

# 共分散構造分析を用いた住民の津波避難意思決定に及ぼす防潮堤整備と防災教育の影響評価

吉田 京香<sup>1</sup>・安田 誠宏<sup>2</sup>・河野 達仁<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 関西大学大学院 理工学研究科環境都市工学専攻 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)

E-mail: k492646@kansai-u.ac.jp

<sup>2</sup> 正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)

E-mail: yasuda-t@kansai-u.ac.jp

<sup>3</sup> 正会員 東北大学大学院教授 情報科学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区青葉 6-6-06)

E-mail: kono@plan.civil.tohoku.ac.jp

東北地方太平洋沖地震後、防潮堤への信頼や安心感という防災施設に対する住民の認識や過信が、津波からの避難意思決定に影響を与えた可能性についての指摘があった。本研究では、南海トラフ巨大地震に備えた防潮堤整備が進む静岡県浜松市沿岸域における住民を対象とし、津波防災意識と防潮堤に関するアンケート調査を実施した。調査データを用いて共分散構造分析を行い、防潮堤に対する認識を考慮した住民の避難意思決定プロセスを分析した。その結果、津波のリスク認知が下がると、津波防護施設への信頼度や防潮堤が整備されることへの安心感は増大するものの、その認識が避難意思決定へ直接与える影響度は小さいことがわかった。さらに、共分散構造分析において、防災教育受講の有無が避難意思決定プロセスに与える影響を明らかにした。

**Key Words:** questionnaire survey, covariance structure analysis, embankment, evacuation decision, disaster prevention education

## 1. 緒論

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、既存の防災対策での想定を上回る規模の地震・津波が発生し、膨大な被害をもたらすなど、これまでの地震・津波対策のあり方に大きな課題を残した。今後30年以内における南海トラフ地震の発生確率は70%から80%に引き上げられ、津波に対しての対策が急務である。現在、被害が予想される地域では津波対策として海岸堤防・護岸等の整備であるハード対策や津波避難などのソフト対策が推進されている。しかしながら、東日本大震災時において、そうしたハード対策に対して、防潮堤への信頼や安心感という防潮堤に対する住民の認識が、津波からの避難意思決定に影響を与えていた可能性もあったのではないかと指摘があった<sup>1)2)</sup>。

津波の避難意識に関する従来の研究として、杉本ら<sup>3)</sup>は、避難意思決定に及ぼす東日本大震災の影響を分析し、防災への関心による津波に対する不安が避難意思に影響を与えることを明らかにした。片田ら<sup>4)</sup>は、2003年宮城県沖地震の際の住民の避難行動について分析し、防潮堤への依存意識が避難行動へ影響を及ぼすことを示した。こうした従来の研究では、津波防護施設に対する認識が

避難意思へ与える影響は定量的に評価されておらず、今後のハード整備とソフト対策においてその影響度を考慮することが重要であるといえる。

一方、防災教育は、日常からの防災意識の向上が期待される対策の一つであり、被害が予想される地域では災害に備えて家庭や学校、職場、町内会等で多くの取り組みが実施されている。桑沢ら<sup>5)</sup>は、津波の避難意思決定構造を考慮した防災教育効果について分析し、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ことを明らかにした。これより、防災教育は、日常からの防災意識の向上が期待される取り組みの一つであり、今後において、効果的な防災教育プログラム開発は急務であるといえる。

以上のことから、本研究では南海トラフ地震の津波による浸水が想定され、さらに津波対策として防潮堤整備が進む地域の住民を対象とし、津波防災意識と防潮堤に関するアンケート調査を実施する。対象地域は静岡県浜松市の沿岸地域であり、防災知識や対策、住民の防潮堤に対する認識および南海トラフ地震にともなう揺れを感じた場合の避難意識、および防潮堤整備前後における住民の海や地域との関連性を明らかにする。さらに、これ

らの調査結果を用いて共分散構造分析 (Covariance Structure Analysis) を行い、防潮堤整備が進む地域での住民の防潮堤に対する認識、避難意識、防災への関心および津波リスク認知などの、構成概念間での因果関係を考慮した津波からの避難意思決定プロセスを示し、防潮堤に対する住民の認識が避難意思へ与える影響を定量的に評価する。そして、防災教育受講の有無が避難意思決定プロセスに与える影響を明らかにする。



図-1 調査対象地の浜松市舞阪と中田島砂丘周辺の位置

## 2. 調査概要

### (1) 調査対象地の概要

本研究では、図-1に示す、津波対策が推進されている静岡県浜松市西区舞阪周辺と南区中田島砂丘周辺の沿岸域を調査対象地とする。静岡県第4次地震被害想定<sup>6)</sup>のレベル2の地震(南海トラフの巨大地震)により、浜松市西区では最大津波高さ14m、南区では最大津波高さ15mが想定されている。また、最大津波における最短到達時間は、西区では23分、南区では22分と想定されている。

### (2) 浜松市の防災対策

以下、浜松市の津波避難計画<sup>7)</sup>について述べる。

#### a) 津波避難施設

表-1に、平成29年4月1日時点での津波避難施設の箇所数について示す。浜松市では、津波避難ビルの指定だけでなく、津波避難タワーが9箇所、津波避難マウンドが3箇所設置されている。

#### b) 津波避難訓練

静岡県では、9月に総合防災訓練を実施し、東日本大震災が発生した3月11日を含む10日間を津波対策推進旬間と定めて、沿岸地域及び津波浸水区域での津波避難訓練を実施している。さらに、1944年に紀伊半島の南東沖を震源とする東南海地震が発生し、また1983年には日本海中部地震による津波の被害があったため、これらの教訓を活かす訓練として、浜松市では、1983年以降、12月の第1日曜日を「地域防災の日」と定め、各地域の自主防災組織が中心となる訓練が、毎年行われている。

#### c) 地区の津波避難計画

浜松市では、住民が、自ら地震や津波に関する知識を学び、安全な避難経路や過去の地区での災害情報・避難方法などについて地域で情報を共有し、そして地域の中で避難手順を検討することが重要であると考え、実際に地区を歩き危険な場所の確認をしている。さらに、避難対象地区を対象に、津波避難対策として住民が地区の津波避難計画をし、その後、各家庭等に配布するという手

表-1 津波避難施設の現況(平成29年4月1日時点)<sup>7)</sup>

	公共	民間	合計	
	箇所数	箇所数	箇所数	避難面積(m <sup>2</sup> )
津波避難ビル	144	124	268	104,865
津波避難タワー	9	—	9	1,212
津波避難マウンド	3	—	3	2,800
合計	156	124	280	108,877

順を採用している。浜松市では、地域との連携を活かした防災まちづくりがなされているといえる。

#### d) 防災教育

浜松市では、防災教育を通して防災・減災意識の向上を図るため、2018年度から市内の市立小中学校全ての子どもに「浜松市版防災ノート」が配布されている。

「浜松市版防災ノート」は子どもの発達段階に応じて、小学1~2年生、小学3~4年生、小学5~6年生、中学生の4つで構成されている。ノートには、小学1~2年生から、地震発生後の津波襲来についてや高い場所に避難するというような基本的な内容が記載され、小学3~4年生からは、避難する場所と避難経路について家庭用防災マップの作り方というような、具体的な避難行動のとり方が記載されている。このように浜松市では、ノートを活用して、学校教育の場での防災・減災意識の向上に取り組んでいる<sup>8)</sup>。

### (3) 防潮堤整備事業

静岡県浜松市では、東日本大震災による被害を受け、南海トラフの巨大地震に備え、2012年6月に、L2津波対策として高さ13mの防潮堤を、浜名湖から天竜川河口までの約17.5kmにかけて、県が整備することで合意し、2019年度末までに完了することになっている。防潮堤整備により、浸水面積は防潮堤整備前に比べて約7割減少し、また浸水深2m以上の宅地の数を97%低減する効果が期待されている<sup>9)</sup>。しかしながら、南海トラフの巨大地震で予想されている津波の高さは、防潮堤整備後の高さ13mを超える部分が存在し、多くの人口と資産を抱える浜松市では、図-2に示すように、浸水域が残ると予想されている。また、西区では東海道本線と東海道新幹線が通る辺りまで津波により浸水し、南区では馬込川河口からの津波遡上が予想されている<sup>9)</sup>。

表-2 アンケート質問項目

属性	年齢, 性別, 同居人数, 職業, 浜松市における居住期間, 居住形態, 住宅構造, 建物階数
南海トラフ地震発生時の避難行動	
自宅の津波浸水深	1. すぐに避難する 2. テレビや携帯電話など避難警報が出たら避難する 3. 周りが避難し始めたらず避難する 4. 海の状況に異変を感じたら避難する 5. 津波が来るのが見えたら避難する
避難場所	1. 空き地や運動場のような広い場所 2. 頑丈そうな建物 3. 高い建物 4. 海岸から離れた高い場所 5. 行政指定の避難場所 6. 自宅待機 7. その他 ( )
津波が来る可能性	1. とても高い (90%以上) 2. 高い (70%以上) 3. どちらともいえない (50%以上) 4. 低い (30%) 5. とても低い (0%)
自宅までの津波到達時間	1. 5分未満 2. 5分以上~10分未満 3. 10分以上~20分未満 4. 20分以上~30分未満 5. 30分以上~40分未満 6. 40分以上~50分未満 7. 50分以上~1時間未満 8. 1時間以上
自宅の津波浸水深	1. 0m (浸水なし) 2. 50cm程度 (ひざ上程度) 3. 1m程度 (腰上程度) 4. 2m程度 (背丈以上) 5. 3m以上 (平屋建て屋根以上)
防潮堤整備後の津波リスク	
防潮堤整備についての認知	1. 知っていた 2. 知らなかった
防潮堤が整備されることへの安心感	1. 完全に壊れると思う 2. 一部壊れると思う 3. 全く壊れないと思う
避難行動	1. とても安心なので逃げないと思う 2. 少し不安だが逃げないと思う 3. 少し不安なので逃げると思う 4. とても不安なので必ず逃げると思う
東日本大震災での津波による破堤の認知	1. 知っている 2. 知らない
浜松市の防潮堤への信頼度	1. 強く思う 2. 少し思う 3. どちらともいえない 4. あまり思わない 5. まったく思わない
整備後の自宅の津波浸水深	1. 0m (浸水なし) 2. 50cm程度 (ひざ上程度) 3. 1m程度 (腰上程度) 4. 2m程度 (背丈以上) 5. 3m以上 (平屋建て屋根以上)
避難対策	
避難行動についての会話	1. 普段からよく話をする 2. たまに話をする 3. 話したことはある 4. 全く話さない
出先での対策	1. 考えている 2. 考えたことはあるが、特に対策はしていない 3. 考えたことはない
その他の質問項目	
津波に関する情報や対策	日常での対策, 防災教育の受講有無, 津波の経験, 津波ハザードマップ, 防災訓練への参加, 指定避難場所の認知
南海トラフ地震に関する知識	東日本大震災より地震の規模, 津波の発生有無
海岸や砂浜との関係	現在の利用状況, 防潮堤整備後の利用状況 (夏季, 冬季で2シーズン)
地域との関係	その地域に住む理由, 安全な場所への移転, 移転しなかった理由
アンケートについて	アンケート調査後の防災意識の変化

施設高TP.13mの防潮堤整備による減災効果

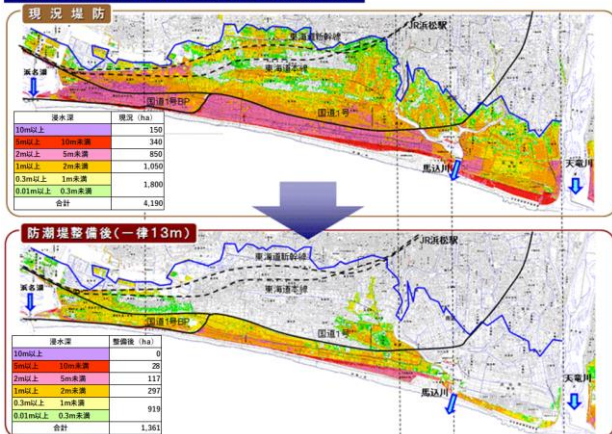


図-2 高さTP.+13mの防潮堤整備による被害軽減効果<sup>9)</sup>

した。アンケート調査では一軒ずつ訪問し、主旨や概要を説明してアンケートへの協力を依頼した。不在宅にはアンケート用紙を投函した。回答は受取人払の郵送で回収した。年齢層および性別等に偏りが生じないように、任意の設定日からの誕生日の近さによって回答者の選出をお願いする旨、表紙に記載した。表-2にアンケート質問項目を示す。アンケート回答者数は830人であり、回収率は46%と非常に高かった。避難意思決定モデルの構築をするための共分散構造分析に必要な質問項目に対して、回答の欠落がないものを有効回答とした。これ以降の、アンケート調査集計、および共分散構造分析においては、有効回答598人分のデータを分析対象とする。

(4) アンケート調査の概要

2018年9月19日(水)~9月21日(金)の3日間に、静岡県浜松市西区舞阪周辺と南区中田島砂丘周辺において、津波防災意識に関するアンケート調査を行った。調査員は関西大学学生20名と教員1名で、約1,800世帯に配布

3. アンケート集計結果

- (1) 個人属性
  - a) 年代, 性別

回答者の年代については、20代が 4.5%、30代が 6.7%、40代が 12.7%、50代が 17.2%、60代が 27.9%、70代が 22.6%、80代以上は 8.4%となった。浜松市の人口統計<sup>10</sup>と比較して、若年層の回答者がやや少なく、60歳以上の高齢層の回答者数がやや多い傾向があった。性別については男性 51.7%、女性 48.3%と大きな差はなく、偏りのないアンケート調査を行うことができたといえる。

**b) 住宅構造、建物階数**

住宅構造については、81.4%の割合の人が「木造」と回答しており、次いで 16.9%の鉄筋コンクリート、1.7%の軽量鉄骨であった。また、居住建物の階数について、今回のアンケート調査対象は、一戸建てと集合住宅の1階から3階に住む人を対象とした。集計結果は、「平屋建て」と回答した人の割合が 8.4%、「2階」が 82.3%、「3~5階」が 9.4%となった。

**c) 浜松市における居住期間**

浜松市における居住期間については、62.9%の人が生まれた時から住んでいると回答しており、今回の対象エリアでは、過半数以上の人が浜松市で生まれていることがわかった。

**(2) 南海トラフ地震発生時の避難行動**

自宅で南海トラフ地震による震度 6・7 程度の揺れを感じた場合の質問に関する集計結果について述べる。

**a) 避難開始時刻、避難場所**

図-3 に示すように、「すぐに避難する」、「テレビや携帯電話など避難警報が出たら避難する」と回答した人の合計割合は 86.3%となり、これらの人は早い段階で避難する意識が高いと考えられる。「津波が来るのが見えたらず避難する」、「避難しない」と回答した人の合計割合は 1.3%であった。津波が来るのが見えてからの避難だと間に合わない可能性が高く、逃げ遅れによる被災が起こり得る。

避難場所の質問での適切な回答は、「高い建物」「海岸から離れた高い場所」「行政指定の避難場所」であり、図-4 に示すように、適切な回答をした人の合計割合は 84.4%で、適切な避難場所を認識している人が多かった。しかし、行政指定の避難場所について 88%の人が認知していたにもかかわらず、避難場所において「行政指定の避難場所」に避難すると回答した人は半数以下であった。また、防災教育の受講者は、未受講者に比べて、「高い建物」「海岸から離れた高い場所」「行政指定の避難場所」というような、正しい避難場所を回答した人が多い結果となった。これより、防災教育の受講有無は、発災時における避難場所の選択に影響を与えていると考えられる。今回の調査では、行政指定の避難場所を認知していても、実際に行政指定避難場所へ避難しようと思わない理由についての質問はしていない。その代わりに、自

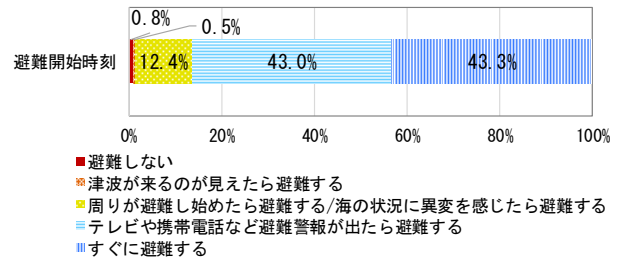


図-3 避難開始時刻

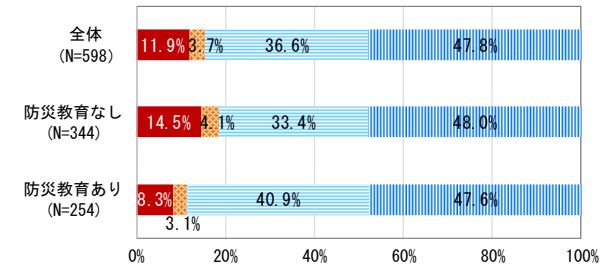


図-4 避難場所

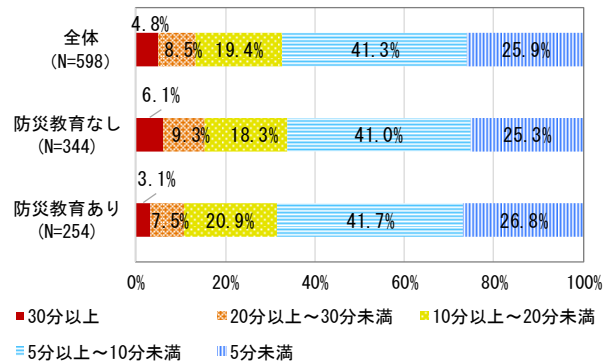


図-5 自宅までの津波到達時間

由記述欄に書かれていた関連する内容を以下に記す。『行政指定避難場所が自宅よりも海側にあるので、避難時に海側に向かうことに抵抗がある』、『海側に近い方の津波避難タワーの階数は低く、海側から遠い津波避難タワーの方が高い階数なので、海側に近く階数が低い方の津波避難タワーに避難しても大丈夫なのか不安である』という意見があった。これらは、行政指定の避難場所を認知しているにもかかわらず、そこに避難しようと思わない理由の一例といえる。

**b) 自宅までの津波到達時間**

図-5 に示すように、20分未満の津波到達時間と 80%以上の人が予想しているため、津波の到達時間に関しては、ほとんどの人が安全側に認知しているといえる。しかし、4.8%の人は 30分以上と回答していた。浜松市津波避難計画<sup>7)</sup>で示された避難時間は 15分であるため、30分以上の想定では避難が間に合わない。よって、正

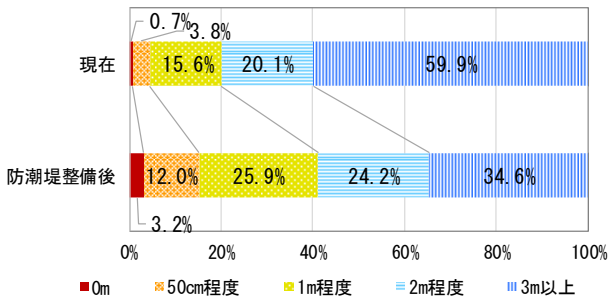


図-6 現在と防潮堤整備後の自宅に到達する津波高さ

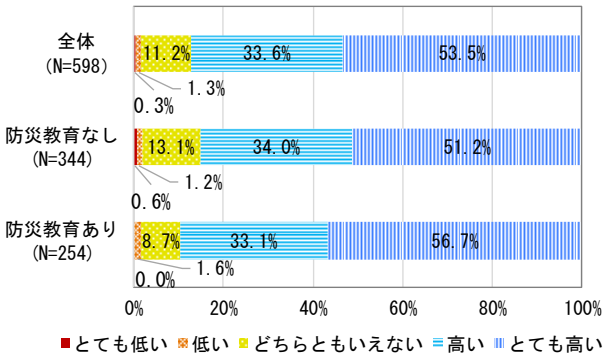


図-7 津波襲来可能性

確な津波到達時間を認知してもらい、早めの避難を促す必要がある。また、防災教育未受講者と受講者については、「30分以上」や「20分以上～30分未満」と回答した人の割合は、防災教育未受講者の方が若干多い結果となった。防災教育によって津波の到達時間を理解している人が多く、避難意識に影響を与えていると考えられる。

### c) 自己評価に基づく自宅の津波浸水深

図-6に示すように、現在と防潮堤整備後の津波浸水深さを比較すると、「2m程度」「3m以上」と回答した人の合計割合が、80.0%から58.8%まで減少していることがわかる。防潮堤整備前の対象地域での南海トラフ地震による想定津波浸水深<sup>9)</sup>は、ほとんどの地域が2m以上であるので、約80%の人々が防潮堤整備前の津波浸水深を理解しているといえる。

### d) 津波襲来可能性

図-7に示すように、「とても高い」や「高い」と回答した人の割合は全体で87.1%と、ほとんどの人が津波の襲来可能性を認知していた。しかし、防災教育未受講者は、「どちらともいえない」、「低い」および「とても低い」と回答した人の割合が14.9%であったため、津波の襲来の認知が十分とはいえない。一方、防災教育受講者において、「とても低い」と回答した人は0%であったため、津波の襲来の認知に防災教育が及ぼす効果は高いといえる。

## (3) 防潮堤整備後の津波リスク

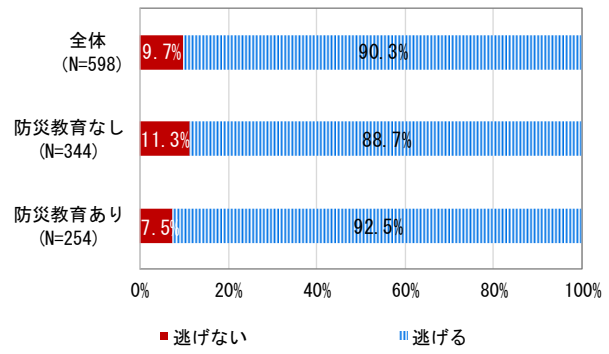


図-8 防潮堤整備後の避難行動

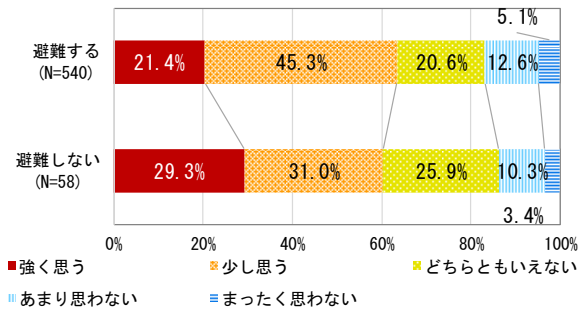


図-9 各避難行動における防潮堤が整備されることへの安心感

防潮堤整備については、97.7%の人が認知をしていた。以下、防潮堤整備後の質問に関する集計結果を示す。

### a) 避難行動、防潮堤に対する認識

図-8に示すように、90%以上の人が「逃げる」と回答したため、避難意識は高いといえる。しかし、残りの9.7%の人が「逃げない」と回答しており、防潮堤整備後も津波による浸水域が残ること、さらに自宅の浸水深についても認知してもらう必要がある。防災教育受講の有無による違いは、未受講者の方が受講者に比べて「逃げない」と回答している人が約4%多いことから、防災教育受講は、住民の避難行動の意思決定に少なからず影響を与えると考えられる。また、図-9に示すように、「避難しない」と回答している人の方が、防潮堤が整備されることへの安心感を「強く思う」と回答している割合は多くなった。一方で、「避難する」と回答している人でも、防潮堤が整備されることへの安心感がある人の割合は過半数を超えるため、防潮堤への安心感を抱きつつも避難意識があることが伺える。図-10に、各避難行動における防潮堤への信頼度を示す。「避難しない」と考えている人で、防潮堤を「全く壊れないと思う」と回答している人の割合は19%と比較的多い。防潮堤への信頼度は、避難行動に影響している可能性があるといえる。また、防災教育受講の有無については、未受講者は受講者に比べて防潮堤を「全く壊れないと思う」と回答している人の割合が約2%多い。防災教育受講による正しい知識の習得は、防潮堤への信頼度に影響する可能性があ

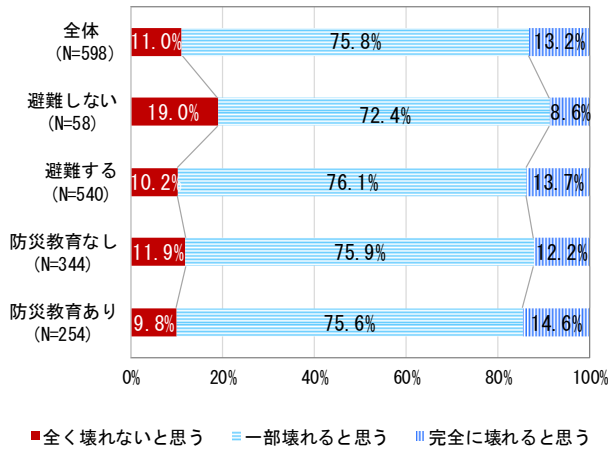


図-10 各避難行動における防潮堤への信頼度

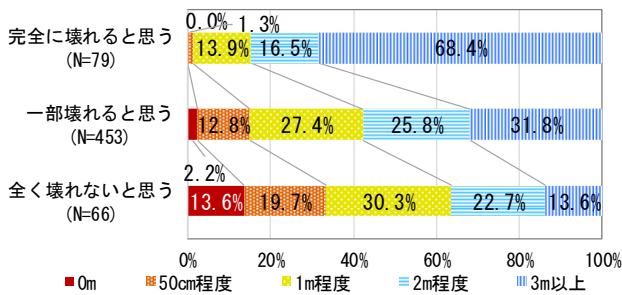


図-11 防潮堤整備後の自宅浸水深と防潮堤への信頼度の関係性

るといえる。

b) 自宅浸水深との関係性

図-11 に示すように、防潮堤が壊れると思うと回答している人ほど、防潮堤整備後の自宅浸水深を高く予想するという結果が得られた。これより、津波防護施設への信頼度は、自宅浸水深の高さをどの程度想定しているかということと関係があると推測される。

(5) 津波に関する情報や対策

a) 避難訓練

図-12 に示すように、避難訓練の参加頻度については、今までに参加したことがある人は 84.8%であったものの、「毎年」避難訓練に参加している人の割合は 34.4%であった。防災教育受講者は、60%以上の人々が「毎年」または「2~3年に1回」は避難訓練に参加しており、未受講者に比べて、避難訓練に参加する傾向にあることがわかった。

b) ハザードマップ

図-13 に示すように、ハザードマップを見たことがあると回答した人の割合は 43.7%であるが、その中でも「実際に見て自宅が安全か確認した」と回答した人の割合は 38.0%、「実際に見たことはあるが、自宅が安全か確認はしていない」と回答した人の割合は 5.7%であった。このことから、ハザードマップを見たことがあつて

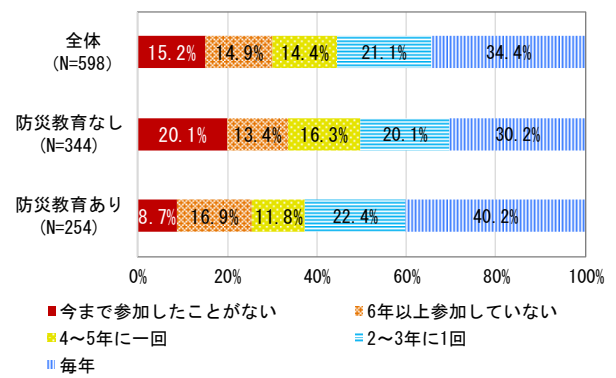


図-12 避難訓練の参加

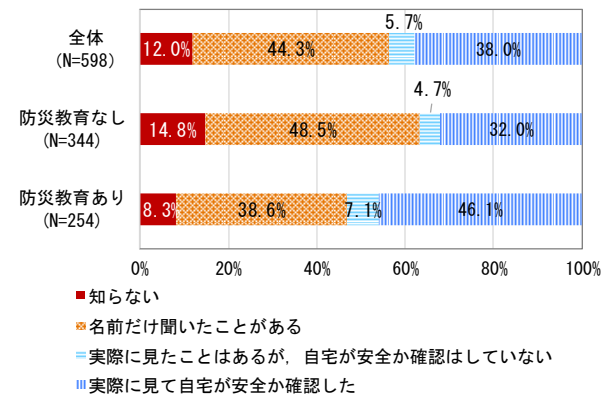


図-13 ハザードマップの認知

も、自宅が安全かどうかを確認した人としていない人がいることがわかった。また、ハザードマップを「名前だけ聞いたことがある」と回答した人の割合は 44.3%、「知らない」と回答した人の割合は 12.0%であった。これより、ハザードマップを「実際に見たことがある」と回答した人よりも、ハザードマップを実際に見たことがない人が多いことがわかった。一方、防災教育受講の有無については、受講者は、半数以上の人々がハザードマップを実際に見たことがあると回答していた。しかし、未受講者は、半数以上の人々がハザードマップを実際に見たことがないと回答していた。防災教育未受講者に対してハザードマップの認知をしてもらうため、配布の仕方を工夫したり、職場や学校においてもハザードマップの周知をしたりする等の対策が、今後必要といえる。

c) 日常の避難意識および防災対策

図-14 に示すように、86%の人は、避難場所や避難ルートについて一度は話したことがあった。防災教育受講の有無については、受講者は未受講者に比べて、普段から避難に関する会話をよくしていることがわかった。また、図-15 に示すように、出かけた先で地震や津波に遭遇した場合については、82.9%の人が考えたことがあると回答していた。家族やご近所人との避難についての会話と同様に、防災教育の受講者は、未受講者に比べて、出かけた先での避難行動についても考えている割合が多

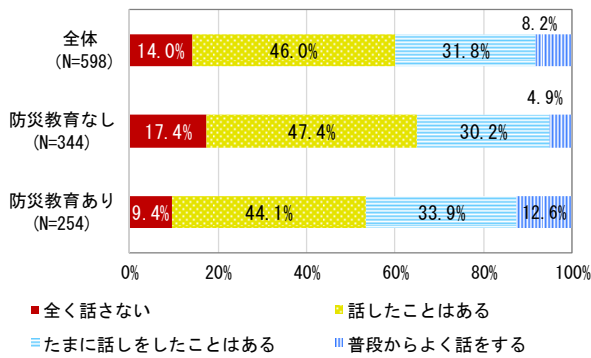


図-14 家族やご近所人との避難場所やルートについての会話

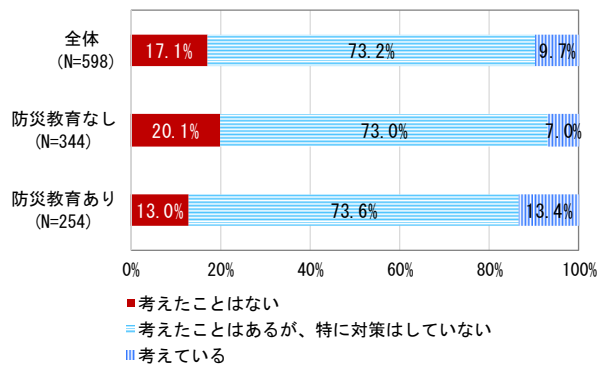


図-15 出かけた先での避難行動

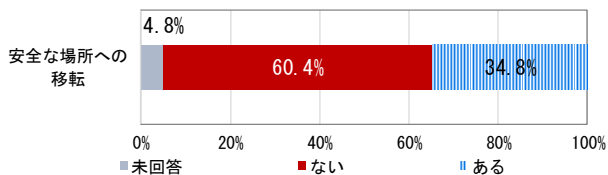


図-16 安全な場所への移転

いことがわかった。これらの結果より、防災教育の受講により、日常からの避難意識の向上につながるということがわかった。

#### d) 安全な場所への移転, 移転しなかった理由

図-16に示すように、34.8%の人が「津波から安全な場所への移転を考えたことがある」と回答した。また安全な場所への移転を考えたが移転しなかった理由については、「持ち家だから」や「移転費用が高いから」と回答した人が多く、経済的に負担がかかるために移転できないと推測される。

## 4. 避難意思構造の共分散構造分析

### (1) 分析方法

アンケート結果を使用し、防潮堤整備が進む地域の住民が持つ避難意思決定プロセスを、共分散構造分析<sup>11), 12)</sup>

により分析する。分析のためのツールとして、SPSS および Amos のソフトを用いた。仮説モデルを構築するにあたり、まず因子分析により潜在因子の抽出を行った。因子抽出法としては最尤法を、回転法としては Kaiser の正規化を伴うプロマックス法による斜交回転法を用いて、潜在因子を抽出した。因子分析をもとに、防潮堤整備が進む地域での住民における避難意思決定の仮説モデルを構築した。次に、共分散構造分析における平均構造モデルを構築し、「防災教育未受講者」と「防災教育受講者」のグループ間の比較を行った。「防災教育未受講者」は防災教育を今までに受講したことがない 344 名を対象とし、「防災教育受講者」は自ら積極的に市民講座や防災センターを訪れて防災教育を受けに行ったことがある人ではなく、学校や職場、町内会などで受動的に防災教育を受けたことがある人の 139 名を対象としている。図-17 に全体の分析結果、図-18 に防災教育未受講者の分析結果、図-19 に防災教育受講者の分析結果を示す。

仮説モデルは、「津波リスク認知」が直接的に「避難意識」に影響を与える、もしくは「避難場所」か「防潮堤への認識」を経由して「避難意思」に影響を与える構造となっている。また、「防災への関心」は「避難場所」を経由する、もしくは直接的に「避難意思」に影響を与える構造となった。モデルの適合評価として用いた指標を下記に示す。

- GFI (Goodness of Fit Index) は、0~1 の範囲をとり、1 に近いほどモデルの適合度はよくあてはまっているといえる。一般的に、0.9 以上の値はよく適合しているといえる。
- AGFI (Adjusted GFI) は GFI の調整済み適合度指標であり、GFI と同様に 0 から 1 の範囲をとる。
- RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) は、平均二乗誤差平方根ともいい、一般的に値が 0.050 以上 (もしくは 0.080 以上) の場合、モデルの適合はよくあてはまっているとされる。また、0.1 以上の値をとるモデルはあてはまりが悪いとされる。

### (1) 分析結果

以下に、「全体」「防災教育未受講者」「防災教育受講者」の 3 パターンの分析結果について示す。

#### a) 全体

全体の共分散構造分析結果について、適合度指標は GFI = 0.961, 調整済適合度指標は AGFI = 0.937, 平均二乗誤差平方根は RMSEA = 0.059 と、RMSEA は 0.05 を超えているものの、GFI や AGFI は 0.9 より大きいため、適合度は高いといえる。潜在変数および観測変数間の数字はパス係数であり、1 に近いほど要因間の相関が大きいことを示す。

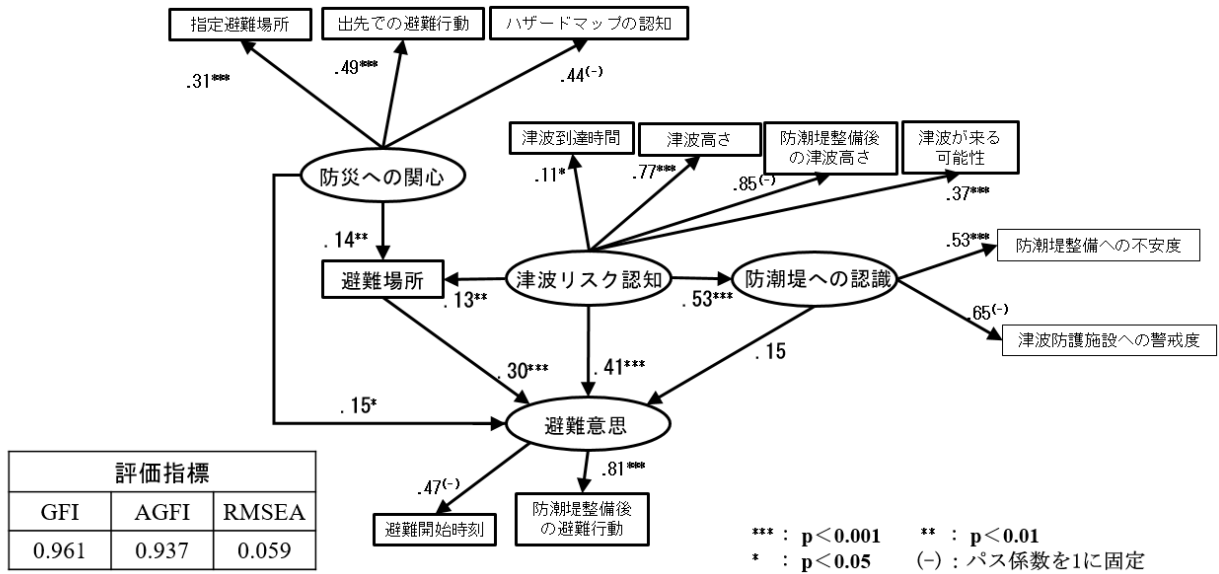


図-17 全体の共分散構造分析結果 (N=598)

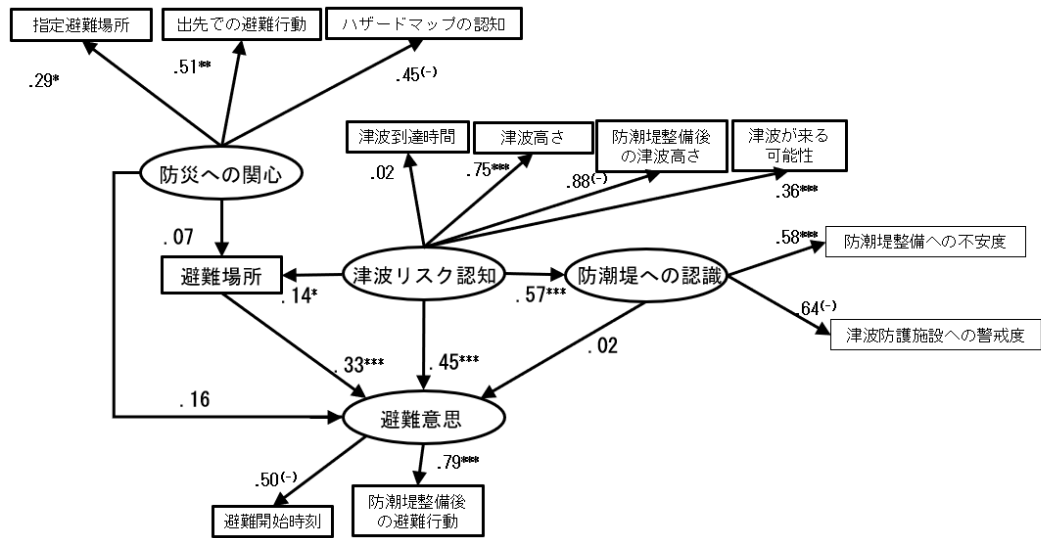


図-18 防災教育未受講者の分析結果 (N=344)

図-17 より、「避難意思」には「津波リスク認知」がパス係数 0.41 と最も大きく影響し、「津波リスク認知」から「防潮堤への認識」へのパス係数は 0.53 と高い値を示したものの、「防潮堤への認識」から「避難意思」へのパス係数は 0.15 であることから、「防潮堤への認識」は「津波リスク認知」よりも「避難意思」への影響度は小さいといえる。また、「防災への関心」および「津波リスク認知」が「避難場所」を経由して「避難意思」に影響を与えるパス係数は 0.30 であることから、「防潮堤への認識」より影響度が大きいことがわかる。これより、津波のリスクの認知により、防潮堤への認識が増大するとしても、避難しなければならないという避難意思の発生には繋がりにくいと推定できる。

b) 防災教育受講有無の比較

平均構造モデルを用いて、防災教育受講有無の比較を

行った。図-18 に防災教育未受講者の分析結果、図-19 に防災教育受講者の分析結果を示す。平均構造モデルの構築において、「津波リスク認知」や「避難意識」等の潜在変数の同質性を保証するため、各パラメータに等値制約を課した。適合度指標である平均二乗誤差平方根は両グループとも RMSEA = 0.044 と 0.05 以下であるため、これらのモデルは適合しているといえる。図-18 が示すように、未受講者の「避難意思」には「津波リスク認知」がパス係数 0.45 と最も大きく影響している。一方、図-19 では、受講者の「避難意思」には「避難場所」がパス係数 0.46 と最も大きく影響していることがわかる。また、「津波リスク認知」から「防潮堤への認識」へのパス係数については、防災教育未受講者は 0.57、受講者は 0.48 と両グループとも高い値を示したものの、「防潮堤への認識」から「避難意思」へのパス係数において



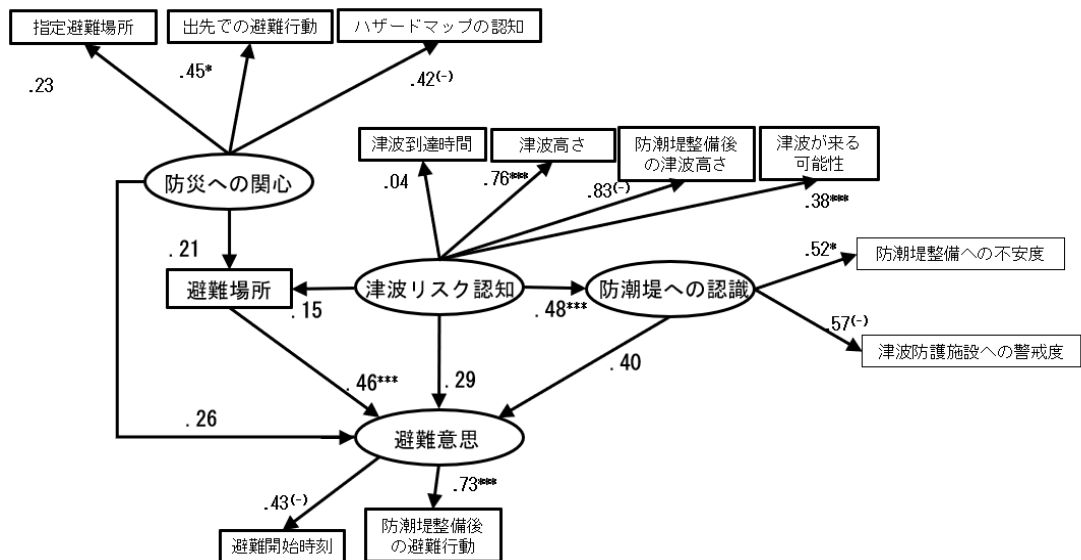


図-19 防災教育受講者の分析結果 (N=139)

は、防災教育未受講者は 0.02、受講者は 0.40 であることから、防災教育の受講有無に差がみられた。このことから、防災教育未受講者は、津波や防災に関する既知の情報により、避難をするかどうかの判断をする傾向があることがわかった。一方、防災教育受講者は、津波のリスク認知や避難場所の認知により避難の判断をするだけでなく、津波防護施設への警戒度や防潮堤整備への不安度によっても避難意思に影響を与えることを示唆する結果となった。したがって、防災教育の場において、津波に関する知識や防災への関心を高めるだけでなく、津波防護施設は避難時間を稼ぐという正しい認識をすることや、例えば東北地方太平洋沖地震時での破堤した事例をもとに津波防護施設についての知識を得ることで、避難意識の向上が期待されると考えられる。

## 5. 結論

本研究では、南海トラフ巨大地震による L2 津波対策として防潮堤整備が進む地域における住民を対象とし、津波防災意識と防潮堤に関するアンケート調査を実施した。さらに、アンケート調査結果を用いて共分散構造分析を行い、避難意思決定モデルの構築を試み、さらに防災教育の影響について考察した。以下に、本研究で得られた主な結果を述べる。

1) アンケート調査結果から、静岡県浜松市沿岸部のほとんどの住民は、南海トラフ地震によって津波が発生することを認知し、また津波による襲来の可能性を予想していたため、津波に対する意識が高いということがわかった。

- 2) 調査対象地域において、防災教育を受けたことがある人は半数以下であるものの、防災教育の受講によって津波に対する意識や、防災訓練、日常での防災対策への取り組み等の避難意識が向上することが示された。
- 3) 防潮堤整備後の避難行動において、逃げないと回答した人は防潮堤への安心感や信頼度が強い傾向であったにもかかわらず、回答者の 9 割以上の人が逃げると回答したため、防潮堤整備後も多くの人は避難意識があるといえる。
- 4) 避難意思決定プロセスの共分散構造分析の結果、津波のリスク認知が下がると、津波防護施設への信頼度や防潮堤が整備されることへの安心感は増大するものの、その認識が避難意思決定へ直接与える影響度は小さいことがわかった。
- 5) 防災教育受講有無において、平均構造モデルを用いて避難意思決定プロセスの比較を行った。その結果、未受講者では防潮堤への認識が避難意思に与える影響は小さい結果となった一方で、受講者では未受講者に比べて防潮堤への認識が避難意思に与える影響は大きいということがわかった。これより、防災教育の受講者に対して津波のリスク認知や防災への関心を高めるだけでなく、防潮堤に対する正しい認識をしてもらうことで避難意思への向上が期待されることがわかった。

以上のように、防潮堤整備が進む地域における津波防災意識と共分散構造分析を用いて津波防護施設に対する認識が避難意思決定に与える影響について明らかにした。構築した避難意思決定モデルは、その構造やパス係数符号において解釈のしやすいものとなった。しかしながら、

防災教育受講有無の比較において、モデルの適合評価指標は高い数値を示したものの、すべてのパス係数が有意ではなかったため、共分散構造分析のモデル構造の検討が必要である。また、防災教育未受講者と受講者のサンプル数が異なるため、今後は両グループにおいてサンプル数を考慮して、同様の結果が得られるかを検討する必要がある。

**謝辞：**本研究は、科研費基盤研究（A）および挑戦的研究（萌芽）の補助を受けて実施したことを記します。アンケート質問内容の作成において、熊本大学工学部藤見俊夫准教授からアドバイスをいただきました。アンケート調査にご協力下さいました浜松市の住民の皆様にご心より感謝の意を表します。また、アンケート調査の実施に協力していただいた関西大学海岸工学研究室及び環境防災水工学研究室の学生一同に、感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 畑村太郎：津波襲来時の避難行動阻害要因・促進要因の分析～防潮堤への過信・災害慣れ・海の見えない状況／岩手県大槌町安渡地区を対象として～，早稲田大学文化構想学部（社会構築論系／浦野ゼミ），70p，2012，<http://www.waseda.jp/sem-muranolt01/SR/S2011/S2011-hatamura.pdf> (2018年5月10日参照)。
- 2) 河北新報：第5部・備えの死角(2) 防潮堤／「万里の長城」油断招く，2013年04月30日，[https://www.kahoku.co.jp/special/spe1114/20130430\\_01.html](https://www.kahoku.co.jp/special/spe1114/20130430_01.html) (2019年2月6日参照)。
- 3) 杉本晃洋・石垣泰輔・武藤裕則・馬場康之・島田広昭：避難意思決定に及ぼす東日本大震災の影響，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol.68，No.2，pp.I\_132- I\_137，2012。
- 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，土木学会論文集，789号，pp.93-104，2005。
- 5) 桑沢敬行・金井昌信・細井教平・片田敏孝：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，土木計画学研究・論文集，No.23，pp.345-354，2006。
- 6) 静岡県：静岡県第4次地震被害想定関連資料，2013，<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/4higaisoutei/shiryout.html> (2019年2月7日参照)。
- 7) 浜松市：津波避難計画（平成27年3月），[https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/kiki/documents/tunamihinan\\_keikaku.pdf](https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/kiki/documents/tunamihinan_keikaku.pdf) (2018年10月24日参照)。
- 8) 浜松市：浜松市版防災ノート（2018年4月初版），<https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/kenkou/bousainoto.html>。
- 9) 静岡県：浜松市沿岸域防潮堤整備事業，<http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-890/bouchoutei/> (2018年5月10日参照)。
- 10) 統計情報：国勢調査，平成27年国勢調査時における県内市及び近隣町村世帯、人口，[https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/gyousei/library/2\\_kokuseicyousa/documents/19\\_kennniashi-machi\\_jinkou\\_setai.pdf](https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/gyousei/library/2_kokuseicyousa/documents/19_kennniashi-machi_jinkou_setai.pdf) (2019年2月11日参照)。
- 11) Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E.: *Multivariate data analysis* (7th ed.). 11. Structural Equations Modeling Overview, Pearson Education Ltd., pp.541-597, 2014.
- 12) 田部井明美：SPSS 完全活用法 共分散構造分析 (Amos) によるアンケート処理第2版，東京図書，2011。

(2019.10.4 受付)

## IMPACT ASSESSMENT OF TSUNAMI EMBANKMENT CONSTRUCTION AND DISASTER PREVENTION EDUCATION ON EVACUATION DECISION OF RESIDENTS BY USING COVARIANCE STRUCTURE ANALYSIS

Kyoka YOSHIDA, Tomohiro YASUDA and Tatsuhito KONO

In the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami, embankments proved effectiveness in increasing evacuation time. On the other hand, a couple of researches pointed out that the residents' trust on embankments and sense of safety might influence the decision making of evacuation from the tsunami. The occurrence probability of the Nankai Trough earthquake within 30 years is expected to be 80%, disaster prevention measures against earthquakes and tsunamis are an urgent issue. This study conducted questionnaire survey in coastal area of Hamanatsu concerning on residents' awareness of tsunami disaster and tsunami embankment under construction. The covariance structure analysis of evacuation decision was conducted that took into account the recognition to embankment. The results show that although decreasing the risk perception of tsunami increases residents' trust on embankment and feeling of well protected, the perception of embankment has less direct impact on the evacuation decision making. Furthermore, in the covariance structure analysis, the influence of disaster prevention education on the evacuation decision making was clarified.