

マルチエージェントシミュレーションを用いた震災時避難の交通行動に関する研究

A Study on Traffic Behavior in Seismic Evacuation Using Multi-Agent Simulation

根岸 祥人^{*}・加賀屋 誠一^{**}・内田 賢悦^{***}・萩原 亨^{****}

By Akihito NEGISHI^{*}, Seiichi KAGAYA^{**}, Ken-etsu UCHIDA^{***}, Toru HAGIWARA^{****}

1. 研究の背景

実際の社会における多くの現象では、個々の要素の行動から単純に集団全体の動きを予測することは難しい。たとえば株価の変動や経済情勢について見てみると、我々は個々の人間が行動するうえでの比較的シンプルなルールを知ることにはできるかもしれないが、それらの個人の行動から全体としての株価や経済の動きを完全に予測することは不可能である。個人の嗜好を知ることにはできるかもしれないが、どのような商品がヒットするのかを予測することも同様である。これは全体として見た場合の結果が、個々の要素についての結果の総和には必ずしもならないという複雑系が存在するためである¹⁾。

一方、大地震による市街地火災などから避難する場合を考えてみると、人々は個々に考え、判断し、異なる動きをする。そのような場合に避難行動が全体としてどのようなになるかを知ろうとすると、個人の動きから単純に確率的に知ることが難しい。それは個人がそれぞれに判断して行動し、かつ相互に影響を与えあうような状況を考えなければならないからである。この場合、そのような創発性を検討する新しい手法として、マルチ・エージェント・シミュレーション（以下、MAS とする）が有効であると考えられる。

2. 研究の目的

個々の動きがその集団全体の動きに対してどのよ

うに影響するのかを単純に知ることが難しい場合、局所的な情報に基づいて自立的に行動するエージェントを用いたシミュレーションを行うことによって、全体としての振る舞いがどのようなになるかを観察するのが MAS である。本研究では、MAS を用いて震災時の避難行動モデルを作成し、震災時の避難行動において個人レベルでの行動ルールや相互作用による効果などが、どのように全体としての避難行動に影響を与えるかを捉えることを目的とする。

3. マルチ・エージェント・シミュレーション

それぞれの内部属性に基づく行動決定の基準（ルール）に従いシミュレーション上に存在する主体（エージェント）が、相互関係をもって集まった集合体を「マルチ・エージェント」という。社会を構成する要素の振る舞いが周囲の環境によって動的に変化するような複雑なシステムをシミュレートするために開発されたシステムが、MAS である。これは従来のように確率論的に個々が全て同じ行動をとるものとし、ほかと異なる行動は誤差として捉える考え方に比べて、より簡単に、あるいはより現実に近いシミュレーションを行うことができる。

また、MAS の考え方は、全体の結果はある部分の結果の総和にはならないような、個々の要素が相互に影響を及ぼしあって行動しているようなシステムや社会を理解するために用いられる。MAS は多数の主体間に相互作用を持つ社会モデルの一つであり、主体間の相互作用については主体自身に任せているのが特徴である。

MAS は複雑な現象を複雑に再現しようとするものではなく、エージェントの行動する環境とエージェントがどのように行動するかについてのルールを設定することによって、複雑な相互作用がコンピュータの中で創発的に展開し、その結果としてマクロな社会的状況を出現させるものである。

キーワード：震災避難、マルチ・エージェント・シミュレーション、複雑系

^{*} 学生員、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻
〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目
TEL 011-706-6212、FAX 011-706-6211

^{**} フェロー、学博、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻

^{***} 正会員、博(工)、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻

^{****} 正会員、工博、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻

4. 避難行動シミュレーション

(1) シミュレーションの概要

本研究で扱うシミュレーションは、震災時における避難行動についてである。阪神・淡路大震災のような直下型の地震が起きた場合、市街地では同時多発的に火災が発生する可能性がある。本研究ではそのような場合を想定し、人々が避難所へ向けて一斉に避難を開始するシミュレーションモデルを作成した。作成したシミュレーションの結果についての評価は、対象地域内の人々が避難を完了するまでにかかる時間によって行った。また、個々の行動やルールが変化したとき、どのように全体としての避難の結果に影響を及ぼすかについての検討も行った。

シミュレーションを行う上でモデルとする対象地域は札幌市北区役所周辺とし、地域内に実在する広域避難場所と収容避難場所を避難所として用いた。この地域を、セルの1辺を5mとするメッシュ構造の2次元モデルとして構築した。この空間上にランダムに配置された「人」エージェントは「道」の上を移動し、「避難所の入口」へ行き、避難行動を完了する。また、人エージェントの総数は1000、避難所入口は8ヶ所とし、あらかじめ指定した割合に応じて「最も近い避難所の場所を知っている人」と「避難所の場所を知らない人」に分かれる。図1にシミュレーションの初期状況を示す。

(2) シミュレーションにおける変数

まずシミュレーションを開始する前に、初期設定として次のものを与えておく。

- ・ 「初期座標」・・・166×115の座標を有する地図上に、道、避難所入口および人エージェントそれぞれに与える。特に人エージェントの初期座標については、試行回数ごとにランダムに置くこともできるが、ここでは人の配置によるランダム性の影響を取り除くため、常に一定とした。
- ・ 「視界の広さ」・・・人エージェントの視界の広さは、およそ1ブロックが見渡せるように、自分の周囲8座標とした。
- ・ 「移動速度」・・・人エージェントの移動速度は、全員等しく4km/hとした。

また、次の2つはパラメータ値として与えた。

- ・ 「追従性」・・・避難所が見えておらず、またその場所を知らない人は、周囲の人と同じ方向へ移動しようとすると考えられるので、避難所の場所を知らない人についてこの追従性をパラメータ値とする。
- ・ 「避難所を知っている人の割合」・・・すべての人エージェントのうち、避難所の場所を知っている人の割合をパラメータ値とする。



図1 シミュレーション開始時

(3) シミュレーションの流れ

人エージェントは計算ステップごとに、図2に示すような自分の周囲9座標の優先度を計算し、その最も高い場所へ移動していく（中心を自分のいる座標とする）。なお、1ステップは実際の時間で4.5秒となる。

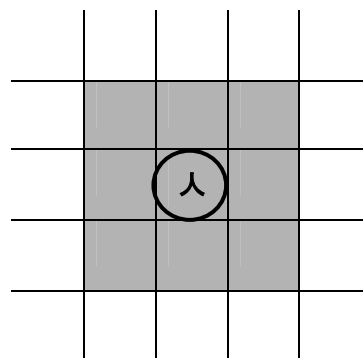


図2 優先度を計算する座標

次に1ステップごとに一人ずつ実行される処理の流れを示す。

I. 9座標の優先度を計算

表1に示す計算方法によって周囲9座標の優先度を求める。

II. 混雑度による速度低下を計算

移動速度 = $1 - \text{周囲の人の数} \div \text{周囲の道の数}$

移動速度 > 乱数 → 移動する

移動速度 < 乱数 → 移動しない

III. 移動

9 座標のうち人が存在せず、かつ道上にある座標の中で、最も優先度の高い方向へ移動する。避難所の入口に着いたときは、避難を終了する。そうでない場合は I. に戻る。

5. シミュレーション結果

(1) シミュレーション条件

本研究では、個人の行動を規定しているルール内のパラメータ値が変化したときに全体として結果にどのような変化が現れるかを調べた。

また、シミュレーション結果は、人エージェントの 95% が避難を完了するまでに要したステップ数とした。これは、1 人でも迷っているような場合に結果に大きな影響が出てしまうのを避けることによって、パラメータ値による変化を計測するためである。

シミュレーションは下に示すような(a)の 12 通り、(b)の 1 通り、(c)の 1 通りの合計 14 通りについて行い、それぞれ 20 回ずつシミュレーションを行った平均値を結果として用いた。これは、MAS においては乱数の要素が入っているため、同じ条件のもとに得られたものであっても、実行するごとに結果が異なるためである。

(a) 最も近い避難所の場所を知っている人の割合を 75%、50%、25%、0%、追従性を 0、0.5、1 とした場合の合計 12 通り

(b) 全員が避難所の場所を知っている場合の 1 通り

(c) 全員がランダムに決まった避難所へ移動していく場合の 1 通り

(2) シミュレーション結果

まず(a)の 4×3 通りの結果について検討した結果、図 3 から避難所の場所を知っている人の割合は高いほうが早く避難が完了し、追従性については 0 あるいは 0.5 の場合が比較的に早く避難が完了するという結果となった。次に(b)と(c)の結果を検討した結果を表 2 に示すが、どちらも(a)における全ての場合と比較して良い結果となった。しかし、(b)の場合と(c)の場合の間には有意な差が見られなかった。これは、混雑などにより必ずしも最も近い避難所への避難が早い結果とはならないことを示していると考えられる。

図 4 は全員が避難所の場所を知っている場合、図 5 は全員が避難所の場所を知らない場合の 50 ステップ経過後のシミュレーション状況である。これらと比較すると、全員が避難所の場所を知っている場合には既に人々が避難所の周辺に集まっている様子が見られるが、全員が避難所の場所を知らない場合には、未だにシミュレーション開始時を示す図 1 のように人々が散ばっている様子が見られる。

表 1 優先度の計算

	i. 視界のなかに避難所があるとき	ii. 視界のなかに避難所がないとき
距離による優先度	避難所への距離が短い方向を高く 優先度(i, j) = $1 \div (\text{避難所までの距離})^2$	移動方向はランダムに 優先度(i, j) = (乱数)
追従性		視界に人がいるとき、自分の「追従性」により高く 優先度(i, j) = その方向に移動している人の数 + 乱数
直進性		ひとつ前と同じ移動方向を高く 優先度(前のdX, 前のdY) = 優先度(前のdX, 前のdY) + 10
後ろへは戻りにくする	前の時間にいた場所を低く	前の時間にいた場所を低く 優先度(i, j) = 優先度(i, j) - 10
2 回行った場所を低く	すでに 2 回いた場所を低く	すでに 2 回いた場所を低く 優先度(i, j) = 優先度(i, j) - 10

6. まとめ

本研究では「避難所を知っている人の割合」と「追従性」をパラメータ値としてシミュレーション結果を検討した。前者についてはその割合が高いほど避難が早い結果となったが、後者についてはその強さが0あるいは0.5のときに避難が早くなった。また、避難所の場所を知っている人の割合が高い場合には、避難所の場所を知らない人の追従性は、強くても弱くても結果に有意な差はなかった。しかし避難所の場所を知っている人の割合が低くなるにつれて、追従性の強い場合の避難が遅くなっていく。特に避難所の場所を知っている人が全くいない場合、追従性を高く設定すると、特に避難が遅くなった。

この結果から推察できることは、避難所の場所を知っている人が少ない場合、追従性の強さによって相乗的に避難が遅れたのではないかと、ということである。すなわち、避難時に避難所の場所がわからない人が多く、かつ追従性が高い場合には、行き先のわからない人は間違った方向へ進む人についていく可能性が高くなる。それによって、初めは1人で間違っていた人が後ろに人がついて来るのを見て、逆に彼らに追従する形となり、連鎖的に集団として間違った方向へ移動しつづけて、避難を遅らせたと考えられる。これは、災害避難時に群集心理的なものによって避難が遅れ、被害が拡大する可能性を示したものと考えられ、その意味では一種のパニック状態が再現されたものと考えられる。

7. 今後の課題

さらに研究を進めていく上で、避難行動を起こすエージェントの属性特性及び行動規範を明確化し、それらをシミュレーションに組み込んでいく必要があると考えられる。また、徒歩だけでなく車を利用して避難する人がいる場合もあわせて考える必要がある。

参考文献

- 1) 山影進 服部正太:コンピュータのなかの人工社会、構造計画研究所、2002 年

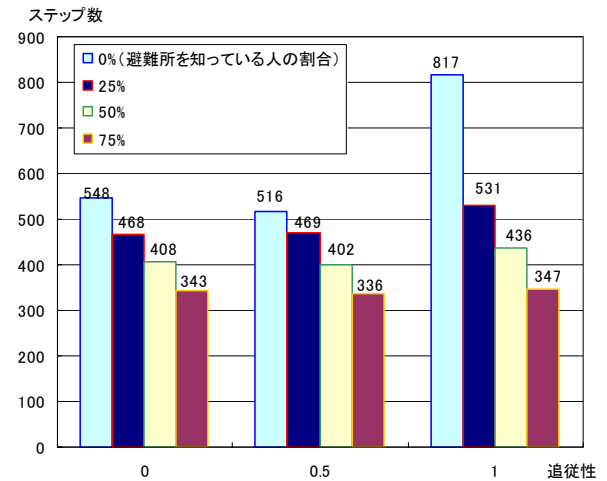


図3 避難所を知っている人の割合と追従性を変えた場合のステップ数

表2 目的地を変えた場合のステップ数

目的地	ステップ数
(b) 最も近い避難所へ	295
(c) ランダムに決めた避難所へ	308

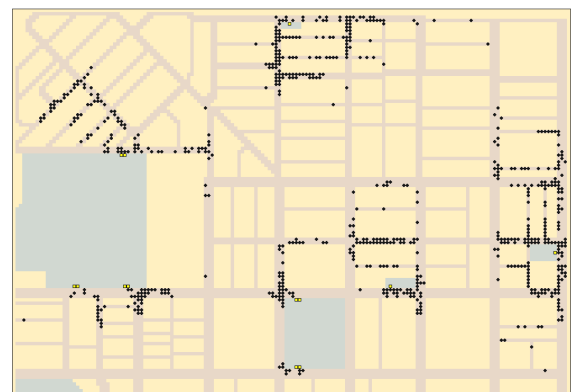


図4 全員が避難所の場所を知っているとき

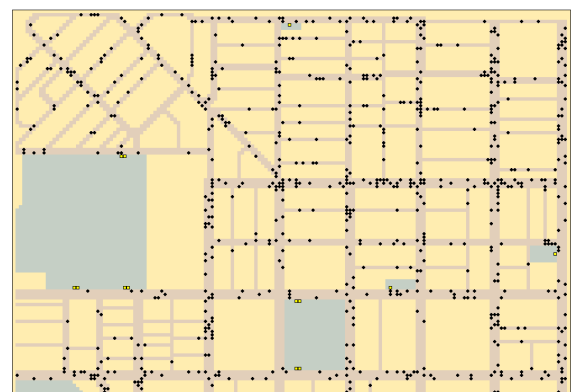


図5 全員が避難所の場所を知らないとき