

避難行動シミュレーションに基づく避難困難度マッピングシステムの構築

中央大学大学院 学生会員 ○岡本 睦
 東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎

1. はじめに

現在我が国では、東南海・南海地震などの巨大地震の発生が危惧されている。これらの海溝型地震は大規模な津波を引き起こす可能性が高く、中央防災会議によれば、次の東南海・南海地震で想定される死者数は最大で約1万7千人となり、その半数近くは津波災害による。このような津波被害を軽減するためには、防潮堤の整備などのハード面の対策だけでなく、避難体制や情報伝達体制の確立などのソフト面の対応までも含んだ総合的な津波防災体制の確立が必要である。

そこで本研究では、ハード対策とソフト対策の両者の評価と、住民個人の視点から津波防災対策の効果が見えるシステムの開発を試みた。その結果、適切な対策を講じることで、大幅に死者数を減少できることがわかった。

2. 用いた避難行動シミュレーションモデル

本研究では、ポテンシャルモデルに基づいた避難行動モデル¹⁾を用いてシミュレーションを行った。このモデルは対象空間を図1に示すように、3つのポテンシャル分布の重ね合わせとして考えることで、避難者1人1人に対して、その位置と時間によって変動するポテンシャル空間を定義する。決められた対象空間内において、それぞれの避難者は、時間ステップごとにポテンシャルの低い方を進行方向として選択し、移動を繰り返すことによって、最終的に出口に辿り着く。

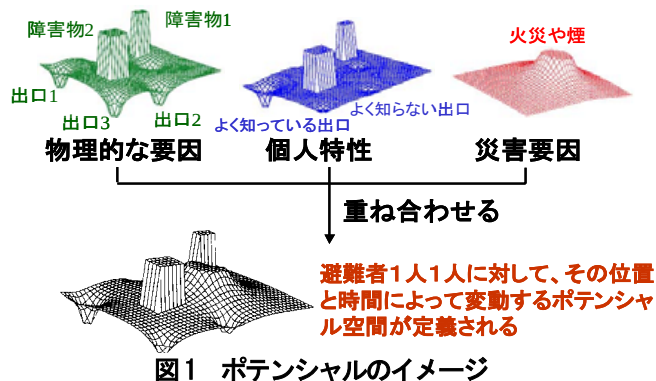


図1 ポテンシャルのイメージ

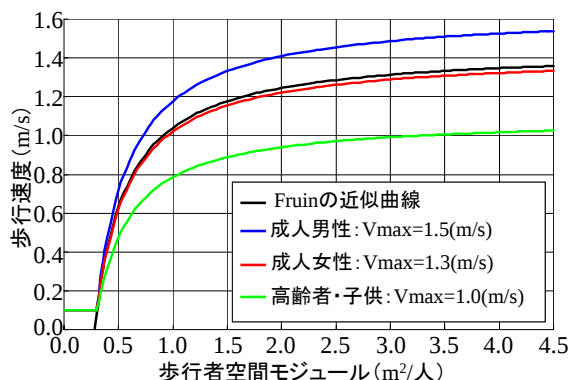


図2 歩行者空間モジュールと避難速度の関係

また、それぞれの避難者は自分の周囲のメッシュの混雑度を認知し、その混雑度に応じた速度で避難する。なお、避難速度は歩行速度の経験式²⁾を基にして、図2に示す曲線で表現することとした。

3. 対象空間

今回は、東南海・南海地震において大規模津波災害が懸念される三重県尾鷲市を対象地域とする。解析では住民の集中する市街地沿岸部の区域を対象とした。尾鷲市は1944年の東南海地震では最大で9m以上の津波が来襲し、死者30人、行方不明者26人を出した。また、中央防災会議では今後発生する東南海・南海地震において、津波によって三重県全域で400人～1,000人の死者が想定されている。

4. 津波のモデル化

本研究では、越村による尾鷲市における津波氾濫シミュレーション³⁾の解析結果を津波のデータとして使用した。より詳細な津波データを避難解析に反映させるため、メッシュサイズ5.6m、時間間隔1.2秒のデータを基に、それぞれ1.0m、1.0秒に補間したデータセットを作成した。津波の浸水深や流速の変化は、歩行速度の低下を招き避難効率を悪化させる。そこで、津波が人間行動に及ぼす影響として、浸水深や流速の変化に応じて歩行速度を減衰させるモデルを利用した。

また、これまでの目黒らによる研究⁴⁾においては、人的被害発生の基準を「避難者が存在する領域の水深が1.0mを越えた時点」としてきた。しかし本研究ではより詳細な検討を行うために、流体中の物体に作用する流体力と人体の歩行面に作用する摩擦力を比較することで、力学的に人的被害を評価した⁵⁾。図3に人体のモデルと算出に用いた式を示す。

$$f(mg - w) \leq \alpha \int 0.5 \rho C_D u^2 dS + \int \rho C_M \frac{\partial u}{\partial t} dV$$

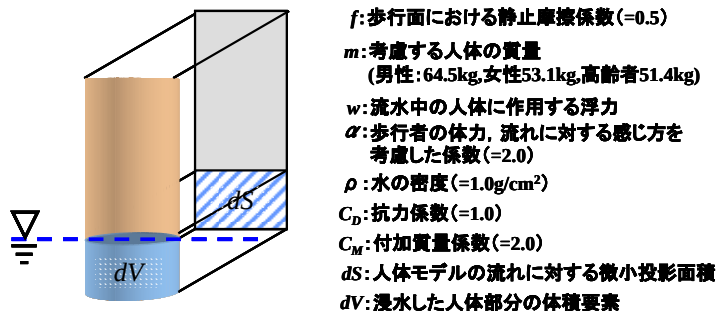


図3 人体のモデルとモリソン式

キーワード: 津波, 波力, 避難行動, 避難経路, ハザードマップ, ポテンシャルモデル

〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所棟目黒研究室 Tel: 03-5452-6436, Fax: 03-5452-6438

5. 避難行動シミュレーション

5-1 防潮堤の効果の検証

尾鷲市の沿岸部には防潮堤(高さ2m)が県道に沿って設置されている。この防潮堤は1959年の伊勢湾台風の際の被害を基準にして建設されたものであるが、適切に使用することで津波発生時にも効果を発揮することが予想される。そこで本研究では、防潮堤を越流した際には防潮堤の後ろ側にある地域の浸水深から2.0mを差し引いた分の水が内陸に浸水するモデル化を行い、対象地域の浸水分布と深さを計算した。この結果は中央防災会議による堤防が機能する場合のシミュレーション結果とよく一致している。シミュレーションを比較すると、防潮堤が機能した場合には図4に示すように死者数を513人から78人に約85%減らすことが可能という結果が得られ、防潮堤の重要性が示された。

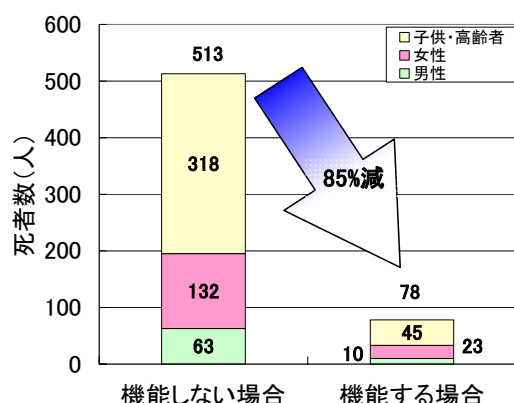


図4 シミュレーション結果(防潮堤の効果)

5-2 避難経路の検討

次に、シミュレーションによって得られた結果を用いて、より効果的な避難経路の検討を試みた。具体的には、海岸線に平行な方向への移動よりも垂直方向の移動を優先させることで図5に示すように、人的被害数を513人から287人に約44%減らすことができた。実際の場合においても、事前にシミュレーション結果を用いて地域ごとに避難経路を検討しておくことで、被害を軽減できると考えられる。

なお、これらのシミュレーションは、行政などからの情報伝達に遅れはなく、情報取得率30%、避難準備時間15分という条件のもとで行った。

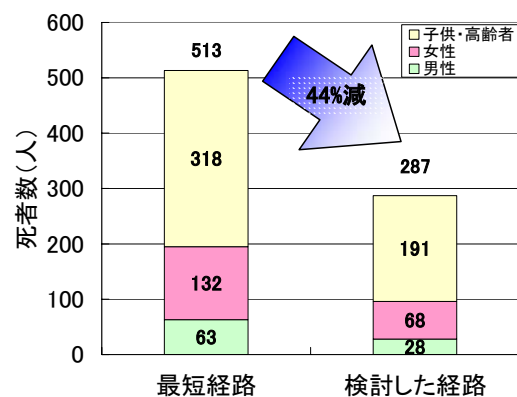


図5 シミュレーション結果
(津波襲来状況を考慮した経路選択の効果)

6. 避難困難度マッピングシステムの構築

本研究では襲来する津波の浸水深と、それによって人体に作用する力の算出を交差点ごとに行った。この結果から各地点において、いづれだけ浸水するかが明確になると共に、各個人に与えられる猶予時間を含めたミクロな視点から避難方法を議論することができる。また、この結果を住民に開示するため、図6のような閲覧システムもあわせて作成した。利用者はマウスの操作により、その地点での浸水深・人体に作用する力の時刻暦、避難場所までの距離や標高など、避難に関する基本的な情報を閲覧できるようになっている。

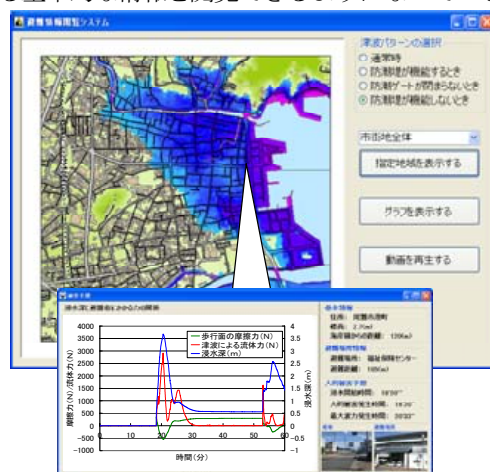


図6 避難困難度マッピングシステム

7. まとめ

本研究では避難シミュレーションに基づき、防潮堤の効果の検証をはじめとする様々な検討を行い、死者数軽減などの防災効果を示した。また、津波襲来時に各地点で津波が人体に与える力や避難に関する基本的な情報を住民に開示するための閲覧用マッピングシステムを構築した。今後はシステムの効果的な利用方法や、さらに付け足すべき機能に関する検討が求められる。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、尾鷲市長の伊藤允久氏、大川菅史氏、川口昭則氏をはじめとする尾鷲市防災危機管理室の皆様、東北大学大学院工学研究科助教授の越村俊一氏にはデータのご提供など、多大なるご支援をいただきました。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 原田雅也・目黒公郎：ポテンシャルモデルを用いた最適避難誘導のための基礎的研究，東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻修士論文，1998。
- 2) Fruin, J：歩行者の空間，鹿島出版会，1974. 12。
- 3) 越村俊一：津波の市街地氾濫シミュレーションと人的被害評価，文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成16年度成果報告書，2005。
- 4) 織田浩平・目黒公郎：津波災害時の避難行動シミュレーションモデルの開発，第60回土木学会年次学術講演会概要集，2005。
- 5) 越村俊一：津波の市街地氾濫シミュレーションと人的被害評価，文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」平成14年度成果報告書，2003。