

# 観光地海岸利用者の津波に対する避難行動と避難意思決定に関する研究

## Decision-making and Evacuation of Beachgoer Against Tsunami Disaster

増本憲司<sup>1</sup>・川中龍児<sup>2</sup>・石垣泰輔<sup>3</sup>・島田広昭<sup>4</sup>

Kenji MASUMOTO, Ryuji KAWANAKA, Taisuke ISHIGAKI and Hiroaki SHIMADA

To reduce the casualties by tsunami around seaside, it is necessary to investigate the process of decision-making and evacuation of beachgoer against tsunami disaster. This is the objectives of this paper. By using the method of covariance structure analysis, the dominant factors of decision-making were discussed with 1173 questionnaire sheets answered in four seaside resorts. The result shows that knowledge of tsunami closely relates to awareness of one's evacuation, and then it derives the evacuation volition from the awareness. Evacuation simulations were studied for one of the beaches by using the cellular automaton method. Then, it is found that evacuation guidance is very important in early evacuation.

### 1. はじめに

海水浴場は、海に面している県であれば必ず存在し、地域住民や観光客など、誰もが自由に入出りできる空間である。利用目的も様々で、海水浴を始め、日光浴や砂遊び、散歩などの砂浜を利用するもの、サーフィンやマリンスポーツなど、外浜を利用するものなどがある。このように、多くの人が様々な目的で利用している海水浴場では、身の安全を脅かす多くの危険が存在しており、その中の1つに津波が含まれる。東南海・南海地震では、津波による甚大な人的被害が予想されており、国や各自治体で様々な防災・減災対策が進められている。しかし、こうした対策は主に地域住民を対象としたものであり、海水浴場利用者など来訪者を対象としたものではないのが現状である。また、たとえ正しい対策がとられていたとしても、利用者の津波防災意識が不十分であれば、その対策効果を十分に発揮することができない。すなわち、津波による被害を軽減するためには、利用者の津波防災意識も重要であると考えられる。

そこで本研究では、観光地海岸として海水浴場を取り上げ、海浜利用者の津波防災に関するアンケート調査を実施し、その津波防災意識を把握しようとした。また、統計解析手法の1つである共分散構造分析を用いて海水浴場利用者の避難意思決定に至る要因を明らかにし、さらに避難行動計算を行うことで津波に対する避難行動の現状を把握しようとした。

### 2. 海水浴場利用者の津波防災意識調査

#### (1) 調査概要

調査対象地は、東南海・南海地震による津波被害が想定される和歌山県白浜町の白良浜、和歌山県田辺市の扇ヶ浜、三重県志摩市の御座白浜、および阿児の松原の4ヶ所とした。この4ヶ所の位置関係を図-1に示す。また、4つの海水浴場におけるアンケート調査概要を表-1に示す。これらの海水浴場の選定理由は、観光客が多く利用する代表的な海水浴場として白良浜、地域住民が多く利用する海水浴場として扇ヶ浜を選定した。また、管理組織や体制の違いによる津波防災意識の差を検討するために御座白浜、津波防災意識に対する津波避難訓練の効果を明らかにするため阿児の松原を選定した。なお、それぞれの海水浴場におけるアンケート設問数が異なっている理由は、共通の設問として21項目を定め、それに管理体制や避難訓練など各海水浴場独自の設問を加えたためである。

#### (2) 調査結果

a) 東南海・南海地震発生時の津波来襲の可能性認知  
図-2に東南海・南海地震発生時の津波来襲の可能性認



図-1 調査対象海水浴場の位置

- |        |      |                         |
|--------|------|-------------------------|
| 1 正会員  | 修(工) | 広島ガス(株)                 |
| 2 学生会員 | 修(工) | 関西大学大学院工学研究科ソーシャルデザイン専攻 |
| 3 正会員  | 博(工) | 関西大学環境都市工学部都市システム工学科    |
| 4 正会員  | 博(工) | 関西大学環境都市工学部都市システム工学科    |

表-1 アンケート調査概要

白良浜海水浴場	扇ヶ浜海水浴場	御座白浜海水浴場	阿児の松原海水浴場
和歌山県白浜町	和歌山県田辺市	三重県志摩市	三重県志摩市
2006年	2007年	2008年	2009年
8月4日,5日	7月29日	8月2日	7月27日
318人	211人	374人(有効回答338人)	270人
21問(属性5問)	23問(属性5問)	23問(属性5問)	27問(属性7問)

知を示す。「来ることを知っている」と回答した人は、扇ヶ浜で40%に達しているが、他の海水浴場では30%以下である。これより、利用者の約半数が地元住民である扇ヶ浜では、多くの利用者が津波の来襲を知っており、周辺地域に対する津波防災教育の成果が表れていることがわかった。また、和歌山県の海水浴場と三重県の海水浴場とを比較してみても、「来ることを知っている」と回答した人の割合に差がみられる。これより、県や市など海水浴場を管理する行政の体制や取組の違いが津波防災に対する効果に影響を及ぼすことが明らかとなった。

b) 都道府県別の避難開始時刻

図-3に都道府県別の避難開始時刻を示す。「すぐに避難する」と回答した人は、和歌山県で74%であり、大阪府、奈良県、京都府に対して有意な差が見られる。(Z検定5%有意確率)すなわち、和歌山県からの来訪者は、他の都道府県からの来訪者と比べて津波から迅速な避難

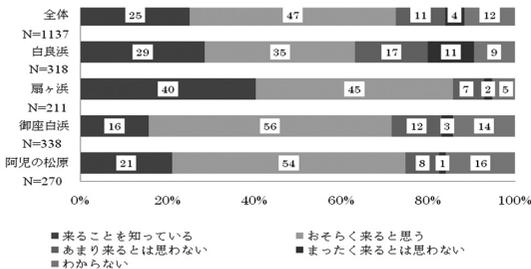


図-2 東南海・南海地震発生時の津波来襲の可能性認知

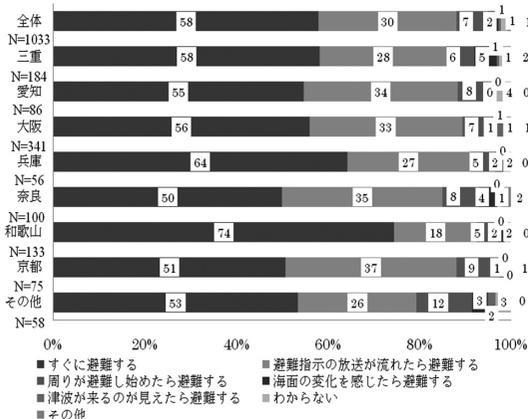


図-3 都道府県別の避難開始時刻

ができると言える。また、その他については、近畿や東海地方以外からの来訪者が中心であり、「周りが避難し始めたら避難する」と回答した人の割合が12%と、近畿や東海地方の都道府県より高いことがわかる。すなわち、遠方からの来訪者は土地に不慣れであり、周囲の海水浴場利用者の行動に依存する傾向がある。

c) 都道府県別の津波ハザードマップ認知度

図-4に都道府県別の津波ハザードマップの認知を示す。「実際に見たことがある」と回答した人の割合は和歌山県で23%であり、他の都道府県からの来訪者と比べると高い。(Z検定5%有意確率)また、「知らない」と回答した人の割合も、和歌山県からの来訪者は最も少なく53%である。(Z検定5%有意確率)しかし、和歌山県においても認知している人は半数以下であり、津波ハザードマップの認知度は高いとは言えない。

3. 津波に対する避難意思構造の共分散構造分析

(1) モデルの構築

2.のアンケート調査で、海水浴場利用者が津波の来襲は知っているが、地震が起きてもすぐに避難しないことを明らかにした。海水浴場利用者が避難行動を開始するきっかけは、場所、時間、避難勧告などを始め、津波防災知識や津波に対する不安、周囲の避難状況など様々な要因が考えられる。そこで、これらの中から津波防災知識や津波に対する不安、避難意識が避難意思決定に及ぼす影響についてアンケート集計結果を用いて共分散構造分析を行い明らかにする。

図-5に津波防災知識から避難意思発生までの仮説モデルを示す。モデルは、図に示した4つの潜在変数から構成される。すなわち、防災知識が、津波に対する不安と避難意識に影響を与え、この2つの潜在変数が避難意思に影響についてアンケート集計結果を用いて共分散構造分析を行い明らかにする。

図-5に津波防災知識から避難意思発生までの仮説モデル

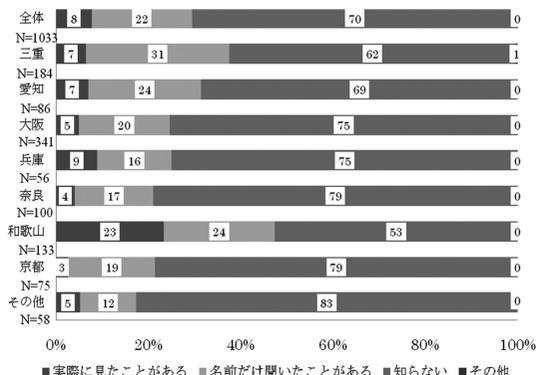


図-4 都道府県別の津波ハザードマップ認知度

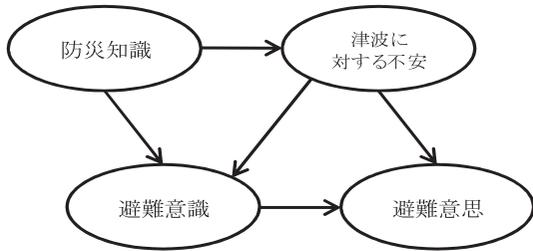


図-5 津波防災知識から避難意思発生までの仮説モデル

ルを示す。モデルは、図に示した4つの潜在変数から構成される。すなわち、防災知識が、津波に対する不安と避難意識に影響を与え、この2つの潜在変数が避難意識に繋がる構造である。なお、それぞれの潜在変数を構成する観測変数は表-2に示す通りであり、影響を与えていると考えられるアンケートの設問項目から選択した。

(2) 津波に対する避難意識構造の分析結果

図-6に全体の「避難意思」の因果モデルを示す。「津波に対する不安」因子から「避難意思」因子への因果関係は、t検定5%水準で統計的に有意ではないが、適合指標については図の通りであり、説明力は十分である。

「防災知識」因子から「避難意識」因子への因果係数は0.70であり「防災知識」因子が「避難意識」因子の変動を  $(0.70)^2 = 49.0\%$  規定している。すなわち、津波防災知識が向上すれば津波からの避難意識が高くなると言

える。また「防災知識」因子から「津波に対する不安」因子への因果係数が0.56であり「防災知識」因子が「津波に対する不安」因子の変動を  $(0.56)^2 = 31.4\%$  規定していると言える。すなわち「防災知識」因子から「避難意識」因子への影響ほど強くないが、津波防災知識が向上すれば津波に対する不安も高くなることがわかった。

「津波に対する不安」因子から「避難意識」因子への因果係数が0.15であり、また、「津波に対する不安」因子から「避難意思」因子への影響がt検定により否定されていることから、津波に対する不安が増加しても避難しなければならぬという意識や、避難するという意識は発生しないと推定できる。

「避難意思」因子に最も影響を与えるのは、「防災知識」因子から「避難意識」因子を媒介として「避難意思」因子に向かうパスであった。

これらのことより、津波防災知識を向上させることで、避難意識が向上すること。また、津波に対する不安も増加するが、津波に対する不安は避難意識や避難意思には結び付かないことがわかった。すなわち、津波防災知識を得ることで避難意識が向上し、避難意思が発生するという流れが、避難開始に最も影響することがわかった。

4. 津波来襲時における海水浴場からの避難行動

(1) 計算条件

本論文では、簡単なセル間の局所的相互作用から、人の群集行動などの複雑な現象を再現できるセルラーオートマトンを用いた。なお、計算モデルは近田ら (2000) の研究を参考にし、海水浴場からの避難行動計算を行った。

対象地は、東南海・南海地震による津波被害が予測される阿児の松原とした。また、阿児の松原では避難訓練を実施しており、アンケート調査結果から避難訓練参加の有無による避難開始時刻の変化を避難行動計算に考慮することで、避難行動における避難訓練効果を検討した。

対象地は、写真-1に示した阿児の松原海水浴場であり、海水浴場利用者を対象としているため、線で囲った遊泳区域を計算対象領域とした。また、避難行動計算は、一時避難を想定した海岸モデルと海浜から避難場所までを想定した市街地モデルの2ケースについて行ったが、ここでは市街地モデルについて述べる。

図-7に避難誘導が十分に行われた場合の避難対象地のモデルを示す。なお、図中の凡例は楕円で示したものが海岸から道路へ誘導する標識、方形で示したものが道路から避難場所 (丸印) まで誘導する標識である。このモデルでは、避難場所までの避難誘導が行われている、または避難者が避難場所を把握していることを前提としているため、海水浴場から避難場所までの最短距離を進むことができるように標識を設置した。

表-2 潜在変数を構成する観測変数

防災知識	東南海・南海地震発生時の津波来襲の可能性認知
	津波ハザードマップの認知
	行政指定の避難場所の認知
	東南海・南海地震に関する知識
津波に対する不安	過去の津波災害の認知
	東南海・南海地震発生時の津波到達時間予測
	東南海・南海地震発生時の津波到達波高予測
避難意識	津波に対する危険認識
	海水浴場利用時の津波に対する意識
避難意思	津波避難訓練の参加意識
	避難開始時間
	避難場所
	避難手段

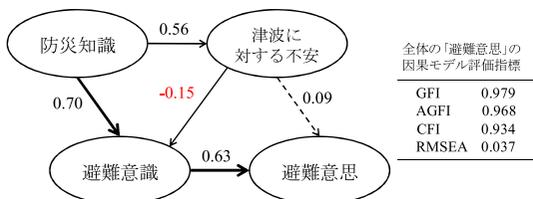


図-6 「避難意思」の因果モデル



写真-1 阿児の松原海水浴場 (Google Earth より)



図-7 避難誘導を設置した対象地モデル



図-8 避難誘導を設置しない対象地モデル

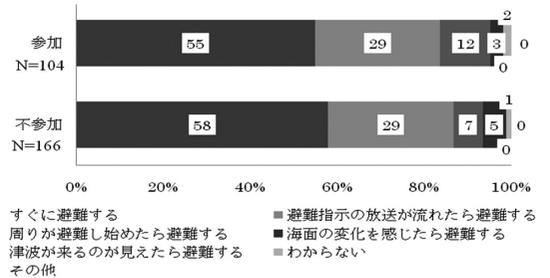


図-9 津波避難訓練参加有無別の避難開始時間

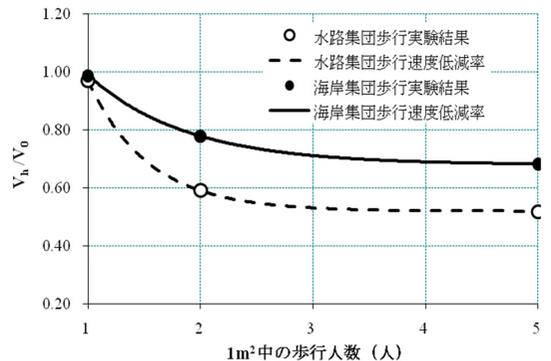


図-10 集団歩行人数と歩行速度との関係

図-8に避難誘導が不十分であった場合の避難対象地のモデルを示す。図中の凡例は図-7と同様である。このモデルでは、避難場所までの避難誘導が行われておらず、避難者が避難場所を把握していないことを前提としている。なお、地盤高が高い場所まで移動できれば、以後は避難場所まで迷わず避難できるように標識を設置した。

図-9に阿児の松原における津波避難訓練参加有無別の避難開始時刻を示す。この結果の割合を利用して避難開始の時間に変化を持たせた。「すぐに避難する」は計算開始時、「周りが避難し始めた後避難する」は30秒後、「避難指示の放送が流れたら避難する」は志摩市からの情報提供より3分後とし、その他の項目は15分後とした。

歩行速度については、図-10に示す集団歩行人数と歩行速度との関係を用いた。大西ら(2008)が示した通常の歩行速度1.4m/sと集団歩行実験値 $V_b$ より求めた歩行速度減少率 $V_{ds}$ 、 $V_{dr}$ を乗じることで、集団歩行速度を求めた。

これらの式を以下に示す。

[海岸における集団歩行速度の減少率]

$$V_{ds} = 0.68 + 0.31 \exp\{1.14(1 - N_0)\} \dots\dots\dots (1)$$

[道路における集団歩行速度の減少率]

$$V_{dr} = 0.52 + 0.45 \exp\{1.85(1 - N_0)\} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $N_0$ は1m<sup>2</sup>中の歩行人数である。

(2) 海水浴場からの避難行動計算の結果

図-11に避難成功率と経過時間との関係を示す。なお、阿児の松原には20分で津波が来襲するため、これまでに避難を完了する必要がある。これによると、避難誘導の有無が避難成功率に大きな影響を与えていることがわかる。700秒経過後から避難誘導が不十分な場合の避難成

成功率の上昇が緩やかになり始め、最終的に避難誘導が十分に行われた場合と比較すると30%程度の人が避難し遅れることがわかった。また、避難訓練参加の有無による避難成功率の変化は顕著に表れなかったが、一斉避難と比較すると終始5%ほどの差が存在した。また、最も避難成功率が高い一斉に避難し避難誘導が十分に行われた場合でも83%の成功率で、全員が避難を完了することができないことがわかった。したがって、海岸の出入口や道路幅の拡張、海水浴場近隣に避難場所を設けるなどの対策が必要であると考えられる。

#### 4. 結論

本研究では、津波防災意識に関するアンケート調査を実施し、海水浴場利用者の津波防災意識を検討した。また、統計解析手法の1つである共分散構造分析を用いて海水浴場利用者の避難意思決定に至る要因を検討した。さらに、阿児の松原を対象地として、海水浴場からの避難行動シミュレーションを行い、海水浴場利用者の迅速な避難の方法や適切な避難誘導のあり方を検討すると同時に、避難訓練参加の有無による避難開始時刻の変化を考慮することで、避難行動に対する避難訓練効果も検討した。本研究により得られた主な成果を、以下に示す。

- 1) 管理体制や、県や市など行政による津波防災教育の違いが津波防災意識に影響を与え、特に和歌山県の津波防災意識が高いことが明らかとなった。
- 2) 津波被害予測地域でも津波ハザードマップや行政指定の避難場所などの津波防災知識は欠如している。

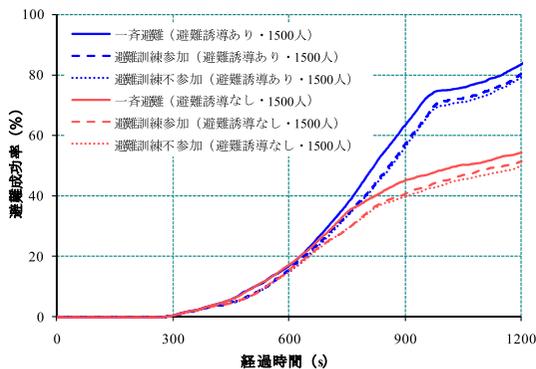


図-11 避難成功率と経過時間との関係

- 3) 避難意思決定には、津波に対する不安は影響せず、津波防災知識を得ることで避難意識が向上し、避難意思の決定に至る。
- 4) 津波防災知識を得ることで避難意識が向上し、避難意思が発生するという流れが、避難開始に最も影響する。
- 5) 迅速な避難行動には、適切な避難誘導が効果的である。
- 6) 阿児の松原では、津波来襲までに全員が避難を完了できない可能性があるため、海岸の出入口や道路幅の拡張、海水浴場近隣に避難場所を設けるなどの対策が必要であると考えられる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、2006年度から2009年度まで関西大学 沿岸環境工学研究室と環境防災工学研究室に在籍された全ての大学院生および学部生に、多大なるお力添えを頂きました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一 (2008)：地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用，水工学論文集，第52巻，pp. 841-846。
- 岡安章夫・武若 聡・中野 晋・村上啓介・荒木進歩・森信人・青木伸一・今村文彦・越村俊一・佐藤慎司 (2007)：津波防災に対する住民・海岸利用者の意識と対策立案者の認識との相違に関する調査，海岸工学論文集，vol. 54，pp. 1336-1340。
- 加藤史訓・諏訪義雄・林 春男 (2009)：2006年千島列島沖地震における津波からの避難の意思決定，水工学論文集，第53巻，pp. 865-870。
- 柄谷友香・越村俊一・首藤伸夫 (2003)：津波常襲地域における持続可能な防災教育に向けた防災知識の体系化に関する研究，海岸工学論文集，vol. 50，pp. 1331-1335。
- 島田広昭・石垣泰輔・芹澤重厚保・坂口健児 (2007)：海水浴場利用者の津波防災意識に関する研究，海洋開発論文集，第23巻，pp. 249-254。
- 近田康夫・廣瀬智士・城戸隆良 (2000)：CAを用いた歩行シミュレーションモデルの構築，土木情報システム論文集，vol. 9，pp. 19-30。
- 増本憲司・坂口健児・石垣泰輔・島田広昭 (2008)：海水浴場利用者の津波防災意識に関する研究，土木学会第64回年次学術講演会 (CD-ROM)，pp. 173-174。
- 増本憲司・山口達也・岡田幸秀・島田広昭・芹澤重厚・石垣泰輔 (2007)：津波災害リスクの高い海水浴場の利用者の防災意識に関する研究，土木学会第63回年次学術講演会 (CD-ROM)，pp. 399-400。
- 森田孝夫・阪田弘一・高木真人・山本 宗 (2004)：祝祭街路における群集密度と歩行特性に関する研究，日本建築学会技術報告集，第20号，pp. 307-312。