

(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

辻原 治¹・伊藤 秀幸²・岡本 輝正³

¹正会員 和歌山高専教授 環境都市工学科 (〒644-0023和歌山県御坊市名田町野島77)

E-mail: tsujihara@wakayama-nct.ac.jp

²非会員 株式会社岩根研究所 (〒064-0944 北海道札幌市中央区円山西町7-8-3)

E-mail: h-ito@iwane.com

³正会員 岡山県庁 土木部 (〒700-8570 岡山県岡山市北区内山下2-4-6)

E-mail: h12b07k@yahoo.co.jp

本研究では、津波などの災害時の避難行動について、地図およびMMS（モバイルマッピングシステム）によって撮影した実写映像を利用した学習システムの開発を目的とした。MMSでは、全方位カメラ、傾斜計、GPSアンテナを車などの移動体に装着し、連続撮影した映像とGIS（地理情報システム）を関連付けることができる。

このMMSによる映像のフレームと避難行動における位置座標の時系列データを同期させることで、避難経路を地図上で表示するのみならず、同時に実写映像を表示することができ、リアリティーのある避難行動のシミュレーションを行うことができる。また、映像の各フレームにおいて対象物の距離計測が可能であり、避難経路の道幅や倒壊の可能性がある塀の高さなどを計測し、危険箇所などの特定に役立たせることができる。

Key Words : mobile mapping system, evacuation behavior, geographic information system, education

1. はじめに

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などの効果があり大変重要である。

しかし、様々な災害シナリオに対応した訓練を行うことは容易ではなく、数回の実験が必要ととなると限界がある。

一方、災害時の避難行動のシミュレーションの研究が行われるようになった。このようなシミュレーションは、避難場所や避難経路設定、避難誘導のためのサインの設置などの計画の立案をはじめ、災害発生の曜日や時刻など様々なケースを想定した避難行動のシナリオの作成や避難訓練に参加できない住民が疑似体験できるツールとしての利用が期待でき

る。

近年、情報技術の発展により、車などの移動体に全方位カメラとGPSを搭載し、カメラで撮影した動画映像を地図とリンクさせたMMS（モバイルマッピングシステム）が開発され、道路の維持管理や測量などに利用されている。

避難の経路は2次元の地図に表示されるのが一般的である。MMSを活用することで、地図のみならず映像を活用することができる。撮影されている経路上では、全方位の映像をマウス操作で表示できる。

しかし、単に避難経路を確認だけであれば、グーグルマップのストリートビューでも可能である。本研究で開発するシステムの特徴は、避難シミュレーションなどで予め求められている避難行動の時系列データとMMSによって撮影した動画を同期させられることで、避難の過程を地図および動画映像として見ることができる。また、本研究で用いたMMSは対象物の3次元位置座標を認識するため、映像から距離計測が可能であり、避難経路の道幅や倒壊の可能性のある塀の高さなどを計測し、危険箇所などの特定に役立たせることができる。

2. MMSについて

(1) ハードウェアの概要

車載用モバイルマッピングシステムのハードウェアの構成を図-1 に示す。全方位カメラ、傾斜計、GPS アンテナをルーフに装着し、車内に積載した各ユニットを介して、PC でデータを受信する。図-2、図-3 にそれぞれ撮影風景と PC によるモニター画面を示す。車載のカメラは Point Grey 社製の全方位パノラマデジタルカメラ Ladybug3 を利用している。天空までを含め、同期動作する 6 台の 2MegaPixel カメラをカメラ筐体内に内蔵し、12MegaPixel 分の動画像が 1 秒当たり最大で 15 コマ取得できる。GPS を自動車などの移動体に積載するため、連続撮影した実写の映像と GIS(地理情報システム)を連動させることができる。

車載では撮影が困難な道幅が狭い道路や階段がある場合などは、カートあるいは歩行による撮影も可能である。

(2) ソフトウェアの概要

ソフトウェアは、以下から構成される。

a) 撮影ソフト

全方位カメラによる撮影と、GPS による位置情報および傾斜計による計測データを GPS による時刻と同期して記録する。図-4 に 6 台の

カメラで撮影された映像の合成を示す。また、図-5 には、これをメルカトル図法により展開した映像を示す。図-5 に示す映像内において、マウスのドラッグ操作により水平、鉛直の全周囲の映像を表示させることができる。

b) CV 演算ソフト

撮影した画像からカメラの相対位置を計測し、GPS による位置情報および傾斜計による計測データから、6 自由度を持つカメラベクトル (CV 値：カメラの実座標) $x, y, z, \theta x, \theta y, \theta z$ を求める。

c) 動画作成ソフト

撮影時に取得した映像とデータから色補正や穴埋め処理をした画像からなる動画を作成する。

3. 避難行動および避難経路の表示

(1) 避難経路沿いの実写映像表示

MMSによる撮影経路を図-6のように地図上に表示することができる。地域において、避難経路が予め設定されている場合、撮影経路を示す線上をクリックすることで、図-7に示すように撮影された映像が表示される。また、映像のウィンドウにおいて、再生ボタンをクリックすると動画が表示され、同時に地図上で図-7に示すような矢印で表されるローケー

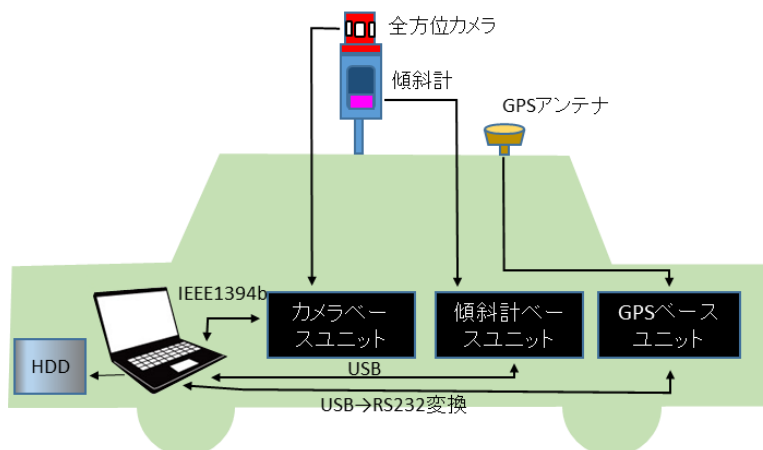


図-1 モバイルマッピングシステムのハードウェア構成



図-2 撮影風景



図-3 車内の PC によるモニター

タが同期表示される。

(2) 避難シミュレーション結果の表示

避難シミュレーションの方法はいくつか提案されている^{たとえ1〜5)}。シミュレーションの結果として、避難者の行動を緯度および経度の時系列データとして出力することで、これとMMSによって得られた映像とを同期させ、地図および映像によって避難行動を表現することができる。そのために、本研究では、図-8に示すシステムを構築した。システムは、解析モデルExcelマクロ、前処理アプリケーション、動画ビューアからなる。それぞれの主な機能を以下に示す。

a) 解析モデル Excel マクロ

エクセルのシート上に展開された対象地域の解析モデルに避難者を配置し、CA（セルオートマトン）に基づく避難シミュレーションを行う⁵⁾。解析結果として、避難者ごとの位置座標（緯度、経度）の時系列データを出力する。

b) 前処理アプリケーション

MMS から得られる映像とカメラの位置情報は撮影経路ごとに icv ファイルとして出力される。前処理アプリケーションでは、対象とする地域において撮影されたすべての経路の icv ファイルにアクセスし、関連情報をデータベースファイルに集約する。そして、解析モデル

Excel マクロによって得られた避難者の位置情報とデータベースの照合によって避難者ごとに、動画のファイル名、フレーム番号などの時系列の情報を避難者ファイルとして出力する。

c) 動画ビューアアプリケーション

前処理アプリケーションによって作成した避難者ファイルおよび国土地理院の地図ファイルを利用して、指定された避難者の行動を地図および実写映像で表示する。Web 環境にある場合は、国土地理院の地図の代わりにグーグルマップも利用できる。

避難シミュレーションの結果の表示例を図-9 に示す。

4. 計測による危険箇所などの特定

本研究で用いたMMS (IMS⁶⁾) では、撮影した映像のフレームにおいてカメラベクトルが得られ、これよりフレーム内の対象物の3次元座標を読み取ることが可能となる。図-10に示すように、映像内で任意の2点を選択することで2点間の距離が計測できる。道幅や塀の高さなどを映像から計測することで、危険箇所などの特定や、避難経路の安全性の検討などに役立つと考えられ、DIG（災害図上訓練）への



図-4 6つのカメラで撮影された画像の合成

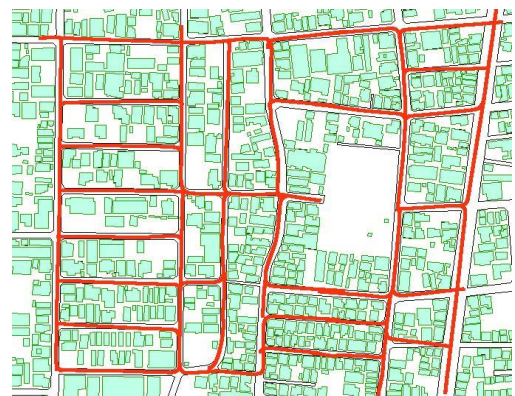


図-6 撮影経路（赤線）の表示

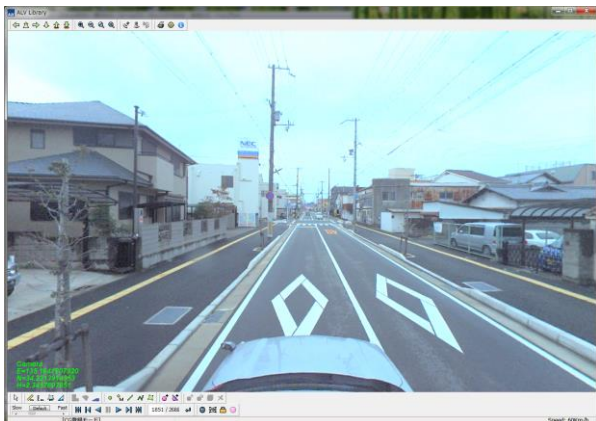


図-5 メルカトル図法を用いて作成された映像

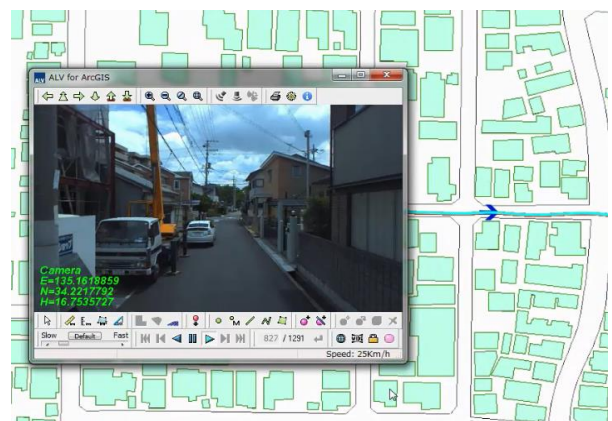
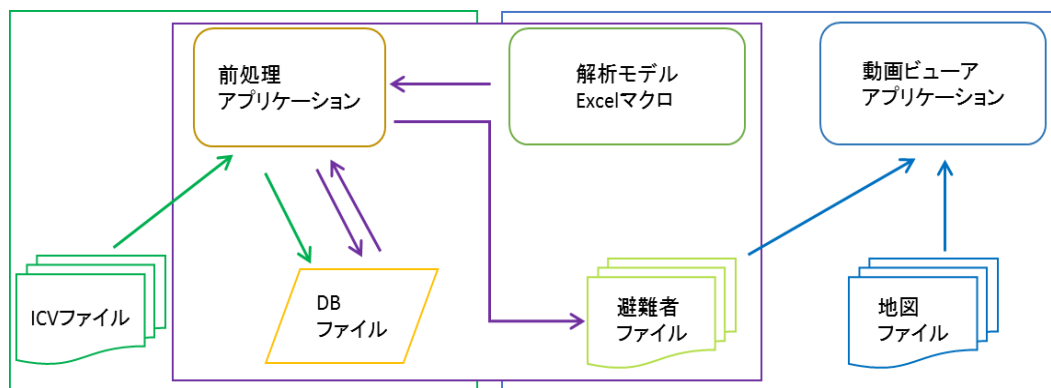


図-7 地図上の現在地とその地点の映像の同期表示



ICV ファイル：映像とカメラ位置情報のファイル
 DB ファイル：映像のフレーム番号と位置の関連付けファイル
 避難者ファイル：避難者一人ひとりの位置および映像のフレーム番号の時系列情報
 地図ファイル：国土地理院のシェープファイル

図-8 避難シミュレーションと撮影映像関連ファイルとの関係

応用も期待できる。

5. まとめ

本研究では、地図および実写映像を利用した避難行動の学習システムを提案した。このシステムを利用することで以下の学習が可能となる。

- (1) 避難経路が予め設定されている場合に、避難経路を地図のみならず、地図上の現在地に対応し

た実写映像で確認することができる。

- (2) 避難シミュレーションによる結果について、任意の避難者の行動を、地図と映像によって表現することができ、リアリティーのある避難行動のシミュレーションを行うことができる。
- (3) 映像から距離計測が可能であり、避難経路の道幅や倒壊の可能性がある塀の高さなどを計測し、危険個所の特定などに利用できる。

謝辞：本研究の一部は、独立行政法人学術振興会科学研究費補助金（課題番号：26350463）によった。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 二神透，木俣昇：背景画像上での避難ペトリネットシミュレーションへのプローブ情報技術の活用化研究，土木情報利用技術論文集，Vol.14，pp.33-40，2005.
- 2) 源貴志，成行義文，藤原康寛，三神厚，澤田勉：自主防災組織で活用可能な津波避難シミュレーションシステムの開発に関する基礎的研究，土木学会地震工学論文集，Vol.29，pp.756-764，2007.
- 3) 竹下史朗，小林一郎，山田文彦，上野幹夫：マルチエージェントモデルを用いた洪水・避難シミュレータの開発，土木情報利用技術論文集，Vo.16，pp.203-212，2007.
- 4) 堀宗朗，犬飼洋平，小国健二，市村強：地震時の緊急避難行動を予測するシミュレーション手法の開発に関する基礎的研究，社会技術研究論文集，Vo.3，pp.138-145，2005.
- 5) 辻原治，今北智基，松川知憲，澤田勉：避難訓練の調査と CA に基づく避難行動シミュレーション，土木学会地震工学論文集，Vol.28，pp.1-10 (in CD-ROM)，2005.
- 6) 岩根研究所：IMS，<<http://www.iwane.com/jp/ims.php>>，(2015.2.18閲覧).

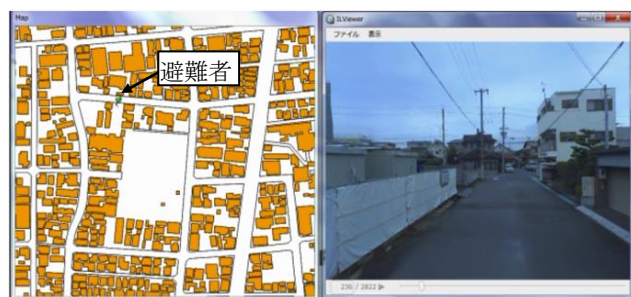


図-9 避難者の位置とウォークスルー映像表示



(a) 映像内で2点を選択 (b) 2点間の距離を計測

図-10 距離を計測