

# 津波災害シナリオ・シミュレータを用いた 尾鷲市民への防災教育の実施とその評価

DISASTER EDUCATION FOR OWASE CITIZEN BY USING TSUNAMI SENARIO  
SIMULATOR AND EVALUATION OF THAT METHOD

片田 敏孝<sup>1</sup>・桑沢 敬行<sup>2</sup>・金井 昌信<sup>3</sup>・細井 教平<sup>4</sup>

<sup>1</sup>工学博士 群馬大学助教授 工学部建設工学科 (E-mail:t-katada@ce.gunma-u.ac.jp)

<sup>2</sup>修士(工学) 群馬大学大学院 工学研究科生産工学専攻 (E-mail:kuwasawa@ce.gunma-u.ac.jp)

<sup>3</sup>博士(工学) 群馬大学助手 工学部建設工学科 (E-mail:kanai@ce.gunma-u.ac.jp)

<sup>4</sup>群馬大学大学院 工学研究科建設工学専攻 (E-mail:hosoi@ce.gunma-u.ac.jp)

津波災害による人的被害の発生は、地震の規模や防災施設の整備状況に加えて、住民の避難状況により非常に大きな差が生じる。したがって津波対策では、従来のハード整備とともに、的確な災害情報の伝達や避難誘導、そして災害教育の実施により迅速な住民避難を実現させることが重要となる。この問題に対し筆者らは、災害情報の伝達状況や避難状況、そして津波による人的被害の状況を表現するシミュレータを開発した。このシミュレータは、津波防災の総合戦略検討ツールとして利用できることに加えて、災害時の状況を視覚的に分かり易く表現する防災教育ツールとしても効果的である。本研究では、三重県尾鷲市の住民に対して本シミュレータを用いた防災教育を実施するとともに、アンケート調査からその有効性について評価した。

**キーワード：防災教育、津波災害、シナリオ・シミュレータ**

## 1. はじめに

津波災害による人的被害の発生は、津波の規模や防災施設の整備状況に加えて、その時点での住民の避難状況により非常に大きな差が生じる。したがって、行政の津波を対象とした防災対策では、防潮堤や水門等の従来のハード施設の整備に加えて、住民への的確な災害情報の伝達や避難誘導等により、有事に地域住民が的確な避難行動を実施することができる体制を築いておくことが非常に重要となる。阪神・淡路大震災による教訓もあり現在では、近い将来に発生が予測されている東海地震、東南海地震、そして、南海地震などによる巨大津波の発生に対応するため、多くの自治体において確実な初動体制を実現するための地域防災計画の見直しが行われている。

一方、地域住民においては、公助のみに依存することなく、自らの判断に基づいて迅速な避難など適切な対応行動を実施するという自助や住民相互が共に助け合う共助によって、人的な被害の最小化を目指すことが求められる。しかし、筆者らが2003年5月26日の宮城県沖地震後に気仙沼市の住民を対象として実施した調査によると、津波による被害を避けるために避難した住民の割合は僅か1.7%と低いものであった実態が明らかとなった<sup>1)</sup>。幸いにもこの地震による津波は発生しなかったものの、仮に今回の地震の数分後に津波が襲来していた場合、人的

被害の発生は必至であったことは想像に難くない。このような津波災害時の低い避難率や津波警報の軽視などの問題は、これまでも多く指摘されており<sup>2),3)</sup>、これらの問題への対応が求められている。

筆者らは、このような問題に対応するために津波災害時の地域状況を表現するシナリオ・シミュレータの活用を検討している。このシミュレータは、行政による住民への災害情報の伝達から、住民の避難に関する意思決定と避難行動、そして、津波氾濫による人的被害の発生という津波災害時に見られる一連の社会状況を表現するものである。このシミュレーションに計算条件として住民や情報伝達施設、避難施設に関わる各種属性を設定することで、災害時における行政や地域住民の対応状況について空間的、時系列的なシナリオを表現することが可能である。また、津波の氾濫に関する情報を導入することにより、外力の状況とそれに対応する社会状況を反映した人的被害の発生状況を推計することが可能となる。このような機能を持つことから、本シミュレータは、行政が津波防災計画を検討するための総合的な危機管理ツールとして利用できるのに加えて、シミュレータによる計算結果を視覚的に表現することにより、各種防災対策の実施による効果や災害時における住民自らの行動による帰結を分かり易く表現することが可能な防災教育ツールとしても活用できると考えている。

本論文では、2004年5月6日に三重県尾鷲市において開催された津波講演会の中で、筆者らが本シミュレータを活用して防災教育を実施した内容について示すとともに、講演会の中で実施したアンケート調査の結果から得られた本シミュレータの有効性について述べる。

## 2. シナリオ・シミュレータを用いた津波防災教育

### 2.1. 災害イメージの固定化による問題

近年、洪水、火山、津波など様々な災害を対象とした防災教育を目的として、ハザードマップの活用が推進されている。ハザードマップを活用することにより、災害時の危険箇所を詳細な地図の上で視覚的に把握することができるようになる。但し、ハザードマップに記されている危険箇所は、行政が想定するシナリオに基づいて計算された災害の影響範囲が示されているに過ぎず、実際に災害が発生する際の被害範囲を保証するものではない。このような前提条件が、ハザードマップの利用者となる地域住民に対して十分に説明されないことによって、ハザードマップに示されている状況を実際に起こり得る災害の最大値のように誤認してしまう問題や、自宅が危険地域から外れている場合は、安全を保障されたかのごとく誤認し、災害時の自発的な避難を妨げる要因となる危険性を持つ。また、過去に災害の経験を有していたり、災害に関する伝承を聞いたりすることによって、今後発生する災害の挙動や被害を過去の災害に依存して想定してしまうという問題もある。

これらの問題は、不完全な知識によって将来に発生する災害のイメージを固定化してしまうことが要因として考えられ、この対策としてイメージの固定化を打破する効果的な防災教育の実施などが求められる。

### 2.2. 防災教育におけるシミュレータの活用

以上のような問題への対応をはじめ、災害時において住民の適切な行動が実施されるためには、地域住民が災害に関する正しい知識を持つことにより、自ら災害時の正しい対応を判断することの出来る能力を身につけることが必要である。そして、そのためには、地震発生状況やその時の社会対応状況によって、被害の範囲や規模が大きく変化すること、そして何よりも自らの対応によって自らの被災の多寡が大きく規定されるということを十分に認識することが重要であると考え。

筆者らは、このような問題への対策として、これまで個別に研究が進められてきた津波氾濫解析や避難行動解析、そして、筆者らが開発を進めてきた災害時の情報伝達シミュレーション<sup>4)</sup>等の技術を統合して利用することにより、津波災害時の地域状況を総合的に表現すること

ができるシナリオ・シミュレータを開発することに着眼した。これまでのハザードマップの場合、主に紙などの媒体により提供されるため、ハザードシナリオについて静的な限られた情報しか提供することが出来なかった。ここで、津波災害時の地域状況を表現するシナリオ・シミュレータは、シナリオを固定しない動的なハザードマップとして利用することが可能である。動的なハザードマップでは、利用者が自由に行政や住民の対応に加えて、地震の発生シナリオを選択可能とする。そして、シミュレータにより、設定されたシナリオの計算過程やその結末をアニメーションとして表示することで、各種シナリオや時間の経過により変化する災害時の状況を視覚的に分かり易く表現することが出来る。地域住民は、このシステムを通じて種々の津波災害シナリオを仮想的に体感することで、発生する地震により津波被害の規模や範囲が大きく変化することや、地域住民の対応によって人的被害の発生を大きく軽減することが可能であることを効果的に学ぶことができる。このような機能を持つことによって、本シミュレータは、アニメーションを用いた親しみやすい教材として、防災教育の導入段階において活用できることに加えて、災害現象や防災対応方法についての理解を深めるためのツールとして、さらには、実際に災害時における効果的な対応を検討するために利用するなど、防災教育の全般において活用することが可能であると考えている。

これまでに、シミュレーション技術を用いて災害時における地域の状況を総合的に表現しようとする試みは、西原<sup>5)</sup>による洪水氾濫解析に基づく避難システムや西原の研究を発展させた高橋<sup>6)</sup>による研究、そして館<sup>7)</sup>によるGISを用いた避難解析システムや矢部<sup>8)</sup>による情報伝達媒体を考慮した研究があるが、いずれも防災計画の検討ツールとしての利用目的に留まっており、防災教育への適用までには及んでいない。また、目黒<sup>9)</sup>はバーチャルリアリティを用いた避難シミュレーションの活用方法として防災教育という項目を挙げているが、その具体的な適用については示していない。

## 3. 津波災害シナリオ・シミュレータの概要

本研究で開発している津波災害シナリオ・シミュレータは、行政から地域住民への災害情報の伝達状況を表現する情報伝達シミュレーション、情報を受けた住民が避難の意思決定を行い、避難行動を開始して避難する状況を表現する避難行動シミュレーション、そして、外力の状況を表現する津波氾濫シミュレーションという三つの要素技術により構成される。このうち情報伝達シミュレーションは、地域コミュニティを反映した住民間の情報

Table 1 情報伝達シミュレーションの条件項目

|        | 設定項目                                       |
|--------|--------------------------------------------|
| 住民     | 世帯位置, 道路網, 歩行速度, 社会状態, 情報歪み率, 電話利用の有無, 輻輳率 |
| 屋外拡声器  | 位置, 聴取範囲, 聴取率, 放送回数, 放送時刻                  |
| 広報車    | 移動ルート, 聴取範囲, 聴取率, 出発時刻, 放送間隔               |
| マスメディア | 視聴率, 放送回数, 放送時刻                            |

伝達行動を込みこんだモデルを採用している。また、避難行動シミュレーションは、避難の意思決定にまで及んだシナリオを設定することが可能であるという特徴を持つ。加えて、本シミュレータは、ベースシステムとしてGIS(Geographic Information System)を採用しており、地震発生からの経過時間毎に計算される避難住民の分布と津波の氾濫状況をGISに取り込み、空間解析を行うことにより人的被害の予測を行うことが可能となっている。

以下では、本シミュレータの構成要素である各シミュレーション技術と、要素技術の統合化により実現している機能についての詳細を示す。

### 3.1. 情報伝達シミュレーション

情報伝達シミュレーションは、津波警報や避難勧告等の災害情報が防災行政無線の屋外拡声器や広報車といった情報伝達メディアにより住民に対して発信される様子、また情報を受けた住民が口頭や電話による伝達行動を行うことにより災害情報が地域全体に広まって行く様子を表現するシミュレーションモデルである。このシミュレーションモデルは、偏ネットモデル(Biased Net Model)<sup>10)</sup>を基本構造とした住民間の情報伝達行動モデルをベースに、複数の情報伝達メディアによる住民への情報伝達状況を時空間的に表現する機能拡張がなされたものである。

情報伝達シミュレーションでは、Table 1に示す項目を計算条件として設定することが可能であり、災害情報の伝達に関して想定される様々な地域の地理的な特性や社会状況、そして、情報伝達施設の整備状況を考慮した災害情報の伝達状況を表現することができる。本シミュレーションでは、計算結果として情報の悉皆性を示す情報取得率、情報伝達の速達性の指標である情報取得時間、情報の多重性の指標となる情報取得回数、そして、情報伝達メディアから発信された情報が何回の住民間の伝達を通して伝えられたかを示すステップ数を算出する。ステップ数は、増加するほど情報に歪みが生じると考えられるため、情報の正確性の代理指標として用いられる。

### 3.2. 避難行動シミュレーション

避難行動シミュレーションは、災害時において住民が

自宅から避難場所まで避難する様子を表現するシミュレーションモデルである。また、このモデルでは、避難の有無や避難準備時間など、避難行動以前の意思決定に関するシナリオについても表現することができる。

このモデルでは、表現する要素の最小単位となる世帯毎に避難速度、避難開始時刻、避難先を設定することが可能であり、各世帯が指定した時刻になると自宅から避難先に向けて一定の速度で避難する状況が表現される。自宅から避難場所までの避難経路は、道路網を表すネットワークデータから求めた最短経路が利用される。利用するネットワークデータは、リンク毎に通行禁止や通行方向の制限をかけることが可能であり、一部の道路に通行規制がかけられた場合や、家屋や電柱等の倒壊により通行不能となった状況を表現することができる。

避難行動シミュレーションでは、計算結果として世帯毎の避難所要時間や避難所毎の避難所要時間のほか、道路ネットワークのリンク毎の通過世帯数等を得ることができる。また、本モデルでは、任意のタイミングでの避難世帯の位置を求めることができ、時系列的に推移する避難者の分布を視覚的に表示することも可能である。

### 3.3. 津波氾濫シミュレーション

津波氾濫シミュレーションは、人的被害の発生状況を求めるために用いられる。本システムにおいて津波氾濫は、行政や住民による社会的な対応から影響を受けない現象として、情報伝達シミュレーションや避難行動シミュレーションとは、独立して計算する構成を採っている。津波氾濫を表現するシミュレーションモデルから得べき情報は、氾濫域や域内の波高や流速であり、地震発生から津波が沈静するまでの間、経過時間毎にこれらの情報を蓄積したものを一つの外力シナリオとして取り扱う。地震の規模や震源、そして、堤防等のハード対策施設の状況により異なる津波氾濫解析の結果をデータベース化しておき、想定するシナリオに応じて選択して利用することとなる。

### 3.4. 総合シナリオ・シミュレータとしての機能

本シミュレータの最大の特徴は、情報伝達シミュレーション、避難行動シミュレーション、津波氾濫シミュレーションの各要素技術の結果を統合して取り扱うことにより、災害情報伝達から住民避難、そして津波の状況までを考慮して人的被害の発生を推計し、その結果をもとにシナリオ分析を実施することが可能な点にある。

Fig. 3 は、本シミュレータを構成する三つの要素技術の役割を示したものである。情報伝達シミュレーションは、行政やその他情報伝達メディアによる情報伝達状況を表現するとともに、情報の受け手である住民の情報取得状況や住民間での情報伝達状況の表現を行う。

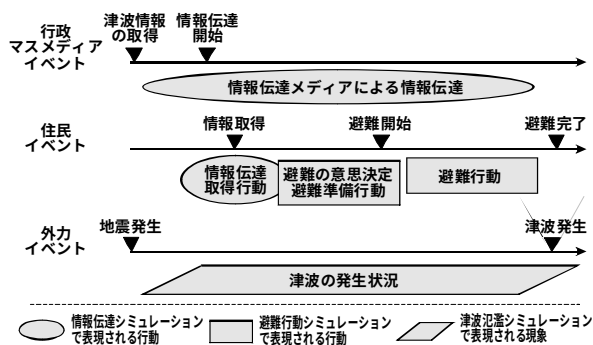


Fig. 3 各シミュレーションの役割

情報伝達シミュレーションにより計算された情報取得時刻以降、住民は避難の意思決定を行うとともに、避難の準備行動へと状態を変化させる。そして、避難開始時刻となった段階で避難行動を開始する。この部分は、避難行動シミュレーションが担う部分である。本シミュレータでは、情報を得た住民が実際に避難を実施するかどうか、また、避難を実施する場合、その準備にどれぐらいの時間を要するかについて任意に設定することが可能である。実際に避難行動が開始されると、一定時間毎に避難者の分布と津波の氾濫範囲を空間解析し、津波の氾濫域内に避難者が存在していた場合、人的被害の発生としてカウントする仕組みとなっている。

#### 4. シミュレータ適用地域の概要と調査概要

本章では、本シミュレータを実際に津波防災対策に取り組んでいる三重県尾鷲市に適用した過程について示すとともに、シミュレーションの効果を検証するために実施した市民への防災教育と調査概要について示す。

##### 4.1. 尾鷲市の概要

三重県尾鷲市は、人口約2万3千人で面積は193.14km<sup>2</sup>を有するが、その約90%が山地で覆われており、尾鷲港沿岸の周辺8km<sup>2</sup>程の地域に人口の約80%が集中している。尾鷲港は、熊野灘に面したリアス式海岸の湾に位置し、昭和以降だけでも1944(昭和19)年の東南海地震津波や1946(昭和21)年の南海道沖地震津波、そして、1960(昭和35)年のチリ沖地震津波等、複数回に渡り津波の襲来を受けている。この中でも1944年の東南海地震津波では、市内で65人もの死者を出す大惨事となった。本研究では、この尾鷲港を含む南北に4km、東西7kmの地域をシナリオ分析の対象地域として選定した(Fig. 1 参照)。

東南海・南海地震に関する中央防災会議の発表では、南海トラフと対面していることや地形的特長から、当地域には地震発生後短時間で7m近い高さの津波が襲来することが予測され、その全域が東南海・南海地震防災対



Fig. 1 対象地域(尾鷲市)

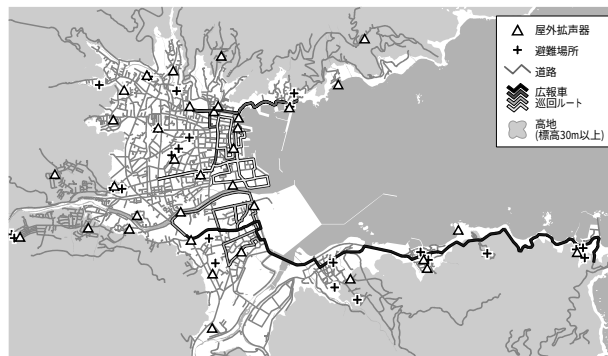


Fig. 2 情報伝達施設と避難施設の配置

策推進地域に指定されている三重県の中でも、特に甚大な被害の発生が危惧されている地域の一つとなっている。

##### 4.2. シミュレーション基本条件の設定

尾鷲市民に対して公開するために実施したシミュレーションの基本条件について以下にまとめる。

###### (1) 情報伝達シミュレーション

シミュレーション対象とした範囲には、防災行政無線の屋外拡声器が35基設置されている。また、市の防災担当者へヒアリング結果によると、災害時住民への情報伝達を行う際には、市役所と消防署から2台ずつの計4台の広報車による情報伝達が行われる計画となっている。

Fig. 2は、尾鷲市の屋外拡声器の配置と広報車の巡回経路を示したものである。情報伝達シミュレーションでは、この図に示した情報伝達施設の配置を設定条件として入力したほか、各情報伝達メディアに関するパラメータをTable 4に示すように設定した。また、対象地域の世帯の分布については、住宅地図から住居と判別される6,651戸の建物を抽出し、その中心点を世帯位置として入力した。そして、世帯間の距離の算出に必要な道路データについては、住宅地図の道路形状から作成した道路中心線を用いた。

###### (2) 避難行動シミュレーション

尾鷲市では、津波災害時の避難先として対象領域内に25箇所の避難場所を整備している(Fig. 2 参照)。今回のシミュレーションでは、これらの市指定の避難場所に加えて、津波からは安全だと考えられる標高30m以上の地

Table 4 情報伝達設定パラメータ一覧

| 設定項目   |        | 設定値     |
|--------|--------|---------|
| 住民     | 世帯数    | 6,651世帯 |
|        | 社会状況   | 災害時     |
|        | 歩行速度   | 80m/分   |
|        | 情報歪み率  | 30%     |
|        | 電話の利用  | 利用しない   |
| 屋外拡声器  | 音声到達範囲 | 250m    |
|        | 聴取率    | 30%     |
| 広報車    | 音声到達範囲 | 250m    |
|        | 聴取率    | 30%     |
|        | 移動速度   | 20km/h  |
| マスメディア | 視聴率    | 30%     |

域についても避難場所として設定することとした。これに伴い、標高30m以上に位置する1,201世帯については避難対象外とした。また、各世帯の避難先の指定については、自宅から道路を通り避難する場合に最も短い時間で避難することができる避難場所に設定した。したがって、避難経路は自宅から避難場所までの最短経路となる。最後に、全世帯が徒歩による避難を実施することを想定し、避難速度を分速80mに設定した。

### (3)津波氾濫シミュレーション

津波氾濫シミュレーションとして、中央防災会議が想定している南海・東南海連動型地震を初期条件とした津波氾濫解析の計算結果を用いた。この氾濫解析では、50mメッシュの精度により地震発生から90分後まで10秒間隔で計算が行われている。この計算によると、地震発生後、約20分で尾鷲市に6mから7mの高さの津波が到達することとなる。

### 4.3. 調査概要

本調査の実施概要をTable 2に示す。本調査は、尾鷲市において2004年5月6日に開催された津波講演会の中で実施した。調査形式としては、講演の参加者に対して講演資料とともに調査回答用紙を配布し、講演の途中でスクリーンに質問項目を提示する形をとった。

Table 3は、本調査の質問項目をまとめたものである。質問項目には、個人属性とともに津波災害に対する意識や地震時の避難意向、そして、講演内容に対する感想等に関する設問を設けた。また、これらの質問は、講演の導入部分と最後の2回に分けて実施し、地震時の避難意向に関しては、1回目と2回目の調査で同じ質問を行うことによって、講演による参加者の意識変化を把握できるようにした。

Table 2 調査概要

|        |               |
|--------|---------------|
|        | 2004年5月6日     |
| 調査対象   | 尾鷲市津波講演会参加者   |
| 実施方法   | 講演の前後において2回実施 |
| 配布回収方法 | 手渡しによる配布回収    |
| 回収数    | 136票          |

Table 3 調査内容

| 調査       | 質問項目                                                                                  |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1回目（講演前） | 津波経験<br>津波災害に対する意識<br>地震時の避難意向*                                                       |
| 2回目（講演後） | 地震時の避難意向*<br>講演内容に対する評価<br>講演後の防災に関する意向<br>シミュレーションの理解<br>シミュレーションに対する興味<br>個人属性、自由回答 |

\*講演の前後で同じ質問項目を設けた。

### 4.4. 講演概要

#### (1)講演内容

2回に渡る調査の間に実施した講演では、主に以下の(ア)から(ケ)に示す津波防災に関わる内容についての説明を行った。この説明に当たっては、2003年5月26日に発生した宮城県沖の地震後に宮城県気仙沼市において実施した住民調査の結果と、本シミュレータによる計算結果をアニメーションとして視覚的に表示したものを教材として利用した。

- (ア) 東南海地震、南海地震の発生が予測されており、近い将来に大地震の発生とそれによる大津波の発生が危惧されている。
- (イ) 津波災害は迅速な避難が行われれば、多くの場合犠牲者を最小限に押さえることが可能である。
- (ウ) 津波の常襲地帯である気仙沼市において行った調査によると、殆どの住民が津波を考慮した上での避難は実施していなかった。
- (エ) 地震時に気仙沼市の多くの住民が津波の発生を想起したが、津波情報や避難情報に対する過剰な依存心のため、情報が無い状態で避難を実施しなかった。
- (オ) 過去の経験や誤った津波知識は、津波に対する誤ったイメージを固定化してしまい、避難を妨げる要因や危険な行動の引き金となる場合がある。
- (カ) 防潮堤などの防災施設に対する過剰な依存心は、避難の妨げとなる場合がある。
- (キ) 津波警報に慣れることにより、津波警報の軽視やオカミ少年効果が生まれてしまう。
- (ク) 気仙沼での調査結果から、自主防災組織や近所からの誘いによって避難意向が大きく向上することが明らかとなった。
- (ケ) 尾鷲市においても犠牲者を無くすためには、災害情報を待つのではなく自主的な避難が必要である。



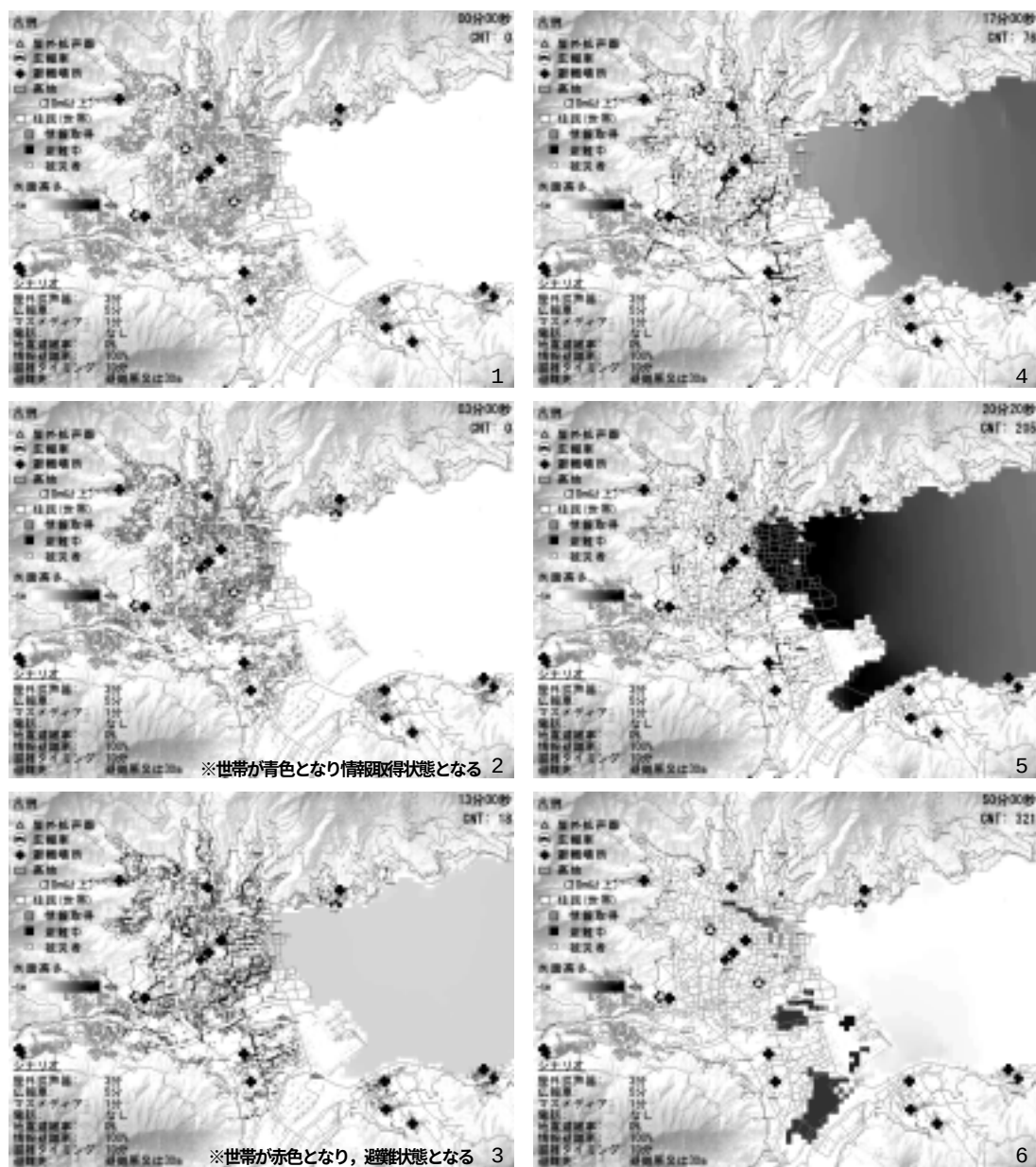
Fig. 4 アニメーション例<sup>1)</sup>

Table 5 アニメーション例の表現内容

| No. | 経過時間   | 状況                   |
|-----|--------|----------------------|
| 1   | 0分     | 地震発生直後               |
| 2   | 6分     | 情報伝達メディアにより情報伝達が行われる |
| 3   | 12分    | 情報を取得した一部の世帯が避難行動を開始 |
| 4   | 15分    | 海面の上昇とともに河川の遡上を確認される |
| 5   | 20分20秒 | 津波の襲来により複数の人的被害が発生   |
| 6   | 50分    | 津波襲来後                |

講演では、これらの説明によって気仙沼市の調査により明らかとなった津波防災に関する問題点が、尾鷲市においても同様に当てはまるということを住民に対して意識させるとともに、同様の状態のままで津波が発生して

しまった場合の危険性についてシミュレータを利用して分かり易く説明することを心掛けた。

## (2)シミュレーションシナリオ

Fig. 4 は、講演の中で利用したアニメーションの中から Table 5 に示す各場面の内容を抽出したものである。このアニメーションでは、地震の発生からの経過時間が画面右上に表示され、時間が経過するにつれて行政やマスメディアによって情報が伝達される状況や住民が情報取得する状況、そして、情報を取得した世帯が避難を開始し、避難場所まで到達する様子が表現される。加えて、地震によって発生した津波が遡上氾濫する様子が表示され、氾濫域内に避難開始前の世帯や避難途中の世帯が存在していた場合、犠牲者数としてその数がリアルタイムに表示される内容となっている。

Table 6 シミュレーションシナリオ

|   | シナリオ                               | 犠牲者数   |
|---|------------------------------------|--------|
| 1 | 地震発生からの津波の挙動のみ                     | —      |
| 2 | 住民が全く避難しなかった場合                     | 2460 人 |
| 3 | 避難情報を取得した住民から順次、直ちに避難した場合          | 83 人   |
| 4 | 避難情報を取得した住民から順次、10 分後に避難した場合       | 323 人  |
| 5 | 避難情報を取得した住民から順次、20 分後に避難した場合       | 2700 人 |
| 6 | 避難情報を待たずに、地震発生後 5 分で 100%避難が行われた場合 | 4 人    |

Table 6に講演の中で利用したアニメーションのシナリオとそのシナリオに基づいて計算した犠牲者数を示す。なお、本シミュレータは世帯を最小単位とした計算を行っているため、算出される人的被害件数も世帯単位となるが、より実感が湧くようにシミュレーションによって計算された世帯単位の被害件数に対象地域の平均家族人数を掛け、人数単位の犠牲者数として表示した。

住民に対してシミュレータの計算結果を公開するに当たり、結果として表現される内容が、地域住民がほとんどを占める参加者に対して非常に深刻な問題として捕らえられることが予想されるため、参加者に不快感や絶望感を抱かせないような考慮が必要であると考えた。そこで、講演の(イ)の場面において、津波の挙動のみを示したアニメーションに続いて、2 番の情報伝達が行われず、誰も避難を行わないという非現実的なシナリオによるシミュレーションをはじめに提示した。そして、現実として情報が全く伝わらないということは考えられず、迅速な避難により人的被害を最小限に抑えることが出来るという説明を行った。次に、最後の(ケ)の内容に入る前に再度 1 番から 5 番までのシナリオを提示し、住民の避難が遅れることによって、人的被害の発生規模にどのような影響を与えるのかについて説明を行った。以上のシミュレーションでは、仮に情報取得直後に避難を開始しても 80 件以上の被害が生じてしまうという結果が得られているため、最後の(ケ)の場面において、全住民が災害情報に頼ることなく、地震の発生から 5 分後に避難を開始することで 4 件まで被害を抑えられたシミュレーションを提示することによって、津波情報を待たずに自主的な避難が重要であることを訴えた。

## 5. シミュレータが尾鷲市民へ与えた影響

本章では、講演とシミュレーションが尾鷲市民に対して与えた影響について、アンケート調査から得られた結果について考察を示す。

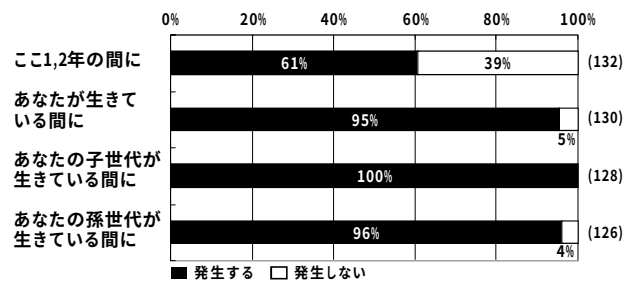


Fig. 5 津波の発生可能性認識

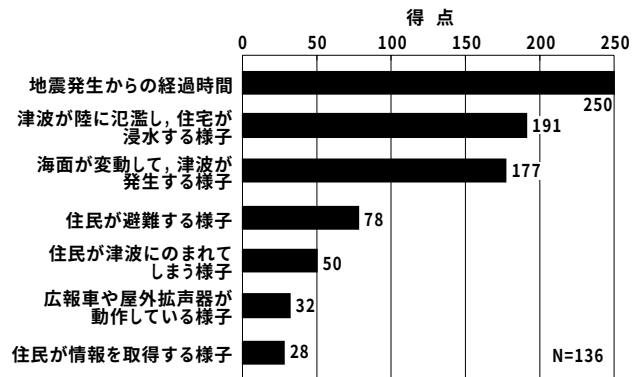


Fig. 6 シミュレーション内容に対する興味

### 5.1. 津波災害に対する意識

まず、津波災害の発生可能性に関する意識について質問した結果を Fig. 5 に示す。この質問は、1944 年の南海地震津波のように尾鷲市に多くの被害が生じる津波が発生する可能性を期間別に聞いたものである。これによると、1,2 年の間に発生すること回答している住民が 61%にも及んでおり、半数以上の人々が 1,2 年という近い将来のうちに津波が発生することを想定していることが分かる。また、子世代が生きている間においては、全ての人が発生すると回答していることから、全ての人が自分の子供の世代までには、少なくとも津波が発生するという意識を持っていることが分かる。以上の結果から、回答者のほとんどが津波の発生についてかなり緊迫した状況であるという認識を持っていることが読み取れる。

なお、この講演に参加した理由について、津波について関心があったからと回答している人が 74%おり、回答者は、尾鷲市民の中でも津波災害に対する意識が高い住民であることを示している。

### 5.2. シミュレーション内容に対する興味

Fig. 6 は、シミュレーションにより提供される各情報に関する興味についての回答を取りまとめたものである。本調査では、7 つの選択肢の中から興味を持った項目を第 3 位まで回答させている。ここでは、各項目の順位を総合的に把握するために、1 位と回答した項目には、3 点、2 位は 2 点、3 位は 1 点というように点数をつけ、その総合得点の集計を行った。

この結果を見ると、2 番目と 3 番目に興味がある項目

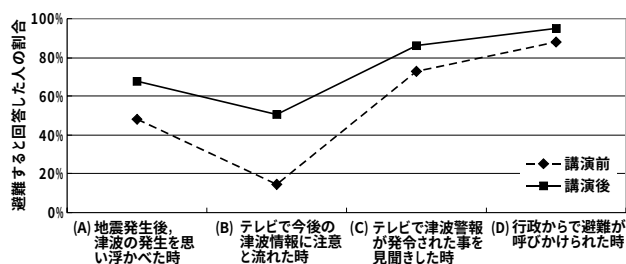


Fig. 7 避難意向の変化

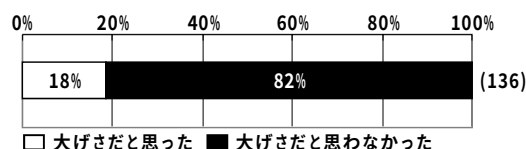


Fig. 8 結果に対する反応

は、津波による住宅の浸水状況と津波の氾濫状況であり、何れも津波の挙動に関する項目となっている。また、最も興味を持たれている項目は、地震発生からの経過時間となっているが、2 番目、3 番目の回答から津波の挙動が変化する時刻に対する興味であると推測できる。一方、住民が津波に飲まれてしまう様子の順位は、7 つある項目の下から 3 番目となっており、具体的な人的被害の状況よりもその要因となる津波の挙動に対する興味の方が高いという傾向が見られる。この結果は、災害時における自らの対応を考えようとする住民の意識によるものであると考えられる。

### 5.3. シミュレーション結果による効果

#### (1) 全体的な影響の把握

本調査では、講演とシミュレーション結果の公開による効果を把握するため、Fig. 7 に示す(A)地震発生後津波を想起した時から、(D)広報車や屋外拡声器で避難が呼びかけられた時までの 4 段階の状況における回答者の避難意向についての質問を設けた。前述のとおり、この問いは講演の前後 2 回に渡り同じ内容の質問をしており、Fig. 7 では、その両方の時点での結果を示している。この結果によると、いずれの時点においても講演前と比較して講演後の避難意向の方が高まっており、シミュレーション結果を利用した講演によって住民の避難意向が高まったことを確認できる。また、(B)の状況では今後の情報に注意を促す情報が伝えられているため、講演前は避難を実施すると回答した人の割合は 15%と低い結果となっているが、講演後は、51%と半数以上の人が避難すると回答しており、最も住民の避難意向の変化が見られた。

Fig. 8 は、シミュレータによって表現した津波の規模や人的な被害の結果について、大げさと思うかという問いについての回答を示したものである。この結果によると、82%の人は、大げさだと思わないと回答しており、シミュレーションの結果が現実的なものとして受け止め

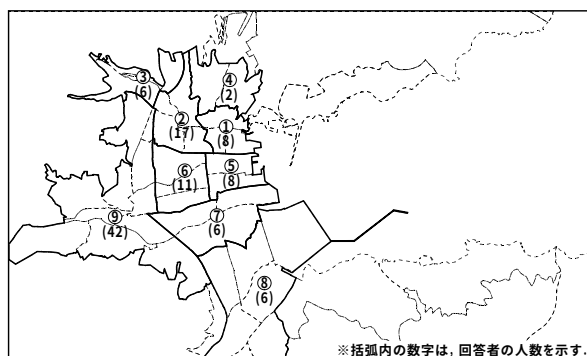


Fig. 9 集計地域区分

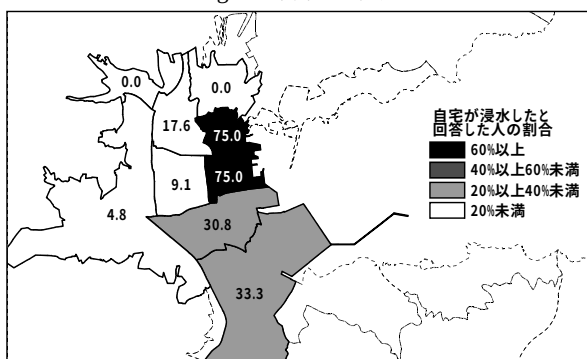


Fig. 10 自宅の浸水を確認した割合

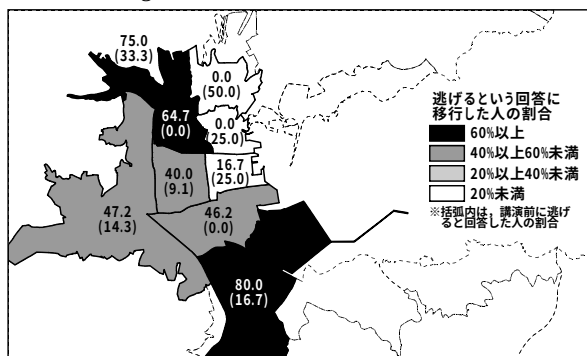


Fig. 11 地域ごとの避難意向の変化

られていることが分かる。

#### (2) 地域別にみる影響

本項では、シミュレーション結果による影響に関しての地域的な特徴を把握するため、地域ごとに回答を分析した結果を示す。この集計に当たっては、集計人数を確保するため、沿岸からの距離や河川の配置等を考慮して、対象地域を Fig. 9 に示す 9 つのブロックに分けて集計を行った。サンプル数が少なく、統計的に有意な結果として扱うことは出来ないが、概ねの傾向として以下のことがいえる。

Fig. 10 は、シミュレーションの中で自宅が浸水したことを確認できた人の割合を示している。この結果を見ると、アニメーションによって示した津波の挙動とほぼ一致する地域において浸水を確認されており、シミュレーションの内容が正しく伝えられていることが分かる(Fig. 4 参照)。次に、Fig. 11 は、前項で示した避難意向に関す



- / ホームページで公開して多くの人に知って欲しい。
- / 尾鷲市には市街地から山や海岸を隔てた町が数箇所あるが、その地域のシミュレーションも見なかった。
- / 大変分かりやすく、とにかくすぐ逃げるのが大切な事が分かった。
- / 周辺地域についても知りたい。学校で教材として活用したい。どのような場所から氾濫しはじめるのか知りたい。インターネットで公開して欲しい。

Fig. 12 自由回答(抜粋)

る問いの中で、意向の変化が最も大きかった(B)の段階における避難の意向の変化を地域ごとに示したものである。この図では、意向の変化量を把握するため、講演前において避難すると回答していなかった回答者を母集団として、講演後において避難するという回答に変化した回答者の割合を示している。この中で意向の変化が大きい地域を見ると、⑧や②の地域が60%以上と多く、次いで⑥⑦⑨という地域で変化量が大きくなっている。この結果をFig. 10とあわせて見ると、75%の人が浸水したと回答している①と⑤の地域においては避難意向がほとんど変化せず、④の地域を除いたその他の地域において、40%以上の人の避難意向が変化するという結果となっている。最も迅速な避難が求められる①や⑤の地域において回答者の避難意向に良い変化が得られないことについては、本調査では原因を把握することはできなかった。このことについては、今後さらに調査する必要があると考えている。

#### 5.4. シミュレーション結果の一般公開に対する反応

本研究では、シミュレーションの結果をインターネットにより一般公開することで、より多くの人が閲覧できるような仕組みについても検討している。本シミュレーションは、設定されたシナリオに応じた津波の氾濫や人的な被害の発生を地域が完全に特定できる形で提供することになるため、一般公開に当たっては地域住民から否定的な意見も含む様々な意見が寄せられることを予想した。そこで、講演の中でこの計画についての説明を行い、公開に対する住民の意見についても調査した。Fig. 12に示したのは、自由回答の中からシミュレーションに関する意見が書かれた回答を抜粋したものである。その内容は、いずれも公開に対して肯定的な意見や、シミュレーションに対する改善要求がほとんどであり、公開に対して否定的な意見は見られなかった。また、今回対象地域に設定したのは、尾鷲市の中でも市街地のみの地域であったため、他の地域での適用を望む声が多く寄せられた。

## 6. おわりに

本研究では、津波災害シナリオ・シミュレータを用いて作成した津波災害時のアニメーションを当該地域の住民に対して公開することによって、その効果や住民の反応を把握した。その結果、更に調査を進めるべき課題があるものの、地域全体としての防災意識の向上に役立てることができるという結果を得た。また、このようなシミュレーション結果を一般に公開するという点についても肯定的であり、積極的に公開を望む意見もあることが明らかとなった。

本研究では、シミュレーションの閲覧による防災教育に関する効果を把握するため、同様な質問を用いた二度の調査結果から回答者の意識変化を計測することを試みているが、講演会の前後という非常に短期間で調査を実施しているため、この結果は、一時的な効果としてしか扱うことが出来ない。また、避難意向の変化という一側面に限った評価となっている。今後は、本シミュレータを用いた防災教育を継続的に実施するとともに、教育を受けている住民やそれ以外の住民の防災意識などの変化についても調査し、本シミュレータの効果をより具体的に計測する必要があると考えている。

最後に、シミュレータの課題としては、今回の調査から得られた結果を元に、シミュレーション結果の表現方法について改善を行こと。また、シミュレーションで表現する地震や津波の発生パターンを増やし、ハザードシナリオについても複数のパターンから選択してシミュレーションを実施出来るようにすること。さらに、シミュレーションに現実の住民情報を導入することによって、高齢者や災害弱者の対応など、より現実的な検討を実施出来るようにすることなどが挙げられる。

## 参考文献

- 1) 片田敏孝, 桑沢敬行, 金井昌信, 児玉真「津波防災の実態にみる安全・安心に関わる社会技術に関する基礎的研究」『社会技術論文集』投稿中。
- 2) 例えば, 首藤信夫, 松富英夫, 界茂樹, 佐々木幹夫(1995)「1994年北海道東方沖地震津波と防災上の問題点」『海岸工学論文集』42, 1246-1250.
- 3) 例えば, 斉藤徳美(1990)「1989年三陸沖地震の津波に関する住民の意識・行動解析」『自然災害科学』9(2), 49-63.
- 4) 片田敏孝, 及川康, 田中隆司(1999)「災害時における住民への情報伝達シミュレーションモデルの開発」『土木学会論文集』625(IV-44), 1-13.
- 5) 西原巧(1983)「氾濫解析に基づく避難システムの河川工学的研究」『京都大学学位論文』.

- 6) 高橋保, 中川一, 東山基(1989)「洪水氾濫水の動態を考慮した避難システムの評価に関する研究」『京都大学防災研究所年報』32(B-2), 757-778.
- 7) 館健一郎, 武富一秀, 古谷純一, 金木誠(2001)「GISを用いた洪水時避難行動解析システムの開発」『土木技術資料』43-8, 44-49.
- 8) 矢部浩規(2000)「氾濫特性に応じた避難情報提供に関する研究」『自然災害科学』19-1, 111-120.
- 9) 目黒公郎, 藤田卓(2002)「ポテンシャルとVRを組み合わせた新しい避難シミュレーションツールの開発」『東京大学生産技術研究所 生産研究』54(6), 43-46.
- 10) Rapoport, A.(1979), A Probabilistic Approach to Networks, *Social Networks*, 2, 1-18.
- 11) 群馬大学都市・防災研究室(2004), 『三重県尾鷲市を対象としたシミュレーション計算例』  
<http://www.ce.gunma-u.ac.jp/regpln/katada/kataweb/atop.htm>.

## 謝辞

本研究は, 科学技術振興機構社会技術研究システム ミッション・プログラム I による研究助成を受けた。また, 本研究で用いた津波氾濫解析結果は, 人と防災未来センターの越村氏により計算されたものを利用させていただいた。ここに記して謝意を表する。

---

## DISASTER EDUCATION FOR OWASE CITIZEN BY USING TSUNAMI SENARIO SIMULATOR AND EVALUATION OF THAT METHOD

Toshitaka KATADA<sup>1</sup>, Noriyuki KUWASAWA<sup>2</sup>, Masanobu KANAI<sup>3</sup> and Kyohei HOSOI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dr. Eng., Associate Professor, Gunma University, Dept. of Civil Engineering (E-mail:t-katada@ce.gunma-u.ac.jp)

<sup>2</sup>M. Eng., Doctoral Student, Gunma University Graduate School of Engineering  
(E-mail:kuwasawa@ce.gunma-u.ac.jp)

<sup>3</sup>Dr. Eng., Research Associate, Gunma University Dept. of Civil Engineering (E-mail:kanai@ce.gunma-u.ac.jp)

<sup>4</sup>Master Student, Gunma University Graduate School of Engineering (E-mail:hosoi@ce.gunma-u.ac.jp)

The primary mitigation measure for tsunamis is to develop effective warning system and evacuation strategies. As for a tool to optimize the warning system and evacuation, an integrated simulator was developed; the simulator combines hydrodynamic simulation of tsunami with warning and human-response simulations for evacuation. Furthermore, because of its visual GIS presentation, the simulator is used to educate the general public; in some sense, the simulator can be considered as a dynamic hazard map. In this research, we applied the simulator to the Owase City. And by showing the simulations and conducting the questionnaire survey, before and afterward, to the residents of Owase, we found significant change in tsunami awareness and proper perception for prompt evacuation.

**Key Words:** Disaster Education, Tsunami, Scenario Simulator