

## 避難行動を考慮した津波ハザードマップの開発手法に関する基礎的研究

### A Fundamental Study on Development Approach of Tsunami Hazard Map with Considering Evacuation Behavior

○高山淳平<sup>1</sup>, 増田光一<sup>2</sup>, 居駒知樹<sup>2</sup>, 恵藤浩朗<sup>2</sup>  
\*Jumpei Takayama<sup>1</sup>, Koichi Masuda<sup>2</sup>, Tomoki Ikoma<sup>2</sup>, Hiroaki Eto<sup>2</sup>

This study proposed the method of making a tsunami hazard-map with information for disposing evacuation facilities. A tsunami hazard-map needs to expect damage by calculating tsunami wave propagation. We simulate to extract the complicated area to evacuate based on the results. The tsunami hazard-map is made by reflecting the evacuation facilities to dispose the plan.

#### 1. 研究背景

我が国では津波災害の発生が多く 2011 年 3 月 11 日にも巨大な津波が東北地方の太平洋沿岸に襲来した。津波被害は陸域の建造物の多くが破壊され、海域に流失することで船舶の航路を封鎖する被害へと繋がり、復旧や復興への遅れを生じさせた。また、このような災害を経験したことにより、我が国では将来的に発生が予測されている東海、東南海、南海地震への懸念が高まり、防災、減災対策に関心が集まっている。

災害に対する防災、減災対策は大きく分けてハード対策とソフト対策に分類することができる。ハード対策とは建造物や避難施設等の物理的に災害から身を守る対策のことであり、ソフト対策とは情報を伝えることで危機感を向上させ、効率的な避難行動を可能とするものである。これらの対策は災害規模によって整備の優先度を明確にすべきである<sup>[1]</sup>。東海、東南海、南海地震においては内閣府では複数のパターンの災害モデルが想定しており<sup>[2]</sup>、東日本大震災と同レベルの地震および津波が発生することが想定されている。そのため、巨大災害時のソフト対策を優先的に整備することが重要である。ハザードマップはソフト対策の中でも災害時の避難誘導や避難経路の指示を伝える際に使用され、減災対策の重要な役割を果たしている。

さらに、東日本大震災時の避難行動の実態を調査した結果、避難時において地域住民の行動は多種多様であり<sup>[3]</sup>、避難行動を予測することは非常に困難である。そのため、沿岸地域の多くには津波避難ビルや避難タワーというような一次的な避難施設が存在し、災害時には津波による人命の損失を軽減させる対策が行われている。そのため、このような避難施設を適切に配置することは減災対策を講じる上で有効な手段である。

#### 2. 既存研究

内閣府<sup>[4]</sup>は津波避難ビル等の位置的要件の中で避難ビルがカバー可能なエリアを(1), (2)式を用いて算定している。具体的にはこれらの式から算出される小さい方の数値を半径としたときの円の面積を計算し、津波の入射方向の半円を避難ビルをカバーするエリアとする(Fig.1)。しかし、この算出方法では避難が困難に陥る地域が存在する場合もあるため、その避難が困難に陥る地域を明確に算出し、その地域での避難ビル等の検討を行う必要が考えられる。

$$L_1 = P_1 \times \{T - (t_1 + t_2)\} \quad (1)$$

$$L_2 = \sqrt{\frac{K/\rho}{3.14} * \alpha} \quad (2)$$

$L_1$ は避難可能距離 [m],  $P_1$ は歩行速度 [m/sec],  $T$ : 津波到達予測時間[sec],  $t_1$ :避難開始までの時間[sec],  $t_2$ :高所避難の作用時間[sec],  $L_2$ は収容可能距離 [m],  $K$ は収容人数 [人],  $\rho$ は人口密度 [人/m<sup>2</sup>],  $\alpha$ は収容可能範囲の形状係数(半円=2)

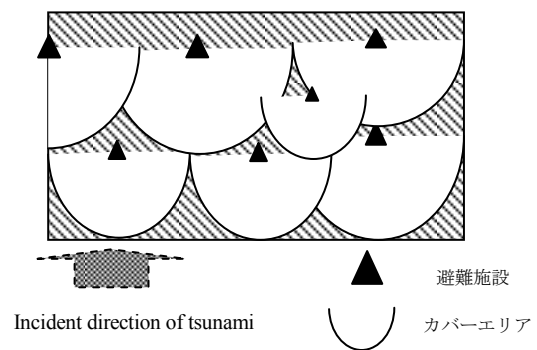


Fig.1 The evacuation area

### 3. 研究目的

従来のカバーエリアの算定では地域によっては隙間が生じ、避難不可能な場合も生じる。そのため、本研究では、津波伝播シミュレーションによる被害予測をもとに避難困難地域を数値シミュレーションによって算出する手法を提案を行う。

### 4. 津波伝播シミュレーション

津波伝播シミュレーションは以下の(3), (4), (5)式を使用し、連続方程式と x, y 方向の運動方程式を示している。本研究で使用する津波伝播モデルは平面二次元モデルとしており、差分法によって計算を行っている。M, N は x, y 方向の線流量として表す。さらに  $\eta$  は水面からの水位、h は水深を表し、D は全水深 (=  $\eta+h$ ) である。また、(6)式の g は重力加速度、n はマニングの粗度係数を表している。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + f_c MQ = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + f_c NQ = 0 \quad (5)$$

$$f_c = gn^2 D^{-\frac{3}{7}} \quad (6)$$

$$Q = \sqrt{M^2 + N^2} \quad (7)$$

### 5. 避難困難地域抽出シミュレーション

避難困難地域抽出シミュレーション(以降、抽出シミュレーション)は Fig.2 に示すような道路の交差点をノード、ノードを繋ぐ道路をリンクとする。このノード間に道路の勾配や幅、距離等の道路情報を持たせてコストとして換算する。ノード間で繋ぐ道路を人物モデルが進行することによって避難行動を実現している。しかし、ここでの人物モデルには実世界での精神的な要素が一切考えられていない。抽出シミュレーションではまずコストが最小になる経路を探索している。コストが最小になることは避難経路が最短になることを意味しており、本シミュレーションでの人物モデルはこの最短の避難経路を事前に把握し、対象地域の地形を十分に熟知していることを前提としている。そのため、人物モデルは災害時に最小限の時間で避難が可能となる。この人物モデルが津波来襲時に避難した際に

は指定されている近隣の避難施設に向かうのだが、津波に巻き込まれた場合は最短のルートでも津波被害が生じる事象となり、その地域は避難困難地域として抽出することができる。抽出した避難困難地域は災害時の危険地域として津波ハザードマップに反映させる。その結果、安全な都市を形成するために新たな避難施設の検討を促せるハザードマップが作成される。

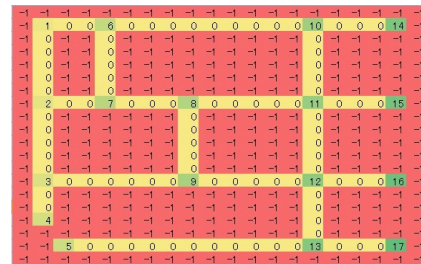


Fig.2 Setting of Node and Rink

### 6. まとめ

本研究において提案する手法は津波伝播シミュレーションによる浸水計算を行い、その結果をもとに避難困難地域抽出シミュレーションを実施する。それらの結果をマップ上に反映する事によって適切な避難施設の配置検討を可能とする津波ハザードマップが作成することができる。さらに既存研究で挙げられる手法とともに都市計画に反映することによって防災意識の高い都市が形成されることが予想される。

また、本件研究の課題として以下の2つ挙げられる。

- 1) 遡上した津波は陸上地形によって浸水結果が異なるため詳細な地形データが必要になることである。
- 2) 抽出シミュレーションにおいて鉛直方向への移動のコスト換算を明確にすることが必要である。

### 7. 参考文献

[1] 内閣府(防災担当), 農林水産省農村復興局, 農林水産省水産庁, 国土交通省河川局、港湾局、「津波・高潮ハザードマップマニュアルの概要」, 第1章, 2013年9月29日(閲覧), <http://www.mlit.go.jp/kowan/hazardmap/>

[2] 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ(中央防災会議), 「南海トラフ巨大地震の被害想定について」, pp.1-10, 8月29日, 2012年。

[3] 国土交通省, 「東日本大震災の津波被災現況調査結果(第3次報告)～津波からの避難実態調査結果(速報)～」, 12月26日, 2011年。

[4] 内閣府, 「津波避難ビル等に係るガイドライン」, 2005。