

# 避難共助支援システムの構築及び位置情報共有アプリケーションを用いた地区避難実験

吉田成宏<sup>1</sup>・山崎智大<sup>2</sup>・池本敏和<sup>3</sup>・山口裕通<sup>4</sup>・高田良宏<sup>5</sup>・宮島昌克<sup>6</sup>

<sup>1</sup>学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: m-yoshida7511@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 金沢大学 理工研究域環境デザイン学類 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: chihiro110680@stu.kanazawa-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 金沢大学・講師 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: tikemoto@se.kanazawa-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 金沢大学・特任助教 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: hyamaguchi@se.kanazawa-u.ac.jp

<sup>5</sup>非会員 金沢大学・准教授 総合メディア基盤センター (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: yoshihiro@kenroku.kanazawa-u.ac.jp

<sup>6</sup>正会員 金沢大学・教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: miyajima@se.kanazawa-u.ac.jp

災害発生直後の避難では、火災、道路の閉塞など不確定要素が多く、事前作成の避難経路の提示だけでは対応が不十分である。さらに、近年、土地勘のない観光客などの部外者の避難支援が問題となっている。そのような背景のもと、著者らは、従来の避難援助システムのように避難経路を提示するだけでなく、住民同士さらには住民と部外者が情報を共有して避難支援を行う避難共助支援システム (Emergency Mutual Support System: EMSS)を提案する。本稿では、EMSS の仕組みを解説し、実証用に開発したアプリケーションを用いた約 55ha 範囲での避難実験の結果と位置情報共有の有効性、EMSS の将来展望について述べる。

**Key Words:** 避難共助支援, application, 情報共有, 避難実験

## 1. はじめに

我が国では地震が多く発生しており、近い将来には、東海地震や東南海地震のような大規模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於いて人的被害を軽減するためには、災害発生時に被災しう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。現在は、地区ごとの避難所が設定され、地震等の災害時にはその避難所に住民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、避難所に避難者を集結させる点において、依然、多くの課題が存在する状態にある。第一に、避難が必要な人は必ずしも災害時に滞在していた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である。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、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、現在の我々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。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、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る可能性も考えられる。前述のような課題は、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、各避難者が通過できなかった区間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。

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、EMSS：避難共助支援システム (Evacuation Mutual Support System) の構築及び有効性の確認を目的とした。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。)として開発し、屋外でも有効に作用するシステムにする。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ことで、安全な経路での避難を可能にする。

EMSS の構築に関する研究として、現在位置及び通行不可能箇所、避難場所の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約 55ha 範囲での実験を実施した。これにより、前述の情報を共有することが避難に対してどのような作用を及ぼすのか確認した。

## 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安全な避難経路を表示するというシステムである。

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、最寄りの避難所やそこまでの安全な避難経路がわからない場合がある。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。そこで EMSS では、その点を考慮して、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 の各機能を再構築することで、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近辺の被災者の行動も同時に確認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、多くの人が通る経路など、周囲の情報が把握できれば、提示された避難経路に素直に従うことができたり、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ことになる。従来のような、避難経路だけを提示するのではなく、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。

本システムの概略図を図-1 に示す。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、通過経路、現在位置の情報を共有する。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安全な避難経路を検索し、端末保持者に提示する。以上が EMSS の特徴である。



図-1 EMSS の仕組み

### 3. 金沢市野町地区住民を対象とした避難行動の把握に関する地区避難実験

#### (1) 地域住民参加型の避難実験概要

平成 30 年 8 月 26 日に開催される金沢市市民防災訓練の一環として本実験を実施した。実験の対象地域は金沢市の中央部に位置する野町地区（図-2 参照）で、参加者は 600 名程度、その地域の拠点避難場所は旧野町小学校である。金沢市では、災害発生時、まず各町会の一次避難場所に避難し、その後班ごとに地域の拠点避難場所に避難する。野町地区でも同様に、各町会の一次避難場所に避難したのち、班に分かれて拠点避難場所である旧野町小学校に避難する。なお、実験対象地域は 26 町会 140 班で構成される。今回の防災訓練も前述のような避難方法をとるため、班を一人の避難者として考え、避難行動や意思決定の手段の把握を行う。

本実験では、野町の住民が避難者となり、住民の一部に位置情報を共有するアプリケーションを使用してもらい、避難行動を記録した。各班に 1 台、アプリケーションを起動した iPhone を所持し、避難を行ってもらった。また、避難行動を多様化するために、被験者の一部には、表示情報を制限したアプリケーションを使用させ、避難行動を調査した。さらに、実際の災害時には、道路が被災していることを想定し、一部道路を通行不能箇所を設定することで、人々の避難行動特性を把握する。通行不能箇所は、ブロック塀が面している狭い通路や瓦が道路側に落下する可能性のある場所など、災害時に危険となり得る箇所を調査し、決定した。本実験では、避難者が通行不能箇所を発見した際、通行不能箇所の情報を他の携帯端末と共有する。上記により、避難者が通行箇所に対面したときの行動および情報を共有することによる住民の意思決定の変化を調査する。

#### (2) アプリケーションの機能

本研究では、独自に開発したアプリケーションを使用する。本アプリケーションは、①使用者の現在位置、②他の使用者の現在位置、③通行不能箇所、④拠点避難場所、を地図上に表示する。また、避難者の行動を分析するため、5 秒ごとに携帯電話の位置座標を記録する機能を搭載した。アプリケーションの条件設定画面を図-3 に示す。

##### a) タイプ

自分の位置情報の表示アイコンの選択であり、「人」を選択した場合は赤いピン、「物」を選択した場合には通行不能マークとなる。

##### b) グループ

表示情報の制限の選択であり、「1」を選択した場合は前述の①④、「2」を選択した場合は前述の①②④、「3」を選択した場合は前述の①②③④を表示する。

##### c) 年代・性別

年齢・性別の選択であり、使用者の年齢・性別を選択する。



図-2 実験対象地区の一次避難場所と通行不能箇所



図-3 アプリケーションの条件設定画面

### (3) 実験方法

地震発生アラートが発令後、図-2 中の一次避難場所に避難してきた住民に、アプリケーションの条件設定が完了した iPhone を渡す。その後、住民は通行不能箇所を迂回しながら、拠点避難場所を目指す。アプリケーションの条件設定において、グループ「1」～「3」はランダムに決定する。また、各一次避難所に配置したスタッフは土地勘のない観光客役として、上記と同様の方法で避難する。通行不能箇所に配置したスタッフは、住民が通行不能箇所に到達した時点でアプリケーションのタイプ「物」を選択し、起動することで、他の端末に通行不能箇所の情報を共有する。拠点避難場所に避難した住民から iPhone を受け取り、通過経路のデータログをサーバに送信する。

### (4) 実験結果および考察

実験結果の一部を図-4～9 に示す。各図は通過経路のデータログを示しており、図-4 は収集した 145 個のデータログを重ね合わせたものである。この図から、拠点避難場所への移動行動には、細街路ではなく、できるだけ幅の広い道路を利用しながら避難行動がとられていること、設定した通行不能箇所において、通行を許可されなかった移動行動記録が多くあることが確認できる。

表-1 各図のデータログを取得した被験者の情報

|     | グループ | 年代 | 性別 | 避難開始時刻   |
|-----|------|----|----|----------|
| 図-5 | 3    | 50 | 男  | 8時05分25秒 |
| 図-6 | 3    | 60 | 男  | 8時18分34秒 |
| 図-7 | 1    | 20 | 男  | 8時30分37秒 |
| 図-8 | 3    | 60 | 男  | 8時07分11秒 |
| 図-9 | 1    | 40 | 男  | 8時05分52秒 |

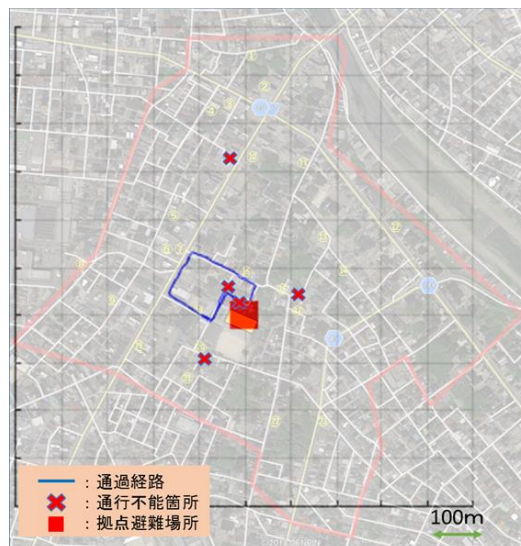


図-5 データログ（グループ3，50代，男性）

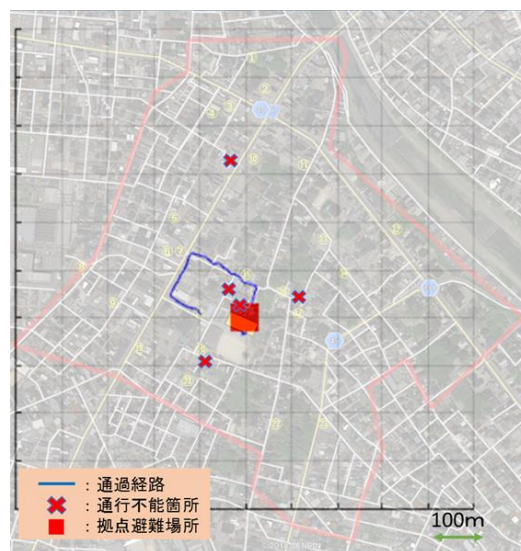


図-6 データログ（グループ3，60代，男性）

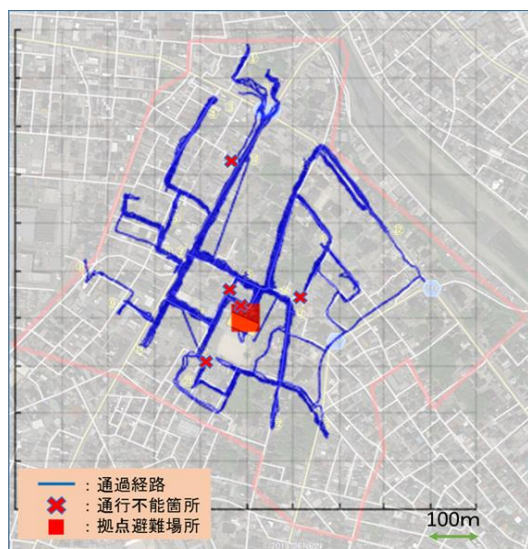


図-4 全被験者のデータログ

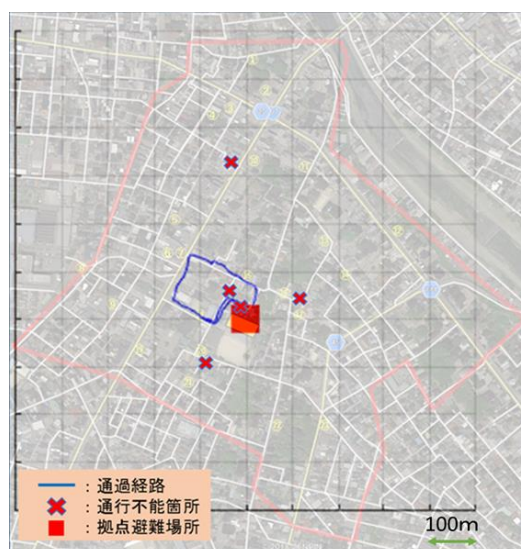


図-7 データログ（グループ1，20代，男性）

全体の解析結果は現在進めている状態であり、発表会時にはより分析を進めたものを発表する予定である。本稿では5人分の避難経路データを確認しながら、EMSSによる効果を確認する。表-1は、今回取り上げる5人分の被験者情報であり、それはそれぞれ図-5～9に対応している。このうち、図-5、6、7は図-2の一次避難場所「⑮」から出発した被験者のデータログで、図-8、9は一次避難場所「⑰」から避難を開始した被験者のデータログである。

最初に、⑮を出発した、図-5、6、7の避難パターンを分析する。表-1の避難開始時間（一次避難場所から動き始めた時間）に注目すると、図-5、6、7の順であり、最初に出発した図-5では拠点避難場所の近くの通行不能箇所を進路を阻まれて一度迂回するような行動をとっていることが分かる。一方で、13分後に出発して、通行不能箇所・他の人の行動情報などを得ているグループ「3」である図-6の被験者は、通行不能箇所を迂回する最短経路を進めていることが確認できる。EMSSによって避難情報が共有されることで、図-6のように後から続く避難者が効率的な経路で避難できるようになることが期待される。そして、さらに後で出発した図-7の被験者は、一切の追加情報を与えられていないグループ「1」であり、共有情報を入手できないため、図-5と同じように通行不能箇所へ一度向かい、そこで迂回する行動をとっている。本実験では、とくに口頭による伝達を禁止しているわけではなく、図-5、6、7のような拠点避難所に近く比較的まわりの避難者と遭遇しやすい場所であっても口頭伝達では十分に情報が伝わっていないことが確認できる。

つぎに、図-8（グループ「3」）と9（グループ「1」）の間での違いを見ていこう。表-1から時間的には1分差というほとんど変わらない時間差で出発していることがわかる。それぞれの避難経路に注目すると、全共有情報を入手している図-8の避難者は通行不能箇所を迂回する最短経路を迷わずに選択している一方で、情報を得ていない図-9の避難者は、口頭伝達や周りの人についていく行動などが考えられるが、通行不能箇所の情報を入手することができずに通行不能箇所に向かいUターンして別の経路を選択していることが確認できる。

以上のことから、本実験データの基礎的な解析を通じて、以下の2点が明らかになった。(1)口頭伝達のみでは、地域の住民であっても不可能箇所や危険箇所に関連する情報は十分に伝わらずに、逆に通行不能箇所に多くの人が殺到してしまうような状況となること、(2)EMSSによって情報伝達された人には、先行している避難者の情報を入手して効率的な経路選択に成功した人がいた。今後は、分析対象とするサンプル数を増やして、経路だけではなく移動速度・時間などの分析を行うことで、提供される情報による避難行動・経路選択行動の違いを明らかにしていく。

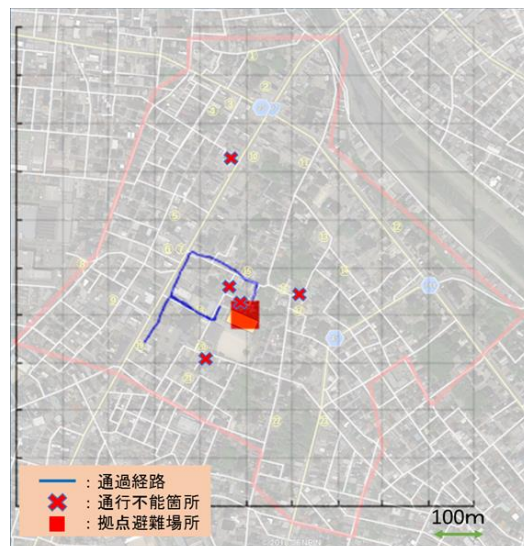


図-8 データログ（グループ3、60代、男性）

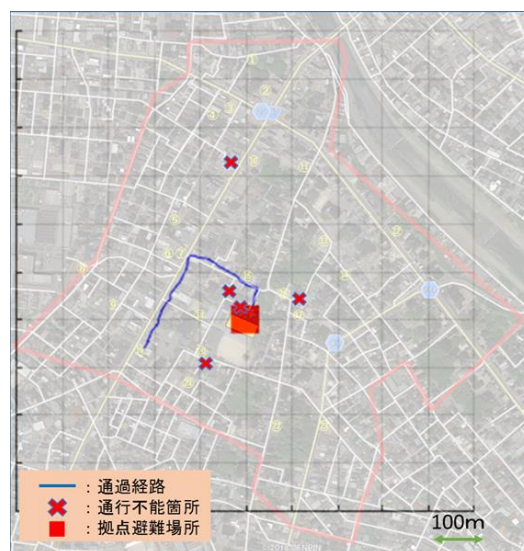


図-9 データログ（グループ1、70代、男性）

#### 4. EMSSの将来の展望

上記の実験を通じて、EMSSの将来の展望も明らかとなったものと考えている。すなわち、EMSSの特徴として、周囲の人々の行動を確認しての避難が可能ということが挙げられるが、どのような情報を収集し、どのように処理すれば最適な群衆の制御ができるのかについては重要な課題である。EMSSは観光客のような土地勘のない人を対象とし、地元住民との共助避難が可能かを考え、考察したものである。そのため、事前に土地勘があるかどうかという情報を登録することにより、アプリケーションから得られる情報のうちで、地元住民の行動に大きな重みをおくことによって、土地勘がある人がない人を誘導するような仕組みにすることができる。

EMSSの構築に際して、多くの人が進む方向を正しい方向として処理してよいのかという問題が生じ

るが、地域住民が自宅周辺の道に精通していることは疑いようがなく、土地勘のある地域住民の複数者の判断は信頼できると考えられる。もちろん、この判断は絶対ではないため、通行不可能箇所遭遇すると、次の道へと順次移動することが余儀なくされる。これらの行動は情報として共有され、間違った道の探索を抑止するとともに、避難可能な最適な経路をシステムが支援することとなる。上記の行動は、災害発生から数分程度で解決しなければならない問題であると考えている。

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かもしれないし、最寄りの避難所は満員で入室できない可能性も高い。EMSS を構築することにより、避難経路の通行できる可能性を相互にやり取りしながら、十分に普及していれば最寄りの避難所の混雑度合いも把握したうえで行動することができるため、より安心・安全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・実験を通じて、どのような伝達方法がリアルタイム情報を共有しながら円滑な避難を実現できるかを確認して、システムの改良を進めることでより効率的な避難を実現できる可能性が高い。また、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。日常的に利用できる機能をアプリケーションに付加することで普及率を高めることも必要であり、その工夫も鋭意検討を進めている状態である。

**謝辞：**本実験を実施するにあたり、金沢市及び金沢市野町地区住民、本学学生の多大な助力を受けた。ここに記して謝意を表します。本研究の一部は、公益財団法人三谷研究開発支援財団の平成 30 年度助成金及び公益社団法人土木学会中部支部の調査研究委員会補助金により実施したものである。

## 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の分析, 土木計画学・研究講演集 Vol. 55 (CD-ROM), 2017.
- 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.

## CONSTRUCTION OF EVACUATION MUTUAL SUPPORT SYSTEM AND DISTRICT EVACUATION EXPERIMENT USING LOCATION INFORMATION SHARING APPLICATION

Michihiro YOSHIDA, Chihiro YAMAZAKI, Toshikazu IKEMOTO,  
Hiromichi YAMAGUCHI, Yoshihiro TAKATA and Masakatsu MIYAJIMA

We proposed a new system “Emergency Mutual Support System (EMSS)” to support mutual evacuation during disaster. EMSS was proposed as a mobile application in which everyone could use everywhere easily. When EMSS also automatically start during emergency, we collect positional information of the other person from the mobile units mutually. The positional data and moving speed can be shared in each mobile unit, and evacuation behavior of the person can be comprehended. The mobile user can select a suitable evacuation route depending on the situation.

In this study, we planned and carried out evacuation experiments in 55ha range using applications developed for demonstration