

MASを用いた大田区の高摩川氾濫時における避難経路と課題の検討

関 真子 (指導教員：浅本 紀子)

1 はじめに

令和元年に、台風19号の影響で多摩川が増水し、氾濫の危険が高まったことにより、大田区に避難情報が発令された。その際の課題として、避難所において、受け入れスペースが不足し、受け入れを断ったり、住民が避難情報や避難所の混雑状況を適切に把握できなかったりする状況が生じたことが挙げられる。本研究では、大田区の避難対象地域をもとに、避難開始の時間差と混雑情報を考慮し、マルチエージェントシミュレーション(MAS)を用いて避難時における最短経路を求め、効率性を向上させ、混雑を緩和するための課題を検討し、避難計画に役立てることを目指す。

2 MASとは

マルチエージェントシミュレーション(MAS)とは、多数のエージェントが、ルールに従いエージェント間やエージェントと周囲の環境の間で相互作用しながらシミュレーションを行う手法である。シミュレータとしてartisocを使用した。

3 関連研究

3.1 「河川氾濫避難モデルの作り方」[1]

構造計画研究所のサンプルモデルに載っていた資料で、「河川氾濫避難モデル」の作成手順を解説している。

3.2 「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」[2]

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、災害時に危険な要素を考慮した独自の最短経路探索を行っており、坂を考慮した場合としない場合の最寄り避難完了までのステップ数を比較し、有効性を検証している。

4 モデルの概要

「河川氾濫避難モデルの作り方」[1]を参考に多摩川の氾濫避難モデルを作成した。本研究では、大田区の公式X[3]が令和元年の台風19号対応の際に投稿したハザードマップをもとに、多摩川氾濫時の大田区の避難対象地域を含むほぼ全域を対象としている。背景画像の範囲は10555m×9062mであり、artisoc上のマップの大きさは1054×905としている。1ステップを1分とする。

大田区の資料[4]によると、避難発令は図1のようになっており、発令時刻に時間差がある。そこで、避難対象地域を3つに分け、避難開始時刻に差をつけた。避難発令された高齢者が最初に避難開始し、高齢者以外の人は、30ステップ遅れて避難を開始するというルールにした。

4.1 ポイント・リンクエージェント

ポイントエージェントを交差点、避難所、ポイント同士を繋ぐリンクエージェントを道路としてマップを作成した。道路情報の構築の際はartisocの描画ツ

日	時間	対象地域	発令内容
12日	10:30	多摩川沿い、香川沿い等	警戒レベル3 高齢者等避難
	15:00	土砂災害警戒区域	警戒レベル3 高齢者等避難
	16:30	多摩川沿い	警戒レベル4 避難勧告
	19:00	多摩川沿い	警戒レベル4 避難指示(緊急)
	20:00	多摩川沿い	警戒レベル5(浸水災害発生)
13日	6:15	多摩川沿い	警戒レベル4、5解除
		土砂災害警戒区域	警戒レベル3解除
	7:20	全域	警戒レベル3解除

図1: 「令和元年 台風19号に伴う対応について」

ルを用いる。ポイントエージェントは、大田区の交差点、避難所の緯度経度をもとに国土院が提供しているツール[5]で平面直角座標系に変換し、artisocのマップに対応した座標に変換した。

本モデルでは、ポイントエージェント「Point」を交差点464、避難所44の合計508、リンクエージェント「Link」を680定義した。図2

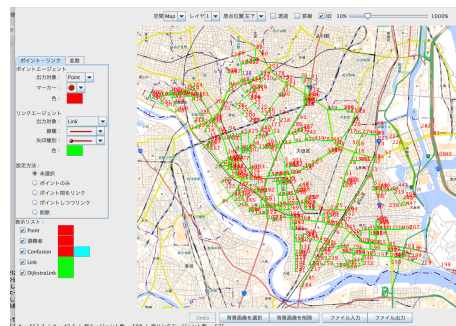


図2: Universe.Mapの初期値設定画面

4.2 避難者エージェント

避難者エージェントを作る際は、避難対象地域内にあるポイントごとに避難者エージェントの人数を設定した。実際に避難行動をするエージェント数は844である。高齢者以外の人は現地実測に基づき、1.2m/s、高齢者はその半分の0.6m/sで徒歩で移動することとした。高齢者の割合は1/5とする。(大田区資料[4])

4.3 避難所エージェント

避難発令情報を元に、避難所エージェントを水害時緊急避難場所16、自主避難スペース28の合わせて44個設定した。避難所エージェントは推定収容人数と避難所ごとの避難完了した人数を持つ。

4.4 実行手順

参考にしたモデルでは、3つの実行モードがあり、本研究でも同じ実行方法を用いる。実行手順は、以下のとおりである。

まず、実行モードの「最短経路計算」において、ダイクストラ法を用いて全てのポイントとリンクに対して最短経路を計算する。ダイクストラ法では、2点間の距離をリンクの重みとして最短経路を計算する。さらに、本研究ではポイントごとの標高の差を考慮した

重み付け [2] も行った。次に、「ルート取得」において、避難者エージェントごとに最寄りの避難所までの最短経路を取得する。

最後に、「避難実行」では避難者が各交差点から取得した最短経路をもとに避難所まで移動する。避難者は道が混雑している場合や坂では、混雑度、傾斜率に応じて減速する。全ての避難者が避難所に到着すると避難完了までのステップ数を出力しシミュレーションを終了する。

5 最短経路計算

最短経路計算において、全てのポイントとリンクについて計算を行ったところ、実行時間は 10 分 57 秒であった。この方法では、ポイントとリンクが増えると計算時間も長くなってしまふことが問題となる。計算の速度を上げるため、各ポイントから 2km 以内にあるポイントのみの範囲で最短経路を計算するように [2] を元に改良した。その結果、計算時間は 2 分 51 秒に減少した。

6 実行結果

シミュレーションを 10 回実行し、平均をとった。

表 1: モデル実行結果

経路探索	ステップ数
距離のみ	68.8 step
傾斜を考慮	68.6 step

ステップ数に差はほとんど見られなかった。避難所ごとの到着した人数を比較すると、4 箇所で見られた。距離のみの経路探索の場合よりも、傾斜を考慮した経路探索の場合の方が人数が増えた避難所については、標高が低いためルート取得においてその避難所への経路を取得する避難者が増えたためだと考えられる。また、到着する避難者が一部の避難所に集中し、推定収容人数を超えてしまうことが分かった。避難所ごとの超過人数の合計は 259 人であった。

7 混雑情報を考慮する

7.1 ルール

モデルを改良して、混雑情報を考慮したモデルを作成した。高齢者ははじめに水害時緊急避難場所に向かって避難するようにした。

「混雑情報を知っている割合」を設定し、混雑情報を知っている場合は 1, 知らない場合は 0 として、避難者エージェントが値を持つようにした。

7.1.1 混雑情報を知っている場合

経路途中のポイントと最終地点の避難所に到着するごとに、現在の目的地の避難所が推定収容人数を超えているか確認し、超えている場合は次に近い定員を超えていない避難所に行き先を変更して行動する。変更回数が 4 の場合は、目的地を変更せず現在の経路を最後まで移動する。

7.1.2 混雑情報を知らない場合

目的地の避難所に到着すると推定収容人数を超えているか確認し、超えている場合は次に近い避難所へ目的地を変更して移動する。変更回数が 4 の場合は変更せず現在いる避難所にとどまることとする。

7.2 実行結果

「混雑情報を知っている割合」を 0% から 100% まで 20% 刻みで変え、それぞれシミュレーションを 10 回実行し、避難完了までのステップ数と、避難所定員を超過した人数の平均を求めた。結果は以下のようになった。

表 2: 実行結果

割合	0%	20%	40%	60%	80%	100%
ステップ数	149.4	149	142	130.1	134.5	130.3
超過人数	33	26.4	24.8	17.9	8.7	0.4

最寄りの避難所のみ避難する場合と比較すると避難完了までのステップ数は増えたが、避難所の定員超過人数は大きく減り、多くの避難所における混雑は緩和されたことが分かった。混雑情報を知っている割合が大きいほど、ステップ数が減る傾向にあるが、60% を超えると、超過人数は少し減るもののステップ数にあまり差は見られなかった。そのことから、周知するコストを考えても、効率的な避難と超過人数の解消のためには混雑情報を知っている割合の目標を最低 60% とすることが妥当だと考えられる。

8 今後の課題

マップの初期値設定はポイントとリンクの手作業によるもので、より広範囲の空間を扱うには適切でない。オープンデータからより簡単に経路の探索やマップの設定を行うことが可能か検討したい。また、このモデルでは、避難者は設定されたリンク上を進むだけであり、道路の幅を考慮していない。実際の避難において、道幅が狭い場合、通行が困難になり、避難者が密集すると危険である。道幅を考慮した行動が可能な方法を検討したい。現時点では、マップ上のポイントの密度を考慮してポイントごとに避難者エージェントを生成しているが、実際の住区ごとの居住人数や交通量を考慮した避難者数で生成することも考えていきたい。

参考文献

- [1] 株式会社構造化学研究所. 河川氾濫避難モデルの作り方. 2007.
- [2] 小笠原和香. 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, お茶の水女子大学修士論文. 2022.
- [3] 大田区公式 X <https://twitter.com>.
- [4] 大田区公式ホームページ <https://www.city.ota.tokyo.jp>.
- [5] 平面直角座標への換算 <https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2xyf.html>.