

運転者特性を考慮した災害時の交通行動に関する研究*

A Study on Development of Evacuation Behavior Simulation Model with respect to Driver's Characteristics*

渡部正一**・加賀屋誠一***・内田賢悦****・萩原亨****

By Shoichi WATANABE** Seiichi KAGAYA*** Kenetsu UCHIDA**** Toru HAGIWARA****

1. 研究の背景と目的

これまで筆者らは、大規模地震時における住民の歩行による避難行動に与える要因に関する研究を行ってきた。ここでは、避難経験・住民に与えられる情報等の要因が避難行動に影響を与えることが示された。本研究では住民個々の行動が合わり地域・コミュニティ全体ではどのような現象が起こるのかを検証することを目的とする。特に本研究で注目したいと考えているのは『情報の更新』とそれに伴う『自動車交通』の変化である。運転者が情報を受け取ったことにより、どのように行動を変え、避難していくのかに着目した。

地震発生頻度の高く、狭い国土に網の目のように張り巡らされた道路・鉄道ネットワークを有する日本において、大規模災害を想定した交通調査研究を行うことは十分な意義を持っていると考える。しかし、災害時に交通全体が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することは難しい。そのような創発性を検討する手法として、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。本研究では都市内における、大規模災害時に被害が及ぶと考えられる範囲を設定し、災害時におけるその区域内での自動車交通が時間の経過とともにどのように推移するのかを検証する。最終的にそのシミュレーションに人間の心理等の要素を盛り込み、個々の交通主体が相互にどのような影響を与えるのかを明らかにする。そのデータから大規模災害時における住民避難行動システムを構築することが本研究の目的である。その最初の段階として、本研究において周囲の環境を考慮した災害時の自動車行動の基礎的なシミュレーション分析を行った。

2. 既存研究

現在まで既存研究のレビュー¹⁾から、災害時に

おける避難行動と自動車交通への理解を深めてきた。具体的に大規模地震の発生例として阪神・淡路大震災を取り上げ、災害時に自動車交通がどのような状況となったのか既存のアンケート・研究論文から把握することに努めてきた。以下で阪神大震災発生時の状況を簡単に述べる。²⁾

平成7年1月17日5時46分、淡路島北部の北緯34度36分、東経135度02分、深さ16kmを震源とするマグニチュード7.3の地震が発生した。また、この地震の発生直後に行った気象庁地震機動観測班による被害状況調査の結果、神戸市の一部の地域等において震度7であったことがわかった。避難者の多くは、近隣の小中学校、高校等の学校施設など、公共施設へ避難した。また、関西電力神戸支店では、9時までの出勤率は37%、当日中の出勤率は69%。通常のルートで出勤できたのは10%で、その多くはマイカー・バイク・自転車・徒歩を利用した。通常のルートを利用できる場合には、自動車・バイクは有効な手段となりえるが、途絶区間が存在する震災時には大きな交通混乱を招く可能性があることを認識しなければならない。

3. シミュレーション

3.1 マルチエージェントシミュレーション(MAS)

本研究では、歩行者の避難行動シミュレーションモデルの構築に、マルチエージェントシミュレーションを用いる。自律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。目まぐるしく環境が変わり、情報も刻々と更新されていく災害時のシミュレーションを実行する手法としてMASは有効であると考えられる。

3.2 基礎シミュレーション概要

まず、本研究では基礎マップ上で基本的な自動車挙動のシミュレーションを行っていく。まずはじめに自動車がマップ上を走行し、信号機(ノード)等の情報を得ながら行動を変える状態を再現する。次にエージェントの相互的影響による行動および、個々のエージェントが環境の変化等の情

*キーワード: 経路選択、交通行動分析

**学生会員, 北海道大学工学研究科

(北海道札幌市北区北13条西7丁目,
TEL011-706-6211, FAX011-706-6212)

***フェロー, 北海道大学公共政策大学院

(北海道札幌市北区北13条西7丁目,
TEL011-706-6210, FAX011-706-6212)

****正会員, 北海道大学工学研究科

(北海道札幌市北区北13条西7丁目,
TEL011-706-6211, FAX011-706-6212)

報を取得し更新することについてもシミュレーションを行うことを可能とする。すなわち、情報と行動のフィードバックを繰り返すによるダイナミックなシミュレーションを導入していく。すなわち周囲の環境と入手される情報を元にして、それに対応した運転者の判断を有する自動車の避難行動基礎シミュレーションをしていく。

3.3 自動車行動規範

3.3.1 自動車属性の類型化

以上のように自動車は運転者により様々な属性を持ち、道路上を通行するものと推測される。ここでは運転者の判断機能を持った自動車を自動車エージェントと考える。本研究では、具体的な手順として、まずはじめに自動車エージェントに組み込む判断ルールを設定を考える。そのため実際の運転者の様々な特性を用いてプロダクションルールを作成し、自動車エージェントに組み込むこととした。その方法として災害発生時に想定される道路ネットワークの途絶、その途絶に伴う交通渋滞に遭遇した運転者がどのような渋滞回避行動をとるのかを調べるためアンケート調査を実施した。その調査結果から、運転者特性を考慮した自動車エージェントの類型化を行い、シミュレーションに導入した。運転者特性類型化の結果は、4章で述べる。

3.3.2 基本走行条件³⁾

はじめに、自動車エージェントの行動を決定する大きな要素である走行速度を決定する必要がある。本研究では、Car Following モデルを原則としており、前方車を追い抜かず事はない。また交差点ではFirst-inFirst-outを原則とした、通過の方法を考えた。

3.3.3 基本構成エージェント

本シミュレーションを構成し、自動車エージェントに影響を与える要素もエージェントとして組み込んだ。そのエージェントは以下の3つである。

①信号エージェント

現示の色(赤・青)により、自動車エージェントへ与える影響を変える。サイクル長は初期値設定により与えられており、その時間はシミュレーション実行中一定である。

②交差点エージェント

交差点エージェントは直進・右左折の3通りの選択を自動車エージェントに与える。自動車エージェントに与える各進行方向の選択確率は初期値により与えられ、その初期確率と1 Step 毎に発生する乱数により自動車エージェントは進行方向を決める。

③道路途絶エージェント

本シミュレーションにおいて、道路途絶が起こるのはマップ上で1箇所のみである。途絶地点に到着した自動車エージェントに対し、その場にとどまるか、もしくは途絶を回避させる(Uターンす

る)のかを選択させる。シミュレーションにおいて道路途絶エージェントの表示色を変えることにより、実際に途絶しているのか否かを自動車エージェントに認識させる。表示色の变化はコントロールパネルによって自由に設定が可能である。

3.3.4 速度決定

走行速度は初期段階で時速 30 km/hr から 60 km/hr の範囲でランダムに与えられる。同時に加速速度も一定の範囲内でランダムに決定される。最高速度は時速 60 kmに設定する。基本的に通常走行時は前方車との車間距離から速度を決定する。その他の条件として、自動車エージェントは 3.3.2 で述べた基本条件と 3.3.3 で挙げたエージェントを認識することにより決定される。自分の直近に存在する信号・途絶・交差点を認識した後、そのエージェントとの距離から速度を決定する。また、交差点内速度は時速 5 km/hr と設定する。

3.3.5 経路選択条件

実際には、自動車エージェントが持つ属性を基に経路選択行動を行うと考えられる。しかし、本研究では交差点での右左折率を設定し、それに従い自動車エージェントは、交差点を通過するものと仮定した。すなわち、自動車エージェントの経路選択は、交差点での右左折率によって決定される。一方、震災時には、建物の倒壊等による道路の途絶により道路ネットワークの一部が寸断すると考えられる。こうした途絶区間を含む道路ネットワークを以下では震災時ネットワークと表現することにする。しかし現実には、運転者は、震災時ネットワークに関する完全な情報を瞬時に得ることは不可能であり、自己が認知するネットワーク(以下では、認知ネットワークとする)を対象に経路選択を行うしかない。このことにより、選択される経路には途絶区間が含まれることが容易に想像され、その結果、渋滞等の通常時には起こりえない交通混乱が発生すると考えられる。すなわち、震災時ネットワークにおいて、認知ネットワークを想定した経路選択行動をとることによって、大きな交通混乱が生じると考えられる。その結果として、平常時と異なる経路選択行動も発現するものと考えられ、そうした経路選択行動も得られる情報によって動的に変化するものと考えられる。たとえば、混雑している道路が前方にある場合、その区間を避ける行動や、ひたすら渋滞の列で待つ行動、あるいは、渋滞列である程度の時間が経過した後にUターンし、別の経路を再探索することが考えられる。また、こうした混雑は震災時ネットワーク上に発生した途絶区間によるものであったとしても、自動車エージェントは、初期状態ではそれを認知できないため、渋滞列で待ち続ける場合も考えられる。こうした震災時の交通行動は、個々のエージェントが得る情報と個人属性により、異なるものと考えられる。ここでは、

エージェント毎に異なる震災時の経路選択基準をルールベースで記述し、自動車交通状況の分析を行うことにする。このルールを作成するために、アンケート調査や既存調査のレビューを行い、類型化した後、シミュレーションへの実装を行うことにする。

4. アンケート調査

4.1 アンケート調査実施目的

本アンケート調査は自動車エージェントが経路選択を決定する上で重要なものである。シミュレーションモデルを実際の突発的な災害想定時の状況に近づけるため、災害想定時の自動車利用について調査する。表-1 にアンケートの概要を示す。具体的な調査項目は以下に示す。

4.2 アンケート集計

4.2.1 渋滞回避性

本アンケートにおいて普段運転中に渋滞に巻き込まれた場合に渋滞を回避する頻度を尋ねた。結果は図-1 の通りである。少ないと答えた人が半数を占めている。

4.2.2 追従性

本アンケートにおいて普段、他者の交通行動に左右されることがどのくらいあるかを尋ねた。半数以上の方が追従性のあまりない傾向にあることがわかった(図-2)。

以上2点は普段(非災害時)の状況を設問として聞いている。今後大災害に遭遇したことの無い人を対象とした災害時における交通行動を運転者の心理を考慮し考察する上で以上のデータは必要になると考える。

4.2.3 回避開始時間

この『回避開始時間』は本アンケートにおいて、大災害の状況を設問の冒頭で仮定し質問した。災害時の道路の途絶・幹線道路の渋滞をそうした上で渋滞に巻き込まれたとき、渋滞の車列に入ってからどの程度の時間でUターン、もしくは別の経路を選択するのかという設問である。

10分以内で車列を離れると答えた人が約35%、その中で車列に入る前に迂回するという人が20%を占めている。半数の人が20分以上、車列で待つという結果が得られた(図-3)。

4.3 エージェント属性類型化

調査項目の集計結果からエージェントの経路選択モデルを構築していく。自動車エージェント属性は『年齢』、『渋滞回避開始時間』を考慮し運転者特性を類型化していく。

単純集計により得られたデータをクラスター分析により、最終的に11個のクラスターに分類した。年代毎(30代以下・40代・50代・60代以上)に『渋滞回避開始時間』を考慮した構成比率を算出した。各年代運転者の構成比率は現状の自動車保有台数を基に設定する。類型化の結果は表-2 に示す。ランダムに発生させた乱数と構成比率からシミュレ

表-1 アンケート実施概要

実施日時	2005年12月23日
配布場所	札幌市南区澄川、札幌市手稲区
配布部数	1500部
配布・回収方法	ポスティング・郵送回収
有効回答数	199部
有効回答率	13.2%

表-2 属性類型化

年齢	回避回避時間(分)	構成比率
30代以下	18	23%
	43	34%
	20	43%
40代	0.63	37%
	25	63%
50代	0.67	18%
	45	37%
	20	45%
60代以上	0.85	32%
	12	33%
	31	35%

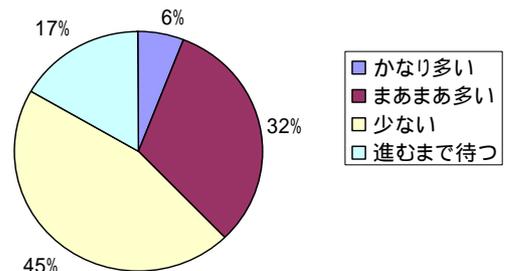


図-1 渋滞回避性

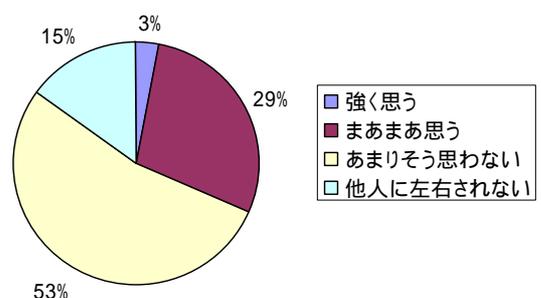


図-2 追従性

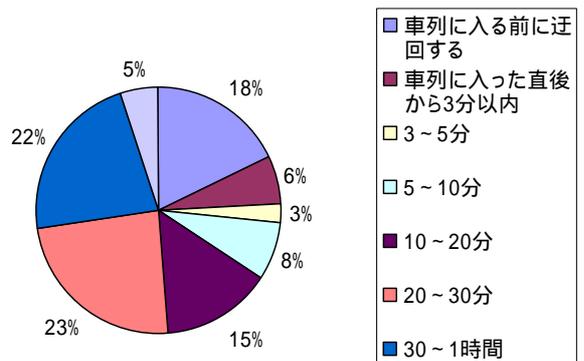


図-3 回避開始時間

ーション上に自動車エージェントを存在させる。

5. 計算結果

図-4、図-5 はそれぞれ、道路途絶がある場合、道路途絶がない場合の年齢別平均走行速度を示している。両図では自動車エージェントがネットワーク上に発生し、走行を続け、最後にネットワーク外に出て行くまでの速度の平均値を計算している。したがって、初めのステップ数においては、平均速度が0となっているが、これは平均速度が0であることではなく、自動車エージェントがまだ1台もネットワーク外に出て行ってないこと示している。またシミュレーションでは、自動車エージェントがネットワーク外へ出て行ったときに、避難行動が完了するものと想定している。図-6、図-7 はそれぞれ、道路途絶がある場合、道路途絶がない場合の年齢別平均速度を示している。どの年代においても途絶のない場合の方が平均速度の最大値が高くなっている。途絶がない場合、全年齢の平均速度が定常状態へ移行し、平均走行速度は一定値をとっている。しかし、途絶がある場合、定常状態にはならず、平均速度が変化し続けている。また、平均速度と旅行時間を同じステップ数で比較すると、平均速度の低下が旅行時間の増加をもたらしている状況が再現された。実際にシミュレーション実行時において、途絶により渋滞車列が現れていたことから、平均速度の低下・旅行時間の増加が道路途絶によって発生していると考えられる。

6. 本研究の今後の展望

本研究では仮想の格子状マップ⁴⁾を用い、自動車交通シミュレーションを行った。最終的に本研究で構築を行ったシミュレーションモデルを実際の都市内交通状況(交通容量・季節による道路幅員の違い、各路線の交通流量の導入 etc)を考慮したシミュレーションへと拡張していけると考える。その際には既存の道路ネットワークを採用し、検討する。またアンケート調査により得られたデータを基に運転者の心理的影響(追従性 etc)も導入していく必要もある。今後、以上のようなシナリオを考察することは経路の途絶等の交通障害、災害時の自動車利用の制限等の具体的な方策を検証できる点に意義があると考えられる。

参考文献

- 1) Seiichi.K :An Application of Multi-Agent Simulation to Traffic Evacuation Behavior in Earthquake Disaster
Journal of EASTS ,vol 6 ,pp 4224-4236 , 2005
- 2) (財)阪神・淡路大震災記念協会：『阪神・淡路大震災 教訓情報資料集』
- 3) 大口 敬：『交通渋滞』徹底解剖
- 4) 構造計画研究所ホームページ
<http://www2.kke.co.jp/mas>

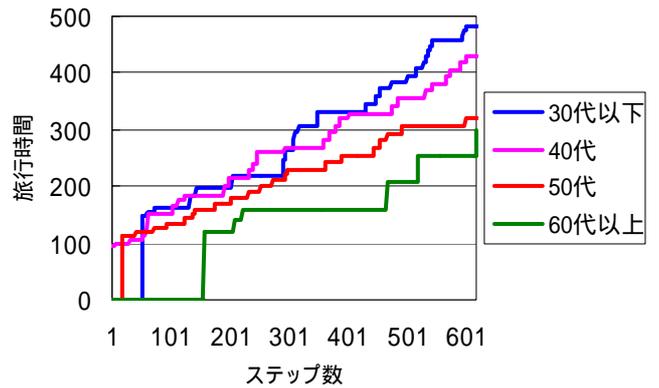


図-4 平均旅行時間(途絶あり)

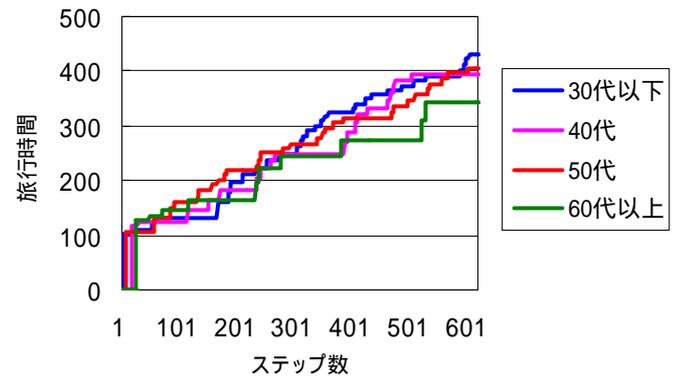


図-5 平均旅行時間(途絶なし)

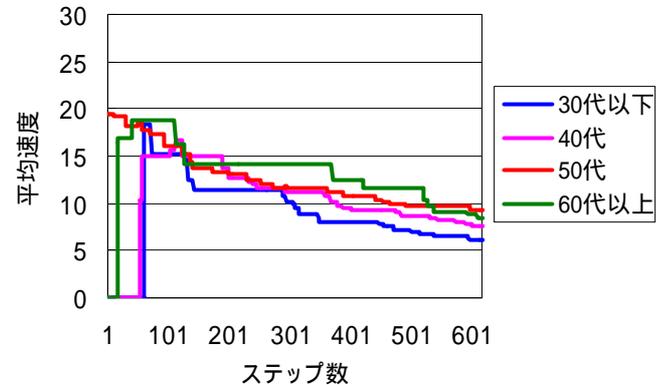


図-6 平均速度(途絶あり)

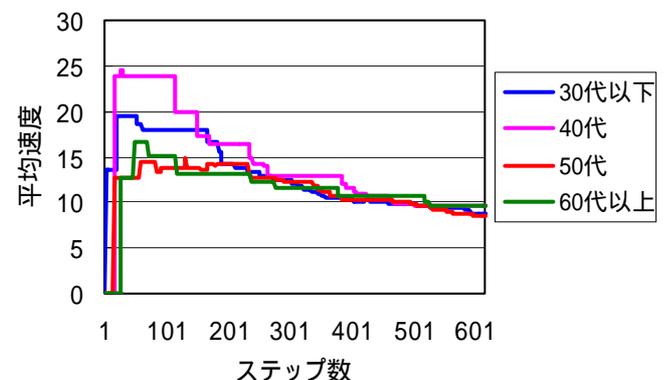


図-7 平均速度(途絶なし)