

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 30 日現在

機関番号：32522

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03256

研究課題名（和文）避難訓練および防災教育用サイン教材データベースの開発

研究課題名（英文）Development of a Sign Database for Disaster Prevention Education and Evacuation Drills

研究代表者

松岡 東香（Matsuoka, Haruka）

清和大学・法学部・教授

研究者番号：10406887

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：減災や防災に貢献するべく、避難訓練や防災教育用サイン教材の開発と普及方法の検討を行った。災害弱者への対応を念頭に、ツールを使用した分析や文献調査から現行の防災関連資料/教材の問題点を抽出。教材のユニバーサル化に向け、外国人も対象に含めたアンケート調査により、防災行動を示すピクトグラムに付加する言語情報の種類や量の適正化を図った。蓄積した知見に基づき、ピクトグラム、モーショングラフィックス、仮想空間における教材掲示の3Dシミュレーションなど数十点を作成したほか、配信用サーバの構築やポータルサイトのUI設計などを行った。これら一連のプロセスの試行により、ユニバーサル教材の開発と普及に道筋を付けた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自治体の刊行物と防災ポータルサイトの分析や文献調査により、ユニバーサルデザインの欠如、ピクトグラムの有用性、災害弱者への配慮点などを明らかにした。これらの知見に基づき数十点のピクトグラムを作成し、外国人を対象に含めたアンケート調査により認知傾向の差異や言語情報の効果を示した。また、モーションピクトと実写動画を用いた感性評価の結果から、学習上の効能も明確になった。全天球カメラの写真や3DCGを使ったVRコンテンツ制作による掲示シミュレーション、配信サーバの構築、ポータルサイトのUI設計、オンプレミス型とクラウド型の運用面における詳細な比較を通し、減災教育教材の開発と早期普及への方策と課題を示した。

研究成果の概要（英文）：Evacuation drills and disaster education materials were developed, and methods of dissemination were examined. With consideration for groups that might experience problems or hardships under these conditions, such as the elderly and foreigners, software-based analysis and a literature survey were conducted to clarify problems with current disaster prevention-related materials. To give the materials created in this study greater universal appeal, questionnaire surveys targeting student groups, including non-Japanese subjects, were conducted. The type and amount of information contained in pictogram teaching materials indicating disaster prevention behavior were then adjusted in a manner consistent with this consideration. Dozens of pictograms, motion graphics, and 3D simulations were finally created. In addition, a server for distributing them was constructed and a portal site was designed. These processes demonstrated how to develop and disseminate this kind of educational materials.

研究分野：教育工学、情報デザイン、地球科学、技術経営

キーワード：防災教育 ピクトグラム ユニバーサルデザイン 3Dシミュレーション 感性認知評価

1. 研究開始当初の背景

日本は災害大国であり、本研究助成の申請年に発生した令和元年東日本台風（台風第19号）においても、人的被害として死者105名、行方不明者3名、重傷者43名、軽傷者332名が記録されている。こうした人的被害の多くは、避難行動の誤りや遅れ、ハザードマップの未確認といった、いずれも避難訓練や防災教育の浸透によって防げる類のものである。近年、防災に関する教材は増えたものの、その多くは自治体発行のパンフレットやハザードマップが中心であり、災害弱者である年配者や年少者へ特別に配慮されたものは少数である。また、教育機関においては、理科の一部として地震や火山といった自然現象に関する知識教育や避難訓練は存在するが、それらを融合した教材、すなわち知識と実践を融合させた教材は少なく、全国規模での統一的な防災教育は未だ成り立っていない。

災害弱者を対象者に含めた統一的な防災教育の確立に向け、防災行動を含めた標準サインの充足、直感的な理解を可能にする視覚教材の拡充、そしてそれらの早期普及が重要となる。防災サインの現状について、複数県の海拔表示板を例に予備調査を行ったところ、アイコン、色、表示情報が未だ統一されておらず、災害弱者には理解困難なものも散見された。また、市民にとって最も身近な防災教材となる自治体刊行物として茨城県下数市の刊行物を収集したところ、掲載内容にバラつきが見られ、災害弱者への配慮も十分とは言えなかった。サインの研究成果物としては、国土交通省総合政策局交通消費者行政課監修「公共交通機関旅客施設のサインシステムガイドブック」（2002）、一般社団法人日本標識工業会の防災標識ガイドブック「災害種別避難誘導標識システム」（2016）、三輪（2019）による「避難所案内用ピクトグラム」、Adobe社が提供する「Natural Disaster Warning Signs, Caution, Danger, Hazard Symbol Set」等が存在するが、上述のとおり、避難訓練や防災教育への導入は進んでいない。

2. 研究の目的

- (1) 現行防災関連資料／教育に関する災害弱者対応を念頭に置いた問題点の抽出
- (2) 災害弱者に対応し得る防災行動教育用教材の考案と必要要件の解明
- (3) 考案した教材の普及手段に関する考察

3. 研究の方法

- (1) 災害弱者対応を念頭に置いた現行防災関連資料／教育に関する問題点の抽出

現行の防災関連資料／教材の調査対象には、高齢者を含めた一般市民にとって最も身近な防災資料／教材として自治体発行の刊行物に着目した。コロナ禍であったため、調査範囲を茨城県つくば市近隣の5つの自治体に限定し、役所で配布されている46のパンフレットやリーフレットを収集。その掲載項目や統一性について調査を行った。

また、ユニバーサルデザインの導入進捗については、来訪者の多い観光地である五稜郭、東京ディズニーランド、浅草、ユニバーサルジャパン、道後温泉、ハウステンボスを内包する北海道函館市、千葉県浦安市、東京都台東区、大阪府此花区、愛媛県松山市、長崎県佐世保市の国内6地域における水害ハザードマップをPDFデータとして収集。国内におよそ300万人潜在すると見積もられる色覚異常を抱える人々への配慮状況を点検するため、ハザードマップを同一の情報端末にて表示し、Adobe社Illustratorを用いてP型色覚、D型色覚の見え方を確認した。さらに、高齢者への見え方をシミュレーションするべく、GrayGamma1.8でグレースケールを作成し、スマートフォンアプリ「色のシミュレーション」を使用して配色のコントラストを確認した。

- (2) 災害弱者に対応し得る防災行動教育用教材の考案と必要要件の解明

CiNiiおよびGoogle Scholarを使用し、「防災教育」「ピクトグラム」「ユニバーサルデザイン」「災害弱者（外国人、障がい者、子ども、高齢者のキーワード含む）」といったキーワードによる検索結果から、本研究に関連すると考えられる研究論文・記事28件、書籍8冊について精査し、防災教育の現状、ピクトグラムの効果、災害弱者への対応策、公共サインなどについて分析を行った。

防災行動を示すサイン教材の考案にあたっては、文献調査による過去の災害事例を参考にシミュレーションを実施。想定し得る限りの防災行動をリスト化し、ラフ画を作成後にデザインの検討を行った。ピクトグラム化された図案については、Adobe社のIllustratorを使用してデジタル画像を作成し、汎用性の高いPDFファイルに変換して蓄積した。本作業にあたっては、国土交通省「案内用図記号（JIS Z8210）」（令和元年7月20日）掲載のピクトグラムを一部に使用した。その際、テキスト情報との親和性や理解度向上との相関関係について調査を行う目的で、ピクトグラムで示した防災行動の理解を補助するテキストを付加した図案も同時に数種類作成した。テキスト量の異なる図案を用い、外国人留学生を含む88名の大学生を対象に調査を行い、言語的情報を付与したときの「直感的分かりやすさ」について評価を行った。

また、ピクトグラム教材の優位性を明らかにするため、Adobe 社の Illustrator、After Effects、Premiere の各ソフトウェアと、ナレーション合成アプリケーションの「AI Talk」を用い、モーションピクトによる防災教育動画 7 編を作成した。本動画 7 編と、これらと内容が類似した実写動画 7 編を用意し、大学生と教職員 35 名の被験者に複数回視聴してもらい、ピクトグラムと実写に対するイメージの相違と、繰り返し視聴した場合の感性認知評価の変化を調べた。

さらに、サイン教材のスケールの適正化や掲示シミュレーションを行うため、全天球カメラの写真や 3 次元コンピュータグラフィックス (3DCG) を使った全天球画像を作成するなど、バーチャルリアリティ (VR) コンテンツの制作も行った。制作にあたっては、有償ソフトウェア (Autodesk MAYA) と無償ソフトウェア (Blender) での制作比較を行い、同手法の普及に関する検討にも使用した。

(3) 考案した教材の普及手段に関する考察

考案・作成したサインや教材を全世界へ迅速に普及する手段として、Web によるデジタル配信システムの構築と運用方法についても調査、実験、シミュレーションを行った。教材配信用 Web サーバの構築においては、費用対効果にも配慮し、適切なスペックの提案から OS やソフトウェアの選定なども行ってサーバ構築に必要なコストを算出した。さらに、実機を用いてサーバの構築実験も実施した。

これと並行し、教材配信システムの運用形態についても調査と検討を実施。オンプレミス型のサーバ構築とクラウドサービスを利用した外部サーバによる運用について市場調査やシミュレーションを行い、維持管理やコストについて分析を行った。

配信用のポータルサイトについては、一般市民にとって最も身近な防災情報や教育コンテンツの配信リソースである全国自治体の防災ポータルサイトに着目し、46 道府県の全防災ポータルサイトについて調査を実施。緊急情報、避難勧告、避難所情報、ハザードマップ、キッズページ等、ポータルサイトから抽出した掲載事項を 28 項目に分類し、各自治体防災ポータルサイトの掲載内容の分析を行った。分析にあたっては、分類された掲載項目の有無を 1 と 0 に置換して定量化を図り、各道府県間における防災情報の配信内容のバラつきや偏りの検査、数量化Ⅲ類を用いた掲載項目の特性分析、罹災者数と掲載項目数との相関分析などを実施した。同時に、調査対象としたポータルサイトの中からユーザビリティの担保に必要な機能を抽出した。さらに、利用者数やアクセス数の増加へ向けた研究が進んでいる企業サイトの情報デザインを調査し、必要な機能を果たすユーザーインターフェースの設計を行った。

4. 研究成果

(1) 災害弱者対応を念頭に置いた現行防災関連資料／教育に関する問題点の抽出

自治体が配布している防災に関する現行の各刊行物に記載された内容を、地震、津波、洪水といった災害の種類や、身を守る行動やハザードマップといった情報の種類によって、37 種に分類して集計した。その結果、収集した資料には統一性が希薄であり、自治体によって掲載の内容や量に大きなバラつきがあることから、市民が防災について学習する範囲や機会は、居住する場所によって大きく異なる可能性が高いことが明らかになった。

ハザードマップを例にユニバーサルデザインの導入状況を調査したところ、函館市以外のマップにおいては、P 型、D 型、加齢による見えにくさを感じる人にとって色の差異がわかりにくいことがわかり、ユニバーサルカラーの導入が進んでいない状況が明らかになった。また、ユニバーサル教材の作成にあたっては、一部のハザードマップに導入されている、「色の濃淡が弱い場合には線を太くする」や「文字の周りに白色を入れて輪郭を強調する」といったユニバーサルデザインの手法が、色覚異常を持つ人々や高齢者への対策として有効であることがわかった。

(2) 災害弱者に対応し得る防災行動教育用教材の考案と必要要件の解明

文献調査の結果、防災教育に用いるピクトグラムについては、国際規格や国内の標準規格のピクトグラムを取り入れ、ユーザーにわかりやすく、今後の国際的普及にも対応できるようにすることが肝要であることがわかった。また、デザイン性に配慮しつつも、過度に華美にならず、内容をしっかりと伝えられる、シンプルな形態であることが望ましいこともわかった。さらに、災害弱者となる可能性がある子供、高齢者、外国人、身体的機能に制約がある人に対しては、ユニバーサルデザインの視点から検討が必須であり、子供、外国人などの難しい漢字が分からない人に対しては、ひらがなや「○」「×」などの単純な幾何学形態が有効であると考えられる。また、矢印は直感的にわかりやすい方向表示であり、国際基準にもなっているため、積極的に利用すべきである。これらの留意点に加え、外国人に対しては文化的に感じ方が異なるもの (ジェンダー感、宗教的背景、色彩の象徴など) への配慮が、また、高齢者に対しては、視認性、可読性を高めるために配色、書体、図の大きさなどへの考慮とともに、先入観による誤認の防止などが求められる。これらの知見は、本研究

における図案作成上の留意点として活かされた。

本研究において作成した避難訓練用の教材の一部を図 1 に、防災行動を示すピクトグラムの一部を図 2 に示す。これらのピクトグラムを原図として、言語的指示のない(No word)条件、一単語で指示する(One word)条件、平易な日本語で指示する(Words)条件を表現する図案(図 3)も準備。年少者や、ひらがなを読める外国人の理解促進を図るべく、感性認知評価の手法による「分かりやすさ」について 5 段階評定を行った。各ピクトグラムの評定平均について、調査対象者 2 群(日本人学生・外国人留学生)×ピクトグラム情報量 3 条件(No word・One word・Words)の 2 要因混交計画による分散分析を行った。その結果、ピクトグラム情報量についての主効果が認められた($F(2, 86) = 3.11, p < .05, \eta^2 = .04$)。Holm 法による多重比較の結果、No word 条件と One word 条件、No word 条件と Words 条件との間に有意差が認められた。一方、調査対象者の主効果および交互作用は見られなかった。ひらがなを読める外国人については、文字情報があると「わかりやすい」傾向があると予想されたが、結果からは日本人も防災「行動」については文字情報を付与した方がピクトグラムの指示が分かりやすくなることが示唆された。教材を提示する対象者によってテキストの情報量を調節しなくても、主観的分かりやすさは変わらないものと考えられる。



図 1 避難訓練用のサイン教材の一部。



図 2 防災行動を示すピクトグラムの一部。



図 3 ピクトグラム情報量 3 条件 (No word・One word・Words) にて作成した例。

ピクトグラムの効果を検証する目的で行った、モーションピクトと実写を用いた感性評価調査の結果、繰り返し提示したときにピクトグラムの方に「主観的分かりやすさ」の増進が見られ、嫌悪感が高まらないことも確認された。

サイン教材を掲示する際のシミュレーションについては、3DCG を用いた VR コンテンツを作成し、その有効性を確認した。作成したレンダリング画像をパノラマビューワーで

表示したものを図 4 に示す。本工程において、VR コンテンツの制作における代表的な制作機材やソフトウェアを多数試用してコストや機能について検証した。その結果、無償のソフトウェアでも掲示シミュレーションが十分に可能であることが明らかとなり、本手法による避難シミュレーションや防災コンテンツ制作の幅広い普及にも期待が持てる（図 5）。

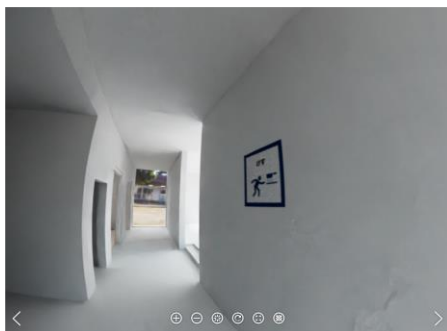


図 4 レンダリング画像をパノラマビューワーで表示した例。

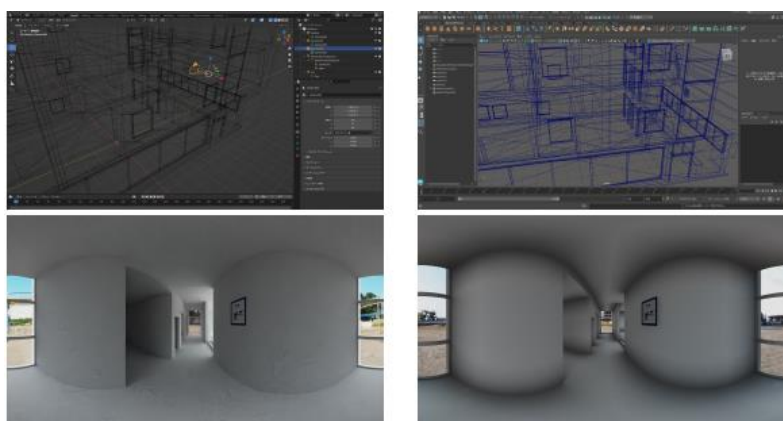


図 5 Blender（左）と Autodesk Maya（右）の作業画面とレンダリング画像。

(3) 考案した教材の普及手段に関する考察

全世界への迅速な普及を念頭に、教材配信用サーバの構築実験やクラウドによる運用シミュレーションを実施。オンプレミス型での運用に耐え得るサーバのスペックやソフトウェアについて具体的な提案を行い、実機を用いて配信サーバを構築した。この際、OS のインストールからソフトウェアの導入までの全行程を抽出し、マニュアルを作成して実効性を高めた。また、クラウドサービスなどを利用した運用形態についても、そのコストや運用上のメリットについて調査を実施し、オンプレミス型との比較検討を行った。その結果、運用上のリスク回避やメンテナンスなどの労力低減といった点において、外部仮想サーバ利用が優れていることがわかった。一方、システムの構築と運用コストを試算したところ、最低価格のレンタルサーバを利用したとしても、運用開始から 8 年後にはオンプレミス型の方がコスト面で有利となることが明らかになった。

一方、教材配信用のポータルサイトの設計に先立ち実施した、全国 46 府県の現行防災ポータルサイトを調査したところ、掲載項目、機能、配色が多様であり、各府県のサイトごとに目的の情報にアクセスするまでの手順や経路が異なるなど、情報デザインにおける統一性がほとんど見られなかった。現状では、県を跨いで移住した場合、移住先となる自治体の防災ポータルサイトの利用に戸惑う可能性が高いと考えられ、防災コンテンツへの親近感や浸透を妨げる一因となることも懸念される。また、各自治体と掲載項目の特性について分析したところ、カテゴリースコアの散布図などから、掲載項目の緊急性と日常性の 2 軸で各自治体の防災ポータルサイトが特徴づけられることがわかった。また、各府県における防災ポータルサイトの掲載項目数と罹災者数には相関が見られず、自然災害の罹災者が多い県であっても、防災ポータルが必ずしも充実しているとはいえないことがわかった。教材を配信するポータルサイトについては、多種多様な企業サイトの分析から、アクセス増加とリピータの確保を念頭に、訴求力の高いランディングページを設置し、ツリー型とマトリックス型を内包する複合型の構造で検索性を確保する計画であり、設計されたユーザーインターフェースには、グローバル/ローカルナビゲーション、補助ナビゲーションに加え、ブレッドクラムを配置するなど、ユーザビリティに最大限の配慮を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 高嶋 啓、松岡 東香、佐野 司
2. 発表標題 防災行動を示す教材の抽象化や情報量の最適化
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野田 美波子、佐野 司
2. 発表標題 ピクトグラムを用いた防災アクティブラーニングコンテンツの開発
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野 司、野田 美波子
2. 発表標題 防災教育におけるモーショングラフィックス表現が与える感性評価の特性
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀 聖司、松岡 東香
2. 発表標題 全天球3DCGを使用したバーチャル避難訓練コンテンツの提案
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川 麻子
2. 発表標題 防災教育教材の抽象化とユニバーサルデザインに関する検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀 聖司、松岡 東香
2. 発表標題 複数教育機関に向けた教材配信用サーバの構築とアウトソーシングに関する考察
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Haruka Matsuoka
2. 発表標題 The Effect of Web Test in Blended Learning of Earth Science
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Haruka Matsuoka, Ami Mori, Kei Takashima, Tsukasa Sano, Asako Nakagawa, Seiji Hori, Minako Noda
2. 発表標題 A Quantitative Analysis of Nationwide Municipalities' Disaster Prevention Portals
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haruka Matsuoka, Kei Takashima, Tsukasa Sano, Asako Nakagawa, Seiji Hori, Minako Noda
2. 発表標題 A Proposal of Universal Design Teaching Material for Education of Disaster Risk Reduction
3. 学会等名 Japan Geoscience Union - American Geoscience Union Joint Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高嶋 啓 (Takashima Kei) (80596940)	筑波学院大学・経営情報学部・教授 (32105)	
研究分担者	佐野 司 (Sano Tsukasa) (80406024)	筑波学院大学・経営情報学部・准教授 (32105)	
研究分担者	中川 麻子 (Nakagawa Asako) (60468329)	大妻女子大学・家政学部・准教授 (32604)	
研究分担者	野田 美波子 (Minako Noda) (70774173)	筑波学院大学・経営情報学部・講師 (32105)	
研究分担者	堀 聖司 (Hori Seiji) (40396859)	筑波学院大学・経営情報学部・講師 (32105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------