

気象条件と避難方法を考慮した津波避難シミュレーション
(シンポジウム講演概要)

Tsunami evacuation simulation considering
weather conditions and evacuation methods
(Proceedings of Symposium on Applied Mechanics)

堀合 紳弥 (八戸工大・工) 尾崎 壮一 (八戸工大・工) 加藤 雅也 (八戸工大・工)
武山 泰 (八戸工大・工) 野島 和也 (日本工営株式会社)
Shin-ya HORIAI, Hachinohe Institute of Technology
Soichi OZAKI, Hachinohe Institute of Technology
Masaya KATO, Hachinohe Institute of Technology
Yasushi TAKEYAMA, Hachinohe Institute of Technology
Kazuya NOJIMA, Nippon Koei Co., Ltd.
E-mail: d21301@hi-tech.ac.jp

According to the estimated damage caused by the Chishima-Japan Trench Earthquake published by the Cabinet Office in 2020, a tsunami exceeding the scale of the 2011 Great East Japan Earthquake is expected to occur, causing enormous human and property damage. There are cases in which evacuation facilities cannot be used. Especially in Aomori Prefecture, when a disaster strikes during the winter season, traffic problems due to snowfall may occur, which may affect the speedy evacuation behavior of residents.
In this study, the authors analyzed tsunami run-up and evacuation behavior in Hachinohe City, Aomori Prefecture, and examined evacuation behavior depending on speed changes and evacuation method selection ratios due to weather conditions.

1. はじめに

東日本大震災以降、津波に関する数値解析を用いた研究が多く進められ、例えば、小園ら¹⁾は、津波の波力に基づいて建物が倒壊した場合を考慮した津波解析の検討を行なっている。また、避難行動解析の研究として Mas et al²⁾は、NetLogo を用いたマルチエージェントシミュレーションを実施し、宮城県仙台市荒浜地区に適用した解析を行なっている。その一方で、内閣府が令和 2 年に公表した千島・日本海溝地震による被害想定³⁾では、2011 年東日本大震災を超える規模の津波が発生し、人的・物的ともに甚大な被害が予想され、行政が指定する避難施設が使用できない事例が発生している。とくに青森県では、冬季間に発災した場合、降積雪による交通障害が発生し、地域住民の迅速な避難行動に影響を及ぼす可能性がある。

そこで本研究では、青森県八戸市を対象とした津波遡上および避難行動について解析を行い、気象条件による速度変化や避難方法の選択割合による避難行動について検討する。

2. 日本海溝地震を想定した津波遡上解析

日本海溝沿いを震源とした地震によって津波が発生した場合の避難行動解析を実施するため、公表されている断層データを用いて津波遡上解析を行い、市街地や避難場所へ到達する津波の水深や到達時刻を算出する。解析には日本工営株式会社の津波解析コードを使用する。解析条件を **Table 1** に示す。初期水位変動を求めるため、Okada(1992) による断層パラメータから地殻変動量と水位変動量を算出したのち、津波遡上計算を行った。非線形長波方程式を基礎方程式とし、計算領域は大領域から順に、450m・150m・50m・10m メッシュの格子サイズとした。断層パラメータは、公表されている日本海溝モデルの断層パラメータのうち、青森沖を破壊開始地点とするデータを使用している。また、境界条件として、450m から 50m メッシュまでを反射境界、10m メッシュを遡上境界とし、市街地への遡上を

計算する。市指定避難場所の地点にはモニタリングポイントを設置し、水深変化を観察する。遡上領域における建物は、RC 造の構造物のみ地形データに反映し津波遡上に影響を与えている。解析の結果から 450m メッシュおよび 10m メッシュ領域の最大津波高を **Fig. 1**, **Fig. 2** に示す。

3. 積雪および避難手段を考慮した避難行動解析

現在の避難計画では、原則歩行避難が推奨されている。しかし、災害発生時に避難に時間を要する高齢者等は、津波到達予想時刻までに安全な場所への避難完了が困難とな

Table 1 Tsunami run-up analysis conditions

項目	内容
計算格子間隔	領域 1 : 450m 領域 2 : 150m 領域 3 : 50m 領域 4 : 10m
境界条件	領域 1,2,3 : 反射境界 領域 4 : 遡上境界
基礎方程式	非線形長波方程式
計算手法	Leap-Frog 法および Staggerd 格子
断層モデル	Fujii-Satake モデル Ver8.0
想定地震津波	日本海溝地震 (青森県沖破壊開始)
初期波源	Okada(1992) より 断層モデルから地殻変動量と 水位変動量を計算
計算時間	地震発生 6 時間

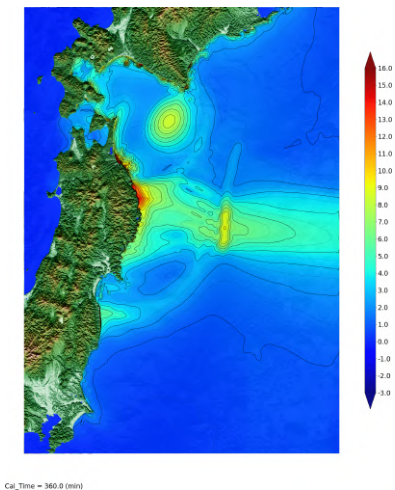


Fig.1 Maximum Tsunami height in Domain1 (450m mesh)

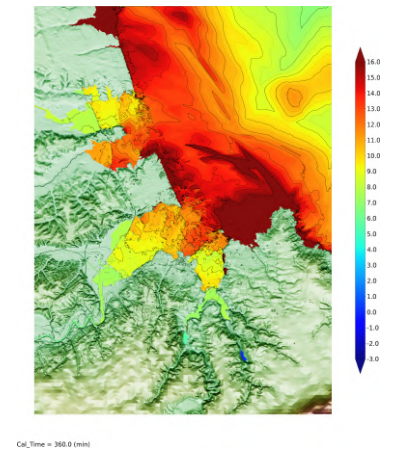


Fig. 2 Maximum Tsunami height in Domain4 (10m mesh)

る可能性がある。とくに、冬季間においてはさらに移動に時間を要し、夏季発災時より津波遭遇のリスクが高くなると考えられるため、歩行避難と車両避難の選択割合による避難行動について解析する。解析条件を **Table 2** に示す。

解析は NetLogo6.2.2(**Fig. 3**) を用いたマルチエージェントシミュレーションを実施する。経路探索法には A*アルゴリズム法を適用し、地震発生時の初期位置から最寄りの避難所まで最短経路を探索して避難する。避難速度は小坂ら⁴⁾を参考に、積雪と未除雪状態の冬季および夜間避難を想定するため、内閣府が被害想定で用いた係数³⁾を避難速度に考慮する。避難方法については、設定した割合により住民エージェントが歩行避難と車両避難を選択して各避難方法の速度などの条件を取得した後に行動を開始する。

4. おわりに

本研究では、日本海溝沿いを震源とした地震による津波を想定し、冬季夜間帯における住民の避難行動について検証するため、市街地への津波遡上解析を行なった。津波遡上計算の結果、避難施設の地点でも 9m 程度の水深が観測され、建物の階数や床面積による避難者の収容制限等を考慮する必要があると考えられる。避難行動解析については、津波遡上計算の結果をもとに現在実施中であり、結果は講演時に示す。

Table 2 Evacuation behavior analysis conditions

項目	内容
解析環境	NetLogo6.2.2
経路探索法	A*アルゴリズム法
解析ステップ	1ticks(step)=1sec
想定環境	冬季積雪・未除雪状態での夜間帯
避難開始	地震発生 10 分後から順次開始
基準歩行速度	小坂ら ⁴⁾
避難方法	歩行 or 車両
20 歳未満男性	0.56m/s
20～59 歳男性	0.5m/s
60 歳以上男性	0.44m/s
20 歳未満女性	0.51m/s
20～59 歳女性	0.48m/s
60 歳以上女性	0.44m/s
最大運転速度	18.5km/h

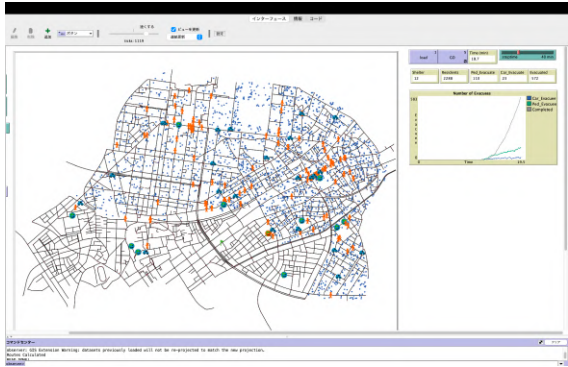


Fig. 3 Netlogo control/output screen

参考文献

1) 小園裕司, 高橋智幸, 桜庭雅明, 野島和也: 津波波力に基づく建物倒壊を考慮した津波解析の検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.71, No.2, pp.L163 - L168, 2015.

2) Erick Mas, Fumihiko Imamura, and Shunichi Koshimura : AN AGENT BASED MODEL FOR THE TSUNAMI EVACUATION SIMULATION. A CASE STUDY OF THE 2011 GRATE EAST JAPAN TSUNAMI IN ARAHAMA TOWN, 9thInternational Conference on Urban Earthquake Engineering/4th Asia Conference on Earthquake Engineering, 2012.

3) 内閣府 (防災担当): 被害想定手法について (第 1 回ワーキンググループでのご意見を踏まえた手法の検討), 日本海溝・千島海溝沿の巨大地震対策検討会ワーキンググループ (第 2 回), 2020.

4) 小坂陽介, 野村尚樹, 大藤愛子, 宮島昌克: マルチエージェントシステムを用いた津波避難に関する解析 - 輪島市臨海地域を対象とした事例研究 -, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.73, No.4(地震工学論文集第 36 巻), pp.L1010 - L1017, 2017.