

# マルチエージェントシステムに基づく 津波避難シミュレーションにおける多動派同調バイアスに関する研究

中央大学 学生員 ○藤山 麗  
中央大学大学院 学生員 中村 麻菜美  
中央大学 正会員 樫山 和男

## 1. はじめに

我が国は、地震や台風を始めとする自然災害の発生率が非常に高い、世界有数の災害大国である。特に地震の発生率が高く、主な二次災害として津波被害が挙げられる。2011年に発生した東日本大震災より、想定外の規模の災害が発生した場合において、ハード面の対策だけでは限界があるため、ハード面とソフト面での柔軟な対応が求められている。ソフト面の対策における防災・減災対策の評価・検討の手法の一つとして避難シミュレーションの研究が幅広く行われている。著者らはこれまで、マルチエージェントシステムに基づく津波避難シミュレーションの構築を行ってきた。

本発表では、既往の手法<sup>1)</sup>により構築された津波避難シミュレーションにおいて、システムの妥当性を検討するため、多動派同調バイアスを考慮することによる効果について津波犠牲者数を基に比較を行う。

## 2. シミュレーション手法

本研究では、周囲の環境から情報を取得し、自律的に行動するエージェントが多数共存し、相互作用を及ぼし合う環境であるマルチエージェントモデルに基づいたシミュレーションを行う。地理情報の取得や避難経路の作成、および入力データの作成・読み込みには GIS(Geographic Information System:地理情報システム) ソフトの ArcGIS を、マルチエージェントシステムの構築にはプログラミング言語である NetLogo5.3.1 を用いた。

### (1) 地形データの作成

国土地理院が提供しているデータを基に、避難者、避難所、避難路、ノードを作成する。避難者は建物内から避難すると仮定し、避難者初期位置を建築物の重心とする。避難所は対象地域の防災情報を基に津波避難場所を設定する。また道路中心線の情報をもとに避難路を作成し、避難路を基に、ノードを作成する。以上のように地形データの作成を行い、作成例を図-1に示す。

### (2) 避難行動

避難者は初期位置である建物内から避難すると仮定し、避難開始直後は最も近いノードを選択する。ノードに到着した時点で、隣接しているノードに対して(1)式で表される重力モデル式を用いて経路の選択が行われる。

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



図-1 データの作成例

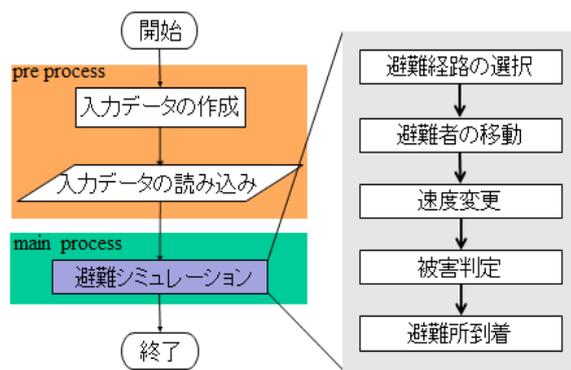


図-2 避難シミュレーションのフローチャート

ここで  $S$  は効用とし、 $s$  は避難所までの距離、 $z$  は標高、 $w$  は水際線からの距離、 $t$  は多動派同調バイアスである。 $a, b, c, d$  は変数に対する重みであり、値が大きいくほど効用に占める割合が大きくなる。 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  は変数に対する空間距離の影響度であり、値が小さくなるほど遠くまで影響を及ぼす。

避難者は  $S$  が最大となる隣接点へ移動し、図-2に示す様に、避難者は避難経路の選択・移動を繰り返す、避難所に到達した時点で避難行動を終了する。

## 3. 適用例

津波避難シミュレーションを実行し、多動派同調バイアスの考慮による効果を比較する。

### (1) シミュレーション条件

対象地域は高知県中土佐町久礼地区とし、内閣府<sup>2)</sup>が提示している南海トラフ地震断層モデルケース4を想定した。

**KeyWords:** マルチエージェントモデル, 避難シミュレーション, 多動派同調バイアス

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL. 03-3817-1815 Email: a17.y5tk@g.chuo-u.ac.jp

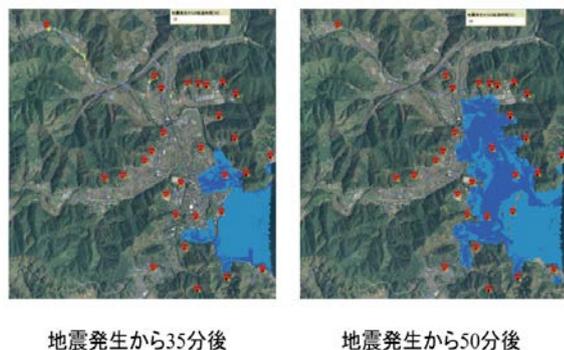


図-3 津波避難シミュレーションの実行例

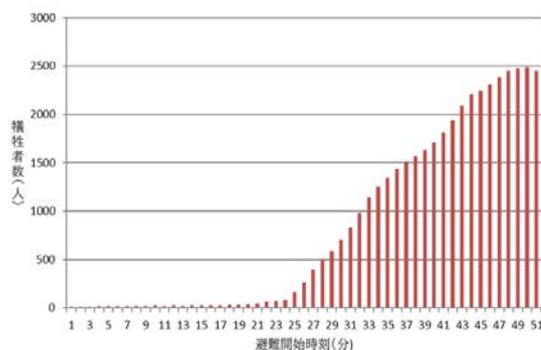


図-4 犠牲者数比較

シミュレーション範囲を縦 3337m × 横 3360m, 歩行避難者 4160 人, 避難所 29 か所と設定し, シミュレーションを実行した。実行例を図-3 に示す。

### (2) 考慮する要素

歩行避難者に対して, 年齢及び性別別歩行速度<sup>3)</sup>, 群集速度<sup>4)</sup>, 勾配速度<sup>5)</sup>, 年齢及び性別別体重<sup>6)</sup>, 歩行疲労割引率<sup>7)</sup>, 浸水済み避難経路の回避<sup>8)</sup>, 地区ごとの避難所区分け<sup>8)</sup>の七つの要素を避難行動において考慮する。

### (3) 適用結果

津波は, 第一津波避難タワーを基準に, シミュレーション開始から約 30 分後に第一波が, 約 40 分後に第二波が到達する。またシミュレーション開始時間を地震発生時間とし, 避難者は避難開始時間に一齐に避難を開始するものとする。経路選択式における避難所までの距離, 標高, 水際線からの距離, 多動派同調バイアスの四つの項全てを考慮した場合と, 多動派同調バイアスを除く三つの項を考慮した場合で, 二パターンでの避難シミュレーションを実行する。避難開始時間を地震発生時間から 1 分毎に変化させた犠牲者数の推移および比較を図-4 に示す。多動派同調バイアスの考慮の有無によらず, 犠牲者数はおおむね同様の傾向となった。第一波, 第二波の到着時に犠牲者が増加していることが確認できる。第一波では, 津波の遡上方向に存在する第一津波避難タワーに避難予定の避難者が飲み込まれること, また第二波では, 歩行困難となる水深と流速の情報を持つ津波が住宅地が密集している市街地を覆うことが, 犠牲者の増加に関係していると考察できる。多動派同調バイアスを考慮した場合は, 避難初期位置よりもさらに避難者が多く密集する市街地では, 第一波から第二波にかけての時刻で犠牲者が増加しており, 多動派同調バイアスの考慮による効果が確認できた。

### (4) データ誤差の検討例

ノードの数や間隔が異なる避難シミュレーションを実行し, 犠牲者数や計算時間による比較を行う。データ誤差におけるシミュレーション結果の考察は講演時に示す。

## 4. おわりに

本発表では, 津波避難シミュレーションにおいて多動派同調バイアスを考慮することによる効果及び妥当性を犠牲者数の推移により比較を行った。地震発生時間から 1 分毎に

変化させた犠牲者数の推移により, 早期避難の重要性を確認した。また, ノード数や間隔の相違によるデータの誤差について比較し, 検討した。

今後の課題として, 車両避難者に対するデータ誤差についても検討し, 人車混合の津波避難シミュレーションシステムの向上が挙げられる。

### 参考文献

- 1) 近真弥, マルチエージェントモデルを用いた津波避難シミュレーションの適応性向上に関する研究, 第 46 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 I-75, 2p., 2018.
- 2) 内閣府, 南海トラフ地震防災対策推進地域・南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域,
- 3) 加賀谷俊介, 川野竜平, 成行義文, 源貴志, 歩行調査に基づく単独歩行速度推定式の導出と津波避難シミュレーションへの適用, 第 16 回土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集 I-26, 2p., 2010.
- 4) 高柳 英明, 佐野友紀, 渡辺仁志, 群集交差流動における歩行領域確保に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 66 巻 549 号, pp185-191, 2001.
- 5) 森本安生, 伊藤譲, 坂道における歩行の理論的考察と基礎的な実験, 明治鍼灸医学第 34 号, pp29-38, 2004.
- 6) e-Stat 体力・運動能力調査  
<https://www.e-stat.go.jp/>  
(2021 年 01 月 18 日)
- 7) 片田敏孝, 桑沢敏行, 信田智, 小島優, 大都市大規模水害を対象とした避難対策に関するシナリオ分析, 土木学会論文集 B1 (水工学) 69 巻 1 号, pp71-82, 2013.
- 8) 橋本佳奈, 避難車両を考慮した水害避難システムの構築, 第 45 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 II-41, 2p., 2017.