

津波避難シミュレーションを用いた避難ロボットの妥当な価格の概算

茨城大学工学部 学生会員 ○高橋 直也

茨城大学 正会員 信岡 尚道

1. 研究背景と目的

日本は四方を海に囲まれた島国であり、日本周辺には太平洋プレート、フィリピン海プレート、北米プレート、ユーラシアプレートが存在する。複数のプレート間に生じる力により日本は世界有数の地震大国となり、これまで津波被害を幾度となく受けてきた。特に2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震を起因とする津波は東北・関東地方を中心に甚大な被害をもたらした。甚大な被害をもたらした要因としては、この津波がそれまでの想定をはるかに超える巨大な規模であったことが挙げられる。

今後の津波対策における基本的な考え方としては発生確率・規模に応じて津波を最大クラスの津波に比べて津波発生頻度は高く、津波高は低いもの大きな被害をもたらす津波、発生頻度は極めて低いものの、甚大な被害をもたらす最大クラスの津波の2つのレベルに分類して行う対策が考えられている。

これらの津波への対策として、現在までに行われている避難行動についての研究を見てみると、避難行動の際の避難場所情報や避難経路などの情報の伝達速度の向上や、体が不自由な人の避難行動を補助するロボット技術などが公表されている。また、今後の技術の進歩による最終的な避難技術としては、災害が発生した際に、自動で避難経路を求め、避難行動を行うロボットの誕生などがあるのではないかと考えられる。

本研究では、L1津波からL2津波までの発生確率に応じた幅広い規模の津波を考慮し、津波による損失(人命)、津波対策にかかる費用から費用便益分析を行い、津波避難ロボットの妥当な価格を概算することを目的とする。

2. 避難ロボットの価格の概算

2.1 費用便益分析手法

本研究では、費用便益分析を行い、費用便益比B/Cが1になるように避難ロボットの妥当な価格を求め

た。また、仮想的な津波避難タワーを設計し費用便益比を求め比較した。費用便益分析は、国土交通省の治水経済調査マニュアルの手法¹⁾を用いて行った。確率規模別に被害軽減額を求め、区間ごとに平均被害額を算出する。算定式を以下に示す。

確率規模別被害軽減額

= 事業実施前想定被害額 - 事業実施後想定被害額

また、算定した確率規模別被害軽減額より年平均被害額を算出する。算定式を以下に示す。

年平均被害額

= 区間平均被害額 × 区間確率

設定した年超過確率の区間ごとの区間平均被害額に区間確率を乗じて、年平均被害額を算出し、累計することで、年平均被害軽減期待額を算出する。被害額については、被害者一人当たりの人的損失を設定し、人命損失による直接被害から算出した。人的損失額は2.42095億円/人とした。人的損失額は、公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針(共通編)²⁾を参考にし、精神的損失額と財産的損失額である逸失利益と医療費の合計とした。その後B/Cが1になるような避難ロボットの価格を求めた。

2.2 避難シミュレーション条件

本研究における対象は、茨城県沿岸地位域を対象とし避難シミュレーションを行った。使用した波源は3.11, JTT, 茨城沖, 福島沖となっている。比較対象として使用する津波避難タワー1基の価格については、0.3850億円³⁾、耐用年数50年とした。また、費用については1基の建設費とし、50年ごとに加算されるものとした。本数については釜屋(2017)⁴⁾が設定した120基となっている。また、避難ロボットの妥当な価格を求める際に必要な便益を除する値(配布人数)については影響人口(要避難者)を使用した。また避難ロボットの耐用年数は10年とした。詳細な条件を以下の表-2.2.1に示す。

キーワード 避難ロボット, 津波, 避難シミュレーション, 費用便益

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学都市システム工学科 TEL : 0294-38-5011

表-2.2.1 シミュレーション条件

項目 ^①	内容 ^②
移動速度(人間) ^③	0.8m/s ^④
移動速度(ロボット) ^⑤	1.6m/s ^⑥
避難目標(対策なし) ^⑦	指定緊急避難場所 ^⑧
避難目標(対策あり) ^⑨	指定緊急避難場所 + 津波避難タワー(仮想) ^⑩
要避難者 ^⑪	浸水深 0.3m 以上に位置する人 ^⑫
避難完了条件 ^⑬	避難目標に到着 ^⑭
移動判定 ^⑮	1分後の隣接メッシュ(上下左右)に ^⑯ 水位が無い場合には移動する ^⑰
避難失敗条件 ^⑱	隣接メッシュすべてに水位が存在し、移動できない場合、 ^⑲ 避難開始前に水位が存在する場合、 ^⑳
避難経路 ^㉑	最短経路を移動する、 ^㉒ 陸地はすべて移動できる、 ^㉓
道路情報 ^㉔	メッシュ型 ^㉕
避難開始時間 ^㉖	15分 ^㉗

2.3 津波リスク分析

本研究では、茨城県沿岸を対象としロジックツリーを用いた津波リスク分析結果を用いている。解析条件については釜屋(2017)⁴⁾が設定したものを使用した。

2.4 計算結果

シミュレーション結果より求められた避難ロボットの年平均被害軽減期待額(2.1 記載)に想定津波規模を乗ずることで求められた避難ロボットの便益 B を図-2.4.1 に示す。シミュレーション結果より求められた津波避難タワーの年平均被害軽減期待額(2.1 記載)に想定津波規模を乗ずることによって求められた避難タワーの便益 B を図-2.4.2 に示す。求められた避難ロボットの便益 B を、配布人数と避難ロボットの更新回数(想定津波年数/避難ロボットの耐用年数)で除したものを避難ロボットの妥当な価格(影響人口に配る場合)として図-2.4.3 に示す。

図よりわかることとして、避難ロボットの便益自体は津波避難タワーの便益よりも多いことがわかる。また、本研究で求めた避難ロボットの妥当な価格については、既存のロボットである pepper (0.02773 億円)⁵⁾と比較すると、避難ロボットを実現することは難しいのではないかという結論に至った。

今回の計算結果を見ると、想定津波年数が大きくなるほど更新回数が増え、津波が来ない場合の費用がかさみ、妥当な価格が下がっていることがわかる。これより、避難ロボットの妥当な価格に大きな影響を与えている要因の一つとして、避難

ロボットの耐用年数があると考えられる。

今後の課題としては、上に示した避難ロボットの耐用年数の設定を見直すことや避難ロボットの便益設定として、津波が来ない期間の中でどのように便益を設定するかなどが考えられる。

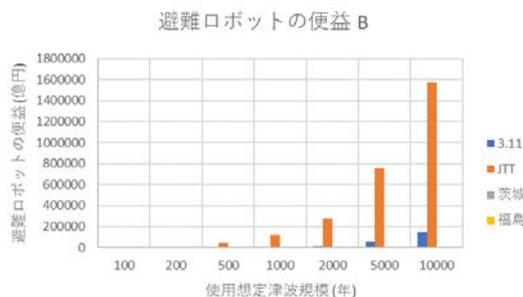


図-2.4.1 避難ロボットの便益 B

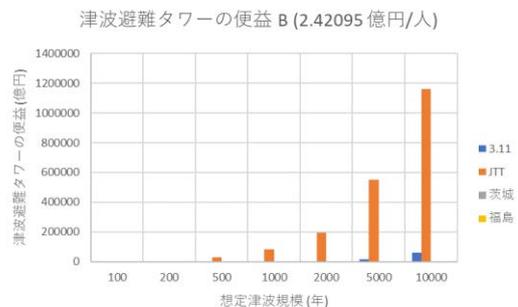


図-2.4.2 避難タワーの便益 B

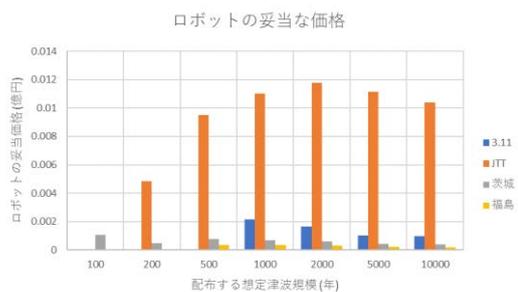


図-2.4.3 避難ロボットの妥当な価格(影響人口に配布)

参考文献

- 1) 国土交通省 河川局：治水経済調査マニュアル(案), 2005.
- 2) 国土交通省：公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針(共通編), 2012.
- 3) 北茨城市復興交付金事業計画復興交付金事業等個票 uid000004_20130719103622d458d62b.pdf (kitaibaraki.lg.jp)
- 4) 茨城大学大学院理工学研究科都市システム工学専攻 釜屋 光：生存確率を基準とした津波減災施策に関する基礎的研究
- 5) Pepper (一般販売モデル) | ロボット | ソフトバンク <https://www.softbank.jp/robot/pepper/consumer/>