

重回帰分析によって示される 追従促進行動の効果と人口密度の関係性

堀越 勇汰[†]李 嘉誠[‡]能登 正人[‡]神奈川大学大学院工学研究科工学専攻電気電子情報工学領域[†]
神奈川大学情報学部システム数理学科[‡]

1 はじめに

日本は世界でも有数の地震多発地帯であり、災害対策の重要性が常に叫ばれているが、大規模な避難訓練は実施困難であることが多い。このような状況で注目されているのが Multi-Agent Simulation (以下「MAS」と称する)であり、避難経路や被害規模を推定し、その対策を事前に立てられることが評価されている [1].

避難行動には避難者の心理要因が大きく影響することが指摘されているため [2], 信頼性が高いシミュレーションを行うためには、エージェントモデルに心理要因を導入する必要がある。大西らの研究では、周囲が逃げる方向へ自分自身も逃げようとする性質である追従性が指摘され、誤った方向への避難を誘発するリスクを孕んでいると報告されている [3].

このリスクの軽減を目的とした手法の1つに、追従促進行動がある。追従促進行動とは、避難場所を知っている避難者が、自分自身への追従を促すため周囲に働きかける行動である。玉井らの研究によってその効果は実証されており、避難者全体の5%以上が追従促進行動をとることで避難完了者数は大幅に増加すると報告されている [4]. しかし、追従促進行動は周囲への働きかけと追従性を利用した手法であるため、その効果は避難者数、ひいては人口密度によって変化すると考えるのが当然だが、玉井らの研究では避難者数や人口密度は固定されており、その実態は未解明である。

本研究では、追従促進行動をとる避難者の割合に加えて人口密度という観点から追従促進行動の効果を検証するため、追従性や追従促進行動などを導入したエージェントモデルを用いて MAS を行い、その結果を重回帰分析によって求まる偏回帰係数から考察する。

Relationship Between Population Density and the Effectiveness of Follow-up Promotion Behavior Indicated by Multiple Regression Analysis

[†]Yuta Horikoshi, [‡]Jiacheng Li and [‡]Masato Noto

[†]Field of Electrical, Electronics and Information Engineering, Course of Engineering, Graduate School of Engineering, Kanagawa University

[‡]Department of Applied Systems and Mathematics, Faculty of Informatics, Kanagawa University

2 エージェントモデル

2.1 基本的なモデル

エージェント全体を、避難場所を知っている群と知らない群に二分する。前者は追従促進行動をとりながら最短経路で避難場所に向かうが、後者は交差点ごとに追従性と経路記憶による進路選択を行う。

エージェントの歩行速度は、国土交通省による災害対策ガイドラインを参考に、個人差を考慮して平均 1.0m/s, 標準偏差 0.1m/s の正規分布に従うものとする。

2.2 追従性

追従性とは、周囲が向かう方向へ自分自身も向かうとする性質である。これを交差点における進路選択に適用すると、自分自身から離れるように移動する周囲のエージェントを確認し、その人数が最も多い進路の選択確率を高めるという形で再現できる。

2.3 追従促進行動

追従促進行動とは、避難場所を知っている避難者が、自分自身に追従するように声掛けなどによって明示的に周囲に働きかける行動である [4]. 本研究では、追従促進行動は避難場所の情報を含む声掛けによって行われるものと想定している。

西出による対人距離の分類における相互認識域 [5] を参考に、追従促進行動の音声伝達距離および追従性導入のためエージェントに設定する視界はともに 20m とする。つまり、追従性による進路選択において、周囲 20m 以内に追従促進行動をとるエージェントが存在する場合、即座にそのエージェントへの追従を開始する。

2.4 経路記憶

人間は、土地鑑がない場所で目的地を探索する際の進路選択において、なるべく既通過経路を通らないという性質を持っている。既に通ってきたにもかかわらず、目的地に辿り着けなかった経路を避けるのは自然な思考であり、本研究ではこのような経路の選択確率は低く設定し、経路記憶として再現している。

3 結果および考察

3.1 MAS

表1に示す条件で行ったMASの結果を図1に示す。結果のばらつきを考慮して、グラフには同条件のMASを複数回行って得られた平均値を示している。

人口密度とともに避難完了割合も上昇しているが、追従促進割合が0%の場合、その度合いは非常に小さい。追従促進割合が高くなるにつれて、低い人口密度でも避難完了割合が100%に近い値を示し、一次関数的な上昇から対数関数的な上昇に変化している。

3.2 重回帰分析

MASの結果を考慮して回帰式の仮説を対数関数とし、各種データに正規化処理を施したうえで重回帰分析を行った結果を式(1)に示す。

$$y = 0.260 \ln(x_1 + 0.0508) + 0.227 \ln(x_2 + 0.0508) + 1.03 \quad (1)$$

x_1 : 追従促進割合 x_2 : 人口密度 y : 避難完了割合

式(1)の決定係数は0.944であり、2つの説明変数が目的変数を十分に説明できていることが分かる。

追従促進割合の偏回帰係数は0.260、人口密度の偏回帰係数は0.227なので、避難完了割合により大きく影響しているのは追従促進割合であることが分かる。確かに図1を見ると、人口密度が低い場合より、追従促進割合が低い場合の方がより低い避難完了割合を示している。しかし、避難完了割合が高くなっているのは追従促進割合と人口密度がともに高い場合であり、どちらかだけを重視すべきとは言い難い。人口密度が高い地域では追従促進行動の効果が見込めるため、その重要性を訴える防災教育を行い、人口密度が低い地域では追従促進行動の効果は最大化されないため、住民間で事前に避難経路の確認を徹底する必要があるだろう。

4 おわりに

日本は世界でも有数の地震多発地帯であり、災害対策にMASが目目されている。避難行動には追従性と呼ばれる心理が顕著に働くことが知られており、誤った方向への避難を誘発するリスクが指摘されている。本研究では、このリスクを軽減する手法である追従促進行動に焦点を当て、その効果と人口密度の関係性をMASと重回帰分析によって検証した。その結果、上記の関係性は対数関数で表され、避難完了割合に大きな影響を与えるのは追従促進行動をとる避難者の割合であることが分かった。しかし、追従促進行動の効果が見込めるのは人口密度が高い地域に限定され、そうでない地域では住民間で避難経路の事前確認が避難完了割合を上げるための最善策となるだろう。

表 1: MAS 諸元

パラメータ	値
エリア	1km × 1km (格子状道路)
避難場所	エリア中央に1つ
エージェント数	100~2000人
追従促進割合*	0~15%
歩行速度	$N(\mu = 1.0, \sigma = 0.1)$ [m/s]
視界, 音声伝達距離	20m
実行時間	1500秒

* 追従促進行動をとるエージェントの割合

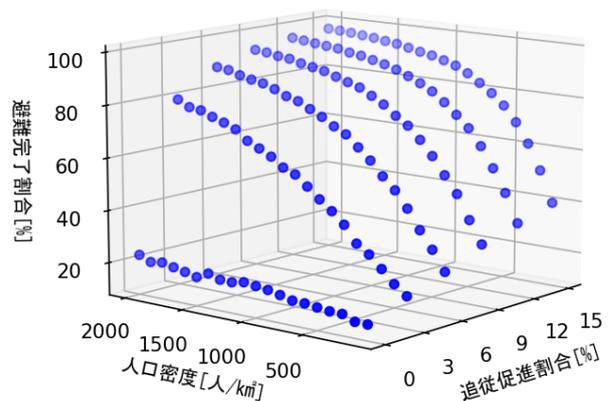


図 1: MAS の結果

参考文献

- [1] 森 俊勝: 日本におけるマルチエージェントシミュレーション活用の動向, 情報処理, Vol. 55, No. 6, pp. 585-590 (2014).
- [2] 広瀬弘忠: 人はなぜ逃げ遅れるのか, 集英社 (2004).
- [3] 大西正輝, 山下倫央, 星川哲也, 佐藤和人: 人の流れの計測とシミュレーションによる避難誘導方法の伝承—新国立劇場における避難体験オペラコンサートを例に一, 知識・技術・技能の伝承支援研究会, Vol. 2015, No. KST-26, pp. 06- (2015).
- [4] 玉井拓之, 山崎達也, 大和田泰伯, 佐藤剛至, 柄沢直之: 避難シミュレーションにおける追従性心理の導入と遅滞リスク軽減モデル提案, 日本シミュレーション学会論文誌, Vol. 10, No. 1, pp. 17-24 (2018).
- [5] 西出和彦: 人と人との間の距離 (人間の心理・生態からの建築計画 (1)), 建築士と実務, Vol. 8, No. 11, pp. 95-99 (1985).