

津波避難の意思決定構造を考慮した防災教育効果の検討*

Study on the effect of disaster education considering decision making evacuation from a tsunami*

桑沢敬行**・金井昌信***・細井教平****・片田敏孝*****

By Noriyuki KUWASAWA**, Masanobu KANAI***, Kyohei HOSOI**** and Toshitaka KATADA*****

1. はじめに

2004年12月26日にインドネシア・スマトラ沖で発生した地震によるインド洋津波は、多くの犠牲者・行方不明者をだす大災害となった。マスメディアなどによって伝えられたこの災害時の津波の映像でも明らかなように、津波が海岸に到達してから無事に避難することは困難である。また、1993年北海道南西沖地震における奥尻島での津波災害のように¹⁾、地震発生から5分で津波が到達した例もあることから、津波常襲地域において津波による人的被害の最小化を目指すためには、地震発生からの地域住民の迅速な避難行動が重要となる。

地震発生後に住民が避難の意思決定を行う際には、津波情報や避難情報などの災害情報から大きな影響を受けることは想像に難しくない。しかし、津波警報や避難勧告などが発令されたとしても、全ての住民が迅速に避難するわけではない²⁾。この原因としては、災害リスクに対する正常化の偏見などの住民の意識の問題が指摘されている⁴⁾。つまり、津波避難の意思決定には、地震時のゆれの大きさや周辺状況、災害情報などの外的要因のみでなく、災害知識や災害意識などの住民個人の内的要因も少なからず影響を与えているものと考えられる。よって、住民の津波避難を促すためには、津波情報や避難情報を迅速かつ的確に伝達することのみならず、住民の津波避難に関わる意思決定構造を踏まえた有効な施策を検討する必要があると言える。

これまでも、住民の津波避難の予測モデルに関する研究がいくつか行われている。たとえば、早川・今村⁵⁾は、いくつかの津波常襲地域を対象として、津波想定時における地域の平均避難率を想定する数量化理論I類によるモデルを構築し、各地域の平均的な避難開始時刻と津波来襲時間とを比較することによって現状の防災体制などを評価している。しかし、ここでの予測モデルは各地域

を一つのサンプルとして扱っており、住民個々の避難行動を対象にしていない。また、津波避難のシミュレーションに関わる研究としては、今村⁶⁾や島田ら⁷⁾、佐藤ら⁸⁾の研究があげられるが、いずれも避難経路や避難手段、避難先の選択に関する避難行動シミュレーションについての研究であり、住民個人の避難行動の意思決定については考慮されていない。一方、住民の避難行動の意思決定構造に関する研究としては、片田・及川⁹⁾の研究があるが、これは洪水時の避難意思決定に関するものであり、津波避難の意思決定を対象としたものは見当たらない。

そこで、本研究では、三重県尾鷲市を対象に、平成16年9月5日に発生した2回の地震時における実態調査をもとに、地震発生からの住民の避難行動の実態を詳細に把握するとともに、それを踏まえて津波避難の意思決定構造に関する予測モデルを構築する。そして、構築した予測モデルを用いて、津波による人的被害の最小化を図る施策について検討する。さらに、構築した予測モデルを災害総合シナリオ・シミュレータ¹⁰⁾に導入することで、その施策を実施することによって、住民の避難行動が改善された場合の効果の検証を行う。

2. 分析対象の概要と調査概要

(1) 地震概要¹¹⁾

平成16年9月5日に、紀伊半島沖、東海道沖を震源とする地震が2度続けて発生した。表-1にそれぞれの地震の概要を示す。

まず、19時07分に紀伊半島沖を震源とするM6.9の地震(以下「1回目の地震」)が発生した。この地震によって調査対象である三重県尾鷲市では震度3を観測した。また、この地震により尾鷲市では19時50分に29cmの最大波を観測した。なお、1回目の地震では、地震発生から7分後の19時14分に気象庁から津波注意報が和歌山県および三重県南部に発表された。そして、観測された津波の状況から21時15分にすべての津波予報を解除した。発表された情報が津波注意報であったため、尾鷲市では避難勧告は発令されなかった。

1回目の地震が発生した4時間50分後の23時57分に東海道沖を震源とするM7.4の地震(以下「2回目の地

*キーワード: 防災計画, 意識調査分析

**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,

TEL:0277-30-1652,FAX:0277-30-1601)

***正会員, 博(工), 群馬大学工学部建設工学科

****学生員, 群馬大学大学院工学研究科

*****正会員, 工博, 群馬大学工学部建設工学科

震)が発生した。この地震によって尾鷲市では震度3～4を観測した。また、6日00時40分に58cmの最大波を観測した。なお、2回目の地震では、地震発生から4分後の6日0時01分に、和歌山県に津波警報が発表された。また、津波警報の発表に伴い、尾鷲市では、6日0時06分に尾鷲市全域に避難勧告が発令された。その後、6日2時40分にすべての予報区の津波情報が解除された。

なお、発生した地震および津波による被害は、1回目の地震においては負傷者6名、2回目の地震においては負傷者36名、住居一部破損2棟などがあつた。

(2) 調査概要

表-2は、本研究で実施した調査の概要をまとめたものである。調査対象は三重県尾鷲市とし、中央防災会議で想定されている東南海・南海連動型地震の津波によって、少しでも浸水する地域が存在する自治会に所属している世帯に調査票を配布した。なお、回答者に男女、年齢階層による偏りを生じさせないようにするため、本調査では「地震が発生した9月5日に自宅にいた方で9月5日に誕生日がもっとも近い成人」に該当する世帯員に回答を依頼した。本調査は、1回目の地震(19時07分)、2回目の地震(23時57分)の2つの地震の発生から津波情報が解除されたという情報が発表されるまでに着目し、調査票はそのときの避難行動とその意思決定に影響を与えたと思われる要因(危機意識、津波に関する知識、地震のゆれに対する認知、情報取得行動など)に関する項目及び情報取得状況の詳細に関する項目によって構成されている。

(3) 分析対象地域(三重県尾鷲市)の概要

調査対象である三重県尾鷲市は、過去にも津波による被害を受けた経験のある地域である。1944年の東南海地震津波では、市内で65名の死者を出す被害を受けている。その後多数の犠牲者をだす津波は襲来していないが、近年では東南海地震の発生が危惧されるようになっている。そこで、筆者らの研究グループ¹⁰⁾では、平成16年9月5日の地震発生以前から尾鷲市を対象に防災教育のツールとして、災害総合シナリオ・シミュレータを開発し、そこで計算されたシミュレーション結果を、講演会やインターネット¹²⁾などを通じて地域住民に公開するなどの津波防災に関する取り組みを行っている。

3. 住民の避難行動の実態

まず、今回の2回の地震時それぞれにおける避難行動の意識的背景を明らかにするため、住民の避難実態を樹形図にまとめたものを図-1に示す。これより、避難を想起した住民の割合についてみると、1回目42.7%、2

表-1 地震の概要

		紀伊半島沖地震 (1回目の地震)	東海道沖地震 (2回目の地震)
地震概要	発生時刻	平成16年9月5日 19:07	平成16年9月5日 23:57
	マグニチュード	M6.9	M7.4
尾鷲市の状況	震度	震度3	震度3～4
	災害情報	19:14 津波注意報	24:04 津波警報 24:06 避難勧告
	津波	19:50 最大波29cm	24:40 最大波58cm

表-2 調査概要

■調査対象地域	：三重県尾鷲市
■調査期間	：平成16年11月4日～11月15日
■調査方法	：自治会配布、自治会回収
■調査票配布数	：5,616票
■調査票回収数	：3,919票(69.8%)
■調査項目	：地震のゆれの認知と周辺状況 津波・地震に関する情報取得 避難行動・危機意識 津波・地震に関する知識 基本属性、etc

回目では47.1%となっており、避難勧告が発令された2回目の地震時でも1回目と変わらず、約半数の住民しか地震後に避難を思い浮かべていなかったことがわかる。さらに避難を想起した住民のうち、実際に避難行動をとった住民は1回目10.3%、2回目では23.3%であった。このうち、津波を考慮して避難した住民の割合は、1回目8.4%、2回目では19.7%と1回目の地震時に比べて2倍以上の避難率となった。この理由としては、1回目の地震時に比べて地震動が強かったことや、津波警報の発表及び避難勧告が発令されたことが要因として考えられる。しかし、避難しようと思ったが出来なかった住民の割合(1.9%、1.4%)を加えても、津波避難の意向をもった住民の割合は1回目10%、2回目21%程度と非常に低調であったことがわかる。

ここで、避難率は居住地の立地条件によって大きく異なることから、地区別の避難率を詳細にみていく。図-2は1回目、2回目それぞれの地震時における地域別の避難率をみたものである。これより、1回目の地震時においては、沿岸部地域である港町、中井町、北浦町、大字天満浦で高い避難率がみられ、港町、中井町では3割以上の住民が避難をしていたことがわかる。また図-3の2回目の地震の避難率においても、沿岸地域での高い避難率がみられ、港町では7割以上の住民が実際に避難行動を行っていたことがわかる。このことから、2回の地震のどちらにおいても沿岸部の最も危険な地域では、高い避難率が達成されていたことがわかる。

同様に地区別に地震発生後から避難するまでの所要時間について分析したところ、1回目の地震時では地震発

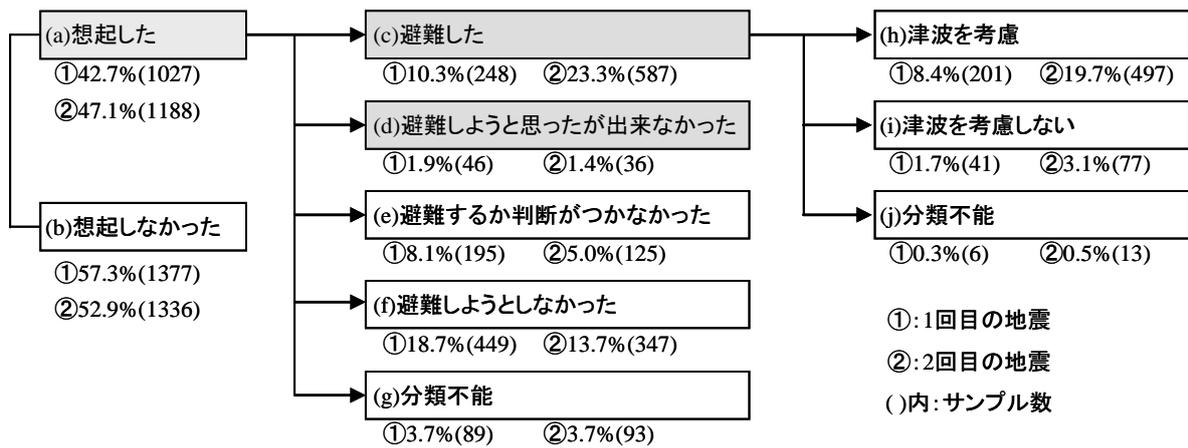


図-1 住民の避難実態

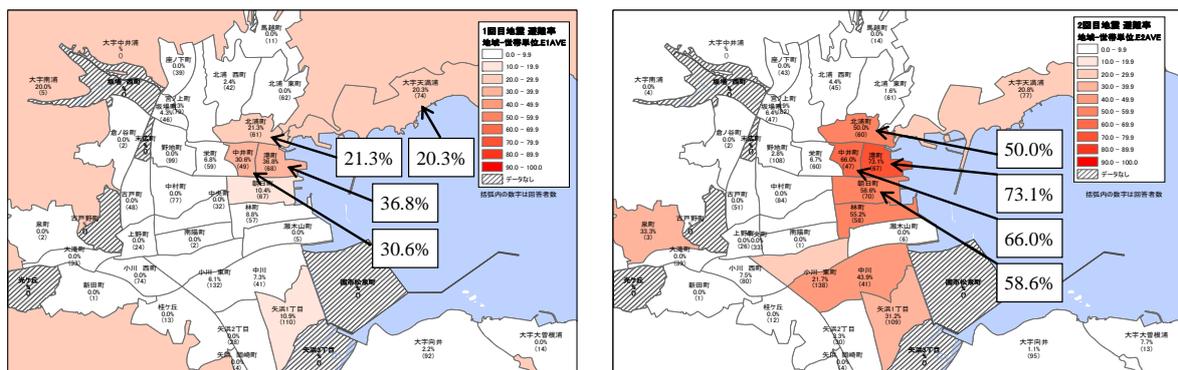


図-2 1回目(左)・2回目(右)それぞれの地震時における地域別避難率

生からの比較的早い避難行動がみられるが、2回目の地震時では、避難行動を開始するまでに時間がかかっていた。これは、1回目の地震が発生したのが19時07分とほとんどの住民が活動をしている時間帯であったのに対し、2回目の地震が発生した時刻は、23時57分であり、非活動の時間帯であったことが要因として挙げられる。しかし、実際に東南海地震が発生した場合、尾鷲市では、地震発生から5分以内に避難を開始しなければ津波による被害者をゼロに出来ない¹²⁾というシミュレーション結果が出ていることから、人的被害の最小化を図るためには、高い避難率の達成と地震発生からの迅速な避難行動のどちらも欠くことが出来ず、早いタイミングでの避難を住民に促す必要がある。

4. 津波避難の意思決定構造

(1) 津波避難行動の形成要因

津波避難の意思決定は、地震発生後に、住民が避難を想起し、避難を想起した住民が避難をするかどうかを判断し、避難するという意思決定をした住民が実際に避難行動に移るものと考えられる。そこで、まず、津波避難の意思決定構造を把握するために、住民が地震発生からのどのような状況や情報によって避難を想起したのかを

みとみる。図-3は地震時に避難を想起した住民の、はじめて避難を想起した状況についての回答をまとめたものである。これより、1回目の地震時、2回目の地震時ともに最も高い選択率となったのは、「地震発生直後」であり、半数以上の住民が選択している。次いで高い選択率となったのが、地震発生後すぐに発表される「津波への注意や警戒を促す情報」を知ったときである。つまり、多くの住民は「避難勧告」などの避難情報を取得する前に避難を想起していたことがわかる。このことから、地震発生時に避難を想起する(思い浮かべる)住民は、地震動によるインパクトと、地震以前からその住民が持ち合わせている意識・知識などから判断して避難を思い浮かべていると考えられる。

次に、避難を想起した住民はどのような状況下において避難の意思決定をしたかについてみていく。図-4は避難をしようとした住民の避難をしようとした理由についての回答をまとめたものである。これより、避難を想起した理由と同様に、地震発生後の大きなゆれによって避難をしようとした住民の割合が最も高く(約60%)になっており、次いで地震直後の情報である「津波への注意や警戒を促す情報」の割合が高くなっている。このことから、避難の意向を持った理由においても、地震発生からの早い段階で意向を持っていることがわかる。また、津波情

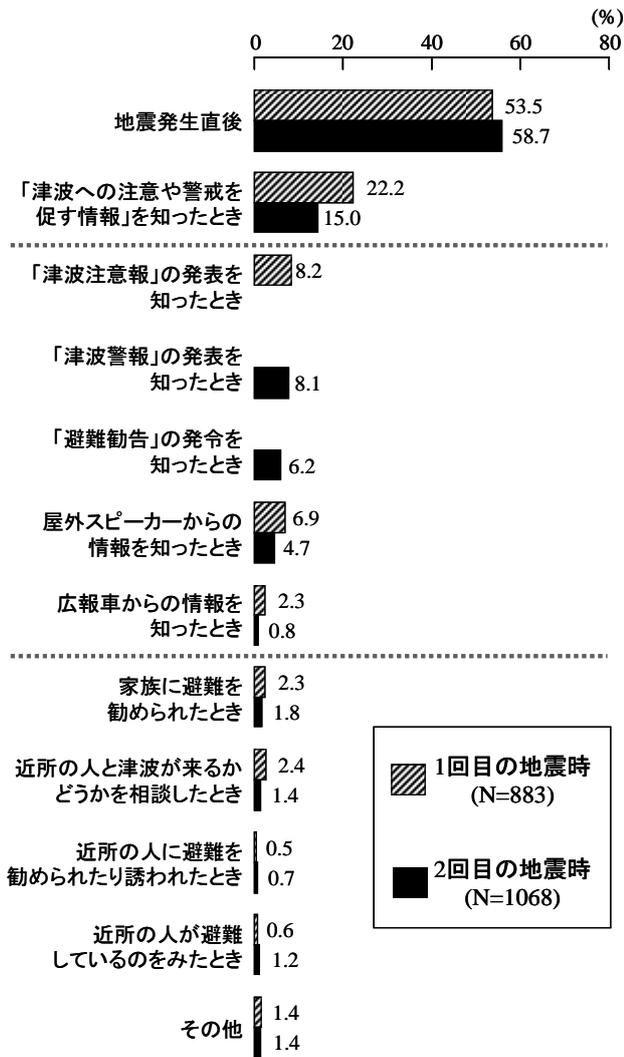


図-3 地震発生後に避難を想起した理由

報である津波注意報、津波警報や、避難情報である避難勧告などでは、避難しようとした理由の1位にあげる住民は少なかったが、多くの住民が避難をしようと思った理由の一つとしてあげていることがわかる。

以上の結果を踏まえ、住民は地震発生後どのようなタイミングで、避難の想起・意思決定・行動をとったのかを明らかにするために、避難を想起した住民、避難をしようとした住民、そして実際に避難した住民の割合の時間分布を図-5に示す。実際に避難した時刻の分布は避難準備などのタイムラグによって意思決定のタイミングより遅くなっているものの、この結果からも、避難を想起、意思決定した住民の多くは、地震発生直後に集中していることがみてとれる。つまり、多くの住民が、津波警報や避難勧告などの災害情報の発表・発令前の段階である地震直後に想起および意思決定をしていたことが明らかとなった。

これまで津波からの避難行動を促進するためには、避難勧告などの災害情報を如何に迅速に住民に伝達するか、という議論が多くなされてきたが、この結果は、避難と

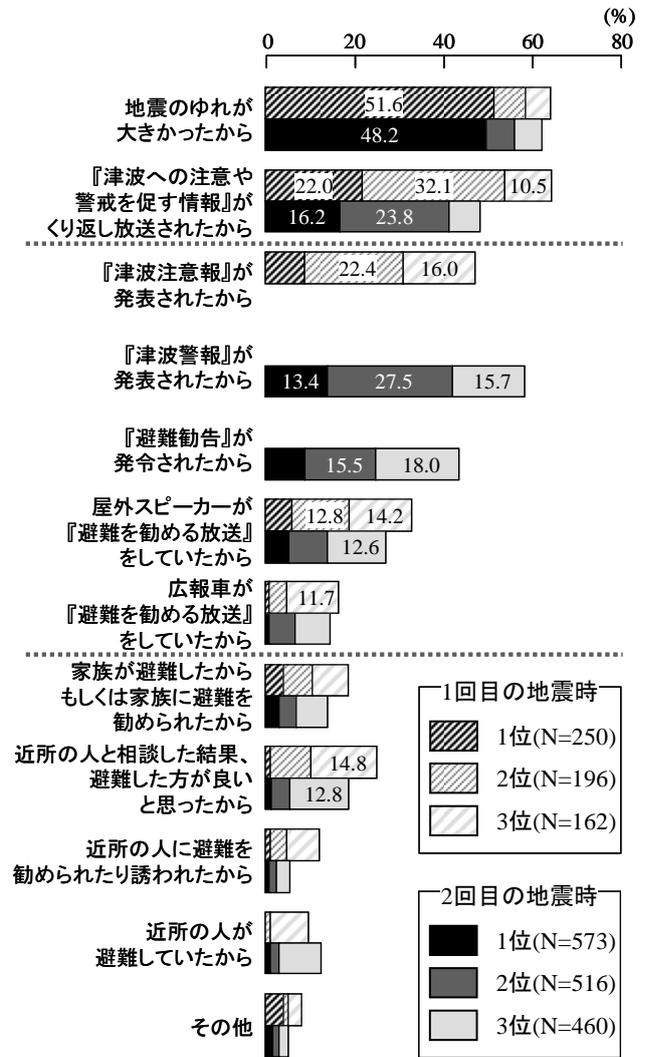


図-4 地震発生後に避難しようと思った理由

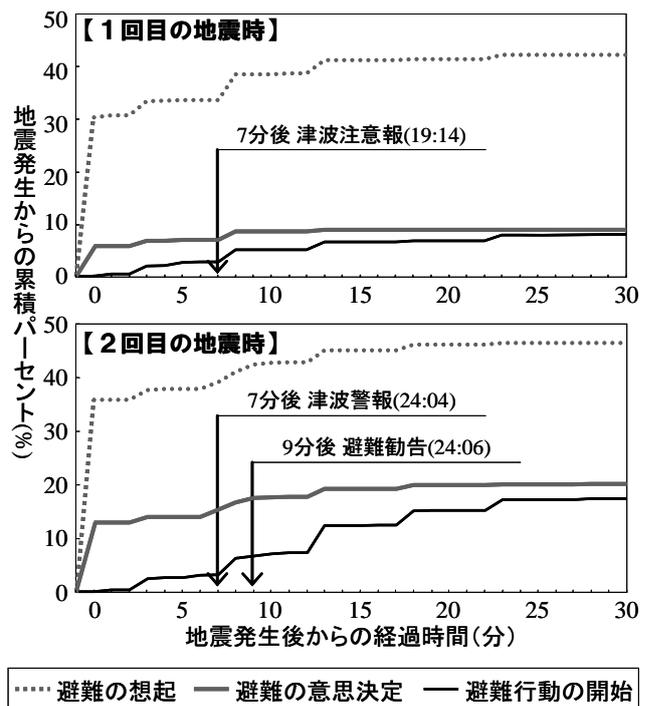


図-5 避難の想起・意思決定・行動開始率の時間分布

いう行動をとる前の想起や意識決定といった心理的側面には、災害情報はあまり影響しないことを示しているものといえる。また、同規模の地震のゆれを体験したにもかかわらず、避難を想起する、もしくは避難をしようとする住民とそうでない住民が存在するという事は、津波避難の意思決定には、地震発生以前から住民が持っている何らかの内的要因による影響が大きいことを示唆しているものと考えられる。

(2) 津波避難の意思決定モデルの構築

以上の分析を踏まえ、住民の津波避難の意思決定に関する予測モデルを構築する。

(a) 説明変数の検討

本研究では、避難の意思決定に影響を与える要因として、「地震」、「情報」、「意識」、「場所」、「属性」といった要因を取り上げた。

まず、「地震」に関する変数としては、各個人が感じた地震の揺れの大きさ（体感震度）を取り上げ、体感震度が大きかったと感じた住民ほど避難しようとするかと仮定した。

また「情報」に関する変数としては、津波警報や避難勧告などの避難情報を取得したかどうかを取り上げ、情報を取得した住民ほど避難しようとするかと仮定した。

そして、「意識」に関する変数としては、平時の津波による身の危機度意識と正常化の偏見の程度を示す指標（正常性バイアス指標）を取り上げた。まず平時の津波による身の危機度意識とは、今回の地震発生以前から津波が発生した際には身に危険が及ぶと思っていたかどうかであり、身に危険が及ぶと思っていた住民ほど、避難しようとするかと仮定した。そして正常性バイアス指標とは、異常（地震）が発生しているにもかかわらず、日常的に慣れ親しんでいる正常な状態を前提にして楽観視しようとする心理である「正常化の偏見」の有無を表現した変数である。具体的な算出方法は次の通りである。今回の調査では、日頃の津波による身の危険意識と2回の地震時それぞれに身の危険を感じたのかを聞いている。そこで、図-6に示すように、平時の身の危険意識よりも地震時に感じた身の危険の方が小さかった場合、『正常化の偏見あり』とし、平時の身の危険意識と地震時の身の危険が同レベルであれば、『正常化の偏見なし』、逆に平時に抱いていた身の危険意識よりも地震時に感じた身の危険の方が大きかった場合を『正常化の偏見なし（意識向上）』として指標を作成した。

「場所」に関する変数としては、表-3に示すように海岸からの距離と標高とによって自宅危険度という変数を作成した。自宅が標高の高い場所や海岸から非常に離れた場所であれば、津波からの避難をする必要がない場合も考えられる（表-3中の危険度1に該当）。そのため、

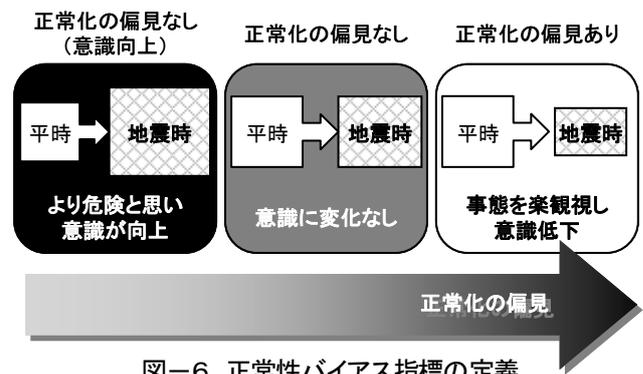


図-6 正常性バイアス指標の定義

表-3 自宅危険度の定義

海岸距離	標高	5m未満	5m以上 10m未満	10m以上 20m未満	20m以上 30m未満	30m以上
	50m未満	危険度4	危険度4	危険度3	危険度2	危険度2
50m以上500m未満	危険度4	危険度3	危険度2	危険度2	危険度1	
500m以上	危険度3	危険度2	危険度1	危険度1	危険度1	

自宅危険度は避難の必要性の有無を決定する要因とも考えられる。しかし、ここでは、避難の必要性がある地域にあっても、自宅が海岸から近いほど、また標高が低いほど、避難しようとする傾向が高まるものと仮定し、自宅危険度を変数として導入した。

最後に、「属性」については、防災訓練の参加や非常持ち出し品の準備、災害時の対応に関する家族との相談などの津波に備えた日頃の備えの行動の実施率を点数化した変数（事前対策状況）を用いた。

(b) 被説明変数の検討

本研究では、住民の避難の意思構造を2段階としてネスト構造であると仮定した。すなわち、第1段階として、「避難の想起」を取り上げ、このうち避難を想起した住民については第2段階として「避難の意向」を取り上げた。そして避難の意向をもった（避難しようと思った）住民がその後避難するものと仮定した。しかし、前節の分析より、多くの住民は津波警報や避難勧告などの津波情報が発令される前の地震発生直後に、避難の想起や意思決定を行っていることが明らかとなった。そのため、「避難意向あり」、「避難想起あり、意向なし」、「避難想起なし」の3カテゴリーを外的基準にとり、情報に関する変数を説明変数に取り入れてモデルを推定すると、情報を取得した住民ほど避難を想起しないという逆の傾向を示す結果となった。そこで、「避難意向あり」をその理由によって、「避難意向あり(地震動)」と「避難意向あり(情報など)」の2つに再分類した。これにより、地震発生から情報に依存せずに避難の意思決定をする住民と、情報の取得をきっかけに避難意向をする住民とを判別することで、どのような要因を改善することによって、情報に頼らない避難の意思決定を促すことができるのを検討することが可能となった。

表－4 数量化理論Ⅱ類による津波避難の意思決定モデルの推定結果

	説明変数	カテゴリー	(N)	カテゴリースコア	-1 -0.5 0 0.5 1	レンジ	偏相関係数(順位)
地震	体感震度	体感震度5以上	275	0.206		0.603	0.1292 (4)
		体感震度4	1293	0.135			
		体感震度3	1000	-0.130			
		体感震度2以下	254	-0.398			
意識	平時の津波による身の危険度意識	身に危険が及ぶと思った	565	1.287		2.395	0.4475 (1)
		身に危険が及ぶ可能性は高いと思った	539	0.577			
		どちらともいえない	398	0.139			
		身に危険が及ぶ可能性は低いと思った	428	-0.245			
		身に危険が及ばないと思った	892	-1.108			
正常性バイアス指標	正常化の偏見あり 正常化の偏見なし 正常化の偏見なし(意識向上)	1410	-0.622		2.006	0.3745 (2)	
		1100	0.405				
		312	1.384				
場所	自宅危険度	危険度4	923	0.457		0.785	0.232 (3)
		危険度3	456	0.018			
		危険度2	850	-0.277			
		危険度1	593	-0.328			
属性	事前対策状況	ポイント0	513	-0.198		0.866	0.1274 (5)
		ポイント1	502	-0.184			
		ポイント2	649	0.017			
		ポイント3	796	0.108			
		ポイント4	263	0.116			
		ポイント5	99	0.668			
	被説明変数	カテゴリー	(N)	平均値	-1 -0.5 0 0.5 1	正判別率	相関比
意思決定	避難の意思決定	避難意向あり(地震動)	183	1.325		0.574	0.351
		避難意向あり(情報など)	195	1.063			
		避難想起あり、意向なし	699	0.427			
		避難想起なし	1745	-0.429			

(c) モデルの推定

以上のような考察のもと、被説明変数を「避難意向あり(地震動)」、「避難意向あり(情報など)」、「避難想起あり、意向なし」、「避難想起なし」の4カテゴリーとし、(a)で示した説明変数を用いて、津波避難行動の意思決定モデルを数量化理論Ⅱ類によって構築した。

構築したモデルの推定結果を表－4に示す。これより、相関比、正判別率から判断して精度は概ね良好といえる。また、推定結果のスコア値は、正の値をとるほど、避難を想起する、避難の意思決定をする傾向と連動しており、負の値をとるほど避難を想起しない、避難の意思決定をしないことと連動している。

表－4より、モデルの説明変数の偏相関係数及びレンジから、各項目の被説明変数への影響構造を検討する。まず、レンジ、偏相関係数ともに最大の値となったのは、意識に関する変数である「平時の津波による身の危険度意識」であり、地震発生以前から津波によって身の危険性が高いと思っていた住民ほど、地震発生時に避難の意向を示す傾向にあるといえる。次いで、平時の危険度意識と地震時の危険度意識の差である「正常性バイアス指標」が高くなっており、地震時に事態を楽観視し、意識が低下した住民、つまり正常化の偏見が強く働いた住民ほど避難の意向を示さない傾向となることが見て取れる。また、場所に関する変数である「自宅危険度」も高い偏

相関係数を示している。そして、「事前対策状況」に関しても、日頃から地震やそれに伴う津波からの避難に備えて、実際の行動として準備のできている住民ほど、避難意向を示す傾向となっている。

以上の結果から、避難の想起及び避難の意思決定は、住民の意識、場所に強い影響を受け形成されていることが明らかになった。このことから、地震時により多くの住民に避難を想起させるとともに、その後の意思決定を適切に促すためには、平時からの住民の意識を改善することが重要といえる。

(3) 予測モデルを用いた防災教育効果の検討

これまでの分析から、地震発生時の住民の迅速な避難行動を促すためには、平時からの有効な防災教育によって住民の津波危険度意識の向上や正常化の偏見の払拭といった意識の変容を促すことが極めて重要であることが確認された。そこで、ここでは前節で推定した予測モデルを用いて、防災教育などを実施することによって、住民の意識が向上した場合における避難意向の変化に関するシナリオ分析を行う。そして、その結果を踏まえ、具体的な防災教育内容について検討する。

図－7は、表－4に示した予測モデルを用いて、津波避難の意向率、避難の想起率を推定した結果と意識に関する項目を変化させた場合のシナリオ分析結果を示した

ものである。この図によると、実際の回答から得られた地震動で避難意向を示す住民の割合の観測値は6.4%、構築した予測モデルでの推定値は12.7%であり、若干の過剰推定となったが、概ね良好な再現結果となることが確認できた。

次に今回の分析において、検討したシナリオについて説明する。前節での分析の結果、避難の想起および避難の意思決定は、住民の「意識」から大きな影響を受けていることが明らかになったことから、ここでは、防災教育のシナリオとして、以下の三つのシナリオについて検討する。まず、一つ目は、「正常性バイアス指標」について全住民を「正常化の偏見なし」とした場合、つまり正常化の偏見を払拭し、地震時に全住民が事態を楽観視することなく、平時から感じている危険性を災害時においても正しく認識できるように教育を実施するケースである。二つ目は、住民全員が「平時の津波による身の危険度意識」において「津波襲来時において身に危険が及ぶ可能性が高い」と意識した場合、つまり平常時の災害教育等によって住民の津波襲来時の身に及ぶ危険に対する意識を向上させるような教育を実施するケースである。そして、三つ目は正常化の偏見と身に及ぶ危険度意識のどちらも改善したケースである。

図-7より、まず、①正常化の偏見度を改善した場合には、住民の約62%が避難を想起するようになり、また地震動のみで避難意向を示す住民の割合は28.4%に向上する結果となった。次に、②平時での津波危険度意識を改善した場合には、ほぼ全ての住民が避難を想起するようになり、また地震動のみで避難意向を示す住民の割合も52.7%と大幅に上昇するという推定結果となった。さらに、③正常化の偏見度と津波危険度意識のどちらも改善した場合には、全ての住民が避難意向を持つようになり、その中でも地震動のみで避難意向を示す住民の割合が86.9%と非常に高い値となる試算結果が得られた。このことから、地震発生後の適切な避難の意思決定を、より多くの住民に促すためには、平時からの防災教育によって、津波危険度意識の向上や正常化の偏見の払拭といった住民意識の改善を促すことが極めて重要であることが確認された。また、そのような防災教育を行うことによって、情報に依存しない地震発生からの迅速な避難行動の促進にもつながるといった結果となった。

ここで、以上の結果を踏まえ、住民に地震発生後の迅速な避難を促すための具体的な教育内容として、以下の2点を挙げる。まず一つ目は、地域に潜在する津波リスクだけでなく、津波災害に関する正しい理解を促すことである。地域にどのような津波が襲来する危険性があるのかを知らなければ、住民が津波による身の危険を認識することはできないものといえる。そのため、まずは地域の津波リスクを正しく伝えることは重要である。そして、

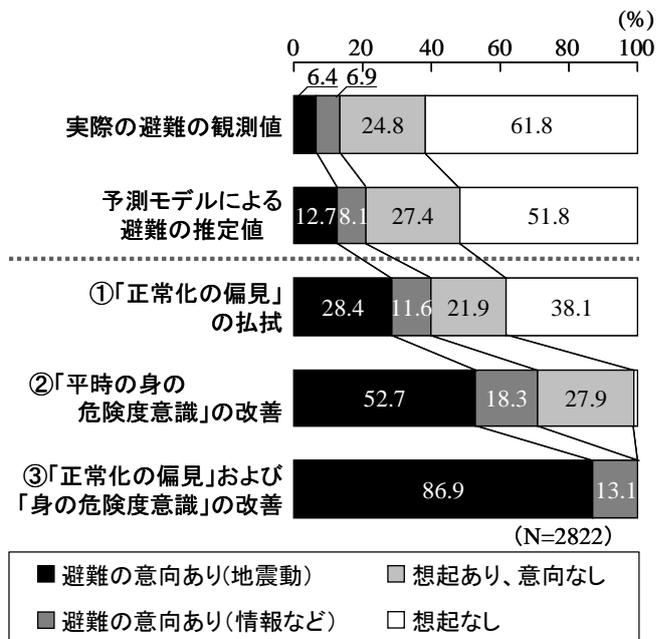


図-7 予測モデルを用いたシナリオ分析

それだけにとどまらず、相手は自然であるが故にどのような規模の災害が襲ってくるのかは厳密にはわからないことや、津波災害の発生メカニズムなど、現象に対する深い理解を与えることが必要と考える。二つ目は、様々な災害の現場で住民の避難率が低いという現状を伝えることで、避難するという行為は、非常に難しい意思決定のもとで行う行為であることを理解してもらうことが必要であると考え。そのためには、自然災害に対峙した際に、その状況を楽観的に捉えてしまう人間の心理特性（正常化の偏見）の存在を伝えることが必要となる。正常化の偏見は、いざそのときになって作用するものなので、平時においてその存在を計測することは困難であり、また素の人間が有する心理特性であることから、これを完全に是正することは難しいものといえる。しかし、そのような心理作用が自らに作用することで、事態を楽観的に捉えてしまうことがあるということを知っているだけでも、災害発生危険時における危機意識の醸成に大きな効果をあげるものと考えられる。

5. 災害総合シナリオ・シミュレータへの導入

本章では、4章で構築した予測モデルを災害総合シナリオ・シミュレータに導入することによって、地域住民に対して防災教育などを実施し、住民の防災意識が向上した場合に、津波による人的被害がどの程度減少するのかを推計する。

(1) 災害総合シナリオ・シミュレータの概要と避難の意思決定モデルの位置づけ

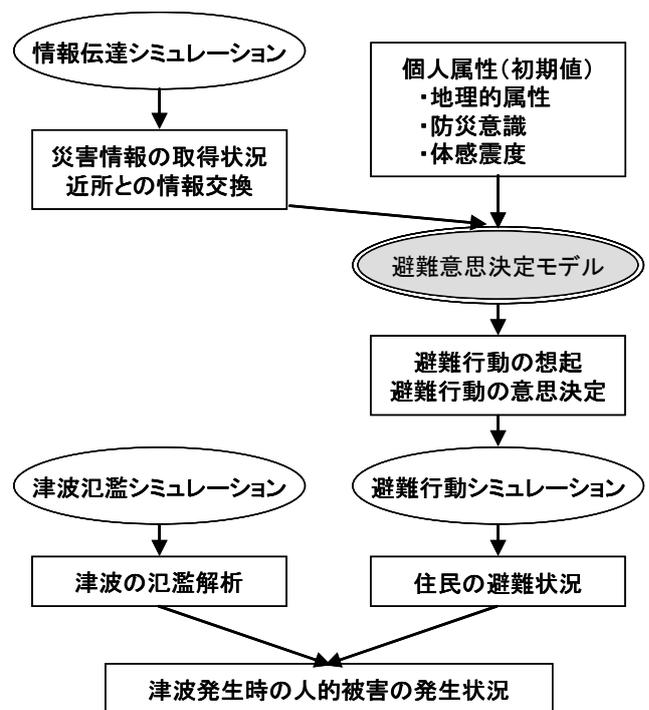
災害総合シナリオ・シミュレータとは、災害発生時に

生じ得る様々な状況をシミュレーションによって表現することを可能としたシステムであり、災害時の対応を事前に検討するための危機管理ツールとして、また地域住民の危機意識の啓発、適切な対応行動を促すための防災教育ツールとして、筆者らが開発したシステムである。本シミュレータは、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行動を行い、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、構成されている（図－8参照）。また、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。以下にそれぞれのシミュレーションモデルについて簡単に説明する。

“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マスメディアや防災行政無線の屋外拡声器、そして、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。また、“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。そして、“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ものとしている。

本シミュレータの最大の特徴は、これら三つのシミュレーションモデルによって表現された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。なお、災害総合シナリオ・シミュレータのより詳細な内容については、他稿¹⁰⁾に委ねる。

また、本シミュレータ内における避難の意思決定モデルの位置付けは、住民が地震発生から、時間とともに変化していく情報伝達シミュレーションなどの状況の下で、



図－8 災害総合シナリオ・シミュレータに概要と避難の意思決定モデルの位置づけ

避難行動に移るか否か及び避難行動に移るのであれば、どのタイミングで避難を行うのかを判定を行うものである。避難の意思決定モデルでの避難の判定の結果、避難行動をとるという住民に関しては、避難行動シミュレーションを開始し、住民位置と津波氾濫シミュレーションとの関係から被害者数を推計する。なお、被害者数を推定するための判定基準としては、津波の浸水域に位置した住民は全て被害者と判定することとした。2004年12月に発生したインド洋津波の映像を見ても明らかのように、津波による氾濫流は氾濫水だけでなく、瓦礫や自動車など様々な物が一緒に押し寄せてくることから、このような判定基準を採用した。しかし、今後はこの判定基準の精緻化も検討したいと考えている。

（2）津波避難の意思決定モデルの導入

表－5に、津波避難の意思決定モデルを災害総合シナリオ・シミュレータに導入する際に設定した各種パラメータについて示す。情報伝達シミュレーションに反映する情報伝達タイミングは、2回目の地震時の避難勧告発令のタイミングを参考に設定し、防災行政無線と広報車は地震発生から9分後、マスメディアからは10分後に情報伝達を行うものとした。また、津波氾濫シミュレーションのシナリオは、中央防災会議で想定されている東南海・南海連動型地震によるものを用いた。そして、避難の意思決定モデルのパラメータである「体感震度」、「平時の津波による身の危険意識」、「正常性バイアス指標」、「自宅の危険度」、「事前対策状況」については、アンケート調

査により得られた住民の回答結果を用いた。また、意思決定モデルによって、避難意向を持った住民の避難タイミングについては、2回目の地震時の住民の避難実態から、地震発生から避難を開始するまでに要した時間の平均と分散を算出(Ave.=10.1min, SD=8.4min, N=208)し、避難意向を持った住民に対して、乱数を発生させて避難のタイミングを決定するものとした。

(3) 災害総合シナリオ・シミュレータを用いた防災教育効果の検討

本節での分析は、防災教育による人的被害の改善効果の検討が目的であるが、防災教育以外の対策と比較するために、当地域に整備されている防潮堤の建設効果についての検討も行った。つまり、防潮堤が整備されている現実の状況と、整備されていない仮想の状況において、図-7で示した各シナリオを試算することにより、人的被害の推計を行った。その結果を図-9に示す。

まず、防潮堤の整備による効果を把握する。住民の意識は現状のままに固定し、防潮堤が整備されていない状況と整備された状況を比較すると、犠牲者数は1,992人から1,005人となり、約1,000人の犠牲者が減少する結果となった。すなわち、現在、尾鷲市に整備されている防潮堤は、本分析で想定したシナリオのもとでは、約1,000人の犠牲者を減少させる効果があることになる。

次に、防潮堤が整備されていない仮想的な状況において、防災教育などによって、住民の意識が改善された場合の効果把握する。まず、①正常化の偏見が改善された場合では、犠牲者数は1,764人で約200人が減少する結果となり、②平時の津波による身の危険度意識が改善された場合では、犠牲者は1,168人で約800人が減少する結果となった。さらに、③どちらの意識も改善された場合の犠牲者数は785人となり、約1,200人の犠牲者が減少する結果となった。

以上のシナリオ分析の結果から、防災教育による住民意識の改善は、人的被害の軽減という観点からは防潮堤を整備することと同程度の効果を期待できる結果となった。

6. おわりに

本研究では、平成16年9月5日に発生した紀伊半島沖と東海道沖で発生した2回の地震における住民の津波意識、避難行動に関わる調査をもとに、地震発生後の住民の津波避難の意思決定構造に着目し、住民の津波危機意識などに重点をおいて分析を行った。その結果、地震時における津波避難の意思決定構造が、津波災害に対する「意識」との強い関連をもとに形成されているという実態を把握することができた。また、構築した予測モデル

表-5 パラメータの一覧

避難タイミング	
平成16年9月5日 東海道沖の地震(2回目)の尾鷲市民の避難開始タイミング(Ave.=10.1min, SD=8.4min)	
情報伝達タイミング	
■屋外拡声器	地震発生から9分後, 16分後
■広報車	地震発生から9分後
■マスメディア	地震発生から10分後
津波氾濫シナリオ	
東南海・南海連動型地震 (中央防災会議想定)	

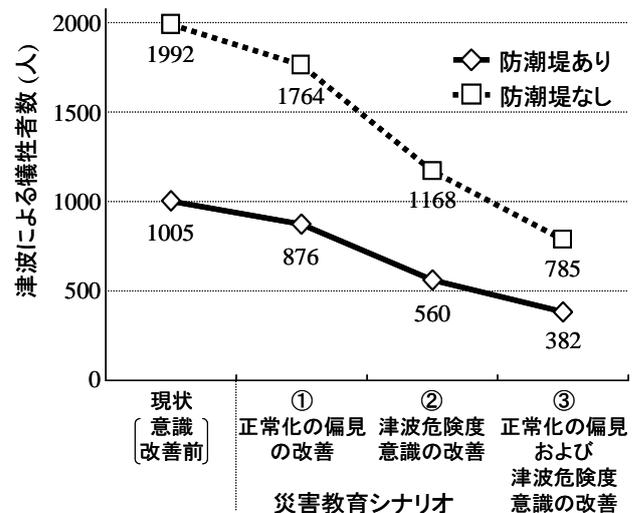


図-9 災害総合シナリオ・シミュレータを用いた防災教育効果の検証

を災害総合シナリオ・シミュレータに導入することで、平時の有効な防災教育によって、住民意識が改善された結果、住民の避難行動が促され、犠牲者数が大幅に削減される結果を得ることが出来た。

本研究で得られた知見を踏まえ、今後の津波避難の促進策を検討するならば、地震発生後の対策として情報伝達体制を確立しておくこと、さらには、地震時に住民同士で避難の勧誘を行うことのできるコミュニティの形成をことはもちろん重要ではあるが、それだけでは十分でなく、平時からの住民個々の「意識」を改善することが挙げられる。そして、その「意識」としては、分析の結果から2つ挙げられる。まず、日頃から住民に地域の津波危険度を周知させ、さらにはその地域に住む住民の津波危険度を周知させることであり、それにより、住民の津波に対する意識が醸成することにつながる。二つ目としては、地震などの異常時に事態を楽観視してしまうといった人間の意識特性を住民に理解してもらうことで、実際に地震が発生した状況下において、現在の危険性を正しく認識できる住民意識を形成することである。

こういった「意識」の改善を念頭に置いた防災教育を平時から行うことこそが、行政から発表される津波情報や避難情報などを、自らの命を守るための判断材料の一つとして活用できる住民の形成につながり、更には情報に依存しない避難行動の促進につながるものと考えられる。つまり、住民個々の意識の改善が、来るべき大津波による人的被害の最小化には極めて重要であるといえよう。

参考文献

- 1) 首藤伸夫, 松富英夫, 卯花政孝: 北海道南西沖地震津波の特徴と今後の課題, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 236-240, 1994.
- 2) 斉藤徳美: 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, vol.9-2, pp.29-63, 1990.
- 3) 田中重好: 三陸はるか沖地震時における災害情報伝達と避難行動, 地域安全学会論文報告集, No.5, pp.73-80, 1995.
- 4) 片田敏孝・児玉真・桑沢敬行・越村俊一: 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
- 一, 土木学会論文集, No.789/II-71, pp.93-104, 2005.
- 5) 早川哲史, 今村文彦: 津波発生時における避難行動開始モデルの提案とその適用, 自然災害科学, vol.21-1, pp.51-66, 2002.
- 6) 今村文彦, 鈴木 介, 矢口将彦: 津波避難数値シミュレーション法の開発と北海道奥尻島青苗地区への適用, 自然災害科学, vol.20-2, pp.183-195, 2001.
- 7) 島田富美男, 村上仁士, 上月康則, 杉本卓司, 西川幸治: 海岸工学論文集, 第46巻, pp.361-365, 1999.
- 8) 佐藤広章, 村上仁士, 島田富美男, 上月康則, 倉田健吾, 大谷 寛: 地震による家屋の倒壊を考慮した津波来襲における避難に関する一考察, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.311-315, 2002.
- 9) 及川 康, 片田敏孝: 河川洪水時の避難行動における洪水経験の影響構造に関する研究, 自然災害科学, Vol.18-1, pp.103-116, 1999.
- 10) 片田敏孝, 桑沢敬行, 金井昌信, 細井教平: 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, 社会技術研究論文集, Vol.2, pp.199-208, 2004.
- 11) 気象庁: 平成16年9月地震火山月報 (防災編)
- 12) 群馬大学災害社会工学研究室(2005): 『三重県尾鷲市を対象とした動く津波ハザードマップ』, <http://www.ce.gunma-u.ac.jp/regpln/>

津波避難の意思決定構造を考慮した防災教育効果の検討*

桑沢敬行**・金井昌信***・細井教平****・片田敏孝*****

本研究は、地震発生後における住民の津波避難の意思決定構造に着目し、実態調査をもとに避難の意思決定に関する予測モデルを構築することで、津波襲来時の人的被害最小化を図る施策について検討した。さらに、構築した予測モデルを災害総合シナリオ・シミュレータに導入することで防災教育効果を犠牲者数からの検証を行った。分析の結果、津波避難の意思決定は、住民の津波災害に対する意識との連動性が高いことが明らかになった。また、住民意識が改善された場合でのシミュレーションを実施したところ、避難行動が促され、犠牲者数が大幅に削減される結果となった。このことから、防災教育による意識改善の有効性が示された。

Study on the effect of disaster education considering decision making evacuation from a tsunami*

By Noriyuki KUWASAWA**, Masanobu KANAI***, Kyohei HOSOI**** and Toshitaka KATADA*****

In this study, we took notice of the decision making evacuation from tsunami, and carried out the survey about actual situation of residents' evacuation from tsunami. Then, we build a prediction model about decision making evacuation from tsunami, and researched measures to minimize the casualties by tsunami. Besides, we calculated casualties by using Tsunami Comprehensive Scenario Simulator under those measures had done. As a result, the tsunami disaster consciousness of residents influenced the decision making evacuation from tsunami. And it developed that many casualties decrease if we urge residents to improve their consciousness by disaster education.
