

MAS による人の属性を考慮した避難行動分析

中央大学 学生会員 ○福島 尚志 中央大学 正会員 佐藤 尚次
東京大学 正会員 目黒 公郎

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震や 2016 年 4 月 14 日に発生した熊本地震など、近年、大規模な地震が頻発している。また、これから 30 年以内に 70%の確率で南海トラフ地震や首都直下地震などが発生すると予測されている。

大規模地震は二次的な災害も引き起こす。1923 年 9 月 1 日に発生した関東地震では火災、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震では津波により多くの人々が犠牲となった。

二次災害によって、避難すべき人々の数が増える。特に、首都圏など人口密集地域では、収容人数を超過して避難ができない人が多く発生し、事前の指定避難所以外の場所に避難せざるを得ない状況が発生する。また、避難者の中には、すぐに自力で避難できない高齢者やコミュニケーションが上手くとれない外国人などもいるために、実際に大規模地震が発生した際には、避難に多大な時間がかかる。このように、避難者の属性は、避難時間や行動に大きな影響を与える。

2. 避難行動分析

まず先行研究について整理をする。ポテンシャルモデルを用いて避難行動シミュレーションを行った岡本ら¹⁾は、個人の特性や災害要因をポテンシャルの高低により表現し、低い方に人が移動するモデルを構築しているが、日常時の行動を前提としているため、大規模災害のような非常時の行動の再現性に課題が残る。

都市内滞留者・移動者の避難行動を行動開始時期、経路探索、避難方法、歩行速度、待機行動などからモデル化した大佛ら²⁾は、Multi-Agent-Simulation (以下、MAS) を用いて避難者の行動を緻密に表現しているが、避難者の詳細な属性データの検討まで至っていない。

地震の建物被害を考慮したシミュレーションを行った藤田ら³⁾は地震による建物の倒壊・道路閉塞を表現し、各エージェントが受ける影響を検討している。しかし、歩行速度等の属性の影響については簡易的なモデルで定められており、詳細な検討には至っていない。



図-1 対象地域

3. 研究の目的

避難計画の立案時には、多様な人々の避難を検討する必要があるが、そのツールとして避難行動シミュレーションが挙げられる。その中でも MAS は、エージェントそれぞれに条件を与えることができるため、多様な人を表現し、各々の行動を分析しやすい。しかし、過去の研究では、年齢、性別等の多様な特性を同時に考慮したシミュレーションは少ない。

そこで本研究では、多様な人の属性を考慮したシミュレーションを構築し、後述する対象地域における各避難者の行動分析、避難所の配置や規模を含めた避難計画について検討することを目的とする。

4. 研究手法

NetLogo は MAS であるため、エージェントごとに独自の特性を与え、行動ルールを与えることができ、より現実により近い避難行動の表現が可能である。また、単純なコーディングで、エージェントの行動を定義できる。本研究では、性別、年齢など人の属性、周囲の状況の変化への対応などの各人の行動をなるべく忠実に表現することを試みる。このため、本研究では、NetLogo を用いて検討する。

本研究では、災害直後から一時避難までを想定するため、一時避難場所、指定避難場所、避難所の区別は考慮しないものとする。一時避難で駐車場・空地などの利用による避難不足対策を検討する。

また、地震による二次災害の中でも火災を考える。具体的には、中央防災会議が首都直下地震の際に想

キーワード MAS, 避難行動, 群衆歩行速度, NetLogo, 世田谷区

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 TEL : 03-3817-1816

定する最大40万棟の全焼を対象とした避難シミュレーションを行い、避難所の配置、空地の利用の有用性を検討する。

5. 対象地域

本研究では世田谷区を対象地域とするが主な理由は以下の通りである。世田谷区の特徴は、建物の隣棟間隔が狭く建物の火災で被害が大きくなる地区である。また、平成27年国勢調査⁴⁾によると世田谷区の人口は、昼間人口が約81万人、夜間人口が約87万人と、昼夜ともに多い地域であり、避難所の不足が予測される。

6. 環境の設定

実際の地形から NetLogo 上に環境の設定をする。ここでは簡易的に出火点は建物からランダムに発生し、出火点の周囲が建物ならば延焼、道路ならば道路閉塞（火事で道路が利用不能になるという意味）、空地・駐車場ならば延焼しないと仮定する。さらに、延焼は出火点に出火エネルギーを与え、時刻とともにそれを周囲に伝達し、出火エネルギーが一定値を超えると出火し、延焼するものとする。本研究では、事前の検討を主とするので、不確定性の高い風等の影響は考慮しない。また、避難所は収容制限を設け、それを超えると受入れ不可とする。

7. エージェントの設定

スペースの関係からシミュレーション画像は割愛するが、発表会当日はこれを提示する予定なので、その概要を以下で説明する。

(1) 総数

世田谷区の全人口を表現することは現在利用可能なコンピュータ環境では困難なため、本研究のエージェントの総数は、世田谷区の年齢別人口割合を算出し、その割合に基づいて設定する。

(2) 人の属性

各エージェントは固定条件として年齢、性別を設定する。年齢を色、性別を形で表現する。色が濃いほど年齢が高く、矢印を男性、人の形を女性とする。

(3) 歩行速度

歩行速度は性別、年齢に大きく影響を受ける。さらに、災害時には、多くの避難者が出ることによって群集密度が高くなり、平常時の歩行速度で歩くことができなくなる。そこで本研究では、Fruin⁵⁾による経験式⁵⁾を基に性別、年齢、人口密度を考慮した歩行速度をエージェントに与える。Fruin⁵⁾によると、通常の状態での歩行者の平均速度は男性で1.35[m/s]、女性で1.27[m/s]、全体で1.325[m/s]と報告されており、群集密度と歩行速度の関係は以下の式で表される。

$$V = 1.45 - 0.41 \times d$$

Vは歩行速度[m/s]、dは群集密度[人/m²]である。さらに、文献⁵⁾を参考に、これを性別、年齢別に対応する形に正規化した以下の式をシミュレーションに導入する。

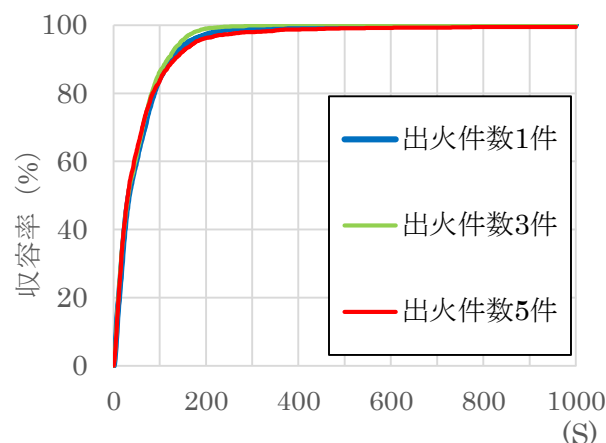


図-2 避難所の収容率（現状）

$$V = 1.45 - 0.41 \times d \times V_{max}/1.325$$

ここで、 V_{max} は性別・年齢別の最大歩行速度[m/s]である。

8. 結果・考察

シミュレーションを行った結果の一例を図-2に示す。ここでは、現状の避難所の収容率を示す。

出火件数に応じて収容率が変化している。1件よりも3件の収容率が高い。これは出火点から逃げる内に避難所に到達したためと考えられる。また、5件の収容率が低い。これは、火災点に挟まれる等で逃げる人ができない人が多いためと考えられる。

さらに、現状の避難所の場合、収容率は100%を超えることがほとんどであるが、駐車場等を利用することで収容率が100%を下回ることが多くなる。

9. おわりに

現状の課題と今後の展望を以下にまとめる。

実際の避難では、住民のすべてが避難行動を行うとは限らない。そのため、火災認知後の避難などの時間差避難を導入することでより忠実に人の行動を表現できる。

また、現状考慮できていない季節、風向き、建物の属性などの延焼に影響を及ぼす条件を考慮し、延焼被害予測を詳細に検討する必要がある。

参考文献・出典

- 1) 岡本陸：避難行動シミュレーションに基づく避難困難度マッピングシステムの構築，中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻修士論文，2007年3月
- 2) 大佛俊泰，守澤ら：都市内滞留者・移動者の多様な状態と属性を考慮した大地震時における広域避難行動シミュレーションモデル，日本建築学会計画系論文集第76巻第660号 pp. 289-396，2011年2月
- 3) 藤田零，吉田秀典ら：地震による建物被害を考慮した避難行動シミュレーション，土木学会論文集 A2 (応用力学)，Vol. 72，No. 2 (応用力学論文集 Vol. 18)，1_643-1_654，2015年
- 4) 平成27年国勢調査結果（人口等基本集計）
- 5) Fruin. J：歩行者の空間，鹿島出版会，1974年