

# 災害時における渋滞を考慮した避難経路と避難場所のMASを用いた分析

堺谷 天詩 (指導教員：浅本 紀子)

## 1 はじめに

東日本大震災の際、「避難できたのは住民の7~8割である。」と言われた。震源地から遠く離れた地域でも、公共交通機関の停止に伴い多くの人が帰宅困難となった。災害時には1人1人の迅速かつ効率的な避難が求められる。また、均等に人を分散させることで渋滞を避けることも必要である。

### 1.1 本研究の目的

効果的な避難方法を分析するために、シミュレーションで人の流れを再現できるモデルを構築する。近年、電車や商業施設等の現在の混雑状況を知れるサービス等、混雑状況の把握が可能なシステムが存在する。これらがさらに発展すれば、災害時においても人の動きや各所の混雑状況をリアルタイムで取得できるようになると考える。これらが可能であると仮定し、シミュレーションを行うことで、災害時における情報技術の活用を目指す。

構造計画研究所のマルチエージェントシミュレーション(以下MASという)、artisocを用いて構築する。

### 1.2 MAS

MASとは、複数のエージェントに対して同時進行的に各々のルールのもと相互作用を受けながら実行させるシミュレーション手法である。[1]

## 2 避難時における渋滞による影響の検証

### 2.1 空間設定

本研究では、東京など震源地から離れた場所での、帰宅困難者の避難に着目して研究を行う。地震により一時的にインフラが停止し、帰宅困難となった人が多数発生した時を考える。

今回は東京など震源地から離れた場所での帰宅困難者の避難に着目して研究を行うため、実際に災害が起きた際に帰宅困難者が多数発生しそうなオフィスビル等が多い地域を参考にする。図1が実際の港区の一部で広さ、約2km×2kmである。図2それを簡単にモデルにしたものである。白い部分は避難者エージェントが歩行可能な場所であり、黒い部分は歩行不可能な場所である。また、仮想モデルの空間は、縦100マス×横120マスと設定するため1マスあたり約20mである。



図1: 仮装モデルの参考元の地図



図2: 簡易的に再現した仮装モデル

### 2.2 避難者エージェント

避難者エージェントは、ランダムに歩行可能なマス上に発生させる。今回は全員が通常歩行が可能であると仮定する。避難者エージェントは1エージェント1人とし、1,000個のエージェントを発生させる。歩行速度は1stepごとに1.2~1.4マス、つまり24~28m進み、収容可能な避難所に到達した時点でシミュレーション上から自身は消えるように設定する。また人の平均的な歩行速度が約時速3kmであるため、1stepに20m進むことから1stepは30秒とする。

### 2.3 避難所エージェント

避難所は図1に実際に記載されてある避難所をモデル上でも使用する。それぞれ6から11番(各避難所の番号は図2を参照)までの番号で区別する。各避難所にはそれぞれ収容可能人数が決まっており、その人数を満たした場合は避難者の受け入れを終了する。本研究では人の流れが収容可能人数により偏ることを防ぐため、収容可能人数に大差を付けず150人または200人の2つの値を設定する。各避難所の収容可能人数は表1にまとめる。避難者エージェントは避難所の入り口に到達した時点で避難完了とする。

表1: 各避難所の収容可能人数

避難所番号	収容可能人数(人)
6	150
7	200
8	200
9	150
10	150
11	150
12	150(200)
13	150(200)

### 2.4 避難者エージェントの行動ルール

避難者エージェントは発生した地点から最短距離の避難所に避難を開始する。避難している途中の避難所が満員になった場合、その地点から次に最短距離でまだ満員になってない避難所を新たな目的地として避難する。これを避難完了するまで繰り返す。

#### 2.4.1 最寄りの避難所に一目散に避難する

発生した地点から最短距離の避難所に一目散に避難を開始する。

#### 2.4.2 避難所の収容可能人数を先読みして避難する

最寄りの避難所に一目散に避難する場合、たらい回しにあい無駄な移動を強いられた避難者が多くいた。これを回避する避難方法として、避難所の収容人数を先読みして避難経路を決める。発生した地点から最短距離の避難所に避難しようとしている避難者の数が、

すでに収容可能人数に達している場合は次に距離の近い避難所を目的地とする。収容可能人数に余裕がある避難所が見つかるまでこれを繰り返す。

### 2.4.3 渋滞を考慮して避難する

上記2つの避難に加え渋滞を考慮して避難する場合を考える。渋滞が起きている場所を回避して避難した場合の方がより早く目的地に到達できる場合はそちらの経路を優先して避難する。

## 2.5 結果

シミュレーションをそれぞれ10回行いその平均を結果とする。結果は、1000人全員の避難者エージェントが避難完了するまでにかかった時間(総step数)と、各避難者エージェントが避難完了するまでに移動した距離の総和(総移動距離)、一番移動した避難者エージェントの移動距離(最大移動距離)の3つの値で考察する。



図 3: 総step数の比較グラフ

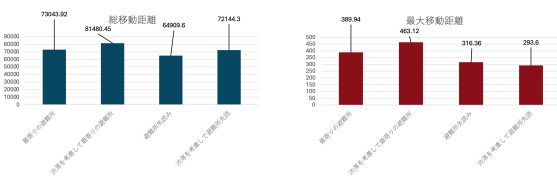


図 4: 総移動距離の比較グラフ

図3,4,5はそれぞれ4つのシミュレーションの総step数、総移動距離、最大移動距離の平均を表す。最寄りの避難所に一目散に避難する場合は渋滞を考慮した方が総step数は大きく、渋滞を避けて避難することで、たらい回しにされた際により長い距離を移動せざるを得ないことが原因と考える。

総移動距離はどちらのパターンも渋滞を考慮した時の方が大きい。また、避難所の収容可能人数を先読みした避難の方が総移動距離が小さく、無駄な移動が減ったと考えられる。渋滞を回避することは必ず良いとは限らない。反対に避難所を先読みして避難を開始することは効率の良い避難に有効であることが分かった。

## 3 最適な避難場所

避難場所の位置による避難の効率化について検証する。一般に、避難所の開設は小学校や中学校、福祉施設などが対象である。

### 3.1 避難者エージェント

避難者エージェントは渋滞を考慮せず、最寄りの避難所に一目散に避難する場合と避難所の収容人数を先読みして避難する場合の2つの方法でシミュレーシ

ョンを行う。詳細設定は2章と同様である。

### 3.2 避難所エージェント

前章で指定した避難場所は既存の避難場所に加え、実際の参考元の地図1上で避難場所になり得る公共施設を2つ追加し合計8個の避難所を設定する。既存の施設数と同様に合計の施設数を6箇所とし、全ての組み合わせのシミュレーション結果から最適な避難所を提案する。詳細設定は2章と同様である。

### 3.3 結果

結果はシミュレーションを10回行った平均とする。また総step数を評価指標とする。8箇所の避難場所から6箇所を選ぶため合計で28通りの場合でシミュレーションを行った。

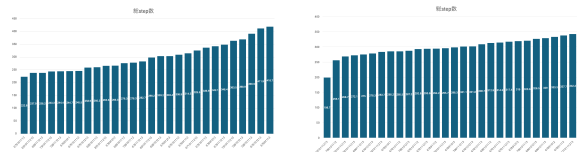


図 6: 最寄りの避難所に一目散に避難する時の総step数の比較結果  
図 7: 避難所の収容可能人数を先読みして避難した時の総step数の比較結果

最寄りの避難所に避難する場合の最小総step数7回分のシミュレーションで、選択されなかった避難所のペアは避難場所7と10、8と6、13と8のように、遠い場所同士が選ばれる傾向があり、一部の区間に避難所がなくなるとその付近の避難者が遠くの避難所に避難を強いられる事に加え、たらい回しの際に新たな目的地が他の多くの避難者と被ってしまい、避難所のたらい回しが何度も繰り返されてしまうためだと考える。

避難所の収容可能人数を先読みして避難する場合の結果は、図7より避難所6,9,10,11,12,13が選択された時に全員が避難完了するまでにかかった総step数が最小である。最小総step数7回分のシミュレーションで1番多く選ばれた避難場所は12番である。避難所12は太い道に面しているため比較的渋滞が発生しない位置に配置されている。渋滞を発生させない避難場所の配置は有効である。

## 4 今後の展望

今回の研究では避難所や避難経路の混雑状況が取得できるものと仮定しシミュレーションを行った。これを実現させるためにその場にいる人の口コミなどからリアルタイムで混雑状況がわかるシステムの開発を目指す。

### 参考文献

[1] MASCommunity, : "multi agent simulation とは?": <https://mas.kke.co.jp/about/>.