

災害総合シナリオシミュレータを用いた津波リスクコミュニケーションツールの開発*

Development of the tsunami risk communication tool which utilizes the comprehensive disaster scenario simulator *

片田敏孝**・桑沢敬行***

By Toshitaka KATADA**・Noriyuki KUWASAWA***

1. はじめに

2003年5月26日に宮城県沖を震源とするマグニチュード7.0の地震が発生した。幸いにもこの地震による津波災害は発生しなかったものの、気象庁から津波の危険性無しという情報が住民に伝えられたのは、地震発生から12分後のことであった。この間、地域住民は緊迫した時間を過ごしたことが想像されるが、筆者らがこの時震度6弱の地震を観測した宮城県気仙沼市の住民を対象として実施した調査によると、津波を想定して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¹⁾。

この結果に基づくならば、仮に今回の地震発生から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しくない。このことは、近い将来に発生が予想されている東海地震や東南海地震、南海地震に向けて国を挙げた対策に取り組んでいるわが国にとって、非常に深刻な問題であるといえる。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、その時の住民の避難状況により非常に大きな差が生じる。従って、津波防災対策では、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、そして平常時からの災害教育により、津波の危険性がある時点で迅速な住民避難が行われる体制を築くことが非常に重要となる。

このような問題に対応するため、筆者らは、各種シナリオ想定を反映した住民への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発生状

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、任意のシナリオに基づく人的被害の発生を求めることが可能であり、津波防災の総合戦略ツールとして利用できる。本研究では、三重県尾鷲市を対象にシステムを適用しその有効性を示すと伴に、結果を示すアニメーションの津波リスクコミュニケーションツールとしての活用方法について考察した。

2. 津波防災におけるシナリオシミュレータの有用性

(1) 津波防災の問題点

中央防災会議の東南海・南海地震等に関する専門調査会では、津波災害による物的被害や人的被害の発生規模は、堤防や水門等のハード対策設備の状態や住民の避難意識の高さにより2倍程度の差が生じるとの予測を公表している。このように多くの災害現象は、災害の規模に加えて、ハード対策施設の整備状況や住民の避難状況が、被害発生に大きく影響することとなる。従って、津波災害の防災対策を検討する際には、単一的なシナリオに基づく被害想定の結果を把握するに留まらず、閘門等の設備が異常を来した場合や災害情報の伝達が遅れた場合、住民の避難が遅れた場合等々、種々の状況を考慮した判断が必要とされる。また、対応策を検討する段階では、防潮堤等の整備、災害情報の収集・伝達体制の整備や避難誘導計画の立案、そして、住民の防災教育の実施等々、数多くある対策の中から、限られた予算と時間の中で被害削減に最も効果が期待される対策を選定する必要がある。このような問題は、津波災害への対応を迫られている多くの自治体にとって大きな障害となるであろう。

また、住民への防災教育に着目すると、近年、ハザードマップを利用した防災教育が各地で推進されているが、ハザードマップに示されている危険箇所

*キーワード：津波災害、防災対策、シミュレータ

**正員、工博、群馬大学工学部建設工学科

(群馬県桐生市天神町1-5-1、t-katada@ce.gunma-u.ac.jp)

***学生員、修(工)、群馬大学大学院工学研究科

(群馬県桐生市天神町1-5-1、kuwasawa@ce.gunma-u.ac.jp)

は、行政が想定したシナリオを基に計算した災害の影響範囲が示されているに過ぎず、実際に災害が発生した場合の被害範囲を保証するものではない。住民に対して、このような前提条件が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、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。この問題は、過去に津波の経験を有している住民についても同様に見られ、災害イメージの固定化を打破することが重要と考察される¹⁾。

(2) シナリオシミュレータの活用

筆者らは、以上の問題への対策として、津波氾濫解析や避難行動解析等の技術と筆者らが開発を進めてきた災害情報伝達シミュレーション²⁾を統合化することにより、津波災害時の状況を総合的に表現するシナリオシミュレータを開発することに着眼した。この様なシミュレータを利用することができれば、想定するシナリオの下で津波災害が発生した場合の被災状況を具体的に把握することが可能となる。これにより、既存防災施設を反映したシナリオによる現状分析や、複数案ある防災施設の増設シナリオを比較することで、具体的な判断指標を用いた施設整備計画を立案できる。更には、避難意思決定に関わる条件を操作することで、住民の防災意識にまで及んだ総合的な防災対策を検討することが可能となる。

また、先に挙げたハザードマップや過去の災害経験の問題に関していうと、地震発生や社会対応のシナリオにより津波による被害の規模や範囲が大きく異なることを十分に認識させることが効果的と考える。ここでシナリオシミュレータは、静的で限られた情報しか提供できないこれまでのハザードマップが抱える問題を解決する動的なハザードマップとしても有用である。動的なハザードマップでは、自由に行政や住民の対応、そして、地震の発生シナリオを選択できるようにし、設定シナリオの計算過程や結末をアニメーションとして閲覧できるようにする。住民は、これを通じて種々の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氾濫の規模や範囲が異なることや住民の対応によって人的被害の発生を大きく軽減できることを学ぶことができる。

3. 津波災害総合シナリオシミュレータの概要

(1) 要素技術の概要

本研究で開発している津波災害総合シナリオシミュレータは、情報伝達シミュレーション、避難行動シミュレーション、そして、津波氾濫シミュレーションの三つの要素技術により構成される。

この中の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情報伝達を行うことにより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。本モデルは、災害情報の伝達に関して想定される社会状況や情報伝達施設の整備状況を考慮した伝達状況を表現することができ、その結果となる悉皆性や速達性等の指標により情報伝達の効率性を評価することが可能である。

次に、避難行動シミュレーションは、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。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、自宅から指定した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。

最後に、津波氾濫シミュレーションは、外力による被害の発生状況を計算するために用いられる。本システムにおいて津波氾濫は、行政や住民等の対応から影響を受けない現象として、他のシミュレーションとは、独立した構成を採っている。津波氾濫シミュレーションから得るべき情報は、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。

(2) 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、GIS (Geographic Information System) をベースシステムに採用することにより、各要素技術の結果を統合化して取り扱い災害情報の伝達から住民避難、そして外力の影響までを考慮した人的被害規模の推計値を基にシナリオ分析を実施可能な点にある。

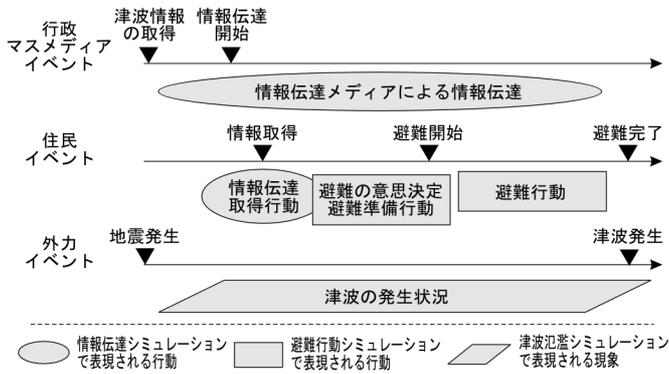


図 1 要素技術の役割

図 1 は、本シミュレータを構成する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、情報伝達メディアによる伝達状況を表示すると同時に、住民間の情報伝達状況を表示する。ここで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共に、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。情報を得た住民の避難の有無や避難準備に要する時間については、任意に設定することが可能となっている。本シミュレータは、各時刻における住民の避難状況と津波の氾濫状況を GIS 上で重ね合わせることにより、空間的、時系列的に住民分布と津波氾濫域との関係を分析し、人的被害の発生を推計する仕組みとなっている。

4. シミュレータを用いた津波災害のシナリオ分析

ここでは、本シミュレータを用いて三重県尾鷲市を対象とした津波災害のシナリオ分析を行う。

(1) 条件設定

a) 基本条件

図 2 に対象地域の全景と各種施設の配置状況を示す。基本条件として、住宅地図に記された人家から 6,651 世帯の分布を入力した。また、情報伝達施設として 35 基ある既設の防災行政無線の屋外拡声器と災害時に巡回する 4 台の広報車の移動ルートを入力した。この他、尾鷲市が津波に対応した避難場所としている 25 箇所の施設を避難場所として設定した。今回の計算では、標高 30m 以上の土地についても避難場所として設定し、この高さ以上の居住する住民に



図 2 分析対象地域

表 1 シナリオ想定パターン

想定項目	タイミング(分)
情報伝達タイミング (屋外拡声器・広報車)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 60
避難開始タイミング	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

については避難対象から除外した。各世帯の避難先の設定については、自宅から道路を通り最も短い距離で避難できる場所を設定した。また、徒歩による避難を想定し、分速 80m で避難することとした。

また、外力条件として、南海・東南海地震を想定した津波氾濫解析結果を利用した。この結果は、地震発生後、約 20 分で 6m から 7m の高さの津波が尾鷲市に到達する状況を示しており、50m の精度により 10 秒間隔で計算が行われている。

b) シナリオ条件

行政の対応の遅れと住民の避難行動の遅れによる人的被害発生への影響を把握するため、シナリオパターンとして、地震の発生から屋外拡声器と広報車による情報伝達が行われるタイミングと、住民が情報を取得してから避難行動を開始するまでのタイミングを表 1 のように変化させたシナリオを設定した。なお、より現実的な結果を求めるため、いずれの場合もマスメディアによる情報伝達が地震の発生から 3 分後に行われるよう設定した。

(2) シナリオ分析結果の考察

各シナリオによる人的被害の発生件数を図 3 に示す。この結果によると、行政からの情報伝達が 3 分後に行われた場合は、住民が情報を聞いてから 5 分後までに避難を開始すれば人的被害の発生を防ぐことができるが、10 分後に避難を開始した場合は、14 件の人的被害が発生してしまう。一方、行政からの

行政の情報伝達タイミング(分)

住民の避難開始タイミング(分)	行政の情報伝達タイミング(分)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	60
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	7
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	10
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	17
3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	6	32
4	0	0	0	0	0	1	2	2	4	3	7	14	50
5	0	0	0	1	2	4	6	7	8	7	12	20	75
6	0	1	2	5	8	9	9	9	11	10	17	44	120
7	1	2	7	9	9	13	14	13	12	12	36	94	190
8	1	8	10	10	12	15	17	19	16	19	81	148	302
9	9	11	13	12	12	24	26	51	53	56	189	273	440
10	11	14	14	17	41	72	91	124	148	165	373	463	566

人的被害発生件数: 0 0~10 11~50 51~100 101以上

図 3 シナリオ毎の人的被害発生件数

情報伝達が 10 分後に行われた場合は、住民は 2 分後までに避難を開始しないと人的被害が生じてしまい、10 分後に避難を開始した場合、165 件もの人的被害が発生してしまう結果となっている。この結果は、行政からの伝達が遅れた場合、住民が避難を開始するまでの余裕がなくなってしまうこと、そして、人的な被害が生じる場合には、その規模が大きくなってしまふことを明示している。

また、この図から行政の情報伝達と住民の避難タイミングそれぞれが人的被害発生に与える影響を見ると、避難タイミングの方が大きな影響を与えていることが分かる。この結果は、行政の情報伝達の遅れが、マスメディアにより補われている状況を示している。気象庁が発表する津波情報が、オンラインで行政やマスメディアに伝達される仕組みが整備されている現状の体制を考慮するならば、行政対応の効率化による情報伝達の速達性の確保に加えて、防災教育等により迅速な住民避難を実現することが特に重要であるといえる。

5. リスクコミュニケーションツールとしての利用

本シミュレータにより、災害時の地域状況が時系列に沿って変化する様子を示すアニメーションを作成することもできる。図 4 は、住民が情報取得し(図中 A)避難を開始する様子(図中 B)、そして、海面が上昇し(図中C)津波が来襲(図中D)する過程を示している。このアニメーションでは、各シミュレーションにより計算された住民や津波の挙動に合わせて人

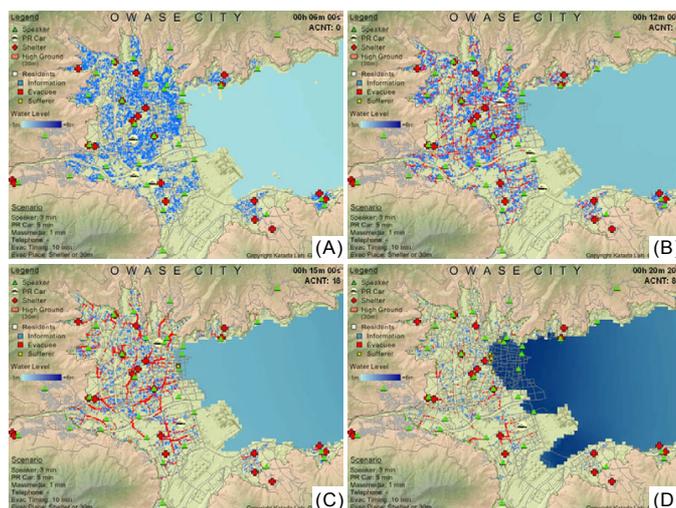


図 4 アニメーション出力例³⁾

的被害の発生が表示され、その発生件数がリアルタイムにカウントされる仕組みとなっている。これにより、設定したシナリオによる情報伝達や住民避難、そして人的被害の発生が、どのタイミングで、またどの範囲で発生するのか視覚的に把握することが可能となる。このようなアニメーションは、検討シナリオの結果を分かり易く把握するために利用できる他、先に述べたような住民とのリスクコミュニケーションツールとなる動的なハザードマップとしても利用できると考えている。

6. おわりに

本研究では、総合的な災害シナリオシミュレータを利用した津波リスクコミュニケーションツールを開発した。今後は、要素技術の高度化や防災教育コンテンツとしての機能を拡張することで、本シミュレータをより実用的なものにすることと考えている。

謝辞：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。

参考文献

- 1) 片田敏孝ほか：住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題 -2003 年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から-，土木学会論文集，投稿中。
- 2) 片田敏孝ほか：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，No.625/IV-44，pp.1-13，1999。
- 3) 都市・防災研究室：三重県尾鷲市を対象とした計算事例，<http://www.ce.gunma-u.ac.jp/regpln/>。