

マルチエージェントモデルを用いた自動車の 水害避難シミュレーションに関する研究

中央大学
中央大学
中央大学大学院
エイト日本技術開発
中央大学

学生員 荻 泰樹
学生員 陳 育星
学生員 花澤 広貴
正会員 大川 博史
正会員 櫻山 和男

1. はじめに

我が国では台風や地震、津波など自然災害が頻発し、それにより多くの人的被害がもたらされている。これらの自然災害が及ぼす人的被害の把握を行うことは防災・減災対策を講じる上で重要である。近年、防災・減災対策の評価及び検討の手段の1つとしてマルチエージェントモデルに基づく避難シミュレーションが注目され幅広く研究が行われている¹⁾。一方、国土交通省の調査²⁾によると東日本大震災において自動車による避難者はおよそ半数を占めていた。従って、避難シミュレーションを行う際には、歩行者だけでなく自動車による避難についても検討する必要がある。

本研究では著者らが従来開発したマルチエージェントシミュレータ³⁾に対して、自動車による避難も考慮したシミュレーションを行うことを目的とする。本論文ではその第一段階として、自動車による避難のみを考慮した避難シミュレーションモデルの構築を行った。本システムの妥当性を検討するため高知県中土佐町久礼に適用し、避難開始時間の違いによる被害者数の比較を行った。なお、システムの開発には NetLogo5.3.0 を用いた。

2. 水害避難シミュレーションシステム

本研究で構築した津波避難シミュレーション及び避難行動は図-1に示す手順で行われる。自動車は避難所までの最短経路を判断要因として避難経路を決定し、周囲の自動車の通過状況、走行する避難経路の規制速度を把握し移動するものである。エージェント毎に相互作用を与える手法としてマルチエージェントモデルを用いる。また避難経路はノード(分岐点)とリンクで構成されたネットワークモデルで表される。本システムではシミュレータへの入力データ及び避難経路の作成に GIS を用いた。

(1) 経路分岐点の選択

自動車は駐車場から避難を開始することを想定している。自動車は初期位置から最短距離の経路分岐点を検索し、避難経路へ移動する。自動車の経路選択は経路分岐点に到達した時点でを行う。経路選択は、隣接した経路分岐点の情報を取得し避難所までの距離情報を基に決定する。避難所は分岐点上に配置されており、自動車が避難所に到達した時点で避難を終了する。

経路選択を行うモデルとして(1)式で表される重力モデル式を用いた。自動車は隣接した経路分岐点の効用 S の内最大となる隣接点、つまり目的地として定めた避難所から

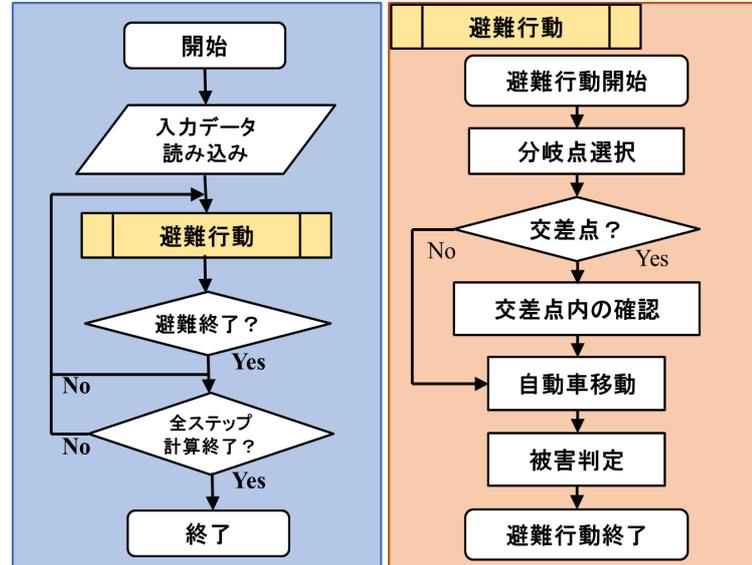


図-1 津波避難シミュレーション、避難行動のフローチャート

最も近い隣接点へ移動する。

$$S = \frac{a}{s^\alpha} \quad (1)$$

ここで、 s [m] は避難所までの最短経路。 a は変数に対する重みであり、値が大きいくほど全体の効用に占める割合が大きくなる。一方、変数 α は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。

(2) 避難速度の設定

自動車の避難速度は実地での規制速度を適用する。また規制速度が設けられていない狭い道路には最高速度 30km/h を避難速度と仮定した⁴⁾。また交差点は徐行して通過するものとし、速度 10km/h とした。自動車は避難行動時、現在の分岐点の規制速度に合わせ避難速度を変更する。

(3) 交差点での自動車通過の優先順位

自動車は図-2に示すように交差点手前の一時停止線に到達した時、始めに「右折」、「左折」、「直進」の判定を行う。「右折」、「左折」、「直進」の判別は現在の分岐点と交差点を通過した後の分岐点との位置関係より決定する。そして自動車通過の優先順位を判定する。国土交通省が行った東日本大震災の際の調査²⁾では、避難路の問題点として「信号が点灯していなかった」と回答した人が最も多かったため避難路は交通整理が行われていないと仮定する。そして以下の基準に基づいて交差点通過時の自動車の優先順位を

KeyWords: 避難行動, マルチエージェントモデル, 自動車

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 E-mail ogi.taiki@civil.chuo-u.ac.jp

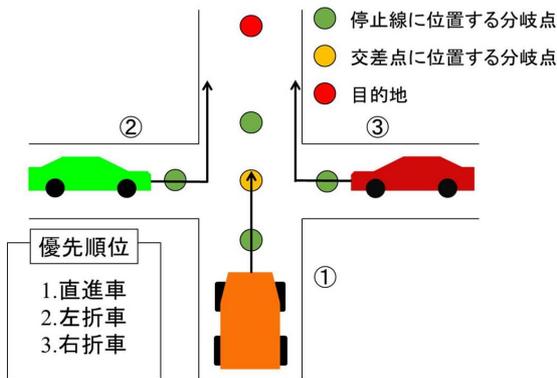


図-2 交差点における優先順位

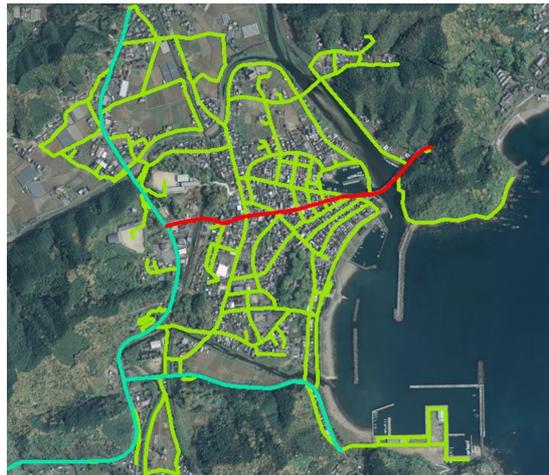


図-3 対象地域の避難経路及び避難速度全体図

決定する。

- 直進車を最優先とする
- 右折車は直進車又は左折車の進行を妨げない

3. 適用例

シミュレーション領域は高知県中土佐町久礼周辺の縦1650m × 横1900mの範囲とした。図-3に対象地域の避難経路及び避難速度全体図を示す。計算条件として、対象領域に自動車数50台、避難所数9箇所、分岐点1241個を配置し避難シミュレーションを行った。シミュレーション開始時間は地震発生時間とする。津波はシミュレーション開始から32分後に対象領域に到達する。図-4に、実際のシミュレーション実行例（シミュレーション開始から35分の様子）を示す。避難開始時間をシミュレーション開始時から1分毎に変化させた被害者数の比較を行った結果を図-5に示す。図-5よりシミュレーション開始29分後から被害者数が大きく増加することが確認できた。要因は海辺近くの避難所へ避難する避難者の避難行動が遅れたことにより津波の被害に遭ったためであると考察できる。また、シミュレーション開始から35分後のケースが被害者数は最も多いが、それ以降被害者数が減少している。これは津波が引いたことにより海辺付近の避難所までの冠水していた避難経路が再び確保されたためである。

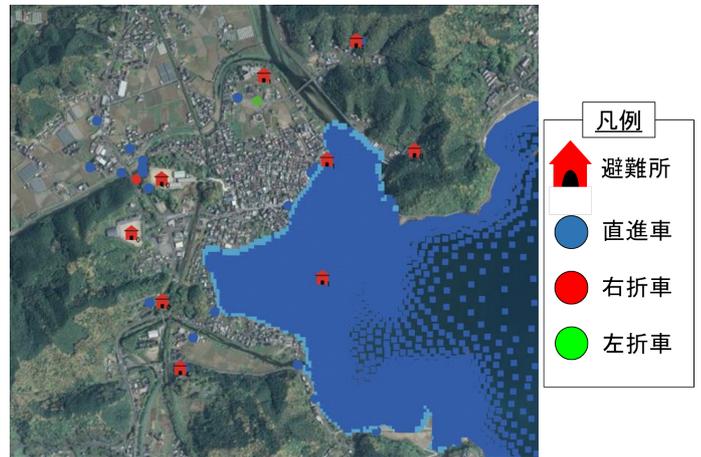


図-4 シミュレーション適用例（シミュレーション開始から35分後）

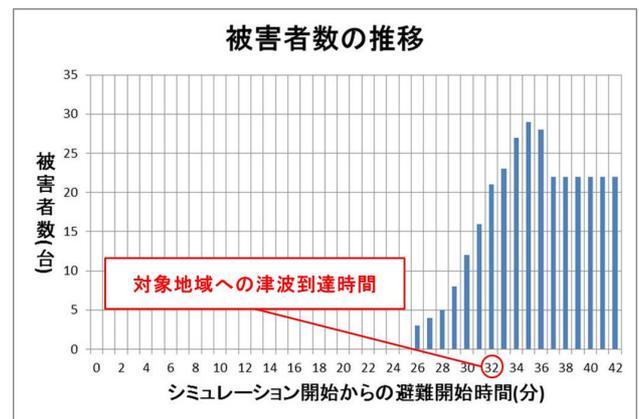


図-5 避難開始時間別の被害者数の比較

4. おわりに

本報告では、従来のマルチエージェントシミュレータの改良として、自動車の避難シミュレーションモデルの構築・避難開始時間をシミュレーション開始から1分毎に変化させたシミュレーションを行い被害者数の比較を行った。その結果、避難開始時間が遅れるほど被害者数が増加することを確認した。今後の課題として以下が挙げられる。

- 自動車の行動モデルの向上
- 車間距離を考慮した避難行動
- 歩行者と自動車の混合避難モデルの構築
- 津波による建物倒壊を考慮したシミュレーション

参考文献

- 1) 熊谷兼太郎：2011年東北地方太平洋沖地震津波の避難行動への津波避難シミュレーションの適用性 国土技術政策総合研究所資料 ISSN 1346-7328 第742号 平成25年6月
- 2) 国土交通省：東日本大震災の津波被災現況調査結果 2011年12月
- 3) Keisuke Uno, Kazuo Kashiya : Development of Simulation System for the Disaster Evacuation Based on Multi-Agent Model Using GIS TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY ISSN 1007-0214 56/57 pp348-353 VPol-ume 13, Number S1, October 2008
- 4) 内閣府：平成22年度交通事故の状況及び交通安全施策の現況, http://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/h23kou_haku/zenbun/genkyo/topics/topic_01.html