第36回日本情報地球学会講演会 講演要旨集 069-070頁 2025年

ハイキング関数を用いたマルチエージェントシステムによる避難シミュレーション

平田 萌瑛*・根本 達也*・ベンカテッシュ ラガワン*

Evacuation simulation using a multi-agent system with hiking functions

Moe HIRATA*, Tatsuya NEMOTO* and Venkatesh RAGHAVAN*

＊ 大阪公立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University, 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-Ku, Osaka 558-5858, Japan. E-mail: sq25298r@st.omu.ac.jp

キーワード： ハイキング関数，マルチエージェントシステム，避難シミュレーション
Key words：Hiking function, Multi-agent system, Evacuation simulation

１．はじめに

日本は地震大国であり，繰り返し大規模な地震に見舞われてきた．今後も南海トラフ巨大地震などによる津波被害が懸念されており，その被害軽減に向けた対策は急務である．津波襲来時に迅速に安全な場所へ避難できるように，地域の特性に応じた避難対策を講じる必要がある．

本研究では，石川県輪島市臨港区（東西 4 km×南北 4 km）を対象にマルチエージェントシステム（Multi-Agent Simulation; MAS）による津波災害時の避難シミュレーションを行った．対象領域内に人に見立てたエージェントを配置し，各エージェントはダイクストラ法を用いた最短経路検索により，避難場所へ移動する避難者の行動をシミュレートした．避難者となるエージェントの移動はハイキング関数を用いて傾斜による歩行速度補正を行った．また，指定緊急避難場所の収容人数と避難者数を算出し，傾斜による歩行速度補正の有無における結果の比較も行った．

２．マルチエージェント・シミュレーション

マルチエージェントシステム（Multi-Agent System）とは，自ら周囲の状況を認識し，それに基づいて判断・行動する主体が，複数存在するシステムであり，それを用いたシミュレーションをマルチエージェント・シミュレーション（Multi-Agent Simulation；MAS）という．

３．ハイキング関数

本モデルでは，トブラーのハイキング関数（Tobler, 1993）を用いて歩行速度の補正を行う．ハイキング関数を式（1）に示す．ここで d は傾斜角が計算される角度であり，e は自然対数の底である．基本の歩行速度を傾斜の緩い下り坂（約 -3 度）を移動する際の速度である 6 km/h としている．

$$W(d) = \frac{6}{e^{3.5|\tan(d)+0.05|}} \left[\frac{km}{h}\right] \qquad （式１）$$

４．シミュレーションモデルの作成

4.1 使用データ

本研究には，道路情報，標高情報，浸水情報のデータを用いた．

道路情報データとしてオープンデータの OpenStreetMap から取得した中心線の情報を使用した．道路データの交差点の座標は，緯度経度座標系から直角座標系へ変換した．

標高データは，国土地理院の基盤地図情報データを利用し，GRASS GIS を用いて変換を行い，取得した．

浸水情報データには，平成 23 年度石川県津波浸水想定調査（石川県，2011）を用いた．津波到達時間には最大津波高となる日本海東縁部の数値を用い，津波想定到達時間は 50 分とした．

4.2 開発環境

本研究では，（株）構造計画研究所の artisoc4.0 を用いて MAS を行った．このソフトウェアは MAS に特化したシミュレーションプラットフォームであり，Visual Basic ライクなコンピュータ言語による行動ルールの作成が可能である．artisoc では，道路ネットワークである道路と交差点はそれぞれリンクとノードで表され，エージェントはこのノードとリンクの上を移動する．

4.3 エージェントの設定

エージェントは，ダイクストラ法によって算出されたコストのなかで，最小となるコストのルートを選択する．佐藤（2022）に基づいて，エージェントの属性は男性，女性，観光客の 3 種類とし，それぞれの避難速度を，1.30 m/s，1.25 m/s，1.14 m/s と設定した．また，平日の昼間の避難を想定して，エージェントの総数を平成 24 年の輪島市の人口と観光客数から 12,456 人とした．

4.4 ハイキング関数による歩行速度の補正

本研究では，歩行速度への高低差の影響を考慮した．各ステップにおいて，現ノードからすすむ対象である目的ノードへの距離と標高の差を用いて求める．標高データは各 ID と紐付いている．それぞれの点の標高差を求め，ふたつの点の X,Y 座標を用いて 2 点間の距離を求める．ふたつの値から $\tan(d)$ が求まる．その値をハイキング関数へ代入し，補正値を求める．傾斜による補正値に，基本の歩行速度を掛け合わせ，最終的な歩行速度を計算する．

５．結果

シミュレーションの結果，2028 秒後に全エージェントの



第 1 図　歩行速度補正を行った場合のシミュレーション結果

避難が完了した．300 秒ごとのシミュレーションの結果，300 秒後に避難を完了した人数は 6,705 人，600 秒後に避難を完了した人数は 11,075 人，900 秒後に避難を完了した人数は 11,711 人であった．9 割の避難者が約 600 秒後には避難を完了できていない．しかし，全エージェントの避難が完了する手前の結果をみると，避難者数 12,250 人に達するのにかかる時間は，1362.0 秒，12,444 人に達するのにかかる時間は，1995.0 秒であった．

標高データを用いて歩行速度の補正を行った場合と標高データを用いず歩行速度の補正を行わなかった場合の結果を比べると，避難場所の収容人数を考えない場合，どちらもすべてのエージェントの避難が完了した．どちらも，全エージェントの避難完了にかかった時間が 2028 秒であり，地形に関しては，対象領域の標高差が少ない地域であったことから，避難時間にあまり変化が見られなかった．

各避難所の収容人数と比較すると，避難人数の偏りから，収容人数を大幅に超えてしまうところが見られた．

６．おわりに

本研究では，ハイキング関数を用いて歩行速度を補正し，マルチエージェントシステムによる避難シミュレーションを行った．

今後の課題として，より傾斜による影響が大きい地域でのシミュレーションが必要である．また，歩行速度の区分に関しても，より細分化したシミュレーションが必要である．本研究では道幅を考慮しなかったため，混雑による渋滞や倒木などによって塞がってしまう道路などの検討を行うことができていない．実際の避難状況を考えるためには，これらについても検討する必要がある．

文　献

石川県 (2011) 平成 23 年度石川県津波浸水想定調査. pp.13-24.

川村日成（2018）最適行動に基づく津波避難行動解析を用いた避難経路に係る諸要因の分析．高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻修士論文.

佐藤葵（2022）マルチエージェントシステムによる避難シミュレーションと避難所の妥当性に関する検討．大阪市立大学理学部学士論文.

Tobler, W.（1993）Three presentations on geographical analysis and modeling: non-isotropic geographic modeling; speculations on the geometry of geography; and global spatial analysis (93-1). Technical report, UC Santa Barbara.