

道路閉塞を考慮した津波避難シミュレーションシステムの構築

中央大学大学院 学生員 ○ 中村 麻菜美
 エイト日本技術開発 正会員 大川 博史
 中央大学 正会員 檜山 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く、世界有数の災害大国である。2011年に発生した東日本大震災を機に、想定外の規模の災害において、ハード面での対策だけでは限界があるとされ、ハード面の対策とともにソフト面の対策の重要性が確認された。ソフト面の対策において、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必要性が高まり、著者らの既往の研究¹⁾²⁾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。

本報告では、既往のシミュレーション手法に対し、新たに建物倒壊による道路閉塞を考慮した水害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

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。

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

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、 t は人数、 p は道路閉塞確率である。 a, b, c, d, e 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。 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ 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

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³⁾を参考に、建物倒壊による道路閉塞を考慮する。道路閉塞確率の算出にあたり、前提条件を以下に示す。

- 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。
- 建物の倒壊は互いに影響を及ぼさず独立して発生する。

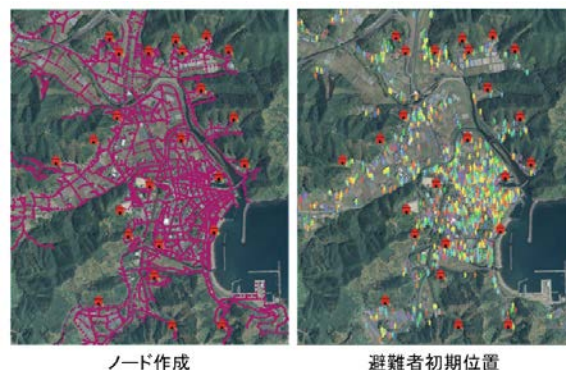


図-1 データ作成の例

- 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⁴⁾⁵⁾⁶⁾を参照されたい。

4. 適用例

建物倒壊による道路閉塞を考慮した場合の効果を見るため、既往のシステム¹⁾を基に、対象地域を高知県中土佐町久礼地区、避難者を歩行避難者 (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、避難所の収容人数の制限及び区分けを考慮) に限定し、本システムと既往のシステムとで避難開始時刻の変化による犠牲者数の比較を行った。想定した震災は内閣府が発表している南海トラフ地震断層モデルケース 4 である⁷⁾。シミュレーションの様子を図-2に示す。津波到達点の基準を久礼川河口部とした時の第一波到達時刻は約 29 分後、第二波到達時刻は約 42 分後であり、各シミュレーションは地震発生直後から 60 分後まで行った。犠牲者数を比較した結果及び算出した道路閉塞確率分布を図-3、図-6に示す。

図-3より、建物倒壊による道路閉塞を考慮したことで、犠牲者数が増える結果が得られた。犠牲者が増加した原因として二つのことが考えられる。まず、道路閉塞を考慮することによって図-4に示すような箇所避難者が通行できなくなる箇所が発生する。これにより、閉鎖空間が発生し、避難所までの避難が不可能な避難者が多数存在したことが考えられる。また、対象地域の特徴として図-5に示す通り、沿岸付近に木造の建物密集地が存在している。さらに、図-6にも示す通り、沿岸付近の住宅地だけでなく住宅

KeyWords : 避難, マルチエージェントモデル, 建物倒壊, 道路閉塞確率, 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

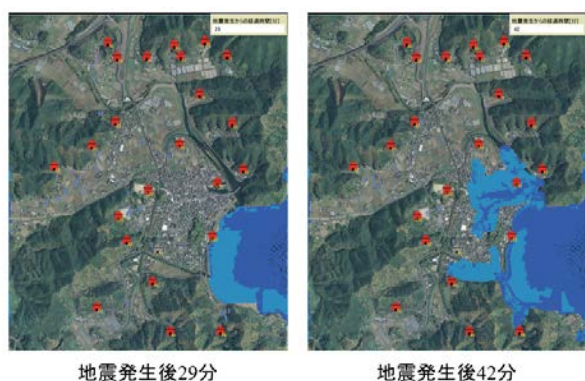


図-2 シミュレーションの様子

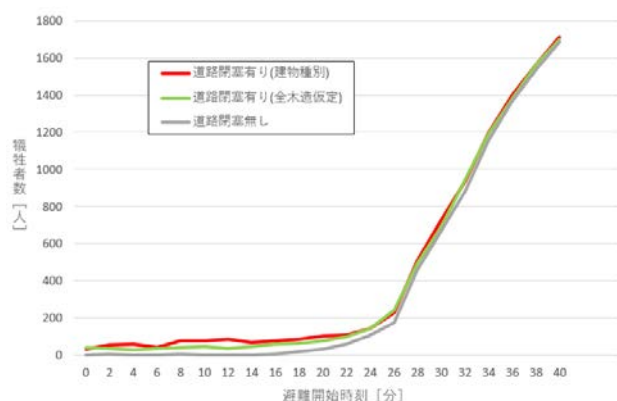


図-3 比較結果



図-4 閉鎖空間発生例

の集まる場所では道路閉塞確率が高くなっていることから、避難時により安全な経路を選択することで避難に要する時間が増加したことが原因として考えられる。津波到達後の避難による犠牲者数については、全条件において増加し、その傾向も酷似していた。

以上により、大規模な自然災害では早期での避難開始が重要であること、道路閉塞を考慮することで閉鎖空間が発生し、避難が不可能となる避難者が存在することが確認できた。

5. おわりに

既往のシミュレーション手法に対し、新たに建物倒壊による道路閉塞の考慮が正しく反映されていることが確認できた。また、道路閉塞を考慮することにより、閉鎖空間が

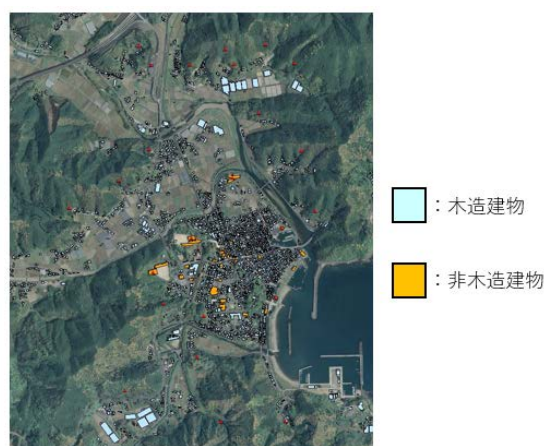


図-5 建物種別分布

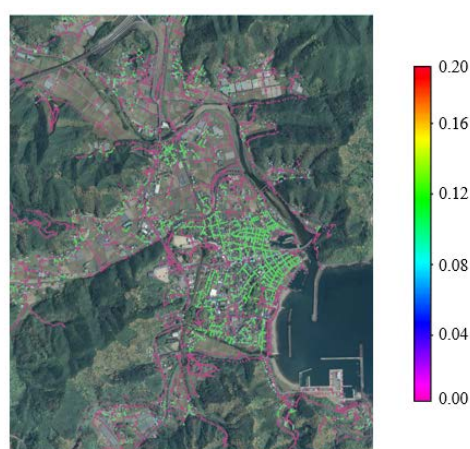


図-6 道路閉塞確率分布

発生し、避難行動が困難になる箇所があること、大規模自然災害において前もって避難経路を確認しておくことの必要性、早期避難の重要性を確認することができた。

今後の課題としては、現在用いている経路選択式の妥当性の検証、経路選択式の各項に係る重みの検討、垂直避難の考慮が挙げられる。

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) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 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