

第2章 研究報告

1. 海水浴場における津波避難行動に関する研究

森田匡俊・小池則満・小林哲郎・山本義幸・中村栄治・正木和明

1. はじめに

海水浴場などを有することで、当該地域の地理的情報をほとんど持たない観光客が多く来訪する沿岸地域では、観光客の津波避難対策をどのように行うかについて課題となっており、様々な議論が進められている（西尾ほか2004、増本ほか2010、照本2013、吉田ほか2013）。既存研究では、避難訓練参加者へのアンケート調査などによって避難および誘導のあり方についての検証が行われている一方で、訓練時の観光客の避難行動を綿密に調査した事例は見当たらない。今後、津波避難のためのより現実的な対策策定につなげていくためには、アンケート調査と合わせて、訓練参加者の避難行動を詳細に把握しておくことも重要と考えられる。

そこで本研究では、アンケート調査に加えてGPS機器を用いた避難行動の追跡調査を行い、観光客の避難行動についてより詳細に把握することを試みる。

2. 調査概要

2.1 対象地域と避難訓練

本研究では、愛知県知多郡南知多町の千鳥ヶ浜（内海海水浴場）を対象地域とし、ここで行われた津波避難訓練時の海水浴客の避難行動を調査対象とした。2012年8月に内閣府から発表された、南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等及び被害想定によると、千鳥ヶ浜およびその周辺地域のほとんどが1メートル以上の浸水域となることが予測されている（図1）。避難訓練は、内海・山海まちづくり協議会「きずなの会」が主体となって計画されたものである。

多くの海水浴客が避難すると予測される場所は、図1に示した避難場所のうち、西端区公民館とその周辺が有力である。よって、避難目的地を西端区公民館とし、避難訓練はここへ避難する想定で行われた。訓練実施日は2013年7月15日であり、

海の日の祝日であった。当日の天候は晴れ、海水浴場の当日の観光客数は、きずなの会によると約1万2千人であった。訓練後に配布した記念品配布数から、訓練への参加者は350名程度であったと推定された。なお、訓練は売店が多く海水浴客が多く居る千鳥ヶ浜の南側（浜全体の約三分の一の範囲）に限って行われた。

訓練の実施手順は下記のとおりである。避難訓練開始1時間前の10:00に、砂浜の海水浴客に避難訓練への参加を呼びかけるとともに登録受付を開始した。登録した海水浴客には、避難訓練への参加者であることがわかるようにするため、緑色のリストバンドを配布し、その場で手首に装着してもらった。11:00に大地震が発生したという想定のもと、スピーカーによって大地震発生のアナウンスを海水浴場全体に流した。その3分後に大津波警報発令と避難開始を促すアナウンスを流した。この警報発令を機に参加者は避難を開始し、地元住民の誘導に

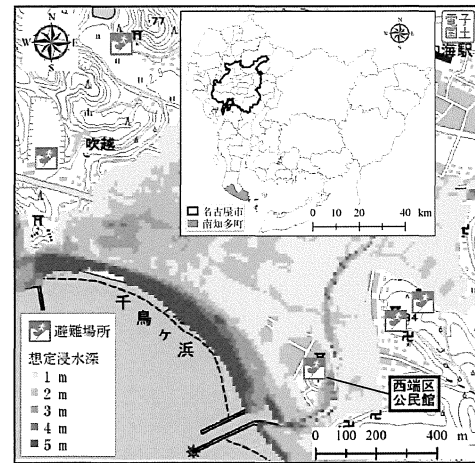


図1 対象地域の被害想定

よって西端区公民館まで避難した。11:30までには西端区公民館への避難が完了し、参加者は随時解散した。なお、避難に関しては2つの誘導ルートが設定されており、参加者は図2に示した2つのルートのどちらかを通り避難場所まで移動した。本研究では、便宜的に、主に避難場所の西側を通るルートを「西ルート」、主に避難場所の南側を通るルートを「南ルート」と呼ぶ。

2.2 調査手法

(1) GPSによる追跡調査

海水浴客の避難行動を把握するため、GPSを持った調査員を海水浴場になるべく均等に配置し、近くの訓練参加者を追跡することとした。海水浴場を18のグリッドに分割し、それぞれのグリッドに調査員を配置し、避難開始から避難場所到達まで、訓練に参加した海水浴客の追跡を行った。便宜的に個々のグリッドにはIDとして番号を付与した(図2)。本研究では、GPS機器としてHolux社のwireless GPS Logger M-241を14台、同じくHolux社のM-1200Eを1台、そしてTranSystem社のTripMate 852を3台採用し、1秒間隔で調査員の位置情報を記録した。

(2) アンケート調査

アンケート調査はタブレット端末を用いた対面方式とした。手順は、①砂浜に設置した受付において、RFID(Radio Frequency Identification)タグの貼り付けられたリストバンドを参加者に配布し、参加登録を行う。このとき、タブレット端末でRFIDタグを読み取るとともに属性(年齢、居住地、性別)についての質問を行い、入力・登録する。②避難場所である西端区公民館において、参加者のRFIDタグを再びタブレット端末で読み取る。参加後の意見をたずねて入力することで、登録時のRFIDタグのデータと照合されて、アンケートの回答集計表として最終的に出力することができる。使用したタブレット端末はGoogle社のNexus7で台数は11台である。アンケート回答者は188名であった。

3. 調査結果

3.1 GPS調査

(1) GPSによる追跡調査

追跡調査により取得したGPSデータを地図化したものが図3である。GPSの位置情報は調査員ごとに異なる色の点オブジェクトとして表現し、その連なりが各調査員の移動した軌跡となる。図3から、訓練参加者は砂浜からまず道路へ到達してから避難場所へ向かうという行動を取ったことが確認できる。

次にGPSデータに記録されている時間の情報を活用し、避難行動を検証した結果、以下の事柄が明らかになった。

a) 通過ルートと避難時間の差異

訓練参加者が避難を開始してから避難場所へ到達するまでの時間(以下、簡便に避難時間と言う。)を示したものが図4である。目視による誤差やGPS機器の位置情報取得の誤差を考

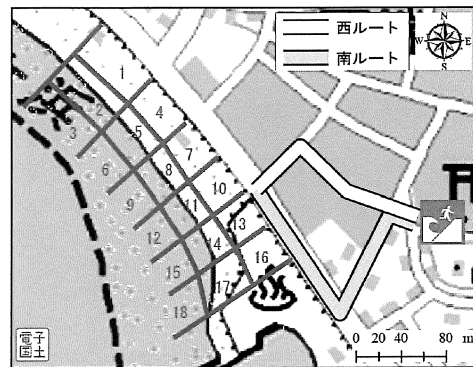


図2 避難誘導ルートと対象地域グリッド分割

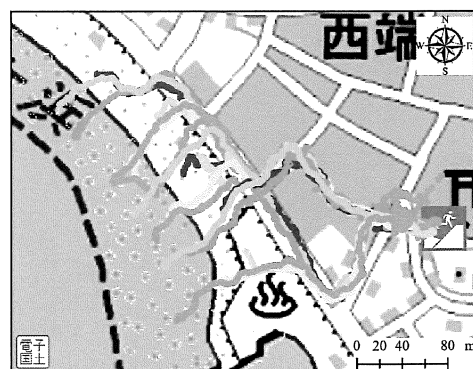


図3 GPSデータの地図化

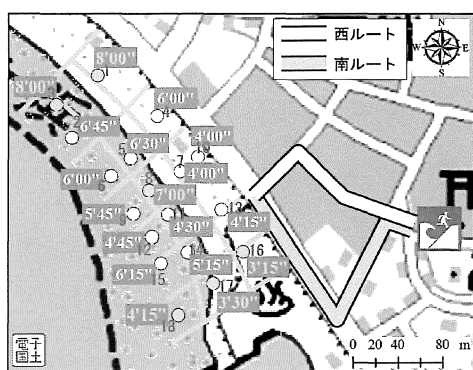


図4 通過ルートと避難時間

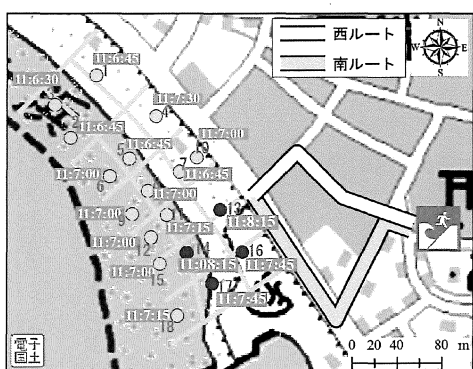


図5 避難開始時刻

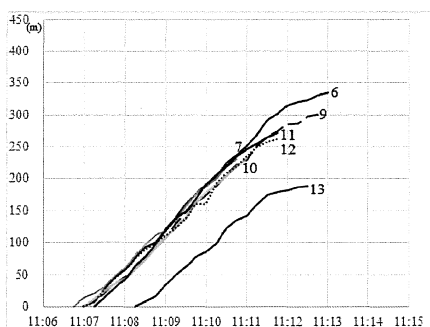


図6 累積移動距離1

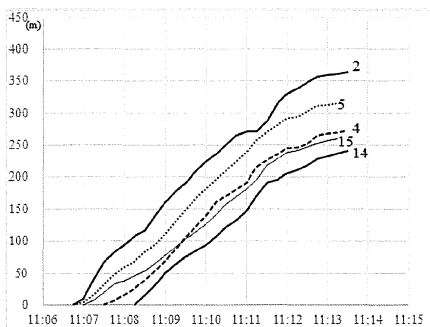


図7 累積移動距離2

慮し、避難時間は15秒単位で計測している。この図を見ると、たとえば8番グリッドの訓練参加者の避難時間（7分）は、避難距離がより長い2番、6番、9番グリッドの訓練参加者のそれよりも長いことがわかる。避難時間をルートとの関係から見てみると、南ルートを通じた1番、3番、8番グリッドの訓練参加者は、その周りの訓練参加者よりも避難時間が長くなっていることがわかる。これらの訓練参加者が南ルートを通じた理由は、西ルートに混雑が発生していると判断したルート分岐点の誘導員が、西ルートを塞いで南ルートへ誘導し始めたことによる。この結果から、ルート上での混雑の発生とそれに関連する誘導のあり方が避難時間に少なからず影響を与えることが確認できた。

b) 避難開始時刻

図5に訓練参加者別の避難開始時刻を示す。この図から、大津波警報発令のアナウンスおよび避難誘導が11時3分に開始されてから、訓練参加者が実際に避難を開始するまでに最短でも3分30秒（3番グリッド）、最長では5分15秒（13、14番グリッド）の時間がかかったことがわかった。1分1秒を争う津波からの避難行動の初動としては、どのグリッドも総じて遅かったといえる。また図5からは、グリッドの位置によって避難開始時刻に差異があることが確認できる。南東部の4つのグリッドの訓練参加者（13、14、16、17番）は、他のグリッドの訓練参加者に比べて避難開始時刻が特に遅い。調査員へ聞き取りを行なった結果、これらのグリッド内の訓練参加者は、他のグリッドの訓練参加者が避難行動を始めてから避難を開始するという追従行動をとったため、追跡を始めるまでに時間がかかったことがわかった。

c) 滞留の発生

GPSデータを用いてルート上での混雑による避難行動の滞留がどこで発生したのかを検討した。図6、7、8は横軸を時刻、縦軸を訓練参加者の累積移動距離として図示したものである。累積移動距離は避難開始時点をもととし、15秒ごとに前の時点のGPSデータとの直線距離を算出して求めたものであり、避難場所到達時点までのみを表示している。図6は西ルートを通り、かつ避難場所到達が11時13分以前であった訓練参加者、図7は西ルートを通り、かつ避難場所への到達が11時13分より遅かった訓練参加者、図8は南ルートを通じた訓練参加者のデータである。まず、図6をみると、到着が11時12分より遅かった訓練参加者（6、9、13番グリッド）は11時11分30秒以降、累積移動距離の増加が鈍化している。次に図7をみると、14番

グリッドの訓練参加者以外に共通した傾向として、11時12分ごろを境に累積移動距離の増加が鈍化していることがわかる。14番グリッドの訓練参加者の鈍化が始まるのは、11時11分30秒ごろである。また、2番グリッドの訓練参加者は11時11分ごろに累積移動距離の増加がほぼなくなっている。最後に図8をみると、到達が11時13分より遅かった訓練参加者（1、3、8番グリッド）はいずれも11時13分5秒辺りから累積移動距離の増加が顕著に鈍化している。

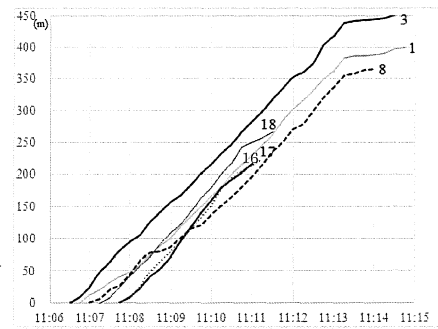


図8 累積移動距離3

累積移動距離の増加が鈍化しはじめる箇所、すなわち避難行動の滞留が具体的にどこで発生したのかを明らかにするため、鈍化しはじめた時刻のGPSデータを図9に示す。図をみると、6、9、13、14番グリッドの訓練参加者の位置より、西ルートでは、南ルートとの合流地点から図中のA地点辺りにかけて、11時11分30秒ごろには混雑が発生し、避難行動が滞留していたと考えられる。また、2、4、5、15番グリッドの訓練参加者の位置より、11時12分ごろにこの混雑は避難場所方向に向かって若干解消はしているものの、依然続いていたことが分かる。さらに、南ルートを通った1、3、8番グリッドの訓練参加者の位置より、11時13分を過ぎてからもルート合流地点では混雑が続いており、避難行動の滞留が発生していたことが分かった。なお、11時11分ごろの2番グリッドについては、他の訓練参加者に同様の傾向がみられないことなどから、GPS機器の位置精度誤差などによる可能性が高い。

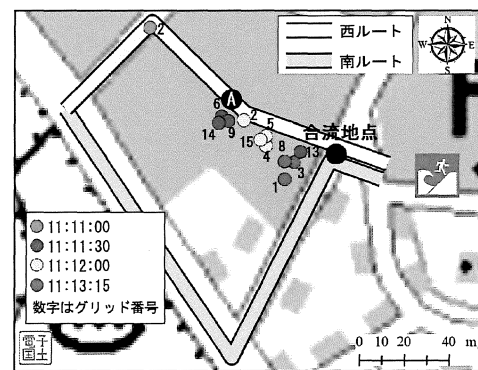


図9 滞留発生箇所

3.2 アンケート調査結果

受付にてRFIDタグ読み込みを行ったのが274名、避難場所での回答数は188名、回収率は68.6%であった。データ欠損のあったサンプルを除いた有効回答数は176名である。参加者の年齢構成を図10に示す。20歳以下の若い層および51歳以上の方がやや多いが、広い年齢層からの参加があったことがわかる。特に20歳以下が多かったのは、親子連れの参加者があったことや砂浜清掃ボランティアの専門学校生が訓練に参加していたことも一因であると考えられる。参加者の居住地を図11に示す。町内からの参加者が約4割、愛知県内・県外も含めた町外からの参加者が約6割となっている。なお、男女比は男性65%、女性35%であった。図12に避難場所が

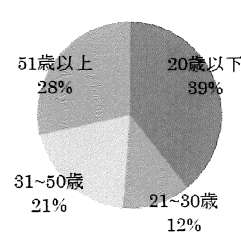


図10 年齢構成

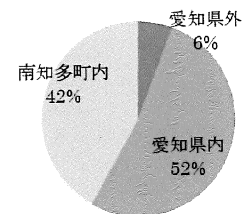


図11 居住地

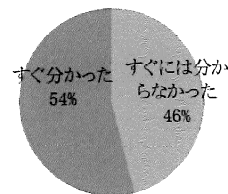


図12 避難場所

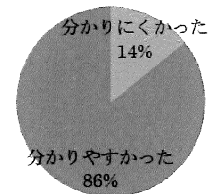


図13 避難誘導

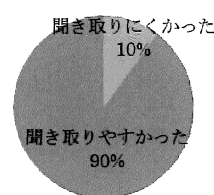


図14 放送の聞こえやすさ

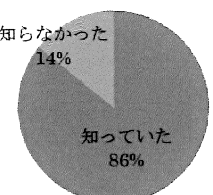


図15 津波リスク

すぐにわかったかどうかをたずねた結果を示す。これをみるとすぐに分からなかったという回答が半数近くをしめており、GPSによる追跡調査で指摘した初動の遅れを裏付ける結果となっている。しかしながら、避難誘導のわかりやすさについてたずねた図13の結果や、図14の結果をみるとほとんどの方が、避難誘導や放送の聞こえやすさには問題がなかったと考えており、いったん動きだした後はスムーズに避難場所を目指すことができたようである。「南海トラフ地震により、内海地区に大きな津波が来襲する可能性があることをご存じでしたか」と津波リスクについてたずねた結果を図15に示す。これをみると、「知っていた」が8割以上であるが「知らなかった」という回答も14%あった。

参加者の居住地別属性と避難場所の認知についてのクロス集計を行ったところ、南知多町に居住の方でも41%の方がすぐには分からなかったと回答しており、カイニ乗検定でも居住地別に有意差はみられなかった。参加者の居住地別属性と訓練前後の意識の変化についてクロス集計を行った結果、「変わった」との回答者は町外に多く、「変わらない」とした回答者は町内に多かった。カイニ乗検定において、5%有意での違いが見られた。この原因として、町外からの参加者のほうが津波避難訓練というイベントそのものが新鮮な体験であったのに対し、町内からの参加者にとっては、特に新しい経験にならなかった可能性がある。今後、有意な違いが生じた原因について検討を重ねる必要がある。

4. おわりに—千鳥ヶ浜における津波避難の課題と改善に向けた提案

海水浴場の避難訓練における避難行動データの取得とその分析を行なった結果、以下の事柄が明らかになった。

- (1) GPSデータの空間的な可視化により、海水浴場から避難場所までの軌跡を把握することができた。特に、砂浜にいる避難訓練参加者がまず道路に向かって移動することが、実測として確認された。
- (2) ルート上での混雑の発生とそれに関連する誘導のあり方により、避難時間に差異が出ることを把握できた。具体的には、避難場所の南ルートを通った場合、避難初動の位置が似通っていたとしても、西ルートを通った場合に比べてより多くの時間が必要となる。
- (3) 避難を開始する意思があっても、どこに向かえばいいのかすぐにはわからないため、避難の開始が遅れる可能性がある。
- (4) ルート上で混雑による避難行動の滞留が発生する場所があることがわかった。特に、一つのルートに人々が偏ると、避難行動の滞留が発生しやすくなる可能性があり、ルート分岐点における誘導のあり方が極めて重要である。ただし、たとえバランスのよい誘導ができたとしても、避難ルートや避難場所のキャパシティに限界があることから、現状の避難場所のみでは滞留の発生は避けられないといえる。
- (5) 特に地域外からの参加者に、訓練による意識の変化が見られた。

以上の結果を踏まえ、最後に千鳥ヶ浜の海水浴場における津波避難の課題と今後の改善に向けた提案を行う。

一つ目の課題として、避難初動の遅さが挙げられる。アンケート調査から、避難を開始する意思はあっても具体的にどこに向かって移動を始めればよいかわからず、初動の遅れにつながったと考えられる。避難が始まって以降は、滞留発生箇所以外はスムーズに移動できており、初動の流れをいかに早く作るか、が今後の大きな課題である。たとえば、率先避難要員をあらかじめ設定しておくことも一つの対策として考えられる。ライフセーバーや売店の人たちがその候補として考えられるが、彼/彼女らへの負担がかり過ぎないような役割分担のあり方や率先避難の行動指針についても検討しておく必要が残される。その他の対策としては、避難場所が一目でわかる看板を設置することが挙げられる。

二つ目の課題として避難ルート上での誘導の問題が挙げられる。今回の訓練では、通過する人々が西ルートに偏ることで滞留が発生した。滞留をなるべく発生させないためには、バランスの取れた誘導が重要である。しか

し南ルートは、海沿いの道路であり、海から離れるという避難行動の原則に反するという問題があるなど、分岐点における誘導には状況をよく把握した上での的確な判断が必要となり、誘導員にかかる負担が非常に大きくなる。誘導員の負担を軽減するために、たとえば、地震発生から直後に避難してきた人々は南ルートへ誘導し、一定時間経過以降は西ルートへ誘導するといった、機械的な誘導ルールを設定しマニュアル化しておくこともやむを得ないと考えられる。

三つ目の課題として避難ルートおよび避難場所のキャパシティが挙げられる。今回の訓練に参加したのは、海水浴場にいた約1万人の内のわずか350名程度であった。それにも関わらず避難ルートでは滞留が発生しており、実際の災害時には多くの海水浴客が避難場所にたどり着けない可能性が高い。千鳥ヶ浜から約800m離れた町民グラウンドには、体育館等もあって避難場所としての「質」は高く、今後はこちらへの誘導を行うことも検討が必要である。また、一部の建物はすでに津波避難協定ビルとなっており、その数を増やしていくことも必要である。いずれにしても、避難する人が特定のルートや建物に集中するといったことが起こらないよう、複数の避難場所を設定した訓練を実施し、誘導のあり方などを検討していくことが必要である。

参考文献

- 西尾恵美, 大西一嘉: 白浜町における観光ホテルの地震津波対応: 平成16年9月5日の紀伊半島南東沖地震での行動調査, 日本建築学会学術講演梗概集, F-1, pp. 847-848, 2005.
- 増本憲司, 川中龍児, 石垣泰輔, 嶋田広昭: 観光地海岸利用者の津波に対する避難行動と避難意志決定に関する研究, 土木学会論文集B2 (海岸工学), 66(1), pp. 1316-1320, 2010.
- 照本清峰: 観光客を対象とした津波避難対策に関する課題の検討, 地域安全学会梗概集, 32, pp. 103-106, 2013.
- 吉田太一, 梅本通孝, 糸井川栄一, 太田尚孝: 海水浴客の津波避難行動特性に関する研究—大洗サンビーチ海水浴場を対象として—, 地域安全学会論文集, 21, pp. 149-158, 2013.