

## マルチエージェントシステムを用いた津波避難タワーの導入効果の検証

徳島大学大学院 賛助会員 ○前川 壱成 徳島大学大学院 賛助会員 水口 竜一  
徳島大学 非会員 塚本 章宏 徳島大学 正会員 馬場 俊孝

### 1. 研究背景

日本列島は、1995年兵庫県南部地震、2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震等からわかるように、世界でも有数の地震多発地帯である。なかでも東北地方太平洋沖地震では津波による甚大な被害が出た。また、近い将来発生が予測されているのが南海トラフ地震である。これは、南海トラフに沿うプレート境界を震源とする海溝型地震のことで、約100～150年間隔で繰り返し発生している。過去にも、南海トラフ地震による大きな揺れや津波により、我々は被害を被ってきた。国土交通省<sup>1)</sup>によれば、南海トラフ地震による津波から人命を守るために様々な対策を講じることとしている。本研究では、対策のひとつで東北地方太平洋域地震以降積極的に整備された津波避難タワーの効果について着目する。(以降、津波避難タワーをタワーとする。)マルチエージェントシミュレーションを用いて、タワーの導入効果を定量的に議論する。

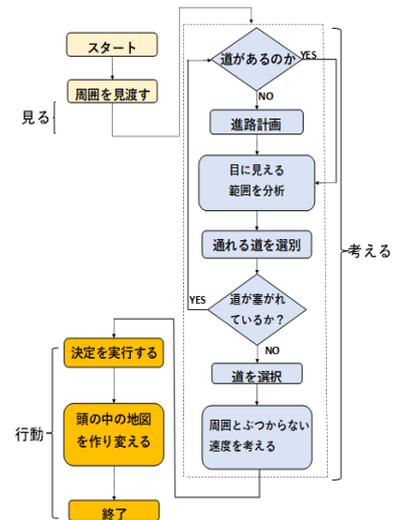


図1：エージェントの機能フローチャート

### 2. 避難シミュレーション概要

本研究ではエージェントモデル<sup>2)</sup>を利用して避難シミュレーションを実施した。このシミュレーションは「エージェント」と「環境」から構成される。本研究の場合、エージェントは避難者、環境は建物、避難所、道路に対応する。地震発生後、エージェントは設定した待機時間経過後、避難を開始する。避難を開始したエージェントはフローチャート(図1)に基づいて動作し、見る、考える、行動する3つのカテゴリに分けられる。エージェントは、周囲を見渡し逃げられる道を探し、道を見つけると通れる道かどうかを判断する。もしその道が建物の倒壊などにより塞がれている場合は、再度、道路の探索を行う。道が塞がれていなければその道に移動するが、その際には周囲に他の避難者が存在するかどうかを確認して他の避難者にぶつからない歩行速度で移動する。周囲に他の避難者がいなければ設定した歩行速度で移動する。また、通れた道、通れない道を記憶する。避難場所に到着するまでこの一連の行動を繰り返す。

### 3. 対象地域のモデル化

本研究対象地域であるK町S地区を環境モデル化(図2a)した。図2のうち白色が道路や歩道、灰色が住宅地(通れない場所)、緑色が山間部、水色が水域、黄色が避難場所を表す。対象地域の緊急津波避難場所は、現状に合わせて6箇所とした。また、黒丸で囲んだ避難場所が対象地域の新設されたタワーである。さらに、対象地域における建物外観調査をもとに評価された建物倒壊リスクに基づいて、建物を倒壊・流出させた道路閉塞ケースもモデル化(図2b)した。



(a) 道路閉塞なし (b) 道路閉塞あり

図2：対象地域のモデル化

#### 4. 計算条件の設定

避難開始時間は内閣府の避難想定<sup>3)</sup>を参考に設定した。図3では時間が避難開始時間、百分率が避難開始エージェント率である。夜間は避難開始時間を昼間のそれにそれぞれ5分プラスした。また、エージェント数は1610人で、エージェントの初期位置は環境モデル内の道路上にランダムに配置した。なお、ランダムに発生させたエージェントが道路閉塞内や閉塞区間の中に位置すると避難出来ない。エージェントの移動速度は昼間が0.74m/s、夜間が0.6m/sとした。

#### 5. シミュレーション結果

図4aに道路閉塞なし昼間ケースの避難完了率と避難時間を示す。この場合、タワー導入により、すべてのケースにおいて避難時間の短縮がされ、避難完了率が増加した。次に、建物倒壊による道路閉塞を考慮(図4(b))すると、約45%のエージェントが閉塞箇所に関じ込められ、避難出来なくなった。また、タワーあり、なしにおいて避難完了時間はほぼ変わらなかった。避難完了までに閉塞なしの場合と比較して、約2倍~3倍の時間がかかった。

#### 6. まとめ

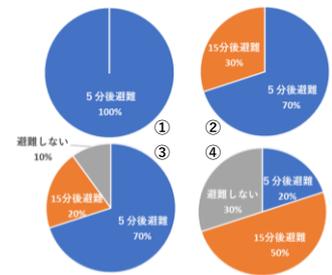
本研究では、マルチエージェントシミュレーションを用いて南海トラフ巨大地震による津波に対する津波避難タワーの導入効果を定量的に評価した。

(a)避難開始時間に違いを与えた16パターン

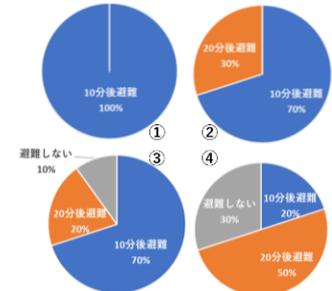
の計算では、すべてのケースにおいて、タワーの導入により避難時間の短縮がされた。次に(b)建物倒壊による道路閉塞を考慮したパターンの計算を行ったが、避難完了時間はタワー導入前後でほとんど変わらなかった。閉塞を考慮すると避難完了までに、閉塞がない場合の2倍~3倍以上の時間がかかった。よって、津波避難の効率化により人的被害を軽減させるためには、津波避難タワーの構築に合わせて、大きな揺れに襲われた際にも津波避難タワーまでたどり着ける経路の確保が重要である。

#### 参考文献

- 国土交通省：2. 南海トラフ地震・首都直下地震対策について、  
<http://www.mlit.go.jp/common/001040646.pdf>. (2018年2月9日閲覧)
- Leonel AGUILAR, Lalith WIJERATHNE, Tsuyoshi ICHIMURA, Muneo HORI, Seizo TANAKA: Mixed mode large urban area tsunami evacuation considering car-pedestrian interactions, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 71, No2(応用力学論文集 Vol. 18), I\_633-I\_641, 2015.
- 内閣府：南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要, 3. 人的被害,  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku\\_wg/8/pdf/sub2.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/8/pdf/sub2.pdf). (2018年2月9日閲覧)

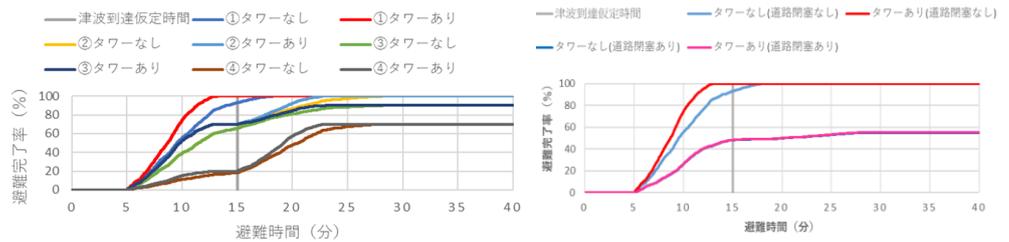


(1) 昼間



(2) 夜間

図3：避難開始時間



(a)道路閉塞なし(昼間ケース)

(b)道路閉塞あり(昼間①)

図4：避難完了率と避難時間のグラフ