

運転者特性を考慮した避難行動シミュレーションモデルの構築に関する研究

A Study on development of the simulation model for evacuation behavior considering driver's characteristics

北海道大学大学院工学研究科
北海道大学大学院工学研究科
北海道大学大学院工学研究科
北海道大学大学院工学研究科

○ 学生員 渡部 正一 (Shoichi Watanabe)
フェロー 加賀屋誠一 (Seiichi Kagaya)
正 員 内田 賢悦 (Ken-etsu Uchida)
正 員 萩原 亨 (Toru Hagiwara)

1. 研究の背景

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。具体的には、住民個々について避難行動特性を調査・分析を行っていたが、本研究では住民個々の行動が合わさり地域・コミュニティ全体ではいったい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』である。住民が情報を受け取ったことにより、どのように行動変え、避難していくのかに着目した。さらに、本研究におけるシミュレーションでは『自動車交通』の変化を導入していく。

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。

災害時に交通全体がどのようなこと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。

2. 研究の目的

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。また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。最終的に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を本研究の目的とする。

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える。

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比較的簡便な自動車のシミュレーションを行っていく。

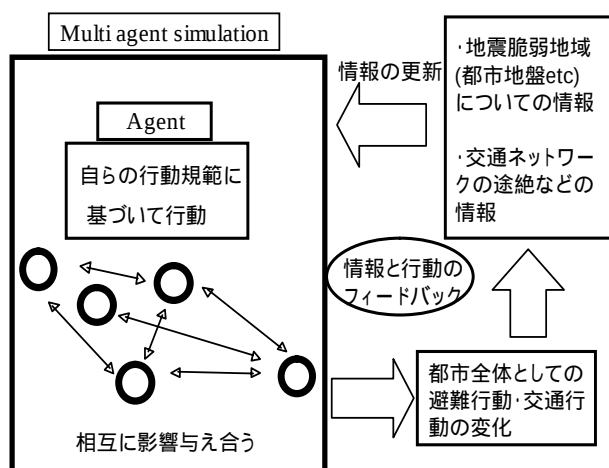


図 - 1 シミュレーション概要

本研究において自動車がマップ上で走行し、信号機（ノード）等の情報を得ながら常に行動を変えていく。また、図 - 1 シミュレーション概要にも示した通り、個々のエージェントはシミュレーション上で相互に影響を及ぼしながら行動する。また、個々のエージェントが環境の変化等の情報を取得し更新することで行動を変化させていく。すなわち、情報と行動のフィードバックを繰り返していく。本研究では以上のことを念頭に置き、将来実現可能となり、様々な変化に対応できる自動車の避難行動基礎シミュレーションを構築する。以下で自動車の行動ルールを述べていく。

3.3 自動車行動規範

(1) 自動車属性の類型化

自動車エージェント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。表 - 1 は既存研究¹⁾にてアンケート調査を基に構築された避難行動をする歩行者属性の類型化を示している。本研究における運転者属性は表 - 1 の類型化を参考とする。

(2) 基本走行条件

自動車エージェントの行動を決定する大きな要素として、走行速度を決定する必要がある。本研究において、交通流理論の基本状態変数を用い、より現実に即した速度の決定方法をシミュレーションに導入する。下記に示した方法で決定された速度はシミュレーション上で自動車が走行する基本条件となるものである。

(3) 交通流状態変数

交通流状態変数として以下の3つが挙げられる。

- ・ 交通流率 (q)
- ・ 空間平均速度 (v)
- ・ 交通密度 (k)

3つの変数には相互関係²⁾ ($q-v, k-q, k-v$) がある。また3つの変数の関係式

$$q = kv \quad (1)$$

により、自動車エージェントの速度を決定する。交通密度(k)はシミュレーションマップ上のリンクを一単位とし、そのリンク上に存在する車の台数とする。

(4) 速度決定

道路構造令³⁾で定義されている設計基準交通量(最大許容交通量)を図2に示す $q-v$ 曲線の q_{max} として用いることにする。同時に v_{max} を与えることにより図2に $q-v$ 曲線を得ることができる。さらに、(1)式の q に $q-v$ 曲線式を代入すると、 $k-v$ 曲線(図3)を導出する。以上からシミュレーション上で観測される交通密度(k)に対応した自動車エージェントの走行速度を取得可能であると考える。交通容量・許容交通量を考慮した現実に対応した速度の決定方法と言える。

(5) 経路選択条件

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仮定する。平常時には、交差点エージェント(ノード)から、道路の諸条件(幅員等の線形条件・路面状況など)から決定される不効用値は不確実性を含む形で取得され、その不効用値が最小となる経路を選択する。一方、災害時には、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。しかし現実には、運転者は、災害後の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。そこでは、平常時と異なる経路選択行動が観察され、その行動も得られる情報によって時々刻々を変化すると考えられる。たとえば、混雑している道路が前方にあると、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Uターンし、別の経路を再探索することが考えられる。こうした行動は、個々のエージェントが災害時に得る情報と個人属性により、誘発されるものと考えられる。ここでは、エージェント毎に異なる災害時の経路選択基準をルールベースで記述し、災害時の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、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. 研究の今後の方向性

図4の基礎シミュレーション画面は構造計画研究所のサンプルモデルを参考に簡単な車エージェントシミュレーションを実行したものである。最終的にこの基礎マップにおいてシミュレーションを行う。今後平常時想定シミュレーションと災害時想定シミュレーションの比較検討を行っていかねばならない。また、本研究において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理論的に提言できる点に意義があると考えられる。

参考文献

- 1) 根岸祥人：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
土木計画学研究講演集 vol.30 CD-ROM 2004

- 2) 大口 敬：『交通渋滞』徹底解剖
- 3) 社団法人日本道路協会：道路構造令の解説と運用
- 4) 構造計画研究所ホームページ
<http://www2.kke.co.jp/mas>

表 - 1 避難行動の類型化

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

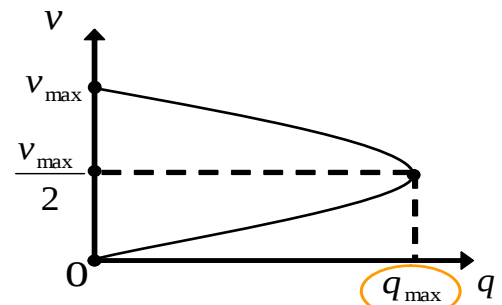


図 - 2 $q-v$ 曲線

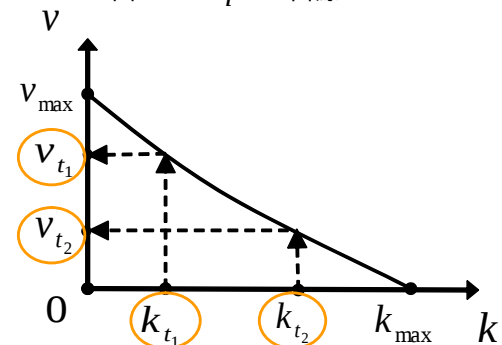


図 - 3 $k-v$ 曲線

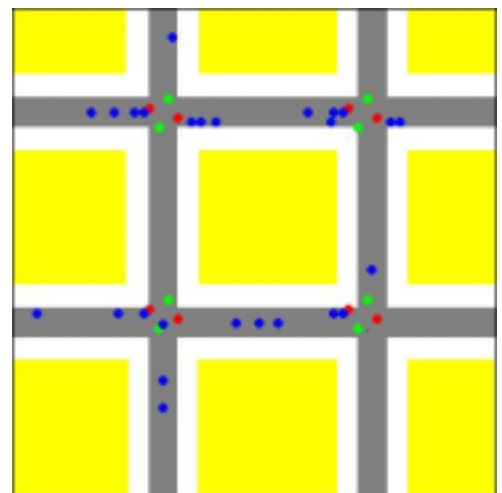


図 - 4 基礎シミュレーション画面