

津波避難シミュレーションシステムにおける適用性向上に関する研究

中央大学大学院 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、地震や豪雨に起因する自然災害の発生率が非常に高く、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。津波による甚大な被害をもたらした2011年東日本大震災を契機とし、レベル2津波に対してはハード面とソフト面の両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が重要視され、避難シミュレーションによる検討が近年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モデル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が、歩行速度及び体重は年代で分けしていた。本報告では、対象地域への適用性を向上させることを目的として、対象地域の人口割合に沿って1歳毎の年齢男女別歩行速度及び体重を考慮して解析を行った。

2. シミュレーション手法

本研究では、周囲より情報を取得し、自律的に行動する多数のエージェントが相互作用を及ぼし合う環境であるマルチエージェントシステムに基づくシミュレーションを行う。地理情報の取得及び避難経路の作成等、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) ソフトである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。本研究における津波避難シミュレーションの流れを図-1に示す。

(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。歩行避難者は建物内から避難を開始すると仮定し、歩行避難者初期位置を建築物の重心とする。また道路中心線の情報を基に避難路を作成し、避難路上に避難行動の目安となるノードを作成する。

(2) 津波シミュレーション

作成された地形データを用いて、浅水長波方程式を用いた有限要素法による津波シミュレーション²⁾を行う。津波の初期条件は対象地域の津波被害が最大となる条件である、中央防災会議が提供している断層モデル4から算出された水変動量を用いている。

(3) 避難シミュレーション

避難者は初期位置である建物内から避難すると仮定し、避難開始直後は最短距離のノードを選択する。ノード到着時に、隣接しているノードに対し(1)式で表される重力モデル式を用いて経路選択が行われる。

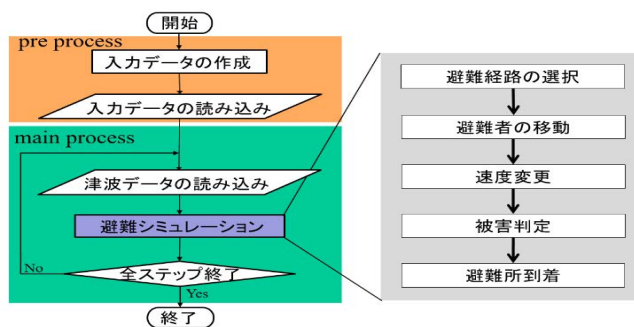


図-1 避難シミュレーションの流れ

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

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 はノード周辺に存在する避難者数である。 a 、 b 、 c 、 d は変数に対する重みであり、値が大きいほど効用に占める割合が大きくなる。 α 、 β 、 γ 、 δ 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、避難経路の選択・移動を行い、避難所に到達した時点で避難行動を終了する。

3. 最小二乗法による細分化

既往の研究¹⁾では、歩行速度及び体重については年代別でしか考慮されておらず、対象地域の住民の年齢構成を正確に反映するには不十分であった。そこで本研究では年齢男女別歩行速度を細分化することで、津波避難シミュレーションの適用性向上を図る。年代による年齢男女別歩行速度区分³⁾において、図-2に示す様、最小二乗法により近似多項式を求め、1歳毎の年齢男女別歩行速度を算出する。また、10歳未満の歩行避難者に対しては親とともに避難行動を実施すると仮定している。

さらに、歩行避難者に対して勾配速度⁴⁾を考慮している。勾配速度では避難者の年齢男女別体重⁵⁾を考慮し、上り坂と下り坂でそれぞれの式を用い、新たな速度を算出している。既往の研究では、歩行避難者の体重についても10歳毎の年齢男女別体重区分が考慮されていたため、年齢男女別歩行速度と同様の手法を用い、図-3に示す様、1歳毎の年齢男女別体重を算出する。また参考にしてしている体重データの最高年齢が79歳であるため、80歳以上については79歳

KeyWords : マルチエージェントモデル, 避難シミュレーション, 年齢男女別歩行速度, 年齢男女別体重

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

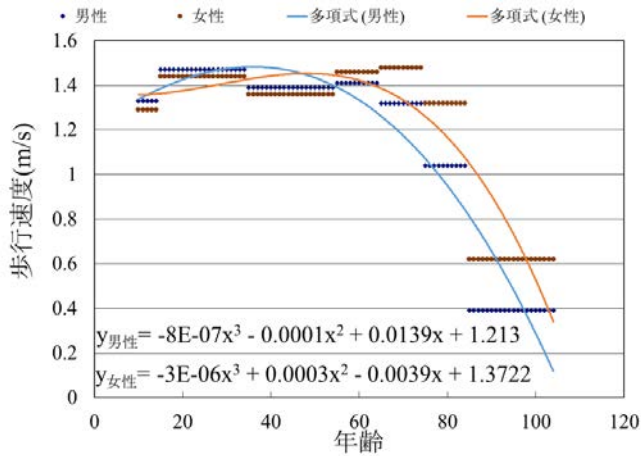


図-2 歩行速度近似曲線

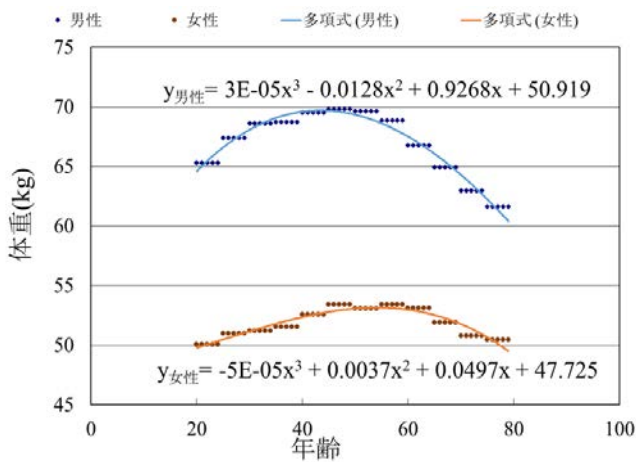


図-3 体重近似曲線

の体重を使用し、シミュレーションを実行する。

4. シミュレーション実行

年齢性別を考慮した歩行速度及び体重を反映させたデータを用いて、津波避難シミュレーションを実行し、従来の年代別を考慮した結果との比較を行った。

(1) シミュレーション条件

本研究では高知県中土佐町久礼地区を対象とし、シミュレーション範囲を図-4に示す縦約3337m×横約3360m、避難所を29か所と設定する。歩行避難者3753人に対し、既往の研究より勾配速度⁶⁾、群集速度⁶⁾、歩行疲労割引率⁷⁾、浸水済み避難経路の回避¹⁾、地区別避難所区分け¹⁾の五要素に加え、新たな年齢男女別歩行速度及び体重を考慮する。

(2) 適用結果

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。津波は久礼川河口部を基準に、シミュレーション開始から約29分後に第一波が、約42分後に第二波が到達する。図-5に津波到達の様子を示す。避難開始時刻を地震発生から1分毎に変化させた犠牲者数の推移を基に、従来の手法との比較を行う。結果については講演時に示す。

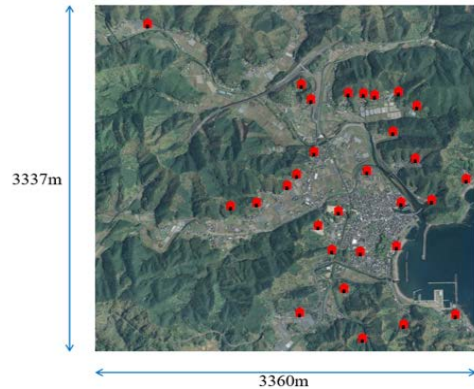
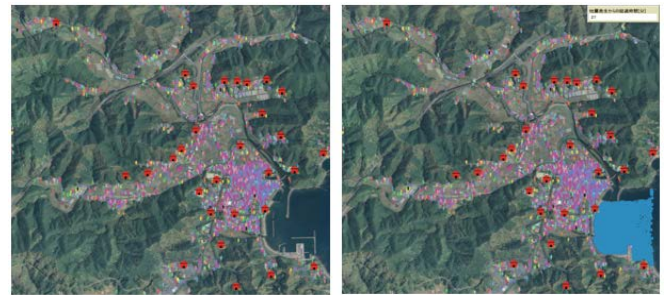


図-4 シミュレーション領域



歩行避難者初期位置

地震発生から27分後

図-5 津波到達の様子

5. おわりに

本研究では、マルチエージェントシステムにおける津波避難シミュレーションにおいて、最小二乗法による近似を行い、対象地域の人口割合に従った1歳毎の年齢男女別歩行速度及び体重を考慮し、適用性の向上を図った。

今後は、対象地域の居住者の年齢を正確に反映したシミュレーションを行う予定である。

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) 利根川大介, 檜山和男, 安定化有限要素法による津波遡上及び流体力の解析手法の構築, 応用力学論文集(土木学会), Vol.12, pp.127-134, 2009.
- 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) 森本安生, 伊藤謙, 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.
- 5) e-Stat 体力・運動能力調査 <https://www.e-stat.go.jp/>, 2021年3月31日閲覧
- 6) 高柳英明, 佐野友紀, 渡辺仁志, 群衆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.
- 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.