

# 自動車の利用による津波避難シミュレーションシステムの構築

中央大学大学院 学生員 ○川辺 超史  
 (株)エイト日本技術開発 正会員 大川 博史  
 中央大学 正会員 檜山 和男

## 1. はじめに

近年、わが国では大規模な自然災害が頻発しており、これらが及ぼす人的被害を最小限に抑えることは必須である。そのため、防災・減災対策の評価及び検討として避難シミュレーションを用いる研究が幅広く行われている。また、避難移動の際には徒歩での移動が原則であるが、自動車自身が個人の財産であることや、避難者の位置が避難場所から遠い場合や徒歩での避難が困難な場合などがあることから、自動車での避難が多くの割合を占めている。それにより、渋滞のおそれや徒歩による円滑な避難が妨げられるおそれがあるため、人と自動車の共存場における避難シミュレーションシステムが必要とされる。

本研究では第一段階として自動車のみを考慮した津波避難シミュレーションシステムの構築及び検証を行う。また、システムの開発には Fortran 言語を用いた。

## 2. 津波避難シミュレーションシステムの概要

本システムでは入力データに自動車のデータ（初期位置座標、移動速度）、津波遡上解析のデータ及び避難経路のデータ（ノード座標、隣接関係、避難所までの距離）を用いる。図-1に避難行動のフローチャートを示した。

### (1) 避難経路

本研究で構築した津波避難シミュレーションシステムは、分岐点（ノード）とリンクからなるネットワークモデルで表現される。図-2は避難経路例であり、数字は分岐点を示し、英字はリンクを示す。また、分岐点の隣接関係（表-1）を用いて自動車は経路選択

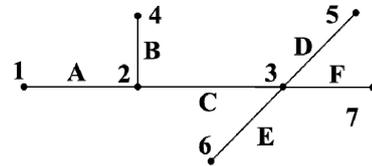


図-2 避難経路例

表-1 分岐点の隣接関係

| 分岐点 | 合計隣接数 | 隣接点1 | 隣接点2 | 隣接点3 | 隣接点4 |
|-----|-------|------|------|------|------|
| 1   | 1     | 2    |      |      |      |
| 2   | 3     | 1    | 3    | 4    |      |
| 3   | 4     | 2    | 5    | 6    | 7    |
| 4   | 1     | 2    |      |      |      |

を行う。なお、本シミュレーションでは全ての道路を2車線とし、各車線の幅を3mに設定した。

### (2) 交通流シミュレーションモデル

本手法で用いた交通流シミュレーションモデルはセルオートマトンモデル<sup>1)</sup>を参考にした。各自動車は前方の自動車との車間距離を各時間ステップに算出する車間距離が2.5m以上の場合では避難速度は変化せず、2.5m未満の場合には0km/hとなるように設定した。また、簡単のため自動車での避難では引き返さないように移動を制限させた。

### (3) 自動車の経路選択

初期位置からノードに到着するまでは最短距離のノードを検索し移動する。自動車の経路選択は経路分岐点に到達した時のみ式(1)に示す重力モデルより行う。式(1)において、効用Sが最大となる隣接点の移動を選択させる。

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

避難所までの距離をs[m]、標高をz[m]とし、ここで、 $\alpha$ 、 $\beta$ は各変数に対する空間距離の影響度であり、値が小さいほど遠くまで影響を及ぼすことになる。また、a、bはそれぞれの変数に対する重みであり、値が大きいほど全体の効用に占める割合が大きくなる。

### (4) 交差点

交差点に到着した自動車は直進・右折・左折によって交差点内の動きが図-3のように制御される。停止判定ラインに進入した際に信号機が赤現示の場合は速度を0km/hとし青現示の場合は設定した自動車速度になる。

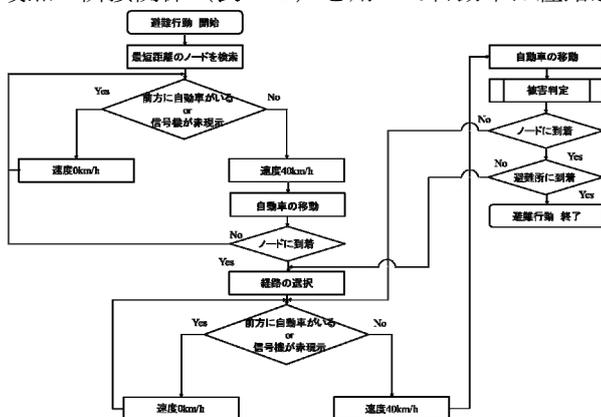


図-1 避難行動のフローチャート

キーワード 避難行動, 津波, 交差点, 可視化手法

(5) 被害判定

図-4は被害判定のフローチャートを示す。津波は自動車の避難速度に影響を与えるため、自動車が浸水域に存在する場合において、水深30cm以上では避難速度は0km/hとし、水深30cm未満では避難速度に変化を与えないものとした。これは30cm未満では流体による抵抗は減速の原因になるが、移動速度は常に運転者の任意の速度になるためである。また、水深が30cm以上の場合では自動車のマフラーの高さを超えてしまいエンジンの故障が考えられるためである<sup>2)</sup>。

3. 可視化手法

本手法では移動した位置に自動車のモデルを重ね合わせて可視化を行った。しかし、自動車の進行方向に車体を向ける必要があるため、自動車モデルの座標を1ステップ前の座標を中心とした回転移動の一次変換を行う。これにより避難者目線の可視化結果などを作成することが可能となる。

4. 適用例

本システムの妥当性の検証を行う。図-5にシミュレーション領域と津波解析結果を示す。津波解析結果はVOF法を用いた有限要素法解析<sup>3)</sup>により得た。なお、浸水状況は避難解析時間とリンクしている。シミュレーション条件は、微小時間増分を0.05秒、自動車の速度を40km/hとした。また、合計自動車台数を15台とし、出発地点から3パターンの流入交通量(Q1:台/3秒, Q2:台/4秒, Q3:台/5秒)を設定した。本解析では信号を考慮しない場合において、避難開始時間の違いによる、目的地に到着した自動車の台数を検証した。図-6に避難開始時間と目的地到着台数との関係を示す。避難開始時間が遅れることにより目的地の到着台

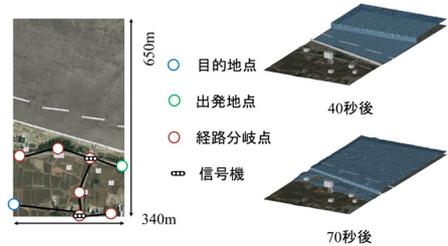


図-5 シミュレーション領域及び解析結果

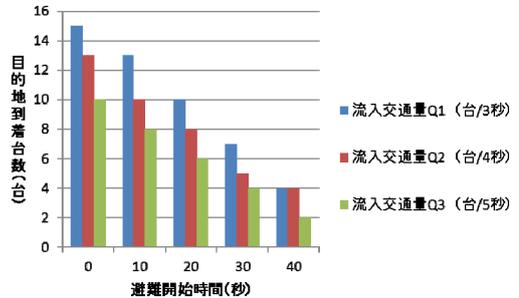


図-6 避難解析結果

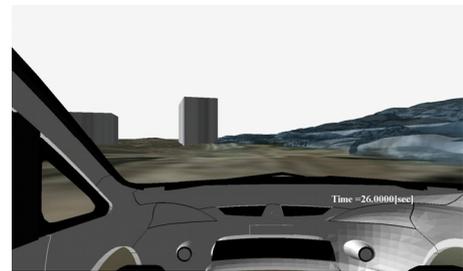


図-7 交差点付近の可視化結果

数が減少することを確認した。また、図-7は交差点付近での避難者目線の可視化結果であり臨場感を得ることが可能となった。なお、信号機を考慮したシミュレーション結果は発表時に示す。

5. おわりに

本研究では、自動車の利用による津波避難シミュレーションシステムの構築と検証を行い、以下の結論を得た。

- ・ 避難開始時間が遅れることにより目的地の到着台数が減少することを確認した。
- ・ 運転者目線の可視化結果を作成することにより臨場感を得ることが可能となった。

今後の課題として、本システムの検討、複雑な交通流モデルの導入及び徒歩と自動車による津波避難シミュレーションシステムの構築が挙げられる。

参考文献

1) 大鑄史男, 小野木基裕, セルオートマトン法による避難流動のシミュレーション, 日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌, Vol.51, pp.94-111, 2008  
 2) 桑沢敬行, 片田敏孝, 及川康, 児玉真水, 洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用, 土木学会論文集, Vol.64, pp.354-366, 2008  
 3) Fumuro, T. Seizo, T. and Kazuo, K : Largr-Scale Tsunami Simulation Based on Three-Dimensional Parallel SUPG-VOF Method, APCOM and ISCM, 2013

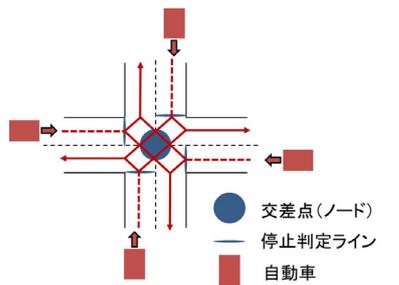


図-3 交差点での自動車の制御

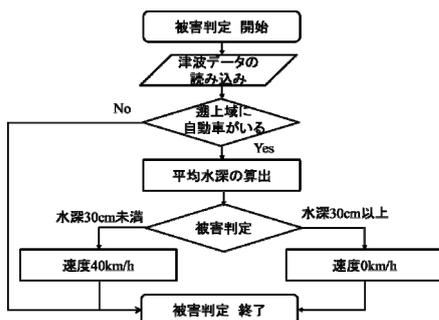


図-4 被害判定のフローチャート