線の距離の各組合せによるものである。その際、避難開始時間は地震発生から1分毎に変化させてシミュレーションを行った。例として災害発生35分後の避難開始時間のそれぞれのパターンでの被害者数の比較を図-5に示す。

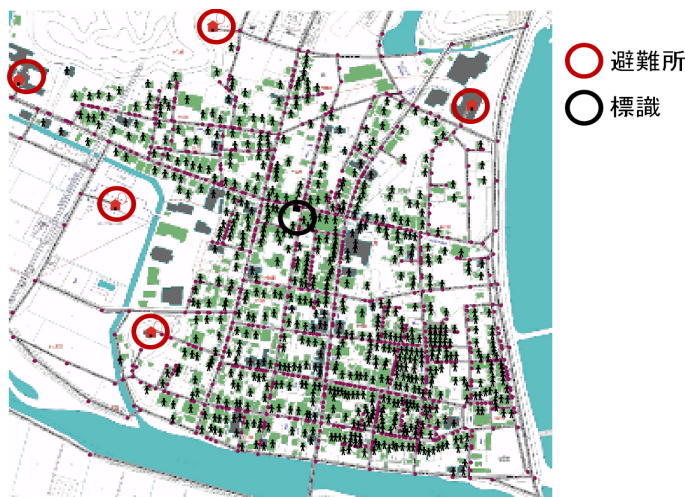


図-4 対象領域

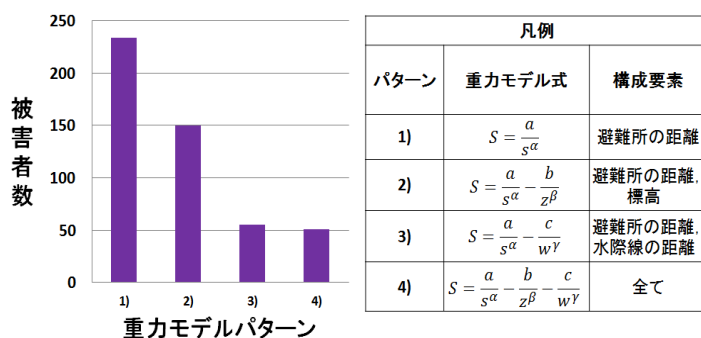


図-5 被害者数の比較(災害発生35分後に避難開始の場合)

5. おわりに

本報告では従来のマルチエージェントシミュレータの改良を行うため、水際線の位置、避難所の収容制限、標識、道路閉鎖の組み込みを行った。

今後の課題として歩行者と車両の混合避難モデルの導入、標高や傾斜などの情報を用いた避難者の行動の変化が挙げられる。

参考文献

- 1) 熊谷兼太郎：2011年東北地方太平洋沖地震津波の避難行動への津波避難シミュレーションの適用性 国土技術政策総合研究所資料 ISSN 1346-7328 第742号 平成25年6月
- 2) Keisuke Uno, Kazuo Kashiya : Development of Simulation System for the Disaster Evacuation Based on Multi-Agent Model Using GIS TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY ISSN 1007-0214 56/57 pp348-353 VPol-ume 13, Number S1, October 2008
- 3) NetLogo5.2 User Manual 日本語 NetLogo-v5-ja/
- 4) 源貴志, 成行義文, 藤原康寛, 三神厚, 澤田勉, 自主防災組織で活用可能な津波避難シミュレーションシステムの開発に関する基礎的研究
- 5) 源貴志, 成行義文, 藤原康寛, 三神厚, 津波避難シミュレーションシステムの開発と地区の避難安全性評価への適用
- 6) 利根川大介, 榎山和男：安定化有限要素法による非線形分散波理論に基づいた津波遡上解析手法の構築研究, 応用力学文集, Vol.12, pp.127-134, 2009