

自動車による避難シミュレーションシステムに関する研究

中央大学 学生会員 ○ 西村 匡史
中央大学大学院 学生会員 藤山 麗
中央大学大学院 学生会員 中村 麻菜美
中央大学 正会員 樫山 和男

1. 研究背景と目的

我が国では、地震の発生率が非常に高く、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では津波により甚大な被害を受けた。この巨大災害を契機としてハード面への過度に依存した防災対策には限界があり、ハード面とソフト面の両面からの対策が重要視されるようになった。その中で地震や津波に対するソフト対策の評価・検討手法の一つとして、避難シミュレーションに関する研究が広く行われている。東北地方太平洋沖地震による被災者へのアンケート調査¹⁾によると、自動車を利用した避難者は全体の約57%に上っており、今後の津波防災を考える上で自動車による避難行動を検証しモデル化することは重要である。

著者らの避難シミュレーションシステム²⁾には基本的な自動車の動作システムは実装されていたが、交通ルールは十分に考慮されていなかった。そこで本研究では避難シミュレーションシステムへの交通ルールの考慮及び動作システムの機能の向上を目的とし、自動車の避難速度及び車間距離の検討、一方通行の避難路などの考慮を行った。

2. シミュレーション手法

本研究で使用しているシミュレーションのフローチャートを図-1に示す。避難シミュレーションは5つのプロセスで構成される。避難シミュレーションでは個々の価値基準に従って自律的に行動できるエージェントが多数共存し、互いに影響を及ぼしあう環境を作り出すことができるマルチエージェントシステムを用いてシミュレーションを行う。マルチエージェントシステムの構築にはNetLogoを用いる。車両避難者は初期位置である駐車場や道路から避難すると仮定し、初期位置から最短距離にあるノードを選び移動する。避難者はノードに到達した時点で、隣接するノードの情報を基に経路選択を行う。

避難経路は式(1)に示す重力モデルによって決定する。 S は効用であり、避難者は S が最大となるノードへ向かう。

$$S = \frac{a}{s^\alpha} - \frac{b}{z^\beta} - \frac{c}{w^\gamma} \quad (1)$$

ここで、 s は避難所までの距離、 z は標高、 w は水際線からの距離である。 a, b, c は変数に対する重みであり、値が大きいほど効用に占める割合が大きくなる。 α, β, γ は変数に対する空間距離の影響度であり、値が小さくなるほど遠くまで影響を及ぼす。

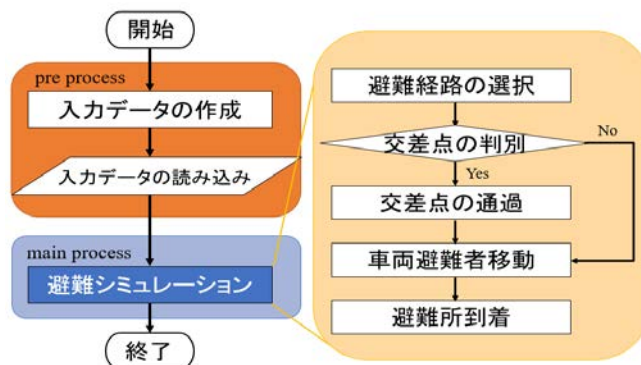


図-1 避難シミュレーションのフローチャート

3. 避難行動において考慮する要素

著者らの既往研究²⁾において自動車による避難シミュレーションで考慮している要素は、車間距離の確保、交差点の通過時の優先順位、地区ごとの避難所区分け、浸水済み避難経路の回避である。以下に本研究において考慮する要素を示す。

a) 避難速度と車間距離

車間距離を確保するための最適速度モデル³⁾として、新たに式(2)に示す運動方程式を用いる。これは、道路上を走行する車列について、車間距離及び現在速度を参照することで自動車それぞれの加速度を決定するモデルである。

$$\frac{d^2 x_i}{dt^2} = a \left\{ V(\Delta x_i) - \frac{d^2 x_i}{dt^2} \right\} \quad (2)$$

ここで、 $x_i(t)$ は時間 t における車両避難者 i の位置、 a はドライバーの反応が速いほど値が大きくなる感度、 Δx_i は同車間距離である。式(2)の加速度から車両避難者の位置と速度が求まる。また、 $V(\Delta x_i)$ は最適速度関数であり、式(3)に示す通りである。

$$V(\Delta x_i) = \frac{v_{max}}{2} \{ \tanh(\Delta x_i - x_L - x_c) + \tanh(x_c) \} \quad (3)$$

ここで、 v_{max} は車両避難者の最高速度、 x_L は車両長、 x_c は安全距離である。すなわち最適速度関数は、車間距離が短い場合は0、十分車間距離が開いた場合は最適速度へと漸近する。この最適速度に近づくように車両避難者の加速度式が式(2)によって決まる。また本研究では解析条件として感度 a を0.5、車両長 x_L を4.7m、安全距離 x_c を15mとした。

KeyWords： 避難、シミュレーション、マルチエージェントモデル、自動車、交通ルール

連絡先： 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL：03-3817-1815 E-mail :a18.tjyt@g.chuo-u.ac.jp

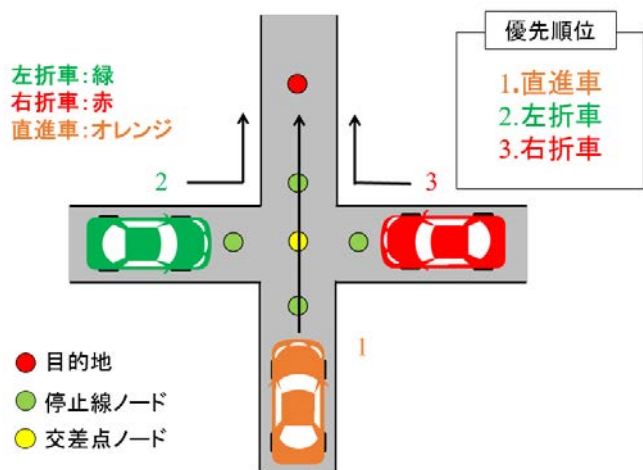


図-2 交差点における優先順位及び色分け

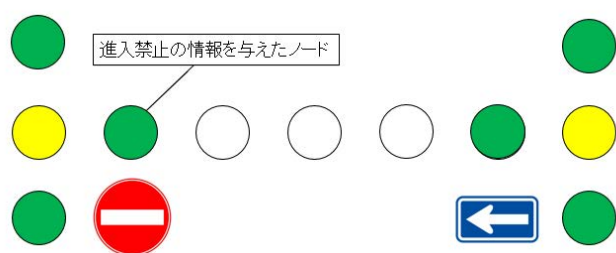


図-3 一方通行の避難路

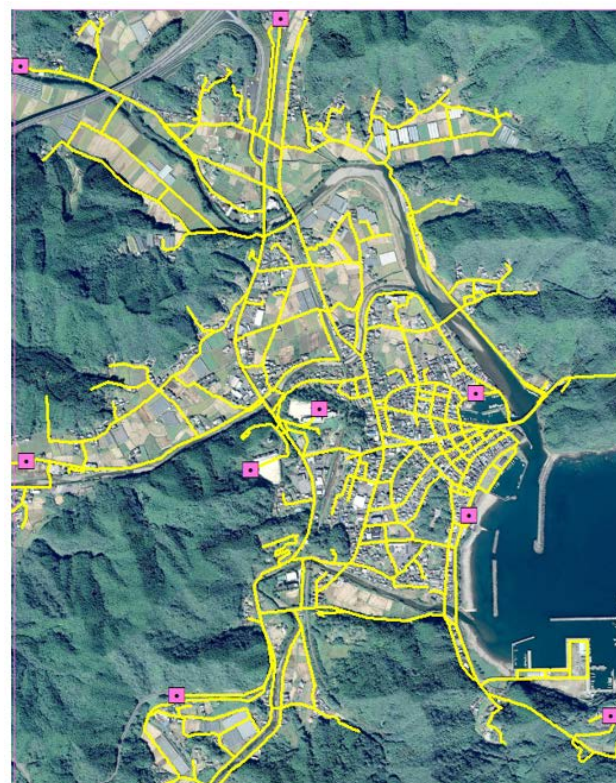


図-4 避難路と避難所

b) 交差点通過時の優先順位及び色分け

交差点におけるノードにはそれぞれ停止線・交差点の情報を付与する。停止線のノードには右折・左折・直進を判断するための方向の情報を持たせ、車両避難者が停止線ノードに到達した際、避難者の進行方向に従い自動車の色を変化させる。交差点内において車両避難者は直進車・左折車・右折車の順で通過する。交差点内における車両避難者の色分けは図-2に示す通り、直進車はオレンジ色、左折車は緑色、右折車は赤色とする。また、交差点では地震による停電を想定し、信号は機能しないものと仮定するため、本研究では新たに交差点通過時は停止線のノードで一時停止した後、時速10kmで徐行するように設定した。

c) 一方通行の避難路

避難経路上には一方通行の道が含まれることが考えられるため、避難路の進行方向による通行の制限を考慮する。図-3に示す通り、一方通行の避難路の出口に該当する停止線ノードに進入禁止の情報を持たせることで、入り口側の交差点からのみ通行可能とする。

d) 避難所の指定

自動車避難を行う場合、同じ地区に住んでいても避難者によって最短距離や標高などの優先順位が異なる場合がある。そのため避難者それぞれが向かう避難所をあらかじめ指定する。

4. システム適用例

前述の要素を考慮し避難シミュレーションを実行する。本研究では高知県中土佐町久礼地区を対象地域とし、図-4に示す通りシミュレーション範囲を南北2653m×東西2077m、車両避難者を270台、避難所を9か所、ノード間隔を5mに統一した。結果は講演時に示す。

5. おわりに

本研究では、既往の車両避難シミュレーションにおいて、新たに交通ルールの考慮及び動作システムの向上を目的とし、自動車の避難速度及び車間距離の検討、一方通行の避難路の考慮などを行った。また、車両避難者の制限速度内での動きの確認、一方通行の交通ルールに従った車両避難者の動きの再現を試みた。

今後の課題として、避難所周辺における駐車場の考慮、渋滞を考慮した避難シミュレーションへの拡張が挙げられる。

参考文献

- 1) 中央防災会議、東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告、2011
- 2) 近真弥、金澤功樹、大川博史、樫山和男、マルチエージェントモデルを用いた津波避難シミュレーションの適用性向上に関する研究、第46回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、I-75, 2p., 2019
- 3) 西畑 剛、森屋 陽一、安野 浩一朗、今村 文彦、津波からの避難車両のモデル化と渋滞等の評価、土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.68, No.2, p.L1316-L1320, 2012,