

DIG への適応を目的とした マルチエージェント避難行動シミュレータの試験的開発

Experimental Development of Multi-Agent System Based Evacuation Simulation for use in Disaster Imagination Games

大貝彰都市計画研究室 083635 前地一輝

1. 背景と目的

防災まちづくり推進のためには、地域住民が行政と協働で地域の災害危険性を十分に理解し、共通認識を持ち、主体的かつ継続的に取り組んでいくことが重要である。このための一手法として近年「防災まちづくりワークショップ (WS)」が現在全国各地で取り組まれている。

この WS に参加する住民は専門的知識を持たない場合が多いため、誰でも企画・運営できる簡単な手法として近年災害図上訓練 (DIG) が WS に用いられる。DIG とは、Disaster Imagination Game の略であり、自衛隊の指揮所演習をアレンジしたもので地域での災害発生を想定し、グループ単位で地図上に災害の状況、対応策等を書きこみながらイメージトレーニングを行う図上訓練で、地域防災力の向上に向けた取り組みとして広がりつつある。

地図上で行う DIG は、時間の経過と共に状況が変化する延焼やその規模を左右する風向・風速といった自然条件、あるいは建物倒壊とそれに伴う道路閉塞等を任意に設定して、様々な被害状況を想定した訓練は、労力や時間の制約から一般に困難さを伴う¹⁾。

刻々と状況が変わる被災地を想定しながら、“どこが” “どのように” 危険かといったことを視覚的にわかりやすく住民に情報提供可能なシミュレーションモデルがあれば、有用なツールとなり得ると考えられる。加えて、実際に災害が起こった場合の避難行動の想定や、ハード・ソフト整備等の課題整理、意識啓発といった面において通常の DIG よりも積極的な議論が期待される。

このような背景と問題意識から、本研究はシミュレーションモデルを活用した新たな DIG 手法の提案を目指し、住民が避難時の行動をシミュレートできるようなわかりやすいモデルの開発を試みることを目的とする。

2. モデル開発にあたって

2-1. マルチエージェントシミュレータ

より効果的な意識啓発や有効な情報提供を目指すのであれば、現実をより忠実に、そしてビジュアルでダイナミックに再現可能なモデルを開発することが望ましい。このようなモデル開発にマルチエージェントシミュレータ (MAS) の活用が考えられる。

MAS とは「エージェント」と「環境」から構成されており、エージェントは自律主体の行動モデルで、環境はエージェントに影響を及ぼす対象である。避難者をエージェント、周辺の空間を環境としてモデル化することで、環境が避難行動に及ぼす影響を把握することができると考えられる。そこで本研究では、本研究室で開発した、MAS を用いた「消火活動モデル」²⁾ をベースに「風向・風速を考慮した延焼」と「建物倒壊による道路閉塞」を想定した「避難行動モデル」を開発する。

2-2. シナリオ想定

『地震発生直後、倒壊した建物の瓦礫が一部の道路を塞ぎ、複数地点から出火した火災が風向・風速に影響を受け延焼を広げる。そんな中、住民は避難活動を行う。途中、火災を発見した住民は消火に向かうか、避難を続行するか個人の判断で行動し、塞がれている道や危険な場所は避け、被害の少ない道を通りながら最終的には避難所まで向かう。』というシナリオを想定し開発に取り組んだ。

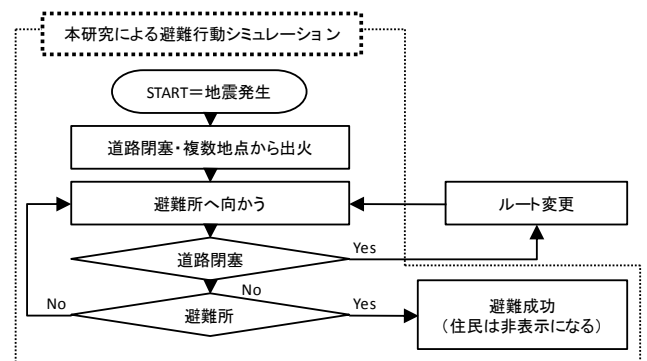


図1 シナリオフロー

3. モデル開発

本研究では、歩行速度、消火器具保持、目的地を属性として持つ「住民」と、着火・燃焼の延焼状態を属性として持つ「火」のエージェント、そして①市街地、②消火器、③瓦礫、④一次避難地から構成される市街地空間を環境としてモデル化した。

空間をモデル化するにあたり、2次元格子モデルを採用した。このグリッド構造の1つをセルと呼び、本研究では1セル 3[m]×3[m]にした。

3-1. 建物倒壊による道路閉塞モデル

道路閉塞モデルは「地方都市市街地の防災アクティビティ評価手法の検討」³⁾を参考にした。

倒壊した建物の瓦礫が道路側に流出するかどうかは式(1)で判定が行われ、流出と判定されると式(2)より瓦礫流出長： α [m]が求められる

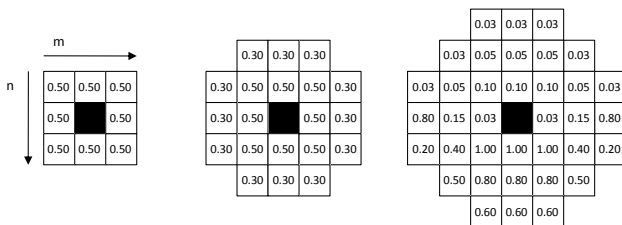
$$Pf = (1.1753 \times Bc - 0.0541) \quad (1)$$

$$\alpha = 2.58 \times Pr^{0.379} \times \left(\frac{Br}{Bc}\right)^{2.23} + 4.9 \times (Bc)^{12} \quad (2)$$

ここで、Pf は瓦礫流出確率、Bc は建蔽率、Pr は全壊率、Br は容積率を表す。歩行者通行可能幅を 0.6[m]と設定した時、1セル 3[m]であることから、瓦礫流出長： α [m]が 2.4[m]以上になった場合、道路閉塞と判定し通行不可となる。

3-2. 風向・風速を考慮した延焼モデル

延焼モデルは既往研究⁴⁾の「延焼モデル」を用いてモデル化した。モデルの近傍型を図2に示す。風速 0[m/s]の時は左側の近傍で延焼判定を行い、風速が速くなるにつれて近傍も大きくなる(右側の近傍に移っていく)。また、近傍中の値は WDIR: 風向・風速で決まるパラメータで、延焼のしやすさの指標としている。図2の右側の近傍は風速 9[m/s]以上の北側からの風を表し、この値はそれぞれ風向・風速毎に異なる近傍と値が設けられており、延焼判定の際には適した値を用いて判定される。



■セル kl □セル ij
【風速 0[m/s]】 【風速 1~5[m/s]】 【風速 6[m/s]以上】
図2 風向・風速の考慮されたモデルの近傍型

3-3. 避難モデル

本研究の避難行動は、避難開始時に避難場所を確認し、そこに向かって最短距離で直進移動するようにプログラムされている。移動の際に住民は、「一歩進み、足元を確認、道路なら通行可能」という方法で道路を認識し移動させている。そのため、目の前の障害物を認知するという方法ではなく、足元が障害物であれば一歩後退し、45度方向転換してまた一歩進むという設定とした。狭隘道路や袋小路など現実の市街地の道路網は複雑なため、方向転換の幅を45度とすることで斜め方向の移動をある程度可能にした。

3-4. インターフェース

DIG で活用するにあたって、一般住民には災害による被害状況はその時の環境によって毎回異なるということを理解してもらう必要がある。そのため、その場である程度の環境条件を変更できるような機能をツールに持たせなければならない。変更できるようにした条件を図3に示す。

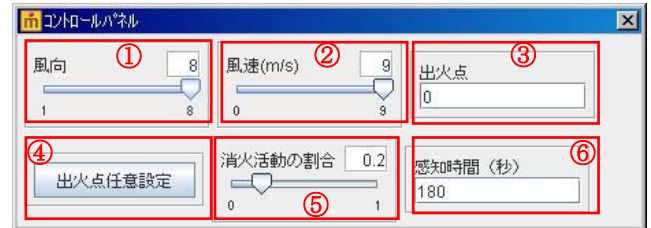


図3 条件設定画面

① 風向・②風速:

風速は 0~9[m/s]の範囲で自由に設定でき、風向は1北、2北東、3東、4南東、5南、6南西、7西、8北西の8方向から自由に設定できる。延焼過程やその規模に大きく影響するため、延焼の変化の違いを見ることができる。

③ 出火点数:

④が選択されていない時にのみ有効で市街地の出火箇所の数を設定することができる。

④ 出火点(指定):

選択中、画面をクリックした個所を出火点とすることができる。延焼の説明に有効である。

⑤ 消火活動の割合:

消火活動をする住民の割合が設定できる。

⑥ 感知時間:

住民が火災を感知するまでの時間。本研究では、全住民の避難行動開始時間となっている。そのため、時間を早く設定すれば延焼の被害をあまり受けない避難行動が見られる。

3-5. 視覚化

エージェントの表記をアイコンに変更した。当初のエージェント表示は色のついたドット表示であったため非常に認識しづらかった。そこで、図4のような一目でわかるアイコンに変更し、よりイメージし易くした。さらに市街地も図5-1から図5-2のようにすることで道路や建物の輪郭がはっきりわかり、判別がしやすくなった。

	エージェント	アイコン
火点	■	🔥
住民	●	🚶
消火器	●	🧯
線路	■	—

図4 エージェントの視覚化



図 5-1 視覚化前

図 5-2 視覚化後

4. 実証実験

愛知県豊橋市の山田地区を対象として、実際に行われたDIGで本モデルを用いてディスカッションを行った。その後、アンケート(図 6)を行うことで、モデルの有用性を検証した。

問 1~3 で、延焼モデル、道路閉塞モデル、避難モデルについての質問をしたところ、全体的に肯定的な意見が多かった。

また、問 4 のモデル全体の有用性についての質問では、約 85%が「そう思う」、「おおいにそう思う」という回答からも、当初の目的であった DIG での有用性は実証されたと言える。

各問の理解度の差をみると、問 1 の延焼モデルと問 2 の道路閉塞モデルでは、問 1 の方が高い評価を得ている。これは延焼モデルが、それ単体で変化が見えるのに対し、道路閉塞モデルは道路が瓦礫によって塞がれているかどうかが表示されるだけで動きがなく、わかりづらいからではないかと考えられる。問 3 の避難モデルは、避難行動自体に問題があり、うまく避難できていない部分があったことが要因であると考えられる。また、延焼モデルの評価が良かったのは設定条件によって延焼の様子の違いを表現できたことも関係していると考えられる。

5. まとめ

本研究では、MAS を使った延焼モデル、道路閉塞モデル、避難行動モデルを開発し、DIG の現場での活用実験でその有用性を検証した。エージェントのアイコン化やセルで表示されている市街地のマップを地図画像としたことは市街地の全体イメージが飛躍的にわかりやすくなり、よりリアルな市街地を再現できたのではないかと考えられる。

一方、一部の住民にはまだイメージしにくい、わかりにくい等の意見もあることから、プログラム改善や視覚化に努める必要があると考えられる。

<参考文献>

- 1) 財団法人 消防科学総合センター
http://www.isad.or.jp/cgi-bin/hp/index.cgi?ac1=IB17&ac2=63winter&ac3=257&Page=hp_d_view
- 2) 河岸真広：マルチエージェントシミュレータを用いた住民による消火活動モデル開発の基礎的研究、豊橋技術科学大学 大貝彰都市計画研究室 2007 年度卒業論文
- 3) 山元隆稔：地方都市市街地の防災アクティビティ評価手法の検討、豊橋技術科学大学 大貝彰都市計画研究室 2006 年度卒業論文
- 4) 郷内吉瑞：セルラオートマタ延焼モデルを用いた防災まちづくりワークショップ支援システムの開発、豊橋技術科学大学 大貝彰都市計画研究室 2004 年度修士論文

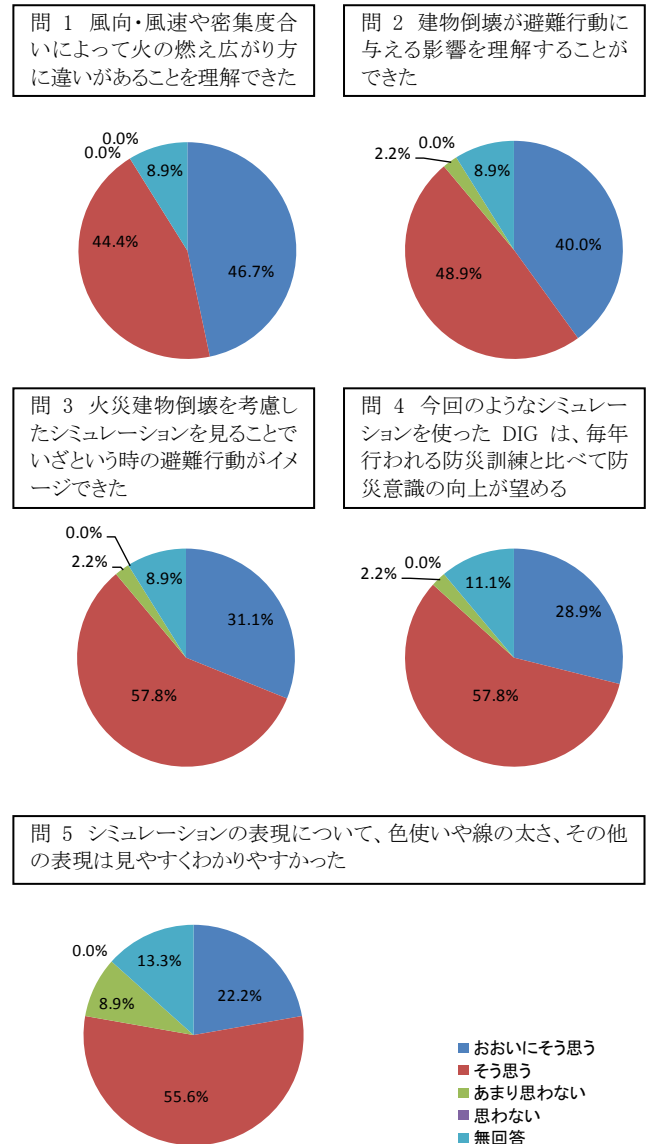


図 6 アンケート結果

