

住民の歩行速度の相違ならびに道路閉塞を考慮した
津波避難シミュレーションに関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○源 貴志 徳島大学大学院 正会員 成行 義文
徳島大学大学院 学生員 藤原 康寛 ニタコンサルタント 正会員 田中 徳一
徳島大学大学院 正会員 澤田 勉 徳島大学大学院 正会員 三神 厚

1. はじめに

南海地震は日本における代表的な海洋型の巨大地震であり、その次回発生確率は30年以内に約50%と予測されている¹⁾。一般に海洋型の巨大地震では、大きな地動による構造物の損壊等だけでなく津波による被害を伴うことが特徴的である。津波から人命を守るためには、津波到達までに住民を安全な避難可能場所に避難させなければならない。そのためには、全住民参加による避難訓練を定期的 to 実施し、住民の意識および避難スキル等の向上を図るとともに、問題点を抽出しその対策を立てる必要がある。しかし、これらは実質的には容易ではない。以上のような観点から、本研究では、各自主防災組織等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を目的として、ペトリネット²⁾ ³⁾を用いて各住民の避難挙動を表現するとともに家屋倒壊による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を構築し、徳島県阿南市津乃峰町の一部地区における津波ハザードの高い地区に適用しその妥当性について検討した。

2. 津波避難シミュレーション手順

図1は本研究における津波避難シミュレーションの手順を示したものである。以下に、各ステップの説明を行う。

3. モデル地区の選定

本システムを適用するためのモデル地区として、過去の南海地震による津波被害経験を有しており、次回の南海地震でも津波被害が予測されている徳島県阿南市津乃峰町内で、比較的自主防災会活動が活発な地区（長浜西3・4組防災会、津乃峰団地自主防災会：以下、各防災会が組織されている地区をそれぞれ長浜西地区、津乃峰地区と呼ぶ）を選定した。

4. 住民属性及び家屋属性調査のためのアンケートの実施

より現実 to 即した津波避難シミュレーションを行うための基礎データを収集するために、選定したモデル地区の各住民に対して、住民属性及び家屋属性等に関するアンケート調査を実施した。住民属性については歩行速度や年齢等を、家屋属性については家屋の位置・建築年・階数・材質等についての質問を行った。各地区に対するアンケート用紙の配布戸数及び回収率は表1に示すとおりである。

5. 道路網ネットワーク及び属性データの作成

GISを用いてモデル地区の道路網ネットワーク及び属性データの作成を行った。道路網ネットワークは、国土地理院作成の数値地図2500の道路中心線を基本として作成され、ノード数542、リンク数550である。道路幅員および沿道建物数等のリンクの属性データは、先に作成した道路網ネットワークならびにNTTネオメイト「ジオスペース」の道路輪郭線および建物ポリゴンを用いて作成した⁴⁾。

6. 道路閉塞予測

より実情 to 即した津波避難シミュレーションを行うためには地震時建物倒壊等による道路閉塞を考慮する必要がある。本研究では全ての建物の倒壊確率を同一（阿南市における木造建物割合、約0.58⁵⁾）として道路閉塞確率の算定を行い⁶⁾、閉塞確率40%以上のリンクを閉塞とみなした⁶⁾。

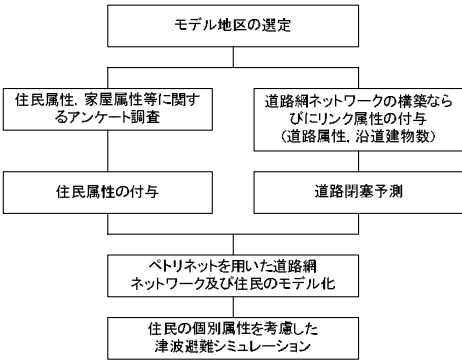


図1 津波避難シミュレーションフロー

表1 アンケート配布戸数及び回収率

配布地区	配布戸数	回収戸数	回収率 (%)
長浜西地区	46	43	93.5
津乃峰地区	60	45	75.0
全体	106	88	83.0

表2 各住民の基本歩行速度

年齢 (歳)	速度 (m/s)	年齢 (歳)	速度 (m/s)
0～3	親と同じ速度	19～25	1.5
4～6	0.8	26～39	1.3
7～12	1	40～49	1.2
13～15	1.2	50～64	1
16～18	1.3	65～	0.8

キーワード 津波避難シミュレーション、歩行速度、ペトリネット、道路閉塞、南海地震

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2 丁目 1 番地 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 成行 義文
Email : nariyuki@ce.tokushima-u.ac.jp

7. 住民の避難速度

各住民の基本歩行速度は、火災便覧⁷⁾を参考にして表2に示すように年齢により分類した。また、道路（リンク）の人口密度により表3のように基本歩行速度を変化させるのと同時に、上り坂や階段等では歩行速度が1/2になるとした。さらに、進行方向のリンクの人口密度が6.5人/m²以上の場合はそのリンクへの進入は不可とした。

8. モデル地区の津波避難シミュレーション

対象住民数は、長浜西地区が147人、津乃峰地区が112人、その他が124人の、合計383人である。それぞれ、各地区はアンケート回答住民数、その他はモデル地区内の空き家・アパート等を除いた建物に一律4人の住民がいると仮定した場合の人数である。津波避難シミュレーションは、表4に示すように、道路閉塞の有無、年齢による速度変化の有無、年齢による速度変化が有る場合に速度変化の単位が世帯もしくは個人、の3条件を組み合わせた6つのパターンについて行った。本研究では、地震発生時刻は全員在宅の可能性が高い早朝とし、その26分後にモデル地区に津波が到達する⁸⁾とした。さらに、家屋の損壊等により死亡あるいは負傷する住民は皆無とし、全住民が地震発生の5分後に自力で避難を開始することができ、避難可能場所の容量は十分であるとした。

表5は、津波避難シミュレーションによる各パターン（表4）の避難完了時間及び避難完了人数（率）を、また、図2は各パターンの避難完了率の推移をそれぞれ示している。これらの図表より、道路閉塞を考慮した場合（(a)～(c)）、いずれのパターンも避難完了することはできなかったが、道路閉塞を無視した場合（(d)～(f)）ではすべてのパターンで全住民の避難が完了していることがわかる。これは、道路閉塞対策の重要性を示している。また、パターン(d)とパターン(e)は、基本歩行速度に関する条件が異なるにも関わらず全住民の避難完了時間に差は無かった。これは、パターン(d)、(e)ともに同一の住民（トークン）が避難完了までに最も時間がかかっているためである。また、図2より初期における避難完了率の増分は、パターン(f)が最も大きく、パターン(a)が最も小さかった。これは、パターン(a)では、基本歩行速度を世帯の中で最も遅い住民に合わせたことで歩行速度の遅い住民が増加しかつ道路閉塞が発生したため、またパターン(f)では、基本歩行速度を一定（1.3m/s）にしたことで多くの住民の歩行速度が速くなったためだと考えられる。これらのことから住民の歩行速度の設定方法が避難完了時間および初期の避難完了率増分に大きな影響を与えていることが分かる。

9. 結論

本研究では、歩行能力等の住民個別属性ならびに建物倒壊等による道路網ネットワークの閉塞・切断等を考慮し得る実用的で精度の高い動的津波避難シミュレーションシステムの構築に関する基礎的研究として、住民・家屋等の属性データの収集方法ならびにペトリネットを用いた津波避難シミュレーション手法を開発し、それらを津波ハザードの高い徳島県阿南市津乃峰町の一部に適用してその有用性を確認した。今後、道路閉塞推定の際に家屋の建築年代を考慮するとともに、道路網ネットワークの生成ならびに住民・家屋属性データの入力方法等をより簡易にすることにより、自主防災組織等での活用が可能な津波避難シミュレーションシステムに改善する予定である。

謝辞：津乃峰団地自主防災会の青木慧氏ならびに長浜西3・4組防災会の山田修氏にはアンケート調査等で多大なご支援をいただきました。また、和歌山工業高等専門学校助教辻原治氏にはペトリネットに関する数々のご教授をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献：1) 阿南市津波防災マップ、2006年3月。2) 奥川峻史：ペトリネットの基礎、共立出版株式会社、1995年。3) 辻原治・寺田和啓・澤田勉：ペトリネットを導入した地震時同時多発火災に対する延焼シミュレーションの構築、土木情報利用技術論文集、vol.14, pp.129-136, 2005年10月。4) 源貴志、成行義文、天野健、平尾潔：GISによる道路網ネットワーク及び属性データの作成方法と道路閉塞予測への適用、土木情報利用技術論文集 vol.15, pp.127-138, 2006年10月。5) 徳島県地震被害想定調査報告書概要版、2006年3月。6) 福井佑一郎、西川香里、成行義文、平尾潔：兵庫県南部地震時の木造建物倒壊長の統計分布とそれを用いた街路閉塞予測、土木学会四国支部 第10回技術研究発表会 講演概要集、pp.70-71, 2004年5月。7) 日本火災学会：火災便覧、共立出版株式会社。（本研究に関する詳細データ URL: <http://www.steng.ce.tokushima-u.ac.jp/research/zenkoku2007.html>）

表3 リンク密度による速度変化

リンク密度 (人/m ²)	歩行速度
1.5未満	基本歩行速度 (表2)
1.5以上3.8未満	0.5m/s
3.8以上6.5以下	0.2m/s

表4 シミュレーションパターン

パターン	道路閉塞	年齢による速度変化	移動単位
(a)	有	有	世帯
(b)	有	有	個人
(c)	有	無	
(d)	無	有	世帯
(e)	無	有	個人
(f)	無	無	

表5 シミュレーション結果

	道路閉塞考慮		
	年齢による速度変化有		年齢による速度変化無
	家族単位 (パターン a)	個人単位 (パターン b)	(パターン c)
避難完了時間	避難完了できず	避難完了できず	避難完了できず
避難完了人数 (率)	193人 (50.4%)	194人 (50.7%)	196人 (51.2%)

	道路閉塞無視		
	年齢による速度変化有		年齢による速度変化無
	家族単位 (パターン d)	個人単位 (パターン e)	(パターン f)
避難完了時間	17分6秒	17分6秒	8分16秒
避難完了人数 (率)	383人 (100%)	383人 (100%)	383人 (100%)

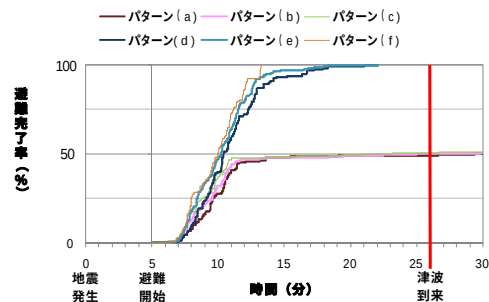


図2 避難完了率曲線