

住民の個別属性を考慮した津波避難シミュレーション

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

1. はじめに

今回の南海地震の発生確率は、10年以内に約10%、30年以内に約50%、50年以内に約80%と予測されている。南海地震のような海洋型の巨大地震では、発生時の大きな地動による構造物の損壊等の被害だけでなく、津波による多大な被害が予想される。このため津波から人命を守る最も有効な手段は、津波到達までに住民を安全な避難（可能）場所に避難させることにある。有事の際の避難活動をスムーズに行うためには、全住民参加による避難訓練を定期的の実施し、住民の意識および避難スキル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、具体的な行動に移すことは容易ではない。そこで、本研究では、全住民が一斉に避難した際に何が原因で津波到達時間までに避難できないのかを把握し、その対策を検討するための支援ツールとして、住民個別の避難挙動をペトリネットにより表現した津波避難シミュレーションシステムを構築した。さらに本システムを徳島県阿南市の一部に適用してその有効性の検討を行った。

2. 津波避難シミュレーションシステムの概要

本研究で構築した津波避難シミュレーションシステムの概要を図1に示す。

3. システム適用地区の選定とアンケート調査

システム適用地区として、比較的自主防災に関する意識が高く過去の南海地震でも津波被害を受けた徳島県阿南市津乃峰町内の長浜西3・4組防災会ならびに津乃峰団地自主防災会等の自主防災会が組織されている地区を選定した。次に、これらの地区の住民ならびに家屋属性に関するアンケート調査を行った。アンケートにおける質問内容は、歩行能力等の住民の個別属性と家屋の建物年代等である。アンケートの配布戸数及び回収率は表1に示すとおりである。

4. 道路網ネットワーク及び属性データの作成

システム適用地区の道路網ネットワーク及び属性データを、GISを用いて作成した。道路網ネットワークは、国土地理院作成の数値地図2500の道路中心線をベースに作成し（図2）、ノード数542およびリンク数550である。道路幅員および沿道建物数等の属性データは、本研究で作成した道路網ネットワークと、GEOSPACE（NTTネオメイト）の道路輪郭線ならびに建物ポリゴンより作成した。

5. 津波避難シミュレーション例

1) 前提条件：本研究では、ペトリネット^{2), 3)}を用いて住民個々の避難行動を表現した。津波避難シミュレーションの対象住民の数は、長浜西3・4組防災会が147人、津乃峰団地自主防災会が112人、その他が124人である。これらは、長浜西3・4組防災会と津乃峰団地自主防災会はアンケートに回答した人数、その他はシステム適用地区内の空き家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。

各住民の歩行速度は火災便覧⁴⁾を参考に、表2に示すように年齢により分類した。また、道路閉塞の有無、ならびに歩行速度の設定等の条件の組み合わせにより、表3のような6つのパターンの津波避難シミュレーションを行った。パターン(a)、(d)の移動速度は、表2より各住民の移動速度を決定し、その後各世帯の中で最も遅い住民の移動

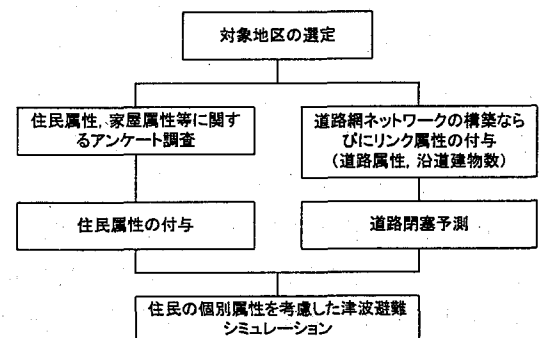


図1 津波避難シミュレーション
システムの概要

表1 アンケート回収率

	配布戸数	回収戸数	回収率(%)
長浜西3・4組防災会	46	43	93.5
津乃峰団地自主防災会	60	45	75.0

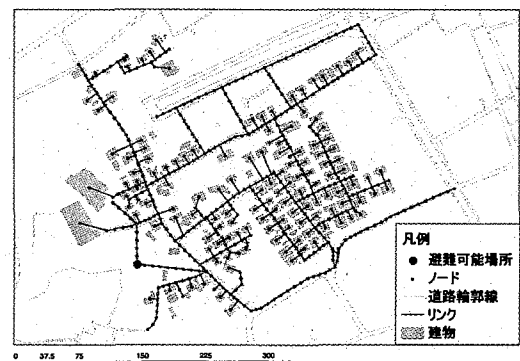


図2 徳島県阿南市津乃峰町の一部

速度とした。パターン(c), (f)の移動速度は、各住民の移動速度をすべて1.3m/sとした。また、パターン(a), (d)が最も移動速度が遅い住民が多いため、住民の避難完了は最も遅くなると思われる。道路混雑時や閉塞時などの次善経路選択及び混雑に伴う移動速度の低減が考慮されている。また、本研究では在宅の可能性が高い早朝に地震が発生しその26分後に津波が到達すると仮定した。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、地震発生後直ちに全員が自力で避難を開始し、避難可能場所の容量は十分であると仮定した。また、閉塞確率40%以上のリンクを閉塞リンクとした。

2) シミュレーション結果：表4は、津波避難シミュレーションによる各パターンの避難完了人数(率)を示したものである。また、図4、図5は各パターンの避難完了率の推移を示している。道路閉塞を考慮した場合は、全パターン((a)~(c))で避難完了することはできなかった。しかし、道路閉塞を無視した場合((d)~(f))では全住民の避難が完了した。このことは、道路閉塞対策の重要性を示している。また、パターン(d)はパターン(e)よりも移動速度が遅い住民が多いにもかかわらず全住民の避難完了時間に差は無かった。図4、図5より時間ごとの避難完了率においては、それぞれパターン(c), (f)が最も大きく、パターン(a), (d)が最も小さかった。これは、パターン(c), (f)では、移動速度を世帯の中で最も遅い住民に合わせたことで移動速度の遅い住民が増えたため、パターン(a), (d)では多くの住民の移動速度が速くなったためだと考えられる。避難完了時間に差が見られたり、避難完了時間が同じでも時間ごとの避難完了率に差が見られるなど各住民の移動速度の設定がシミュレーション結果に大きな影響を与えていることが分かる。

6. おわりに

住民の個々の避難挙動をペトリネットにより表現した。津波避難シミュレーションシステムを構築し、阿南市津乃峰町の一部に適用してその妥当性を検討した。その結果、本システムにより住民個々の歩行速度ならびに家屋倒壊等による道路閉塞を考慮した避難シミュレーションが可能であることが分かった。今後、本システムの汎用性を高めるとともに、最適な避難可能場所の選定、あるいはより効果的な道路閉塞・落橋等の対策順序の策定等に応用してゆく予定である。また、用いるデータを変えることで、他のシナリオでも容易に津波避難シミュレーションを行うことができる。

謝辞：津乃峰団地自主防災会の青木慧氏、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支援をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1)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, 2)奥川峻史: ペトリネットの基礎, 共立出版株式会社, 3)藤原康寛, 源貴志, 成行義文, 田中徳一: ペトリネットを用いた津波に対する住民避難シミュレーションに関する基礎的研究, 平成19年度土木学会四国支部, 4)日本火災学会: 火災便覧, 共立出版株式会社

表2 各住民の歩行速度

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

表3 シミュレーションパターン

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

表4 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	193人(50.4%)	194人(50.7%)	198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	383人(100%)	383人(100%)	383人(100%)

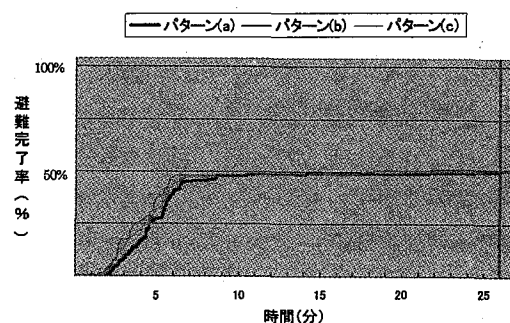


図3 避難完了率曲線(道路閉塞考慮)

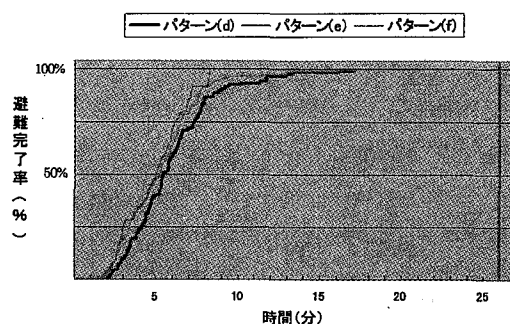


図4 避難完了率曲線(道路閉塞無視)