

VR技術を用いた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 赳史
 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、避難行動を決定する際には周囲の状況、年齢、性別など様々な要因を考慮する必要があるため、マルチエージェントモデルが近年注目を集めている。

本研究は、既往の研究によって構築されたマルチエージェントモデルに基づく津波避難シミュレーションシステム¹⁾の適用性の向上を図ると共に、この結果を没入型VR装置を用いて可視化することを試みた。具体的には、建物の倒壊を考慮した津波シミュレーションとのリンクを行うと共に、避難者の年齢データ等を変更可能とすることを行い、VR空間において、津波と避難シミュレーション結果の合成表示を行った。

2. 津波遡上解析

支配方程式には非線形分散波方程式を用い、安定化有限要素法による建物を考慮した津波遡上解析²⁾を行った。建物はコンクリート構造物と木造構造物に分け、倒壊判定には飯塚らの指標³⁾を用い、各建物耐力値を指標の最大値(コンクリート造: 603kN/m, 木造: 49.0kN/m)を用いた場合と最小値(コンクリート造: 332kN/m, 木造: 27.4kN/m)を用いた場合の解析を行い、計2種類の遡上解析結果を用いて避難シミュレータの入力データとした。また、**図-1**は最大の浸水域を示したものである。図から耐力大の方が建物の影響により、遡上域が小さいことを確認できる。

3. 津波避難シミュレーションシステムの概要

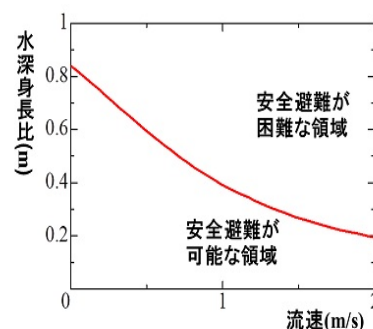
本研究で構築している津波避難シミュレーションは、避難者が避難所までの距離や標高などの要因を判断しながら移動するものであり、避難者が浸水域に存在する場合、**図-2**のように水深と流速によって、避難者の速度状況及び生存状況に変化を与える⁴⁾。また、シミュレータでは設定可能なパラメータとして避難者及び広報車の移動速度、避難開始時間などが挙げられる。システム適用例として現地をモデル化した津波遡上問題を取り上げる。なお、システム構築にあたり、正確な地理情報の獲得や避難経路の作成のためにGISソフト(ArcView9.1)を使用し、マルチエージェントシミュレータにはNetLogo(ver.5.0.2)を用いた。

(1) エージェントの概要

避難者は年齢データをあらかじめ設定され、シミュレータ上でそれぞれの歩行速度の選択ができる。また、情報伝達モデルとして広報車を取り入れる。



図-1 津波遡上解析結果(上: 耐力大, 下: 耐力小)



浸水状況	避難者の状態
水深0m	歩行速度変化なし
安全避難が可能な領域	歩行速度半減
安全避難が困難な領域	歩行速度0(m/s)

図-2 水中歩行速度

(2) 避難者の密度判定

各避難者について、ステップの開始時に判定角度、判定半径を設定し、その領域内に存在する避難者数によって(1)式を使用し歩行速度に変化を与える⁵⁾。また、本シミュレータでは角度30度、半径2mとした。

$$V = v - 0.17\rho \quad (1)$$

ここで、 V は密度を考慮した歩行速度[m/s]、 v は設定された歩行速度[m/s]、 ρ は密度[人/m²]である。

4. システム適用例

現地をモデル化した地域をシミュレーション領域とした。共通のシミュレーション条件は、微小時間増分量を1.0s、

KeyWords: 避難行動, マルチエージェントモデル, CAVE, 津波

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27



図-3 避難者の初期位置及び広報車の移動経路

初期人数 697 人, 65 歳以上 (身長 1.6m) の人数 210 人, 65 歳未満 (身長 1.7m) の人数 487 人とした。また歩行速度をそれぞれ 1.33m/s, 1.54m/s として避難所まで最短経路で移動することとする。なお、広報車については移動速度を 10km/h, 音源到達範囲を 150m として図-3 の走行経路で移動することとする。また、避難者は避難所を全て認知していないものとして、広報車が地震発生から移動を始める時間を変化させ、以下に示すシミュレーションを行った。なお、広報車が移動を始める時間は 20 分から 40 分間で 1 分おきに变化させ、計 42 通りのシミュレーションを行った。なお、Case1 では高齢者を考慮した場合としない場合での比較を行う。Case2 では建物耐力値が最大の場合と最小の場合の津波遡上結果での比較 (それぞれ高齢者を考慮する) を行う。

図-4 より、Case1 では 35 分以降では高齢者を考慮した場合では考慮しない場合と比べ犠牲者が増えているのがわかる。25 分頃に津波の第 1 波が堤防を乗り越えたため、犠牲者は海岸線に沿って避難していたことがわかる。また、39 分頃には津波の第 2 波が到着したため犠牲者の数の差が小さくなったと考えられる。一方、Case2 では建物耐力が大きい場合では小さい場合と比べ浸水域が小さいため犠牲者数に大きな差が確認された。また津波の第 1 波では建物の倒壊がなかったため、犠牲者数が同じ人数となった。

5. VR 空間への投影

解析結果、及び避難シミュレーションはそれぞれ異なるソフトを用いて可視化しており、それらの可視化映像を合成し没入型 VR 装置へと投影する。なお、本研究ではそれぞれを合成させるために、Fusion VR(KGT,FiatLux)を用いて作業を行った。図-5 に VR 空間での浸水状況及び避難状況を確認している様子を示す。

6. おわりに

本研究では、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システムの適用性の向上及び結果を VR 空間に投影することを行い、以下の結論を得た。

1. 年齢を考慮したことにより、現実の条件に近いシミュレーションが可能となった。
2. 異なる浸水データを用いて比較をすることにより、建物耐力値が大きい場合では犠牲者が少なくなるこ

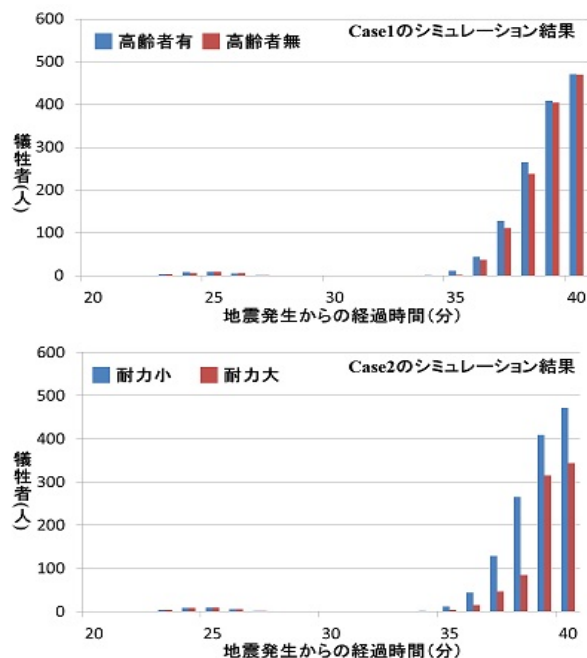


図-4 各 Case のシミュレーション結果

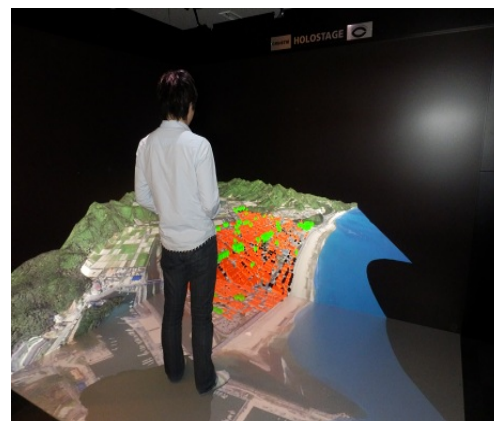


図-5 VR 空間から津波の浸水状況と避難者の行動を確認している様子

とが確認された。

3. VR 空間に投影することで様々な角度から遡上状況及び避難状況を確認することが可能となった。

今後の課題として、歩行者の避難行動モデルの向上、自動車での避難を考慮したシミュレーションの検討を行い、最終的には VR 技術を用いた避難行動疑似体験システムの構築を行うことを目指す。

参考文献

- 1) 宇野圭亮, 中矢琢士, 大川博史, 檜山和男, GIS を用いたマルチエージェントモデルに基づく災害避難シミュレーションシステムの構築, 計算力学講演会論文集, Vol.12, pp.449-452, 2007
- 2) 利根川大介, 檜山和男: 安定化有限要素法による非線形分散波理論に基づいた津波遡上解析手法の構築研究, 応用力学論文集, Vol.12, pp.127-134, 2009
- 3) 飯塚秀則, 松富英夫: 津波遡上流の被害想定, 海岸工学論文集, vol.47, pp381-385, 2000
- 4) 須賀知川: 水中歩行限界と避難・救助法に関する考察, 水工学論文集, vol.46, pp.839-844, 2002
- 5) 吉岡昭雄: 道路歩行空間の計画設計に関する交通工学的研究, 東京大学学位論文, 1979