

地震の発生に伴う建物倒壊及び火災延焼を考慮した津波避難シミュレーション

中央大学大学院
中央大学大学院
(株) エイト日本技術開発
中央大学

学生会員 ○ 中村 麻菜美
学生会員 藤山 麗
正会員 大川 博史
正会員 樫山 和男

1. はじめに

我が国は世界でも有数の災害大国であり、特に地震の発生率が高い。東北地方太平洋沖地震の発生を機に大規模地震に対する防災・減災対策が見直され、ハード面だけでなくソフト面における対策も充実している。その評価及び検討を行う手法の一つとして避難シミュレーションの必要性が高まり、著者らの既往の研究¹⁾ではマルチエージェントモデルを用いて様々な要素を考慮した避難シミュレーションが行われた。

本発表では、既往のシミュレーション手法に対し、新たに地震の発生に伴う建物倒壊及び火災延焼を考慮した津波避難シミュレーションを行い、その効果を確認する。

2. シミュレーション手法

地理情報に関する必要なデータを ArcGIS を用いて、国土地理院が提供しているデータを基に作成した。対象地域である高知県中土佐町久礼地区での作成例の一部を図-1 に示す。シミュレーションにはマルチエージェントモデルを扱うことが可能な NetLogo を用いた。

避難者は初期位置から最短距離にあるノードに移動後、隣接している各ノードに対し次式で表される重力モデルを用いて効用 S を算出し、 S が最大となるノードを選択して移動する。

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

ここで、 s は避難所までの距離、 z は標高、 w は水際線からの距離、 f は出火地点までの距離である。 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影響度が大きい。

3. 建物倒壊による道路閉塞

(1) 道路閉塞確率の算出

地震により建物の損壊が生じることで、避難経路への影響が懸念される。2015年に東京消防庁が提示した手法²⁾を参考に、建物倒壊による道路閉塞確率を算出し、避難者の歩行速度に影響を与える要素として考慮する。道路閉塞確率は以下に示す前提条件の下算出する。

- 建物は必ず道路を挟んで向かい合っているものとする。
- 建物が層破壊した時の瓦礫幅に関する確率密度関数は正規分布とする。

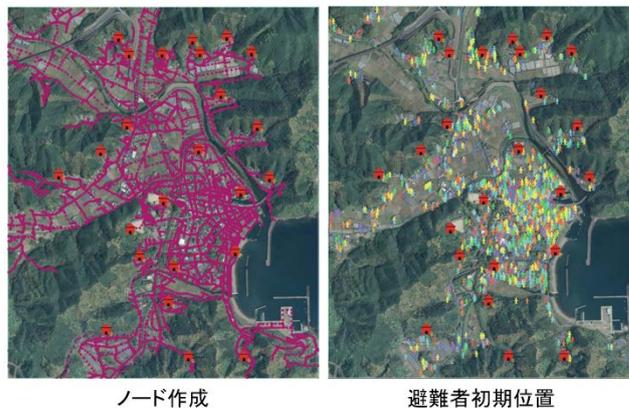


図-1 データ作成の例

- 建物の倒壊は互いに影響を及ぼさず独立して発生する。
- 確率は作成したノード毎に算出する。

データの取得には ArcGIS を用いた。また、ここで用いる車両通行幅はポンプ車が通行可能となる幅員 (3m) を用いた。道路閉塞確率の算出方法の詳細については参考文献³⁾⁴⁾⁵⁾を参照されたい。

(2) 道路閉塞による速度低減

前項の道路閉塞確率算出手法を用いた結果、本稿では避難者が避難経路の目印とするノード全 13672 個の内、閉塞する確率を持つノード数は 4161 個となった。道路閉塞による速度低下を考慮するため、算出結果より得られた 4161 個のノードからランダム値を用いて道路閉塞の有無を判定し、全ノード数の約 2.6% に値する 349 個のノードにおいて建物倒壊による道路閉塞が発生するとした。回避行動を行わず、閉塞した避難路を通過する場合、瓦礫を超えることによる速度低下が考えられる⁶⁾。本稿では、高知県中土佐町上ノ加江地区において実施された津波避難訓練⁷⁾の結果から得られた低減率を年齢別に付与することで、閉塞した道路の通過を可能とする。

4. 火災延焼シミュレーション

既存の火災延焼シミュレータ⁸⁾⁹⁾を用いて火災延焼シミュレーションを行う。出火件数は内閣府が提示している手法を参考に、以下に示す算出式を用いて出火率及び総出火件数を算出する。なお、得られた値は対象領域における最大出火件数とする。

KeyWords : 避難, マルチエージェントモデル, 建物倒壊, 火災延焼, シミュレーション

連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL : 03-3817-1815 E-mail :a16.a5rd@g.chuo-u.ac.jp

		1981年以前建設	1981年以降建設	計
木造	棟数	1695	1695	3390
	出火件数	5.9566	2.1652	8.1218
非木造	棟数	0	168	168
	出火件数	0	0.1099	0.1099

表-1 出火件数算出結果

- 全出火件数：

$$\Sigma \text{出火件数} = \text{建物数} \cdot \text{出火率} \quad (2)$$

- 一般火気器具からの出火率：

$$\text{出火率} = 0.0022 \cdot \text{建物全壊率}^{0.73} \quad (3)$$

- 電熱器具からの出火率：

$$\text{出火率} = 0.0043 \cdot \text{建物全壊率}^{0.73} \quad (4)$$

- 電気機器及び配線からの出火率：

$$\text{出火率} = 0.00036 \cdot \text{建物全壊率}^{0.73} \quad (5)$$

ここで、建物全壊率は1981年以前に建設された木造建物に対し40%、非木造建物に対し12%を、1981年以降に建設された木造建物に対し10%、非木造建物に対し4%を用いる。また、算出に用いた建物数及び総出火件数の算出結果を表-1に示す。本稿では延焼の対象となる建物総数を3558棟（木造建物3390棟、非木造建物168棟）とした。出火点は算出した総出火件数を参考にランダムに設定し、本稿では木造建物5棟とした。風向及び風速は、対象領域周辺における2020年の気象データを基に風向を西、風速を2m/sとした。火災延焼シミュレーションの結果を図-2及び図-3に示す。

5. 適用例

本稿では、想定震災を南海トラフ地震断層モデルケース4¹⁰⁾、対象地域を高知県中土佐町久礼地区とし、地震による建物倒壊と火災延焼を考慮した津波避難シミュレーションを行う。避難者は歩行避難者2650人（年齢及び性別毎の歩行速度、群衆速度、勾配速度、年齢性別毎の体重、避難者の疲労、浸水済み避難経路の回避、避難所の分けを考慮）に限定し、避難所を25箇所とした。また、火災の出火点は前項より木造建物5棟、火災の発生時刻は地震発生後0分とした。シミュレーション結果は講演時に示す。

6. おわりに

既往のシミュレーション手法に対し、地震の発生に伴う建物倒壊及び火災延焼の考慮を行い、正しく考慮されていることとその効果を確認した。

今後の課題として、ブロック塀の倒壊による道路閉塞の考慮、経路選択式の妥当性の検証等が挙げられる。

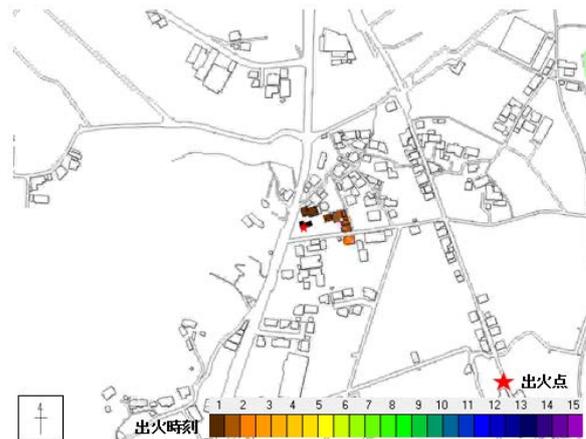


図-2 火災延焼シミュレーション結果1

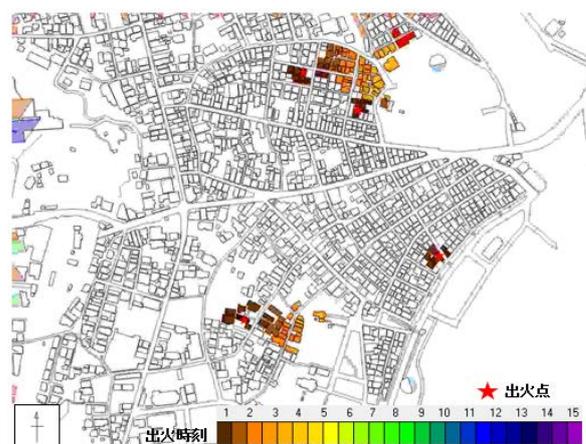


図-3 火災延焼シミュレーション結果2

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) 東京消防庁, 地震火災による人的被害の軽減方策 火災予防審議会答申, pp74-91, 2015.
- 3) 堀江啓等, 木造建物を対象とした層破壊被害関数の適用性に関する考察, 土木学会地震工学論文集, 27巻, 1-9項, 2003.
- 4) 藤本一雄, 翠川三郎, 近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法, 地域安全学会論文集, 7巻, pp241-246, 2005.
- 5) 土木学会, 沿道建物の倒壊を考慮した道路の横断面構成 土木学会阪神・淡路大震災調査報告, 1998.
- 6) 藤田謙一, 津波避難行動でのマクロ的な人的被害評価における道路閉塞条件の考え方, 東日本大震災特別論文集 No.7, 6p., 2018.
- 7) 高知県海洋局, 漁村における津波対策基本方針, 2013.
- 8) 二神透 他, 住民参加のための大震時火災延焼シミュレーション・システム開発, 土木情報システム論文集 Vol.17, pp.39-46, 2008.
- 9) 木俣昇, 大震時避難計画のためのメッシュ型火災延焼シミュレーション・システムに関する検証, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 Vol.30 No.1, pp.59-87, 1987.
- 10) 内閣府中央防災会議, 南海トラフの巨大地震モデル検討会, 2012.