

津波避難シミュレーションシステムにおける危険避難路の認識に関する研究

中央大学大学院 学生会員 ○藤山 麗
 (株) エイト日本技術開発 正会員 大川 博史
 中央大学 正会員 榎山 和男

1. はじめに

著者らの既往研究¹⁾における津波避難シミュレーションでは、歩行避難者に対し視覚情報を与えておらず、危険要因からの被害回避行動としてシステムに課題があった。

そこで、本研究では、歩行避難者に扇形の危険認識範囲を与え、システムの適用性向上を図る。

2. シミュレーション手法

本研究では、マルチエージェントモデルに基づく避難シミュレーションを行う。マルチエージェントとは、周囲の環境から情報を取得することにより、自律的な行動が可能となるエージェントが多数共存し、相互作用を及ぼし合う環境のことを指す。

本研究のフローチャートを図-1に示す。地理情報の取得、避難路の作成等、入力データの作成・読み込みにはGISソフトであるArcGISを、避難シミュレーションシステムの構築にはNetLogoを用いる。

(1) 地形データの作成

国土地理院が提供しているデータを基に、避難者初期位置、避難場所、避難路を作成する。また、作成した避難路上に避難者が経路選択を行う地点である、ノードを配置する。

(2) 避難シミュレーション

避難開始直後、避難者は初期位置から最短距離のノードを選択する。ノードに到着した時点で、隣接しているノードに対して(1)式で表される重力モデル式²⁾を用い、避難経路の選択を行う。

$$S = \frac{a}{s^\alpha} - \frac{b}{z^\beta} - \frac{c}{w^\gamma} \quad (1)$$

ここで、 S は効用とし、 s は避難場所までの距離、 z は標高、 w は水際線からの距離である。 a, b, c は変数に対する重みであり、値が大きいほど効用に占める割合が大きくなる。 α, β, γ は変数に対する空間距離の影響度であり、値が小さくなるほど遠くまで影響を及ぼす。避難者は効用 S が最大となる隣接ノードへ移動し図-1に示す流れの通り、避難経路の選択・移動・被害判定を繰り返し、避難所に到達した時点で避難行動を終了する。

3. 危険認識範囲の設定

本研究の危険要因となる津波は、水深と流速の情報を持つ等間隔の格子点(津波ノード)により表現(図-2参照)し、津波ノードを中心とした半径 D m以内の避難者は犠牲者と判定する。危険避難路遭遇時に避難者が前進し続けないよう、危険要因を事前に認知・未浸水避難路へ引き返す被害回避を考慮する。

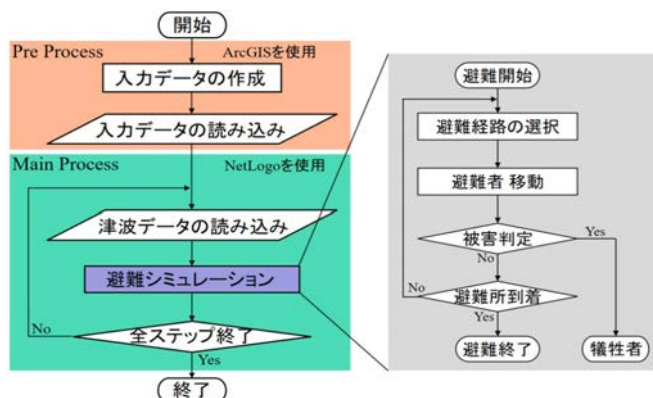


図-1 避難シミュレーションの流れ

(1) 円形の危険認識範囲

既往研究¹⁾では、避難者の前方のノードが、津波ノードを中心とした半径 R m以内に位置している場合(図-2,(1)参照)、その津波ノードの情報を避難者に与える手法を用いていた。このシステムにより、避難者は津波を目の前に行う経路選択より前に、危険であると認識し、被害回避が可能となる。しかし、この手法は単純な円形であることから、建物等により認識不可能な位置の情報をも取得するという欠点を持つ。

(2) 扇形の危険認識範囲

認識不可能な位置の情報を取得しないよう、幅員と曲がり角(角点ノード)の情報を用いる。避難者に対しあらかじめ設定する、直線避難路における危険要因認識距離と幅員を維持する角度により構成される扇型を、視野の範囲としてモデル化する(図-2,(2)参照)。視野内に、角点ノードが存在しない場合(図-3,(1)参照)は、その範囲を維持し、視野

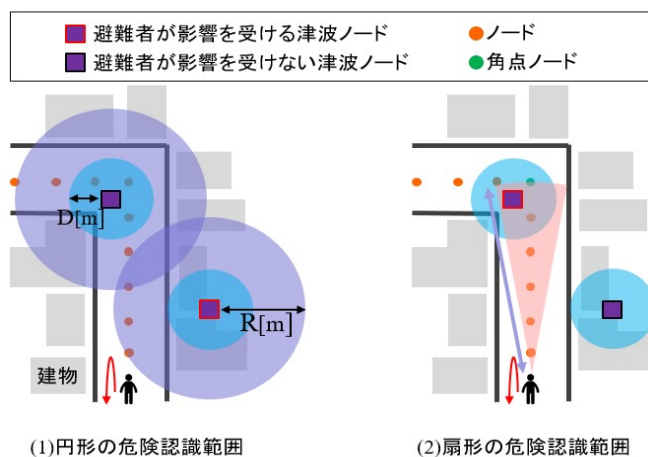


図-2 危険認識範囲の設定

KeyWords: マルチエージェントモデル, 避難シミュレーション, 歩行避難者, 被害回避

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL: 03-3817-1815 Email: a17.y5tk@g.chuo-u.ac.jp

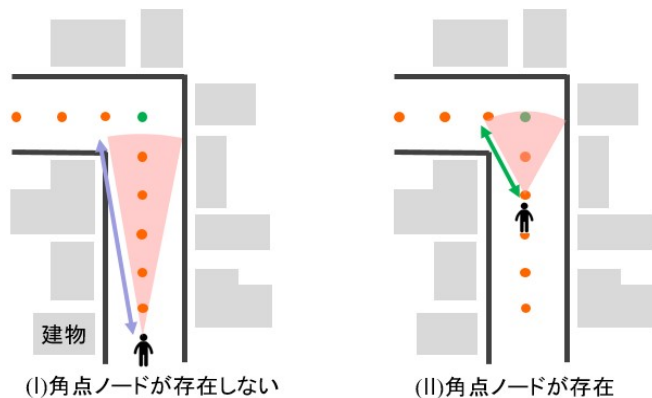


図-3 扇形の危険認識範囲の考慮

内に角点ノードが存在する場合(図-3,(II)参照)は、その角点ノードまでの距離と幅員を維持する角度により構成される扇型を視野の範囲とする。このシステムにより、建物等による認識不可能な位置に発生している危険要因の影響を受けることなく、被害回避が可能となる。

4. 適用例

以上に示した、危険認識範囲の有無及び形状についてシミュレーションを実行し、考慮することの効果を確認する。

(1) シミュレーション条件

図-4に示すようなノード間隔5m、幅員4m、避難場所1か所のシミュレーションを実行する。また、円形の危険認識範囲を構成する半径 R 、及び扇型の視野を構成する、直線避難路における危険要因認識距離をともに30mとする。

(2) シミュレーション結果

以上の条件の下、以下の3ケースのシミュレーション結果を示す。

- (a) 被害回避を考慮しない場合(図-5参照)
- (b) 円形の危険認識範囲を考慮した場合(図-6参照)
- (c) 扇型の視野を考慮した場合(図-7参照)

(a)では、回避行動を行わないため、前方から津波が接近しているにも関わらず前進を続け、被害判定により犠牲者となる様子が確認された(図-5参照)。

(b)では、津波ノードを中心とした半径 R m以内に位置しているノードを白色に変化させている(図-6参照)。図-5と異なり、避難者は前方の津波を認識したとして引き返したことから、危険認識範囲の効果を確認した(図-6,上段参照)。しかし、単純な円形の範囲であることから、図-6,下段に示すような、実際には認識不可能な位置に襲来した津波の影響をも受ける。そのため回避先のノードも危険であると判断され、避難者は回避経路がなく、右往左往する様子が確認された。

最後に、(c)の結果を図-7に示す。図-6,下段と異なり、同一避難路外の津波に影響されず、前方の津波のみによる回避行動が確認された。以上より、扇型の視野を考慮することで、建物等により実際には認識不可能な位置に発生した危険要因の影響を受けず、前方の危険要因による被害回避を行うシミュレーションが可能となった。



図-4 避難シミュレーションの様子

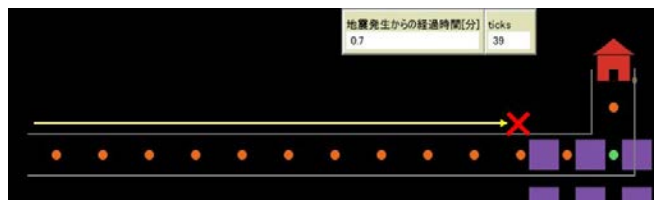


図-5 (a) 被害回避を考慮しない場合

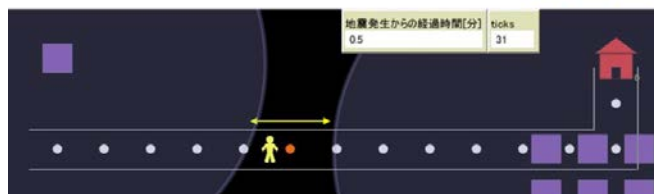
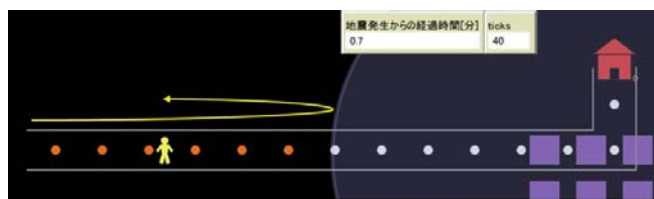
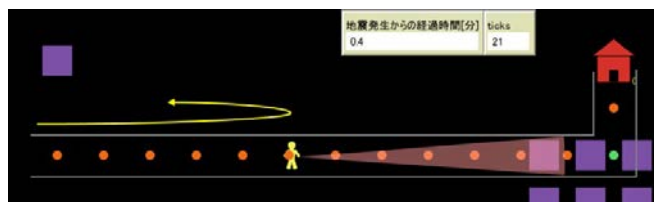
図-6 (b) 円形の危険認識範囲を考慮した場合
(上段:被害回避 下段:避難路外津波の認識)

図-7 (c) 扇型の視野を考慮した場合

5. おわりに

本研究では、本システムの適用性向上を目的として避難者に視覚情報を付与し、被害回避行動について検討を行い、以下の結論を得た。

- 危険認識範囲の有無及び形状が避難行動に大きく影響することを確認した。
- 避難者に視野を与えることで、より現実行動に即した避難シミュレーションが可能となった。

今後は、南海トラフ地震による被害が懸念されている地域へ適用し、犠牲者数を基に比較を行う予定である。

参考文献

- 1) 藤山麗, 中村麻菜美, 樫山和男, 津波避難シミュレーションにおける地理情報の設定に関する検討, 第49回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 IV-62, 2p., 2022.
- 2) 竹下史朗, 小林一郎, 山田文彦, 上野幹夫, マルチエージェントモデルを用いた洪水・避難シミュレータの開発, 土木情報利用技術論文集, Vol.16, pp. 203-212, 2007.