

3. 地域と連携した防災活動に係る調査等

倉橋奨・横田崇・小池則満・正木和明・久島桃代・渡部豪

1. はじめに

地震、津波等の災害による被害の軽減を目的とし、各地で避難訓練が行われている。訓練内容や避難ルートは適切な評価が難しく、また、回数を重ねるごとに訓練の内容が画一的になる傾向があるなどの問題があり、参加者の防災意識にも影響を与えるものと思われる。これらの問題に対し、適切な評価、改善を行うには、避難ルートや避難時間をデータとして蓄積し、点検を行うことが不可欠である。そのため、毎年、愛知県田原市、愛知県南知多町、三重県志摩市で実施される避難訓練参加者にGPSを配布し、定点カメラやドローンによる撮影を併せ、避難経路や、避難の様子の観測を行い、評価を実施してきた。また、避難訓練参加者の防災意識を調査するため、アンケート調査を併せて実施してきた。しかし、本年度は、新型コロナウイルスによる影響で、各避難訓練は、中止または各家庭でのシェイクアウト訓練のみなど規模縮小となった。そこで本年度は、マルチエージェントシミュレーションにより、①道路閉塞を想定した避難シミュレーションおよび②看板識別率を考慮した避難シミュレーションを実施したので報告する。

2. 道路閉塞を想定した避難シミュレーション

三重県志摩市国府地区は、地区東部が太平洋に面した国府海岸を有しており、多くのサーファーや海水浴客が訪れる場所である。また、地区中央の標高が低い場所に住宅街が広がっており、津波避難場所は、海岸から約500m離れた地区西部の小高い丘に設定されている。なお、住宅街の道幅は狭く、車がぎりぎりすれ違えることができるほど道や車が通れない道も多くある。図1に当該地域の地図を示す。

昨年までの当該地域でのGPS等の調査では、南海トラフ地震による津波の浸水時間（地震発生から17分）までに88%の地区やサーファーの人が避難できると評価されている。一方で、地震発生時には家屋の倒壊や土砂災害による道路閉塞が考えられるため、それらを考慮した避難を考える必要がある。そこで、道路閉塞を想定した避難シミュレーションによる解析を行い、避難の可能性について評価を行った。

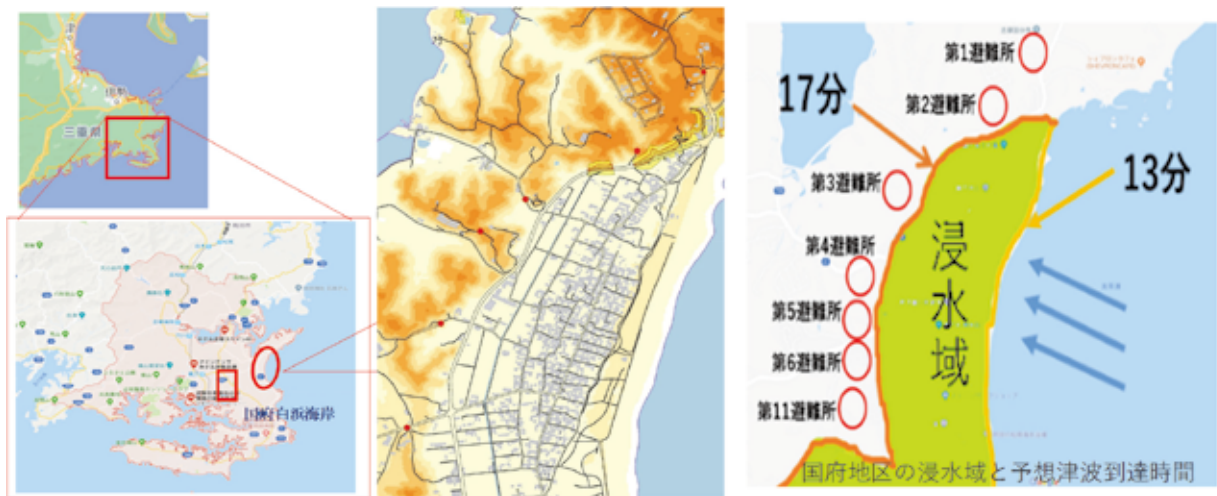


図1 三重県志摩市国府地区の地図および南海トラフ地震における津波浸水域

2.1 解析概要

本研究では株式会社構造計画研究所のマルチエージェントシミュレーションソフト（artisoc）を用いた。マルチエージェントシミュレーションとは、複数のエージェント（本研究では避難者）に同時進行的に各々のルールのもと、お互いに干渉（相互作用）を受けながら実行させるもので、自動車の渋滞や避難行動などの分析に活用されている。本研究では、そのシミュレーションのうち、ネットワークモデルを用いて解析を行った。ネットワークモデルとは、ノード（線の接続部）とリンク（ノード間の接続関係）からなるネットワーク上をエージェントが行動するモデルである。

エージェントの動きは次の通りである。地震が発生と同時に、エージェント（避難者）を発生させる。エージェントは指定された避難場所に向かい、分岐があれば最短経路を進む。最終的に避難場所へ到達し避難完了となる。

2.2 道路閉塞箇所の検討とエージェントの発生場所

道路閉塞箇所として2ケース設ける。1ケース目は建物倒壊、2ケース目は土砂災害によるものである。

建物倒壊による道路閉塞箇所は、以下のように設定した。震災に強い都市づくり・地区まちづくりの手引(2005)によると、1995年阪神・淡路大震災では幅員4m以下の道路の約70%が人も車も通行不可であったことから、「幅員4m以下で両側に建物がある道路」のうち70%の確率で道路閉塞箇所と設定した。幅員の計測は、国土地理院基盤地図情報からQGISの計測ツールを用いた。また、基盤地図情報の建築物から道路の両側に建物の有無を判断した。なお、道路の閉塞率が避難完了率にどれだけ影響を与えるかを検討するため、道路閉塞確率0%、5%、15%、35%、50%、100%でもシミュレーションを実施した。

土砂災害による道路閉塞箇所は、土砂災害警戒区域（通称：イエローゾーン）と特別警戒区域（通称：レッドゾーン）と重なる道路とした。なお、本報告書では、土砂災害による結果は紙面の制限上割愛させていただく。

エージェントの発生場所は、住民が在宅中を想定し、住宅地の交差点とした。エージェント数は149である。また、エージェントは国府地区の住民の年齢層を反映しすべて高齢者を想定し、歩行速度はWillis（2004）より高齢者の最遅速度0.54m/sとした。

図2に建物倒壊による閉塞箇所のケースの一例（右）と、エージェントの発生箇所（左）を示す。

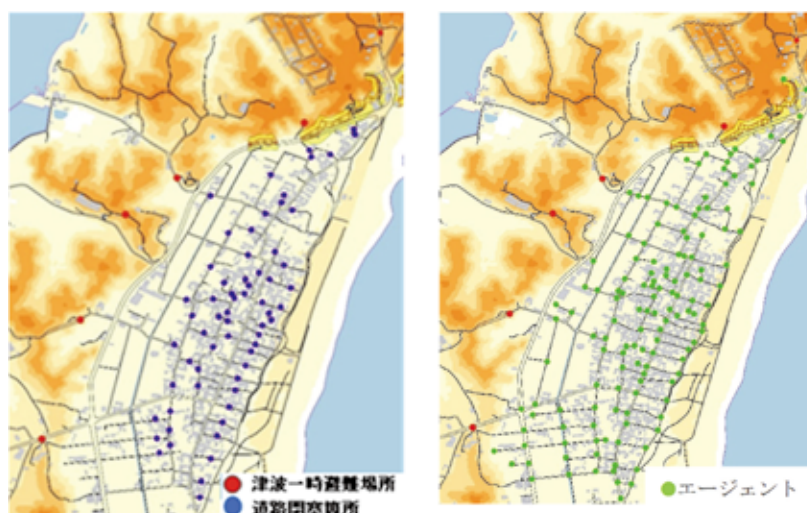


図2 建物倒壊による閉塞箇所のケースの一例（左）と、エージェントの発生箇所（右）

2.3 シミュレーション結果

2.3.1 道路閉塞がない場合

道路閉塞がない場合のシミュレーション結果を図3に示す。図3左より津波浸水開始時間（17分）以降に避難が完

了した人が見られる。昨年までの避難訓練による結果では、約80%の住民が津波浸水開始時間までに避難完了することができていたが、シミュレーションでは避難完了率が約50%となった。この違いとしては、シミュレーションでは、全員が高齢者の最遅速度0.54m/sとしたこと、避難訓練時は、限られた方のデータであることなどが考えられる。

2.3.2 道路閉塞確率70%の場合

図4中に、阪神・淡路大震災で実際に起こった道路閉塞確率である70%の結果を示す。図4の灰色線は、道路閉塞の場所を決める乱数を変えた10回分の試行結果である。道路閉塞の場所が変わることにより、避難完了率にも影響を与えることがわかる。試行回数10回における平均避難完了率は34.4%であった。道路閉塞により、避難経路が閉ざされたケースや、迂回により避難時間が長くなったためであった。

2.3.3 道路閉塞確率の違いによる避難完了率の変化

図5右に道路閉塞確率0%、5%、15%、35%、50%、100%における避難完了率のグラフを示す。グラフから0~15%は津波浸水開始時間に間に合う人の割合に然程変化はないことが分かった。また、15~35%にかけて避難完了人数の減りが大きくなり、35%を超えると避難できない人が増えることが分かる。道路閉塞確率が大きくなると、閉塞による迂回をすることが増え、避難経路が長くなり津波浸水開始時間までにたどり着くことができなくなる。図16のグラフの15~35%で、避難完了率が下がっている原因としては避難完了率に大きく関係する重要な道が閉塞されることが関係していると考えられる。



図3 道路閉塞がない場合（左）、道路閉塞確率70%の場合（中）、道路閉塞確率による避難完了率の変化（右）

3. 看板識別率を考慮した津波避難シミュレーション

愛知県田原市にある太平洋ロングビーチで、津波発生を想定してサーファーが高台まで避難する訓練を毎年行っている。図4左に当該地域の地図を示す。これまでに当該地域の避難訓練に参加したサーファーを対象に、GPSデータを用いた避難時間の調査や、アンケート調査を実施しており、その結果、避難場所を分からずにサーフィンをしている人が約50%いることが判明した。そこで、本研究では、看板の設置数および識別率による避難完了率の変化について避難シミュレーションにより算出した。

3.1 解析概要

本解析でも株式会社構造計画研究所のマルチエージェントシミュレーションソフト（artisoc）を用い、ネットワークモデルにより解析を行った。エージェントは、サーフィン時にサーファーが滞在する砂浜にランダムに配置し、地震発生とともに避難場所に避難する。避難場所までの経路は、実際の道路を設定し、交差点ではランダムに方向を決める。したがって、必ずしも最短経路を進むわけではない。一方で、看板の有無や看板の識別率により、避難場所に誘導するパラメータを設定した。図4右にシミュレーション上のエージェント発生場所の地図を示す。

3.2 避難場所と看板の設置場所

図4右に、避難場所と看板の設置場所の図を示す。看板は3種類を設定した。

- 1つ目) 重要看板：避難場所が近くにある、または見逃すと避難場所への到達が困難となる交差点に設置する看板。
- 2つ目) 最重要看板：避難開始場所から最初に向かう交差点、または最初に向かう交差点の近くにあり、エージェントが多く通る交差点に設置する看板。
- 3つ目) 既存の看板：現在すでに設置されている看板。

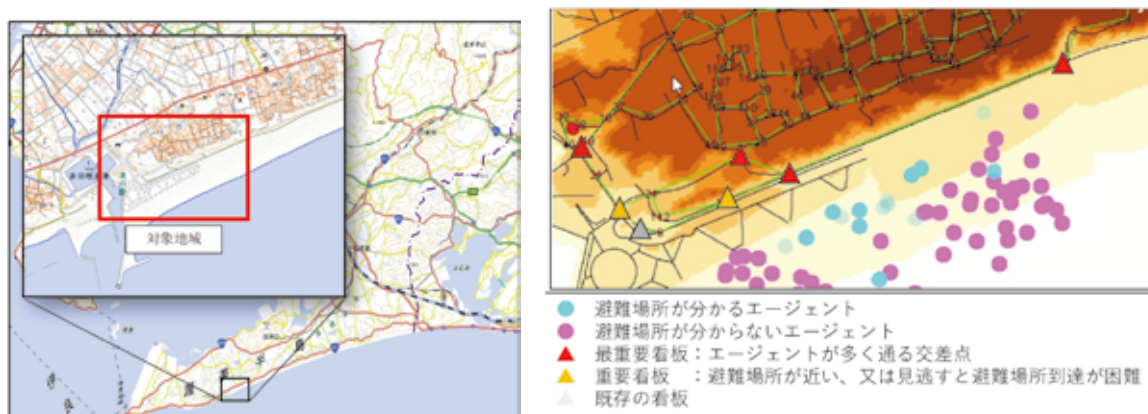


図4 田原太平洋ロングビーチ (左) とシミュレーション上の地図 (右)

3.3 解析結果

図5 (左) に避難場所が分かる人の割合が100%のケース (最短経路で避難) と避難場所が分からない人の割合が100%のケース (分岐点での進行方向をランダムで判断) での避難完了率のグラフを示す。避難場所が分からない場合でも、偶然避難場所にたどりつくが、避難完了率は20ポイント低下する結果となった。

次に、看板の識別率を0%、25%、50%、75%としたケースの結果を図5 (中) に示す。なお、エージェントは避難場所を分からない人の割合が100%である。解析の結果、看板の識別率が25%になれば最終的な避難完了率は約10ポイント上がる結果となった。すなわち、少しでも識別率を上げるため、看板を見やすくする、大きくするなどの工夫が重要と考えられる。

最後に、図5 (右) に看板数を0個、1個、3個、7個とした場合の避難完了率のグラフを示す。看板の数は多いほど避難完了率が高くなることが確認できた。

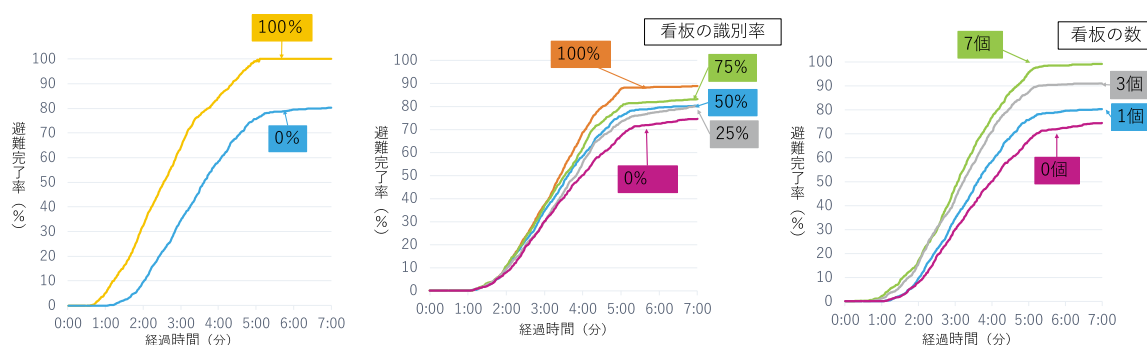


図5 避難場所の認識率別 (左)、看板識別率別 (中)、看板数別 (右) の避難完了率

4. おわりに

今後も引き続き、当該地域を対象として、避難訓練に関する調査研究およびシミュレーションによる分析を実施する。