

# 災害時避難に資する携帯端末を用いた避難共助支援システムの開発および小規模避難実験

|       |   |
|-------|---|
| 著者    | 山崎 智大, 池本 敏和, 吉田 成宏, 山口 裕通, 高田 良宏, 宮島 昌克  |
| 著者別表示 | Yamazaki Chihiro, Ikemoto Toshikazu, Yoshida Michihiro, Yamaguchi Hiromichi, Takata Yoshihiro, Miyajima Masakatsu |
| 雑誌名   | 日本建築学会 情報システム技術委員会 第41回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集   |
| 巻     | 41  |
| ページ   | 268   |
| 発行年   | 2018-12   |
| URL   | <a href="http://hdl.handle.net/2297/00053842">http://hdl.handle.net/2297/00053842</a>                             |



# 災害時避難に資する携帯端末を用いた避難共助支援システムの開発 および小規模避難実験

○山崎 智大\*<sup>1</sup> 池本 敏和\*<sup>2</sup>  
吉田 成宏\*<sup>3</sup> 山口 裕通\*<sup>4</sup>  
高田 良宏\*<sup>5</sup> 宮島 昌克\*<sup>6</sup>

キーワード：避難共助支援 MANET アプリケーション 情報共有

## 1. はじめに

我が国では大規模な地震が多く発生しており、近年では2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が、2016年4月14, 16日に熊本地震が発生した。また、近い将来には、東海地震や南海地震の発生が懸念されている。このような大規模災害時において人的被害を軽減するためには、災害発生時に被災し得る人々に適切な情報を発信し、円滑に危険から回避する避難行動をとらせることが重要である。我が国では、地区ごとに災害に対応するための準備がなされた避難所が設定されている。そして、地震などの災害時にはその避難所に人々を集結させることを通じて、危険からの回避が図られる。

しかし、避難所に人々を集結させる、あるいは誘導する点において、依然、多くの課題が存在する。第一に、避難が必要な人は必ずしも災害時に滞在している場所の道路事情や避難所の位置を把握しているとは限らない。例えば、出張や観光、冠婚葬祭などの目的で普段の居住地の外に滞在している場合には、滞在地の道路事情や避難所の位置などをすべて把握しているとは考え難い。実際に、携帯端末位置情報を用いて都市間旅行行動の時間変化を分析した山口ら<sup>1)</sup>の研究では、我が国では平常時には2~5%程度の人々が居住地の都道府県外に滞在している。さらに、年末年始やお盆などの時期になると10%もの人が居住地県外に滞在している。つまり、現在の我が国の行動パターンにおいては、地区に関する知識が十分でない非居住地にすることが多く、そのような場合には避難先、避難経路自体の情報を提供するようなシステムが求められる。第二に、災害時には道路、通路自体も被災している可能性がある。例えば、建物の倒壊などによって、道路が通行不可能、あるいは通行が危険な状態にある場合、避難者は迂回経路をとる必要がある。ところが、発災直後の避難において、このような避難経路の決定に必要な情報を入手することは、路上における口頭でのコミュニケーションを除けば、現状ではほとんど不可能である。この状況においては、避難において危険な経路に多くの人が集まってしまうことで、さらなる人的

被害につながってしまう可能性も考えられる。

上述のような課題は、携帯端末の双方向通信を活用したアプリケーションを導入することによって解決できる可能性が高い。まず、非居住者については、その地域に詳しい人の避難行動情報を提供することで、適切な避難先、避難経路に誘導することが可能となる。また、避難経路の被災情報についても、各避難者が通過することができなかった箇所の情報を発信し共有することによって、後続の避難者に通行不可能の情報をリアルタイムに伝達し、円滑かつ危険な場所への人の集中を自律的に避けることが可能となる。

従来の災害を迅速に検知するためのシステムとしてはセンサネットワークが挙げられる。センサネットワークとは、火災報知器や震度計などのセンサを有線、あるいは無線でネットワークに接続し、サーバーで管理するシステムである。災害時の避難支援に特化したセンサネットワークとして、複数のセンサにより災害を検知し、安全な避難経路を被災者に提示するものが提案されている。しかし、センサネットワークの構築には多大なコストがかかるうえ、建物に予め設置しておく必要があり、災害によってシステムが破綻した場合には利用不可能になってしまう。また、センサネットワークでは時々刻々と変化する被害状況を被災者に伝えることが困難であるという問題点がある。

そこで本研究では、災害発生時の人的被害の低減を目的とした ERESS：非常時緊急救命避難支援システム (Emergency Rescue Evacuation Support System) という既往の研究<sup>2)~5)</sup>を参考にして、EMSS：避難共助支援システム (Evacuation Mutual Support System) の開発および有効性の確認を目的とした。避難共助支援とは、時々刻々と変化する避難時の道路などの情報を、周囲の人々と共有し合えるようにすることである。EMSS では、人々の親しみやすいように iPhone アプリケーション (以下、アプリケーションという。) として開発する。位置情報や避難行動から被災状況をリアルタイムで確認し、端末保持者に情報を迅速に提供するだけでなく、周囲の人々と協力して効率的な経路での避難を提供する。

EMSS の開発に関する研究の第一段階として、位置情報を共有することのできるアプリケーションを開発し、避難行動を想定した小規模実験を実施してきた<sup>6)</sup>。しかし、先行研究の実験では、ごく狭い範囲のみでの動作確認を実施したに過ぎなかった。そこで、本研究ではより EMSS の効果が期待される場所での実験を実施し、システムの有効性を確認していく。

## 2. 避難共助支援システム (EMSS) の特徴

地震や火災、津波といった突発的な災害が発生した時、被災者はパニックに陥り冷静な判断や的確な避難ができないケースが多く、死傷者を増やす結果となっている。被害の拡大を防ぐためには、災害についての情報を迅速に被災者に伝え、避難を促すことが重要となる。EMSS は、地震や津波などの災害が発生した直後において、屋内にいる被災者に対しては、出口までの避難経路を迅速に表示し、屋外にいる被災者に対しては、最寄りの避難所までの避難経路を表示するというシステムである。

EMSS と ERESS の相違点として、ERESS では屋内の被災者のみを対象としている。しかし、外に避難できたとしても、最寄りの避難所が満員となっていた場合にどこへ避難すれば良いのかということがわからなくなってしまう。また、屋内において ERESS が端末保持者に提供する情報として、災害の発生位置・災害の種類・現在地から出口までの避難経路・適切な避難行動となっている。これらの情報は避難時において必要最低限の情報であり、被災者に安心を与えるには不十分であると考えられる。そこで EMSS では屋内だけでなく、屋外の被災者も対象とする。また、日々の技術の進歩により携帯端末に新たな機能が多く搭載されているため、最新の機能を利用し、ERESS の各機能を新たに構築し、より精度が高く迅速なシステムを開発する。

EMSS の新規性として、避難経路情報だけでなく、現在地周辺の被災状況や周囲の被災者の行動も同時に目視化することができるという点が挙げられる。混雑している場所、誰も通らなかった経路、多くの人を通る経路など、周囲の情報が分かれば、提示された避難経路に素直に従うことができ、その結果、冷静な判断やより適切な方向への避難が可能となり、安心して避難ができる。従来のような、避難経路だけを提示するのではなく、混雑箇所や通行不可能箇所など、リアルタイムの周辺情報を組み合わせることで、より有効なシステムになり得ると考える。

EMSS の携帯端末間の通信方法として、Bluetooth を使った MANET (mobile ad hoc network) という無線通信技術を利用し<sup>7)</sup>、通信インフラに依存しない通信を行う。



図-1 EMSS の仕組み

また、図-1 に示すように、地震発生時に気象庁から緊急地震速報が発令され、携帯端末がそれを受信した場合にアプリケーションが起動する。携帯端末が端末保持者の移動速度の測定を開始し、移動速度の変動を認識する。同時に、近隣の一定範囲内に存在する端末同士で通信を開始し、携帯端末により取得される移動速度の情報を共有する。ここで、移動速度の変動を共有することにより混雑している経路、スムーズに移動できる経路がわかる。さらに、通過してきた経路を共有すれば、誰も通らなかった経路がわかる。通らないということはそれなりの理由があると判断し、避難経路の対象から外す。このように、携帯端末間で得られた情報を元に、出口までの最短

避難経路や最寄りの避難所までの最短避難経路を検索し、端末保持者に提示する。以上が EMSS の特徴である。EMSS が最も有効に働く場面としては、首都圏などの比較的人が密集している場所で災害が発生し、通信インフラが崩壊してしまう状況であると考えられる。インターネットなどが利用できない場合でも、EMSS を利用することにより、周囲の人々と協力することにより、迅速な避難できると考える。

### 3. アプリケーションを利用した小規模な避難共助実験

#### (1) 複数人同時の小規模避難共助実験

アプリケーションの使用で避難時間が短縮するのかを検討するため、携帯端末でアプリケーションを利用した小規模な避難実験を行った。複数の携帯端末を Bluetooth で通信状態にし、情報のやり取りをするためのアプリケーションは開発中であるため、ここでの実験では、携帯端末にあらかじめ搭載されているアプリケーション（写真-1）を用いて実験を行った。避難実験は、図-2 に示すように、金沢大学角間キャンパス南地区ハードラボ周辺を対象として行った。この実験の目的として、以前の実験（図-3）よりも規模を大きくすることで、他者の避難行動が与える影響が大きくなるのではないかという仮説の検証のために行った。実験内容として、6 人の実験参加者にゴールである避難所まで自由に移動してもらった。図-2 の赤色の目印は通行不可能を意味しており、それらは毎回ランダムで 3 か所設置した。ゴール（避難所）も同様に、いくつかある避難所候補の中から毎回ランダムに設定した。6 人の実験参加者には同じスタート地点から同時に避難をしてもらい、全員が避難できた時間を測定した。実験は、声を発することなく避難するパターン、出口を発見した際に「出口がある」と言葉で伝えるパターン、アプリケーションを使用するパターンの 3 パターンで実験を行った。

実験の結果を表-1 に示す。結果として、アプリケーションを利用したパターン 3 の避難時間が最も短く、声なしのパターン 1 が最も時間を要した。パターン 3 の中には、時間的にパターン 2 よりも時間がかかっているものもある。これは、今回の実験では避難経路が直線のみで構成されているために、見通しも良好でアプリケーションの情報なしに目視でかなりの情報を入手することができるため、結果に差が現れにくい状況であったことが原因として考えられる。今回の実験では、アプリケーションを使用した場合の平均避難時間が最も短かった。これは周囲の行動を目で確認できることが大きく影響していると考えられ、今回のような規模であるなら既存アプリケーションでも対応が可能であると想定される。しかし、



写真-1 既存アプリケーション「友達を探す」

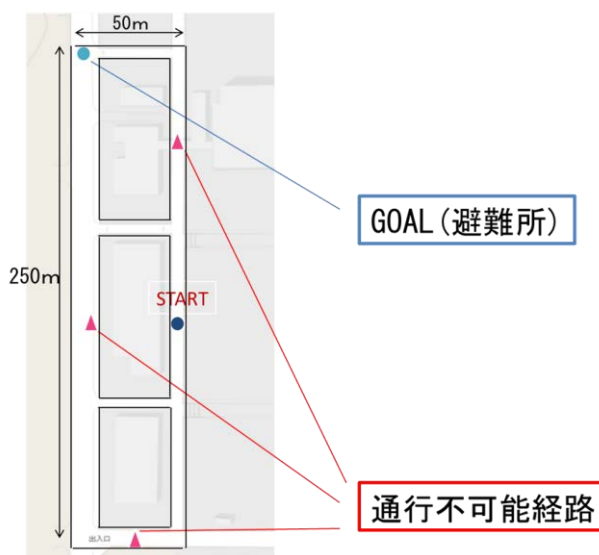


図-2 小規模実験の対象場所の地図

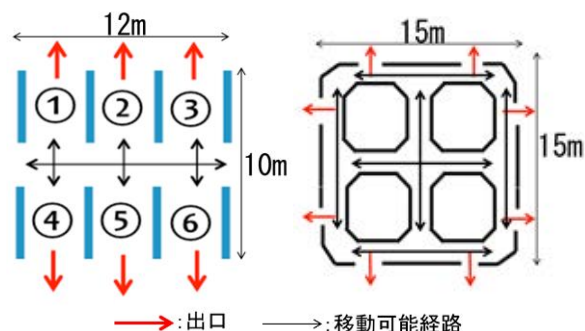


図-3 ペアリングによる共助避難実験の概略図

表-1 小規模な避難共助実験の結果

|            | 1回目 (s) | 2回目 (s) | 3回目 (s) | 平均 (s) |
|------------|---------|---------|---------|--------|
| 声かけなし      | 553     | 303     | 237     | 270    |
| 声かけあり      | 267     | 317     | 217     | 267    |
| アプリケーション使用 | 277     | 211     | 220     | 236    |



規模が拡大するに従い、進行する道が通行不可能な状態であったといったように、Uターンをする状況が出てくると、既存アプリケーションでは対応しきれなくなると考えられる。そこで、さらに規模を拡大した避難実験を行うことを考えた。

(2) 金沢市寺町寺院群における避難実験

規模を拡大した避難実験として、金沢市寺町寺院群（伝建地区）において避難実験を行った。(1)で示した小規模実験では、スタート地点から目視で大半の通行不可能箇所に関する情報が得られ、また実験範囲が狭く経路の選択肢が少ないために、避難共助システムによって他者の行動情報を得たことによる効果は小さいものであった。そこで、より避難経路が複雑でアプリケーションによる避難情報提供の必要性が高い場所で避難実験を実施した。家屋が並び、狭道が入り組んだ、見通しが悪くアプリケーションの有効性が高いと想定される場所として、金沢市寺町寺院群を実験対象地として定めた。寺町寺院群は、妙立寺をはじめとした観光地となっており、多くの観光客が訪れる場所となっている。実際に災害が発生した際には住民でない土地勘がない人々が避難行動を実施することが求められるような地域である。

実験は、図-4 に示す範囲とし、地区居住者役の学生2名に加えて、観光客役の学生を3人一組として、4組計12名で実施した。観光客役の学生は、代表的な観光地である妙立寺と、寺院が並ぶ通りにある伏見寺の2か所のいずれかからそれぞれ図-4の青枠にある避難指定場所まで避難するというものである。このとき、図-4の×印は通行不可能箇所であると設定した。そして、1回目の実験ではアプリケーションの使用はせず、2回目の実験では観光客役のスタート位置を入れ替え、アプリケーションを使用して避難を実施させた。このとき、地区居住者役の学生は黄色で表示したように効率的なルートを事前に指定して移動させ、観光客の学生は地区居住者役の学生の移動行動を提供しつつ、各自の判断で避難してもらった。以上の条件で、避難所までの避難に要した時間や通過経路を比較する。

実験結果を表-2に示す。実験の1回目、2回目で通過した経路をそれぞれ図-5、図-6に示す。アプリケーションを使用した場合には避難時間が半分から3分の2程度まで短縮されていることがわかる。また、図-4が示すように、アプリケーションを使用しなかった場合、通過した経路が対象範囲いっぱいの大回りになるケースが発生

表-2 アプリケーション使用の有無による所要時間の比較

|            | 最短時間で到着 (s) | 最長時間で到着 (s) |
|------------|-------------|-------------|
| アプリケーションなし | 345         | 800         |
| アプリケーション使用 | 180         | 514         |



図-4 実験範囲：金沢市寺町寺院群（伝建地区）

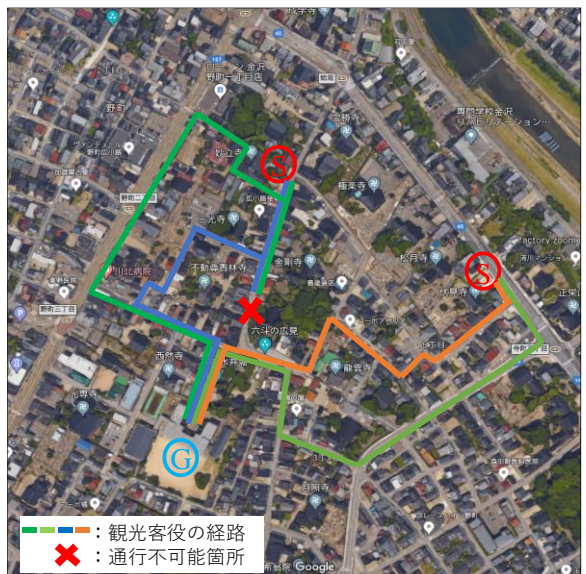


図-5 実験1回目の通過経路

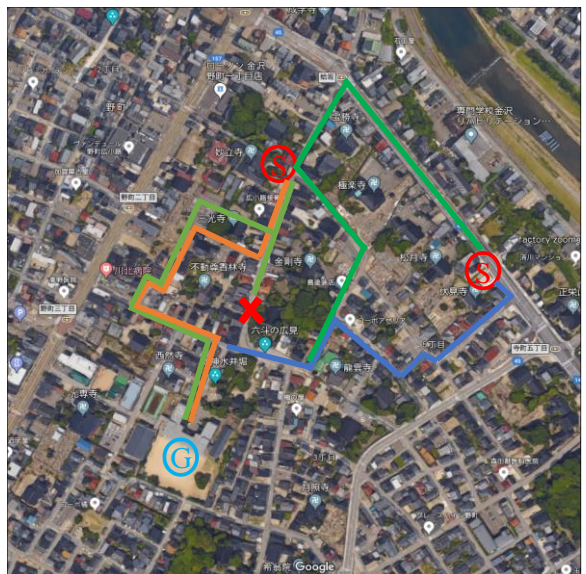


図-6 実験2回目の通過経路

した。これは土地勘がないために、一旦広い大通りに出てから避難所を目指す判断をとったものと思われる。対して2回目の通過経路を示した図-6では、図-5と比較してコンパクトに収まっている。地区居住者役の経路と比較すると、伏見寺をスタートした観光客役は両者とも地元民が通過した経路をなぞっている。アプリケーションを使用して位置情報を目視化することで、全体的に行動範囲が狭くなっていることや、先に通った人の後を追うことで、より短い経路を選択できていることが分かる。先頭集団が土地勘を持っていて、短時間で避難できる経路を選択していれば、全体として非効率な経路を選ぶリスクは大幅に低減できると考えられる。今回の実験では、地区居住者役の学生が誰であるのかということや、地区居住者役の学生が通る道は迅速な避難を行える経路であるということは事前に参加者に情報を与えていた。つまり、実際の災害時で同じようなパフォーマンスをあげるためには、観光客、地区居住者の区別をしっかりとつけること、地区居住者が短時間で避難することができる経路を選択することが前提条件として挙げられる。防災に関するアンケート<sup>8)</sup>によると、避難場所の位置を確認していると回答した人は全体の約42%であり、これらの人が先頭集団として導いてくことで今回の実験と同様のパフォーマンスが期待できる。

#### 4. 本研究のまとめ

本研究では、EMSSの提案を行い、その基礎部分である避難共助に着目してアプリケーションの開発や実験を行った。EMSSは、災害発生直後に使用することを想定し、屋内・屋外を問わず、被災者を避難所まで迅速に避難させることを目的としている。規模や人数を拡大したいくつかの実験を通して、位置情報共有が避難支援に有効であることを検討した。

現在求められている避難共助支援システムとは、進化し続けるICTを活用し、リアルタイムで避難を支援するシステムである。想定された避難路は土砂崩れや家屋の倒壊によって閉塞する可能性や、最寄りの避難所は満員で入室できない可能性もある。EMSSを構築することにより、迅速な避難共助支援が可能となる。本システムの有用性の検証は災害による被害を抑制するだけでなく、精神的にも余裕をもって避難行動できるようになるのではないかと考えている。また、日常的に利用できる機能を付け加えることで利用者を増やすという工夫も鋭意進めており、様々な場面での活用が期待される。

#### [参考文献]

- 1) 山口裕通, 中西航, 福田大輔: 都市間旅行 OD 表の時間変動パターン分析, 土木計画・研究講演集, 2017, Vol. 55 (CD-ROM).
- 2) 石田祐介, 早川洋平, 山根明典, 森和也, 津高健太郎, 和田友孝, 大月一弘, 岡田博美, 非常時緊急救命避難支援システム (ERESS) のための位置推定アルゴリズム, 信学技 annzenn 報, IN2011-74 (2011-09), pp. 65-69.
- 3) 森和也, 津高健太郎, 和田友孝, 大月一弘, 岡田博美, パニック型災害における非常時緊急救命避難支援システム (ERESS) の開発-バッファリング SVM による災害検知アルゴリズム-信学技報, IN2011-158 (2012-03), pp. 127-132.
- 4) 樋口裕子, 藤村純, 中村隆文, 小郷克文, 津高健太郎, 和田友孝, 大月一弘, 岡田博美, ERESS (非常時緊急救命避難支援システム) における DFT を用いた災害発生自動検出アルゴリズム, 信学技報, IN2013-83 (2013-10), pp. 37-42.
- 5) 藤村純, 中村隆文, 樋口裕子, 小郷克文, ERESS (非常時緊急救命避難支援システム) における加速度・角速度センサと SVM を用いた被災者行動の状態判定アルゴリズム, 信学技報, IN2013-84 (2013-10), pp. 43-48.
- 6) 吉田成宏, 下田 滉貴, 池本 敏和, 山口 裕通, 高田良宏, 宮島 昌克: 「災害時における携帯端末を用いた避難共助支援システムの開発及び小規模避難実験」, 土木学会論文集 F6, 土木学会 (安全問題), Vol. 73, No. 2, pp. I\_91-I\_96, 2017. 11.
- 7) 近接通信 Bluetooth を使って、複数利用者間でのリンク状ネットワーク構成技術を構築。  
[https://www.nttcom.co.jp/tera/tera53/pdf/p17\\_18.pdf](https://www.nttcom.co.jp/tera/tera53/pdf/p17_18.pdf)  
2016年10月10日アクセス。
- 8) 防災に関するアンケート調査～アンケート集計結果～  
[www.bousai.go.jp/kyoiku/keigen/kondankai/pdf/data02-03.pdf](http://www.bousai.go.jp/kyoiku/keigen/kondankai/pdf/data02-03.pdf), 2018年1月10日

- 
- \*1 金沢大学 理工学域環境デザイン学類
  - \*2 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系 講師
  - \*3 金沢大学大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻
  - \*4 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系 助教
  - \*5 金沢大学総合メディア基盤センター 准教授
  - \*6 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系 教授

## Development of evacuation aid support system using mobile terminal in case of disaster and small scale evacuation experiment

○Chihiro YAMAZAKI\*<sup>1</sup> Toshikazu IKEMOTO\*<sup>2</sup>  
Michihiro YOSHIDA\*<sup>3</sup> Hiromichi YAMAGUCHI\*<sup>4</sup>  
Yoshihiro TAKATA\*<sup>5</sup> Masakatsu MIYAJIMA\*<sup>6</sup>

Keywords : Evacuation Assistance, MANET, Application, Information Sharing

In recent years, there were many earthquakes occurring in Japan, and there is concern that large-scale earthquakes will occur in the near future. In order to alleviate human injury in the event of a large-scale disaster, it is necessary to provide appropriate information to those who prone in the event of a disaster and take evacuation action smoothly avoiding from danger. However, in evacuation immediately after the occurrence of a disaster, there are many uncertainties such as road blockage due to fire and collapse of buildings, and correspondence is insufficient only by presenting evacuation route prepared in advance. Furthermore, in recent years, evacuation assistance of outsiders such as tourists who do not know the required evacuation information evacuation routes will trigger another problems. Against mentioned background, we propose not only evacuation routes like the conventional evacuation aid system but also evacuation support for evacuation assistance that permanent residents and temporary residents share real-time information and evacuation mutual support system(EMSS). In this paper, we conducte the features and mechanism of EMSS. We consider about the results of simulated evacuation experiment using the existing friend search application and the effectiveness of sharing location information. The results were discuss of small-scale evacuation experiment in Teramachi temples group of Kanazawa using the location information sharing application. We will also describe the prospects of EMSS in the future.

---

\*1 Kanazawa University, Bachelor Student

\*2 Kanazawa University, Institute of Science and Engineering, Faculty of Geosciences and civil Engineering, Associate Professor

\*3 Kanazawa University, Graduate School of Natural Science and Technology, Graduate Student

\*4 Kanazawa University, Institute of Science and Engineering, Faculty of Geosciences and civil Engineering, Associate Professor

\*5 Kanazawa University, Information Media Center, Associate Professor

\*6 Kanazawa University, Institute of Science and Engineering, Faculty of Geosciences and civil Engineering, Professor