

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282107

研究課題名(和文) 津波来襲が予測される海岸利用者の防災意識と安全避難に関する研究

研究課題名(英文) Beach users' consciousness of disaster prevention and safe evacuation in tsunami attacking beaches

研究代表者

石垣 泰輔 (Ishigaki, Taisuke)

関西大学・環境都市工学部・教授

研究者番号：70144392

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,100,000円

研究成果の概要(和文)：平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、多くの犠牲者を出した。本研究は、東南海・南海地震に伴う津波の来襲が予測されている地域(高知県、徳島県、和歌山県、三重県、大阪府、兵庫県)の海水浴場を対象に、利用者の津波防災意識アンケート(合計3055名)、避難訓練参加者の行動分析および避難行動シミュレーションを実施し、津波来襲時の安全避難対策として、避難誘導および避難経路表示の重要性を研究成果に基づいて指摘した。

研究成果の概要(英文)：So many people were sacrificed by the giant tsunami caused by Tohoku Earthquake on March 11, 2011. Questionnaire research on tsunami disaster to beach users in Kochi, Tokushima, Wakayama, Mie, Osaka and Hyogo Prefectures, and simulation of evacuation from beach were conducted. From the results, evacuation guidance and route signs are very important for planning tsunami disaster prevention measures to achieve safe evacuation.

研究分野：環境防災水工学

キーワード：南海トラフ 津波避難 海岸利用者

1. 研究開始当初の背景

わが国では、地震に伴う津波により多くの犠牲者を出してきたため、地域住民を対象とした対策や教育が行われてきており、避難の重要性がすでに認識されていた。安全な避難を行うことを目的に、地域住民や対策立案者への助言を目的として、津波に対する防災意識や避難行動、および防災教育について研究されていた(例えば、柄谷・越村・首藤:海岸工学論文集 2003、岡安他:海岸工学論文集 2007、加藤・諏訪・林:水工学論文集 2009)。また、本研究グループの研究(例えば、石垣・島田ら:海岸工学論文集 2010)のように、海水浴場利用者などの来訪者を対象とした研究も行われていた。これらの研究をとおして、津波に対する防災意識や避難意思決定に至る要因などが明らかとなり、海岸利用者の避難対策の作成に活かされてきていた。

しかしながら、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波が想定被害を大幅に上回る犠牲者を出したことから、ハードおよびソフト対策の両面から抜本的な対策の見直しが喫緊の課題となっていた。この災害が、津波災害文化が残っていて防災意識も高く、先進的な防災教育が行われてきた地域で起ったことから、多くの検討すべき課題が浮かび上がってきていた。1983 年 5 月 26 日に発生した日本海中部地震では、東日本大震災の被災地より津波避難訓練や啓蒙活動がなされていなかった秋田県・青森県で、遠足の小学生、釣客、港で護岸工事をしていた作業員ら 100 人が犠牲となった。このように、減災という観点より、避難対策が最重要の課題となっており、他の津波来襲地域の対策も同様の状況にあった。特に、30 年以内の高い発生率が予測されている東海・南海・南海地震に伴う津波の来襲が予測されている地域では、対策の見直しが迫られているのが現状であった。

このように、沿岸域の住民および海岸利用者の津波来襲時の避難は、防災・減災上、大変重要な研究テーマであった。本研究グループは、前述した日本海中部地震による津波被害者に他地域からの来訪者が多いことから、避難訓練や啓蒙活動の対象となく、多人数が利用する海水浴場(対象とする海水浴場では、ピーク期には 1 日総計数千人が利用)を対象とした津波避難に関する研究を行ってきた。研究グループが 2006 年より実施している東南海・南海地震に伴う津波が来襲する海水浴場利用者を対象とした防災意識調査(海洋開発論文集 2007、海岸工学論文集 2010、海洋開発論文集 2011、自然災害学会 2011、海洋開発論文集 2012)の他には、三重県・和歌山県・徳島県・高知県の海水浴場を対象とした広域研究は行われてきていないようであった。本研究は、東日本大震災前後の津波防災意識調査結果を用いた意識構造分析と、実際に三重県阿児の松原海水浴場にて実施された避難訓練参加者の行動分析

を行い、その結果を用いて津波来襲を想定した海岸利用者の避難行動シミュレーションに活かして安全避難について検討し、その対応策を提言していくこととした。

2. 研究の目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、多くの犠牲者を出した。津波に対する意識が高く、対策が進んでいたにも係わらず、地域住民が犠牲になり、早期の津波避難の重要性を強く認識することとなった。本研究は、東南海・南海地震に伴う津波の来襲が予測されている地域(高知県、徳島県、和歌山県、三重県、大阪府、兵庫県)を対象に、避難訓練や啓蒙活動が十分に行われていない海岸利用者の津波防災意識調査を行って避難行動に關与する要素の分析と実際に三重県阿児の松原海水浴場にて実施された避難訓練参加者の行動分析を行い、それらの結果および浸水時の避難困難度指標を考慮した避難行動シミュレーションを行い、得られた成果をもとに津波来襲時の安全避難対策を提言していくことを目的とした。

3. 研究の方法

東南海・南海地震に伴う津波来襲が予測される海水浴場利用者の防災意識と安全避難について、6 府県の海水浴場を対象とした津波防災意識に関するアンケート調査と避難行動シミュレーションにより検討し、その対応策を提言するため、津波防災意識に関するアンケートを、津波が 10 分~30 分で到達する三重県、和歌山県、徳島県および高知県、1~2 時間程度で達する大阪府と兵庫県の代表的な海水浴場を対象に行い、来訪者の属性と津波に対する意識や知識、避難意思決定の要因を検討した。その成果と実際に三重県阿児の松原海水浴場にて実施された避難訓練参加者の行動分析結果および浸水時の避難困難度指標を考慮した避難行動シミュレーションを行い、避難の安全度や誘導方法を検討し、その対応策について提言するため、全体の研究の枠組みを図 1 のようにした。

研究グループは、2006 年より 6 回の調査を実施してきた関西大学の教員を中心に構成した。分担者として、関西大学の島田、現地の事情に精通していることから共同調査を行ってきた徳島大学の武藤、京都大学防災研究所の馬場が加わった。さらに、連携研究者として高知大学の大年が加わり、東海・東南海・南海地震による津波被害が想定される近畿および四国地方の 6 府県を対象とした検討が行える体制とした。

研究グループの役割分担は、研究総括を石垣が担当し、図 1 の A (海岸利用者を対象とした津波対策・避難計画のレビュー)に關連しては、石垣・島田・武藤・馬場が關連する府県での調査を分担して行った。B (B1:海水浴場利用者の津波防災意識調査及び分析、

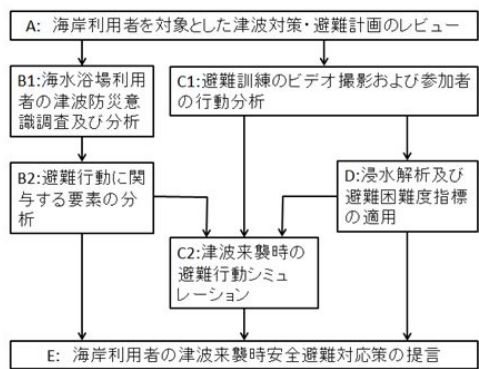


図1 研究内容

B2:避難行動に関する要素分析)に関する研究担当では、石垣・島田が大阪府・兵庫県・三重県を、武藤が徳島県・高知県を、馬場が和歌山県での調査の準備・地元説明を行い、アンケート調査は互いに協力して実施した。高知県については、連携研究者の大年の協力得て武藤が中心となり研究グループで調査を実施した。C (C1:避難訓練のビデオ撮影及び参加者の行動分析、C2:津波来襲時の避難行動シミュレーション)に関する研究担当は、三重県阿児の松原海水浴場で毎年実施されている津波避難訓練の撮影および参加者の行動解析を島田・石垣が中心となって行い、和歌山県白良浜海水浴場で実施される避難訓練の撮影および参加者の行動解析については馬場が中心となって行った。これらの結果を反映させた避難行動シミュレーションを研究グループ全員で協力して行った。D (浸水解析及び避難困難度指標の適用)に関する担当は、石垣・馬場が従来の成果に基づいて行った。E (海岸利用者の津波来襲時安全避難対応策の提言)の総括的な考察や提言は全員で実施した。各研究分担課題を複数の研究者が対応し、計画が途中で頓挫しないような体制を組んだ。なお、調査や解析の補助役として、関西大学、高知大学、徳島大学の大学院生が毎年数名、本研究に参画した。また、研究期間中に適宜、海水浴場を管理する自治体の防災・消防関係者、民間のコンサルタント技術者と意見交換を図った。

4. 研究成果

(1) 海水浴場の津波対策・避難計画のレビュー：平成25年度に、対象とした和歌山県、三重県、高知県では、2012年8月の内閣府発表内容を検討している時期であったため、海水浴場の存在する白浜町、志摩市、香南市を対象に津波対策・避難計画について資料調査を行ったが、県との調整が終わっていないため、再度ヒアリングが必要であった。そのため、平成26年度に南海トラフ地震津波の来襲が予測される24都府県の海水浴場を管理する自治体および管理団体(合計516団体)を対象に津波防災対策と管理体制に関するアンケート調査を行い、197団体からアンケート結果を回収した。その結果、管理体制で

は責任者だけでなく管理者全員の津波防災に関する知識や意識の向上を図る必要があること、また多くの海水浴場では避難マニュアルやハザードマップの作成など津波避難計画を確立させる必要があることが分かった。この結果をまとめ、土木学会論文集B3(海洋開発)に投稿し、掲載された。

(2) 海水浴場利用者の津波防災意識調査および分析：平成25年度には、2013年8月2日に和歌山県の白良浜海水浴場の利用者360人を対象にアンケート調査を実施した。東日本大震災以前の2006年8月調査(318人)および震災直後の2011年8月調査(329人)の結果と比較して津波防災意識の変化を検討した。その結果、震災直後には防災意識の高まりはあったが、2年後の2013年の調査では震災前の2006年の結果と同様の意識レベルに低下していたことが知れた。この結果をまとめ土木学会論文集B3(海洋開発)に投稿し、掲載された。また、2013年8月4日に高知県のヤシーパーク海水浴場の利用者(205人)を対象のアンケート調査を実施した。2010年7月調査結果(223人)と比較したところ、白良浜と同様に震災前と同様の防災意識となっていて経年低下が確認された。

平成26年度には、2014年7月26日~27日に三重県の阿児の松原海水浴場の利用者228人を対象にアンケート調査を実施した。東日本大震災以前の2009年7月調査(270人)および震災後の2012年7月調査(309人)の結果と比較して津波防災意識の変化を検討した。その結果、前年度に実施した和歌山県の白良浜海水浴場での結果と同様に、震災後には防災意識の高まりはあったが、3年後の2014年の調査では震災前の2009年の結果と同様の意識レベルに低下していたことが知れた。また、2014年8月30日に大阪府の淡輪海水浴場の利用者(226人)を、8月26日に兵庫県の須磨海水浴場でもアンケート調査を実施した。

平成27年度も、2015年8月2、3日に和歌山県白良浜海水浴場を対象に、津波防災意識アンケート調査を関西大学および京都大学の研究者および学生が合同で調査を実施した(304データ取得)。東日本大震災前の2006年8月の318名、震災後の2011年、2013年、2015年に994名の海水浴場利用者に対する津波防災意識アンケート結果から大震災が防災意識に与えた影響の経年変化について検討した。その結果、4年後に津波危険度認識の高さが震災前に戻っているものの、南海トラフ巨大地震に伴う津波への認知度が年々上昇していることが知れた。本研究により、既存のデータを合わせ3055名となる貴重なデータベースが構築できた。

(3) 避難訓練のビデオ撮影および参加者の行動分析：平成25年度は、2013年8月4日に三重県の阿児の松原海水浴場で実施され

た避難訓練のビデオ撮影を行った。また、行動分析の参考とするため、8月10日に和歌山県白浜町で実施された花火大会での群衆行動の撮影を行った。避難訓練撮影ビデオを用い、海中、砂浜、護岸から避難する人の歩行速度を、運動解析ソフトを用いて求めた。その結果を用い、避難行動シミュレーションに用いる歩行速度データを得た。これらのデータを用い、阿児の松原海水浴場を対象に、津波来襲時の避難行動シミュレーションを行い、その結果をまとめ、土木学会論文集 B2(海岸工学)に投稿し、掲載された。

平成 26 年度には、2014 年 7 月 27 日に三重県の阿児の松原海水浴場で実施された避難訓練のビデオ撮影を行った。この結果と 2013 年 8 月 4 日の避難訓練撮影ビデオを用い、海中、砂浜、護岸から避難する人の歩行速度を、運動解析ソフトを用いて追加解析を行った。その結果を用い、避難行動シミュレーションに用いる歩行速度データを得た。これらのデータを用い、阿児の松原海水浴場を対象に、津波来襲時の避難行動シミュレーションを実施した。

平成 27 年度には、解析モデルの改善を目的に、和歌山県白良浜海水浴場で避難行動の現地実験を実施した。指定した避難開始位置より被験者に GPS とウェアラブルカメラを携帯してもらい、行動軌跡と標識等の確認行動に関するデータを取得した。その結果、避難開始地点により避難完了率に大きな差異が生じることが確認された。また、ハザードマップを携帯すれば避難完了率が上昇するが、避難開始位置によってはハザードマップ携帯の効果が見られないという結果を得た。

(4) 海水浴場利用者の津波来襲時安全避難対応策の提言：平成 26 年度と 27 年度に海水浴場管理者にアンケート調査を行った結果、半数の海水浴場で、管理者、警官およびライフセーバーは配置されていない、津波対応マニュアルが作成されていないという結果が得られた。また、管理者の津波に対する意識に差があることも知れた。この結果、津波来襲時に情報伝達および避難誘導ができる人員の配置、および、避難経路明示が不可欠であり、避難所への案内標識の的確な設置すべきである点を指摘することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

- 1) Ishigaki, T., Kawanka, R., Ozaki, T. and Toda, K. : Vulnerability to Underground Inundation and Evacuation in Densely Urbanized Area, Journal of Disaster Research, Vol.11, No.2, pp.298-305. 2016. (査読有)
- 2) 濱口瞬・石垣泰輔・尾崎平・戸田圭一：記録の水災害時に対する大規模地下空間

の浸水脆弱性に関する検討，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.72，No.4，pp. 1363-1368，2016. (査読有)

- 3) 島田広昭・米倉翔・川中龍児・石垣泰輔・武藤裕則・馬場康之：海水浴場における津波防災対策と管理体制に関する研究，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.71，No.3，pp.1665-1670，2015. (査読有)
- 4) 濱口瞬・石垣泰輔・島田広昭・尾崎平・戸田圭一：密集市街地におけるスーパー台風に伴う高潮氾濫時の大規模地下空間浸水について，土木学会論文集，Ser.B1 (Hydraulic Engineering)，Vol.71，No.4，pp. 1387-1392，2015. (査読有)
- 5) 島田広昭・川中龍児・石垣泰輔・大年邦雄・武藤裕則・馬場康之：避難訓練データを援用したマルチエージェントモデルによる海水浴場利用者の安全避難に関する検討，土木学会論文集，Ser.B2(Coastal Engineering)，Vol.70，No.2，pp. 1346-1350，2014. (査読有)
- 6) 島田広昭・石垣泰輔・武藤裕則・馬場康之・大年邦雄：海岸利用者の津波に対する防災意識の経年低下，土木学会論文集，Ser.B3(Ocean Engineering)，Vol.70，No.3，pp. 37-42，2014. (査読有)
- 7) 浅野統弘・尾崎平・石垣泰輔・戸田圭一：南海トラフ巨大地震による津波来襲時の大規模地下空間の浸水予測，土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.69，No.4，pp.1435-1440，2014. (査読有)
- 8) 安田誠宏・谷口翔太・奥村与志弘・溝端祐哉・島田広昭・森 信人・間瀬 肇：避難所生活者の収容可能人数からみた災害対応の転換を要する津波規模の推定，土木学会論文集，Ser.B2(Coastal Engineering)，Vol.69，No.2，pp.1296-1300，2013. (査読有)
- 9) 宇野宏司・辻本剛三・島田広昭：東北地方太平洋沖地震発生当時の大阪湾圏域自治体の対応・支援状況と今後の津波対策の課題，自然災害科学，Vol.32，No.2，pp.165-181，2013. (査読有)
- 10) Ishigaki, T., Asano N., Morikane, M., Ozaki, T. and Toda, K. : Extreme Hazard of Pluvial and Tsunami Floods in a Densely Urbanized Area, International Conference on Flood Resilience Experiences in Asia and Europe, CD-ROM, 2013. (査読有)
- 11) 高橋祐樹・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：浸水した大規模地下駐車場からの避難に関する検討，土木学会論文集 F2, Vol.69, No.1, 1-10, 2013. (査読有)

[学会発表](計 8 件)

- 1) 武藤裕則・石垣泰輔・島田広昭・田村隆雄：海水浴場における避難誘導補助設備の整備状況について，第 34 回日本自然災害学会年次学術講演会，平成 27 年 9 月 24 日～25 日、山口大学(山口県)。

- 2) 山本順也・武藤裕則・田村隆雄：海水浴場における津波防災施設・設備の課題について、平成 27 年度土木学会四国支部年次学術講演会、平成 27 年 5 月 23 日、香川大学工学部（香川県）。
- 3) 濱口舜・石垣泰輔・島田広昭：高潮氾濫時における密集市街地の地下空間浸水について、土木学会第 69 回年次学術講演会、平成 26 年 9 月 10 日～12 日、大阪大学豊中キャンパス（大阪府）。
- 4) 川中龍児・吉田健人・島田広昭・石垣泰輔・武藤裕則・馬場康之：海水浴場からの津波避難シミュレーションに及ぼす利用者の初期位置の影響、土木学会第 69 回年次学術講演会、平成 26 年 9 月 10 日～12 日、大阪大学豊中キャンパス（大阪府）。
- 5) 川中龍児・橋本樹・石垣泰輔・島田広昭：海水浴場利用者の津波避難対策に関する検討、第 32 回日本自然災害学会年次学術講演会、平成 25 年 9 月 23 日～25 日、北見工業大学（北海道）。
- 6) 井之上勇樹・武藤裕則・島田広昭・田村隆雄・石垣泰輔：兵庫県東浦県民サンビーチ（淡路島）利用者の津波災害に対する意識について、第 32 回日本自然災害学会年次学術講演会、平成 25 年 9 月 23 日～25 日、北見工業大学（北海道）。
- 7) 浅野統弘・松本光央・川中龍児・尾崎平・石垣泰輔：地下空間を有する密集市街地の津波氾濫による地下空間浸水について、平成 25 年度土木学会第 68 回年次学術講演会、平成 25 年 9 月 4 日～6 日、日本大学生産工学部津田沼キャンパス（千葉県）。
- 8) 松本光央・川中龍児・浅野統弘・石垣泰輔：密集市街地における津波氾濫水の挙動と地下空間浸水について、平成 25 年度土木学会関西支部学術講演会、平成 25 年 6 月 8 日、大阪市立大学杉本キャンパス（大阪府）。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石垣 泰輔 (ISHIGAKI, Taisuke)
関西大学・環境都市工学部・教授
研究者番号：70144392

(2) 研究分担者

島田 広昭 (SHIMADA, Hiroaki)
関西大学・環境都市工学部・准教授
研究者番号：20067763

武藤 裕則 (MUTO, Yasunori)
徳島大学・大学院ソサエティ工学研究部・教授
研究者番号：40263157

馬場 康之 (BABA, Yasuyuki)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号：30283675

(3) 連携研究者

大年 邦雄 (OTOSHI, Kunio)
高知大学・農学部・教授
研究者番号：00127060