

津波災害時の避難行動シミュレーションモデルの開発

中央大学大学院

学生会員

織田 浩平

東京大学生産技術研究所

正会員

目黒 一郎

1. はじめに

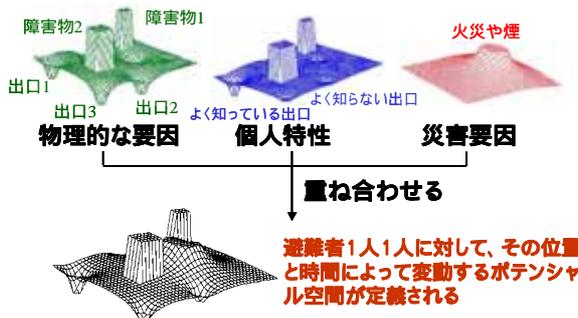
今世紀前半にも東南海・南海地震などの巨大地震の発生が危惧されている。これらの地震は海洋性の巨大地震であるため、大規模な津波を引き起こす可能性が高い。中央防災会議によれば、これらの地震による人的被害は最大で約1万7千人となるが、その半数近くは津波災害によると想定されており、早急な対応が求められている。

これらの津波災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に加えて、避難体制や情報伝達体制の確立などといったソフト面までを含んだ総合的な津波防災体制の確立が必要となってくる。

本研究では、三重県A市を対象とし、GIS（地理情報システム）をベースとして、実用化を念頭に置いた避難行動シミュレーションモデルを開発し、地域の避難安全性向上に向けた各種の対策の検討とその評価を行うことを目的とする。

2. 解析手法

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を用いてシミュレーションを行った¹⁾。このモデルは対象空間を図1に示すように「物理的な要因」「個人特性」「災害要因」の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、異なった個人特性を有する多数の人間の避難行動が簡単に取り扱えるモデルである。



3つのポテンシャルを重ね合わせることで、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が定義される。このようにして決められた対象空間内において、それぞれの避難者は、各時間ステップごとにポテンシャルの低いほう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。

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、走行による避難速度は歩行速度の経験式²⁾を基にして、図2に示すように2直線で表現することとした。図中の空間モジュールとは、人口密度の逆数で混雑度を示す指標である。

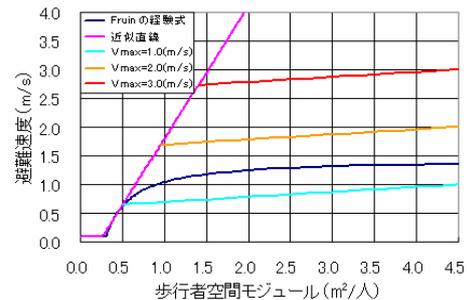


図2 歩行者空間モジュール密度と避難速度

3. 対象空間

本研究では、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A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。

図3に対象地域、およびデータベースとして利用しているGIS建物データと道路データを示す。

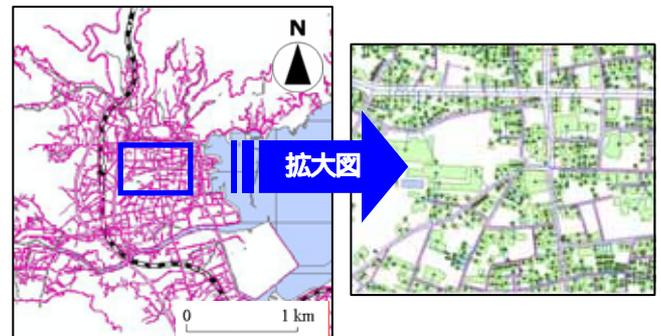


図3 対象地域およびGISデータ

4. 津波モデル

4.1 使用する津波データ

本研究では、越村によるA市における津波氾濫シミュレーション³⁾の解析結果（波高分布、流速分布）を災害要因のデータとして使用した。なお、より高分解能な津波データを避難解析に反映させるため、これらを時空間で補間し、メッシュ幅1.0(m)、出力間隔1.0(s)のデータを作成し、これを利用した。

キーワード：避難，シミュレーション，津波，地震，防災

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所B棟 目黒研究室 Tel:03-5452-6437

4.2 津波が人間行動に及ぼす影響のモデル化

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、浸水深や流速の変化が歩行速度に影響を及ぼすような歩行速度減衰モデルの導入を行った(図4)。過去の実験結果⁴⁾を参考にし、表1に示すように避難者属性別に歩行限界水深・流速の限界値を与えることとした。なお、避難者が存在する領域の水深が1.0mを越えた時点で、流速やその他の条件に関わらず人的被害が発生したものとし、領域内に存在する人を人的被害者としてカウントしていく。

表1 各避難者の歩行限界水深/流速と最高速度

	限界水深	限界流速	最高速度
成人男性	0.7(m)	2.5(m/s)	1.5(m/s)
成人女性	0.5(m)	2.0(m/s)	1.3(m/s)
子供・高齢者	0.3(m)	1.5(m/s)	1.2(m/s)

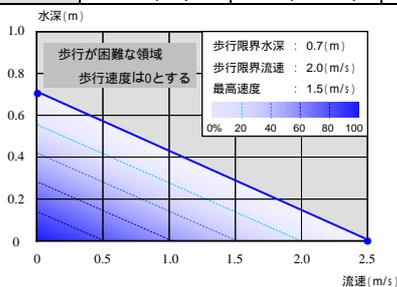


図4 歩行速度減衰モデル(一例として成人男性)

5. 避難行動シミュレーション

5.1 避難者の初期配置

ここでは最初の検討として、対象地域内に存在する建物4337棟に避難者が各一人ずつ存在しているものと仮定した(図5)。計算ステップは0.5(s)であり、避難者の混在割合はH12年度国勢調査を参考にした。

各避難者は別途シミュレーションで予測した避難開始時刻(情報取得時刻+避難準備時間)になると、指定された広域避難場所(6ヶ所)へ避難を開始するものとする。

5.2 道路閉塞による影響の評価

道路幅の狭い密集市街地などでは、地震による建物被害や土砂災害などにより、避難経路が閉塞される危険性が高く、これが避難安全性にも大きく影響を及ぼす。ここでは、倒壊家屋による道路閉塞が高い確率で発生すると考えられる地域に対して、効果的な耐震化計画を立案するための検討を行う。

図6と表2にシミュレーションの各ケースの概要を、図7に避難者の分布を、図8に耐震化による人的被害数の推移を示す。ここでは想定される10ヶ所の道路閉塞地点に対して、住民の分布を考慮した耐震補強の優先順位に従って対処した場合としていない場合についての被害者数を比較した。

図8からも分かるように、効果的な耐震化計画を実施すると、避難上重要な避難経路が確保されるので、大幅

な人的被害軽減が期待できることがわかる。

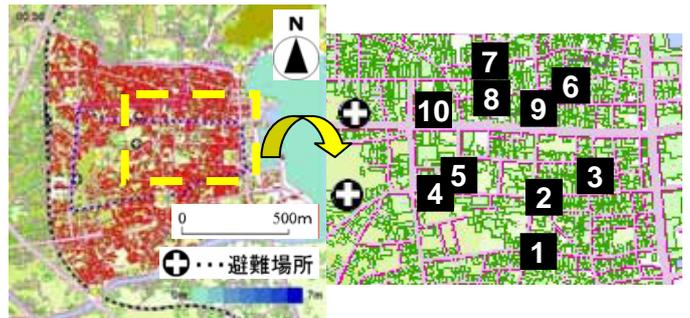


図5 避難者初期配置

図6 道路閉塞地点

表2 シミュレーションケースの概要(耐震補強の効果)

ケース	耐震補強の順序					
	Case 1	3,10	5,6	4,7	1,9	2,8
Case 2	2,8	4,7	1,6	5,9	3,10	効果的な耐震補強計画の実施

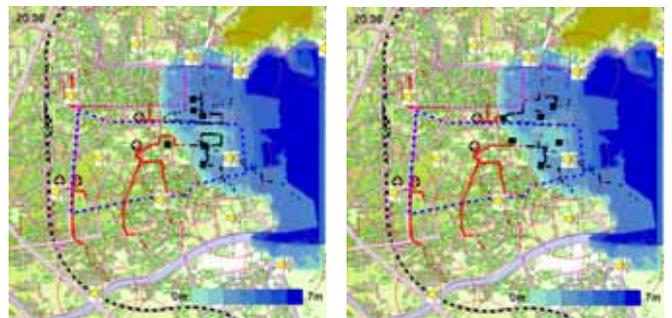


図7 避難者の分布(閉塞6ヶ所20分後:左Case 1,右Case 2)

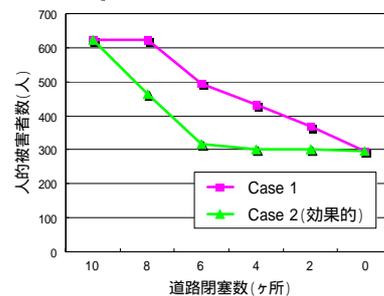


図8 人的被害数の推移(耐震補強の効果)

6. まとめ

A市を対象とした避難行動シミュレーションを行い、道路閉塞の影響を考慮した避難状況/人的被害数の予測を行った。本研究成果は今後の効果的な津波被害軽減対策の実現に向けて、重要な情報を与えるものである。

【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15年度成果報告書.
- 4) 須賀堯三他:水害時の安全避難行動(水中歩行)に関する実験,水工学論文集,1995.2