

経路幅と避難者パラメータの影響に関する津波避難シミュレーション

株式会社東鵬開発 正会員 ○久保 幸奨  
 関東学院大学 正会員 岸 祐介  
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の被害をうけ、我が国では津波対策のあり方が大きく見直され、より厳しいものへと改訂が進められている。そのような中、近年では津波発生時の避難シミュレーションが、被害想定に有効な手法として注目を集めている。

本研究では、対象地域の道路幅や避難者個別のパラメータとして歩行速度の変化を考慮することが、シミュレーション結果にどのような影響を及ぼすのかについて検討を行った。

2. 避難シミュレーション概要

2.1 検討方法

本研究では、マルチエージェントシミュレーションによる検討を行った。検討対象には首都圏での地震発生時の津波浸水予測範囲が広い地域として、鎌倉市材木座の沿岸部を選んだ。対象地域をネットワーク型空間としてモデル化した。避難先の設定としては、図-1に示す鎌倉市が指定している指定避難場所、避難ビル、標高が10m以上の箇所を高台として計6箇所を設定した。

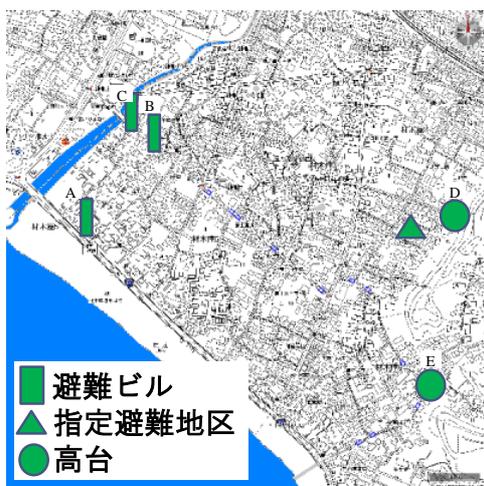


図-1 シミュレーション対象地域

避難者の経路探索方法にはダイクストラ法を採用した。また避難者には回避規則を設け、避難者同士の衝突を避けるように設定している。避難者の人数は、対象である材木座の夜間人口データを参考に4201人とした。避難者の初期配置に関しては、ネットワーク空間内にランダムに配置した。ただし、初期条件を合わせるため全ケースを通じて配置は固定している。

2.2 解析ケース

本研究では全4ケースの検討を行った。表-1に本研究の解析ケースを示す。

表-1 解析ケース

ケース	歩行速度の変化	経路幅	経路探索方法	
			水平距離	高低差
1	×	×	○	×
2	○	×	○	×
3	○	○	○	×
4	○	○	×	○

ケース1は、全避難者の歩行速度を1.4m/secに統一し、空間モデルの経路幅を4.0mで統一している。これらの値はそれぞれ、群衆時における人間の平均歩行速度と、対象地域での調査結果における最も多かった道路幅を示している。ケース2は、避難者の歩行速度に性別および年代別、さらに各経路の斜度に応じて歩行速度が変化するように考慮した。ケース3は、歩行速度の変化に加え、経路幅に計測値を反映させた。ケース4は、避難者の経路探索に各ノードの標高の変化を考慮させ、加えて歩行速度の変化と経路幅を考慮した。標高の考慮においては、各ノードのコスト演算を次式のように求めた。

$$C_n = \alpha \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{h_{\max}} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{V_{\max}}$$

但し、 $V_i = v_{\max} - v_n$

キーワード 避難シミュレーション, マルチエージェント, ネットワークモデル, ダイクストラ法

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学理工学部土木・都市防災コース TEL045-786-785

ここで、 $C_n$  : 各ノードのコスト、 $h_i$  : 各ノード間の水平距離、 $h_{max} : h_i$  の累積値、 $v_{max}$  : 経路内の最も高い標高値、 $v_n$  : 各ノードの標高値、 $V_{max} : V_i$  の累積値、 $\alpha, \beta$  : 各項の係数。

ケース 2~ケース 4 は、避難者の年齢や性別により歩行速度が変化するため、結果のばらつきを考慮し、各ケース 10 回ずつシミュレーションを実施した。

### 3. 解析結果

全ケースの全避難者が避難完了するまでの所要時間を表-2 に示す。まず、ケース 1 とケース 2 を比較すると、避難者の歩行速度が変化するように考慮した場合、歩行速度を一定とした場合に比べ、避難完了までの時間が 4 倍程に伸びた。これは、対象地域における住民の年代別、性別の分布により地域全体での平均歩行速度が 1.4m/sec より遅くなり、多くの避難者が各避難場所までに時間を要したことが原因だと考えられる。

次に経路幅を反映させた場合、全避難者が避難完了するまでの所要時間はケース 2 と比べて大きな差は見られなかった。しかし、図-2 に示す指定避難場所への避難完了者数の時刻歴を比較すると、経路幅を反映した方は指定避難場所への収束する時間に 60 秒近く多く要しており、経路幅を考慮することにより避難場所によっては避難状況に影響を与えるものと考えられる。

図-3 は、各避難場所までの避難経路探索の方法において、標高の変化を考慮した場合と考慮していない場合の避難完了人数を示している。経路探索方法の違いに着目すると、標高の変化を考慮した場合は高台 D への避難者数が 501 人、高台 E への避難者数が 149 人増加した。これは、高台 D, E より標高が低い場所に位置する指定避難場所や指定避難場所および避難ビル A への避難人数が減ったことが関係していると考えられる。

対象地域では全避難者が各避難場所まで最短経路を辿るよりも、標高の変化を考慮して経路探索を行う方が避難時間に多く時間を要した。これは、標高の変化を考慮しない場合に避難ビル A へ向かう避難者が、標高の変化を考慮した場合に、距離が遠く、勾配が急な高台 E へ向かうことで、避難に時間を多く要してしまったためと考えられる。また、変動係数の値がケース 2, 3 に比べ小さくなった原因として

は、経路幅の影響が大きい指定避難場所への避難者数が少なくなり、避難者による回避行動が少なくなったためと考えられる。

### 4. まとめ

本研究の結論を以下にまとめる。

- (1) 避難者の歩行速度に性別および年代別と斜度に応じて歩行速度が変化するように考慮した場合、避難時間に大きな影響を及ぼすことがわかった。
- (2) 経路幅を反映させた場合、全避難者の避難完了時間に大きな差が生じなかった。しかし、避難場所によっては避難状況に影響する。
- (3) 各避難場所への避難完了人数に着目すると、標高の変化を考慮することにより、標高の高い位置への避難完了人数が増加する。
- (4) 対象地域では全避難者が高低差を優先させた場合、全避難者が各避難場所への最短経路を優先するのにならべ、避難に多く時間を要する。

表-2 全避難者の避難完了時間

解析ケース	平均時間 (秒)	変動係数 (%)
ケース 1	164	
ケース 2	616.4	5.2
ケース 3	629.8	8.0
ケース 4	667.0	3.3

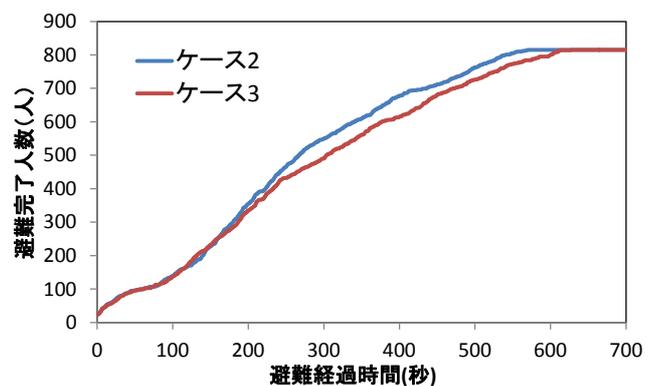


図-2 指定避難場所への避難完了人数の時刻歴

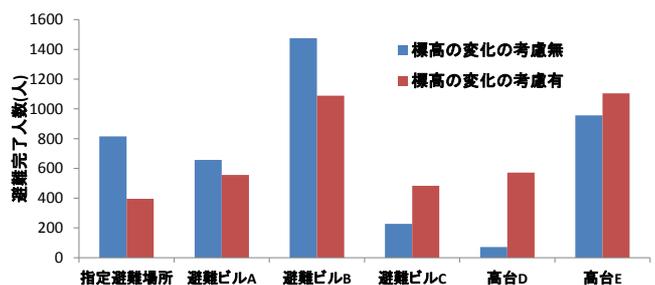


図-3 各避難場所への避難完了人数