

# 高潮災害を対象としたソフト防災に関する考察

## Consideration on Soft- Disaster Prevention Aiming at Storm Surges Disaster

松見吉晴<sup>1</sup>・雁津佳英<sup>2</sup>

Yoshiharu MATSUMI and Yoshihide GANZU

In Sakaiminato district that has received a storm surge disaster, the present study conducted a questionnaire survey for consciousness of residents on the disaster prevention. Additionally, our previous evacuation scenario was extended and improved by including questionnaire entries relative to the conditions of a refuge and an existence of nursing person. By investigating from the statistical approaches regarding the causal relation between the disaster prevention consciousness and the decision making of evacuation, effective policies for the disaster prevention consciousness of residents were considered. The vulnerability in evacuation routes was examined using the improved evacuation simulation model.

### 1. はじめに

地域防災計画には、従来の防災基盤の整備といったハード防災に加え、避難に関する地域住民による自助管理体制に基づくソフト防災が不可欠と言われている。また十分なハード防災事業がなされている地域であっても、ハード・ソフトの両面を含めた総合的な地域防災マネジメント施策を実施することにより、地域の特性に見合った効果的なハード防災整備施策の必要性も明らかになり、最終的には地域の総合的な防災力の向上が可能になると考えられる。

そのための基本ツールとしての避難シミュレーションは、仮想的な避難訓練による行政と住民の意志合意形成に基づくソフト防災施策の考案に有効な支援ツールである。著者らは、住民の防災意識の違いによる避難開始の意志決定に要する時間変動も考慮したトランザクション型の避難行動シナリオに基づくネットワーク型の避難シミュレーション(松見ら, 2008)を開発し、住民の防災意識の高さによる避難開始時間を変化させた数値実験より、避難所要時間の短縮化には住民が高い防災意識を持つことが不可欠であることを示している。

本研究は、先の避難行動シナリオをより現実的なものへの改良と、住民の防災意識の向上施策の検討を目的に、過去に高潮被災を受けた沿岸地区を対象に避難行動に関する住民の意識、要介護者や被災経験の有無など世帯の属性に関するアンケート調査より、住民の防災意識と避難の意志決定や準備時間等との間の因果関係、並びに住民の防災意識の向上施策について統計的アプローチより

検討するとともに、改良した避難行動シナリオに基づいて対象地域の避難経路上の脆弱性を評価するものである。

### 2. 地域住民の防災意識を対象としたアンケート調査

#### (1) アンケートの概要

災害発生時における避難開始時間や住民の意識・心理調査を目的としてアンケート調査を行った研究は数多く存在している。それらの調査研究は、避難行動を開始する要因調査を対象としたもの(例えば、河田ら, 1994; 山本ら, 1998; 及川, 1999; 矢部, 2000; 永川ら, 2000)、住民の避難行動開始モデルを対象としたもの(例えば、早川ら, 2002)、住民の避難行動と心理的要因に着目したもの(片田ら, 2006)に大まかに区分される。特に、片田らは、津波襲来の危険にさらされた住民の心理と行動に関する調査を実施し、住民の避難行動とその背後にある心理的要因との関連を明らかにしている。本研究では、このような従来の研究内容を参照して、アンケート項目を設定することにした。

本研究では、図-1に示す鳥取県境港市渡町・森岡町を対象に、日頃の自然災害に対する関心度、避難勧告時の避難意志の有無、避難決意の条件と所要時間、避難準備時間等についてアンケート設問を設けるとともに、高潮被災の経験、住居の海からの距離、要介護者の有無等の世帯の属性についても調査した。渡町は中海に面しており、過去に高潮による浸水災害(最近では、2004年8月20日)の経験がある地域である。アンケートの回収状況は、全1508世帯へ配布し、回収数574の内、有効回答数が556で回収率が36.9%であった。

アンケートの内容は大きく4つの設問を設け、主に多肢選択法で回答を求めた。まず、1番目の設問は自然災害に対する日頃の意識や行動について、表-1に示す10項

1 正会員 工博 鳥取大学教授 大学院工学研究科社会基盤工学専攻  
2 学生会員 鳥取大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻



図-1 対象地域と道路ネットワーク

表-1 防災意識に関する設問内容

項目	内容
①	防災マップの所持
②	非常時持出物品の用意
③	避難場所と避難経路の把握
④	防災訓練や防災活動に参加
⑤	災害時の保険加入
⑥	テレビやラジオから地域の災害や防災情報を収集
⑦	インターネットから地域の災害や防災情報を収集
⑧	日本に上陸しそうな台風に注意を払う
⑨	発令された注意報や警報に注意を払う
⑩	高潮発生時の自宅や周辺の危険性を想定

目から選択するものである。2番目の設問では、高潮警報発令時もしくは避難勧告時に避難するか否かに関する項目と、避難を決意するための条件として、自宅周辺の被害状況、家族の居場所の把握状況、近所の人の行動に関する項目により構成されている。3番目の設問では、避難準備に要する時間、避難場所と経路設定の有無、移動手段についてである。4番目の設問では高潮の被災経験の有無、住居の海からの距離、要介護者の有無などの世帯の属性に関するものである。

(2) アンケート結果

図-2は、表-1に示す10項目の防災に係わる普段の意識や行動に関する複数回答結果を示したものである。一般的な結果として、「⑧日本に上陸しそうな台風に注意を払う」が最も多く、次に「⑨発令された注意報や警報に注意を払う」が多いことが分かる。一方、少数回答として、「①防災マップの所持」、「②非常時持出用品の用意」、「⑦インターネットから地域の自然災害や防災情報を収集」があげられている。

図-3は、高潮警報発令時、あるいは避難勧告時における行動に関する回答結果を示したものである。「①直ち

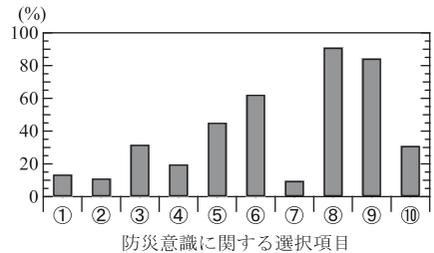


図-2 防災に関する普段の意識や行動

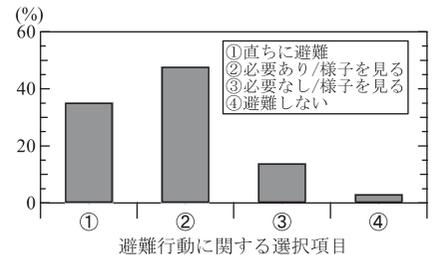


図-3 高潮警報、避難勧告時の住民の行動選択

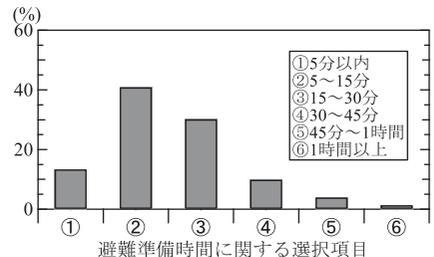


図-4 避難準備に要する時間

に避難」の回答率が35%程度ある。また、「②避難する必要があるが、しばらく様子を見る」世帯の割合が「③避難する必要はないが、しばらく様子を見る」と比較して高い結果を示している。このことから、地域住民の多くは、高潮警報時あるいは避難勧告時において自らが置かれている状態に危機感を感じてはいるものの、決定的に避難をしなければならない状態には至っていないと判断しているものと推察される。

図-4は、避難準備に要する時間に関する回答結果をまとめたものである。この地区の傾向として、30分以内に準備を終える世帯が8割を超え、1時間以内にはほぼ全ての世帯が準備を完了させることが分かる。

要介護者の有無に関する回答では、約10%の世帯に要介護者がいることがわかった。なお、その際の聞き取り調査で、境港市は図上訓練などを通して災害時要援護者がいる世帯を把握しているが、災害発生時に地区による協力体制ができていないとの意見もあった。

3. 住民の防災意識向上策に関する考察

ここでは、アンケート調査より住民の防災意識向上策

に関する検討を目的に、住民の防災意識と避難の意志決定や準備時間等との間の因果関係や、住民の防災意識向上への施策について統計的手法に基づいて同定化する。

### (1) 住民の防災意識と避難開始タイミングの関係

本研究では、防災に対する住民の意識の違いが避難開始タイミングに影響を及ぼすと考えている。この考え方の検証のため、アンケートより得られた表-1に示す防災意識に関する該当項目数と、避難決意時間および避難準備時間の間における因果関係について、共分散構造分析(例えば、豊田, 2007)を用いて分析した結果を図-5に示す。この共分散構造分析は、因子分析と多重回帰分析(パス解析)を拡張したようなものである。

まず、図-5に示す3項目の関連分析モデルの適用性について、共分散構造分析における適合度指標の1つである平均二乗誤差平方根(RMSEA)はゼロであった。一般的にRMSEAが0.05未満の場合、モデルの当てはまりがよいと言われていることから、図-5のパス分析モデルの妥当性が確認できた。また、この図に示す該当項目数と避難決意時間および避難準備時間へのパス値と、それぞれの有為確率の関係を調べた結果、該当項目数と避難決意時間の間には高度に有為な推定値であることがわかった。一方、該当項目数と避難準備時間との関係は有為な結果とは言えなかった。

以上の検定結果を踏まえて図-5より、該当項目数から避難決意時間へのパス係数が0.14と高度に有意であることから、該当項目数の増加が避難決意時間の短縮化に効果的であることが確認できる。また、該当項目数から避難準備時間へのパス係数は0.03であり、避難決意時間へのパス係数と比べると、影響度が1/10以下である。このことから、地域住民において表-1に示すような日頃の防災に備える意識や行動に関する項目数が多くなれば、避難意志決定の時間の短縮化がはかられ、その結果、地域住民による避難に関するスムーズな自助管理の確立につながるものと言えよう。

### (2) 避難決意時間を短縮する対策

住民の防災意識の向上化策を検討するため、表-1に示す各世帯における防災意識に関する該当項目数と避難意向の調査結果(直ちに避難する、しないの区分)に関するクラスター分析結果を図-6に示す。この図より、住民が避難勧告を受けて直ちに避難を決意するためには、防災意識に関する該当項目数が7項目以上必要であることがわかる。そこで、図-2において多くの世帯が既に該当している項目としては、「⑧日本に上陸しそうな台風に注意を払う」世帯が91.0%、「⑨発令された注意報や警報に注意を払う」世帯が84.4%、「⑥テレビやラジオから地域の災害や防災情報を収集」世帯が62.4%、「⑤災害時の保険加入」世帯が45.3%となっている。反対に、

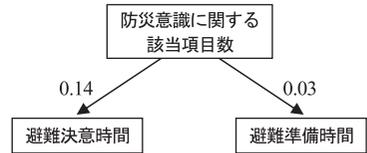


図-5 防災意識に関する回答項目数と避難行動開始タイミングのパス図

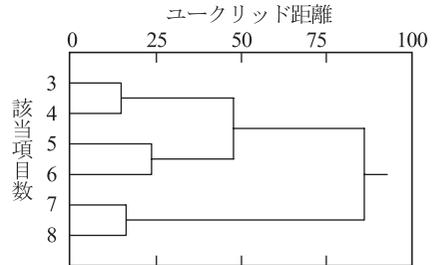


図-6 防災意識に関する該当項目数と避難意向に関するクラスター分析結果

該当世帯数が少ない項目は、「①防災マップの所持」世帯が13.7%、「②非常時持出物品の用意」世帯が11.2%、「⑦インターネットから地域の災害や防災情報を収集」世帯が9.7%となっている。そこで、例えば、行政側が防災マップの普及、非常時持出物品に関する広報活動、リアルタイムでの情報提供の工夫などをはかる施策をとることにより、7項目以上に該当する世帯数が増える。その結果として、より多くの住民のすばやい避難行動が期待できよう。

### (3) 避難決意時間短縮のための対策の有効性の評価

ここでは、避難決意時間の短縮化対策の有効性を検討するため、住民の防災マップ所持、防災訓練参加、非常時持出物品用意が、共分散構造分析における潜在変数としての防災意識(具体的に調査不可能なもの)にどの程度の影響を及ぼしているかについて、被災経験や要介護者の影響度との比較も踏まえて検討する。

図-7は、防災意識の向上が避難決意時間や準備時間の短縮化、避難経路の事前設定に及ぼす影響について共分散構造分析した結果を示したものである。この図より、防災意識をとりまく調査可能な各種要因と防災意識の因果関係は、防災マップ所持および避難訓練参加から防災意識へのパス係数が高い値を示すとともに、非標準化推定値でも1%水準で有意が認められおり、住民の防災意識の向上にはこれら2つが重要な要因となることが確認できる。また、住民の防災意識向上の結果、避難場所・避難経路の事前設定へのパス値が高くなることもわかる。

## 4. 避難所要時間と避難経路上の脆弱性評価

### (1) 避難シミュレーションの改良

松見・蘆田の避難行動シナリオ(2008)において、危

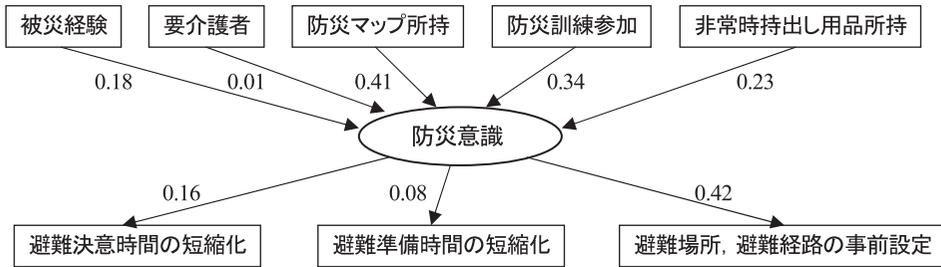


図-7 防災意識を介した因果関係分析

機認識の度合いには個人の防災意識の高さが関与すると考え、住民の防災意識の違いによる避難開始の意志決定に要する時間変動を考慮したものであった。具体的には、防災意識の高いグループと低いグループに分け、各グループの避難開始時間を便宜的に以下に示す平均値 $\mu$ と標準偏差 $\sigma$ をもつ正規分布に従う乱数で与えている。防災意識の高いグループの場合は $\mu=3$ 分、 $\sigma=1$ 分、低いグループの場合は $\mu=20$ 分、 $\sigma=6$ 分40秒と設定していた。

図-7に示したように避難決意時間、避難準備時間については共分散構造分析において、いずれの観測変数や潜在変数からも強い影響が認められなかったことから、本研究では防災意識の違いで区別せず、アンケート結果の避難準備時間に関する統計分析より、平均準備時間は $\mu=17.99$ 分、標準偏差は $\sigma=13.78$ 分と設定した。なお、確率分布を正規分布と仮定し、標準偏差を平均値の1/3としている。その結果、標準偏差は5.997分を得ている。

また図-8は、アンケート結果より避難を決意する条件をまとめたものである。「避難する必要があるが、しばらく様子を見る」世帯、「避難する必要はないが、しばらく様子を見る」世帯も、「⑦町内会・近所の人からの避難の呼び掛け」条件を選択する世帯が多いことがわかる。すなわち、住民の避難の意思決定に対して、呼び掛け行為が最も効果的であることを示している。そこで、避難行動シナリオの改良には、隣住民の呼び掛けを避難行動アルゴリズムに導入した。数値計算では、直ちに避難する世帯と自宅で待機する世帯の割合をアンケート結果により1:2とした。

(2) 指定避難場所までの所要時間

本研究では、避難場所までの避難所要時間の算定に当たって、世帯毎の避難開始時間に関して先の分析より得られた確率特性に基づいてランダムに与えるとともに、避難の呼び掛けを待つか待たないかの属性に関して計500種類のシミュレーションを実行した。表-2は、図-1に示す対象地区の4ヶ所の避難場所までの避難所要時間について最大、最小及び平均時間を示したものである。なお、避難シミュレーションにおいて各世帯が避難に向かう場所は、世帯の初期位置から各避難場所までの危険

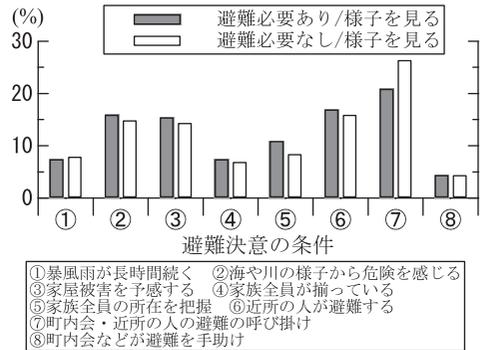


図-8 避難を決意する条件

表-2 各避難場所までの避難所要時間

	最大所要時間	最小所要時間	平均所要時間
避難場所A	92分27秒	68分42秒	77分30秒
避難場所B	79分46秒	57分37秒	65分51秒
避難場所C	82分07秒	58分08秒	67分06秒
避難場所D	77分09秒	47分12秒	61分11秒

度ポテンシャル (松見ら, 2008) と避難場所の収容世帯数によって決定した。すなわち、危険度ポテンシャルが小さくなる避難場所にまず避難することを想定し、次いで収容世帯数より溢れた避難場所へ計算された世帯の一部を収容世帯数に余裕のある避難場所へ避難するように避難行動アルゴリズムを設定した。表-2より、最も避難に時間がかかるのは避難場所Aに避難する世帯で、最大で1時間半近くかかる可能性があるが、4箇所の避難場所までの平均所要時間の差は10数分程度でもある。

(3) 避難経路上の脆弱性評価

ここでは、地域住民に対する防災意識の向上策が進み、避難勧告と同時に地域の全世帯が避難をはじめたことを想定し、この地域の避難経路上の脆弱性について検討する。図-9 (A) は、避難最大所要時間を便宜的に2100秒(35分)に設定し、対象地域内のすべてのノードに対応する世帯分だけをランダムに200種類配置させ、避難勧告後に直ちに避難を開始すると仮定した時の各避難場所における避難所要時間を示したものである。この結果よ

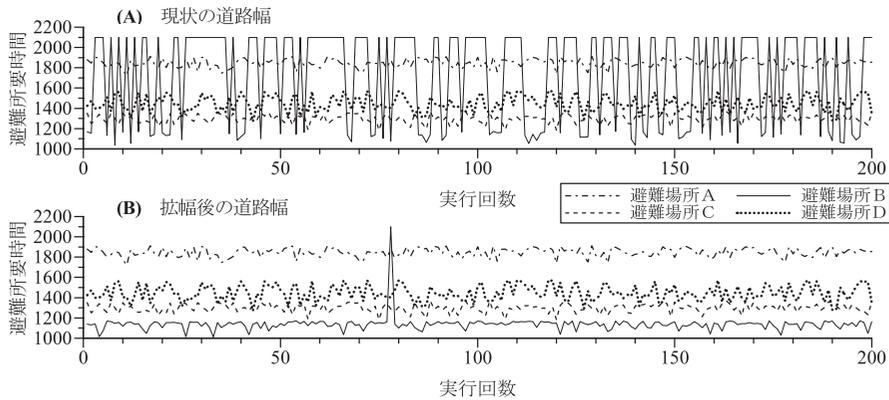


図-9 各避難場所の避難時間 (2100秒以内)

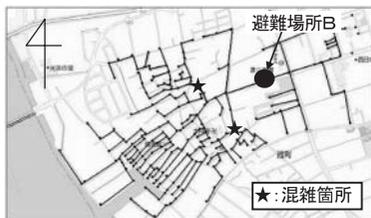


図-10 避難場所B周辺の通行不能が生じた場所

り、避難場所Bにおいて頻繁に避難時間が2100秒を越える場合がある。そこで、このときのシミュレーションを視覚的に捉えた結果、図-10において避難場所Bの西側と南西側に★印で明記している2箇所のノードで、世帯の集まりに伴う混雑により全く進行できない状況が発生していることがわかった。この2箇所のノードの先の道幅が1.5m、1.2mと大変狭い道路であり、そのため多くの世帯が集中し通行が難しくなったと考えられる。対象地域において、この2箇所が避難経路として脆弱性が高いことになる。そこで、混雑が発生した道幅を1m拡幅して再計算した結果を示す図-9 (B) より明らかなように、道幅を広げたことにより避難場所Bでの避難所要時間は短くなるとともに、時間の遅延もほとんどなくなった。

## 5. まとめ

本研究では、先の避難行動シナリオをより現実なものへの拡張、並びに住民の防災意識の向上施策の検討を目的に、過去に高潮被災を受けた鳥取県境港の沿岸地区を対象に防災や、高潮警報発令時あるいは避難勧告時における避難行動に関するアンケート調査より、住民の防災意識と避難の意志決定との因果関係、並びに住民の防災意識の向上策について検討した。次いで、アンケート調査に基づいて改良した、避難行動シナリオに基づき対象地域の避難場所までの所要時間、避難経路上の脆弱性を評価した。以下に得られた知見を示す。

住民の防災意識に関する普段の行動項目数と避難決意時間の短縮化との間の強い因果関係が確認できたが、避難準備時間の短縮化に対して防災の意識の影響があまりないことがわかった。住民の防災意識を高める施策として、防災マップの普及、非常時持出用品に関する広報活動やリアルタイムでの情報提供等が効果的なものである。また、避難所要時間に関しては、隣住民による避難呼び掛けを導入した計算結果より最大で1時間半近くかかる世帯の存在がわかった。さらに、住民の防災意識の向上がはかられて、地域の全世帯が同時に避難開始することを想定した場合の避難経路上の脆弱性評価より、道路幅の拡幅が必要となる避難経路が明らかになった。

最後に、本研究は持続的過疎社会形成研究プロジェクト (研究代表者：鳥取大学大学院 細井由彦教授) の補助によることを記して謝意を表す。

## 参考文献

- 及川 康・片田敏孝 (1999) : 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, No.1, pp.103-118.
- 片田敏孝・桑沢敏行・金井昌信・児玉 真 (2004) : 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, 社会技術研究論文集, Vol.2, pp.191-198.
- 河田忠昭・長谷川茂樹 (1994) : 地震津波警報の伝達とマニュアルについて, 海岸工学論文集, 第41巻, pp.1186-1190.
- 永川賢治・今村文彦 (2000) : 津波防災対策の現状把握と防災力評価法の提案, 津波工学研究報告, 第17号, pp.79-94.
- 早川哲史・今村文彦 (2002) : 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.20, No.2, pp.51-66.
- 松見吉晴・蘆田哲也 (2008) : 沿岸過疎地域の浸水災害を対象とした避難シミュレーション開発, 海岸工学論文集, 第55巻, pp.1376-1380.
- 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, Vol.19, No.1, pp.111-120.
- 山本高明・村上仁士・上月康則・後藤田忠久 (1998) : 四国における津波被災地住民の意識構造分析に基づく津波防災のあり方について, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.381-385.