

震災経験を考慮したルールベースの 避難交通行動シミュレーションへの適用に関する研究*

A Study on Application of Rule Base by Considering Earthquake Experience to Seismic Evacuation 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. はじめに

阪神・淡路大震災の発生以後、都市の防災において、大地震が発生した際の被害をどのように軽減させるかということが重要な課題となっている。都市において大地震が発生し、多くの人々が一斉に避難する場合、人々は個々に考え、判断し、異なる動きをし、かつ相互に影響を与えあうものと考えられる。このため、避難行動が全体としてどのようになるかということ、個人の動きから単純に確率的に知ることは難しい。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が注目されている。

このマルチエージェントシミュレーションを用いた避難行動シミュレーションの作成が本研究室にて昨年行われた¹⁾。この研究では、「追従性」と「避難所の場所を知っているかどうか」という2つのパラメータによるエージェントの行動の変化のシミュレーションを行い、避難に要した時間を結果として、いくつかの代替案評価を行った。その結果、「他の人に追従する」と「避難所の場所を知らない」ということが相乗的に作用して、避難を遅らせるという結果が得られた。しかしながら、この研究では、実際の人はこのような行動規範で避難するのか、避

難行動に影響を与える人間の特性がまだ他にもあるのではないかと、という点が課題となっている。また、他の既存研究においても、仮想的な条件を元に作成しているシミュレーションを、どのように現実的なものに適応できるようにするか¹⁾ということや、実験などで得られた結果を、どのようにシミュレーションに反映していくか²⁾ということが大きな課題となっている。

これらの背景をふまえ、本研究では、震災避難時における人の適切な行動ルールの構築を行い、それらに基づいた避難シミュレーションモデルを構築することを目的とする。

2. 避難行動シミュレーション

(1) マルチエージェントシミュレーション

本研究では、避難行動シミュレーションの構築に「マルチエージェントシミュレーション」を用いる。自立的に決定した行動計画(戦略)に基づき、自己の利益を追求する活動主体のことをエージェント、そしてそれらが双方向的な相互関係を持って集まった集合体のことをマルチエージェントという。ある環境をコンピュータ上に設定し、このマルチエージェントのシミュレーションを行うのが「マルチエージェントシミュレーション」である。

(2) シミュレーション概要

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のシミュレーションである。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恐れがある。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避難をするシミュレーションモデルを作成する。

* キーワーズ：防災計画、マルチエージェントシミュレーション

** 正会員、工修、札幌市企画調整局都心まちづくり推進室

〒060-8611 北海道札幌市中央区北1条西2丁目

TEL 011-211-2692、FAX 011-218-5112

*** 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

エージェントは家族・コミュニティの構成員として存在し、それぞれの集団に所属する他のエージェントと相互作用を持ちながら行動する。相互作用には他のエージェントへの追従、他のエージェントをリードする、混雑による移動の阻害の3つを考える。このような社会環境や相互作用を考慮して、エージェントの行動ルールベースを構築する。

3. 避難行動調査

(1) 調査目的

震災時の避難における人の行動ルールは、年齢や地震に対する経験など、個人の特性によって判断の基準が異なると考えられる。そこで本研究では、人の避難行動ルールを構築するためにアンケート調査を行った。地震経験による避難行動の特徴を把握するため、地震の経験の比較的多い釧路市民を対象に調査を行った。本調査は、個人属性や地震経験と避難行動が、どのような関係を持つかを明らかにすることを目的とする。

(2) 調査の概要

2003年12月19日・20日・21日に釧路市において避難行動アンケート調査を行った。主な質問として、「大地震が発生して避難が必要な状況になった場合、どのような行動をとるか」ということを質問した。表1は本調査の概要である。

(3) 調査結果

図1は「地震時に避難する場合、家族および近隣住民の中でどのような行動をするか」という設問に対する回答の割合を示している。家族に対しては約8割が「引き連れて避難する」、約2割が「後について避難する」と答えている。一方、近隣住民に対しては答えが分かれており、「考えない」と答えた人が約25%いる。

次に、年代と避難行動の間の関連性について調べた。表2は年代と近隣住民の中での行動とのクロス表である。²検定を行ったところ、有意確率1%で分布に差が見られた。10代と70代以上の年代で「ついていく」という答えが多い。このように、年代と避難行動の間には関連性が見られた。

表1 調査概要

調査日時	12月19日、20日、21日
配布・回収方法	訪問配布、郵送回収
調査場所	釧路市
配布部数	600部
回収部数	220部(回収率36.7%)
主な質問項目	・平成15年(2003年)十勝沖地震時の思考や行動について ・地震時の避難行動について ・個人属性 など

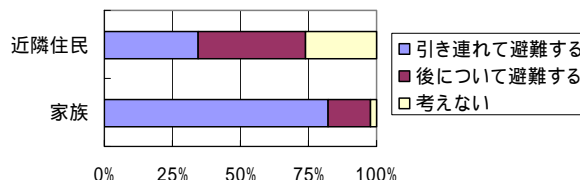


図1 避難時の家族・近隣住民の中での行動

表2 年代と近隣住民との行動のクロス表

		近所の人との行動			合計
		連れていく	ついていく	考えない	
年代	10	0	8	3	11
	20	3	7	6	16
	30	8	6	13	27
	40	13	14	13	40
	50	13	9	13	35
	60	25	20	10	55
	70以上	2	11	2	15
合計		64	75	60	199

表3 避難行動の特徴

年代	避難場所	他の人に対する行動		割合(%)
		家族	近隣住民	
10~20代	知らない	追従	追従	10.2
20~40代	知っている	連れていく	考えない	12.4
20~40代	知らない	連れていく	考えない	9.1
40~60代	知っている	連れていく	連れていく	21.5
40~60代	知っている	連れていく	考えない	18.8
50~70代	知っている	追従	追従	12.4
50~70代	知っている	連れていく	追従	15.6

4. 人の避難行動パターンの類型化

人の年齢と避難行動の間に関係が見られることがわかった。そこで、避難行動パターンを類型化するために、年代と「避難場所を知っているか」「地震時に避難する場合、家族および近隣住民の中でどのような行動をするか」等の避難行動に関する設問のデータを用いて、クラスター分析を行った。分析の結果、7つのクラスターに分類することができた。表3は各クラスターの避難行動の特徴を示している。

5. 避難行動シミュレーションモデルの構築

(1) シミュレーション空間の設定

図2はシミュレーションに用いた地図である。この地図は、アンケートを配布した地区のひとつである、釧路市美原地区の実際の地図を元に作成している。避難場所は地図中の中心部にある色の濃い部分で、地域内に実在する広域避難場所（小学校・中学校・公園）である。最も近い避難場所まではどの地点からでもおおむね1km以内である。この地域を、セルの1辺が7mのメッシュ構造の2次元モデルとして構築した。避難者は、道の上を移動して避難場所の入り口へ行き、避難行動を完了する。

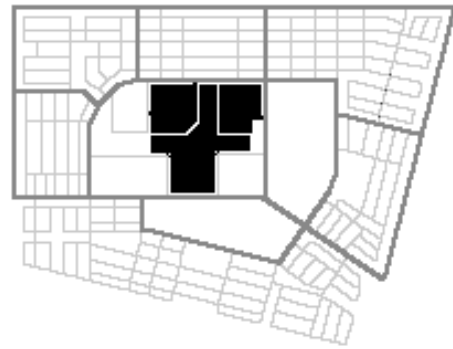


図2 シミュレーションに用いた地図

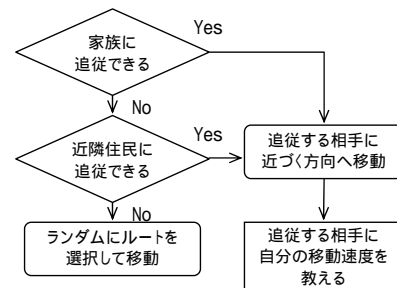


図3 エージェントの行動ルール

(2) 避難者エージェントの行動ルールベース

避難者エージェントの行動ルールは、前章によって類型化した7つのパターンに基づいて作成した。エージェントの総数は1000人とする。表3の割合でエージェント～を振り分け、「避難場所を知っているか」「家族の中でどのような行動をとるか」「近隣住民の中でどのような行動をとるか」という3つのパラメータを各エージェントに設定する。その他のエージェントの初期設定の項目は以下に示す。

- ・ 「初期座標」… 試行ごとにランダムに地図の道の上に配置する。
- ・ 「移動速度」… エージェントは0.8m/sec、その他のエージェントは1.4m/secとした。¹⁾
- ・ 「家族」… 近くに位置するエージェントの組を、最大3人までを一家族として設定した。

シミュレーションは5秒を1ステップとして、ステップが繰り返されることで進行していく。本シミュレーションでは、すべての人が一斉に避難を始めるのではなく、避難をするかどうか決断してから避難・移動を始めるものとした。

次に、避難を決断したエージェントの移動方法について説明する。まず、自分の「視界の広さ」内で避難場所を探し、避難場所を見つけられればその方向へ移動する。見つけられない場合は、エージェントのタイプごとに異なる行動をとる。

図3はエージェントの行動ルールを示している。エージェントは、自分の視界の範囲内で自分をつれて避難してくれる家族や近隣住民を探す。そのよ

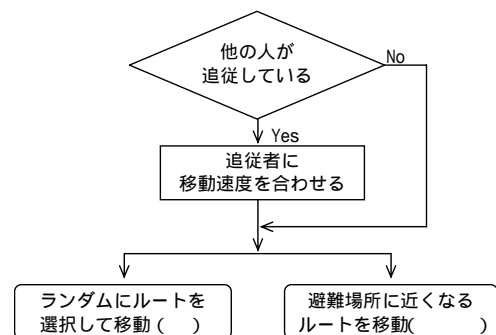


図4 エージェントの行動ルール

うなエージェントが見つかった場合は、そのエージェントのいる場所を目的地として移動する。見つからなかった場合は、避難場所を知らないため、ランダムにルートを選択して移動する。

図4はエージェントの行動ルールを示している。まずエージェントは、周囲の他の家族が自分に追従している場合、その家族に移動速度を合わせる。エージェントは避難場所が近くなるようなルートを選択して移動する。エージェントはランダムにルートを選択して移動する。

エージェントは周囲にいる家族や近隣住民が、エージェントは家族が自分に追従している場合、その人に移動速度を合わせる。エージェントは

は避難場所が近くなるようなルートを選択して移動する。

図5はエージェントの行動ルールを示している。エージェントは自分を連れて避難してくれる家族や近隣住民を探す。エージェントは自分を連れて避難してくれる近隣住民を探す。追従できるエージェントが見つかった場合は、そのエージェントのいる場所を目的地として移動する。見つからなかった場合は、避難場所が近くなるようなルートを選択して移動する。

(3) シミュレーション結果

本研究では、シミュレーション結果としてエージェントのタイプごとの避難完了者数の割合の推移を用いた。なお、シミュレーションは乱数の要素が含まれることで、試行ごとに結果が異なるため、20回シミュレーションを行った平均値を避難結果とした。

図6はシミュレーション結果を示している。エージェントは避難場所を知らないものの、避難はスムーズに進行している。また、高齢者のエージェントとして設定したでは、家族または近隣住民に追従するエージェントの方が、近隣住民のみに追従するエージェントよりも避難結果が良くなっている。

6. 考察

まず、避難場所を知らないエージェントとを比較する。エージェントは他の人に追従することによって、スムーズに避難できている。一方、他の人に追従しないエージェントは避難結果が一番悪い。

エージェントは、避難場所を知っている他のエージェントやに比べて避難結果が遅くなっている。これは、歩行速度の遅いエージェントやを引き連れて避難することができているためと考えられる。

エージェントとは、歩行速度を遅くした影響により、他のエージェントよりも避難が遅くなったものと考えられる。また、の方が結果が良くなったことから、近隣住民のような大勢の集団に追従するよりも、家族のような少数の集団に追従したほう

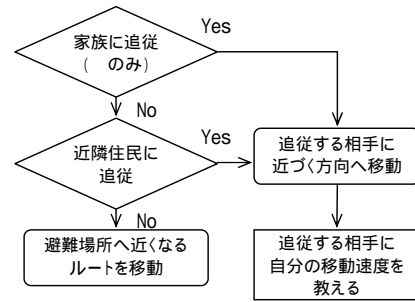


図5 エージェントの行動ルール

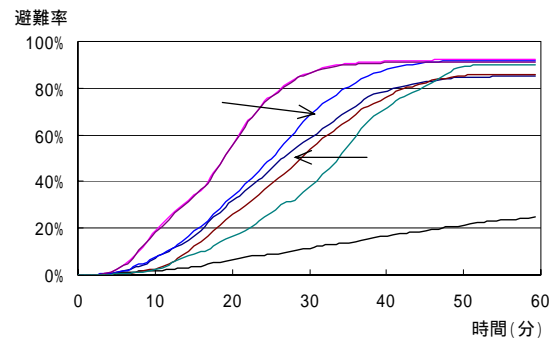


図6 シミュレーション結果

が、避難の効率が良いということが示されたものと考えられる。

7. 本研究の成果と今後の課題

本研究では、人の避難行動の類型化を行い、そのパターンを用いて避難行動ルールベースおよびシミュレーションモデルを構築した。調査による実データから行動ルールを作成したことにより、信頼性の高いシミュレーションモデルを作成できたと考えられる。

今後の課題として、条件設定を変えてシミュレーションを行なうことで、高齢者の割合が増加した場合の課題や、情報提供の方法の適否等を分析することが挙げられる。

参考文献

- 1) 新井健 他：災害弱者を考慮したマルチエージェント避難シミュレーションモデル、第3回KKMAS コンペティション論文集 pp117-125、2003
- 2) 安倉潤 古山哲康 他：マルチエージェントシステムによる歩行者の避難行動シミュレーション、日本大学工学部学術講演会論文集 Ja39・Ja40、2003