

# 津波避難評価シミュレーションの開発と地域防災活動への導入

## 畠山満則・中居楓子

### Development of Tsunami Evacuation Evaluation System and its Application for Community Based Disaster Prevention Activity

#### Michonoru HATAYAMA and Fuko NAKAI

**Abstract:** It is important for each resident lived in coastal area to make a practical individual evacuation plan from the viewpoint of disaster mitigation. However, it is hard to estimate feasibility of his/her plan. In this paper, we develop an agent based simulation system for Tsunami evacuation evaluation in Mangyo area, which located in Kochi Prefecture in Japan and have a huge Tsunami risk with Nankai Trough Quake.

**Keywords:** 津波避難 (Tsunami Evacuation), エージェントシミュレーション (Agent Based Simulation), 地域ごとの避難計画 (Community Based Evacuation Plan)

## 1. はじめに

東日本大震災の発生を受けて、南海トラフ沿いで発生する大規模地震の対策を検討するに当たっては、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの地震・津波」を想定することが必要とされ、この考えに基づく災害想定が中央防災会議内に設置されたワーキンググループでなされてきた。2012年3月末には震度分布及び津波高（最小50mメッシュ）、同年8月末には最小10mメッシュの津波高及び浸水域等、2013年3月には施設等の被害及び経済的な被害が公表されており、同年5月には南海トラフ巨大地震対策について（最終報告）が公表された。

本研究では、最大クラスの地震・津波想定において、対象地域内で最大である34.4mの津波に襲

潮町内の1地区を対象として、住民避難を実現するための防災活動を支援するために開発した津波避難評価システムについて報告する。

## 2. 対象地域の概要

高知県黒潮町は2012年8月29日に内閣府が発表した南海トラフ巨大地震による最大クラスの津波の被害において、34.4mという最も高い津波高で注目されている場所である。その後12月10日に想定が改められ、万行地区は現在14mの津波高が想定されているが、津波到達までの時間は約20分程度であり、住民の避難体制の整備が急務である。万行地区は、人口約600人、約250世帯が暮らしており、中心部から海までは500m程度の海沿いの地区である（図1）。地区の近傍の高台は、町指定の避難所のある錦野地区、地区からは最も近い芝地区、地区からの高台までの道路が最も広く、通行の不安が少ない緑野地区などがあるが、最も近い芝までであっても、健常者の歩行速度で20分近くはかかるため、避難が困難な地域である。

畠山満則 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

京都大学 防災研究所

Phone: 0774-38-4333

E-mail: hatayama@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp

われる可能性があることが指摘された高知県黒

といえる。

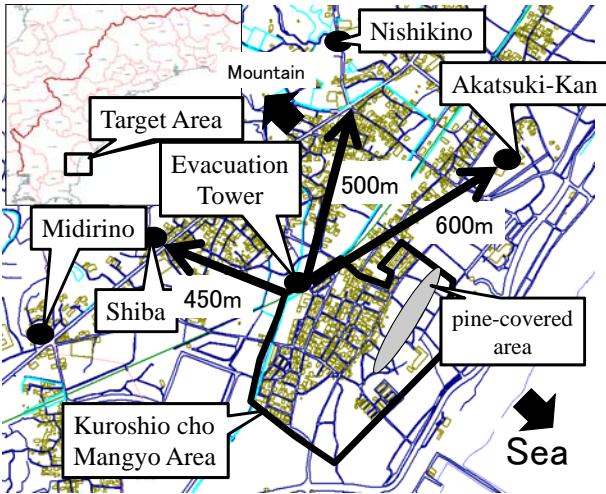


図-1 対象地域

地区の中心には津波避難タワー、北東には避難タワーの機能を持ったあかつき館があり、避難の助けとなることが期待されているが、地区の中心の津波避難タワー（200人収容）は高さ12mで、最新の想定ではじき出された14mの津波からの避難には対応できないため、新たにさらに高いタワーの建設が計画されている。

### 3. エージェント技法を用いた

#### 津波避難評価システムの構築

##### 3.1 システムの概要

開発したシステムは、図2のような構成となる。本システムは、エージェントベースのシミュレータ部分（以下、シミュレータ）と時空間地理情報システム（以下、時空間GIS）がデータベースを共有する形で構成される。前者は構造計画研究所の提供するマルチエージェントシミュレーションプラットフォームArtisoc（兼田、2010）上に、後者は、京都大学防災研究所がライセンスする時空間地理情報システムDiMSIS（畠山ら、1999）上に構築した。

シミュレーション部分で扱うエージェントは、住民と車であり、その基本となるデータはDBから供給される。この基本データは、社会調査の結果と対象地区の地理特性からなる。この地理特性については、公開されているデータをベースとして、時空間地理情報システム上でデータの整備を行い、DBに蓄積される。シミュレーション結果であるシミュレーションステップごとのエージェントの位置や方向は、DBを通して時空間GISに取り込まれ、津波シミュレーション結果と重畳される。エージェントの動きによる集計や評価はここでなされ、最後に時空間情報として可視化される。各コンポーネントの詳細については、以下の各節で説明する。

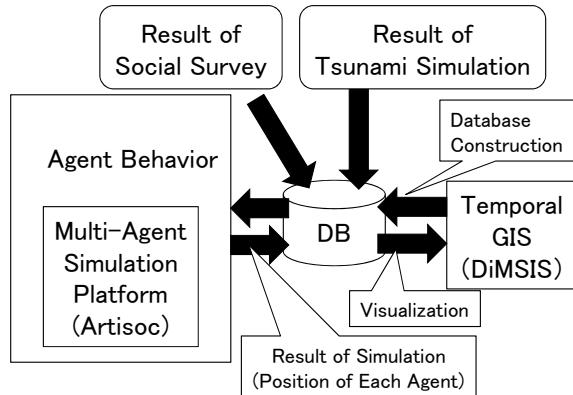


図-2 システム構成

##### 3.2 社会調査による基本情報の作成

本研究では、地域住民の災害行動を明らかにするため、全世帯に対して、インタビュー形式の社会調査を行った（中居・畠山、2013）。下記に、開発システムで利用した調査項目について示す。

###### ① 津波の際の避難場所について

津波の際にどこに避難するか、その避難場所を選んだ理由、避難するまでの不安、新しく建設予定の避難タワー（想定津波以上の高さ）が現在のタワーの隣に完成したら避難するか

###### ② フェイス項目

氏名、住所、年齢、避難に介助が必要か、同居する家族構成

###### ③ 避難方法について

避難手段（徒歩、自転車、バイク、車から選択）、

その避難手段を選んだ理由、自宅から避難場所までの所要時間、山まで逃げる場合の避難手段

#### ④ 避難行動について

地震が起きてから避難を始めるまでにしなければならないこと、避難を始めるまでに何分くらいかかるか、助けに行きたい人がいるか（いる場合その人の氏名、住所）

#### ⑤ 住宅について

築年数、耐震診断や補強、家具の固定の有無

#### ⑥ その他

日中いる場所、昭和の南海地震の記憶、期待する防災対策、地区の魅力など

### 3.3 ベースとなる地理空間情報

ベースマップとして、国土地理院が提供する1:2500の基盤地図情報（国土地理院）を利用した。この基盤地図情報は、境界を示す「行政区画界線」、「町字界線」、道路関連の情報である「道路縁」、「道路構成線」、鉄道関連の情報である「軌道の中心線」、建物関連の情報である「建築物」、「建築物の外周線」、水に関連する情報である「海岸線」、「水域」、「水涯線」、「水部構造物線」から構成されているが、このうち避難経路領域の作成のため「道路縁」、住居領域として「建物」を用いた（他の情報は時空間GISの背景として利用）。

避難経路は、交差点部分と交差点間を結ぶ移動経路部分に分割される。領域は50cmピッチで代表点を設けた。交差点部分の代表点には、その交差点を示すノード番号を与えていた。移動経路部分は、移動経路領域内を次の交差点に向けて移動できるように代表点に属性情報を与えている。経路を表すリンク番号を与え、経路につながる交差点のうち、小さいノード番号をもつ交差点を始点、大きい番号を持つものを終点として方向をつける。領域を、道路縁を含む三角形に分割し、道路縁を上記でつけた正方向に向かう時の角度を属性とする。

また、各ノードで最終目的地となるノードを指定すると、次に目指すべきノードを教示出来るよ

うにデータを整備した。この際には経路は最短経路探索アルゴリズムによってもたらされるものとした（住民が使う経路は、機械的な最短経路とならない場合もあるが、この地域では最短経路を避難経路としても問題ないことを、住民ヒアリングにより確認している）。

津波情報は、京都大学の鈴木助教より、中央防災会議の想定に基づいたシミュレーション結果を提供いただいた。

### 3.4 エージェントの設計

本シミュレータでは住民、自動車をエージェントとして設計した。自動車エージェントは自動車利用の可能性を示すためにモデル化したが、シミュレーション結果から、何らかのルール化なしでの利用は極めて困難であることがわかったため、ここでは住民エージェントのみを説明する。住民は、1エージェントが一人を示すものとし、避難行動を、避難開始場所、避難開始時間、避難先、避難経路、移動速度によりモデル化できるとして、以下のような属性を持つものとした。

避難開始場所：夜間を想定し、自宅とする

避難開始時間：地震の揺れにより動けない時間(Ts)、避難のための準備に要する時間(Tp)、家から道路にでるまでの時間(Tr)の合計値とし、Trは耐震化や家具固定の状況をもとに割り付ける。

避難先：新しいタワーができたことを想定し、調査結果から割り当てる。家族は同じ場所に避難するものとする。助けに行きたい人がいる場合は、その場所に最初に行き、その後に目的地に向かうこととした。

避難経路：避難開始場所と避難先を繋ぐ最短経路。

移動速度：国土交通省が東日本大震災における津波避難者からの聞き取り調査によって判明した速度をベースとして用いた（国土交通省都市局、2012）。具体的には、10歳以上70歳未満の人の平均速度を時速2.65km、10歳未満や70歳以上のは時速1.88km、子どもや高齢者と一緒に逃げる場合は時速1.96kmとなるように設定した。

また、エージェントは、経路上のみを移動し、経路上に障害物（倒壊物や車など）や別のエージェントが存在すれば回避するという単純なルールで振る舞うようにモデリングした。

#### 4. 地域防災活動での利用

黒潮町では津波による犠牲者ゼロを目指し、防災活動を行っている。対象地区でも、それを可能にするための対策を模索していた。本シミュレーションでは、考えられる対策を評価しその状況を可視化することで対策効果を感じ取ってもらうことを試みた。1つの対策だけでは、津波に追いつかれる人すべてを救うことができないため、複数の対策を積み重ねることによりこれらが可能であることを示した。

対策は、避難開始までにかかる時間を短縮することと、避難先を固定化しないことに分類される。避難開始時間は、 $T_s$ ,  $T_p$ ,  $T_r$ によって定義されているが、このうち  $T_p$  については、普段から持ち出しに持つなどを用意しておくことで、0に近づけることが可能である。また  $T_r$  については家具固定や部分耐震化など安価でできる対策を講じ、5分程度に抑えることができれば、津波に追いつかれる人の数が、1/4程度に減らすことができることがわかった。次に避難先であるが、山までの距離が遠いため、山に向かう最中に津波に追いつかれるケースが多いことがシミュレーションにより確認された。そこで地震発生から一定時間たら、山に向かって避難している人も避難先をタワーに切り替えることで避難可能な人が、劇的に増やせることができた（過去の経験から今回の想定では浸水してしまう場所に逃げると答えた人以外のすべての人が避難可能）。シミュレーションでは、地区の出口にあたる地点に、地震発生後10分以降に到達した人はタワーに折り返すことがよいことがわかった（最初からすべての人がタワーを目指すとタワーの許容量を超えてしまう）。

#### 4. おわりに

本稿では、南海トラフ巨大地震における最大クラスの津波想定において、地区全体が津波の被害にあうことが指摘された高知県黒潮町万行地区を対象として、開発した津波避難評価システムについて報告した。システムを用いていくつかの対策を評価し、効果的な対策を具体化できた。これらの対策案は、住民説明会やNHKの番組を通して地区住民に伝わっており、対策実現に向けた実地の訓練も実施されている。今後は、これらの訓練で得られた情報をシミュレーションにフィードバックし、システムをブラッシュアップすることで、評価精度を上げていく予定である。

#### 謝辞

本研究は、文部科学省からの支援を受けた「巨大地震津波災害に備える次世代型防災・減災社会形成のための研究事業－先端的防災研究と地域防災活動との相互参画型実践を通して－」の成果の一部である。また、調査にあたっては、NHK高知局、黒潮町役場と万行地区の方々に多大なご協力をいただいた。ここに記して、感謝の意を示したい。

#### 参考文献

- 兼田敏之 (2010) artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション 原理・方法論から安全・賑わい空間のデザイン・マネジメントまで、構造計画研究所、書籍工房早山。
- 畠山満則、松野文俊、角本繁、亀田弘行 (1999) 時空間地理情報システム DiMSIS の開発、GIS-理論と応用、Vol. 7, No. 2, pp. 25-33.
- 中居楓子、畠山満則 (2013) 住民の避難行動の分析および地域住民との連携による避難計画の検討と評価：高知県黒潮町における災害リスクコミュニケーションの事例研究、土木計画学研究・講演集、Vol. 47, CDROM.