

# MAS を用いた坂の多い地域における災害時避難ルートの検証と 避難誘導アプリの提案

小笠原和香\*1・浅本紀子\*2

Email: ogasawara.nodoka@is.ocha.ac.jp

\*1: お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科 理学専攻 情報科学コース

\*2: お茶の水女子大学 理学部 情報科学科 教授

◎Key Words MAS, 避難経路

## 1. はじめに

災害時の避難では、高齢者や身体の不自由な人など、要支援者への配慮が必要である。特に急な坂や階段は要支援者にとって移動の妨げとなるため、避けるべきである。しかし災害発生時におかれる状況は様々であり、安全なルートを選択しながら目的の避難所へ向かうことは困難である。

そこで本研究では、マルチエージェント・シミュレーションを用いて災害時避難における最適経路を求め、それを応用するモバイルアプリを開発し、災害時避難安全性向上における情報技術の活用を目指す。

## 2. MAS

マルチエージェント・シミュレーション(以下 MAS)とは複数の「エージェント」を用いた仮想実験のことを意味する。「複雑系の現象」について、個々のエージェントの相互作用が積み重なった結果として捉え、その仕組みを解析するのに適した手法である。

## 3. 神田川氾濫避難モデル

MAS のプラットフォームである *artisoc* を用いて「神田川氾濫避難モデル」を作成し、文京区を中心とした高低差の大きい地域での災害時避難ルートの検証を行った。なお、本モデルは「河川氾濫モデルの作り方」<sup>(1)</sup>を参考に作成した。

### 3.1 ポイント・リンクの設定

東京都文京区・新宿区・豊島区の神田川外水氾濫区域を対象とし、ポイントエージェントを交差点・避難所、それぞれを繋ぐリンクエージェントを道路として定義した。本モデルでは、ポイントエージェントを 170 (うち交差点 126, 避難所 44)、リンクエージェントを 240 定義した。

ポイントエージェントには初期値として経度、緯度、地盤高の情報を与え、それぞれ X, Y, Z 座標として設定した。

### 3.2 最短経路計算

本モデルでは、参考モデル<sup>(1)</sup>で用いられるダイクストラ法を応用し、災害時に危険な要素である急坂・橋・階段などを考慮して独自の最短経路探索を行った。

ダイクストラ法はリンク間の重みを考慮して計算を行うが、平面的な距離だけでなく傾斜も重みづけに加えることで、高低差の大きい地域に焦点を当てたルート取得を目指した。更に橋や階段の有無の条件を重みに加え、避難者の経路の初期値を作成した。

また、重みが一定値以上の場合、要支援者(高齢者や身体の不自由な人など)にとって通用不可とした。

### 3.3 避難者の設定

避難者数は文京区の人口を元に、以下の通り設定した。

総エージェント : 1500 (226,332 人)

うち 15 歳~74 歳 : 1125 (174,187 人) [1.0m/s]

~14 歳,75 歳~ : 375 ( 52,145 人) [0.8m/s]

避難先の決定方法は、文京区 HP<sup>(6)</sup>掲載の防災情報を元に、以下の 2 通りを設定した。

1. 指定の避難所：地震時  
…町会・自治会により割り振られた避難所
2. 最寄りの避難所：水害/土砂災害時  
…経路探索の際、最も重みが小さい避難所

避難者エージェントは全 126 ヶ所の交差点から行動を開始し、事前に決めた目的地に向かって最短経路を移動する。避難者が多く道が渋滞している場合や、坂の上り下りをする場合、その混雑度/勾配に応じて減速する。また移動先が浸水している場合、迂回ルートを探る。

ルート変更があれば、実際の移動経路として記録する。

### 3.4 検証結果 -ルート取得-

本モデルにおける最短経路探索の有効性を検討するため、変更前(重みづけに距離のみを用いる場合)の経路探索も同時に行い結果を比較した。

最寄り(=移動コストが最も低い)避難所を比べたところ、図 1 のように高低差 16m の厳しい坂道を避け、平坦な道を利用する避難所を選択している様子が確認された。



図 1 最寄りの避難所 変化例

### 3.5 検証結果 -避難実行-

最短経路探索の重みづけ方法 2 通り、避難者の目的地決定方法 2 通り、計 4 通りについてシミュレーションを行い、避難者全員が目的地へ辿り着くまでのステップ数を比較した。

結果は表 1 のようになった。経路探索の計算方法に関わらず、指定の避難所へ向かう状況の方が避難完了までに時間がかかることが確認できた。また経路探索に傾斜等を加えた場合のシミュレーションでは道の混雑度が上がっていたように感じたが、ステップ数に大きな差は見られなかった。

経路探索	目的地	表 1 実行結果	
		指定の避難所	最寄りの避難所
距離のみ		139 step	112 step
距離+傾斜		145 step	115 step

(1step ≒ 2min)

#### 4. モバイルアプリ作成

本研究では災害時避難における MAS の活用を目指し、Swift を用いて独自の避難誘導アプリケーションを開発している。なお、対象デバイスは iPhone, iPad としている。

現在搭載している機能は以下のとおりである。

##### 4.1 機能 1：交差点・避難所の表示

表示/非表示の切り替えを「設定」画面 (図 2) で行い、マップ上にピンを刺す形で交差点や避難所の位置を示す。データは避難モデルで使用した緯度・経度のデータを用いている。

この機能によりアプリ利用者は、最寄りの避難所を探すことができる。また家族と連絡が取れていれば、家族のいる避難所の場所を確認可能だと考えている。

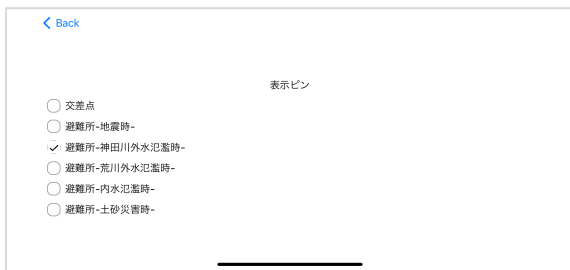


図 2 「設定」画面 (デバイス：iPhone11)

##### 4.2 機能 2：避難ルートの表示

出発地 (現在地、または任意の交差点)・目的地 (任意の避難所)をそれぞれリストから選択し、「✓」ボタンを押すことで目的地へのルートを示す(図 3)。表示する移動経路には、避難モデルで得た経路探索のデータを使用している。

アプリ利用者は表示された交差点のピンを辿ることで、迅速に目的地まで移動することができる。

##### 4.3 アプリの実装

ここまでの検討をもとに、神田川氾濫モデルを組み込んだモバイルアプリの試作版を実装した。開発環境は、macOS Monterey 上で Xcode 13 と Swift 5.5 を使用している。今後改良を加えて避難誘導アプリ開発を進めていく。現在は簡素な画面構成のため、更に機能を追加した上で、利用状況や年代を問わずに利用できるよう UI 改善を行いたいと考えている。

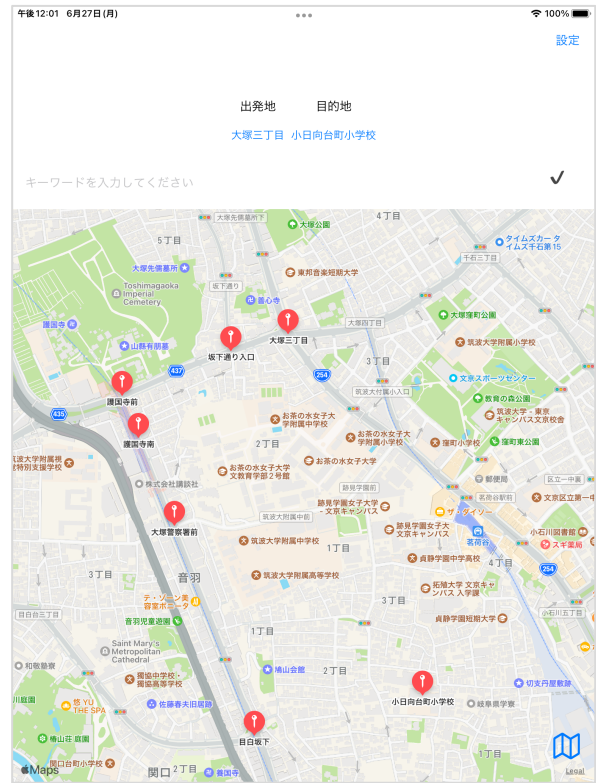


図 3 メイン画面例 (デバイス：iPad Pro)

#### 5. おわりに

MAS を用いて急坂や安全性を考慮した避難経路探索を行い、それを活用したモバイルアプリを提案した。

今後の展望として、現在は広い道のみを利用しているが、危険性を考慮した上で、細い道や裏路地も組み込んだ経路探索を行いたいと考えている。また文京区全体など、範囲を広げた経路探索・ルート表示を検討している。

また交差点・避難所の初期値設定やマップの描画設定など手作業で行うものが多く、汎用性が低いことが課題として挙げられる。公開されているデータから簡単に経路探索やマップ表示が可能か検討し、改良を進めていきたい。

#### 参考文献

- (1) (株) 構造計画研究所: “河川氾濫避難モデルの作り方” (2007)
- (2) 第 2 章 文京区の地域特性: <https://www.city.bunkyo.lg.jp/var/rev/0/0100/1549/2.pdf>
- (3) グラフで見る! 文京区(ブンキョウ 東京都)の人口の推移 -GD Freak! : <https://jp.gdfreak.com/public/detail/jp010050000001013105/1>
- (4) MapFan - 東京都の交差点: <https://mapfan.com/genres/3/13>
- (5) artisoc モデル集, 「芦屋高校論文伝えて繋げる 2017 年版 構造計画研究所提出 20180222.pdf」: [https://mas.kke.co.jp/artisocmodel/artisocmodel\\_category/sample\\_model/](https://mas.kke.co.jp/artisocmodel/artisocmodel_category/sample_model/)
- (6) 文京区ホームページ「文京区水害ハザードマップ.pdf」, 「文京区防災地図.pdf」: <https://www.city.bunkyo.lg.jp/index.html>
- (7) “MAS とは?”: <https://mas.kke.co.jp/about/>
- (8) 藤 治仁, 小林 加奈子, 小林 由憲: “Swift UI 対応 たった 2 日でマスターできる iPhone アプリ開発集中講座 Xcode13/iOS15/Swift 5.5 対応”, pp.191-256, ソシム (2021)