

津波被害が想定される地方都市沿岸地域 における避難意向に関する分析

奥嶋 政嗣¹・福田 崇紀²

¹正会員 徳島大学准教授 大学院ソシオテクノサイエンス研究部 (〒770-8506 徳島市南常三島町2-1)
E-mail: okushima.masashi@tokushima-u.ac.jp

²学生会員 徳島大学大学院 先端技術科学教育部 知的力学システム工学専攻 博士前期課程

本研究では、南海トラフ巨大地震に備え、津波による被害が想定されている徳島市における避難意向を把握することで、地方都市沿岸地域での津波避難における問題点を明確にすることを目的とする。東北地方太平洋沖地震では、多数の自動車利用避難者がみられたことから、特に自動車利用による避難意向に着目する。対象地域の住民及び事業所を対象としたアンケート調査により津波避難意向を把握する。この結果として、東日本大震災時と比較して、自動車利用避難予定者の割合は低く、相乗りあるいは二輪車利用による転換可能性もあることが示された。また、半数程度の事業所において避難対策がなされているものの、取り組みを展開する余地も残されていることが示された。さらに、自動車避難行動モデルの推定結果から、避難経路と避難ルールの周知徹底により、自動車避難の抑制の可能性があることがわかった。

Key Words : *tunami evacuation, questionnaire survey, car use*

1. はじめに

甚大な被害をもたらした 2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震において、被災地では多くの住民は地震発生後に津波からの避難を実行したが、一部で避難が間に合わず犠牲者が発生した。津波による犠牲者を増大させた一因として、自動車での避難が集中することによる交通渋滞が挙げられる。わが国の従来の避難指針では、「津波からの避難は原則徒歩」と定められていた¹⁾。しかしながら、中央防災会議の公表では 57%の津波避難者が自動車利用避難を行っており、その約 30%が交通渋滞に遭遇したことが報告されている²⁾。特に福島県では全体の約 84%が自動車により避難している。地方都市では自動車依存社会となっているため、津波避難時においても多数の自動車利用が発生するものと考えられる。また、高台のない沿岸平野部という地理条件が、避難者の自動車利用を促す要因と考えられる。

一方、今後発生が想定されている南海トラフ巨大地震に関して、中央防災会議の発表では犠牲者は最大 32 万 2 千人と想定されており、津波による犠牲者が 70%を占める。また甚大な被害が想定されている四国地方における「災害に強いまちづくりガイドライン」では、自動車利用避難の明確なルール化の必要性が指摘されている³⁾。

本研究では、南海トラフ巨大地震に備え、被害が想定されている地方都市の沿岸平野部における津波避難計画の策定に向けて、避難意向を把握することで、津波避難における問題点を明確にすることを目的とする。特に自動車利用による避難意向に着目する。このため、自動車依存が高い地方都市で、沿岸平野部に位置する徳島市沖洲地区および津田地区を対象とする。最大の被害想定では、対象地域において震度 7 の強い揺れが襲い、地震発生から 53 分後に最大 7m の津波が沿岸に到達すると想定されている。対象地区の想定最大浸水深は最大 2~5m となっている⁴⁾。また、対象地域に適用された自動車避難シミュレーション結果では、楽観的な仮定にも関わらず、東北地方太平洋沖地震の被災地域での平均自動車利用避難率と同程度割合で避難車両が発生した場合には、多数の避難困難車両が発生することが示されている⁵⁾。

このような対象地域において、住民及び事業所を対象としたアンケート調査を実施して、地震への備えと津波避難意向を把握して、問題点を抽出する。このアンケート調査データに基づいて、避難開始までの時間に関わる要因について、加速ハザードモデルを適用して分析する。また、避難時の自動車利用に関わる要因について、二項ロジットモデルを適用して分析する。このような分析に基づいて、津波避難計画の策定における留意点を示す。

2. 地域住民の津波避難意向の把握

本章では、地域住民避難意向アンケート調査により、地域住民の津波避難に関する認知状況および津波避難意向を整理する。

(1) 地域住民避難意向アンケート調査の概要

対象地域における地域住民避難意向アンケート調査の概要について整理する。

対象地域における居住世帯より無作為抽出した 4000 世帯を対象に、2012 年 10 月 30 日および 31 日において津波避難に関する意識についてのアンケートをポスティングにより配布し、2012 年 12 月 15 日までの期間で郵送あるいはインターネット経由で回収をおこなった。

調査時点で対象地域には面積756haに、14,678世帯、33,459人が居住していた。このため各地点から過不足なくサンプルを回収することを目指して、番地単位で202区域に分割し、区域ごとの世帯数に応じて配布数を決定した。サンプル抽出においては、区域ごとに無作為抽出を行った。この結果、有効配布4,000票に対して、回収率42%に相当する有効サンプル1,680票を回収した。

地域住民避難意向アンケート調査での調査項目一覧を表-1に示す。調査項目に関しては、回答者・世帯属性、自動車保有状況、被災への備え、南海トラフ巨大地震発生時の避難意向、自動車避難予定者の意向、避難時原則徒歩の認知、東日本大震災発生時の避難状況、自由意見など合計30項目について質問を設定している。

調査回答者の年齢構成に関しては、10歳代がほとんど含まれておらず、20歳代も3%と非常に少ない。一方、60歳代が24%を構成している。このように、高齢層が多く、若年層の回答者が少ない点には留意する必要がある。世帯構成に関しては、2人世帯が35%と最も多く、次いで3人世帯の22%となっている。また、単身世帯は17%であるが、そのうち70%程度が高齢単身者であることは、津波避難計画において留意すべき点である。また、自動車運転免許保有者がいない世帯は9%である。自動車保有台数では、2台保有世帯が39%と最も多く、次いで1台保有世帯の35%となっている。また、自動車の非保有世帯は13%であった。

(2) 津波避難に関する認知と準備状況の整理

対象地域における住居建物の耐震化状況について整理する。建築基準法に基づく現行の耐震基準は、昭和56年6月に導入され、平成12年6月の建築基準法の改正では地盤調査が義務化されている。現行の耐震基準導入以前に建築され、耐震補強を行っていない建物に居住している世帯が29%となっている。南海トラフ大地震発生時には、耐震化が不十分な建物の倒壊により、居住者が直接被災

表-1 アンケート項目一覧

回答者・世帯属性	年齢・世帯人員
	運転免許保有者数
	自宅の建築時期
	耐震補強工事実施の有無
自動車保有状況	自動車保有台数
	通勤・通学目的での利用台数
被災への備え	予想津波高・浸水深の認知
	避難場所の認知
	避難経路の認知
	避難場所までの徒歩所要時間
	地震発生時の対策の有無
南海トラフ巨大地震発生時の避難意向	防災グッズの用意
	避難開始タイミング・目安時間
	避難同行者
	予定避難場所
自動車避難予定者の意向	予定避難交通手段
	自動車使用理由・乗車人員
	相乗り避難の可否
	二輪車避難への転換可否
	交通渋滞遭遇時の対応
東日本大震災時の状況	自動車非利用時の避難場所
	避難ビルの徒歩避難可能時間
	避難時原則徒歩の認知
	東日本大震災時の避難有無
	東日本大震災時の避難手段

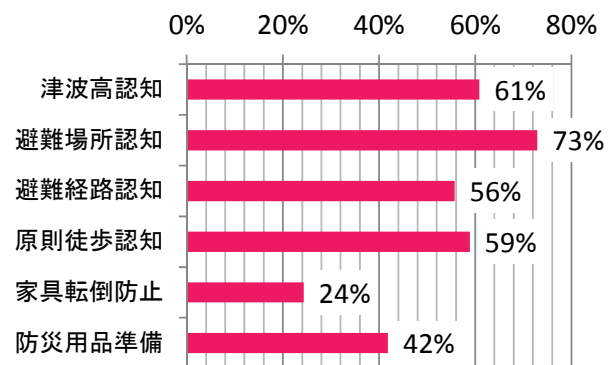


図-1 地域住民の減災に関わる情報認知および対策実施の状況

するだけでなく、津波避難もできなくなるとともに、近隣住民の避難路の障害となることが問題視されている。このため、住居建物の耐震化をより一層進める必要性がある。

つぎに、減災に関わる情報認知および対策実施の状況を図-1に示す。減災に関わる情報認知としては、津波高・浸水深の認知、避難場所の認知、避難経路の認知および津波避難指針における徒歩での避難の原則の認知を取り上げる。また、減災に関わる対策実施としては、家具転倒防止および防災グッズの準備を取り上げる。

対象地域ではワークショップによる津波避難支援マップの作成と配布などにより、津波避難に関する周知が行われてきた結果として、避難場所の認知が7割を超えて

いる。津波避難指針における徒歩での避難の原則の認知についても、一定の周知効果が確認できる。一方、迅速な避難行動への準備状況を表す防災グッズの準備では4割程度に留まる。また家具転倒防止の実施割合からみると、強い揺れへの備えが7割以上の世帯で不足している。

以上のように、確実に迅速な避難行動を実現するためには、周知活動に加えて、耐震化および家具転倒防止といった地震の揺れに対する対策についても合わせて進める必要性が高い。

(3) 津波避難意向の整理

津波避難意向調査に基づいて、冬の深夜に南海トラフ巨大地震が発生したという前提で、地域住民における避難意向について整理する。

地震発生時の避難予定場所を図-2に示す。指定避難場所を予定している住民の割合が最も多い。「自分たちで決めた地区内の避難場所」を予定している住民の割合も11%であった。地区外、未決、その他、無回答を合わせて32%である。このため、地域内の避難施設の充実と、周知の徹底が必要と考えられる。

東日本大震災時の避難行動と比較して、避難交通手段の割合を図-3に示す。東日本大震災時には、徳島市にも津波警報が発令されていたにもかかわらず、避難していない住民が77%に上る。避難交通手段では、自動車利用が多く、避難行動者の半数程度を占める。一方、南海トラフ巨大地震発生時の予定では、徒歩が最も多く、次いで自転車となっており、自動車利用避難予定者は1割に満たない。このように、津波避難指針における徒歩での避難の原則に沿った状況となっている。

東北沿岸部の被災地では、震災後には交通渋滞による避難の遅延が問題は認識されていたが、余震による津波警報発令時においても、自動車利用避難が多数発生している状況が報告されている。したがって、対象地区においても、アンケート調査結果では、自動車による避難の予定者は少ないものの、実際の地震発生時には自動車避難を選択する避難者も多数現れる可能性が懸念される。

予定避難手段として自動車を選択した被験者を対象に、自動車避難抑制策として、近隣住民などとの相乗り避難の可否および、自転車など二輪車への転換避難の可否を質問している。自動車避難予定者について、相乗り避難では50%、二輪車への転換避難では55%の割合で、対応可能との回答が得られている。このように、適切なルールあるいは避難支援策を講ずることで、避難時の自動車発生数を抑制できる可能性がある。

つぎに、津波避難開始のタイミングについて整理する。地震直後の率先避難を予定する住民は18%であった。津波警報発令後の避難開始も合わせると56%の住民が迅速な避難を心がけていることがわかる。

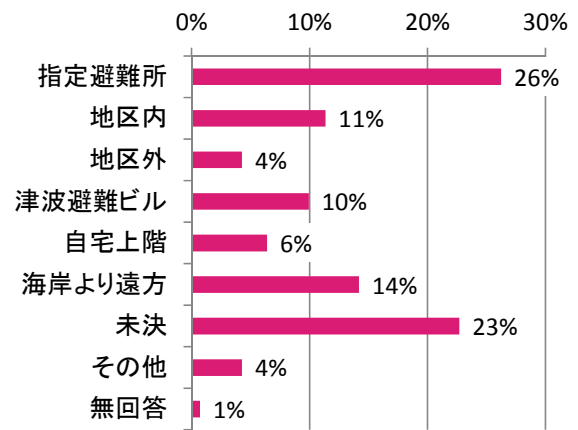


図-2 地域住民の避難予定場所

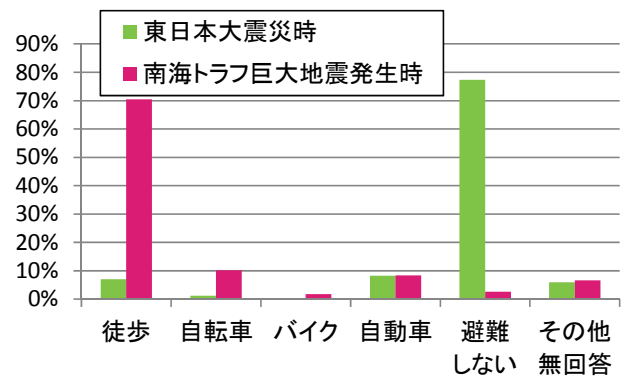


図-3 避難予定交通手段の割合

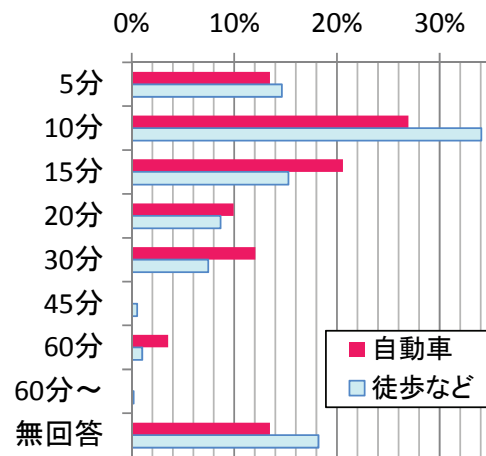


図-4 地域住民の避難開始までの想定経過時間の分布

自動車利用避難の有無別に、地震発生から津波避難開始までの想定経過時間の分布を図-4に示す。10分以内の回答が最も多く、15分までの合計で6割を超えている。また、30分を超える回答はほとんどない。自動車利用避難の有無で比較すると、自動車利用避難者の想定経過時間の期待値は16.4分であり、非自動車利用の避難者よりも避難開始予定が平均で2.6分遅いことがわかった。

3. 事業所における津波避難への準備状況の把握

対象地域内の事業所への津波避難に関するアンケート調査を実施して、事業所における津波避難に関する認知と準備状況について整理する。

(1) 事業所アンケート調査の概要

対象地域内の事業所を対象としたアンケート調査の概要について整理する。対象地域における全事業所を対象に、津波避難に関するアンケート調査票を2012年11月末に郵送し、12月中旬までの期間で郵送あるいはWeb経由で回収をおこなった。この結果として、配布390票に対して、有効回収率40.5%に相当する有効サンプル158票を回収した。

調査項目に関しては、企業属性、自動車保有状況、防災への備え、南海トラフ巨大地震発生時の従業員避難意向、避難時原則徒歩の認知、東日本大震災発生時の避難状況、自由意見など合計23項目について質問している。

調査回答事業所の業種構成では、卸売・小売業が28%と最も多く、次いで製造業が21%となっている。調査回答事業所の事業者規模の構成では、事業所従業員数は「1~10人」の小規模事業所が41%と最も多く、95%の事業所が従業員数100人以下であり、中小企業からの回答が大半を占める。

(2) 津波避難への準備状況の整理

対象地域における事業所建物の耐震化状況について整理する。現行の耐震基準導入以前に建築され、耐震補強を行っていない事業所は16%であった。近隣住民の避難路の障害となる懸念もあるため、事業所建物についても耐震化の必要性を確認していくことが望まれる。

各事業所における減災に関わる情報周知および対策実施の状況を図-5に示す。津波高・浸水深の認知は約8割であり、地域住民の認知度よりも高い。津波避難指針における徒歩での避難原則の認知については、地域住民の認知度と同程度である。

減災に関わる情報周知として、津波避難に関する避難場所の周知および避難経路の周知では、6割程度の事業所で実施されている。避難場所だけでなく、避難経路の周知も合わせて行われている場合が多い。

減災に関わる対策実施として、地震発生時における事業所従業員の対応行動に関する取り決め事項がある事業所が47%である。多くの事業所で対策が検討されていることが伺われる。取り決め事項のない事業所では、地震発生時には事業所従業員の判断に委ねられることになり、迅速な避難行動を実施できない可能性も否定できない。地震・津波避難訓練や防災に関する研修などを実施している事業所の割合は28%である。これらの事業所は減災

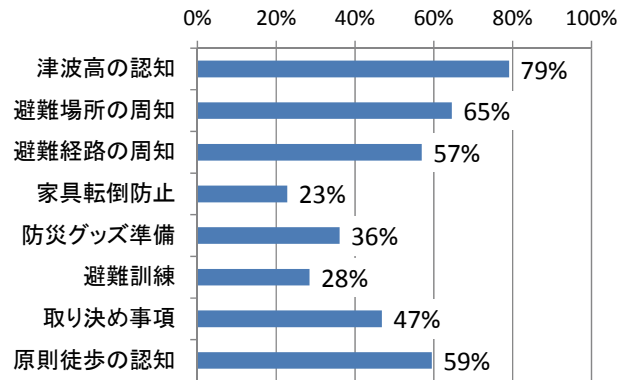


図-5 事業所での減災に関わる情報認知および対策実施の状況

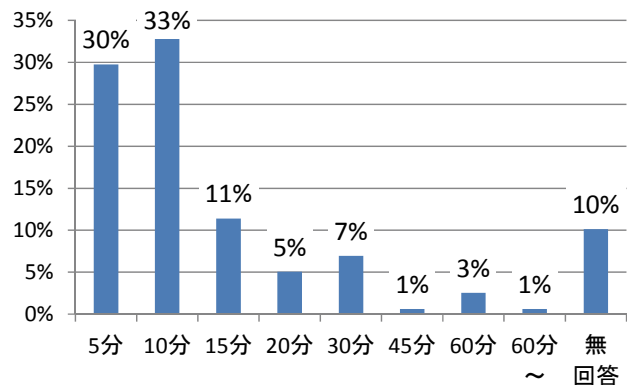


図-6 事業所従業員の避難開始までの想定経過時間の分布

に関わる対策に適切に取り組んでいるものと考えられる。

一方、オフィス家具の転倒防止などの対策に関しては、地域の住居建物での実施率と同程度であり、強い揺れへの備えが、7割以上の事業所で不足している。防災グッズの準備の割合は36%で、地域の住居建物での実施率よりも低い。地震発生時には事業所従業員が、それぞれの住居へ帰宅する時間的な余裕はない場合も多く、避難場所での滞在に支障をきたすことも想定する必要がある。

つぎに、各事業所における管理者（取り決めがある場合は従業員）の避難行動開始のタイミングについて整理する。地震直後の率先避難を予定する事業所は18%であり、地域住民と同程度である。津波警報発令後の避難開始も合わせると62%の事業所で迅速な避難が予定されていることがわかる。用事後避難の回答割合は13%であり、その用務の内容に関しては、顧客誘導あるいは家族安否確認であり、家族送迎あるいは地震の後片付けといった回答はみられなかった。

各事業所における管理者（取り決めがある場合は従業員）の津波避難開始時までの地震発生後経過時間の分布を図-6に示す。10分以内の回答が最も多く、10分までの合計で63%である。また、30分を超える回答はほとんどない。回答の中央値は10分以内である。

地震発生後の避難あるいは帰宅に関して、自動車使用の自粛を呼びかけについて整理する。自動車を利用しな

い取り決めがある事業所が9%あり、自粛するよう呼びかけている事業所は34%ある。残る57%の事業所では対応が取られておらず、事業所従業員が自動車利用による避難あるいは帰宅を行う可能性が残される。

各事業所における東日本大震災時の避難状況を図-7に示す。東日本大震災時には60%の事業所で避難が行われていない。東日本大震災時に避難した事業所では、そのうち自動車利用避難者がいなかった事業所は18%に過ぎず、大半の事業所では自動車利用により避難した従業員がいる。また、東日本大震災時に避難した事業所のうちほぼ半数の事業所では、従業員のほぼ全員が自動車利用により避難している。したがって、南海トラフ巨大地震の発生時にも、自動車利用による避難あるいは帰宅を行う従業員がいる事業者の割合は少なくないと考えられる。

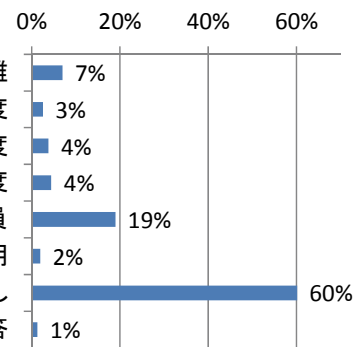


図-7 事業所従業員の東日本大震災時の避難状況

4. 津波避難行動モデルの構築

地域住民の津波避難行動に関わる要因を特定するために、住民避難意識調査データを用いて自動車避難行動モデルおよび避難開始までの経過時間モデルを構築する。

(1) 自動車避難行動モデル

南海トラフ巨大地震発生時の自動車利用避難の要因を把握するために、住民避難意識調査データを用いて、二項ロジットモデルの枠組みにより自動車利用予定を判定するモデルを構築する。

避難予定交通手段に回答のあった1454サンプルを対象とし、統計的に有意となった要因のみで構成したモデルパラメータ推定結果を表-2に示す。尤度比は0.59となり、モデルの適合度は概ね良好である。

この結果から、避難経路を認知している場合、原則徒歩を認知している場合には、自動車利用を控える傾向が示されている。したがって、避難場所までの徒歩による避難経路の周知および徒歩での避難原則の周知を図ることで、自動車利用による避難を抑制できる可能性が示された。また、年齢の増加により自動車利用意向が低くなることがわかる。一方、避難場所に関して、海岸より遠方へ避難、避難場所が未決、地区外への避難の場合について、自動車利用避難の傾向が高いことが検証された。したがって、居住地付近の避難場所の整備と誘導により、自動車利用による避難を抑制できる可能性がある。これは、避難所までの徒歩移動時間が統計的に有意となったことから確認できる。

(2) 避難開始までの経過時間モデル

地震発生から避難開始までの経過時間に関わる要因を把握することを目的として、経過時間分布を確率的に表

表-2 自動車避難行動モデルのパラメータ推定結果

要因	推定値	t値
定数項	-2.27	-6.32 **
避難経路認知	-0.82	-3.61 **
原則徒歩認知	-0.44	-2.26 *
年齢(10歳単位)	-0.15	-2.25 *
近隣要援護者同行	1.74	2.14 *
遠方避難	1.67	5.41 **
避難場所未決	1.43	5.42 **
地区外避難	1.31	2.65 **
東日本震災時自動車避難	1.26	5.01 **
呼びかけ後避難開始	0.59	2.87 **
徒歩移動時間(10分単位)	0.050	3.74 **

*:5%有意, **:1%有意

表-3 避難開始時間決定モデルのパラメータ推定結果

要因	推定値	t値
定数項	3.04	68.89 **
避難同行者(非近隣居住)	-0.42	-2.64 **
遠方避難	-0.26	-3.41 **
単身世帯	-0.15	-2.51 *
防災用品準備	-0.15	-4.34 **
通勤者	-0.13	-3.31 **
津波高認知	-0.10	-2.74 **
原則徒歩認知	-0.09	-2.63 **
自動車利用避難	0.22	3.87 **
形状パラメータ ρ	1.75	-27.57 **

*:5%有意, **:1%有意

現する経過時間モデルを構築する。このため、住民避難意識調査データを用いて、各種要因 x_k の影響(係数パラメータ β_k) も考慮できるパラメトリックな加速ハザードモデル⁹⁾の枠組を用いる。ここで、経過時間の確率分布としてワイブル分布を仮定すると、経過時間 s (分) の累積確率 $F(s|x)$ は、式(1)のように記述できる。

$$F(s|x) = 1 - \exp[-s^p \cdot \exp(\sum -p\beta_k x_k)] \quad (1)$$

避難開始までの経過時間について回答のあった 1209

サンプルを対象として構築された経過時間モデルのパラメータ推定結果を表-3に示す。統計的に有意でない要因は順次削除していくことにより、最終的に得られたモデルとなっている。モデルの全体では、最大対数尤度-4117であり、モデルの適合度について χ^2 値は86.9となり、 χ^2 検定により有意水準1%で実績値との乖離はないといえる。また、形状パラメータ、定数項ともに統計的に有意となっている。

この結果から、自動車利用避難予定の場合には、避難開始までの経過時間が長くなるのが統計的に示されている。一方で、近隣に居住していない避難同行者が存在する場合、海岸より遠方へ避難の場合、単身世帯の場合、通勤者の場合には、避難開始までの経過時間が短くなる傾向が検証された。さらに、防災グッズを準備している場合、津波高を認知している場合、原則徒歩を認知している場合には、避難開始までの経過時間が短くなる傾向が示されている。このように、津波避難に関する周知を進めることで、避難開始が早まる可能性が示された。

5. おわりに

本研究では、被害が想定されている地方都市の沿岸平野部を対象に、地域住民および事業所について津波避難に関する意向を整理するとともに、地域住民の津波避難行動に関わる要因を特定した。本研究の成果は、以下のように整理できる。

- [1] 対象地域における建物の耐震化状況については、29%の世帯および16%の事業所で、建物の耐震補強が必要と考えられる。地震発生時には、建物が直接被災するだけでなく、津波避難もできなくなるとともに、近隣住民の避難路の障害となるため、建物の耐震化を進める必要がある。
- [2] 地域住民について自動車利用での避難予定者は1割に満たない。ただし、対象地域においても東日本大震災時の避難者では、自動車利用の割合が高いことに留意する必要がある。また、自動車避難利用予定者に関しても、適切な周知により、相乗りあるいは二輪車利用への転換可能性があることがわかった。
- [3] 自動車避難行動モデルの推定結果から、徒歩避難経路の周知および避難原則の周知を図ることで、自動

車利用による避難を抑制できる可能性が示された。また居住地付近の避難場所の整備と誘導により、自動車利用による避難を抑制できる可能性も示された。

- [4] 避難開始までの経過時間モデルに、ワイブル分布による加速ハザードモデルの枠組を適用し、経過時間に影響する要因を特定した。この結果から、自動車利用避難予定の場合には、避難開始までの経過時間が長くなる傾向が検証された。一方、防災用品準備の呼びかけ、津波高の周知、原則徒歩の周知を進めることで、避難開始が早まる可能性が示された。
- [5] 対象地域では、半数程度の事業所において地震発生時における事業所従業員の対応行動に関する取り決め事項があり、自動車利用の禁止および自粛の呼びかけが行われている。一方、このような取り決めのない事業所に対して、取り組みを展開する余地も残されていることがわかった。

今後の課題としては、歩行者避難シミュレーションおよび自動車避難シミュレーションに、津波避難行動モデルを組み込んで、具体的な対策の効果を検証していくことが挙げられる。

謝辞：本研究での「津波避難に関するアンケート調査」は、徳島市危機管理課のご協力により実施したものです。ここに記し、感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) 総務省消防庁：津波対策推進マニュアル検討報告書，p. 42, 2002.
- 2) 中央防災会議：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告，2011.
- 3) 国土交通省四国地方整備局：災害に強いまちづくりガイドライン，2012.
- 4) 徳島県：津波浸水想定公表について，2012.
- 5) 福田崇紀，奥嶋政嗣：地方都市における津波避難計画策定のための自動車利用避難シミュレーションの適用，土木計画学研究・講演集，No. 48，5pages, 2013.
- 6) 森川高行，北村隆一：交通行動の分析とモデリング，技報堂出版，2002.

(2014. 8. 1受付)

ANALYSIS OF INTENTION FOR EVACUATION FROM CONCEIVABLE TUNAMI IN LOCAL COAST AREA

Masashi OKUSHIMA and Takanori FUKUDA