

一人称視点による津波避難シミュレーションの提案

Proposal of a first-person tsunami evacuation simulation

稲垣誠[†] 川合康央[†]
Makoto Inagaki[†] Yasuo Kawai[†]

[†] 文教大学 情報学部

[†] Faculty of Information and Communications, Bunkyo University.

要旨

本システムは、ゲームエンジンとオープンデータを用いて、実在する都市の仮想三次元モデルを用いた津波避難シミュレーションシステムの提案である。自律的に避難するマルチエージェントの避難行動を可視化し、津波高さや避難開始時間による被災率について見ていくことにより、自治体の防災計画に必要なデータを得ることとする。また、被災者が多く見られた場所に対して、津波避難ビルや避難経路の設定などの地方自治体における防災計画策定に資するデータを取得することを目的とする。

1. はじめに

我が国は、地理的な影響から、これまでも数多くの巨大地震を受け、多くの被害を被ってきた。2011年の東日本大震災では、地震による被害とともに、地震によって発生した津波が甚大な被害をもたらした。さらに現在では、100~200年間隔で発生してきた南海トラフ地震の発生が予測されている[1]。この南海トラフ地震が発生した場合、静岡県から宮崎県にかけての一部では震度7となる可能性があるとされており、それに隣接する周辺の広い地域では震度6弱から震度6強の強い揺れが想定されている。また、関東地方から九州地方にかけての太平洋沿岸には、10mを超える大津波が想定されている。このような大規模な地震や津波が想定される中、津波の被害シミュレーション[2,3]や避難シミュレーション[4,5]といった研究が行われている。本研究では、これらの研究を参考に、ゲームエンジン Unity を使用し、地理情報のオープンデータから実在する都市の3Dモデルを作成し、住民エージェントを用いて津波避難行動シミュレーションを行う。また、津波高さや避難開始時間による被災率の変化について検討を行った。

2. 研究の方法

2.1. システム開発

本システムの開発では、国土地理院等が提供する地理情報や、地方自治体などによるオープンデータと、地理情報システムやコンピュータグラフィックス、ゲームエンジンなどのフリー・オープンソースソフトウェアを使用した。地理情報として、国土地理院による基盤地図情報ダウンロードサービスを利用した。対象地区のXMLデータを取得し、標高、道路、建物の三つの要素を繰り出し、Shape形式で書き出した、このファイルをオープンソースの地理情報システムであるQGISに読み込み、3次元処理を施して、STL形式で書き出した。さらにこれらの3次元データをオープンソースのコンピュータグラフィックスソフトウェアであるBlenderに読み込んだ。Blender上では、道路縁から路面にポリゴンを生成し、3次元道路モデルを作成した。また、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスからテクスチャを作成したものを適用した。この3次元モデルをFBX形式でゲームエンジンUnityに読み込んだ。ゲームエンジン上では、指定された速度で移動する津波モデルを作成した。さらに、現在の位置から最も近い津波避難ビルまたは高台に向かって、自律的に避難するマルチエージェントを作成した。避難するエージェントは、移動速度と被災判定される津波高さの異なる、児童、成人、高齢者の3種類のエージェントを作成した。

2.2. 対象地区

研究対象地区として、太平洋に面した相模湾沿岸の都市部である神奈川県茅ヶ崎市を選定した。相模湾には水深1000mを超える相模トラフが存在するため、これまでも近海で発生した地震による津波の影響を繰り返し受けてきた地域である。また、東京や横浜のベッドタウンとして、多くの住宅地を有するため、本地域では適切な防災計画が必要とされている。茅ヶ崎市は、津波ハザードマップとともに、地位図検索サイトまっぷdeちがさきにより、防災情報を公開している(図1)[6]。

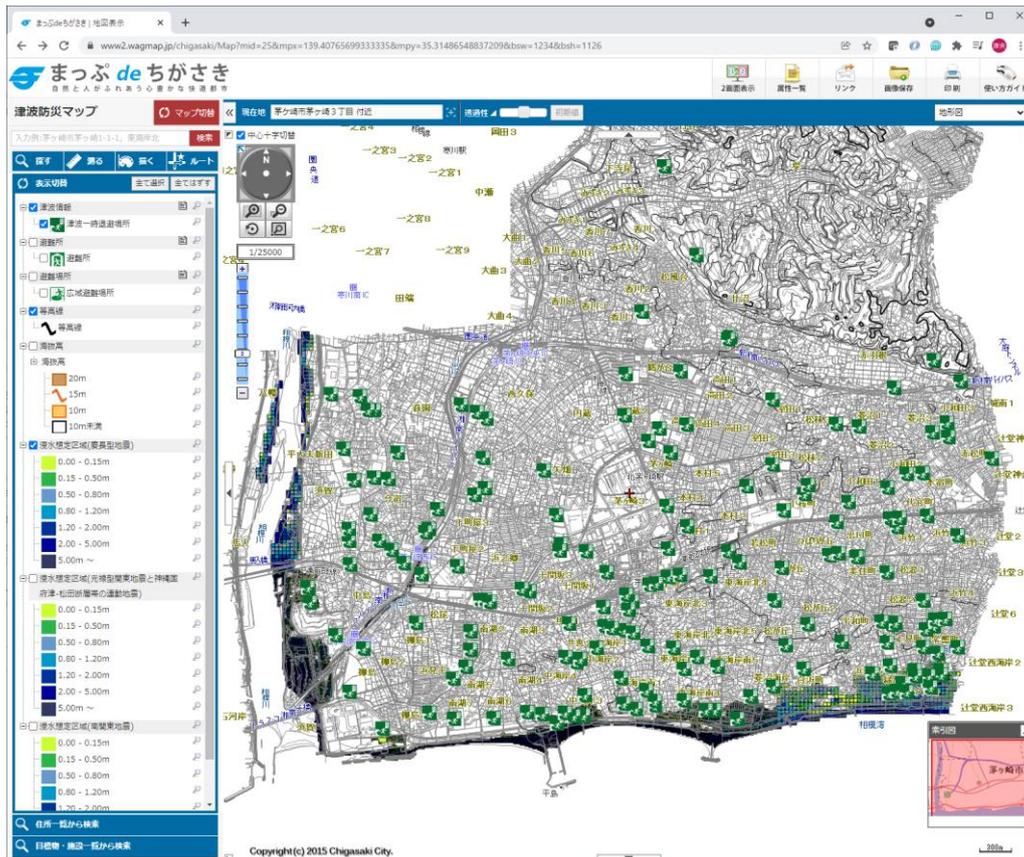


図1 まっぷdeちがさきによる慶長型地震における浸水想定区域と津波一時避難所

2.3. 避難行動シミュレーション実験

本システムは、設定画面からエージェントの数と年齢別の比率、津波が到達するまでの時間、津波の高さなどの指定が可能である。今回は、津波高さ 5m, 10m, 15mの三パターンについて、避難開始時刻が海岸への津波到着後と、海岸への津波到着 10 分前の場合の二パターンを組み合わせ検証を行うこととした。

津波の到達時間と津波の高さによる実験は、それぞれのパターンで各 20 回行った。避難開始時間と海岸到着時の津波高さの異なる計 6 パターンの実験を行った。エージェント比率は、茅ヶ崎市の最新データを参考にしている[7]。茅ヶ崎市の人口は約 24 万人であるが、エージェント数は、その 1/10 である 24,000 体で設定を行った。児童・成人・高齢者の割合は、それぞれ 13%, 60%, 27%とした。また、今回のシミュレーションでは、避難者はすべて避難所を知っているものとしてシミュレーションを行った (図 2)。

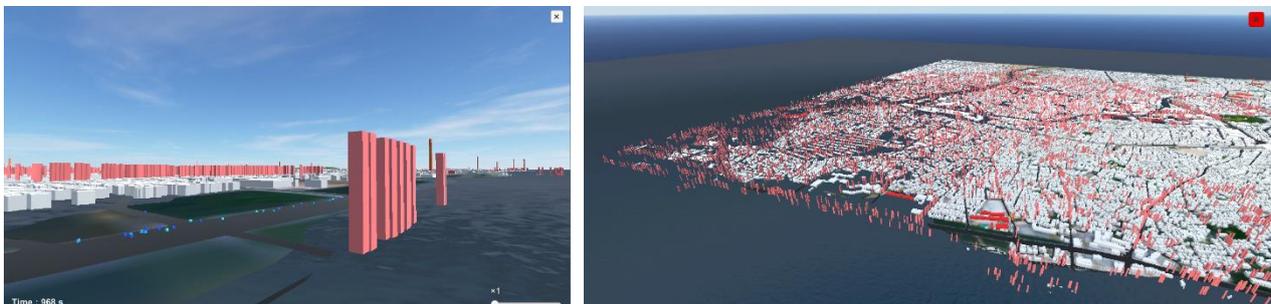


図2 シミュレーションの実行画面 (青いボックスはエージェント, ピンクのバーは被災箇所)

3. シミュレーション結果

実験の結果から、以下のようなデータを得た。避難開始時刻が海岸への津波到着後と、海岸への津波到着 10 分前の場合の被災率について比較する (図 3, 表 1)。

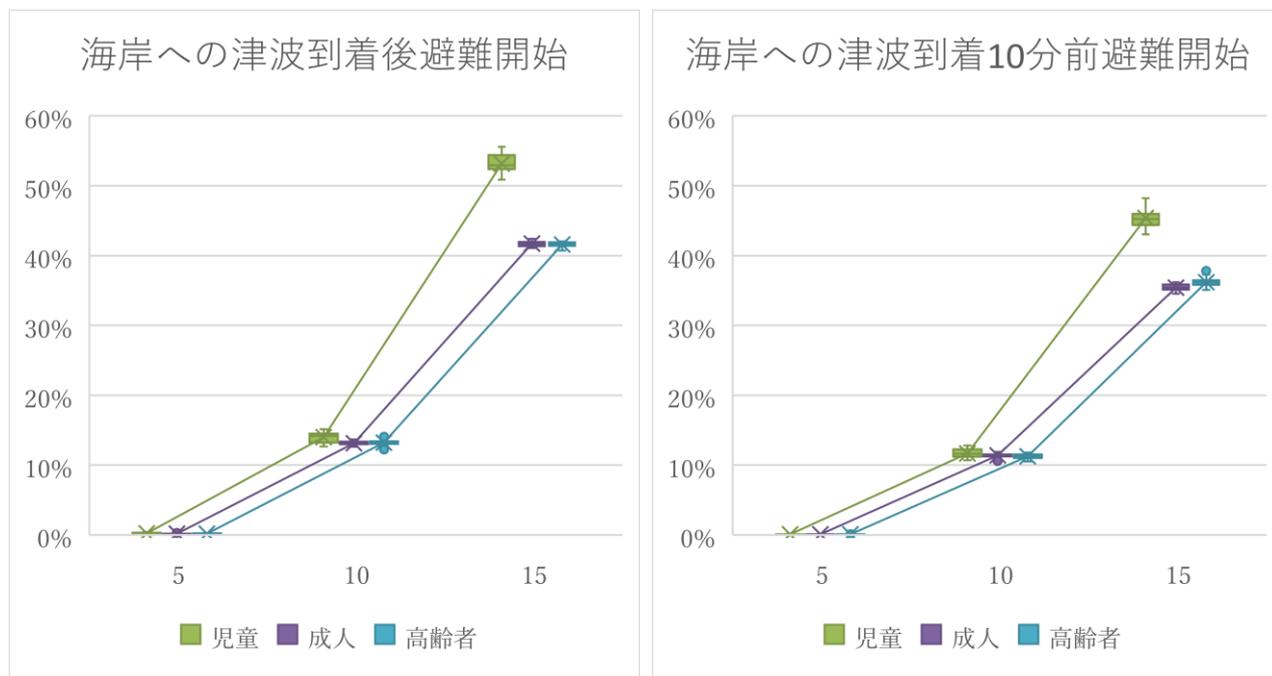


図3 避難開始時刻が海岸への津波到着後（左）と海岸への津波到着10分前（右）のエージェント別被災率

表1 津波高さや避難開始時間によるエージェント別被災率

津波高さ	津波到着後避難開始				津波到着10分前避難開始			
	全体	児童	成人	高齢者	全体	児童	成人	高齢者
5	0.18%	0.22%	0.18%	0.16%	0.08%	0.08%	0.09%	0.07%
10	13.28%	14.01%	13.15%	13.22%	11.39%	11.68%	11.38%	11.28%
15	43.17%	53.16%	41.72%	41.58%	36.93%	45.39%	35.42%	36.21%

津波高さ5mの時の全体の平均被災率は、津波到着後避難の場合0.18%、津波到着10分前避難の場合0.08%であったが、津波高さ10mの時、それぞれ13.28%、11.39%と大きな被害となる。また、茅ヶ崎市に最も影響を及ぼす慶長型地震の場合の最大津波高さは8mとされており、実際には15m級の津波は想定されていない。しかし、仮に発生した場合、平野部が内陸まで続く地形の茅ヶ崎市の場合、内陸の都市部での避難先が少ないため、43.17%、36.93%と、広範囲にわたる被害が起こる。

また、シミュレーションの結果、津波の高さが10m、15mの場合、津波避難到着後避難開始する場合と津波到着10分前に避難開始する場合とでは、約16%もの被災者を減らすことが可能であることが明らかとなった。地震発生から津波到達まで時間は、震源地や震源の深さなど、様々な要因によって変動するものであるため、あらかじめ何分後に津波が到達するかを予測することは難しい。しかし、避難開始時間が早いほど被害者数は減少するため、津波の避難に要する時間を可能な限り多くとることができる避難によって、津波による被災者数を抑えられることが可能となる。

4. まとめ

本稿では、津波の避難シミュレーションとして、津波の到達時間と津波の高さから、津波による被災率の変化をシミュレーション実験から見てみた。得られたデータから、津波発生の可能性がある場合、可能な限り早期に避難することによって、被災者数を減少させることが出来るといった結果が得られた。しかし、近海を震源とする津波の場合、避難時間を十分に確保することは難しい。また、震源が近い地震の場合、家屋倒壊やそれに伴う避難経路の破損が考えられる。今後、建物倒壊の確立などを反映したシミュレーションモデルの作成を行っていく。さらに

平地が広がる茅ヶ崎市のような市街地においては、特に河川沿いにおいて、内陸部へ避難中に被災するケースも見られた。直接海が見えない内陸部においても、津波避難ビルの設置を行うなどの対策が必要である。引き続き、実際の災害に近い状況を再現し、地方自治体における防災計画に資するデータ取得のためのシミュレーションシステムの開発を行っていくこととする。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP 19K12665 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 金田義行, “南海トラフ巨大地震研究プロジェクト成果”, 自然災害科学, Vol.40 No.1, 2021, pp.23-37.
- [2] 大石裕介, 新出孝政, 山崎崇史, 牧野嶋文泰, 馬場俊孝, 前田拓人, 近貞直孝, 対馬弘晃, 高川智博, “南海トラフ巨大地震の 3 次元津波伝播シミュレーション”, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.76 No.2, 2020, pp.259- 264.
- [3] 高橋幸宏, & 能島暢呂, “南海トラフ巨大地震による津波の浸水深分布の空間相関特性の評価とシミュレーション”, 地域安全学会論文集, No.36, 2020, pp.75-82.
- [4] 服部匡洋, 大石秀雄, 中村真貴, 馬越一也, 篠原聖二, “広域道路ネットワークを対象とした地震被害シミュレーションの精度検証と被災度評価”, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.76 No.4, 2020, pp.516- 528.
- [5] 亀田知沙, 高橋智幸, “津波避難時における歩車の相互作用を考慮した数値シミュレーションの開発”, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.73 No.2, 2017, pp.349- 354.
- [6] 茅ヶ崎市, “まっぷ de ちがさき”, <https://www2.wagmap.jp/chigasaki/Portal> (2021/11/23 アクセス)
- [7] 茅ヶ崎市, “2021 年 年齢別・男女別・町丁字別人口 (住民基本台帳に基づく) 令和 3 年 11 月”, <https://www.city.chigasaki.kanagawa.jp/profile/tokei/1017088/1016919/1041718.html> (2021/11/23 アクセス)