

## 避難時間を可視化する防災マップ作成 Web システムの開発

Development of Web System to Create Disaster Prevention Map to Visualize Evacuation Times

谷岡 遼太<sup>†</sup> 吉野 孝<sup>††</sup> 江種 伸之<sup>††</sup>

Ryota Tanioka Takashi Yoshino Nobuyuki Egusa

### 1 はじめに

災害対策に地理空間情報の利活用は欠かせない。国土地理院は、2016 年の熊本地震発生の翌日から、自身が運用する Web 地図システム<sup>\*1</sup>上に被害状況を示す空中写真を公開した。この事例は、Web を通じた広範囲で迅速な地理情報の提供が有用であることを示すとともに、非常時に急拡大する地理データの需要を示唆している。これらのデータを扱う情報システム技術の運用方法および提供手段について、公的機関や企業などが模索を続ける<sup>\*2</sup>。一方、地域住民への周知や防災教育という指針においては、ワークショップなどの地域密着型イベントの存在が大きい。日建設計有志が考案した「逃げ地図」プロジェクト [1] でも、埼玉県秩父市や岩手県陸前高田市などの災害リスクが懸念される地域を中心に、地域住民が参加する防災マップ制作イベントの企画に努めている [2, 3]。

「逃げ地図」は、「時間避難距離地図」を正式名称とする [1]。逃げ地図の制作イベントでは、参加者らが色ペンなどを用いて地図上の道路を塗り分けることで、地域住民が避難までに要する時間を、わかりやすく楽しく可視化する。具体的には、高齢者がゆっくり歩く程度の歩行速度を 43m/min に設定し、3 分間の歩行距離 (129m) ごとに道路の塗り分ける色を変更する。このような逃げ地図制作の現場では、汎用的な地理実用データの創出よりも、実践過程で形成される参加者間のリスク・コミュニケーションを重視している。しかし、紙地図による制作手法では、情報の信頼性や統一性が確保されない点、局所的な防災ノウハウが地域全体に拡散されにくい点が課題として考えられる。

「逃げ」視点から具体的な構想を巡らせる逃げ地図制作は、地域住民に潜在する防災志向な情報を効率よく引き出せる可能性がある。こうして得られた局所的な情報は、地域住民以外の人々を含む多人数で共有されることで、ノウハウの循環や行政の施行を含む多くの応用可能性が考えられる。上記の実現には、これらの情報を永続的に記録し、多くの人々が閲覧できる環境が必要となる。

そこで我々は、デジタル上の逃げ地図作成を目的とした Web システム「逃げシルベ」を開発した。従来の逃げ地図が、1 つの紙地図を多人数で囲いながら制作を実施することに対し、本研究では、PC 利用者を対象とした個人向けの逃げ地図の利活用を目指す。Web を利用できる誰もが、遠隔で情報の提供やデータの整備に努めることで、デジタル上の新しい逃げ地図制作の在り方を検討する。本稿では、アナログ手法とデジタル手法の双方の制作実験から得られた考察から、デジタル上の逃げ地図に期待される設計要件についてまとめる。

2 章で、関連研究について述べる。3 章で、開発システムに

ついて述べる。4 章で、逃げ地図制作に関する実験について述べた後、5 章でその結果と考察について述べる。最後に、6 章で本稿の結論についてまとめる。

### 2 関連研究

総務省消防庁<sup>\*3</sup>の定める「市町村における津波避難策定指針」では、地域住民の主体的な行動を醸成する防災教育が推奨されており、逃げ地図はその一連のプロセスの中に位置づけられる [1]。山本らは、逃げ地図作成の手順と方法について以下の項目にまとめている [1]。

- (1) 逃げ地図の作成範囲の検討
- (2) 避難目標地点の設定
- (3) 避難障害地点の設定
- (4) 避難時間の色分けと避難方向の表示
- (5) 作成した逃げ地図をもとに津波避難対策の検討

ワークショップでは、制作した逃げ地図をもとに意見交換を行い、地域が抱える潜在的なリスクや脆弱性を認識させることで、参加者らに津波避難対策の主体的検討を試みる。上記のような活用事例のほか、地図上に警戒区域を示した土砂災害対策に対する考慮 [2] や、地図デザインを工夫したアート作品への応用 [3] が考案されるなど、防災分野における逃げ地図の用途は幅広い。本研究では、アクティブラーニングの促進を源流とする本来の逃げ地図の観点を尊重しつつ、不特定多数の PC 利用者を対象とした個人の逃げ地図制作について分析する。

逃げ地図のデジタル化の動向については、建築用の歩行者シミュレーションソフト「SimTread 2」<sup>\*4</sup>への応用例がある。このような逃げ地図のシミュレーション機能は、施策費用の検討を主目的とする場合が多いことから、行政や建築の分野の中で有益とされる側面が強い。商業的な実用例では、ホンダがスマートフォン向けインターナビ関連アプリケーションに逃げ地図表示機能を搭載した [4]。同じ Web システムとしては、地図上に避難所を配置することで逃げ地図を描画する「逃げ地図 2.0」 [5] の開発事例がある。これらの事例は、いずれも限定した地域に対する用途に特化しており、開発者または地域住民にとって、広域活用に必要なコスト量が多い。近年、全国的な取り組みによって地理データが整備されつつある中、本研究では各自治体が提供するオープンリソースを用いることで、広範囲にわたる汎用的な逃げ地図制作環境の開発を目指す。

山田らは、津波避難計画における避難時間を GIS を用いて可視化し、関連施設の配置計画を検討した [6]。この研究では、避難時間と人口を用いた定量的な評価から、避難施設の数理的な最適配置パターンを示した。同氏が記す課題には、現実的な配置問題や、年齢別歩行速度、避難行動の加味など、局所的な情報とその多様性に関する議論余地が含まれている。本研究と

<sup>†</sup> 和歌山大学大学院システム工学研究科, Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

<sup>††</sup> 和歌山大学システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

<sup>\*1</sup> 地理院地図: <http://maps.gsi.go.jp>

<sup>\*2</sup> 地理空間情報に関する意欲的な意見交換機会の事例として、地理院地図の地理院地図パートナーネットワーク (<http://ccpn.gsi.go.jp>) が挙げられる。

<sup>\*3</sup> 総務省消防庁: <http://www.fdma.go.jp>

<sup>\*4</sup> SimTread 2: <http://www.aanda.co.jp/products/simtread/>

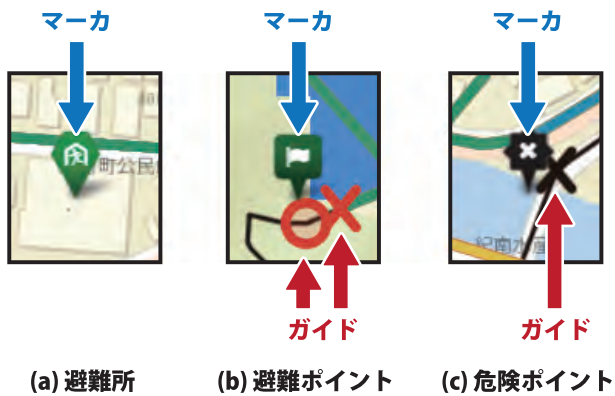


図 1: 地図上に設置できるマーカーの種類

は、避難時間の可視化において、地理データを用いた情報技術による工夫を導入する点で一致する。本研究では、デジタル上における逃げ地図制作の実現という観点から、地域住民やその他の利用者が提供する多様な情報を共有できる環境について模索する。

本研究が目標とする、地理空間情報または局所的情報の共有という観点では、防災科学技術研究所の Web マッピングシステム「e コミマップ」が先行研究に挙げられる。e コミマップは、地域住民自らの地図作成と、グループ内外との情報共有を目標としたオープンソースプロジェクトである。この研究では総合的な防災関連情報を扱うが、逃げ地図制作を主軸とする本研究とはアプローチが異なる。

なお、Web 上では局所的情報を、コミュニティ目的のコンテンツとする観点が見られる<sup>55</sup>。本稿からは、停電によって Web の閲覧できなくなった被災地における既存のコミュニティの存在を説いた上で、Web が閲覧できる環境との情報キャップを埋める支援の重要性を指摘している [7]。このことは、局所的情報の参照機会の拡大が、防災・減災対策につながることを示していると考えられる。

### 3 逃げシルベ

#### 3.1 システムの設計方針

本システムは、サーバ・クライアントともに JavaScript で動作する。逃げ地図作成の手順と方法 [1] に則り、本システムを用いて逃げ地図を制作する上で、必要になると考えられる 3 項目について以下に示す。

##### 地図、道路、浸水域の表示

地図上に道路と浸水域を重ねることで、システム利用者に、次項目で述べるマーカーを設置してもらう。日本全国の道路網データに、国土地理院の道路中心線<sup>56</sup>を用いる。地図の表示には Leaflet<sup>57</sup>を用いて、システム画面内で日本全国地図を自由に閲覧、拡張できる仕組みとする。また ESRI ジャパン<sup>58</sup>、国土地理院<sup>56</sup>などがそれぞれ提供する地図タイルを、利用者が選択できる仕組みとする。

##### 避難所、避難ポイント、危険ポイントの設置

逃げ地図では、避難目標地点への到達および避難障害地点の回避が被災者に求められる [1]。避難目標地点は、

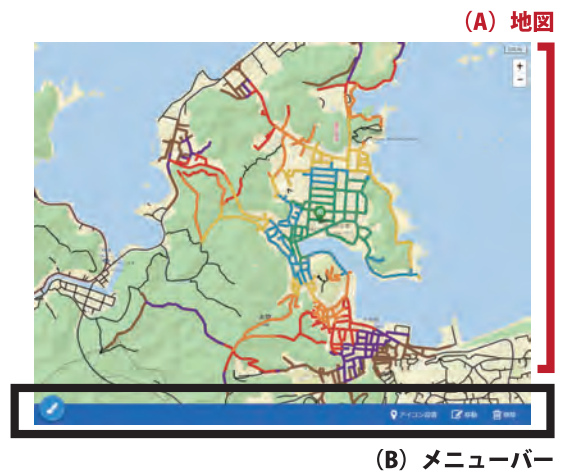


図 2: システムの画面例

避難所のほかに、浸水域の境界線と道路が交差する地点（以下、「避難ポイント」と表記する）を含む。避難障害地点（以下、「危険ポイント」と表記する）は、津波被害の危険性が高い橋や、土砂崩れの恐れがある場所などの、避難の障害となる地点を示している。図 1 に、(a) 避難所、(b) 避難ポイント、(c) 危険ポイントを意味するマーカーの種類を示す。本システムでは、それぞれのイメージとなるイラストアイコンが付けられたマーカー（図 1 中の青矢印）を、地図上の任意の位置に設置できるものとする。マーカーが設置された時、マーカーと近接する道路への影響を提示するために、図 1 中の赤矢印に示すように、次項目で詳しく述べるマル印とバツ印のガイドが表示されるようにする。

##### 逃げ道の表示

本システムでは、時間避難距離を示す色別道路（以下、「逃げ道」と表記する）をダイクグラム法を用いて計算し、短時間内に描画できるようにする。具体的には、図 1 (a) 避難所および (b) 避難ポイントに近接する道路ノードを始点として周辺道路を探索し、129m ごとに分割された周辺の道路を色別に可視化する。ただし、図 1 (b) 避難ポイントを到達地点とする被災者が、避難ポイントから二番目に近い道路ノード（赤のバツ印）から最も近い道路ノード（赤のマル印）の方向に逃げ込むことを想定し、赤のバツ印から逃げ道が描画されるものとする。また、(c) 危険ポイントに近接する道路ノード（黒のバツ印）は、探索先の対象外とすることに注意する。

#### 3.2 システムの機能

図 2 に、開発システムの画面例を示す。本システムの画面は、図 2 (A) 地図と (B) メニューバーから構成される。システムの利用者は、(B) メニューバーから「見たい目」メニューと「編集」メニューの 2 種類のうち、どちらかを選択することで、関連する本システムの機能を利用できる。

「見たい目」メニューでは、(A) 地図タイルの選択機能、(B) 浸水域の表示機能、(C) 印刷機能が利用できる。具体例として、図 3 に (B) 浸水域の表示方法について示す。以下にその手順を述べる。

- (1) システム画面の左下（赤丸）のスピードダイヤルから「見たい目」メニューを選択する。

<sup>55</sup> Chakuriki: <https://wiki.chakuriki.net>

<sup>56</sup> 国土地理院: <http://gsi.go.jp>

<sup>57</sup> Leaflet: <http://leafletjs.com>

<sup>58</sup> ESRI ジャパン: <https://www.esri.jp.com>

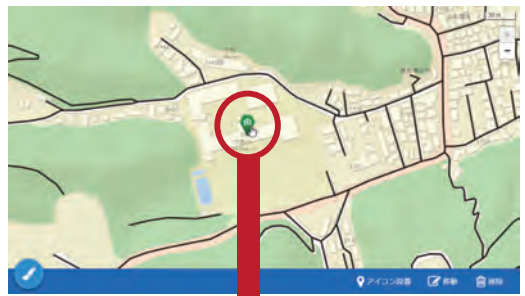


- (1) 「見たい目」メニューを選択
- (2) 浸水域ボタンを選択



- (3) 地域を選択

図 3: 浸水域の表示方法



- (1) アイコンをクリック



- (2) 逃げ道の自動描画ボタンをクリック



- (3) 周辺の道路に逃げ道を自動描画

図 4: 逃げ道の表示方法

- (2) システム画面の右下（黒丸）のボタンから浸水域選択ダイアログを表示させる。
- (3) ダイアログ上で、浸水域を表示させたい地域を選択する。

(A) 地図タイルの選択機能でも、図 3 に示す同様の手順で地図タイルの切り替えが可能である。(C) 印刷機能では、Web クライアント標準の印刷機能を実行できる。

「編集」メニューでは、(D) マーカ設置機能、(E) マーカ移動機能、(F) マーカ削除機能が利用できる。(D) マーカ設置機能では、図 1 に示す各マーカを地図上に設置できる。(E) マーカ移動機能では配置先の移動、(F) マーカ削除機能では削除の対象となるマーカを選択できる。

図 1 に示すマーカのうち、(a) 避難所と (b) 避難ポイントは、自らを到達点とする逃げ道を周辺に描画できる機能をもっている。図 4 に、逃げ道の表示方法について示す。以下にその手順を述べる。

- (1) 避難所および避難ポイントのマーカをクリックし、ダイアログを表示させる。
- (2) ダイアログ中の自動描画ボタンをクリックする。

図 4 (3) は、クリックされた避難所を基準に逃げ道が描画された例を示している。逃げ道は、道路データをたどりながら 129m ごとに色を塗り分けながら表示される。

## 4 逃げ地図制作に関する実験

### 4.1 実験概要

本実験では、本システムの利用とデジタル逃げ地図に関する調査を目的に、和歌山県太地町の逃げ地図制作を行った。実験協力者には、システムを利用する前に、簡単な制作作業を通じて、逃げ地図に関する最低限の知識を共有してもらうことと

した。そのため、協力者には、紙とペンを用いた制作（アナログ手法）と逃げシルベを用いた制作（デジタル手法）の 2 手法を順に行ってもらった。アナログ制作にかかったおおよその時間から、それぞれ 60 分を目安に各制作を実施した。2 手法の実施後、協力者に事後アンケートを配布した。事後アンケートでは、以下の内容について協力者に回答してもらった。

- アナログ手法と比較して、今回のデジタル手法が不足していた点
- デジタル手法を用いることで、従来の逃げ地図に追加できそうな要素および機能
- 逃げシルベの良かった点、悪かった点、改善点

実験は、2017 年 7 月 22 日に大学施設内で実施した。実験協力者はシステム工学部の大学生または大学院生の 10 名（21-24 歳、平均 22.7 歳、標準偏差 0.95 歳、男性 6 名、女性 4 名）である。10 名は太地町の地理に疎く、逃げ地図制作は未経験である。



図 5: 実験中の様子 (アナログ手法)

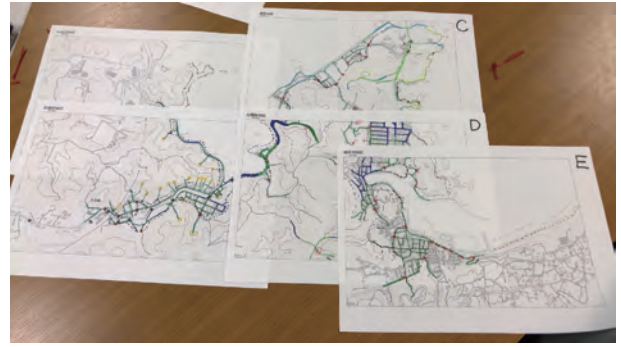


図 7: 協力しながら制作された逃げ地図 (アナログ手法)



図 6: 実験中の様子 (デジタル手法)



図 8: 個人が制作した逃げ地図 (デジタル手法)

制作にあたって、浸水域と避難所は両手法とも同じ情報<sup>9</sup>が記載された紙地図を参照するよう指示した。ただし、デジタル手法における浸水域については、逃げシルベの表示機能を利用するよう指示した。

#### 4.2 アナログ手法の手順

実験前の準備として、太地町内の浸水域と避難所の位置がわかる地図をそれぞれ印刷した。ペンで書き入れるための地図として、主な浸水域を含む太地町の地理院地図<sup>9</sup>を5分割し、A3用紙5枚に印刷した<sup>10</sup>。協力者10名を1室に集め、10分程度の説明を行った。その後、協力者全員が協力して地図に書き入れる形で、逃げ地図の制作を行ってもらった。図5に、実験中の様子を示す。質疑応答のために、逃げ地図制作経験のある筆者が制作時に付き添うものとし、協力者らに作業の分担と手伝いを依頼した。結果的に、1つの地図に2名ずつが中心となって制作を行った。制作開始から60分を経過した時点で作業を終了させた。

#### 4.3 デジタル手法の手順

協力者全員に向けて、10分程度、逃げシルベの説明を行った。その後、各自が普段利用するPCから逃げシルベにアクセスしてもらい、逃げ地図の制作を行ってもらった。図6に、実験中の様子を示す。結果的に、協力者らは3名、3名、4名ずつに分かれ、それぞれ同じ部屋にあるPCを利用した。質疑応答のために、制作時には筆者が各部屋の様子を見回るものとし

た。協力者らにはタスクとして、システム画面の記録を依頼した。制作開始から60分を経過した時点で作業を終了させた。

### 5 実験結果と考察

図7と図8に、各手法によって制作された逃げ地図を示す。図7は、協力者10名が協力しながら制作した5枚の地図を重ね合わせた様子を示している。図8は、協力者各々が逃げシルベを用いて制作した逃げ地図のうち、3名の地図を示している。アナログ手法による制作中、地図同士の接合部分や重複部分に対する不満が協力者間で述べられた。つまり、分割地図の作業を分担した場合、各地図上の境界付近の情報は、他の地図上の情報が考慮されない。したがって、地図中央に収まらない地域は、逃げ道の議論が疎かになる事態が発生する。こうした地域範囲の指定に関する注意は、紙地図の印刷を担当する制作イベント側がとくに留意する必要があると考えられる。一方でデジタル手法による制作では、地域範囲と縮尺を利用者が指定できるために、地図を分割しない制作が可能である。このことから、地図上全域にわたる公正な情報補完と、有形コストに関する配慮の低減が、デジタル手法のメリットに含まれると推察できる。

表1に、事後アンケートにおける主な回答内容を示す。表1では、協力者間で重複した自由記述の内容について、アナログ制作と比較した場合のデジタル制作における利点と不満点、本システムの改善点の3つに分類してまとめている。

表1より、実験協力者10名中の7名が、(1)逃げ道の自動描画の利便性について記述した。この自動描画の不満点については、実験協力者10名中の5名が、(5)描画ボタン操作の

<sup>9</sup> 浸水域は和歌山県総合防災が公開する平成17年度津波浸水想定図(東海・東南海・南海3連動地震)(<http://bousai-portal.pref.wakayama.lg.jp>)、避難所一覧地図は太地町(<http://www.town.taiji.wakayama.jp>)が公開する津波ハザードマップを利用した。

<sup>10</sup> 地図の縮尺は25000分の7とした。

表 1: 事後アンケートにおける主な回答内容

種別	回答内容	回答者 <sup>1</sup> (名)
利点	(1) 逃げ道の自動描画	7
	(2) 地図の拡張	3
	(3) 浸水域の重畳表示	2
不満点	(4) 多人数による共同作業の欠如	6
	(5) 描画ボタン操作の面倒	5
	(6) 避難所・避難ポイント設置の面倒	4
改善点	(7) 動作の不安定	8

<sup>1</sup> 実験協力者 10 名のうち、何名が回答の中で言及したかを示す。

面倒さを記述した。操作の面倒については、「一定範囲をまとめてできると嬉しい」のような、システムデザインの改善方法を見据えた意見として得られた。しかし、これらの結果からわかる重要性は、回答者が逃げ地図制作の自動描画を進んで受け入れている点にある。「色を自分でつけなくてよいのは楽だし、面白かった」との記述からみられるように、1本1色の逃げ道を描き入れる手間や理解を省略した場合でも、本来の逃げ地図がもつ可視性が、制作の面白さを引き出している可能性が考えられる。

表 1 より、実験協力者 10 名中の 3 名が、(2) 地図の拡張の利便性について記述した。ただし、「縮小拡大ができるのでどれくらいの距離でアイコン(マーカ)を置いたらいいのかわからない。最初につまづいた」「アナログ作業の曖昧さが許容されない」との記述からみられるように、地図の拡張機能が必ずしもデジタル上の利点になりうるとは限らないことがわかった。後者の意見は、情報の正確性や信頼性が強く求められない環境だからこそ、地域住民が気楽に参加しやすい、とのアナログ制作の利点を示唆する内容でもある。

表 1 より、実験協力者 10 名中の 2 名が、(3) 浸水域の重畳表示の利便性について記述した。また 10 名中の 4 名が、(6) 避難所・避難ポイント設置の面倒さについて記述した。この 2 点は、システムが提示すべき地理データの量を吟味する上では、重大な意見となる。「自動でできる部分は自動で行い、新しい役立つ機能をつけるべき」との記述がみられたことから、既存の地理データを参考に制作する過程よりも、制作結果の活用や情報補完に関する機能が求められる可能性があることがわかった。例えば、システム利用者が道路網を拡張したり、避難所情報について「逃げ」視点から付与したりするなど、既存の地理データを利用者が逐一更新できる機能が検討できると考えられる。ただし、「紙に比べて確認しながら、作業をしなかった。とりあえず交差する部分を探した」との記述からみられるように、地理データの用意はデメリットとしても挙げられた。

表 1 より、実験協力者 10 名中の 6 名が、(4) 多人数による共同作業の需要について記述した。「リアルタイムで何人も作業できるならさらに早く終わりそう」「個人作業は退屈だった」との記述からみられるように、デジタル上の逃げ地図でも、他の利用者との協力関係やコミュニティ要素の付加が期待されることがわかった。情報共有機能は、前述した情報の正確性や信頼性について、場合によってはアナログ制作の参加者を上回る多人数で補完し合える可能性がある点で、逃げシルベにおける重要なニーズであると考えられる。そして、こうしたニーズは、「アナログのように人とワイワイしながら地図作成できる要素があるとモチベーションが上がりそう」との記述からみられるように、楽しむことに主眼をおく逃げ地図ならではの性質であるとも考えられる。システム利用者を楽しませるには、リアルタイ

ム性の高い制作環境や、ゲーミフィケーションの実装による工夫が検討できる。

改善余地としては、実験協力者 10 名中の 8 名が、(7) 動作の不安定について記述した。この点では今後、サーバにかかる負担や設計を見直すことで、多人数利用に対応する Web システムの開発を目指す。その他の改善点に関する記述内容としては、「正確に避難所を設定できるように住所入力で避難所が設置できるといい」「コメントや写真、危険度の付与」「避難所の利用ケース(津波時なのか土砂崩れなのかなど)の情報」「今いる場所や指定した地点からの逃げルートの可視化」などの意見がみられた。

## 6 おわりに

本稿では、避難時間を可視化する逃げ地図作成 Web システムの開発について述べた。本研究では、従来の逃げ地図制作の再現に必要な最低限となる実装項目を挙げ、実際に開発したシステム「逃げシルベ」の利用実験から、デジタル上の逃げ地図を制作してもらった。従来のアナログ手法との比較から、デジタル上の逃げ地図に期待される開発要件についてをまとめた。

今後は、利用実験で得られた知見から設計項目を見直し、多人数による共同作業を実現させる。また、道路の拡張やユーザ別管理機能など、デジタルならではの機能を実装し、アナログ手法との比較から逃げシルベの設計方針を模索する。さらに、Web システムの長期公開実験から、デジタル版逃げ地図が与える各利用者への影響と、防災面の貢献について検証する。

## 参考文献

- [1] 山本俊哉, 谷口景一郎, 大崎元, 重根美香, 羽鳥達也, 木下勇: 逃げ地図作成ワークショップの標準的なプログラムの開発-多様な災害からの逃げ地図の作成・活用に関する研究(1)-, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2016(都市計画), pp. 919-920 (2016)。
- [2] 天野友貴, 山本俊哉, 大崎元, 井上雅子, 木下勇: 土砂災害からの逃げ地図作成の可能性と課題-多様な災害からの逃げ地図の作成・活用に関する研究(2)-, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2016(都市計画), pp. 921-922 (2016)。
- [3] 森脇環帆, 山本俊哉, 山中盛, 木下勇: 陸前高田市における逃げ地図を活用した防災アートプログラムの開発と試行-多様な災害からの逃げ地図の作成・活用に関する研究(4)-, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2016(都市計画), pp. 925-926 (2016)。
- [4] ホンダ: スマートフォン向けインターナビ関連アプリの防災・減災に役立つ機能を強化, 入手先 < <http://www.honda.co.jp/news/2013/4130301.html> > (参照:2017-07-24)
- [5] 47NEWS: リスクを可視化、対話を支援 企業ボランティア考案の「逃げ地図」, 入手先 < <http://www.47news.jp/47gj/furusato/2012/12/post-880.html> > (参照: 2017-07-24)。
- [6] 山田悟史, 吉川優矢, 大山智基, 宗本晋作: GIS を用いた津波避難計画における避難時間の可視化と関連施設の配置計画に関する研究, 日本建築学会, 第 37 回情報・システム・利用・技術シンポジウム, pp. 91-96 (2014)。
- [7] 本條清一郎, 遊橋裕泰, NTT ドコモモバイル社会研究所: 災害に強い情報社会 東日本大震災とモバイル・コミュニケーション, エヌティティ出版 (2013)。