

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：54701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350463

研究課題名(和文) 実写映像を援用した災害時住民避難シミュレーションシステムの構築

研究課題名(英文) Development of Simulation System in Disaster Using Live-action Film

研究代表者

辻原 治 (Tsujiyama, Osamu)

和歌山工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号：50188546

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、MMSを使用して、災害時における住民の避難行動をシミュレートする。MMSは、GPSアンテナ、全周カメラ、加速度計を自動車などの移動体に搭載し、連続撮像された画像が地理情報に同期して位置とともに表示される。

DIGはリスクコミュニケーション手法の1つとして知られている。参加者は、地図を囲み、避難経路や潜在する災害情報について話し合う。本研究では、MMSで撮影された映像と地図を用いた新たな手法を提案した。地図と映像の組み合わせは、ハザードを検出するのに役立ち、さらに検出されたハザードは、地図だけでなく映像にも示すことができる。本システムの有効性は、DIGの実践を通して示した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we use MMS to simulate evacuation behaviors of residents in the event of a disaster. GPS antenna, all around view camera and accelerometer are mounted on a moving object such as an automobile, and the successively captured images are synchronized with the geographic information and are shown with the locations.

DIG (Disaster Imagination Game) is known as one of the risk communication methods. The participants who surround a map of the area discuss the disaster information such as the evacuation routes and the dangers that may lie around. In this study, the new developments are proposed in which the serial video captured by MMS is used as well as the map. The combination of the map and the serial video helps to detect the hazards. Moreover, the hazards detected in the workshop are illustrated not only on the map but also in the serial video. The effectiveness of the proposed system is discussed through the application to the practice of DIG.

研究分野：地震工学、都市防災

キーワード：避難 シミュレーション 群集誘導 実写映像 DIG

## 1. 研究開始当初の背景

津波などの災害発生時の避難を円滑に行うために、地域において避難訓練が実施されている。また、災害に強いまちづくりを目指して、防災を視点に地域の現状や必要なものを地図上で知るための地域住民によるワークショップとして災害図上訓練が実施されている。これらの活動は、防災意識を高め、地域として防災力の認識および災害時の協力関係のあり方について共通理解を持つといった効果があり大変重要である。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波は多くの人命や財産を奪い、津波避難計画の見直しの契機となった。中央防災会議防災対策指針検討会議津波避難対策検討ワーキンググループの報告<sup>1)</sup>において、避難シミュレーションを取り入れた津波避難計画策定の重要性や、主体的な避難行動をとる姿勢を醸成する防災教育等の推進の必要性が指摘された。

避難シミュレーションは、さまざまな想定の下に避難行動を模擬することができるため、避難計画の立案や防災教育にとって有効なツールとなり得る。しかし、その適用性が十分に検証されていないことや、解析に必要なモデルの作成が煩雑であったり、計算結果の利用法が必ずしも明確ではないなどの理由から、ツールとしては未だ社会に受け入れられていないのが現状である。

筆者は、これまで500名以上の規模の学生寮で実施された避難訓練を調査し、6棟の建物の玄関にそれぞれ設置された防犯カメラおよび屋外の避難場所等に設置したビデオカメラの映像を分析して、避難シミュレーションの適用性を検証する研究を行った<sup>2)</sup>。また、CA(Cellular Automata)による避難シミュレーション手法を適用する際の、解析モデルの自動作成システムの開発<sup>3)</sup>や解析結果の3Dアニメーション表示<sup>4)</sup>などの研究を行ってきた。

一方、ロボットの視覚として開発されてきた全方位カメラの技術が発展し、6個のレンズを搭載した全方位カメラでパノラマ動画映像を1秒間に数十枚のスピードで撮影できるようになり、東日本大震災の被災地の映像の記録にも利用されている。ロボットの視覚として開発が進んだ経緯から、撮影した映像から空間の3次元座標の取得もできる。

このような背景から、避難シミュレーションを単なる解析ツールとしてではなく、災害図上訓練などの防災教育の枠組みの中で、モバイルマッピングとの連携により新たな活用法を提案し、その有用性について検討することが重要であるという考えに至った。

## 2. 研究の目的

避難訓練は、一般に、想定した災害シナリオの下に行われるが、毎年同じような訓練を一度か二度行う恒例行事としてマンネリ化し、軽視されがちである。参加する住民も限定され、主体となる自主防災組織や地方自治体では他のイベントと抱き合わせるなど、参加者を増やす努力をしているのが現状である。災害図上訓練は、地域の状況を地図上で把握し、適切な避難経路の設定や避難経路沿いの危険箇所を特定するなど防災教育の一環として行われるが、避難訓練と同様で参加者は限定され、その数も少ない。このような状況において、住民がより参加しやすい環境を整えることが重要であり、そのためには新たな手法が必要である。

本研究では、避難シミュレーション、全方位実写映像の取得と3次元空間座標計測および地理情報システムといった科学技術を応用し、実写映像上での避難訓練と災害図上訓練に応用した新たな防災教育方法を提案し、実際に利用してもらい、その有用

性や課題を明らかにする。

### 3. 研究の方法

研究は、以下に示す方法で遂行した。

(1)電子住宅地図を援用し、建物や道路など避難シミュレーションに必要な解析モデルを利用者に提供し、避難者の配置や属性などが利用者によって設定できるように現在のシステムを改良する。

(2)モバイルマッピングによって撮影された実写映像と避難行動シミュレーションの結果を連動させるソフトウェアを構築する。

(3)電子地図上や実写映像上で特定した危険箇所などの災害情報が避難行動シミュレーションに反映される機能を付加する。

(4)設定した地区をモバイルマッピングによって撮影し、実際に地区の住民や児童・生徒に利用してもらうことで、その適用性や課題を検討し、システムを改良する。

### 4. 研究成果

#### (1) 避難シミュレーションシステムの改良

避難行動シミュレーションシステムにおいて利便性を重視し、500~1000名程度の規模の避難であれば、マイクロソフト Excel で実施できるように改良した。その際、道路や建物などの解析に必要な基礎データは電子住宅地図から自動的に作成する手法を用いた。また、避難経路や避難者の配置は Excel 上で簡単に設定できるように工夫した。

避難シミュレーションの結果として、それぞれの避難者の行動の軌跡がセルの行番号と列番号の時系列で記録される。一方、MMS(モバイルマッピングシステム)で撮影された映像はそのフレームごとに撮影場所の緯度・経度と関連付けされている。これと避難シミュレーションの結果をリンクさせるために、避難行動の軌跡を列番号・行

番号から経度・緯度に変換する。その際、有限要素解析において用いられる形状関数の考え方を応用した。

#### (2) 災害情報の映像への表示機能の付加

モバイルマッピングシステムで撮影した動画映像の DIG(災害図上訓練)への活用を提案した。地図に加え映像を用いることで、災害情報の特定がしやすくなり、また、特定した災害情報を映像上に文字情報として表示できるため、危険箇所などを記憶に留めやすくする効果が期待できる。また、災害情報に関して予めメッセージボードを作成しておき、映像の中に適宜配置することができるよう、システムを改良した。

#### (3) 津波 CG と映像の合成

洪水や津波による浸水の状況を実写映像上で表現する方法を提示した。津波のハザードマップは従来から対象の沿岸地域に対して作成され、住民に配布されているが、現状のハザードマップだけで、危険性は必ずしも十分に伝えられていない。洪水や津波のハザードマップは一般に、浸水深などが二次元の地図上に等深線や色別の網掛けなどで表現されているが、最も効果があるのは普段見慣れた建物などが実際に浸水したときの様子を見ることであり、そのような疑似体験による直感的な理解が、洪水や津波の危険性に対する意識の明確化に役立つと考えられる。

#### (4) 地震火災リスクの評価

地震発生の際、大規模な火災を伴うことが想定される。地震火災は同時多発的に特殊な状況下で発生するため、通常起こる火災時のように効率的な消火作業が行われることは期待できない。したがって、地域の耐火安全性を検討しておくことは重要であり、火災を想定した避難経路設定や発災時

の避難行動の予測が必要となる。そこで、延焼解析に基づいて、一棟ごとの地震火災リスク評価を行う手法を開発し、避難経路の選択の意思決定などを支援できるようにした。

#### (5) 開発したシステムの評価

本研究でこれまでに構築したシステムの評価を行った。評価は、DIG(災害図上訓練)の実践を通して行うこととし、従来の地図を囲んで行うワークショップと実写映像を援用した方法を比較することで効果を検証するとともに、改善点を抽出した。1回目は平成28年7月20日に高等専門学校5年生を対象とし、2回目は平成28年11月5日に中学1~3年生を対象とした。実践後のアンケート調査の結果、高等専門学校の学生と中学生で、同様の傾向が見られた。どの設問においても、映像を利用する効果が認められ、開発したシステムの有効性を検証することができた。一方、ワークショップを通じて得られた災害関連情報の内容を参加者に定着させるための工夫が必要であることがわかった。今後、避難を疑似体験するのみならず、思考のプロセスを経験することができるコンテンツの開発が課題となる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計8件)

- 1) モバイルマッピングシステムの災害図上訓練への応用に関する研究, **土木学会論文集** F3, Vol.72, No.2, pp. \_13- \_22, 2017.3, 辻原治, 山口恭平, 伊藤秀幸, 岡本輝正.
- 2) Development of Tsunami Inundation Simulator Using Mobile Mapping System, *Proceeding of the 16<sup>th</sup> World Conference*

*on Earthquake Engineering*, Paper No 383, pp.1-9 (in CD-ROM), 2017.1., Osamu TSUJIHARA, Toru KOTAKE, Hideyuki ITO, Tomoyuki SATO and Terumasa OKAMAOTO.

- 3) Development Of Disaster Imagination Game By Using Serial Video, *Proceeding of the 16<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering*, Paper No 1281, pp.1-8 (in CD-ROM), 2017.1., Osamu TSUJIHARA, Kyohei YAMAGUCHI, Hideyuki ITO and Terumasa OKAMAOTO.
- 4) モバイルマッピングシステムの避難行動学習への応用, **土木学会論文集** F3, Vol.71, No.2, pp. \_47- \_55, 2016.3, 辻原治, 伊藤秀幸, 岡本輝正.
- 5) Emergency Evacuation Simulation Visualized by Mobile Mapping System, *Implementing Innovative Ideas in Structural Engineering and Project Management, ISEC Press*, pp.1309-1314, 2015.11, Osamu TSUJIHARA, Hideyuki ITO and Terumasa OKAMOTO.
- 6) ペトリネットによる市街地地震火災延焼シミュレーションの精度評価法に関する基礎的研究, **土木学会論文集** F3, Vol.70, No.2, pp. \_9- \_15, 2015.4, 辻原治.
- 7) 実写映像を援用した避難シミュレーションの可視化について, **第14回日本地震工学シンポジウム論文集**, pp.3538-3543, 2014, 辻原治, 前田陽亮, 伊藤秀幸, 岡本輝正.
- 8) Development of Easy Simulation System of Emergency Evacuation Behavior, *Proc.*

*of Tenth U.S. National Conference on Earthquake Engineering Frontiers of Earthquake Engineering*, Paper No. 374, pp.1-11, 2014, Osamu TSUJIHARA and Terumasa OKAMOTO.

[学会発表](計 21 件)

- 1) 3D ゲームによる防災学習教材の開発について, **第22回高専シンポジウム in Mie**, P-082, 2017.1; 出崎名津子, 辻原治.
- 2) 実写動画映像を利用した DIG 支援ツールの効果について, **第22回高専シンポジウム in Mie**, P-084, 2017.1; 山口恭平, 伊藤秀幸, 佐藤友之, 岡本輝正, 辻原治.
- 3) 延焼シミュレーションに基づく地震火災リスク評価に関する研究, **第22回高専シンポジウム in Mie**, P-087, 2017.1; 高澤昂生, 辻原治.
- 4) モバイルマッピングシステムの DIG への応用に関する研究, **土木情報学シンポジウム講演集**, Vol.41, pp.85-88, 2016.9; 辻原治, 山口恭平, 伊藤秀幸, 岡本輝正.
- 5) MMS を利用した防災教育用簡易浸水シミュレータについて, **土木学会第71回年次学術講演会講演概要集**, CS1-002, pp.3-4, 2016.9; 小竹亨, 伊藤秀幸, 佐藤友之, 辻原治, 山村猛.
- 6) モバイルマッピングシステムを用いた災害図上訓練用教材の開発に関する基礎的研究, **土木学会第71回年次学術講演会講演概要集**, CS1-002, pp.17-18, 2016.9; 山口恭平, 伊藤秀幸, 辻原治, 岡本輝正.
- 7) 実写映像を援用した DIG 用ツールの開発に関する基礎的研究( ), **土木学会四国支部第22回技術研究発表会講演概要集**, jsce7-007-2016, 2016.5; 山口恭平, 伊藤秀幸, 岡本輝正, 辻原治.
- 8) 防災教育に用いる浸水シミュレータについて, **土木学会四国支部第22回技術研究発表会講演概要集**, jsce7-008-2016, 2016.5; 小竹亨, 伊藤秀幸, 佐藤友之, 山村猛, 辻原治.
- 9) モバイルマッピングシステムを用いた浸水シミュレータの開発に関する研究, **第21回高専シンポジウム in 香川**, Pa-129, 2016.1; 小竹亨, 伊藤秀幸, 佐藤友之, 辻原治.
- 10) 実写映像を援用した DIG 支援ツールの開発に関する研究, **第21回高専シンポジウム in 香川**, Pa-128, 2016.1; 山口恭平, 伊藤秀幸, 辻原治.
- 11) DIG へのモバイルマッピングシステムの活用, **近畿地区7高専連携シンポジウム報告書**, p.12, 2016.1; 山口恭平, 伊藤秀幸, 辻原治.
- 12) モバイルマッピングシステムの避難行動学習への応用, **土木情報学シンポジウム講演集**, Vo.40, pp.9-12, 2015.10.; 辻原治, 伊藤秀幸, 岡本輝正.
- 13) RPG による防災教育教材の開発とその効果について, **土木学会第70回年次学術講演会講演概要集**, CS1-005, pp.9-10, 2015.9; 植前成美, 辻原治.
- 14) VR による避難行動の学習教材開発に関する基礎的研究, **土木学会第70回年次学術講演会講演概要集**, CS1-006, pp.11-12, 2015.9; 藤井沙耶, 辻原治,

- 佐藤友之 .
- 15) 実写映像を援用した DIG 用ツールの開発に関する基礎的研究, **土木学会四国支部第21回技術研究発表会講演概要集**, I-12 pp.23-24, **2015.5**; 井口司, 伊藤秀幸, 岡本輝正, 辻原治 .
- 16) 防災教育教材としてのRPGソフトの作成とその効果について, **第20回高専シンポジウム in 函館**, P3-15, **2015.1**; 植前成美, 辻原治 .
- 17) 実写映像を援用した災害図上訓練用教材の開発, **第20回高専シンポジウム in 函館**, P3-16, **2015.1**; 井口司, 辻原治, 伊藤秀幸, 岡本輝正 .
- 18) CGを用いた避難行動学習教材の開発に関する基礎的研究, **第20回高専シンポジウム in 函館**, P3-17, **2015.1**; 藤井沙耶, 辻原治, 佐藤友之 .
- 19) ゲーム学習による防災教育の効果について, **近畿地区7高専連携シンポジウム - 阪神・淡路大震災から20年 - 報告書**, p.10, **2015.1**; 植前成美, 辻原治 .
- 20) ペトリネットによる市街地地震火災延焼シミュレーションの精度評価法に関する基礎的研究, **土木情報学シンポジウム講演集**, Vo.39, pp.59-62, **2014.10.**; 辻原治
- 21) 避難シミュレーションの可視化へのモバイルマッピングシステムの応用について, **土木学会四国支部第20回技術研究発表会講演概要集** I-1 pp.1-2, **2014.5**; 前田陽亮, 岡本輝正, 辻原治, 伊藤秀幸 .

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.wakayama-nct.ac.jp/gakka/kankyou/kankyou-gaiyou/kankyou-gaiyou.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻原 治 (TSUJIHARA OSAMU)

和歌山工業高等専門学校・環境都市工学科・教授

研究者番号: 50188546

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

山口 恭平 (YAMAGUCHI KYOHEI)

和歌山工業高等専門学校・専攻科・2年生

伊藤 秀幸 (ITO HIDEYUKI)

岩根研究所・研究員

佐藤 友之 (SATO TOMOYUKI)

岩根研究所・研究員

岡本 輝正 (OKAMOTO TERUMASA)

岡山県庁 技師