

津波避難シミュレーションを用いた津波避難行動に関する研究

株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○山本 英幸
正会員 橘 義規

1. はじめに

東南海沿岸部の基礎自治体では、国より公表された「津波浸水予測」に基づき、南海トラフ巨大地震による津波への備えとして避難計画の策定が進められている。

本研究の目的は、基礎自治体が立案している津波避難計画の実効性を高め、避難空間づくりや避難路整備、避難誘導等の施策の検討を行う際の基礎データとするために、浸水区域内の代表的な集落（以下、A地区という）を対象に徒歩及び自動車による津波避難シミュレーションを実施し、発災時の住民避難の状況を把握するものである。



図-1 津波避難シミュレーションの対象範囲

2. 津波避難シミュレータ概要

(1) シミュレータ概要

本研究では、ネットワーク型のマルチエージェントモデルを用いた。本モデルで用いる空間データは、図-2に示すとおり、対象空間の道路形状を点（ノード）と線（リンク）で表現した道路ネットワークを用いた。

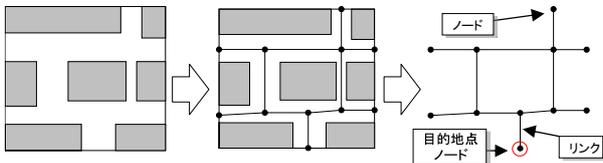


図-2 実空間からのネットワーク空間作成過程

(2) 避難手段

避難手段は、避難者全員が徒歩による避難をした場合と、東日本大震災の事例¹⁾を踏まえ、自動車を含む場合（徒歩:50%、車 50%）の2ケースとした。

(3) 避難者エージェント

本稿では、シミュレーション上の移動体を避難者エージェントという。各避難者エージェントには以下の属性情報を境界条件として設定した。

①発生時刻（避難開始時間）

津波の遡上を開始される地震発生後 10 分¹⁾を基準に前後 2 分程度のばらつきをもたせて設定した。

②発生地点（避難開始地点）

国土地理院の地形図や航空写真より、発生地点となる集落の分布範囲を設定した。

③目的地点（避難場所）

A 地区のハザードマップ等より、指定避難所（公共施設、高台等）を設定した。

④エージェント属性

各エージェントの属性は、徒歩（一般）、徒歩（高齢者[65 歳以上]）、車とした。

⑤避難者人数

避難者数は、国勢調査[平成 17 年度]の統計資料より、以下のとおり設定した。

表-1 避難者数の設定

避難手段 種別	全員徒歩 [人]	徒歩:50%・車 50% [人]
徒歩（一般）	1,186	593
徒歩（高齢者）	740	370
車		963
合計	1,926	1,926

⑥津波によるエージェントの被害判定

既存文献¹⁾を参考に津波の浸水深(h)により、1.0m<hの場合、津波被害に遭うこととした。

(4) 避難速度

自由歩行速度は、既存文献を参考²⁾に、以下に示すとおり設定した。

- ・徒歩（一般）：1.19m/s、徒歩（高齢者）：0.83m/s
- ・車：30km/h

また、歩行者の速度-密度式³⁾は、以下に示すとおり設定した。ここで V_i は属性 i のエージェントの自由歩行速度、 ρ は歩行者の前方密度を表す。

$$v_i = \begin{cases} V_i & (0 \leq \rho < \rho_i) \\ 1.8\rho^{-1} - 0.3 & (\rho_i \leq \rho < 6.0) \\ 0 & (\rho \geq 6.0) \end{cases}$$

前方密度とは、対象となるエージェントの前方距離 L [m]×道幅 W[m]の範囲における歩行者の密度（車は、1台あたり歩行者エージェント 10 人分と設定）より求めた。なお、本シミュレーションでは、歩行者の前方監視距離を L=3.0[m]と設定した。

キーワード：避難行動, マルチエージェント・シミュレーション, 津波防災, 災害リスク

連絡先：〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 株式会社オリエンタルコンサルタンツ TEL03-6311-7855

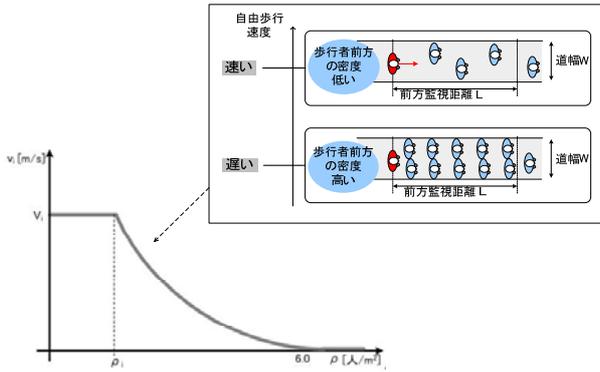


図-3 密度による速度低減

また、車の最大自由走行速度 (V_f) は、下式に示すとおり、道幅 (w) に依存して決定した。

$$V_f = \begin{cases} \frac{V_{\max}}{2} [\tanh(w-2)+1] & (0 < w) \\ 0 & (w = 0) \end{cases}$$

ここで V_{\max} は車の最高速度を表し、今回のシミュレーションでは 30km/h とした。

なお、車の避難シミュレーションは、前方車両の混雑度による移動距離の低下を考慮している。

(5) 経路選択

歩行者の避難経路は、それぞれの発生地点から設定された複数ある目的地点ノードまでの通行可能な経路の中で、距離が最短となる経路とした。

車の避難経路は、道幅の広い道路を選択しやすく、狭い道路は選択し難い設定とした。

3. 津波浸水想定

津波浸水想定は、「南海トラフの巨大地震の津波シミュレーション結果 (50m メッシュの公表結果)」(内閣府,2012) を用いた。

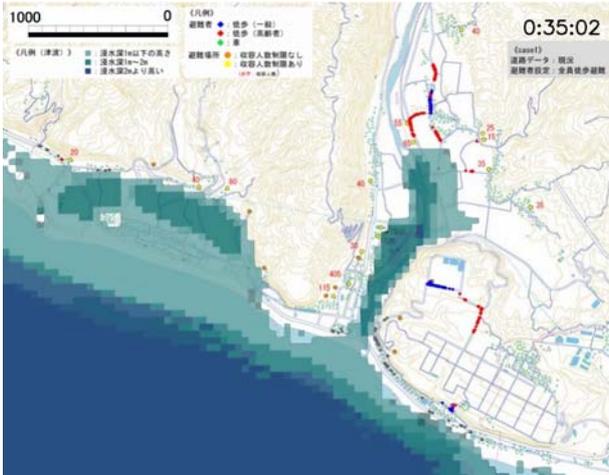


図-4 津波避難シミュレーションと津波シミュレーションの重ね合わせ結果 (上図は津波浸水が最大となる時間の浸水範囲)

4. 避難結果に関する分析

(1) 避難完了者数

全員徒歩より、徒歩:50%・車 50%の場合の方が、比較的短時間で避難完了者数が増加した。

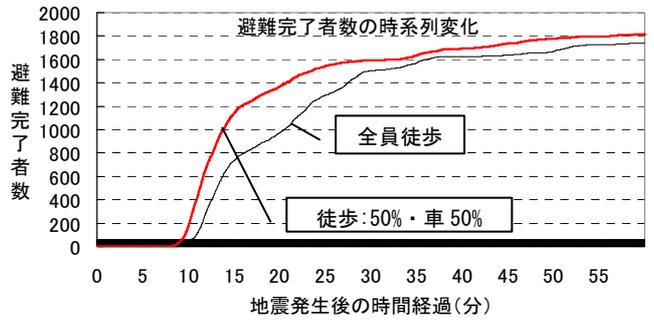


図-5 避難完了者数の時系列変化

(2) 被害者数

一方、津波による被害者は、全員徒歩の方が、徒歩:50%・車 50%の場合よりも若干少ない結果となった。

全員徒歩、徒歩:50%・車 50%の場合ともに、図-6 に示すとおり、背後に高台が分布する沿岸部に多く分布する。中でも車での避難は、津波による危険性が高い海岸線の道路を移動しなければならないため、全員徒歩より被害者が増加する結果となった。

表-2 被害者数の結果

避難手段 種別	全員徒歩の被害者[人]	徒歩:50%・車 50%の被害者[人]
徒歩 (一般)	41	17
徒歩 (高齢者)	38	19
車	—	50
合計	79	86



図-6 津波による被害者数の分布 (車避難の場合)

5. おわりに

避難対象者数が比較的少なく、車避難による深刻な道路渋滞が発生しない地域では、車の利用を許容した方が避難に要する時間が全体としては短くなる結果となったが、地形や道路の整備状況等によっては、局所的に避難困難者が増大し、結果的に車利用のケースでは被害者数が増加する結果となった。

避難場所が少なく、徒歩での避難が困難な地域においては、津波避難シミュレーションの結果等を踏まえ、地域の実情に応じたハード、ソフト対策の検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 「南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ(第一次報告)」(平成 24 年 8 月, 内閣府)
- 2) 建築設計資料集—人間, 日本建築学会編, pp. 128 : 群集行動
- 3) 印南潤二, 正垣隆祥, 寛文彦, 福井潔, 山田武志「群集シミュレーション手法を活用した大規模ターミナル駅周辺の避難誘導情報の施策検討」(第 45 回土木計画学会研究発表会、災害情報、2012)