

追従促進行動の効果と避難者集団規模の関係性

The Relationship Between the Effectiveness of Follow-up Promotion Behavior and Size of Evacuee Population

堀越 勇汰[†]
Yuta Horikoshi

李 嘉誠[†]
Jiacheng Li

能登 正人[†]
Masato Noto

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、都市部での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マルチエージェントシミュレーションであり、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一つに、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いるが、避難者集団規模については 4000 人で固定されていた [4]。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、その効果は避難者集団規模、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、その実態は未解明である。

本研究では、追従促進行動の効果と人口密度の関係性を明らかにするため、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マルチエージェントシミュレーションを行い、その結果を考察する。

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避難場所を知らない群に二分する。前者は追従促進行動を行い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従って進路選択を行う。

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。また、自分自身に近づくように移動するエージェントが多い進路を選択すると、そのエージェントと真逆の行動をとることになる。追従性は、「周囲と同じ行動をとりたい」という同調心理のもとに顕現する性質であるため、このような進路の選択確率は低く設定する。

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、追従性に従った進路選択において、周囲 20m 以内に追従促進行動を行う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。

2.5 進路選択における優先度

エージェントの進路選択に関わる三つの性質を説明したが、これらの優先度は、追従促進行動、経路記憶、追従性の順に高く設定している。本研究における追従促進行動は、避難場所の情報を伴った誘導として想定しているため、その情報が得られない経路記憶、追従性より優先度が高い。経路記憶の優先度が追従性より高い理由は、周囲の多くが向かっているとしても、その進路を選んで目的地に辿り着けなかった記憶があれば、別の進路を選ぶのが自然な思考だからである。

[†] 神奈川大学, Kanagawa University

表 1: シミュレーション諸元

パラメータ	値
エリア	1km × 1km
エージェント数	100~1000 人
歩行速度	$N(\mu = 1.0, \sigma = 0.1)[\text{m/s}]$
視界, 音声伝達距離	20m
実行時間	1500 秒

3. シミュレーションの実施

3.1 概要

表 1 は、本研究で行うシミュレーションの諸元表である。

日本の可住地面積は約 125000km²、指定緊急避難場所は 117013 箇所であるため、約 1.07km² に一つ避難場所が存在している計算になる。したがって、シミュレーションエリアは 1km 四方とし、その中央に避難場所を一つ設置する。また、単純化のため、シミュレーションエリアは格子状の道路網で構成している。

日本の可住地面積の人口密度は 1020.7 人/km² であり、玉井らの研究 [4] によって人口密度が高い地域での追従促進行動の効果は既に検証されているため、本研究でのエージェント数は 100~1000 人とする。

歩行速度として設定した正規分布の実質的な下限値は 0.7m/s であるため、避難開始場所によっては最短経路での避難でも約 1430 秒かかる。本研究では、追従促進行動の効果を検証するため、最短経路を通れば必ず避難完了できる 1500 秒をシミュレーションの実行時間とする。

3.2 結果および考察

本研究で行ったシミュレーションの結果を図 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シミュレーションを複数回行って得られた平均値を示している。

いずれのグラフにおいても、人口密度とともに避難完了割合も上昇しているが、追従促進行動を行うエージェントの割合が 0% の場合、その割合は非常に小さい。0% 以外のグラフに注目すると、5% では一次関数的な上昇が確認できるが、次第に対数関数的な上昇に変化し、グラフが横ばいになり始める人口密度が小さくなっている。

人口密度が大きいほど追従促進行動の声掛けが聞こえる人数が増え、追従促進行動の誘導効果が向上したため、避難完了割合の上昇傾向が確認できたと考えられる。しかし、追従促進行動を行うエージェントの割合と人口密度がともに大きくなると、追従促進行動の声掛け、もしくはそれによって正しく避難するエージェントへの追従によって進路選択を行うエージェントが大部分を占め、誘導効果が向上する余地がなくなったのだと考えられる。

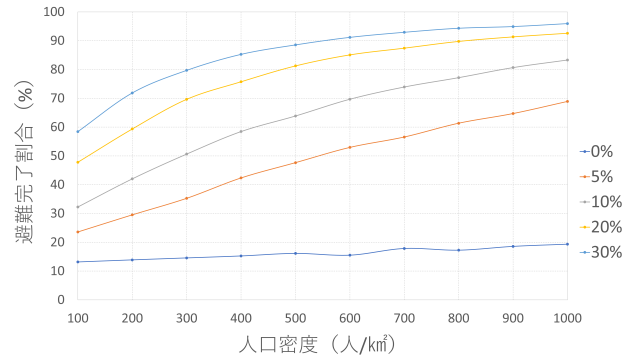


図 1: 人口密度の変化による避難完了割合の推移 (追従促進行動を行うエージェントの割合別)

4. おわりに

日本は世界でも有数の地震多発地帯であり、災害対策にマルチエージェントシミュレーションが注目されている。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マルチエージェントシミュレーションによって検証した。その結果、人口密度が上昇すると追従促進行動の効果は向上するが、追従促進行動を行うエージェントの割合が大きくなるにつれて、一次関数的な向上から対数関数的な向上に変化するという関係性が明らかになった。これは、全国の自治体が行う防災教育における指標として活用できるだろう。

参考文献

- [1] 山下倫央, 野田五十樹: 避難シミュレーションの実社会への応用, 情報処理, Vol. 55, No. 6, pp. 572-578 (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—, 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).