

茨城県鹿嶋市における津波避難対策

山本英幸

YAMAMOTO Hideyuki
株式会社オリエンタルコンサルタンツ
関東支店
保安防災部門

はじめに

茨城県鹿嶋市は、鹿島灘に臨む沿岸部は南北に長く、低地が広がっているため、東日本大震災時には津波により家屋倒壊や浸水、また漁港全壊などの甚大な被害を受けた。中でも市南部に位置する高松地区は、北公共ふ頭と鰐川に挟まれた低地が広がっている。

そのため、東日本大震災の際に鹿島港を襲った津波は、浸水高5.6mに達し、北公共ふ頭のフェンスを破壊し、保管していたコンテナが地区内に流出し、この津波によって1人の尊い命も奪われている¹⁾。また、平成24年8月に茨城県により公表された津波浸水想定²⁾においても、高松地区は広範囲に津波浸水範囲が分布している(図1)。

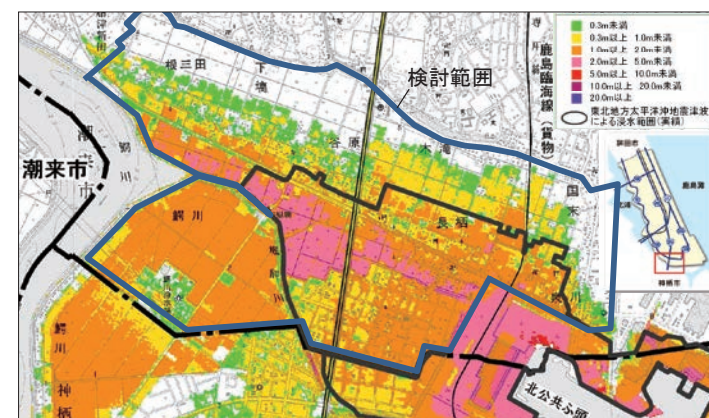


図1 高松地区の津波浸水想定図

このような背景を踏まえ、津波避難の課題等の抽出を目的として、高松地区において、人口分布や道路状況、歩行速度など詳細な条件設定による避難シミュレーションを実施し、以下に示す検討を行った。

- 検討1. 避難困難な地域の抽出
- 検討2. 防災公園の効果検証
- 検討3. 自動車避難の検討
- 検討4. 避難行動の啓発検討

避難シナリオの設定

- 発生時刻と避難開始時間の設定
想定される津波の発生時刻は、以下に示す理由により、夜間の発災を想定した。
・平成22年の国勢調査による鹿嶋市の昼間の推定人口は、夜間の1.076倍であり、顕著な増減がみら

れない。

- ・高松地区は、比較的住居が密集した地域であり、住居からの避難行動が主要な課題となる。
- ・避難速度や避難開始時間などの避難行動は昼間よりも夜間が遅れるため、夜間を検討することで包含されるものと考えられる。

また、避難開始時間は、発災10分後に避難行動を開始³⁾するものとして設定した。

- 避難者数及び出発地(発災時の所在地)の設定
避難者は世帯単位で避難することを想定した。また、各世帯の避難開始地点(居住位置)は、地形図や空中写真等を参考に設定した居住位置において等分に配置した(図2)。また、検討対象範囲内の避難

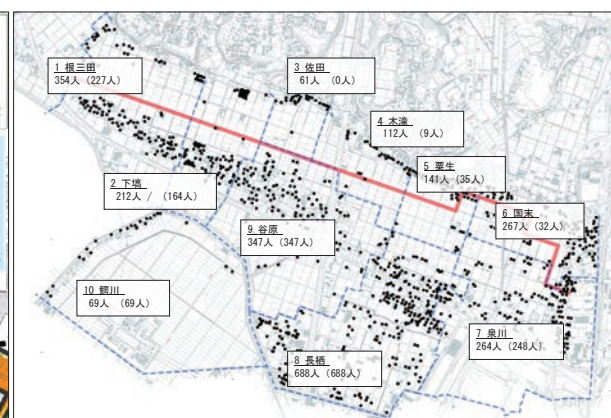


図2 高松地区の避難者分布

者数及び世帯数は、鹿嶋市ホームページに掲載されている平成25年9月時の統計データより設定した。

● 目的地点(避難場所)

避難の目的地点は、津波浸水区域の外側に位置する避難地点を網羅的に結び設定した津波浸水想定区域の境界(道路)を避難地点として設定した。

● 避難経路と幅員の設定

避難経路は国道、県道、市道を対象とした。避難者が通行可能な幅員は、自動車の通行や建物倒壊等を考慮し、道路幅員の1/2程度とした。

● 歩行速度の設定

夜間における歩行速度(健常者)は、東日本大震災の実績値³⁾の昼間の歩行速度に対して、80%に低下するものとして設定した。

$$\text{夜間の歩行速度} = 0.59 \text{ m/s} \quad (0.74 \text{ m/s (昼間)} \times 0.8)$$

なお、4車線道路である県道や国道を避難者が通過する際は、25秒間のロスタイム⁴⁾を設定した。

また、避難要援護者を対象とする場合は、0.32m/s(高齢者の単独歩行速度の最低値(0.4m/s)⁵⁾×夜間の歩行速度の低下率80%)と設定した。

● 避難速度の設定

避難者が過密状態になった場合の歩行速度の低下は、下式を用いて計算した。

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

ここで

V_i : 属性*i*の エージェントの自由歩行速度

ρ : 歩行者前方の密度 (n/LW)

L: 前方監視距離 (6m)

W: 避難路の幅員

n: 前方監視距離内に存在する

避難者の数

なお、前方密度算出時の対象範囲に自動車の避難者が存在する場合は、自動車1台あたり歩行者エージェント10人分として前方密度を算定した(図3)。

● 自動車の走行速度の設定

自動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 $V_{\max}$ は自動車の最高速度を表し、今回のシミュレーションでは9km/h⁶⁾とした。

なお、自動車の避難シミュレーションでは、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。

● 経路選択

避難者エージェントの避難経路は、それぞれの発生地点から設定された目的地点までの避難経路の中で、距離が最短となる経路とした。

発生地点から目的地点までの最短経路の設定にあたっては、ネットワークの最短経路探索アルゴリズムとして一般的に知られているダイクストラ法を用いた。

避難シミュレーションのモデルの構築

避難シミュレーションモデルは、ネットワーク歩行型マルチエージェントモデル(実時間の1秒がシミュレーション時間の1ステップ)を採用し、茨城県より入手した津波シミュレーション結果との重ね合わせが可能なモデルを構築した。

また、シミュレーション上の移動体を避難者エージェントとして設定し、各避難者エージェントには「避難開始時間」「出発地(発災時の所在地)」「目的地(避難場所)」の属性情報を境界条件として設定した。

想定される津波の種類

平成24年に茨城県が検討した最大クラス(L2)津波のシミュレーションは、茨城県房総沖を震源とした「①L2H23 想定津波(茨城県2012)」と東日本大震災の再来を想定した「②L2 今次津波(東北地方太平洋沖地震津波)(内閣府2012)」を対象としている。

上記2ケースを対象に検討したが、今回の報告では津波到達時間が早い前者を対象とした検討結果を示す。

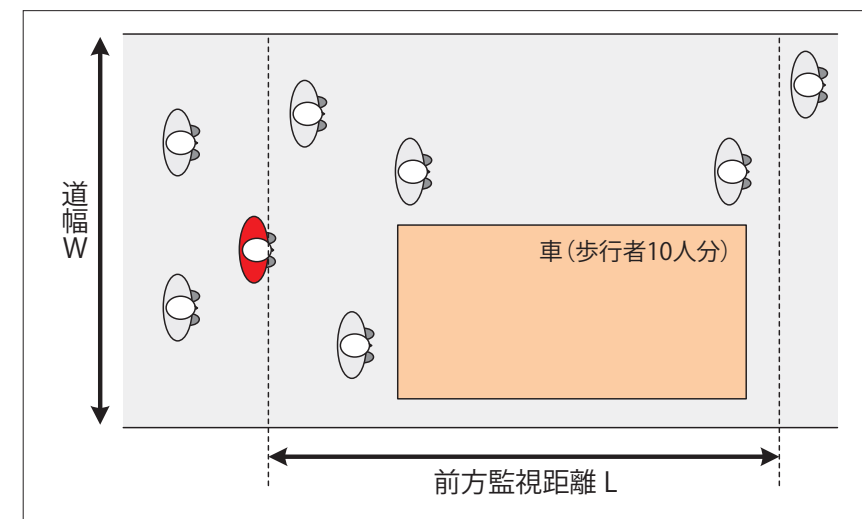


図3 前方密度算出イメージ



図4-1 発災後40分（遡上開始）

図4-2 発災後60分

避難シミュレーションの実施

避難シミュレーションは、各検討の基本となるケースとして、健常者を対象とし、発災10分後に徒歩で避難するケースを対象に実施した。（図4）。

検討1 避難困難な地域の抽出

避難シミュレーションの結果、シミュレーション上は辛うじて避難できた。

ただし、津波シミュレーションはあくまで想定であり、想定どおり津波が発生するとは限らないため、避難計画の検討にあたっては、適切な避難目標時間の設定が必要である。

本検討においては、津波が遡上開始する時間までに、避難完了できるよう、避難目標時間を避難開始から30分以内（発災後40分）と設定した。

● 避難困難地域の抽出

その検討では、避難開始から30分以内に避難が困難な避難者（以下、避難困難者）が、長栖エリア（688人中265人）及び鰐川エリア（69人中64人）に分布する結果となった。

避難場所、避難方法の検証

前項の検討結果を踏まえ、避難困難者が分布する長栖エリア及び

鰐川エリアを対象に避難場所及び避難方法に係る検討を行った。

検討2 防災公園の効果検証

現在、長栖エリアでは防災公園（津波一時避難場所）の設置を計画している。そのため、長栖エリアの避難困難者を対象に、防災公園を設置した際の効果検証を行った。なお、30分以内に津波浸水想定区域の外側へ避難が可能な避難者は、防災公園への避難対象者から除外し、津波浸水想定境界へ避難するよう設定した。

防災公園を設置することで、長栖エリアの避難困難者は265人から20人（避難時間が30～35分の間）に減少する結果となった。

なお、上記20人が分布する北公共ふ頭周辺の避難者は、発災後迅速な避難開始（5分以内を目安）が必要である。

検討3 自動車避難の検討

鰐川エリアには24世帯69人程度の人口が分布する。発災後10分に徒歩で避難した場合の津波避難シミュレーションの結果、避難困難者は64人であった。なお、鰐川エリアの避難者が、北側の高台に避難するためには、津波の遡上する方向へ

避難する必要がある。

また、周辺は鰐川沿いの低地であり、周囲に津波避難ビル等も分布せず、津波タワー等の設置も現実的ではない。

以上を鑑みると、鰐川エリアは津波の遡上する北公共ふ頭から最も離れてはいるが、発災後、迅速に避難する必要があると考えられる。

津波避難は、原則徒歩を徹底する必要があるが、鰐川エリアにおいては、地域の実情に加え、以下に示す理由から、自動車による避難が適当であると考えられる。

- ・他地区の徒歩避難者への妨げとならない避難経路を選択できる。
- ・鰐川エリアに分布する避難者数は24世帯69人と比較的少なく、自動車使用による交通混雑の発生が低い。
- ・自動車による避難経路も単純であり、ルール化を図ることが比較的容易である。

鰐川エリアを対象とした自動車による避難シミュレーションの結果は、図8に示すとおりである。

自動車により避難することで、鰐川エリアの避難困難者は64人から0人に減少（全て30分以内に避難完了）する結果となった。

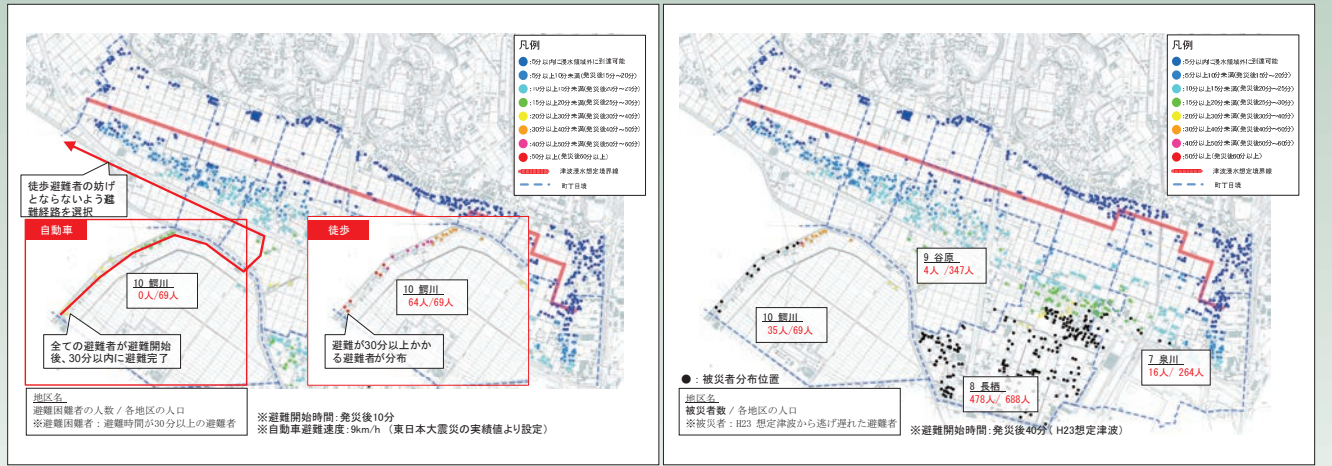


図5 自動車避難結果（鰐川エリア）

図6 津波遡上を確認してから避難

検討4 避難行動の啓発検討

高松地区の住民へ津波避難行動に関する啓発を行うため、津波避難シミュレーション動画を活用した各種検討を行った。

● 津波遡上を確認してから避難

高松地区において、仮に、避難者（健常者）が津波遡上を見てから避難した場合（発災後40分に徒歩避難を開始）における避難シミュレーションを行った（図6）。

その結果、北公共ふ頭周辺から鰐川エリアにかけて、津波から逃げ遅れる避難者が広く分布することとなった。

住民に対しては、津波の遡上を見てから避難した場合は、被災するリスクが高く、発災後、可及的速やかに避難を開始する必要があると啓発する必要がある。

● 住宅密集地での自動車避難

比較的多くの避難者が分布する長栖エリアを対象に、鰐川エリアと同様に、自動車避難を行った場合の問題点を抽出する検討を行った。

自動車避難の対象者は、長栖エリアの避難困難者とし、その他の避難者の避難方法は、徒歩避難とした。

長栖エリアのように、避難者が多く分布する地域において、自動車で避難する場合には、以下の課題があ

り、地域住民全体が安全に避難するためには、原則徒歩による避難行動の徹底が必要である。

- ・自動車は、徒歩に比べ避難速度は速いものの、避難開始後、初動段階で、自動車による主な避難経路となる国道や県道に流入する際、渋滞が発生し、それに巻き込まれて津波から逃げ遅れる可能性がある。
- ・国道や県道を使わずに細街路を自動車で避難する場合は、他の徒歩避難者と混在し、避難の妨げになる。

● 要援護者を対象とした避難

健常者より歩行速度が遅くなる要援護者を対象として、発災後10分で避難開始した場合の避難シミュレーションを実施した。

なお、個人情報保護の観点から、高松地区の全ての避難者を要援護者として設定した。

検討の結果、発災後10分に避難を開始した場合でも被災する可能性がある。

また、本来、自動車避難が望ましくない長栖エリアでも、要援護者が避難するためには、自動車を利用した避難を検討する必要がある。

おわりに

東日本大震災の津波被害を受

け、鹿嶋市は高松地区を対象に、津波対策の検討を進めてきた。

今回、津波避難シミュレーションによる詳細な検討を行い、避難困難な地域を抽出し、現在、計画中の防災公園の設置効果の検証や、自動車による避難方法の検討などを行ったことで、これまで進めてきた津波対策の検討の妥当性を把握することができた。

また、地域住民の方々への津波避難を啓発するため、津波遡上を確認してから避難、住宅密集地での自動車避難の危険性や、要介護者への支援の必要性などを、津波避難シミュレーションの動画を活用することで、視覚的に分かり易くした。

今回の検討結果を踏まえ、今後は、高松地区の地域の実情に応じた津波避難計画の策定や、実効性の高いハードやソフトの対策を提案していく予定である。

<参考文献>

- 1) [2011.3.11 東日本大震災の記録]（平成24年6月、鹿嶋市）
- 2) [津波浸水想定について]（平成24年8月、茨城県）
- 3) [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、内閣府中央防災会議）の「南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要」を参照。
- 4) [2011年東北地方太平洋沖地震津波への津波避難行動シミュレーションの適用性（国土技術政策総合研究所資料No.742 2013年6月）]
- 5) [津波防災まちづくりの計画策定に係る指針（第1版）]（平成25年6月、国土交通省都市局）
- 6) [津波被災市街地復興手法検討調査（とりまとめ）]（平成24年4月、国土交通省都市局）