

岩手県山田町を対象とした津波避難に関する 防潮堤の影響要因と復興後の住民意向の関係

堀合 紳弥[†]・武山 泰^{††}

Residents Intention after Reconstruction and Influence Factors of Tide Embankment over Tsunami Evacuation in Yamada Town , Iwate Prefecture

Shin-ya HORIAI[†] and Yasushi TAKEYAMA^{††}

ABSTRACT

The Tsunami struck the east coast of the Tohoku region after the 2011 Great East Japan Earthquake caused enormous damage. Even though the higher Tide Embankments have been constructed in various coastal areas due to the lessons learned from past Tsunami disasters, more than 22,000 people were killed or missing in Japan. In this study, the factors that influenced the process leading up to the evacuation in the disasters were examined. In Yamada Town, Iwate Prefecture, which was severely damaged by the Tsunami, a questionnaire survey was conducted, then the obtained result was analyzed by the structural equation modeling method. The results conclude that the Tide Embankments' existence affected the residents' decision of the evacuation timing, and the previous experience of hearing historical Tsunami tradition affects the determination of the necessity for evacuation.

Key Words : *Tsunami ,Disaster Prevention Awareness ,Evacuation ,Tide Embankment ,Structural Equation Models*

キーワード：津波，防災意識，避難，防潮堤，共分散構造分析

1. はじめに

東日本大震災によって犠牲者・行方不明者数が延べ 22,000 人¹⁾ となった被災地では、中央防災会議制定のレベル 1 津波対応に向けた防潮堤や河川水門などの整備と、レベル 2 津波対応に向けた市街地の嵩上げを伴う土地区画整理事業が行われ、土木構造物による津波災害へのハード対策が進められている。しかし、津波防護施設と避難行動の関係について、有川ほか²⁾

は津波避難シミュレーションを用いた解析結果より、防潮堤を高くするよりも避難開始時刻を早くする方が、死亡率を減少させる効果が大きいことを示している。

小笠原ほか³⁾ は岩手県普代村太田名部地区でのヒアリング調査より、地区の住民は防潮堤の役割について、津波から人命や資産を守るためと回答した人が多かった一方、東日本大震災時は防潮堤の上に避難した人や津波の様子を見るために防潮堤に上がった人が見られ、より適切な避難行動を行うには震災による防潮堤の被災状況や、防潮堤に関する知識の啓発が有効だとしている。

東日本大震災での津波発生時の住民の避難意

令和 2 年 10 月 30 日 受付

令和 3 年 1 月 27 日 受理 (査読付き論文のみ記載)

[†] 大学院工学研究科社会基盤工学専攻博士前期課程・2 年

^{††} 大学院工学研究科社会基盤工学専攻・教授

思決定に対する影響要因について、柴山ほか⁴⁾は岩手県山田町で行った避難行動に関するヒアリング調査の結果より、山田町の死亡者数の比率が高い理由として、2010年チリ地震津波では津波警報(大津波3m)が発表されたが、山田町では1.5m程度の津波しか到達せず、防潮堤を越えなかったことから、東日本大震災の際も、当初、防災無線では3mの警報しか伝わらなかったため、チリ地震の感覚から大きな津波が来るとは思わなかったと明かにしている。

三上⁵⁾は山田町と宮城県石巻市で行った東日本大震災津波による犠牲者に関するヒアリング・ポスティング調査の結果より、犠牲者の約1/2(山田町)～約2/3(石巻市)が「自宅にいた」もしくは「自宅に立ち寄っていた」こと、約1/5が避難途中で犠牲となり、徒歩避難での多くは女性の高齢者であったとしている。

このように、津波対策として整備される防潮堤は津波・高潮に対する止水やエネルギーの低減だけでなく、住民の避難意思決定や避難場所等への確実な避難行動に関わるもので、震災以前より大きく改修された現在、住民の避難行動や防災避難計画に対して重要なものであると考えられる。

本研究では、特徴的な湾口の地形を持ち、津波高が太平洋沖で観測された数値より低減されたにもかかわらず、甚大な被害を受けた岩手県山田町で実施した当時の避難行動などに関する質問紙を用いた住民調査から、東日本大震災発災時に防潮堤が与えた避難意思決定や避難行動への影響要因と、再建された防潮堤に関する住民の意向や関心について調査し、津波構造物と住民の避難行動や防災意識の関係性について分析する。

2. 調査対象地域の概要

2.1 岩手県山田町における過去の津波災害

山田町は、岩手県沿岸中央部に位置する有数のリアス海岸の地形を持つ町である。穏やかな山田湾では昔から漁業が栄え、海と共存してきた町であるが、一方で幾度となく津波の被害を

受けてきた。その教訓を生かし、町内の海岸部にはTP+4～8.5mの防潮堤(写真1)が整備されてきた。

2.2 東日本大震災における被害状況

東日本大震災では過去に経験したことのない長く続く揺れに襲われ、山田町大沢地区で震度5強を観測した。地震から3分後には大津波警報が発令され、津波は15時17分(地震発生31分後)に同町田の浜地区で、15時24分(地震発生38分後)に同町山田地区で防潮堤を越流し、3,369棟の家屋が被害を受けた。これは当時、町内の居住棟数の46.7%におよぶ棟数で、およそ半分の家屋が被害を受けた。地形解析フリーソフト“QGIS”を用いて基盤地図情報⁶⁾を地図化し、浸水深および被災区分ごとに色分けした津波浸水区域⁷⁾と被災建物⁷⁾を合わせたものを図1に示す。また、当時の人口の4.5%におよぶ825名⁹⁾が犠牲・行方不明となり、過去の災害(表1)と比較してみると、2,950名が犠牲となった1896年明治三陸地震津波よりも防潮堤の整備や防災無線による避難情報の伝達システムの整備など様々な津波対策が行われていたにもかかわらず多くの人的被害が発生した。

表1 山田町の主な津波被害

津波名称	最大津波高	犠牲者数
1896年明治三陸地震津波	5.5m	2,950名
1933年昭和三陸地震津波	4.2m	13名
1960年チリ地震津波	3.3m	-
2011年東日本大震災津波	10.5m	825名



写真1 防潮堤(北浜地区,TP+4m)

2.3 防潮堤の被害状況

町内では、整備されていた防潮堤の転倒・決壊が多く見られ、全整備区間約 10km のうち計 2.3km が被災した。

写真 2 に示した田の浜地区の防潮堤は太平洋に面した場所に位置しており、三陸沖で発生した津波の直撃を受け、TP+8.5m の傾斜型防潮堤は転倒し、遡上高は約 20m にもおよんだ。町立船越小学校は海岸から 170m、標高 13m に位置しており、児童教職員はじめ大勢の近隣住民が避難していたが、遡上高 18m を観測し、再避難に間に合わなかった多数の住民が津波にのみ込まれた。

写真 3⁸⁾ に示した山田地区の防潮堤は決壊箇所が 1、200m にもおよび、いたるところで転倒が確認されている。

3. 調査内容と分析方法

3.1 質問紙調査

震災発生時の避難行動などを問う質問紙を作成、住民に配布し回答していただく質問紙調査を山田町内在住の方を対象として行った。質問紙調査は町内の災害公営住宅や仮設住宅、防災

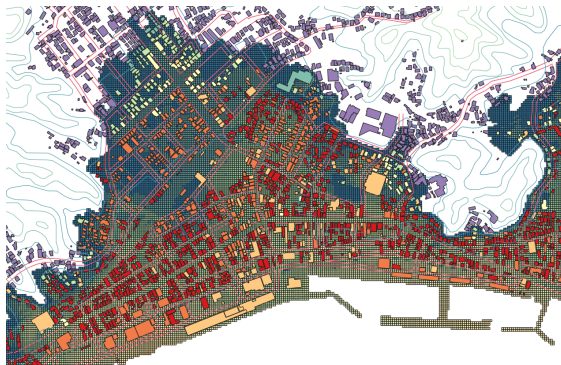


図 1 山田町中心部の浸水区域と被災家屋



写真 2 転倒した防潮堤 (田の浜地区)

集団移転団地の住民 300 名に配布し、190 名 (回収率 = 63.3 %) にご回答を頂いた。

質問項目は内閣府 (防災担当) が 2012 年に実施した東日本大震災に関する実態調査¹⁰⁾ の質問紙の構成を参照しながら、独自に作成したものである。発災時における心理状況や避難行動、居住していた地区での防災対策、震災後の状況、津波対策・防潮堤の知識など詳細質問含め計 40 項目を設けた。回答方法は 5 段階の選択回答を基本とし、思考・判断的回答を選択式で、詳細回答や意向等を自由記述回答式とした。質問項目を表 2 に示す。なお、本調査は調査依頼書で注意喚起を行い、精神的負担にならないよう無理のない範囲でのご協力をお願いした。

3.2 共分散構造分析

分析には共分散構造分析を採用し、日頃の防災対策等の取り組みから避難行動における過程についての仮説を立て、構成モデルの検証を行う。この分析方法は避難意思決定に関する研究では広く取り入れられている分析手法である。また、ツールとして統計分析フリーソフト“R”を使用、組み込まれている関数パッケージを用いて分析を行う。

4. 調査・分析結果

4.1 質問紙調査の結果

実施した質問紙調査について、無回答数を除いた集計結果を図 2～図 5 に示す。図 2 は津波



写真 3 転倒した防潮堤 (山田地区)⁸⁾

襲来の予測結果である。73%が「襲来を予感した」、22%は「襲来を予感しなかった」と回答した。経験したことの無い揺れに対し、規模

を問わず津波の発生を感じた割合が多い。「襲来を予感した」と回答した中には、「経験したことのないような地震だったから。」や「大地震の後には津波が来ると聞いていたから。」との記述が多く見られた。その一方で、「襲来を予感しなかった」と回答した中には、「2日前にも地震(3月9日11:45発生, M7.3, 津波注意報発令)があり甘く見ていた。」や「いつも津波は来なかったから。」という記述があった。太平洋沿岸には2010年2月28日にもチリ地震による[大津波警報(3m)]が発令されたが、岩手県大槌漁港で1.45mの津波を観測した程度で予報値には及ばなかった。このため、直近の津波災害が住民の危機判断に影響を及ぼしていた可能性がある。

表2 アンケートの質問項目

質問項目	回答方法
性別をお答えください	2段選択
現在おいくつですか?	連続型
地震発生時どこにいましたか?	5段選択
地震によって身の危険を感じましたか?	5段選択
津波の襲来を予感しましたか?	5段選択
なぜそう思いましたか?	自由記述
どの程度の津波を予感しましたか?	5段選択
大津波警報を見聞きしましたか?	3段選択
予想される津波の高さは何mでしたか?	5段選択
警報通りの津波が来ると思いましたか?	5段選択
津波は防潮堤で防げると思いましたか?	5段選択
直ぐに避難が必要だと思いましたか?	5段選択
高台や避難場所に避難しましたか?	5段選択
地震発生から避難開始までの所要時間	6段選択
避難開始から避難完了までの所要時間	6段選択
どの手段で避難しましたか?	4段選択
その手段を選んだ理由をお答えください	自由記述
交通状況はどうでしたか?	4段選択
避難開始した場所に津波が来ましたか?	2段選択
津波に巻き込まれましたか?	3段選択
自宅が気になり戻ろうと思いましたか?	5段選択
当時お住いの地区はどちらでしたか?	15段選択
自宅に被害はありましたか?	6段選択
自宅が被災すると思いましたか?	5段選択
津波HMを見たことはありましたか?	3段選択
自宅位置はどのような場所でしたか?	5段選択
地域で避難訓練が行われていましたか?	3段選択
参加したことはありましたか?	2段選択
なぜ参加しませんでしたか?	自由記述
避難訓練は大切だと思いますか?	5段選択
なぜそう思いますか?	自由記述
津波を経験・聞いたことはありましたか?	5段選択
今回身を守るために役立ちましたか?	5段選択
防災対策等は十分だったと思いますか?	5段選択
どのような部分でそう思いますか?	5段選択
津波想定のカテゴリを知っていますか?	3段選択
防潮堤の役割をご回答ください	自由記述
高い防潮堤は必要だと思いますか?	5段選択
なぜそう思いますか?	自由記述
どのような対策が必要だと思いますか?	自由記述

図3は津波襲来を予測した方で、どの程度の津波を予測したかという質問である。「壊滅的被害」や「床上・床下浸水」など家屋に被害が発生するレベルの津波を予測したが52%、「防潮堤を越えない」「岸壁をわずかに超える」など防潮堤外部の海岸・養殖処理施設にのみ被害が発生するレベルと予測したが44%、「岸壁を越えない」という養殖施設にのみ被害が発生するレベルと予測したが4%という割合であった。

図4は津波が発生しても防潮堤によって防げると思ったかという質問である。「防げると思った」と回答した割合は51%で半数を占め市街地への浸入はないと考えていた人が多かったと捉えられる。「防潮堤だけでは防ぎきれない」と考えた人は24%に留まった。大津波警報では当初3mと発表しており、防潮堤より低

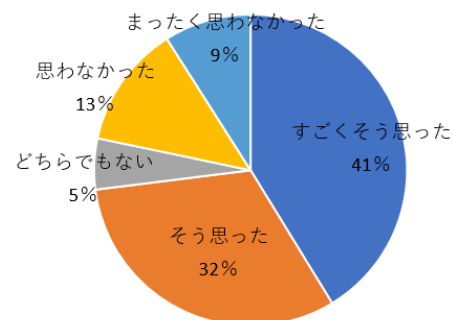


図2 津波の襲来を予測しましたか? (N=189)

い津波が来ると解釈した記述も見られた。防潮堤はGLから4m程度であるため、大津波警報変更後の6mでは防ぎきれず、越流してしまう危険がある。

図5は地震発生から避難を開始するまでの所要時間の割合を示したものである。約70%が20分以内には避難を開始しているが、7%が30分以上経過してから避難を開始している。東北地方太平洋沖地震での地震動は過去の地震災害に比べ連発して発生した異常なものであり、地震発生から3分後には大津波警報も発令されており避難開始までに迅速な意思決定が求められるが、「経験したことの無い揺れだったため、しばらく身動きが取れなかった。」や「部屋の荷物が散乱し、片付けをしていたところ近隣住民から促され避難を開始した。」など、普段の地震とは異なる状況であったため避難開始までに時間を要した傾向が見られた。2.2 東日本大震災における被害状況に記したように、町内では最速31分後に津波が防潮堤を越流しているため、津波から逃げ切れる可能性が高いと

は言えない。

4.2 分析の結果

質問紙調査の回答結果から、共分散構造分析によるモデルの検証を行った。今回は観測変数のみで構成した仮説モデルを検証することとした。

避難意思決定に与える影響要因としての仮説の考え方は次の通りである。

- ・防潮堤は避難途中の自宅への立ち寄り、避難の意思決定に影響する。

- ・避難訓練や津波伝承等の先行体験は、津波の発生や規模の予測、危機判断に影響する。

SEM関数は個々の変数間の関係性について、それぞれ指定していく事ができるため、SEM関数を使用して、作成した仮説モデルの分析を進め、結果の検証を行った。最終モデルを図6に示す。観測変数を繋ぐ線の添え字は要因間の関係性を示しており、絶対値が±1に近いほど関係性が強く、0に近いほど関係性が弱いことを意味する。パス図より、次のようなことが考察される。

パス1(線色赤)

- ・防潮堤への依存が高いほど、避難意思決定の判断が低下、避難途中の自宅への立ち寄りが増加する。

パス2(線色茶)

- ・津波の伝承が津波襲来を予測させ、状況下における危機判断を促進させる。

パス3(線色緑)

- ・危機判断により避難意思決定の促進と自宅立ち寄りの抑止に影響する。

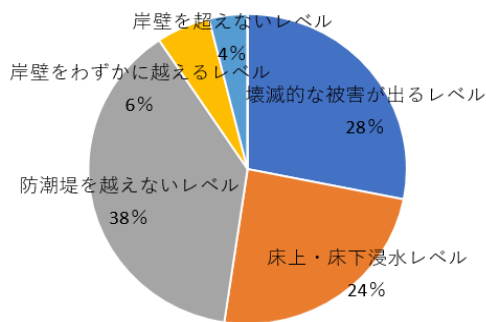


図3 どの程度の津波を予測しましたか？ (N=128)

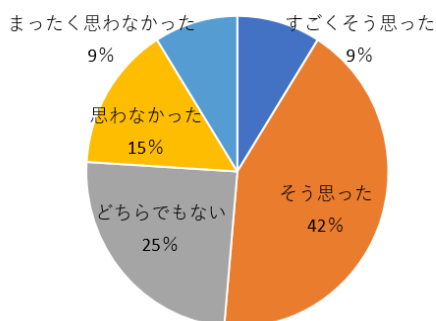


図4 防潮堤で防げると思いましたか？ (N=179)

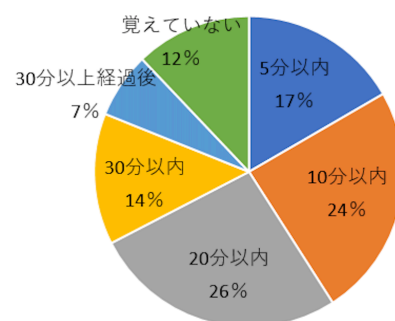


図5 地震から避難開始までの所要時間 (N=132)

防潮堤変数は図4に示した項目であり、これには津波の発生予測を防潮堤を越えない程度や岸壁を越える程度と答えた回答者に対しても、防潮堤で防げると思ったかという質問をしているため、防潮堤を越え浸水するレベルと答えた回答者の答えとまとめて変数化している。両者の差があることも考慮しなければならない。

5. 新設防潮堤に対する住民意向

津波の被災地は、震災後に新たな防潮堤が整備され、被災前より全高が高くなった地域が多い。山田町でも写真4のような防潮堤が整備された。しかし、この防潮堤災害復旧事業が地域問題となっている事例も少なくない。新設された防潮堤により海との関係性が遮断され、堀に囲まれて閉塞感が増したようだとの声もある。質問紙内に設けた質問項目の回答結果から、防潮堤についての存在意義や住民の意向について考察する。

5.1 住民意向

質問紙中の津波対策において高い防潮堤が必要であるかという項目の回答は図7のような結果となった。必要と回答した54%(99名)の中には「低い防潮堤より避難する時間が稼げると思うから。」や「津波からの被害を少しでも減

らすため。」、「前回整備された防潮堤では津波が上回り、家がほとんどなくなった。これからは安全を考えて高い防潮堤が絶対必要。」という意向が見られた。しかし、不要・なんとも言えないと答えた46%(83名)の中には「防潮堤を過信し逃げない人も出て来ると思う。」、「海が見えないのは不安。」、「津波が見えず、越えたときには遅い。あれば逃げる時間が稼げる。なのでどちらとも言えない。」という意向が見られた。震災前にも防潮堤があったにもかかわらず、このような意向が多く挙げられている。以前は住宅が建ち並び、普段防潮堤目につくものではなかったが、新たな街並みとなった今、壁のように立ちはだかる印象を受ける。防潮堤に頼らず逃げる行動を取ればよいという回答も見られたが、レベル1津波では防潮堤による止水、レベル2津波では防潮堤と住民避難による防災対策を行うものとされているため、防潮堤の整備とともに防災教育を行う必要がある。



写真4 既存防潮堤(左)と新設防潮堤(右)

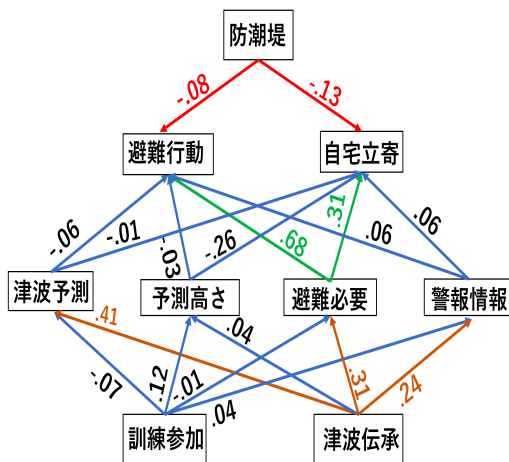


図6 検証したパスモデル

(GFI=.824,AGFI=.642,RMSEA=.192,SRMR=.140)

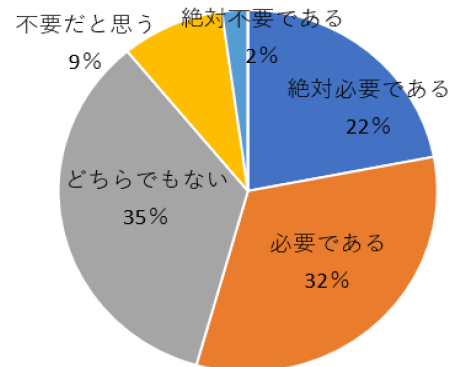


図7 津波対策における高い防潮堤について (N=182)

表 3 防潮堤意向に対する重回帰分析の結果

独立変数	t 値	有意確率
震災を経験して避難訓練への参加は重要だと感じるか？	2.494	0.0135
地震の揺れ方から津波の襲来を予測したか？	2.355	0.0197
$R^2 = .063, R^2_{adj} = .053$		

5.2 重回帰分析

回答結果について、フリーソフト“R”による重回帰分析を行った。強制投入法などによるモデル探索を行ったが、最適なモデル適合が得られなかったため、変数の選択においてはステップワイズ法を適用し、防潮堤に対する住民意向についての最も当てはまりの良いモデルを探索した。

質問項目中の「津波対策として高い防潮堤を整備する必要があると思うか？」という復興過程での防潮堤に対する住民意向を従属変数とし、これに対する分析結果を表 3 に示す。復興過程における防潮堤の住民意向及び防災意識に対しては、避難訓練へ参加することの重要性と発災当時の津波の襲来に関する予測が影響していることが分かった。この結果より、日頃から防災訓練などに参加し、地震発生時の状況判断能力を養うことにより、防潮堤の有効的な活用や整備へ繋がること分かる。防潮堤（図??）の高さを上げるだけでなく、住民の防災意識を養成することで、防潮堤と住民生活の共存に繋がると考えられる。記述による意向回答には大津波を経験しても、防潮堤があると海が見えず自分の判断で行動できない、という考えを持つ住民もいた。海の変化を確認してからでは津波からの避難に間に合わないという危険もあり、防潮堤はレベル 1 津波を止め、レベル 2 津波ではエネルギーを低減させ、かつ、市街地までの到達を遅らせ避難時間を稼ぐ役割を持つものということを改めて周知すべきであると考えられる。



写真 5 新設された防潮堤

6. まとめ

本研究では、住民に対して質問紙調査を行い、得られた結果から単純集計と共分散構造分析を用いて、防潮堤による防災意識・避難行動への影響を分析した。その結果、パスモデルの評価から、防潮堤への依存により避難行動の実施や自宅への立ち寄りに対して負の効果を与える傾向が見受けられ、構造物による津波対策が住民の防災意識への問題点となることが確認できた。その一方で、パスモデル中の茶線より、津波伝承等の先行体験が津波襲来の予測や避難の必要性についての判断に正の効果があることも確認できた。また、重回帰分析により、復興過程における防潮堤に対する住民意向と防災意識への影響要因について検討した。その結果、表 3 に示すように、防災避難訓練などに参加し地震発生時の状況判断能力を養うことが防潮堤の有効的な活用や整備へ繋がること分かった。防潮堤復旧事業や市街地の高上げなどハード面における災害対策は進められているが、意向回答からは住民の防災対策に対する関心が低下しているように感じられる。近年、津波のような低頻度災害だけではなく、台風や豪雨に伴う土砂災害など、住民の日頃からの災害に対する取り組みが急務であり、地域での防災意識の向上がさらに必要であると考えられる。

謝 辞

質問紙調査にご協力頂いた山田町民の皆様にはここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 総務省消防庁 HP：東日本大震災関連情報，平成 23 年東北地方太平洋沖地震とりまとめ報，2011．
- 2) 有川太郎、野地徹、平野弘晃、遠藤雅人：防護施設の津波避難に及ぼす影響に関する考察，平成 27 年度土木学会論文集 B2(海岸工学)，2016．
- 3) 小笠原千尋、松林由里子、境茂樹：岩手県普代村太田名部地区における防潮堤に関する意識調査，平成 23 年度土木学会東北支部技術研究発表会，2012．
- 4) 柴山菜摘、森田哲夫、細川良美、塚田伸也、三上卓、後藤洋三：東日本大震災津波避難行動調査に基づく避難遅れの要因分析，平成 24 年度土木計画学研究発表会・講演集，2012．
- 5) 三上卓：東日本大震災の津波犠牲者に関する調査分析～山田町・石巻市～，平成 25 年度土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，2014．
- 6) 国土地理院：基盤地図情報データ，岩手県山田町，2019．
- 7) 復興支援調査アーカイブ：岩手県山田町（津波浸水区域，建物被災状況），2012．
- 8) 水産庁：東日本大震災 地震・津波による被害の状況，2018.12.12 取得．
- 9) 岩手県山田町：3.11 残し，語り，伝える 岩手県山田町東日本大震災の記録，2017．
- 10) 内閣府(防災担当)：東日本大震災における地震・津波時に関する実態調査，2012．

要 旨

2011 年東日本大震災では襲来した津波によって甚大な被害を及ぼし，過去の津波災害の教訓から沿岸各地で防潮堤が整備されていたにもかかわらず，国内での犠牲者・行方不明者が延べ 22000 人に及んだ．本研究では，発災時における避難意思決定に至るまでの過程に影響を及ぼした要因についての検証を行った．津波で甚大な被害を受けた岩手県山田町にて質問紙調査を行い，得られた結果を用いて共分散構造分析を実施した結果，防潮堤の存在が住民の避難行動に影響を及ぼし，津波伝承などの先行体験が避難の必要性の判断に影響する事が分かった．

キーワード：津波，防災意識，避難，防潮堤，共分散構造分析