

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

中央大学 学生員 ○ 近 真弥
中央大学大学院 学生員 金澤 巧樹
エイト日本技術開発 正会員 大川 博史
中央大学 正会員 樫山 和男

1. はじめに

我が国日本は災害大国である。特に地震の発生が多く、世界で発生している震度 6.0 以上の地震のうち 2 割は日本で発生している。また東日本大震災における死因のうち 9 割が津波による溺死であった。¹⁾ このことから災害対策としてハード面の対策では限界があり、ハード、ソフト両面からの柔軟な組み合わせが必要である。そして今日では、防災・減災対策の評価・検討をするために避難シミュレーションが重要とされ、研究が行われている。著者らは、これまで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手法の構築を行ってきた。

本報告では、既存の手法¹⁾の適用性の向上を図るため、新たに歩行疲労割引率、避難所の地区ごとの区分け、防災無線システムを考慮したシミュレーションを実施した。

2. ソフトウェア

本研究では、自らの価値基準に従って自分の行為を自由に選択できる自立的なエージェントが多数共存する環境を作り出すことができるマルチエージェントを用いてシミュレーションを行う。また、災害時における人間の避難思考及び行動は周囲の環境に大きく左右されるため、道路等の地形データの情報を作成し、対象領域に加える必要がある。地形データを作成するために GIS ソフトを用いる。本報告ではマルチエージェントシステムには NetLogo を、GIS ソフトには ArcGIS を用いる。

(1) 地形データの作成

ArcGIS を用いて地形データを作成する。国土地理院が提供しているデータを基に各世帯が建物から避難を開始する

と仮定する。避難者初期位置は建築物の重心とする。避難所は対象領域の情報を基に津波避難場所を設定し収容人数についての考慮をする。道路中心線はポリラインであり、ポリラインの頂点が分岐点となる。また分岐点は避難者が避難開始直後に建物から道路へ移動すると想定し、避難者初期位置から道路中心線まで最短距離となる位置に新たな分岐点を作成する。避難者は道路線上の分岐点間を移動するため分岐点には隣接関係を作成する。ノード及び避難者の作成例を図-1 に示す。

(2) 避難経路選択

避難者は建物内から避難すると仮定し、初期位置から分岐点までの最短距離の分岐点を選びその分岐点へ移動する。避難者の経路選択は分岐点に到達した時点で行われ、隣接した分岐点の情報を入手し、式 (1) で表される重力モデルによって決まる。 S は効用であり S が最大となる隣接点へ移動する。

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

ここで、 s は避難所距離、 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る。

3. システムの実行

(1) 対象地域

本報告では対象地域を高知県中土佐町久礼地区とし、シミュレーション範囲縦 2500m × 横 2100m、歩行者 3000 人、車両 170 台、避難所 26 か所と設定した。



図-1 ノード及び避難者の作成例

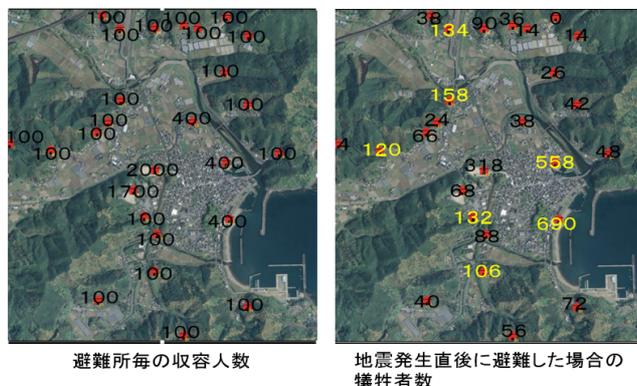


図-2 収容人数

KeyWords : 避難, マルチエージェントモデル, 歩行者, 自動車

連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1808 E-mail a15.gajr@chuo-u.ac.jp

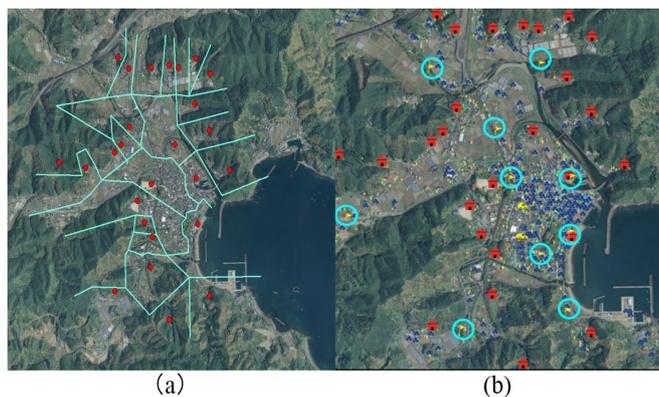


図-3 (a) 地区ごとの区分け, (b) 防災無線設置位置

(2) 考慮している要素

本研究では人と車が混在する避難シミュレーションを行うにあたり以下の点を考慮している：年齢別速度、勾配速度、自動車の交差点内の通過順位設定、適切な車間距離の確保、浸水済の避難経路を回避するシステム、避難場所の収容人数の考慮、自動車の歩行者優先走行、群集速度。

既往の研究¹⁾から新たに歩行割引率、避難所の地区ごとの区分け、防災無線システムの導入を行った。

歩行疲労割引率の考慮³⁾：避難行動が長時間になった場合、歩行避難者は疲労による速度低下が考えられることから式(2)を用いて歩行疲労割引率の考慮を行った。

$$r = \frac{1}{0.982 + \exp(1.12t - 4)} \quad (2)$$

ここで、 r は疲労による速度係数であり、 t は避難開始からの経過時間 (hour) である。

避難所の地区ごとの区分け：避難開始時間が早く住民の大多数が避難できるとしたとき図-2に示すように避難所の収容人数を越えてしまう場合がある。そのため対象地域を図-3(a)のように区分けし各避難者毎に優先的に避難する避難所を設定した。

防災無線システム⁴⁾：災害が発生した場合、災害の規模、状況をいち早く地域住民に伝達する必要がある。そこで、国及び地方公共団体が非常災害時における災害情報伝達手段として防災無線システムの整備が進められている。対象地域においてもこのシステムは整備されている為広報車、野外拡声器を利用した情報伝達システムを新たに取入れた。広報車、野外拡声器の設置位置を図-3(b)に示す。

4. シミュレーション結果

新たに加えた効果を検証するため、それらを考慮しない場合とのシミュレーションの比較を行う。ケース1：避難開始時間を地震発生30分後、防災無線システムの開始時間は地震発生25分後とする。シミュレーション結果を図-4に示す。防災無線システムによる情報伝達の成功によって早期避難者が増えた事により情報伝達に失敗した避難者が避難する際に群集密度、避難車両との相互作用が少なくなるため、犠牲者が減っていることが分かる。ケース2：5分毎に避難開

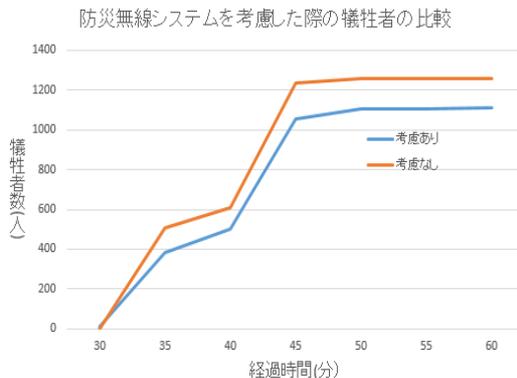


図-4 シミュレーション結果1

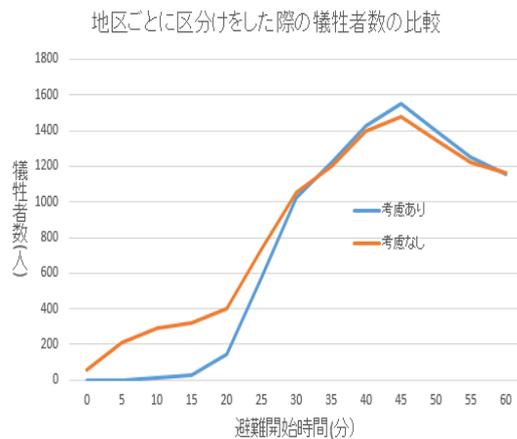


図-5 シミュレーション結果2

始時間変更したシミュレーション結果を図-5に示す。早期避難の際には収容人数を超える可能性があるため、避難場所を地区ごとに区分けした場合犠牲者が減らせることが分かった。一方避難時間が遅れた場合、収容人数を超える可能性が低くなり最短経路で避難する方が犠牲者は少なくなる。

5. おわりに

本論文では、既往の津波避難シミュレーションの改良として群集速度、避難所の優先順位、防災無線システム、年齢、地区別の避難開始時間の導入を行った。

今後の課題として、対象地域の特性に特化したシミュレーションが挙げられる。

参考文献

- 1) 橋本佳奈：「避難車両を考慮した水害避難システムの構築」, 第45回土木学会関東支部 (2017)
- 2) John J. Fruin (著者), 長島正充 (訳者), 歩行者の空間=理論とデザイン=, 鹿島出版会, 東京, 1977.
- 3) 片田敏孝, 桑沢敏行, 信田智, 小島優：「大都市大規模水害を対象とした避難対策に関するシナリオ分析」
- 4) 群馬大学 社会技術研究所 株式会社アイ・ディー・エー 「災害総合シナリオシミュレータ活用事例集」
- 5) 加賀谷俊介：「歩行調査に基づく単独歩行速度推定式の導入と津波避難シミュレーションへの適用」第16回土木学会四国支部 (2010)