

## WG3 災害時の避難行動と情報通信技術に関する調査研究

研究テーマ	研究者名	ページ
津波避難時における自動車利用意向とその抑制策の検討	岡山大学大学院 氏原岳人 岡山大学大学院 阿部宏史 岡山大学大学院 佐々木麻衣	1
防災行政無線放送の方向指示情報が避難行動に及ぼす影響	岡山県立大学 (現職；茨城大学) 熊澤貴之	13
情報通信における防災・減災に関する調査研究	岡山県立大学 山北次郎 岡山県立大学 稲井寛 岡山大学大学院 横平徳美 NPO 地域 ICT 普及協議会 新免國夫	21

## 津波避難時における自動車利用意向とその抑制策の検討

岡山大学大学院環境生命科学研究科 氏原 岳人  
 岡山大学大学院環境生命科学研究科 阿部 宏史  
 岡山大学大学院環境生命科学研究科 佐々木 麻衣

### 1. はじめに

東日本大震災以降、地域住民による津波防災に関する知識の伝承の重要性がとりあげられた。しかし、岡山県はこれまで大きな津波に襲われた経験がなく、津波防災に関する知識の蓄積が全くない。また、南海トラフ巨大地震を想定した場合、津波到着まで3時間ほどかかると言われているが、この津波襲来までの長い時間が地域住民に誤解や過信を生んでいる。さらに、岡山市の沿岸部は広大な干拓地から構成されており、津波避難に時間を要することも課題となる。

内閣府中央防災会議では、東日本大震災で助かった人の過半数が自動車を利用していたことなどをふまえ、2011年9月に津波避難方法を「原則自動車禁止」から「原則徒歩」と変更し、原則徒歩だが、やむを得ない場合には例外的に自動車避難を認めるとした<sup>1)</sup>。これを機に、各自治体では津波避難計画の見直しや新たな策定が積極的に行われている。しかし、津波避難計画等での自動車避難に関する記述は、本研究の分析対象地域である岡山市をはじめ、多くの地方自治体で抽象的な表現に留まっている。一方、自動車避難について、具体的な対応を講じている自治体は青森県三沢市<sup>2)</sup>が挙げられるが数少ない。また、研究レベルにおいても、津波避難行動に関する調査・研究<sup>3) 4) 5)</sup>の中で、自動車避難に対する課題などが得られているもの、その研究蓄積は不十分と言える。

本研究では、まず、1)津波避難は、「徒歩避難で浸水想定区域外へ」とされていることから、岡山市沿岸部の居住者を対象とした徒歩避難シミュレーションを実施することで、徒歩避難の検討課題を浮き彫りにする。さらに、その分析結果を受けて、2)今後の巨大地震を想定した津波避難行動のアンケート調査を岡山市沿岸部の住民を対象に実施し、避難行動の中でも特に自動車避難に着目し、自動車利用意向とその抑制策について検討する。

### 2. 分析対象地域及び分析の構成

#### 2.1 分析対象地域

本研究では、分析対象地域を図-1に示す岡山県岡山市とする。岡山市は、瀬戸内海に面しており、気候や地形から自然災害の少ない地域である。また、過去に津波被災経験がない一方で、南海トラフ巨大地震が発生した場合には、沿岸部に津波が来襲すると予想されている。また、岡山市沿岸部は平坦な土地が広がっており、高台や高い建物がない地域が存在しない地域も多く、広域に渡る避難が想定され、避難時の過剰な自動車利用が懸念される。また、図-1に岡山市津波防災マニュアルに掲載されている津波避難所を示しているが<sup>6)</sup>、浸水予想区域内は避難所が少ないことが分かる。

岡山市の津波防災マニュアルには、自動車避難に関して「『車で避難』は検討課題」と記述されており、自動車での避難に関する具体的な政策は未だ講じられていない<sup>6)</sup>。また岡山市沿岸部では、津波高が最大約2.6m、津波到達時間が約3時間と予想されているが<sup>7)</sup>、比較的津波到達時間が遅く、過剰な自動車避難を事前に抑制することができれば、計画的避難が十分可能な地域といえる。

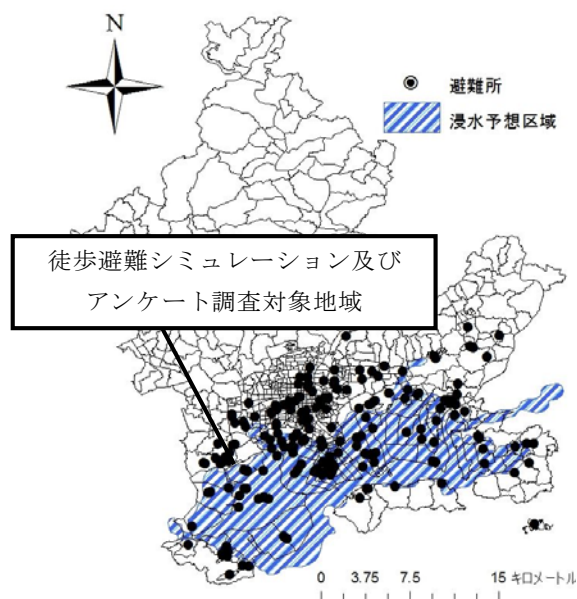


図-1 分析対象地域（岡山市沿岸部）

## 2.2 分析の構成

第3章では、岡山市沿岸部を対象とした徒歩避難シミュレーションを実施する。この分析から、国や地方自治体によって、「原則徒歩」で浸水想定区域外へ避難する場合の現実性について検証する。つまり、実際に浸水想定区域外へ徒歩避難する場合には、どの程度の時間がかかるのか、そのような地域はどこかを具体的に抽出する。その分析結果を受けて、実施された津波避難に対するアンケート調査の概要を第4章では説明する。5章では、津波からの自動車避難を想定した居住者の利用特性を明らかにするとともに、6章では、自動車利用意向の動機を明らかにする。第7章では、過剰な自動車利用に対する効果的な抑制策について検討し、第8章では、これら分析結果に基づいて、岡山市沿岸部における津波避難時の課題を述べる。

## 3. 岡山市沿岸部を対象とした徒歩避難シミュレーション

### 3.1 シミュレーションの概要

本章では、災害時の避難手段の原則である「徒歩」の避難に着目し、南海トラフ巨大地震を想定した徒歩避難ネットワーク解析を行うことで、岡山市沿岸部の徒歩避難における課題を明らかにする。対象地域は、岡山県が公表した「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域」に基づいて作成した津波ハザードマップの浸水区域とする<sup>7)</sup>。岡山市沿岸部は、地震による液状化の影響が懸念されており、かつ平野部が広大であることから避難距離が長くなる可能性が高い。対象建物は、対象地域内の学校、商業施設、病院等の施設と一般住宅を合わせた全建物としており、85,671棟の建

物を対象に分析を行った。

具体的には、①南海トラフ巨大地震時の浸水想定区域、②岡山市沿岸部の浸水想定区域内の全建物データ（ゼンリン住宅地図）③道路ネットワークデータ（拡張版全国デジタル道路地図データベース）を用いて、地理情報システム（GIS）上にデータベースを構築した。また、内閣府<sup>8)</sup>や和歌山県<sup>9)</sup>のガイドライン等を参考にして、高齢者以外の徒歩避難速度を3.6km/h（1.0m/s）、高齢者を1.8km/h（0.5m/s）とした。さらに、地震による建物の倒壊や液状化、疲労などの影響に配慮するため、高齢者以外と高齢者それぞれの場合について、徒歩速度が20%低下するシナリオも設定した。これら設定条件に基づいて、「浸水想定区域外まで逃げるのにどれくらいかかるか、またどの程度の移動距離が必要になるのか」を、8万棟を超える建物を対象とした徒歩避難シミュレーションにより明らかにする。

### 3.2 分析結果

図-2に対象建物ベースの避難移動距離を示す。その結果、浸水想定区域外に逃げる場合、3km以上の避難が必要になる住民が9%（7,710棟）存在するが分かった。これは、岡山市南部は平野部が広く、高台が少ないことが起因している。また、仮に津波来襲までを3時間と仮定し、「3時間で逃げ切れない可能性の高い建物数」を「浸水区域内建物数」で除した数値を「危険建物率」として、避難開始のタイミングと危険建物率の関係性を図-3に示した。それによると、高齢者とそれ以外の住民とでは、避難開始のタイミングによって危険率が大きく異なること、さらに避難開始が揺れて1時間後の場合、高齢者の徒歩速度が20%低下す

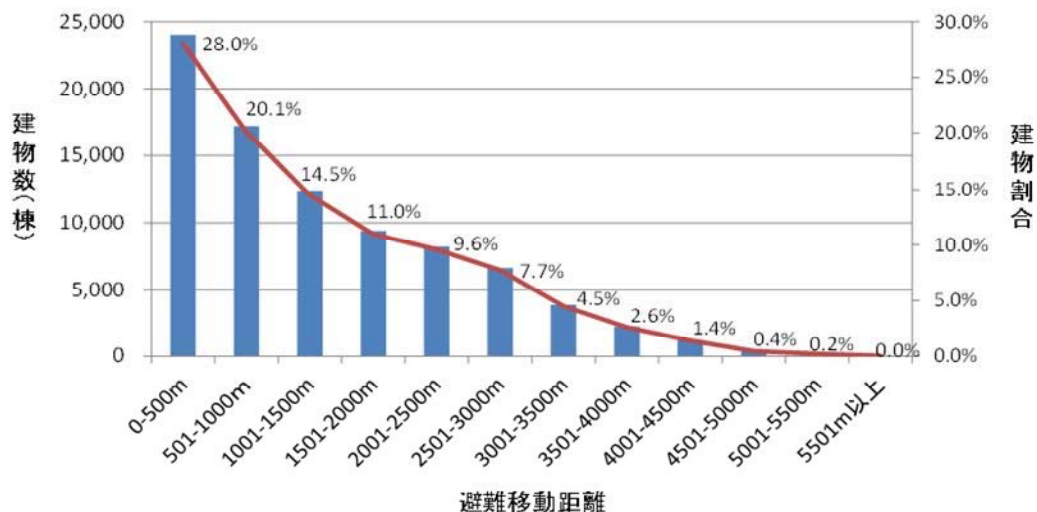


図-2 各建物からの避難移動距離

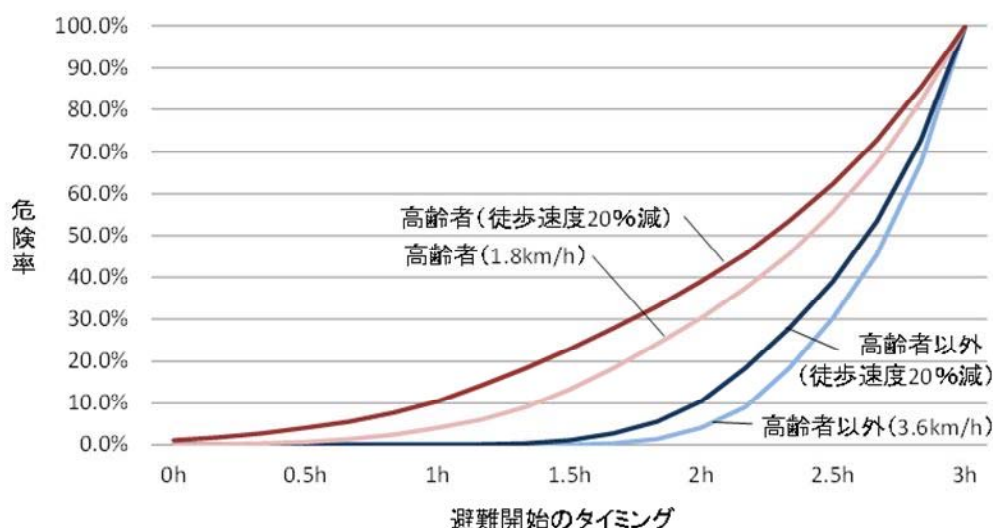


図-3 避難開始のタイミングと危険建物率

ると、危険建物率が2倍近く上昇することが明らかになった。つまり、液状化や建物倒壊の程度によって被害がより甚大になる可能性が示された。図-4には、高齢者以外を対象とした地域別の避難所要時間（徒歩速度時速3.6km）を示す。南区及び東区の沿岸部で浸水想定区域までの避難に1時間以上を要する地域が存在する。図-5には、高齢者を対象とした地域別の避難所要時間（徒歩速度時速1.8km）を示す。津波来襲が3時間後の場合には、揺れてすぐ逃げたとしても、逃げ切れない可能性のある建物が岡山市藤田周辺に存在することがわかる。また、それぞれの速度が20%低下した場合の結果を図-6、7に示す。高齢者以外の場合でも、南区の比較的人口が集中した地域において避難に1時間以上を要する地域が広範に存在している。また、高齢者の場合では、3時間以上を要する地域が南区の幅広い地域に渡っている。岡山市南区は岡山県内でも液状化のしやすい地域とされ、実際に巨大地震が発生した場合には、円滑な避難が容易でないことが想定される。

以上より、岡山市沿岸部では「原則徒歩」で「浸水想定区域外」に避難する場合には、長距離を移動する必要性のある居住者が多く存在しており、液状化や建物倒壊の程度によってはその規模が倍増する可能性も明らかとなった。

#### 4. 岡山市沿岸部を対象とした津波避難アンケート調査の概要

第3章の結果を受けて実施した、津波避難アンケート調査の概要を表-1に示す。2013年12月12日と14日の2日間で岡山市の浸水想定区域<sup>6)</sup>（図-1）を対象に、建物密度や居住形態（一戸建て・

集合住宅）、居住階数に配慮して、5,000部を配布し、1,694部を郵送回収した。アンケート抽出率は、アンケート調査対象地域の人口ベースで約1%、世帯ベースで約2%となっている。なお、アンケートでは、表-1に示す通り、南海トラフ巨大地震を想定した津波避難行動について尋ねており、各家庭で災害時の避難経路や避難場所を決定するのは世帯主となる場合が多いと考えられるため、回答者を世帯主とした。

アンケート調査項目は合計15問で構成されており、個人・世帯属性や日常の交通行動、津波避難時の自動車利用、巨大地震を想定した津波避難行動について尋ねている。また、津波避難行動に関しては、内閣府の想定<sup>10)</sup>を参考にして以下の仮定を提示し、その状況下での避難行動を尋ねている。

<仮定>南海トラフ沿いで巨大地震が発生し、岡山県沿岸部では震度6強の揺れが観測されました。地震発生から数分後に、あなたの居住する地域にも津波警報が発令され、高さ3mの津波が約3時間後に到達すると発表されました。また、市町村からの避難指示も出ています。なお、このとき、あなたは自宅にいて、同居している家族全員と一緒にいる状況です。





図-4 高齢者以外を対象とした避難所要時間  
 (徒歩速度時速 3.6 km)

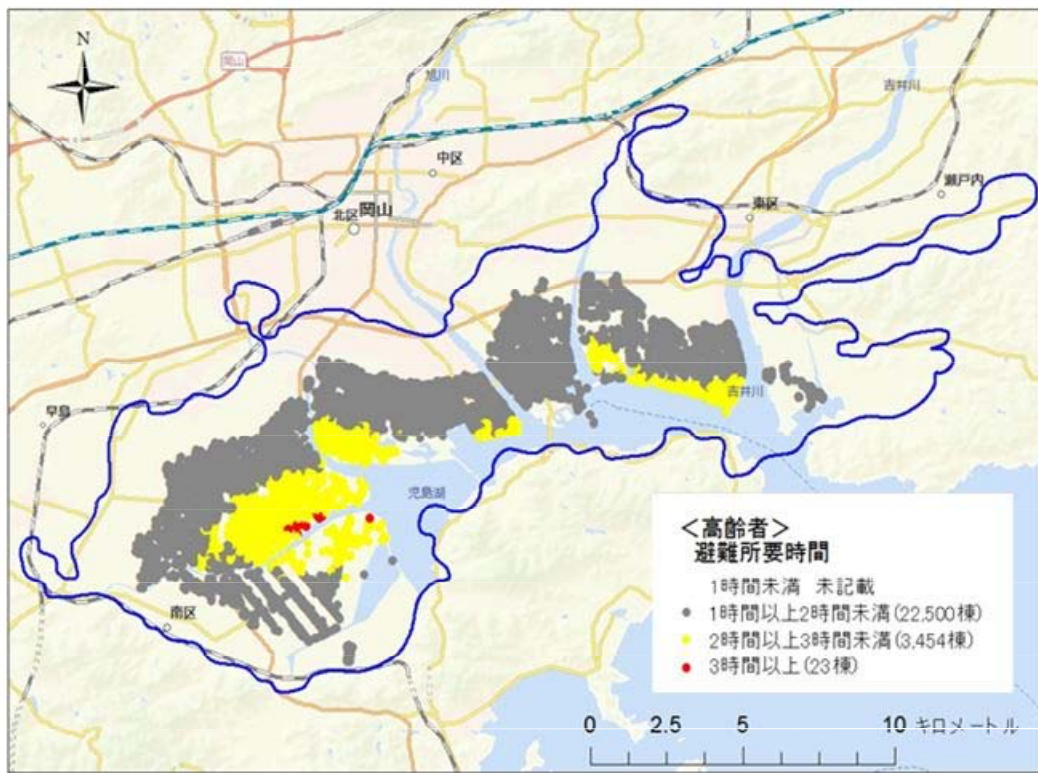


図-5 高齢者を対象とした避難所要時間  
 (徒歩速度時速 1.8 km)



図-6 高齢者以外を対象とした避難所要時間  
 (徒歩速度時速 3.6 kmから 20%減のケース)

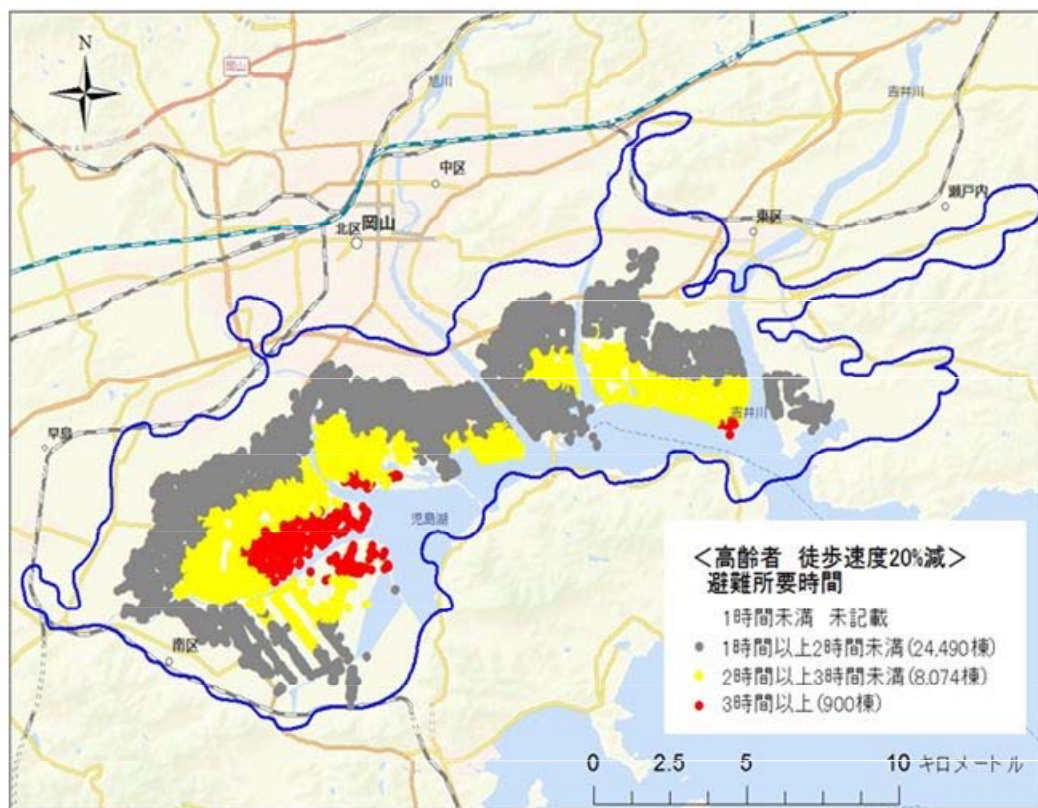


図-7 高齢者を対象とした避難所要時間  
 (徒歩速度時速 1.8 kmから 20%減のケース)



表-1 アンケート調査の概要

調査方法	直接配布、手送回収
調査対象地域	岡山県岡山市東区、津波避難施設
調査対象者	世帯主
調査期間	2014年10月(土) 11日/11日(日) 12日
配布部数	5,000部
回収部数	1,804部(回収率36.08%)
調査項目	津波避難時の自動車利用意向、日常生活での自動車利用頻度
調査結果	調査結果の概要について

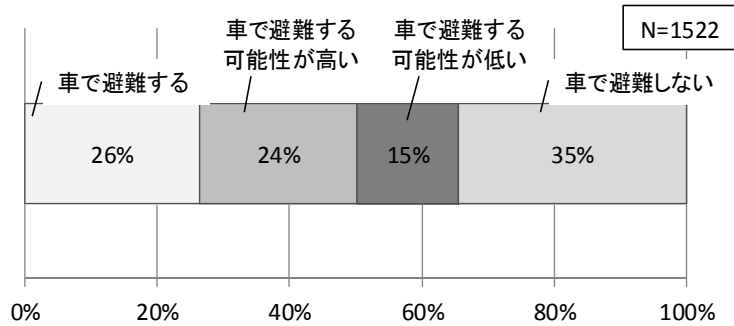
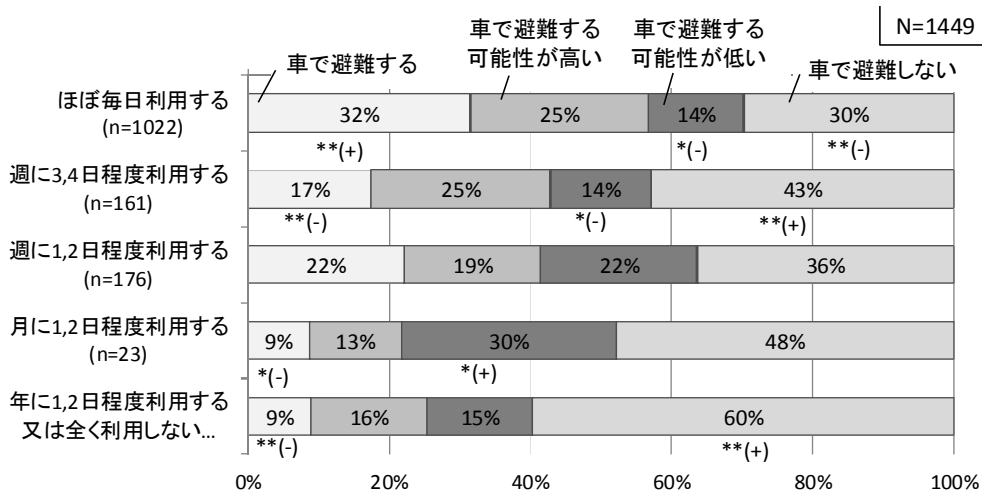


図-8 避難時の自動車利用の可能性



(p値:0.0000) 独立性の検定1%有意  
 <残差分析> \*\*1%有意 \*5%有意 (+)割合が高い (-)割合が低い

図-9 避難時の自動車利用の可能性と日常の自動車利用頻度

### 5. 津波避難時の自動車利用意向の実態

本研究で実施したアンケート調査では、巨大地震を想定した津波避難時の自動車利用意向について尋ねている。本章では、アンケート調査の基礎集計結果から、津波避難時の自動車利用意向の実態及び、自動車での避難を想定する住民の特徴を把握する。

まず、津波避難時の自動車利用の可能性を図-8に示す。「車で避難する」、「車で避難する可能性が高い」を合わせると50%となり、約半数の住民が自動車での避難を想定していることが明らかとな

った。次に、避難時の自動車利用の可能性と日常の自動車利用頻度の関係を図-9に示す。日常の自動車利用頻度に関して、「ほぼ毎日利用する」と回答した人の32%が「車で避難する」としており、日常の自動車利用頻度が高いほど、避難時に自動車を利用する可能性が高い傾向にあることが統計的に明らかとなった。

また、クロス集計及び統計的検定(独立性の検定、残差分析)により、自動車避難を想定する住民の特徴として、以下の傾向が明らかとなった。なお、紙数の都合により分析結果の図示は省略する。

表-2 自動車利用意向動機タイプの類型化

クラスター		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨		
n		69	55	46	137	138	86	120	67	54		
自動車利用意向動機項目	個人に関する理由	1. 徒歩で安全な場所まで避難できる体力がないから	0.96	0.95	1.98	1.75	0.70	1.37	1.44	0.60	0.44	
		2. 同居していないが一緒に避難したい人がいるから	0.90	0.56	1.13	1.32	1.30	0.52	1.32	0.46	0.39	
		3. ペットと一緒に避難したいから	2.45	0.33	2.57	0.36	0.07	0.12	0.69	1.16	0.43	
	世帯に関する理由	4. 同居している人に自力での避難が困難な人がいるから	0.23	2.51	2.37	2.52	0.17	0.48	0.10	0.15	0.50	
		5. 同居している人全員で避難したいから	2.58	2.24	2.63	2.82	2.09	1.81	2.39	0.75	0.72	
		6. 徒歩で移動できる距離に避難所がないから	1.10	0.78	2.28	1.62	0.71	2.08	1.75	0.78	0.57	
	立地に関する理由	7. 傾斜のある道が多いから	0.49	0.42	0.48	0.59	0.40	0.16	0.65	0.30	0.15	
		車に関する理由	8. 車も財産で守りたいから	1.59	0.56	1.07	1.65	1.16	0.40	2.31	0.99	0.22
			9. 荷物を運べるから	2.72	1.89	2.00	2.50	2.33	1.09	2.81	2.04	0.35
	10. 避難しながらラジオ等で情報を得られるから		2.72	1.62	2.09	2.46	2.22	1.57	2.83	1.84	0.30	
	その他の理由	11. 携帯電話等の充電ができるから	2.00	0.82	1.61	2.03	1.22	0.44	2.33	1.51	0.07	
		12. 寒さや暑さをしのげるから	2.64	1.78	2.30	2.62	2.04	1.59	2.93	2.27	0.44	
		13. 避難後にプライバシーを守るため車中泊したいから	2.00	1.18	1.91	2.16	1.31	1.23	2.63	1.99	0.09	
		14. 避難後の移動手段として便利だから	2.67	1.65	2.57	2.59	2.46	1.95	2.88	2.09	0.44	
		15. 車での避難が一番早く安全で手取り早いから	2.30	1.20	2.41	2.37	2.02	1.84	2.62	0.76	0.41	
		16. 歩くのが面倒だから	0.88	0.31	0.96	1.47	0.85	0.87	1.45	0.28	0.07	
		17. 日常の移動には車を使っているから	2.00	1.04	2.46	2.45	1.91	1.98	2.69	0.69	0.09	
		18. なんとなく	0.46	0.33	0.37	1.09	0.84	0.55	1.28	0.30	0.00	
自動車利用意向		1.41	0.96	1.52	1.43	1.07	1.12	1.53	0.69	0.56		
タイプ		家族志向・徒歩避難可能タイプ	要援護者タイプ	家族志向・必要利用・車依存タイプ	家族志向・要援護者・車依存タイプ	快適避難志向・徒歩避難可能タイプ	避難所到達困難タイプ	強車依存タイプ	単独避難・徒歩避難可能タイプ	無反応タイプ		

動機項目の得点の平均値:最大3.00 最小0.00(当てはまる…3点、少し当てはまる…2点、あまり当てはまらない…1点、当てはまらない…0点)

自動車利用意向:最大2.00 最小0.00(車で避難する…2点、車で避難する可能性が高い…1点、車で避難する可能性が低い…0点) ※車で避難しない:対象外

20以上

1.5以上2.0未満

- 「車で避難する」と回答した人が、世帯人数が1人では18%であるのに対し、5人になると35%に増加し、世帯人数が多いほど、避難時に自動車を利用する可能性が高くなる傾向にある。
- 「世帯に要援護者がいる」と回答した人の30%が「車で避難する」と回答しており、世帯に要援護者がいると自動車避難を想定する傾向にある。
- 世帯における幼児(6歳未満)の人数が0あるいは1人では、「車で避難する」とした人が少ない(0人:24%、1人:26%)一方で、2人以上になるとその割合が多くなる(2人:52%、3人:50%)。世帯における幼児の人数が、複数かどうかにより、自動車利用意向が異なる。

## 6. 自動車利用意向動機特性

### 6.1 自動車利用意向動機タイプの類型化

本分析では、巨大地震が発生した場合の津波避難を想定した際の自動車利用の可能性について、「車で避難する」、「車で避難する可能性が高い」、「車で避難する可能性が低い」と回答し、かつ、表-2に示す自動車利用意向動機項目18個全てに回答した772サンプルを対象とする。自動車利用意向動機の各項目について、「当てはまる」を3点、「少し当てはまる」を2点、「あまり当てはまらない」を1点、「当てはまらない」を0点のように得点化した結果をもとに、クラスター分析のward法を用いて類型化を行った<sup>(1)</sup>。また、クラス

ター分析の距離計算には平方ユークリッド法を用いている。

各クラスターの1~18の動機項目の得点の平均値を算出した結果を表-2に示す。平均値の最大値が3.00、最小値は0.00であり、数値が大きいくほどその動機項目に当てはまることを表している。この結果を基に、①~⑨の各クラスターの特徴を相対的に評価し、以下のようにネーミングする。

#### クラスター①: 家族志向・徒歩避難可能タイプ

同居している人やペットと一緒に逃げたい、自動車の便利さを活用したいという意識が高い。また、動機項目1、4、6、7の平均値の低さから、距離や体力等の問題で自動車を利用するわけではないと考えられる。

#### クラスター②: 要援護者タイプ

同居している人と逃げたいという意識が高く、同居している人に自力での避難が困難な人がいるという特徴が見られる。

#### クラスター③: 家族志向・必要利用・車依存タイプ

距離や体力等の問題で自動車を利用しなければならないという動機が強く効いており、同居している人皆で逃げたいという意識も高い。また、日常からよく自動車を使う傾向にある。

#### クラスター④: 家族志向・要援護者・車依存タイプ

クラスター③との主な違いは、徒歩で移動できる距離に避難所がないわけではないということである。加えて、同居している人に自力での避難が困難な人がいるという動機が各クラスター間で最も強く効いている。



クラスター⑤：快適避難志向・徒歩避難可能タイプ

距離や体力等の問題で、自動車を利用するわけではなく、自動車依存傾向もあまり大きくはない。しかし、自動車の便利さを活用したいという意識は高い。

クラスター⑥：避難所到達困難タイプ

全体を通して、数値の高い項目が少ないが、徒歩で移動できる距離に避難所がないという項目が相対的に高くなっている。

クラスター⑦：強車依存タイプ

自動車の便利さを活用したい、自動車を守りたいという意識が高く、日常の移動に自動車を使う傾向が、他のタイプと比較しても顕著に高い。

クラスター⑧：単独避難・徒歩避難可能タイプ

他のタイプと比較して、大きな特徴があまり得られない。しかし、平均値が特に低い項目に着目

してみると、誰かと一緒に避難したいわけではなく、さらに、距離や体力等の問題で自動車を利用するわけでもない。

クラスター⑨：無反応タイプ

どの項目に対しても平均値が低く、主な特徴が得られない。また、なんとなく自動車を利用しているというわけでもない。

6.2 自動車利用意向動機タイプ特性

前節で類型化した各タイプに対して、表-3に示す個人・世帯属性別の指標とクロス集計、独立性の検定、残差分析を行うことで、各タイプの特性を把握する。なお、残差分析は独立性の検定で有意となった指標のみに行った。表-3には独立性の検定結果を示しており、検討指標のうち、年齢や職業、世帯における高齢者の有無、幼児の有無、世帯構成、居住年数の指標で有意な結果が得られた。それら指標を特性指標として採用し、さらなる詳細な分析（残差分析）を実施した結果を表-4に示す。

自動車利用意向動機タイプ別にその特性を見ていくと、「①家族志向・徒歩避難可能タイプ」では、世帯主に後期高齢者は少ないという傾向が見られたものの、あまり特徴はない。「②要援護者タイプ」は、核家族で、世帯主が30代以下と若く、さらに世帯に幼児がおり、居住年数が5年未満という傾向が見られた。よって、このタイプでの要援護者は、核家族の6歳未満の幼児を指す。「③家族志向・必要利用・車依存タイプ」は、三世帯同居世帯である傾向にあった。また、世帯に高齢者がいる傾向が見られた。世帯人数の多さや高齢者の存在が、自動車を使って家族全員で避難したいと

表-3 自動車利用意向動機特性分析の検討指標

指標	分類	カイ二乗値	P値	採用
性別	男、女	3.39	0.91	不可
年齢	30代以下、40代、50代、60～64歳、65～74歳、75歳以上	100.57	0.00	可
職業	職業従事者、無職	16.17	0.04	可
高齢者の有無	いる、いない	43.15	0.00	可
幼児の有無	いる、いない	122.75	0.00	可
世帯構成	三世帯同居、核家族、夫婦のみ、単身世帯	87.10	0.00	可
居住形態	一戸建て、集合住宅	5.42	0.71	不可
居住年数	5年以内、6-10年、11-20年、21-30年、31-40年、41-50年、50年より長い	73.97	0.01	可

表-4 自動車利用意向動機タイプ特性

		年齢**	職業*	高齢者有無**	幼児の有無**	世帯構成**	居住年数**
①家族志向・徒歩避難可能タイプ (n=69)	有意	高低					
		75歳以上					
②要援護者タイプ (n=55)	有意	高低			いる	核家族	5年以内
		30代以下			いない	夫婦のみ	
③家族志向・必要利用・車依存タイプ (n=46)	有意	高低		いる		三世帯同居	
		50代		いない			
④家族志向・要援護者・車依存タイプ (n=137)	有意	高低	職業従事者	いる	いる	三世帯同居 核家族	5年以内
		30代以下	無職	いない	いない	夫婦のみ、単身世帯	11-20年、31-40年
⑤快適避難志向・徒歩避難可能タイプ (n=138)	有意	高低					
		50代					50年より長い
⑥避難所到達困難タイプ (n=86)	有意	高低	無職	いる	いない	夫婦のみ	41-50年
		75歳以上	職業従事者	いない	いる	核家族	5年以内
⑦強車依存タイプ (n=120)	有意	高低		いる	いる	三世帯同居	
		31-40年		いない	いない		
⑧単独避難・徒歩避難可能タイプ (n=67)	有意	高低		いる	いる	三世帯同居	
		50年より長い		いない	いない	単身世帯	
⑨無反応タイプ (n=54)	有意	高低					
		31-40年		いる	いる		

<独立性の検定> \*\*:1%有意 \* :5%有意 <残差分析> :1%有意 \* :5%有意

いう動機に繋がっていると考えられる。「④家族志向・要援護者・車依存タイプ」では、世帯主の年齢が30代と若く、職業従事者である傾向が強い。世帯構成は三世同居や核家族で、「③家族志向・必要利用・車依存タイプ」と同様に、世帯人数が比較的多いことが、家族全員でまとまって自動車を利用して避難したいという動機に繋がっていると推察される。また、家族内に高齢者や幼児がいる。「⑤快適避難志向・徒歩避難可能タイプ」では、統計的に明確な傾向があまりみられなかった。つまり、「本当は徒歩で避難できるが、快適に避難したいから自動車を利用する」と考える人（本来自動車を利用すべきではない人）が、どのような層においても偏りなく存在することがわかった。なお、世帯主は50代が少なく、居住年数が50年より長い人は少ないという傾向は見られた。「⑥避難所到達困難タイプ」は、世帯主が後期高齢者で、無職である傾向が強い。また、夫婦のみ世帯であり、居住年数が長い傾向にもある。その地域に古くから居住する高齢夫婦世帯であると考えられ、体力的には問題はなく(3)、徒歩移動はできるが近くに避難所がなく自動車をやむをえず利用する層である。「⑦強車依存タイプ」では、世帯に高齢者も幼児もおらず、三世同居の世帯は少ないという傾向にあることから、比較的世帯人数が少ない可能性が高い。また、居住年数は30~40年が多く、長い傾向にある。「⑧単独避難・徒歩避難可能タイプ」は、単身世帯であるという傾向が、統計的にも明確に示された。「⑨無反応タイプ」は、統計的に明確な傾向があまりみられなかったためサンプルにばらつきがあると考えられるが、世帯に幼児はいないという傾向は見られた。

## 7. 各種政策の抑制可能性

本章では、前章で設定した自動車利用意向動機タイプを用いて、津波避難時の自動車利用抑制政策への反応に関する集計分析を行う。このことから、自動車利用意向動機タイプの違いが政策効果に及ぼす影響を評価する。なお、本研究は、津波避難時の過剰な自動車利用の抑制を念頭に置く一方で、身体的あるいは地理的な要因によっては、必要に応じて自動車利用も検討すべきという考えに基づいている。具体的な自動車利用の方策については、地域レベルや個人レベルでの細かな検討が求められると考えており、本研究は、そのための第1段階としての位置づけにある。

まず、表-5に示す7個の自動車利用抑制政策の各項目に対して、「徒歩避難する」を3点、「徒歩

避難する可能性が高い」を2点、「徒歩避難する可能性が低い」を1点、「徒歩避難しない」を0点のように得点化し、各自動車利用意向動機タイプの得点の平均値を政策受容度として算出した。全自動車利用意向動機タイプの政策受容度の平均値を、政策ごとに表-6に示す。また、クラスター間及びクラスター内での相対的な効果を把握するため、それぞれの受容度が同政策の全タイプ平均からどれだけ離れているか(タイプ間相対効果)と、同タイプの全政策平均からどれだけ離れているか(タイプ内相対効果)も合わせて算出している。以上の分析の主要な結果を政策毎に、図-10~図-12に示す。そのほかの政策受容度の図については、紙数の制約上、省略する。左軸が政策受容度を示し、数値が3.00に近いほど、政策によって自動車避難から徒歩避難へ転換する可能性が高いことを表し、棒グラフで表現している。右軸は相対効果を表わしており、0%が平均である、相対効果が正の方向に大きいほど、相対的に徒歩避難に転換する割合が高いことを意味しており、タイプ間相対効果を実線、タイプ内相対効果を点線の折れ線グラフで表わしている。主要な分析結果について、以下に述べる。なお、各種政策はそれぞれ独立したものとして徒歩避難の可能性を尋ねているため、本分析における政策効果は、複合的な効果を表したのではない点に留意する必要がある。

- ・ タイプ間で比較した場合、どの政策でも相対的に高い効果が得られたタイプは、自動車利用意向動機タイプ⑤⑧⑨であった。このことから、もともと徒歩避難可能であったりや規模の小さい世帯では、徒歩避難への高い転換可能性を有している。
- ・ その一方で、自動車利用意向動機タイプ①③④に関しては、どの政策においても政策受容度が低い。つまり、自動車を利用して家族全員で避難したいという動機が強い場合には、徒歩避難に転換しにくい傾向にある。
- ・ 図-10は津波避難タワー設置の政策効果を示しており、自動車利用意向動機タイプ②⑥では、タイプ間、タイプ内のいずれにおいても相対的に高い効果が得られた。これらタイプは、“自動車をやむをえず”利用する世帯であり、避難タワーの設置というハード面の整備によって徒歩避難への転換可能性が示された。一方、先に述べたように、“自動車をやむをえず”利用している世帯の中でも、世帯人数が比較的多く、家族でまとまって避難したい世帯(タイプ③④)では、タイプ間

表-5 政策項目

政策項目	政策項目の質問内容
政策Ⅰ：津波避難タワーの設置	自宅の近所に津波避難タワーが設けられるとしたら、津波避難時にあなたは徒歩で避難しますか。
政策Ⅱ：徒歩避難の呼びかけ	津波避難時、近所の人や町内会役員の人、または防災行政無線等により徒歩で避難するよう呼びかけられた場合、あなたは徒歩で避難しますか。
政策Ⅲ：「原則徒歩」の周知	東日本大震災を踏まえ、内閣府では2011年9月に津波避難方法を「原則徒歩」とし、やむを得ない場合を除いて徒歩での避難を呼び掛けています。そのことを事前を知っているとしたら、あなたは津波避難時に徒歩で避難しますか。
政策Ⅳ：自動車の限定利用	行政が津波避難時に、車での避難が認められる人（高齢者、障害者、妊婦などの要援護者）やエリア（沿岸部など）を指定し、それ以外の人には徒歩で避難するよう指示されるとしたら、あなたは津波避難時に徒歩で避難しますか。
政策Ⅴ：要援護者支援体制の強化	地区ごとに防災組織を立ち上げ、災害時に援護が必要な人の名簿の作成や安否確認できるネットワークづくり、搬送体制づくり等を行い、自力での避難が困難な人も含め、近所の人達で助け合い避難できるとしたら、あなたは津波避難時に徒歩で避難しますか。
政策Ⅵ：地域での徒歩避難訓練	地区ごとの防災活動で、安全な場所までの徒歩による避難訓練を定期的に行うことで、徒歩での避難経路を確認し、徒歩での避難が地域で定着するとしたら、あなたは津波避難時に徒歩で避難しますか。
政策Ⅶ：危険性の周知	津波避難時の車の利用は、道路の破損や液化化、ガレキ、信号や踏切の機能停止などによりかえって危険にさらされる恐れがあり、また緊急車両の妨げや徒歩避難者などの安全性も脅かします。岡山市では最大で震度6強の地震によりこれらが起こることが予想されます。実際に東日本大震災では、渋滞や立ち往生した多くの車が津波に襲われ、被害が拡大しました。この事実を踏まえて、あなたは津波避難時に徒歩で避難しますか。

表-6 政策項目

政策受容度 平均値	政策Ⅰ	政策Ⅱ	政策Ⅲ	政策Ⅳ	政策Ⅴ	政策Ⅵ	政策Ⅶ
	2.28	2.27	2.09	2.17	2.25	2.33	2.21

で見た場合の政策効果は低いことが示された。ただし、タイプ内での政策間の相対効果を見ると、タイプ③では高い効果が見込まれることも示された。

- 図-11 は、要援護者支援体制の強化の効果を表している。要援護者や体力的な問題を抱えた者を含む自動車利用意向動機タイプ②③④に着目すると、タイプ内相対効果では、いずれのタイプにおいても高い効果が示された。一方で、タイプ間相対効果を見ると、要援護者が幼児を指す（場合が多い）タイプ②では相対的な効果が高いが、高齢者を指すタイプ③④では相対的な効果は低い。つまり、要援護者支援体制の強化による効果は、要援護者のタイプによって異なり、高齢者の場合には、要援護者支援体制を確立させたとしても、全体として見た場合、徒歩避難への高い転換効果が期待できるとは限らない。
- 図-12 に示す政策Ⅵは、徒歩での避難訓練の実施によって徒歩避難を促す政策であるが、表-6 より、受容度の平均値が7つの政策の中で最も高い。また、タイプ内での相対的な政策効果を見ても、ほぼ全てのタイプで高い効果が示され、安定した効果が見込まれる。

## 8. おわりに（結論）

本研究の分析結果に基づいて、岡山市沿岸部における津波避難の課題を整理する。

- 国の指針によって「原則徒歩」とされている

一方で、岡山市沿岸部においては平野部が広く、浸水想定区域外に避難する場合には3.0km以上の避難が必要となる建物が約9%にのぼっている。また、高齢者の場合には、3時間以上の避難が必要になるケースもある。このため、1) 巨大地震発生時には、速やかな避難が大前提になるとともに、2) 浸水想定区域内における津波避難ビルの選定を急ぐ必要がある。さらには、3) 徒歩での避難が非現実的な地域も存在しており、これら地域においては、自動車での避難の可能性も検討すべきである。

その一方で、巨大地震発生時には約5割の居住者が自動車での避難を想定しており、過剰な自動車利用が交通渋滞を引き起こす可能性も懸念される。また、自動車避難を選択する居住者は、日頃から自動車を習慣的に利用している層であり、自動車依存型の地域であるほど、自動車での避難の割合が高くなることが示唆される。無秩序な自動車利用ではなく、どうしても自動車利用を検討せねばならない地域では、地域単位での明確なルールづくりが必要となる。

過剰な自動車利用を抑制させるための政策に対しては、単身世帯や小家族は徒歩への転換可能性が高いが、ファミリー層や三世帯家族などは自動車を利用して家族全員でまとまって避難したいという強い意向を持つ傾向にあり、それらの効果は低い。



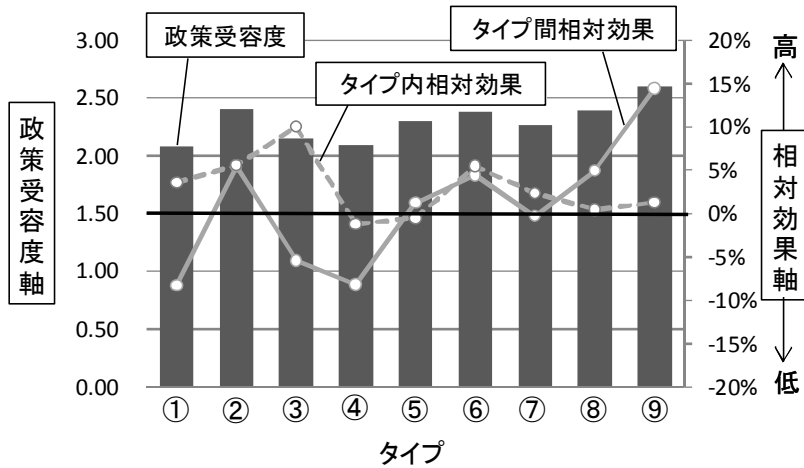


図-10 自動車利用意向動機タイプ別政策受容度（政策Ⅰ）

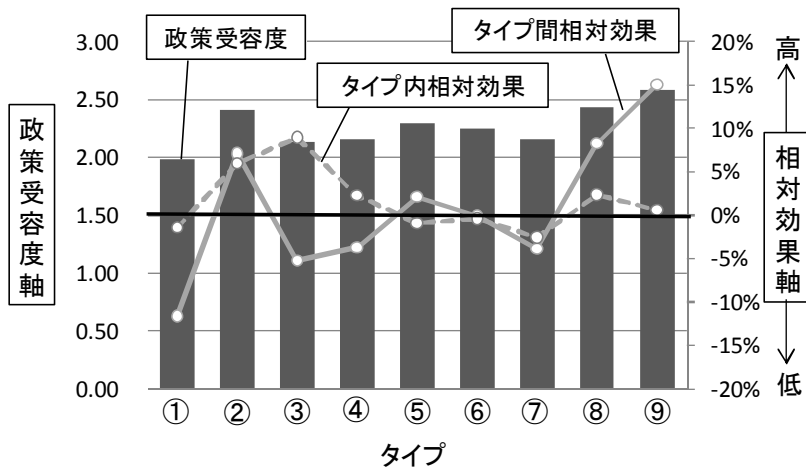


図-11 自動車利用意向動機タイプ別政策受容度（政策Ⅴ）

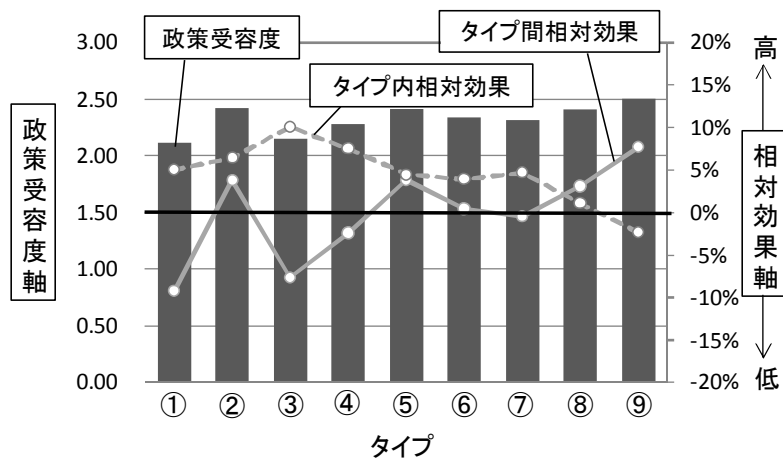


図-12 自動車利用意向動機タイプ別政策受容度（政策Ⅵ）

要援護者支援体制の強化による抑制効果は、要援護者のタイプにより異なる。要援護者が幼児の場合には徒歩への転換可能性は高いが、単独では移動困難な高齢者の場合には、地域住民が一体となって要援護者支援体制を整えたとしても、その可能性は高いとは

限らない。

以上のように、徒歩避難への転換可能性は、“世帯人数”や“要援護者”の状況によって異なるものの、東日本大震災以降、全国各地で積極的に実施されている徒歩での避難訓練は、どのタイプにおいても、偏りなくある

一定の転換効果が見込まれることも明らかとなった。

### 補注

(1) クラスター分析による類型化の前段階として、主成分分析を試みたが、固有値が1以上の主成分の累積寄与率が6割も得られなかった。このため、データ情報量を保持するためクラスター分析のみによる類型化を行った。

(2) 実際には年齢的な体力の衰えが多少あると考えられるが、少なくとも本人は体力的な問題はあまりないと思っていると類推される。このような傾向は、わが研究グループの他のヒアリング調査でも見られた。

### 参考文献

- 1) 警視庁ホームページ「東日本大震災について」：<http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/index.htm>, 2014.01.17 最終閲覧
- 2) 青森県三沢市：平成24年度津波避難計画, 2013.03.
- 3) 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—2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から—, 土木学会論文集, No.789/II-71, pp.93-104, 2005
- 4) 本間正勝, 森健二, 木戸伴雄, 斎藤威：大規模災害時の交通行動実態—阪神・淡路大震災を例として—, 土木計画学研究・論文集, No.14, 1997
- 5) 西畑剛, 森屋陽一, 安野浩一郎, 今村文彦：津波からの避難車両のモデル化と渋滞などの評価, 土木学会論文集 B2(海洋工学), Vol.68, No.2, I\_1316-I\_1320, 2011
- 6) 岡山市:防災マニュアル(詳細版),2013.08
- 7) 岡山市ホームページ「津波ハザードマップについて」：[http://www.city.okayama.jp/soumu/bousai/bousai\\_00180.html](http://www.city.okayama.jp/soumu/bousai/bousai_00180.html), 2014.01.17 最終閲覧
- 8) 内閣府：津波避難ビル等に係るガイドライン検討会「津波避難ビル等に係るガイドライン」, 2005.
- 9) 和歌山県：和歌山県津波避難計画策定指針, 2005.
- 10) 内閣府中央防災会議：南海トラフ巨大地震モデル検討会（第二次報告）, 2012.

## 防災行政無線放送の方向指示情報が避難行動に及ぼす影響

茨城大学 熊澤 貴之

### 1. はじめに

津波による人的被害は人々の避難行動によって大きく左右されるが、東日本大震災の場合も避難の遅れや不適切な移動により犠牲になった人が多く見られた。震災から1カ月後に宮城県内の被災者に対する調査では4割以上が津波警報を聞いていなかったこと<sup>1)</sup>、岩手、宮城、福島で地震から4カ月後に実施した面接調査では避難情報を入力しても約4割が直ちに避難せず、家族や知人の安否確認のため避難が遅れたこと、車を利用した避難が6割近く居たこと<sup>2)</sup>が報告されている。住民の避難率が低い原因は、津波の程度を認識できなかったこと、日常性から抜けられない正常性のバイアスによる楽観視、自分の所在地は海面から高い場所だから安全であるという思い込みなどがあると言われている<sup>3)</sup>。そもそも避難情報を受け入れるかどうかは、被災した際の人々の活動状況に大きく異なるが、避難情報を入力しても、人間は直ちに反応して避難を開始するとは限らない。安否確認のために避難が遅れた事例では、現場において家族や知人の安否確認と自らの避難行動がトレードオフの関係にあり、次に取るべき行動を意志決定するためにも空間状況に応じた避難情報が重要である。津波発生時における初期避難行動は避難情報を基に意思決定されるが、被災事後の報告書によると実際には大部分の地域で避難率が低いことから、避難者は適切な避難情報を入力できているとは言えない。

しかしながら東日本大震災による津波発生時、茨城県大洗町は防災行政無線放送（以下、放送と記す。）で「大至急、高台に避難せよ」等という命令調の文言と空間状況に応じて刻々と変化させた内容を用い、住民を避難させた。その結果、4mの津波に襲われながら、津波による死者を1名も出さなかった事が報告されている<sup>4)</sup>。これは放送内容が避難行動を強く促した事実である。

従来から津波避難研究では、個別の事例に基づく分析を行うことが重視され、被災した人々の行動をその人の属性やおかれた場所との関連で論じ

ることが多く、それらが避難行動の研究報告の多くを占めている（宮野<sup>5)</sup>）。また近年、シミュレーション手法を用いた研究に、群集の避難行動を俯瞰的に見て避難所要時間や滞留の偏りを分析するもの（渡辺<sup>6)</sup>）、視覚シミュレーション（VRやウォークスルー）により、人のアイレベルから実際の空間を再現し、その構成を変化させた場合の避難行動の傾向を求める研究（安福<sup>7)</sup>）、携帯端末などを念頭においたマルチメディア技術を利用した避難誘導システムの開発（掛井<sup>8)</sup>）がある。以上、既往の避難行動研究は被災現場の事後調査、実験室実験やシミュレーションという方法で実施されているが、本研究のように実際の沿岸地域という状況下で放送内容が初期避難行動に及ぼす影響を、個々人の行動分析で明らかにする研究はない。その上、これまで主に音声で伝えられてきた放送内容は今後、通信のデジタル化により、多様化することが予測される。よって本研究の意義も益々重要性を増す。

本研究と類似する、避難行動に影響を及ぼす情報伝達を研究したものに、佐古<sup>9)</sup>の火災時の避難誘導支援に関する研究がある。この研究は主にホテル利用者を念頭に緊急時に伝えるべき情報伝達タイプと場面に応じて伝達されるべき情報の整理を行っている。また大野<sup>10)</sup>は地下鉄駅の空間構成等を考慮した放送内容が避難行動に及ぼす影響を論じ、被験者に異なる放送内容を聞かせ、地下鉄駅においていかなる初期避難行動を行うのかを空間構成及びサインシステムから相違点を明らかにしている。これらの研究は津波避難行動や誘導情報を取り上げていないが、本研究を進める上で多大なヒントを得た。

しかし、初期避難行動を対象にしており、避難所までの行動を取り扱っていない。そこで本研究では、実験場所を避難所から半径1km以内の地域とし、避難方向伝達を考慮した放送内容に焦点を当て、個々人の避難行動における方向選択に着目し、津波発生時の沿岸地域における放送内容が避難行動に及ぼす影響を実験的に検討する。



放送内容は「避難方向指示を含まない情報」「避難方向指示を含まない、障害物の有無の情報」「避難方向指示を含む情報」「避難方向指示を含み、避難経路の決定のしやすさの情報」で構成された。

## 2. 実験方法

商店街通りを持つ岡山駅西側にある木造建造物密集地区の歩行実験を行う。付与された情報は異なるが、評価と注視先の抽出方法、歩行開始地点の商店街入口と目標地点の石井小学校は統一した。

津波避難行動と避難を促す放送との関係を求めるためには、沿岸地域における初期避難時の人間側の行動特性として、高台や高さのある建物や場所に向かう傾向、広い空間に向かう傾向、見通しのよい場所に向かう傾向、海から離れようとする傾向、避難場所を目指し、最も近い経路を避難しようとする傾向、避難場所への案内情報を確認しようとする傾向を考慮する必要がある。本研究では、人間側の行動特性として、特に、広い空間に向かう傾向と見通しのよい場所に向かう傾向に焦点を当てることとした。また、物理環境が避難行動に与える影響も大きく、物理的な空間構成、避難経路、案内サイン、眺望、避難場所との位置関係などがあげられる。しかし、これらのすべての要因の影響を一度に調べることは難しいため、本研究では、避難場所に至る経路の選択肢が多岐に渡るが、各街路の特徴が類似した雰囲気を持つ地区を対象とすることで、諸条件を統一した。これらの内容が比較的類似した地区において、そこで、本研究では、避難場所に至る経路の選択肢が多岐に渡るが、他の要因の影響は高くない状況とし、岡山市北区奉還町地区と実験場所として選定した

被験者に津波避難を想定させるためには、ヘッドフォンで、被災状況を促す音を聞かせ、臨場感を高めた。

実験内容と放送内容を表1に示す。実験は1～5で構成された。実験1では、実験者が被験者の日常生活における経路探索行動を把握する。避難行動という不安要素を含まず、被験者が実験2以降を行うにあたるまちの周囲環境や道路状況、建物の位置関係等を把握する役割を持つ。避難誘導を行わない状況において、目的地まで被験者が行動する様子を記録した。

実験2では、実験者は被験者に「避難方向指示を含まない情報」を与え、避難行動をさせた。つまり、放送内容は「避難方向指示を含まない情報」とし、この放送内容を聞いたのちに避難行動をするさまを抽出した。

実験3では、実験者は被験者に「避難方向指示を含まないが、障害物の有無の情報」を与え、避難行動させた。

実験4では、実験者は被験者に「避難方向指示を含む情報」を与え、避難行動させた。

実験5では「避難方向指示を含み、避難経路の決定のしやすさの情報」とし、それぞれの放送内容を聞いたのち、避難行動を抽出する実験を行った。つまり、実験者は被験者に「印刷物による経路表示に加え、避難方向指示を含む情報」を与え、避難行動させた。

実験1～5において、実験場所と実験方法は同様である。但し、被験者に視聴させる放送内容は異なる。実験の準備として、実験要因と実験変数の組合せに基づく具体的な視聴覚コンテンツを作成した。

全ての実験では、避難開始場所と避難する場所を共通とし、避難経路や避難にかかる時間は被験者が選択できる状況を設けた。そのまず、被験者はウェアラブルセンサを身につける。次に実験者に誘導されて実験地点に至り、被験者は携帯型視聴覚コンテンツ再生機とヘッドフォンで放送内容を視聴し、その後、自分で状況を判断して避難行動を行った。実験者は行動選択内容と行動選択行



図-1 実験の様子  
行動理由を抽出し、また、被験者が身に付けた

センサで位置、加速度、高度等を計測し、得られたデータを分析した。

実験者は被験者の眼球周辺にウェアラブルカメラを装着し、注視先を動画像で撮影することで被験者の注視箇所を抽出した(図1)。実験は計5種類実施し、実験2以降は被験者に地震が発生したサイレンと避難誘導する放送をヘッドフォンで聞かせ、避難行動を促した。具体的には通りを折れ曲がった地点及び感覚が変わった地点において、実験者は被験者に「歩きやすい—歩きにくい」「安全—危険」「見通しが良い—見通しが悪い」が刻まれた5段階の評価尺度から該当する箇所を言わせた。避難場所に到着後、実験1では「目的地の見つけやすさ」、実験2~5では「避難のしやすさ」が刻まれた5段階の評価尺度から該当する箇所を言わせた。

被験者は日常的に実験場所を利用することの少ない20代から60代の7名である。一つの実験に要した時間は6~8分程度である。一人の被験者が実験1~実験5までに要した時間は、合計で合計1時間30分程度である。実験中には休憩を挟みながら行った。実験を実施した時間帯は午前11時から17時の間で、街路照明が点灯する前の時間帯である。実験の実施は、2014年3月である。

各被験者が歩行した経路と各通りにおける印象評価とカメラの動画から得られた視点の変化、被験者の発言から分析する。



図-2 実験2における経路と交差点番号



図-3 実験4における経路と交差点番号

表-1 実験1~5の内容

実験内容	防災行政無線放送内容
<p>実験1 実験者が被験者の日常生活における経路探索行動を把握する。避難行動という不安要素を含まず、被験者が実験2以降を行うにあたるまわりの周囲環境や道路状況、建物の位置関係等を把握する役割を持つ。</p>	<p>放送はなし。</p>
<p>実験2 実験者は被験者に「避難方向指示を含まない情報」を与え、避難行動をさせる。</p>	<p>只今、徳島県沖でマグニチュード7.9の地震が発生しました。今後岡山県でも津波の発生が予想されます。直ちに近くの避難所石井小学校まで避難せよ。</p>
<p>実験3 実験者は被験者に「避難方向指示を含まないが、障害物の有無の情報」を与え、避難行動させる。</p>	<p>只今、徳島県沖でマグニチュード7.9の地震が発生しました。今後岡山県でも津波の発生が予想されます。直ちに近くの避難所石井小学校まで避難せよ。なお、地震の影響でショッピングセンターでは家屋が崩壊し道を塞いでいる。そこを避けて避難せよ。</p>
<p>実験4 実験者は被験者に「避難方向指示を含む情報」を与え、避難行動させる。</p>	<p>只今、徳島県沖でマグニチュード7.9の地震が発生しました。今後岡山県でも津波の発生が予想されます。直ちに近くの避難所石井小学校まで避難せよ。なお、ここから3番目の通りを左折して避難せよ。</p>
<p>実験5 実験者は被験者に「印刷物による経路表示に加え、避難方向指示を含む情報」を与え、避難行動させる。</p>	<p>只今、徳島県沖でマグニチュード7.9の地震が発生しました。今後岡山県でも津波の発生が予想されます。直ちに近くの避難所石井小学校まで避難せよ。なお、広い交差点まで出た後、避難せよ。</p>

### 3. 実験結果及び考察

実験 1～5 の被験者別の結果を図に示す。横軸には避難開始場所から避難場所に至った時間、アルファベットは交差点の位置、縦軸における棒グラフは、視野移動の大きさ（首振り角度）、折れ線グラフは、歩きやすさ評価、安全評価、見通しの良さを表す 5 段階評定の値、右端の棒グラフは避難行動の総合評価を表している。

実験 1 の結果を、図 4～10 に、実験 2 の結果を図 11～17 に示す。この実験群は同じ目的に向けて歩行するが、避難のための行動かどうかが異なる。被験者別に比較すると、視野移動をする頻度が異なることがわかる。これは避難行動の方が周辺状況を把握しようとする傾向が高いことがわかる。安全性や見通しの良さの評価の変動が避難行動の場合の方が大きいことから、避難行動は周辺状況を把握しようとする傾向が高いことがわかる。図 2 に実験 2 における経路と交差点番号を示す。図 3 に実験 4 における経路と交差点番号を示す。これらの図を比較すると、方向指示を含まないことで経路選択にバラツキが見られる。また、印象評価尺度が低い通りを選択した場合を除き、ほとんどの被験者は自動車が行く広い交差点に差し掛かったときに、大きな視野移動が見られ、視点を変化させていることが確認できる。

次に、実験 3 の結果を図 18～24 に示す。実験 2 の結果と実験 3 の結果を比較すると、障害物があるかどうかの情報を与えた場合、視野移動が少ないことがわかる。これは障害物があるということ予測しているため、一定の視野を保ち、視野移動を少なくしていることがわかる。

実験 4 の結果を図 25～31 に示す。図 3 に、実験 4 における経路と交差点番号を示す。この図を見ると、歩行経路が限定されていることから、方向指示を含むことである程度、歩行経路を限定することにつながる事がわかる。具体的には、被験者 7 名中 3 名が指示通りの歩行を行った結果、目的地までが同じ経路となった。また、通りの印象の良し悪しに関わらず、指示された通りを目標に歩行している。そのため、実験 2 と比較して頻繁に視点が変わっていることが明らかとなった。それは、避難行動をする以外に「3 番目の通りを左折」する指示が加えられ、通りの存在を確認する行為をしたためだと考察できる。また、実験時間が長くなったことから、歩行中の探索時間が加味されたと考えられる。これは、方向指示を含めることで、通りの存在を確認する行為が発生し、小さな視野移動が頻繁に見られ、視点を変化させ

ていることが確認できた。また、方向指示を含まない場合と比較して実験時間は長くなったが、慎重な経路選択につながった。さらに、歩行経路の選択肢が限定され、避難時に経路を選択する迷いを軽減する効果が検証された。

実験 5 の結果を図 32～38 に示す。印刷物による経路表示情報を付与した場合、景色を見る視野移動は少ないことがわかる。印刷物による避難経路の情報付与は視野を固定し、空間情報を収集する水準が下がることが推察される。

このように避難誘導情報に具体的な方向指示を加えるかどうか、また具体的な方向指示をどのように行うかによって、避難行動が異なることが明らかになった。

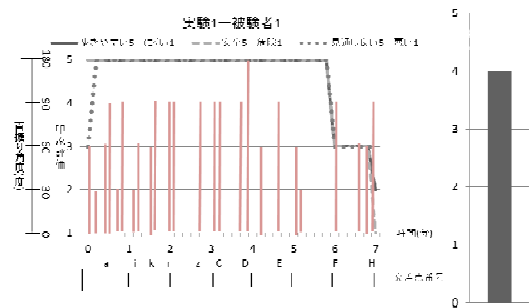


図-4 実験 1-1 結果

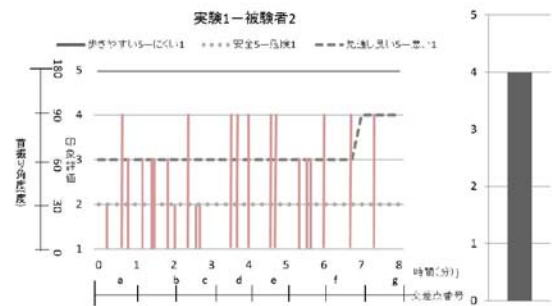


図-5 実験 1-2 結果

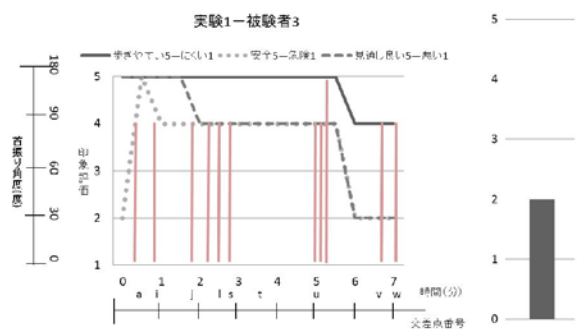


図-6 実験 1-3 結果



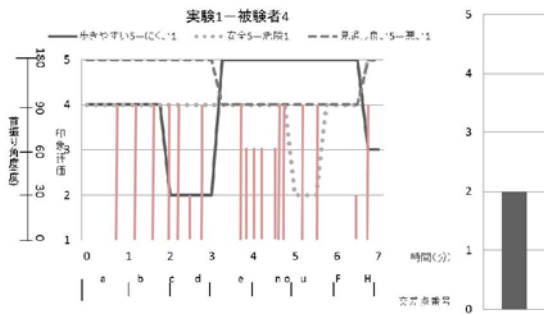


図-7 実験 1-4 結果

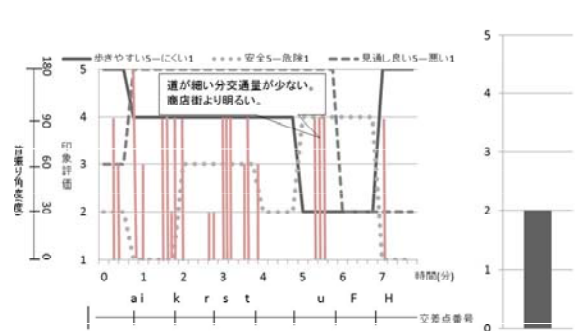


図-12 実験 2-2 結果

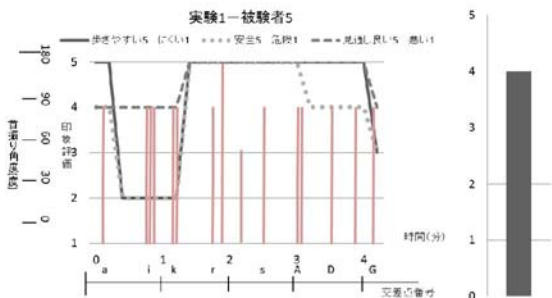


図-8 実験 1-5 結果

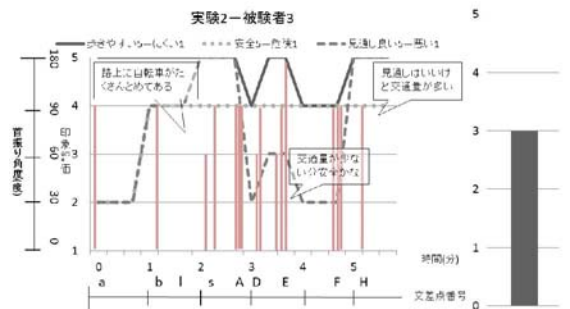


図-13 実験 2-3 結果

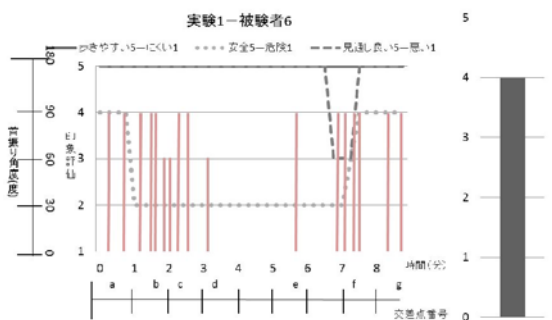


図-9 実験 1-6 結果

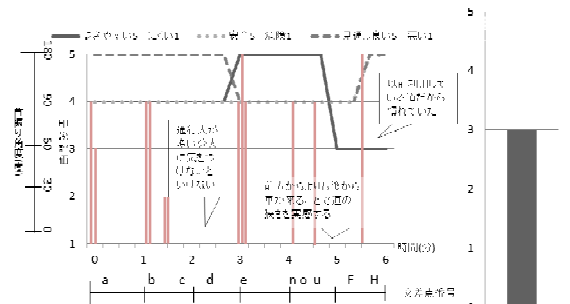


図-14 実験 2-4 結果

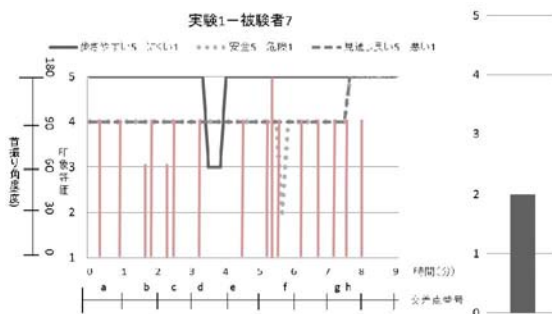


図-10 実験 1-7 結果

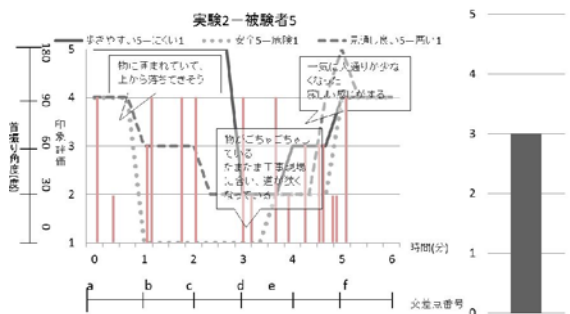


図-15 実験 2-5 結果

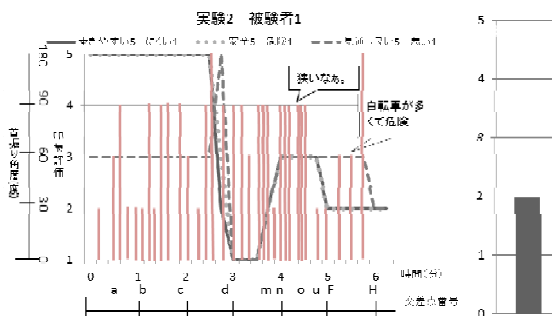


図-11 実験 2-1 結果

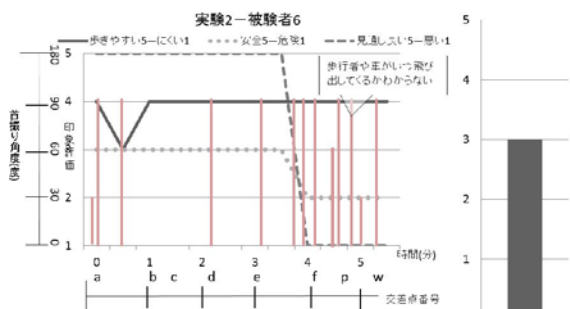


図-16 実験 2-6 結果

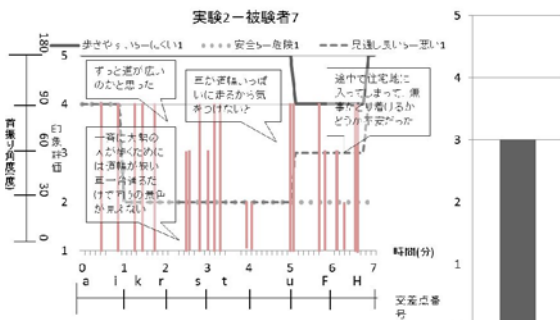


図-17 実験 2-7 結果

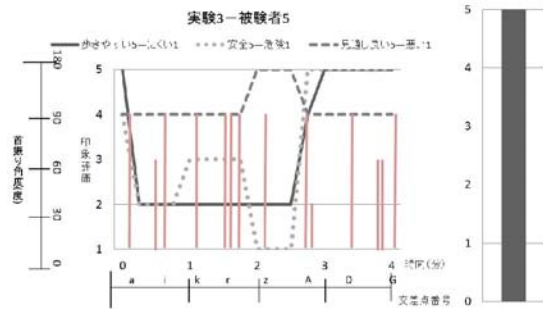


図-22 実験 3-5 結果

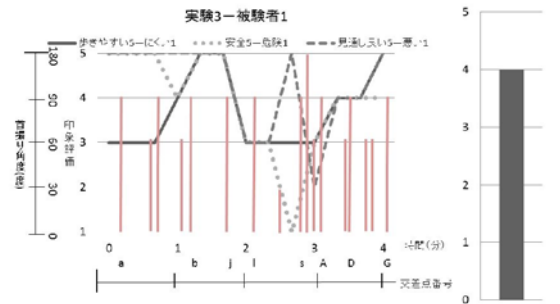


図-18 実験 3-1 結果

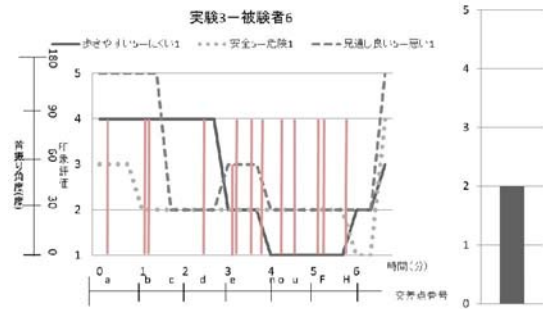


図-23 実験 3-6 結果

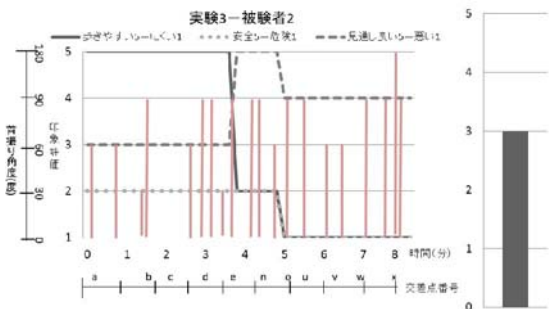


図-19 実験 3-2 結果

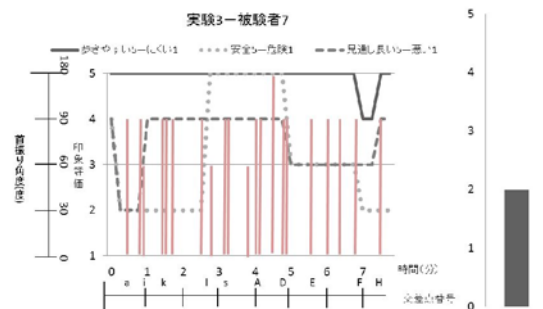


図-24 実験 3-7 結果

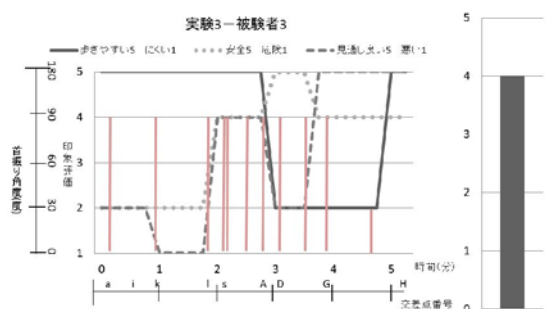


図-20 実験 3-3 結果

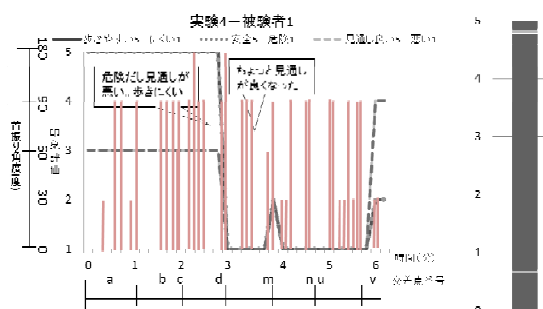


図-25 実験 4-1 結果

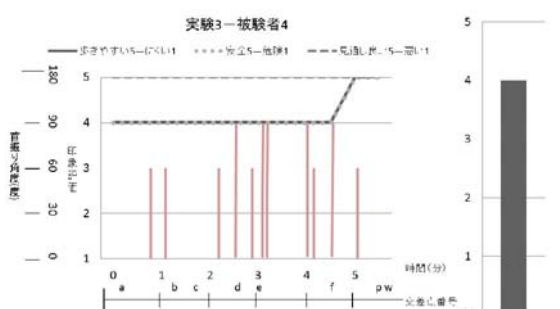


図-21 実験 3-4 結果

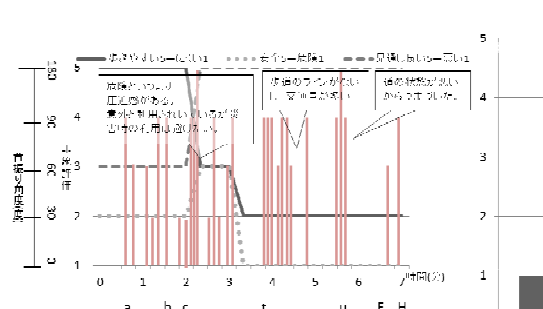


図-26 実験 4-2 結果

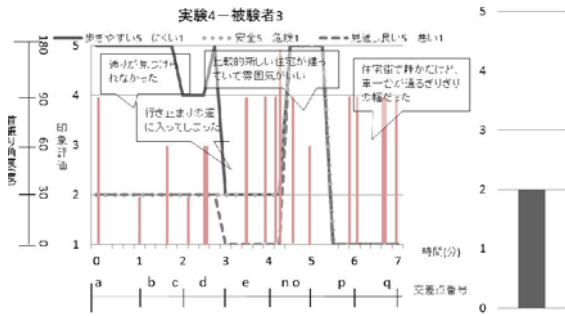


図-27 実験 4-3 結果

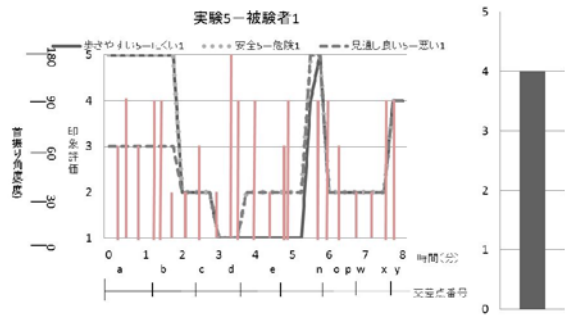


図-32 実験 5-1 結果

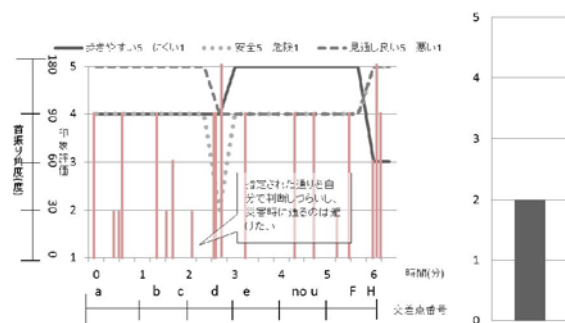


図-28 実験 4-4 結果

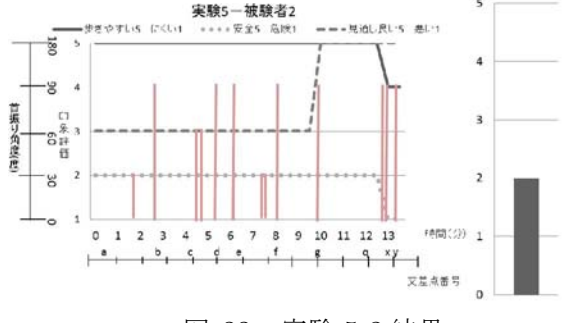


図-33 実験 5-2 結果

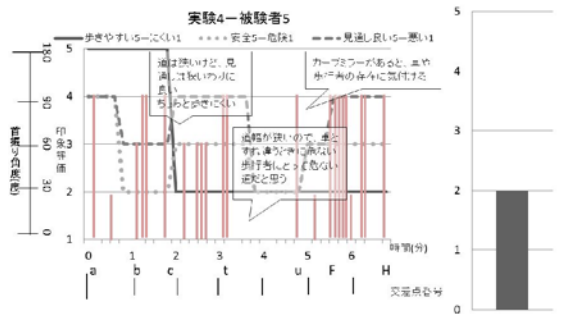


図-29 実験 4-5 結果

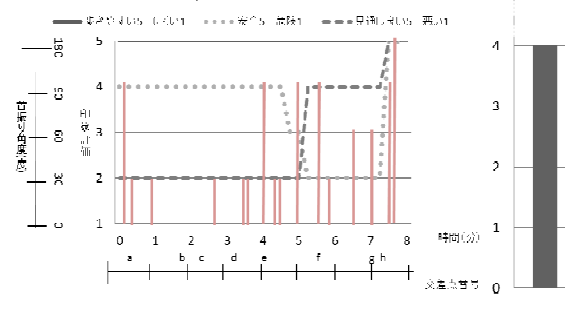


図-34 実験 5-3 結果

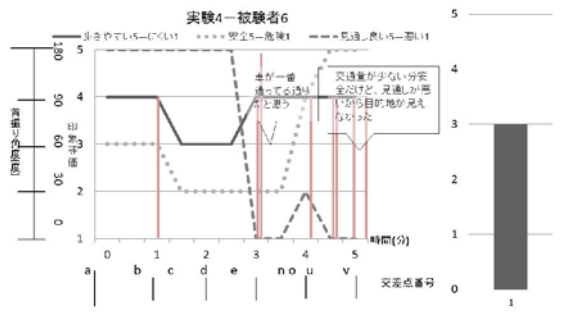


図-30 実験 4-6 結果

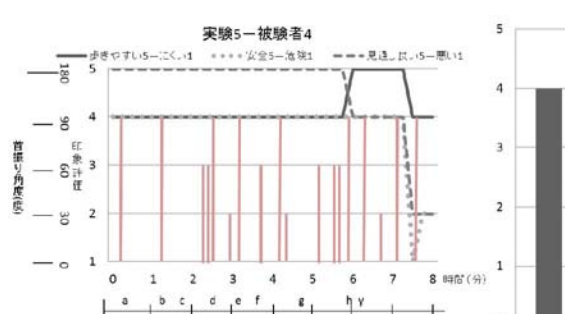


図-35 実験 5-4 結果

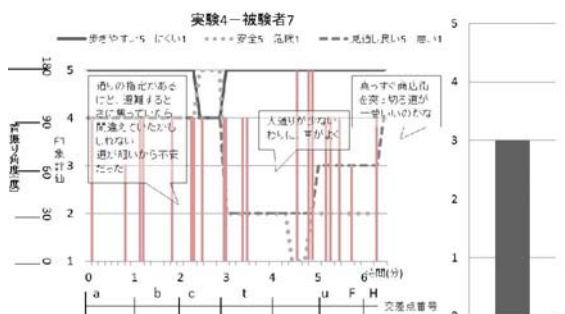


図-31 実験 4-7 結果

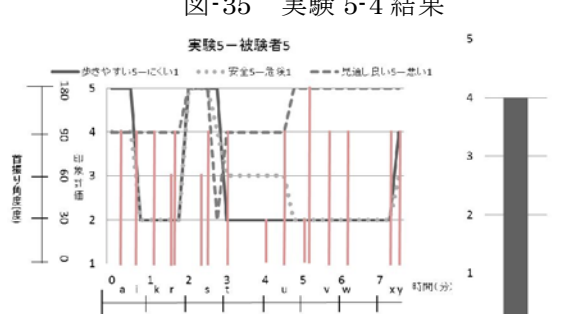


図-36 実験 5-5 結果



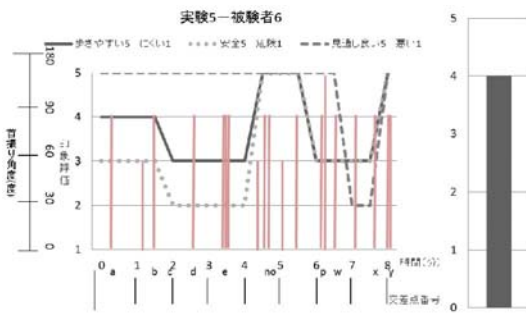


図-37 実験 5-6 結果

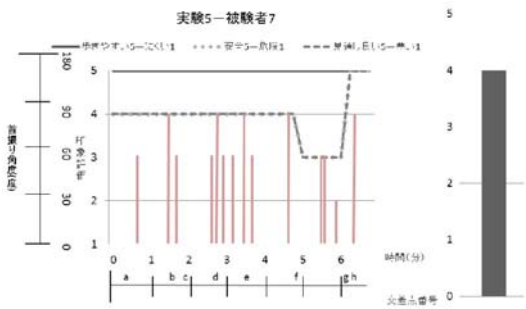


図-38 実験 5-7 結果

#### 4. まとめ

避難所周辺地区における避難行動実験により、以下の三点が把握された。

- ・方向指示を含まない場合、歩行経路は一定でなく、交差点に差し掛かり経路を選択する時、大きな視野移動が見られ、視点を変化させていることが確認された。
- ・方向指示を含む場合、歩行経路の限定につながるが、指定された方向指示を探す行為が発生する。つまり、通りの存在を確認する行為が付加され、避難方向に指示を含まない場合と比較して、小さな視野移動が頻繁に見られ、視点を変化させていることが確認された。
- ・方向指示情報を伝達する方法によって避難行動が異なることが確認された。

このように、防災行政無線放送の方向指示情報に具体的な方向指示を含めることで、通りの存在を確認する行為が発生し、方向指示を含まない場合と比較して多少実験時間は長くなったが、慎重な経路選択につながった。さらに、歩行経路の選択肢が限定され、避難時に経路を選択する迷いを軽減したことも考えられた。具体的な方向指示情報を伝達する方法によって避難行動も異なる。

以上の知見から、防災行政無線の放送内容に、地域の特徴に応じた方向指示情報を入れるなど、避難方向指示情報を入れた効果的な情報伝達方法を検討するべきである。

#### 謝辞

本研究における実験は、岡山県立大学大学院デザイン学研究科修士課程の横山裕子氏をはじめ、被験者として協力していただいた方々によるところが大きい。ここに記し、感謝する。

#### 参考文献

- 1)サーベイリサーチセンター：自主研究「宮城県沿岸部における被災地アンケート調査報告書」、2011.5
- 2)内閣府など：平成23年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査（住民）分析結果、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第7回会合 資料1、2011.8
- 3)片田敏孝ら：住民の避難行動にみる津波防災の現状と課題-2003年宮城県沖の地震・気仙沼市民意識調査から-、土木学会論文集、No.789、pp.93-104、2005.5
- 4)井上裕之：大洗町はなぜ「避難せよ」と呼びかけたのか～東日本大震災で防災行政無線放送に使われた呼びかけ表現の事例報告～、放送研究と調査、pp.32-53、2011.9
- 5)宮野道雄ら：1946年南海地震の被害追跡調査-津波被災地の人的被害と人間行動、総合都市研究、35、pp.75-86、1988.12
- 6)渡辺公次郎ら：津波防災まちづくり計画支援のための津波避難シミュレーションモデルの開発、日本建築学会計画系論文集、No.637、pp.627-634、2000.3
- 7)安福健祐ら：高精細没入型避難シミュレータの開発と避難経路選択に関する分析、日本建築学会計画系論文集、No.640、pp.1265-1272、2009.6
- 8)掛井秀一ら：避難行動に事前学習・誘導学習が与える影響に関する心理学的考察 マルチメディア技術を利用した避難誘導システムの開発 その1、日本建築学会計画系論文集、No.535、pp.139-146、2000.9
- 9)佐古順彦ら：火災時の避難のための情報伝達不特定多数利用施設における避難誘導支援システムの構築 その1、日本建築学会大会学術講演梗概集、A、pp.1343-1344、1993.9
- 10)大野隆造ら：地下鉄駅の空間構成等を考慮した放送内容が初期避難行動に及ぼす影響、日本建築学会計画系論文集、第74巻、No.635、pp.59-146、2009.1

## 情報通信における防災・減災に関する調査研究

岡山県立大学情報工学部 山北 次郎<sup>Y</sup>  
岡山県立大学情報工学部 稲井 寛  
岡山大学大学院自然科学研究科 横平 徳美  
NPO 地域 ICT 普及協議会 新免 國夫

<sup>Y</sup> 現在 岡山県立大学名誉教授

### 1 はじめに

電気・水道などの社会インフラに比べ、情報通信ネットワークは自然災害に対して比較的堅牢なインフラであると考えられていた。特にバックアップ通信を基本とする自立分散型の通信ネットワークは大災害時においても十分にその能力を発揮すると通信に携わる技術者は考えていた。しかし、東日本大震災<sup>1)2)</sup>では、基地局の倒壊、通信機器の水没、電源の喪失、電柱の倒壊による伝送路の損傷などによって通信サービスの提供が不可能となり、災害対策や災害復旧に支障を来した。また、震災直後から安否確認、震災情報収集など音声通話が殺到し、回線容量の逼迫によって、最大 70~95% の音声通話の発信規制が通信事業者において実施された。

自治体においては、庁舎の倒壊、情報通信ネットワークの寸断や通信機器の損壊、住民情報データの消失等により行政事務の継続が困難となった自治体も出現した。また、福島県や岩手県では、被災関連情報を求めるアクセスの集中によりホームページが閲覧できない事態が発生した。情報通信ネットワークが一旦機能障害を起こせば、個人生活への障害だけでなく行政機関や民間企業の業務継続が不可能になるような状況に直面し、情報通信関連インフラの地震・震災に対する施策を根本的に見直し考え直す機会の必要性を認識した。

岡山県においても、東日本大震災を教訓に、防災・減災に関係する地域情報通信ネットワークを再点検し、個々の問題ごとに詳しく調査・検討する必要性を認識し、直ちに実行すべき災害対策、中長期的に移行・改善すべき対策などについて検討する委員会<sup>\*1</sup>を設置し、岡山県の情報通信インフラの信頼性強化について検討した。岡山県は自治体として最初に通信事業者に認定された実績を有し、県が運営する岡山情報ハイウェイに、

県内市町村の行政ネットワークが接続・依存し、更に民間通信事業者の通信ネットワークとの相互接続、各種接続団体の独自接続など広範囲に渾然一体となって利活用されている。このため岡山情報ハイウェイの責務は重く、さらなる運用の効率化と同時に、災害時における信頼性強化、障害復旧の迅速化および災害対策の優先度等についての継続的な検討と技術開発が必要である。

東海、東南海、南海地震の震源域とされる南海トラフの巨大地震について、国から津波高・浸水域等の被害想定が公表され、岡山県においても、これに対応した経済的被害を含めた地域防災計画の見直しと全体像について検討<sup>3)</sup>されている。この中で、東日本大震災の経験から情報通信インフラがライフラインであることが再認識され、県民生活の利便性向上のための一層の利活用と災害に対する信頼性強化策が求められている。

本調査研究報告では、東日本大震災における情報通信インフラの被災状況を概説し、この被災状況を踏まえて、岡山県における情報通信インフラの現状とその信頼性および岡山情報ハイウェイの特徴とその信頼性強化策について述べる。また、情報通信インフラの災害対策における優先順位について考察し、岡山情報ハイウェイや大学の SINET をバックホール回線とする公衆無線 LAN スポットの推進、防災インフラの状態監視システムへのパッシブセンサネットワークの利用等について提案している。

### 2 東日本大震災における情報通信インフラ

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災は、防災白書 H24 年度版<sup>2)</sup>等によれば、マグニチュード 9.0、最大震度 7、死者・行方不明者 2 万人以上、全壊・半壊家屋 37 万戸以上、避難者数約 47 万人、停電影響数延べ約 891 万戸に及ぶ史上空前の災害であり、情報通信インフラにも想定し得なかった被災を及ぼした。東日本大震災による ICT 分野の被害も甚大であり、自治体においては、庁舎の倒壊、情報通信ネットワークの寸断、機器

<sup>\*1</sup> 本報告は、岡山県の委員会「新たな IT 戦略プログラム策定に関する有識者会議」および「岡山情報ハイウェイ利活用ワーキンググループ」において検討した防災・減災に関する議論内容に、その後の調査研究結果を追加したものである。

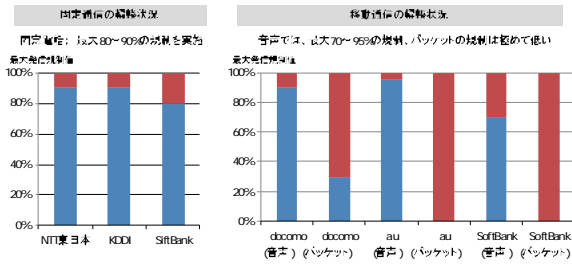


図1 固定及び移動通信の輻輳規制

の損壊、住民情報データの消失による行政事務の継続困難、災害関連情報を求めるアクセス集中による輻輳、閲覧不可能等による被害を被った。

## 2.1 情報通信インフラの被災状況

通信インフラ関連の被災状況はNTT東日本によれば

- 機能停止 NTT ビル 385(全壊 16、浸水 12)
- 障害回線数 約 150 万回線 (中継伝送路約 90 ルート)
- サービス回復までに要した機関 約 50 日
- 電柱倒壊 約 28,000 本、架空ケーブル 約 2,700Km
- 携帯電話 (PHP) の基地局機能停止 約 29,000 局

であり、通信インフラは自然災害に対して比較的堅牢なシステムと考えていた関係者にとっては根拠が覆される程ショッキングな被害状況であった。取り分け、サービス回復に 50 日以上時間を要したことに、従来の防災・減災対策に欠陥と大きな反省を残した。

## 2.2 震災による通信規制

民間通信事業者においては、基地局の全壊、浸水、電柱の倒壊、電源の遮断等により

- 固定および携帯電話の音声通話で発信規制実施
- 障害回線数 約 150 万回線 (中継伝送路約 90 ルート)
- パケットの規制は音声に比べ低い割合

となって、通常のサービスが著しく低下した。また、安

否確認や情報収集のための音声通話が殺到し、通常の 50~60 倍となって回線容量が逼迫した。図 1 に示すように、携帯電話事業者は最大 70 から 95 % の音声通話の発信規制<sup>4)</sup>を実施し、災害対策や災害復旧の大きな支障となった。パケット通信である電子メールは災害時においても比較的良方で問題なく使用できた。

## 2.3 地域 ICT および行政ネットワークの被災

### 2.3.1 東北 3 県の ICT 部門の被害状況

東北 3 県 (岩手県、宮城県、福島県) の被害状況<sup>5)</sup> は表 1 のとおりである。岩手県と宮城県は、県が運用するいわて情報ハイウェイ、みやぎハイパーウェブを有していたが、NTT 東日本の回線サービズによる全県ネットワークであるため、その復旧作業は NTT の対応待ちとなり、約 1 ヶ月半後に復旧した。各県のセンター設備は基本的には業務システム機器を含めて被害なしであった。県が管理運用する HP 防災サイトはアクセス集中し閲覧不可な状態であった。特に福島県は原発事故の影響を受け、県民サービスである"環境放射線の公表"には、数ヶ月分に相当するアクセスが 1 日に集中したと報告されている。県のインターネット回線帯域の臨時的な拡張や、民間事業者にキャッシュサーバ、ミラーサーバの設置、IT ベンダーによるミラーサイトの立ち上げ等によって対応した。

### 2.3.2 自治体の ICT 被害・復旧状況の例

代表的な自治体の ICT 関連被害状況<sup>6)</sup> は以下のようであるが、自治体において最も重要な住民情報データの喪失にまで及んでいる。

- 宮古市; 1 階は水没したがサーバ室は被災を免れた。地域イントラネットは支障なかったが停電で使用不可。非常用発電機のある事務所にサーバー移設。固定電話はビジネスユーザー上の IP 電話であり不通。FOMA 網

表 1 東北 3 県の ICT 部門の被害状況と緊急対策

県名	地震・津波による情報通信関連部門の被害状況	備考
岩手県	<ul style="list-style-type: none"> <li>沿岸地区の通信施設浸水、機器の流出。4 合同庁舎と 53 カ所の公舎が通信不能</li> <li>県全体で約 4 割の回線が不通。復旧は NTT が実施 (1 ヶ月半後に復旧)</li> <li>行政通信ネットワーク、いわて情報ハイウェイの VLAN 上で稼働する全県通信網が回線切替により 76 の公舎で利用不可</li> <li>センター設備、業務システム機器は被害なし。自家発電にて運用 (30/60 システムが計画外)</li> <li>県民サービス: 県 HP 防災サイトにアクセス集中し閲覧不可</li> <li>県のインターネット回線帯域を 2 倍に拡張、IT ベンダーによるミラーサイトの立ち上げ</li> </ul>	いわて情報ハイウェイ NTT 東日本の回線 サービスによる全県ネットワーク
宮城県	<ul style="list-style-type: none"> <li>みやぎハイパーウェブを利用した LGWAN が県を含む 28 自治体で稼働不能</li> <li>3 合同庁舎、8 単独事務所、2 県立学校、2 町が被災しサーバー水没により利用不能</li> <li>センター設備; 県庁やデータセンターの業務サーバに大きな被害なし</li> <li>県庁は自家発電にて運用 (3 日後に復旧)</li> </ul>	みやぎハイパーウェブ 通信事業者が提供する 高速インターネット網 を利用
福島県	<ul style="list-style-type: none"> <li>庁舎が地震により立ち入り禁止、執務室を移動し県庁と無線 LAN によるネットワーク構築</li> <li>県庁重要システムは庁舎停電により被災し電源で運用 (10 後に復旧)</li> <li>センター設備は基本的に被害なし。データセンターの業務サーバも被害なし</li> <li>主回線にも障害なし。グループウェアやインターネットに支障なし</li> <li>県民サービス; データセンターの HP に環境放射線データを公表。数ヶ月分相当のアクセスが 1 日に集中。民間事業者によるキャッシュサーバ、ミラーサーバの設置</li> </ul>	震災・津波に加え 原発事故に匹敵する 部分あり

の VLAN サービスにより通信回線を確保。

- 釜石市；地階の片内ネットワーク機器が水没。上層階のサーバ室は浸水なし。非常用発電装置は未設置。衛星携帯電話を使用。
- 南三陸町；庁舎倒壊流出。防災対策庁舎は鉄骨のみ残存。地震の揺れでサーバーラックが転倒。住民情報のバックアップテープも流出。内部情報系は全てデータ滅失。仮庁舎に NTT が通信設備を設置してインターネットを復旧。
- 大槌町；庁舎 2 階天井付近まで水没。2 階サーバー室も水没。中央公民館に移転し衛星携帯電話が通信手段。非常用充電機で給電。1 週間後からは電源車により給電。インターネットは衛星通信回線と USB スティック型データ通信端末を利用。サーバは業者が回収し復旧。戸籍は法務局の副本により再製。
- 陸前高田市；4 階部分まで水没。サーバ室からハードディスクを回収。バックアップテープはロッカーにあり流失せず回収。移転先では通信衛星によるインターネット接続装置を設置。電話は衛星携帯電話を使用。無線 LAN による仮ネットワークを構築。

## 2.4 民間通信事業者等による復旧・支援

### 2.4.1 通信インフラ復旧に係る取り組み

固定および携帯電話事業者による臨時的な復旧対策の主たる取り組みは

【固定通信各社】移動基地局車の配備、衛星利用の臨時基地局の設置。

【携帯各社】移動電源車の配備。衛星通信回線の提供。復旧エリアマップの公開や復旧情報の提供。

【移動無線センター】MCA 無線エリア外の地域に臨時の中継局を設置。

等であると報告<sup>1)</sup>されているが、東日本大震災のような災害に対して、絶対的な数量不足を呈していた。

### 2.4.2 被災者の通信手段確保に係る取り組み

被災者に対する臨時的な情報通信サービスは

#### ● 各種通信機器の無償提供

公衆電話の無料化、特設公衆電話の設置、携帯電話端末および充電器の無償貸与、衛星携帯電話の無償貸与、MCA 無線機の無償貸与、避難所等におけるインターネット接続環境の無償提供、公衆無線 LAN エリアの無料開放。

#### ● 情報収集（安否確認、災害情報）の支援

災害用伝言ダイヤル、災害用 Web 伝言板の提供、安否情報を登録・検索できるサイトの開放、震災関連情報をまとめた特集サイトの設置、東北 6 県の FM 局等を放送エリアに関係なく PC やスマートフォンから無料で聴取できるサイトの開設。

#### ● 情報発信のための支援

アクセスの集中した公共機関等の Web サイトのミラーサイトの提供 (IBM、Google、Microsoft、Yahoo)。被災地域の自治体や NPO 等に対するクラウドサービスの無償提供 (IBM、NEC-biglobe、Google、Microsoft)。

のような通信手段確保に関する取り組みが実行された。

## 2.5 大震災の教訓を踏まえての共通認識

東日本大震災のような大震災の教訓として、情報通信インフラに関する最低限の共通認識として

- 音声通信 (固定および携帯電話) は発信規制され、大災害時には、使用不能の確率が大。
- 携帯電話のデータ通信 (パケット通信) については発信規制が低く、電子メールやソーシャルメディア等を活用。ただし、通信施設・設備 (携帯電話の基地局) が被災しなかった場合。
- スマートフォンや PC による Internet は災害時においても比較的有効。電源確保の問題があるが、Internet は自律分散型のネットワークであり全てが同時に被災し動作不能になる確率は小さい。

のような事柄を、一般住民に広く認識される効果を、結果論として、東日本大震災は与えた。

## 3 岡山県における情報通信インフラ

岡山県の情報通信基盤は、民間通信事業者が提供する通信ネットワークだけでなく、県が直接運用管理する岡山情報ハイウェイが存在する。県内市町村を含む岡山県の行政ネットワークは、この岡山情報ハイウェイに接続・依存すると同時に、民間通信事業者をはじめ、多数の接続団体によって相互接続され、渾然一体となって運用されている点に特色がある。岡山情報ハイウェイは高速大容量の基幹回線であるだけでなく一般にも無料開放しており、インターネット接続サービスを展開している ISP を利用する一般世帯や県内企業のインターネット接続コストの低減化に寄与している。

岡山情報ハイウェイの存在は、災害に対して情報通信網の多ルート化という面で、他県に比べ優位性を持つと考えられるが、災害復旧や災害対策という面では責任体制が曖昧となりかねない。岡山県は、自治体として認定された通信事業者の第 1 号である。情報通信インフラの安心・安全、大災害に対する対策という面において、岡山県は大きな責務を受け持つことになる。情報通信インフラの防災対策や信頼性についての議論・検討に際しては、岡山情報ハイウェイに関する理解とその全容を把握する必要がある。





図2 岡山情報ハイウェイと市町村接続口線

### 3.1 岡山情報ハイウェイ

岡山情報ハイウェイは、図2に示すような県内全域を8字型に結んだ高速大容量の光ファイバ基幹回線網（Ether網は1~10Gbps、総延長約509km）である。この岡山情報ハイウェイに県内の市町村は独自接続または民間通信事業者ネットワークを介して接続し、全県的な市町村行政ネットワークを構成している。さらに、岡山情報ハイウェイは一般に無料開放されており、その利用団体は表2に示すように非常に広範囲に及んでいる。岡山情報ハイウェイの取り組みは、全国に先駆けたものであったので、他県はもとより、民間通信事業者、さらには国のIT施策にまで大きな影響を与え、岡山県の貴重なインフラ財産となっている。

### 3.2 ネットワーク管理センタと接続拠点

岡山情報ハイウェイには、ネットワーク管理センタ（NOC, Network Operation Center）と13の接続拠点

表2 岡山情報ハイウェイの利用団体

岡山情報ハイウェイの接続利用団体		
区分	団体数	備 考
ISD事業者	15	二次ISP事業者5、地産ISP事業者5
放送事業者	5	NIT至日本など
ケーブルテレビ事業者	10	県内ケーブルテレビ事業者
放送機関	4	NHK、地元放送局
行政機関	30	県内市町村および国政機関
教育機関	8	大学、高专
医療機関	4	県内医療機関
研究機関	3	
産業機関	50	
合 計	141	

岡山情報ハイウェイが接続している県有施設		
種 別	施設数	
本庁・山手事務所	115	
窓校	55	
特別支援学校	13	
福祉施設	2	
図書館	1	
社会教育施設	5	
体育施設	1	
その他	3	
合 計	195	

岡山情報ハイウェイを継じた市町村公共ネットワーク接続施設		
種 別	施設数	
木支所	15*	
幼児	44*	
小学校	26*	
中学校	155	
高校(市立)	13	
長列支援学校	1	
病院	37	
福祉施設	88	
公民館	193	
図書館	56	
社会教育施設	68	
体育施設	48	
商工会	6	
その他	12*	
合 計	719*	

（POP, Point of Presence, 1. 倉敷, 2. 井笠, 3. 高梁, 4. 阿新, 5. 真庭, 6. 津山, 7. 勝英, 8. 東備, 9. 県庁, 10. 部, 11. 総社, 12. リサーチパーク, 13. 今村）があり管理運用されている。これらのNOCおよびPOPを介して、外部ネットワークへの接続され、県庁の行政通信ネットワークだけでなく、市町村が整備する公共ネットワークの大半、各CATV、企業、大学等が岡山情報ハイウェイに接続・依存している。このため県が責任を持って継続的な安全性・信頼性の強化策を実行し、今後の需要予測を考慮した計画的な大容量化と効率的な運営を推進する必要がある。

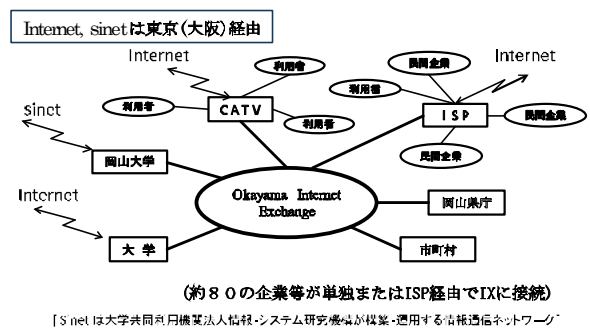


図3 岡山情報ハイウェイ OKIX

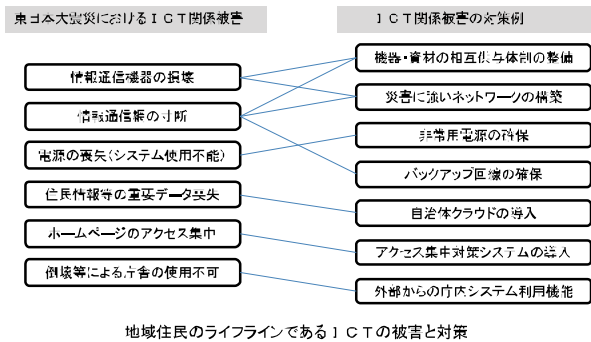
## 4 岡山情報ハイウェイの信頼性強化

岡山情報ハイウェイは県および市町村の行政ネットワークだけでなく民間通信事業者、一般企業、大学等が利用または接続・経由し、広範囲で浑然一体となって活用されている。この複雑性はインターネットの特徴ではあるが、信頼性強化への責務は重く、運用の効率化と同時に、災害時における障害復旧の迅速化及び災害対策の優先度等<sup>7)</sup>についての不断の研究努力が必要である。図4に東日本大震災におけるICT関係の被害とその対策例との対応関係を示すが、東日本大震災を契機にICTがライフラインとして再認識されていることを踏まえると同時に、ICT関連分野の進展に伴い、今後とも継続するであろう通信需要の大幅増にも対応して行かねばならない。

### 4.1 接続拠点施設（POP）の災害対策

岡山情報ハイウェイは、大規模災害発生時においても、ライフラインとして重要な役割が求められている。主要な通信機器等を収容し、市町村をはじめとする団体との接続機能を有する接続拠点施設<sup>\*2</sup>(POP)につい

\*2 NOCは岡山情報ハイウェイ構築の準備段階において災害対策が講じられていたが、POPに対しては、平成24年8月に区から示された南海トラフ巨大地震の被害想定の見直しを受け、災害対策の必要性を認識し、既に井笠POP、東部POPについてはH24年度末に災害対策実施済みである。



地域住民のライフラインであるICTの被害と対策

図4 ライフラインであるITの被害

て、地震や津波、大雨等による浸水被害に備え、一部施設の移転や局舎のかさ上げ、非常用電源の充実等、接続拠点施設の被害想定や立地条件に応じた効果的な災害対策を早急に実施する必要がある。

POP局舎の役割を列挙すれば

- 接続団体は情報ハイウェイに接続するための機器を自由に設置することができ、メンテナンスも昼夜を問わず行うことが可能
  - POP局舎は機械警備により強固なセキュリティが保たれている。
  - POPは独立した非常用発電機により、停電時の電源供給が保たれている。
  - 局舎の管理は情報政策課が行っており、緊急時には庁舎管理のルールに依らない臨機の対応が可能
- となっており、POPに対する岡山県の役割は

- 情報ハイウェイの民間への開放
- 情報ハイウェイの接続性の確保
- 接続団体が設置した機器の保護

であるが、同時に、安全対策が利便性の支障とならないようにすること、迅速な復旧対応体制を確立しておくこと等への留意が必要である。

#### 4.2 光ケーブル幹線の災害対策

災害や障害時に光ファイバケーブルの断線等が発生した場合、早期復旧するためには独自に最小限の光ケーブルや資材を蓄積しておく必要がある。光ケーブル等の資材は、現在、東備地域事務所、備中県民局、美作県民局、高梁地域事務所に分散して備蓄されている。

岡山情報ハイウェイは、構築当初から8の字型に結んだ光ファイバ基幹回線網によって、災害時の障害箇所を迂回し通信経路を確保するトポロジー構造を持っているが、新たに、データセンター等が立地するリサーチパークと総社POP間に光ファイバ基幹を構築し、ループ化による信頼性強化策が計画されている。

なお、既存設備の二重化・ループ化だけでは対応できないような大規模災害が発生した場合に備えて、宇宙航

空研究開発機構(JAXA)の衛星回線を利用する災害対策がある。



図5 鳥取県との情報ハイウェイの接続

#### 4.3 鳥取県との連携

自然災害のリスクは、中国山脈を挟んで山陽と山陰では相互に異なる様相をを呈する確立が高いと考えられ、山陽の岡山県と山陰の鳥取県が連携すればリスクヘッジできる可能性がある。情報通信インフラにおいても岡山情報ハイウェイと鳥取県の鳥取情報ハイウェイとの相互接続によって、災害発生時の迂回幹線の実現や将来的な通信量の増大に対処できる可能性がある。既に、両県の情報ハイウェイが図5に示すように、津山POP-智頭中継所間、阿新POP-月南POP間の2地点で相互接続されている。

東日本大震災の教訓を踏まえ、相互接続された両県の情報通信インフラを利用し、相互の連携により実現可能となるICT部門の災害対策として

- 地震等により情報通信網が寸断するリスク、又はケーブルの切断や機器の故障等により応急復旧資材が不足するリスク
- 地震の衝撃や津波により、県が保有するデータが消失するリスク
- ホームページへのアクセス集中により閲覧できないリスク
- データの復旧と情報システムの復旧対策
- 情報ハイウェイの冗長化

等の事項について検討されている。特に、鳥取県のサーバから岡山県の仮想ストレージ領域に対してデータ転送実験を行い

- サーバと仮想ストレージへのファイルの書き・読み込みに係る性能比較
- バックアップと復元の転送速度および遅延時間の測定試験

等に関する実測データを得て、その有効性・実効性について検証した。

連携自治体ホームページに関しては、災害発生時の医療や介護、避難所など関わる情報、救援物資、ボラ

ンティア支援者向けの情報提供の方法等が検討課題になっている。また、災害発生時に、これらの情報を求めて県ホームページにアクセスが集中する問題を、相互接続された岡山・鳥取情報ハイウェイを用いて負荷軽減する方法についても研究課題となっている。なお、アクセス集中の軽減対策については、民間通信事業者による数多く技術開発が進行中である。

#### 4.4 Okayama Internet Exchange

一般に、インターネット上の情報データは、すべて大手のプロバイダから東京（又は大阪）にある NSP/ IXP（Network Service Provider/ Internet Exchange Point）で受け渡されて相手に到達する。岡山情報ハイウェイでは、図 3 に示すような地域機能、すなわち岡山県内の情報は県内で受け渡しできる仕組み『OKIX（Okayama Internet eXchange）』を構築し、県内の情報データの交換は、東京（大阪）を経由することなく岡山情報ハイウェイの中で処理される。これは災害時におけるリスク分散という面で、重要な災害対策の一つである。

また、岡山情報ハイウェイの利用者間は、東京や大阪を経由せずに効率的な高速大容量の通信を行うことができるほか、IPv6 への対応や情報通信研究機構のネットワーク（JGN-X）との接続など、最新の技術に対応し、先端的な技術開発への利活用が可能になっている。

#### 4.5 全線 10ギガ化

国内のインターネット上のトラフィック量は 3 年で約 2.1 倍になると云われ、インターネット上のトラフィック量は増加の一途をたどっている。岡山情報ハイウェイのトラフィック量は平常時は最大で約 3 Gbps 程度であるが、災害発生時には、この数倍程度の通信量が発生することが想定される。災害に強く、更なる安全性・信頼性が強化されたネットワークにするためには、より高性能な基幹スイッチやルータ等に更新し、高速・大容量化を図る必要がある。岡山情報ハイウェイの主要通信機器の予定更新時期は平成 24～26 年度である。その機器更新の機会を捉え、情報ハイウェイ接続団体と十分な連携を図り、図 6 に示すように、全線の回線容量を全国でもトップクラスとなる 10Gbps に統一することが望まれる。

#### 4.6 災害対策における優先順位

岡山情報ハイウェイの災害対策の実行に際しては、その対策の優先順位について検討する必要がある。一般に、システムの信頼性を強化するための基本理念は

- まず第一に壊れないようにすること。
- それでも壊れた時を想定して代替策を講じておく。

の 2 点にあると考えられるが、信頼性強化策を考える場合、「どこまで経費をかけるか」、「どこまでの災害に

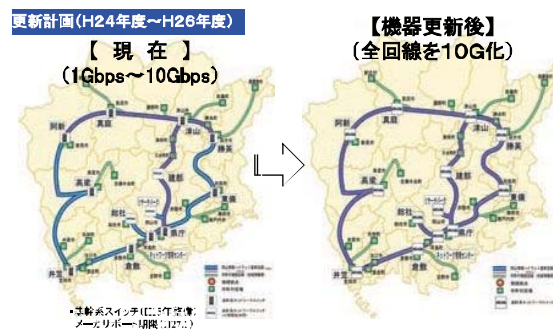


図 6 岡山情報ハイウェイ全線 10ギガ化

耐えられるものにするか」についても常に頭の隅に置いておくことが重要である。

岡山情報ハイウェイは、通信機器および設置費用の自己負担を別にすれば、一般企業・団体に無料で開放された、原則無料の通信ネットワークである。災害対策経費のために、課金し有料ネットワークに転落すれば、民間通信事業者と全く区別できず、情報通信インフラに対する岡山県の優位性がたちまち消失し、地域の総合的な産業経済力に影響を与えかねない。

自治体が直面する厳しい財政状況下において、原則無料の通信ネットワークを前提として信頼性強化策を推進するには、災害対策に厳格な優先順位を付け、岡山情報ハイウェイの利用者だけでなく一般県民への説明と県民の理解を得ながら必要不可欠な災害対策から着実に実行していくことが重要である。

### 5 防災対策における情報通信技術

情報通信インフラに対する直接の防災対策は、通信事業者と自治体が分担・連携して対処することになる。しかし、そのインフラを活用した対策に関しては、地域住民や各種民間企業が口頃から関与すべき対策である。災害時に、情報空白地域が断片的に発生したり、情報通信インフラが利用可能であっても、その使い方が分からず活用できないような状態<sup>8)</sup>が発生しないような防災対策が必要がある。

#### 5.1 民間事業者による復旧・支援

東日本大震災での、民間通信事業者による復旧や通信手段の確保などの取り組みは、総務省の「大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方について」<sup>9)</sup>によって以下のようにまとめられている。

○ 通信インフラ復旧に係る取組

- 移動基地局車の配備、衛星利用の臨時基地局等の設置
- 移動電源車の配備（NTT 東日本、NTT docomo、KDDI、SoftBank Mobile 等）



- 衛星通信回線の提供 (SkyPerfectJSAT)
  - MCA 無線エリア外の地域に臨時の中継局を設置
  - 復旧エリアマップの公開や復旧情報等の提供 (携帯・PHS各社)
- 被災者等の通信手段確保に係る取組
- 公衆電話の無料化、特設公衆電話の設置 (NTT)
  - 携帯電話端末、充電器等の無償貸与 (携帯・PHS各社)
  - 衛星携帯電話等の無償貸与 (NTTdocomo, KDDI等)
  - MCA 無線機の無償貸与 (移動無線等)
  - 復旧エリアマップの公開や復旧情報等の提供 (携帯・PHS各社)
  - 避難所等におけるインターネット接続環境の無償提供 (NTT 東日本, NTTdocomo, SkyPerfectJSAT, MicroSoft, UQ等)
  - 公衆無線 LAN エリアの無料開放 (NTT 東日本, NTTdocomo, SoftBankMobile等)
- 情報収集 (安否確認、震災情報等) の支援
- 災害用伝言ダイヤル、災害用 Web 伝言板の提供 (NTT 東日本, 携帯, PHS各社等)
  - 安否情報を登録・検索できるサイトの開設 (Google)
  - 震災関連情報をまとめた特集サイトの設置 (NECbiglobe, Google, MicroSoft, Yahoo)
  - 東北 6 県の FM 局等を放送エリアに関係なく、PC やスマートフォンから無料で聴取できるサイトの開設 (KDDI)
- 情報発信のための支援
- アクセスの集中した公共機関等のウェブサイトのミラーサイトの提供 (IBM, Google, MicroSoft, Yahoo)
  - 被災地域の自治体や NPO 等に対するクラウドサービスの無償提供 (IBM, NECbiglobe, Google, MicroSoft)
- また、東日本大震災後、通信ケーブル、通信システムを

はじめ情報通信機器関連メーカーによる防災・減災関連の技術開発努力<sup>10)</sup>や、衛星通信や無線端末を組み合わせた機動的な臨時インターネット環境実現<sup>11)</sup>への民間企業各社の協力が注目を集めた。

## 5.2 災害時における国、自治体、事業者の役割

東日本大震災の教訓を踏まえた ICT 災害対策の強化策は、総務省によって

1. 国等が中心となり取り組むべき事項
2. 国・電気通信事業者等が連携・協力しながら取り組むべき事項

3. 電気通信事業者等が中心となり取り組むべき事項のように、その役割分担を明示した表 3 によって今後取り組むべき事項<sup>12)</sup>が示されている。表 3 を見れば、情報通信インフラに関する災害対策は、国および通信事業者によって全て対処してくれるように見えるが、官庁用語である"等"の存在や事業者の定義の不明確さに留意しなければならない。

## 5.3 公共施設における公衆無線 LAN の整備

スマートフォンやタブレット端末をはじめモバイル機器の急速な普及を背景に、都市部の商業施設や大学キャンパス内において無線 LAN 接続拠点 (公衆無線 LAN スポット、Wi-Fi スポット) の整備が急増している。また、近年、商業施設だけでなく観光客の利便性向上を目的とした観光地においても公衆無線 LAN スポットが急速に増加している。

本県においても、図 7 に示すように、民間事業者の参入が見込めない公共施設を中心に、岡山情報ハイウエイをバックホール回線とする公衆無線 LAN サービス「おかもまモバイル SPOT」の整備が進められている。公衆無線 LAN スポットでは、スマートフォンやタブレット端末の利用者は、高額な携帯電話等の移動通信ネット

表 3 総務省における対応 (H24 情報通信白書<sup>12)</sup>)

<p><b>1. 緊急時の輻そう状態への対応の在り方</b></p> <p>1. 音声通話の確保          &lt;例&gt;交換機等の設計容量の見直し等による疎通能力の向上 <b>国等 事業者</b>          災害時優先電話の安定的な利用確保 <b>国等</b></p> <p>2. 音声通話以外の通話手段の充実・改善          &lt;例&gt;災害用伝言サービスの高度化 (横断的な検索) <b>国・事業者</b></p> <p>3. 災害時の通話手段に関する利用者等への情報提供          &lt;例&gt;輻そう時に音声ガイダンスによる災害用伝言板等への誘導 <b>事業者</b></p> <p>4. 輻そうに強いネットワークの実現          &lt;例&gt;耐輻そう性を重視した新技術の開発・検証 <b>国等</b></p>	<p><b>2. 基地局や中継局が被災した場合等における通信手段確保の在り方</b></p> <p>1. 被災した通信設備の応急復旧対応          &lt;例&gt;緊急通報のローミングの早期実現に向け、課題の解決等を図るための検討 <b>国・事業者</b></p> <p>2. 被災地や避難場所等における通話手段の確保・提供等          &lt;例&gt;自治体等への衛星携帯電話等の速やかな貸与 <b>国等</b>          災害時における通話手段として重要な公衆電話についての取組 <b>国・事業者</b></p> <p>3. 電源の安定的な確保          &lt;例&gt;燃料確保・輸送に関する関係行政機関の連携 <b>国等</b></p> <p>4. 緊急情報や被災状況等の情報提供          &lt;例&gt;携帯電話の緊急速報メールの有効活用 <b>事業者</b></p>
<p><b>3. 今回の震災を踏まえた今後のネットワークインフラの在り方</b></p> <p>1. ネットワークの耐災害性向上          &lt;例&gt;ネットワークの安全・信頼性確保の在り方についての検討結果を技術基準に反映 <b>国等</b>          ネットワークの耐災害性向上のための研究開発 <b>国等</b></p> <p>2. 災害に即応できる体制整備          &lt;例&gt;非常通信協議会の見直し <b>国・事業者</b></p>	<p><b>4. 今回の震災を踏まえた今後のインターネット活用の在り方</b></p> <p>1. インターネット接続機能の確保          &lt;例&gt;通信全体の疎通性の確保のため帯域制御の運用基準に関するガイドラインの見直し <b>国・事業者</b></p> <p>2. インターネットの効果的な活用          &lt;例&gt;インターネットの効果的な活用事例の収集・共有 <b>国・事業者</b></p> <p>3. クラウドサービスの活用          &lt;例&gt;自治体クラウドへの移行支援 <b>国等</b></p> <p>4. 災害発生時に備えた通信事業者の協力体制の構築          &lt;例&gt;異なる通信サービス間での効率的かつ即時の通信リソース融通のための研究開発 <b>国等</b></p>



ワーク料金を負担することなく、IEEE802の11g、11nや11ac規格の無線LANを通じて、より高速で安定なインターネット回線に接続することができる。このようなユーザに対する利便性の良さから、公衆無線LANスポットは、商業施設や観光地において、今後も確実に増加するであろう。

公衆無線LANスポットは、東日本大震災では、被災地や避難所において、積極的な通信手段としての確保・提供が行われ、その有効性が立証された。これは、大災害時において、確実性の高く安心できる通信手段は

インターネット > 携帯電話回線 > 固定電話回線の順であることから推測できる。災害対策としての公衆無線LANスポットの特徴や有効性を列挙すれば

1. 携帯電話等の移動通信網には発信規制の可能性
2. 民間通信事業者のインターネットをバックホール回線とする公衆無線LANスポットは商業・観光目的から自然に増加する
3. 岡山情報ハイウェイをバックホール回線とする公衆無線LANスポット（おかやまモバイルSPOT）
4. 大学等のSINETをバックホール回線とする公衆無線LANスポット
5. 公衆無線LANスポットの非常用電源確保
6. 災害時には、"認証なし"で、誰でも簡易に接続できる"仕組み"作り

のようになが、大災害時においては、取り分け6の"認証なしで接続できる仕組み"が重要である。避難訓練等の機会に併せて、"認証なしで接続できる仕組み"を広く公開し、その有効性を一般市民に浸透・認知してもらうことが必要である。

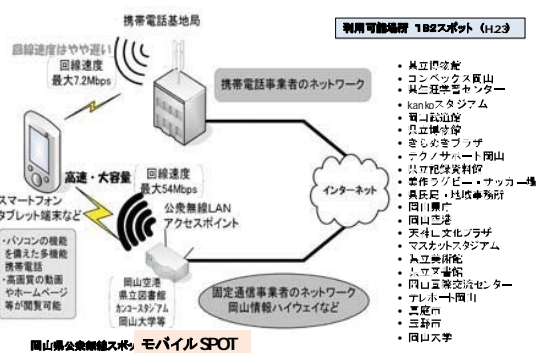


図7 公衆無線LANの拡充整備（モバイルSPOT）

#### 5.4 ソーシャルメディアの普及と活用

スマートフォンやタブレット端末は、PCと同等の性能を有しながら携帯性に優れ、タッチパネル操作できることなどから、急速に普及が進んでいる。

昨年度の民間調査によれば、携帯電話の出荷台数に占

めるスマートフォンの比率は約7割である。これに相応して携帯電話等の通信事業者も、4GやLTEといった高速移動通信ネットワークのサービスエリアを拡大する傾向にある。

一方、フェイスブックやツイッター等のソーシャルメディアの利用者は、スマートフォンやタブレット端末の普及と高速通信ネットワーク拡大を受け、近年、特に急増し、個人はもとより、企業の情報発信手段としても積極的に利用されている。フェイスブックの利用者は、全世界で10億人に達したとされ、また我が国のソーシャルメディア利用者も5千万人を越えているようである。

東日本大震災発生時においては、災害関連情報のタイムリーな発信手段として注目を集め、災害時の情報伝達手段としての無視し得ないツールであることを立証した。情報源の絶対的な信頼性を無視すれば、ソーシャルメディア情報は官民間問わず災害時における情報発信力の強化に欠かせない手段となっている。さらに公共無線LANスポットの増設が進展すれば、一層強力な情報発信手段として利活用することが可能となる。

#### 5.5 自治体クラウドとBCP対策

東日本大震災においては、自治体の庁舎が損壊し、住民情報等のデータが消失する被害が発生し、業務継続が困難なケースが発生した。自治体クラウドは庁舎から離れた場所にあるデータセンターに置かれた住民データ等の情報データを活用して業務を行うものであり、仮に災害等で業務継続ができない事態になっても、仮庁舎と当該データセンターとの間を通信回線で結ぶことにより、業務の再開が可能となるサービスで

1. コストの削減；情報システムを共同化・集約化することで「割り勘」の効果が働き、システムの運用コストの大幅な削減が見込める
2. 業務の軽減；情報システムを共同化・集約化することで、システム管理・運用に必要な人員や業務の負担が軽減できる
3. セキュリティの向上；24時間、365日の有人監視、厳重な入退室管理などにより、行政情報の高いセキュリティが確保できる
4. サービスの向上；行財政運営の効率化が実現し、浮いた資源を住民向けのサービスに再投資できる
5. 災害に強い；堅牢なデータセンターを利用することで、重要情報の保全性が高まり、震災時にも迅速な復旧が可能となる。

のようなメリット<sup>13)14)</sup>があるとされている。

岡山県においても、緊急事態の発生時、災害対策業務や優先度の高い通常業務についても継続が求められることから、全庁的な業務継続計画やIT部門の業務継続計画(IT-BCP)が策定されている。また、市町村と連

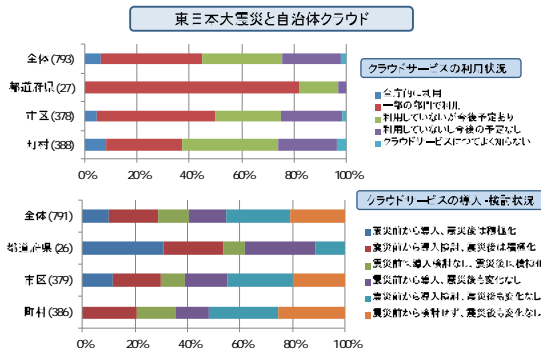


表4 自治体クラウドの利用と検討状況

携した「自治体クラウド」の推進により、情報システムの効率化やコスト削減はもとより、安全なデータセンターへのシステム設置により、住民データなど重要データの消失や情報システムの被災を防ぎ、災害発生時にも必要な業務の継続又は早期再開を図るとともに情報セキュリティ対策の強化が考えられている。この場合、岡山県では、岡山情報ハイウェイに接続された市町村公共ネットワークが災害時においても、致命的な損傷なしに稼働していることが前提となり、情報通信インフラの信頼性強化が必要不可欠な施策<sup>3) 5) 13)</sup> になっている。

また、複数の市町村を対象とした業務システムのクラウド化は、大きな事業規模となる可能性があり、クラウドに関する技術導入が、地域のIT産業の活性化<sup>3)</sup> につながるとも言われている。

自治体クラウドを利用または検討している自治体の割合は図4に示すように、全庁的な利用は6.3%と低いが、一部の部門における利用を含めると45%に及ぶ。導入検討は79%で、都道府県では全ての自治体で検討している。東日本大震災を踏まえた導入検討は40.2%、市区町村でも約4割が検討となっており、今後、自治体クラウドは着実に推進すると考えられる。

一方、民間企業においては、高速広帯域通信網の普及やコンピュータ処理性能の飛躍的な向上を背景に、クラウドコンピューティングの普及が進んでいる。クラウドコンピューティングは、業務の効率化やコスト削減手法として、東日本大震災を契機に、遠隔地にあるデータセンターへのデータやシステムの安全なバックアップ手段としても注目され、事業継続計画(BCP、Business Continuity Plan)対策の一つとして捉えられ、国内においては、既に約3割の企業が利用していると言われている。

東日本大震災を契機に、企業が災害発生時等に中核事業を継続するためBCP策定の必要性が認識されるとともに、事業継続の手段として、通信ネットワークはもとより、データの電子化とバックアップ、クラウドなど

ITの活用が注目されるようになってきている。

東日本大震災の経験から、被災地の企業の操業停止が全員の取引先企業の生産活動や事業活動に影響を及ぼすなど、企業が緊急時に中核事業を継続できなければ、被災企業だけでなく、社会的に大きな損失を与えることが改めて認識された。

本県においては、地震災害のリスクは相対的に低い土壌の上に、BCPの策定により、事業継続上のリスクを更に低くすることが、企業価値を一層高め、企業の優位性の更なる向上にもつながるものと考えられる。

このため、緊急事態にあっても企業が事業資産の損害を最小限にとどめつつ、事業を継続(早期再開)していくためのBCPが注目され、最近では、その策定が取引の条件とされる場合があるなど、企業経営にとって、必須のものとなっている。

一方、情報システムやネットワークは、今やICT関連企業だけでなく、あらゆる企業にとって事業継続に不可欠の事業資産となっており、緊急事態発生時に重要データの消失やシステムの被災を防ぐことはもちろん、データセンターやクラウド技術等、ICTの積極的な活用により、緊急事態が発生しても速やかに事業を継続できる体制を整え、企業の信頼性や競争力を高めることが求められるようになった。

クラウドサービスの普及や東日本大震災を契機としたBCPの需要増加などにより、また震災後の首都圏での電力供給事情の悪化等により全国的にデータセンターの立地が相次いでいる。本県も、地震等の自然災害の少など、情報通信インフラの整備・充実等の理由で、リサーチパークエリアに地方型データセンターが立地している。地方型データセンターは本県その他、石狩市、白河市、松江市、北九州市、沖縄県に設置されている。

## 5.6 防災・減災インフラの状態監視

河川洪水、土砂災害、竜巻注意や大雨警戒などの防災情報を収集する防災監視システムは、今口では観測地点から遙か遠方に置かれた監視事務所に通信インフラを通じて観測データを集め集計処理するシステム形態になっている。したがって、震災時においても通信インフラが正常に機能することが前提となっている。

東日本大震災前にはあまり注目されなかったことであるが、図8(a)に示すように、CCTVカメラや各種センサー類には、観測地点の近傍に必ず電源が必要である。東日本大震災の最大教訓は電源の消失であり、今日の通信ケーブルは光ファイバー化されているため観測事務所からの電源供給は期待できない。このため、東日本大震災後、観測地点での電源が不要な図8(b)に示すような光ファイバーセンサーシステムの考え方が注目を集めている。

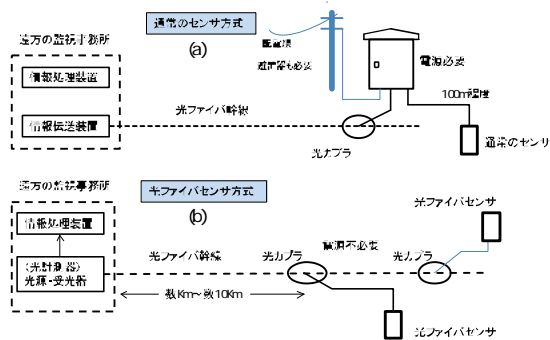


図8 光ファイバーセンサーシステム

光ファイバーセンサーは、センサー素子と光波の反射、透過、屈折、散乱等の本質的な性質、光ファイバブグテーティング構造等を一体利用した機能素子であり、その理論的解析<sup>15)</sup>は完了していた技術<sup>16)</sup>であるが、東日本大震災前には殆ど注目されなかった。なお、光ファイバーセンサーシステムは、観測地点で電源不要なためパッシブセンサネットワークとも呼ばれている。

情報通信ネットワークを利用した防災監視システムとして

- 防災カメラ、水位計、雨量計、浸水検知センサ等による河川の24時間監視
- リアルタイム映像を含む水位情報の複合情報のインターネット公開
- 水位情報と連動した土砂災害警戒情報の配信

などが実用化しているが、大震災に 대해서는、図8に示すようなパッシブセンサネットワークへ移行することがシステムの信頼性強化になる。

## 6 おわりに

情報通信技術は防災・減災に関して直接的な役割は演じ得ないが、他の防災・減災システムのソフトウェア的な役割を担い、震災対策にとって必要不可欠な基礎技術である。これは、東日本大震災を契機に、震災時における情報通信インフラの復旧・確保が最重要課題になり、今や、ICTが地域住民のライフラインであることは共通認識となっている。岡山県の情報通信インフラは、民間事業者の通信ネットワークだけでなく、県が直接運用する岡山情報ハイウェイが長存し、バックアップ回線や多ルート化等の側面で、それだけ冗長度が高く信頼性の高いインフラであるが、東日本大震災の教訓を踏まえて強化策によって、一層信頼度の高い強固な情報通信インフラへと脱皮成長することを期待する。また、このような他県と比べての優位性を、継続的に維持するための積極的な努力を岡山県に期待する。

最後に、大震災時における被害の拡大防止や迅速な復

旧活動には、最悪状態でも最小限の情報伝達手段が確保されていることが重要である。このため、スマートフォンやタブレット機器の急速な普及、災害時においてもインターネットが利用可能な通信環境にあること等を考え、避難および待避所等において、大震災時に"認証なしで誰もが接続できる仕組み"を持った公衆無線LANスポットの全県的な整備拡充を切望する。

謝辞 本調査研究にあたり、岡山情報ハイウェイの現状把握と他府県の防災・減災に関する情報収集に熱意を持って奔走して頂いたNPO地域ICT普及協議会の方々、並びに東日本大震災における通信インフラ関連の詳細な被害状況を提供して下さいた岡山県庁の情報政策課の皆様深く感謝の意を表す。

## 文献

- [1] 平成23年度情報通信白書，総務省 2012.
- [2] 平成24年度防災白書，内閣府 2013.
- [3] 第5次おかやまIT戦略プログラム，岡山県，2013.
- [4] 東日本大震災に関する被害状況等について，総務省，東日本大震災に関する被害状況等について（3月11日17時現在），2011
- [5] 都道府県CIOフォーラム資料，日経BPガバメントテクノロジー，2014.
- [6] 東日本大震災における地方公共団体情報部門の災害時の取り組みと今後の対応のあり方に関する調査研究報告，J-LIS地方公共団体情報システム機構，2014.
- [7] 岡山情報ハイウェイ利活用ワーキンググループ取りまとめ等の会議資料，岡山県，2012.
- [8] 大江，植原；"東日本大震災被災地における情報格差解消への取組"，IEICE，Vol.95，No.3，pp.213-218，2012.
- [9] 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方について，総務省，大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会 最終取りまとめ，2012.
- [10] 常田他；"大規模災害時での移動通信ネットワーク動的制御技術の研究開発"，日立ソリューションズ東日本技法，第19号，pp35-43，2013.
- [11] 木下直；"東日本大震災におけるインターネットが果たした役割と今後の期待"，IAJapan Review，NEWS REPORT，Vol.11 No.4，pp.4-5，2012.
- [12] 平成24年度情報通信白書，総務省 2013.
- [13] 自治体クラウドで行政が変わる，総務省，自治体クラウド解説用リーフレット，[http://www.soumu.go.jp/nai\\_n\\_content/000153859.pdf](http://www.soumu.go.jp/nai_n_content/000153859.pdf)
- [14] 災害に強い地方公共団体の情報システムの在り方に関する調査研究，財団法人地方自治情報センター，2013.
- [15] 例えば，大下，日北，松本，浅居 "空間高調波展開による多層Fiber Bragg Gratingの解析"，ICE & IEICE技術研究会資料，EMT-06-102，2006.
- [16] 藤原，宮本，奥津(監)，奥津(大) "光ファイバセンシング技術を用いた防災分野への取り組み"，NTT技術ジャーナル，2007.