

●技術紹介

＜避難経路や避難者の特性を考慮した津波避難計算システムの開発と利用＞

(技術本部 防災解析部)

1. 開発の経緯

高潮・高波、津波の沿岸災害や豪雨・洪水による水害、大地震などが毎年のように発生し、甚大な被害をもたらしています。特に東日本大震災で発生した大津波による社会的インパクトは大きく、既往最大を超える自然擾乱が発生し、想像を超える被害リスクの存在が経験として認知されるようになりました。世界最大級の防潮堤でも津波被害を防ぐことができなかったことや、防潮堤対策による環境面、景観面、利用面、経済面の問題点が指摘されているように、ハード面からの対策だけでは不十分であり、発生頻度の低い大津波へ備えることも容易ではありません。そのような状況の下、次なる津波災害として南海トラフ大地震による大津波の発生が懸念されています。人的被害に対しては、適切な避難行動を取る、あるいは災害リスクが小さい場所へ住居移転するなどのソフト対策も同時に取ることによって被害を軽減することが必要です。ここでご紹介する津波避難計算システムは、避難行動促進や避難経路の整備等のソフト的対策による津波減災を実現するためのツールとして考案しました。対象地区の地理的条件や避難者の特性を取り込んだ予測、可視化などにより津波リスクを関係者に周知し、今後の津波対策の検討に役立つことを目的としています。

2. 本システムの特徴

①GIS データ活用による避難路マップ作成

実際の避難行動に近い動きを取り込むには、道路マップなどの煩雑なデータの取り扱いや避難者の動きを妨げる街路樹などを考慮する必要があります。本システムでは国土地図情報データ（国土地理院 HP からダウンロード）を最大限に活用し、客観的かつ汎用的なデータを作成（図1）し、複雑な避難路を考慮しまし

た。さらに GIS 上で新たに線データや点データを追加し、作成した避難路マップを変化させることにより、ブロック塀や崖崩壊による避難路の遮断による影響解析（ハザード解析）や避難タワー建設による効果検討（適切な配置検討）を可能にしました。図2に示すのは本システムで作成されたポテンシャルマップの一例であり、異なった道幅や蛇行形状により構成される街路（避難路）をモデル化したものです。

(a) GISデータの1次処理



(b)ポテンシャルマップ作成

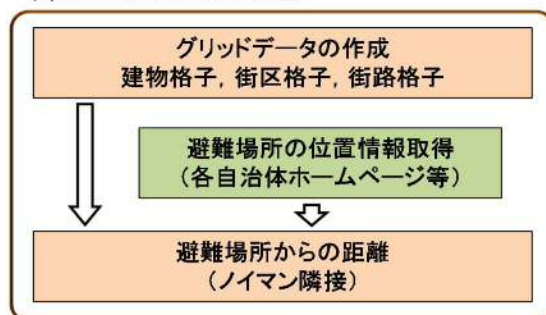


図1 ポテンシャルマップ作成フロー

国土地図情報データに避難場所情報を加えることで、各地点からの避難場所への経路を考慮した避難マップが客観的に作成できます。



図2 避難場所への距離を示すポテンシャルマップ

ポテンシャルマップは、避難経路の形状と、避難場所までの距離を表す地図データであり、避難者はその経路内を避難場所に向かって移動します。

②避難者の個々の動きを考慮するエージェントモデル

避難行動は、時刻や避難者が持っている防災意識、年齢などの特性に依存します。例えば、図3に示す地震発生から10分程度で津波浸水が予測される集落で行ったアンケート結果では、同じ集落内でも避難開始時刻が違うことや、昼と夜などの発生条件などでも変化することが分かりました。そこで本システムではマルチエージェントモデルを採用し、避難開始時刻や歩行速度、避難タワーの使用・不使用等、避難者個々の動きをパラメータとして取り込み、地域内の複雑な避難行動を計算できるようにしました。

3. 本シミュレーションの活用法

①住民避難意識向上のためのアニメーション作成

図4のスナップショットは津波浸水計算との重ね合わせにより、避難の遅れによる影響や対策の効果を視覚的に表したものです。今後は、避難者の複雑な挙動と併せ、津波浸水計算も2m程度の建物形状をモデル化するなど、高解像度で行う必要があります。

浸水開始時刻(揺れの収まりまで2分間と仮定)

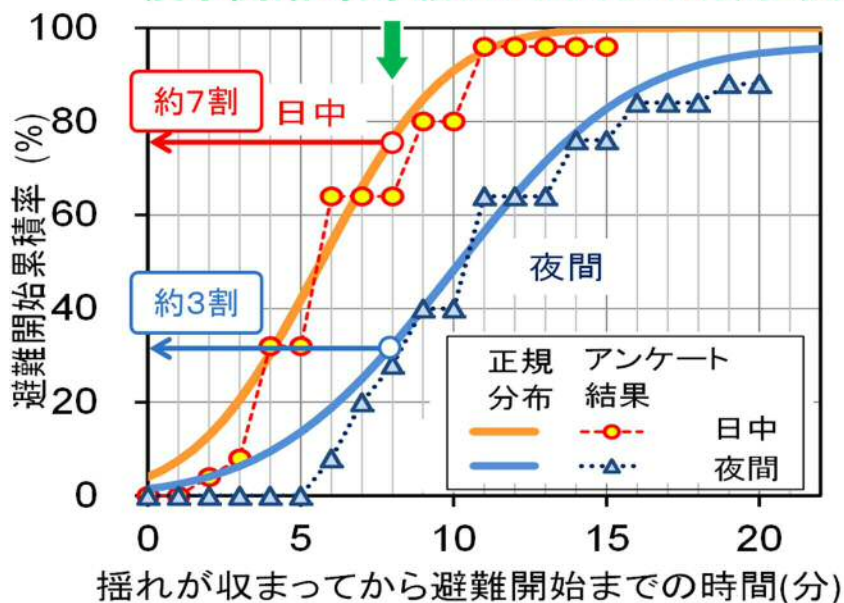


図3 アンケートに基づく予定避難開始時刻

防災意識が比較的高い地域の人へのアンケート結果でも、津波浸水開始時刻において避難を開始している割合は、夜間発生時には約3割に止まります。



(a) 真上から見た状況 (上が北)



(b) 浸水状況と避難状況を海から見たスナップショット

図4 地震発生から612秒後の津波浸水・避難シミュレーションの可視化

様々な対策や災害シナリオの条件下で行った推定結果の可視化は、対策の効果を単に示すだけでなく、関係者によるリスク認知と避難行動の重要性への理解を深めるツールとして活用が可能です。

②ハード対策とソフト対策を組み合わせた津波対策

これまでの津波対策では、浸水エリア低減や浸水開始時刻の遅延（避難リードタイム延長）を目的とした防潮堤や水門などのハード面を盤石にすることが中心に議論されてきました。しかしながら、沿岸部では今、高すぎる防潮堤は景観を損ねる、避難の初動行動を遅らせるなどの課題が残るとして、防潮堤をどの程度の高さにするかという「防潮堤問題」が議論になっています。図5は、異なる規模の防潮堤を設置した場合の津波浸水計算と避難計算

を行ったうえ、その減災効果を防潮堤の高さ別に表したものです。この結果から、人的被害を少なく保ちつつ、どの程度まで防潮堤を低く抑えることができるかの評価を行うことができます。（詳細については、宇野・鳴原・岡安(2015)「津波人的被災リスク評価のための群集避難シミュレーションの開発」、土木学会論文集 B2(海岸工学)、pp. I_1615-1620」参照）

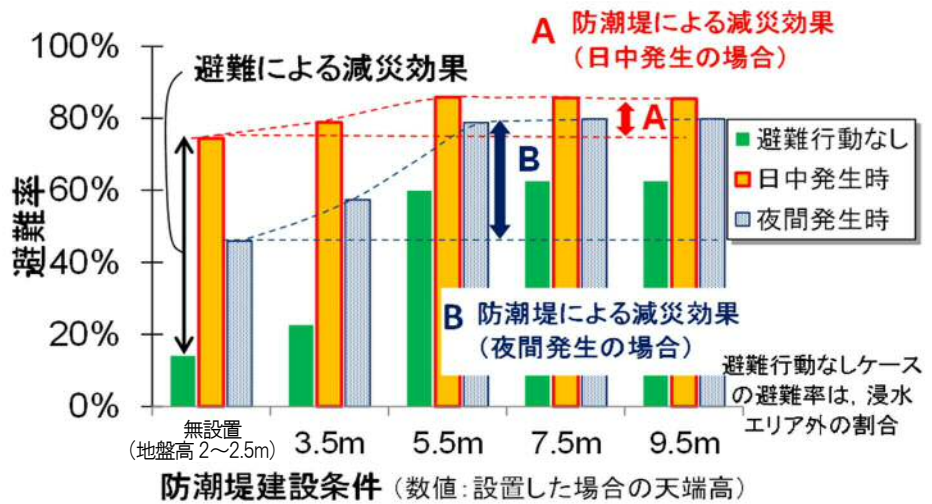


図5 異なる防潮堤による人的被害の変化

防潮堤を高くすると、浸水エリアの減少や避難リードタイムの増大により減災効果が大きくなります。その効果は避難条件が悪い夜間の方がより大きくなりま

4. おわりに

本研究開発は、東京海洋大学の重点プロジェクト「過疎・高齢化に対応した安全・安心を実現する漁港モデルの構築」によって行いました。今後は、津波防災だけでなく、高潮・高波や洪水からの防災に関しても本技術を活用し、技術のさらなる向上に努めます。