

コンシューマ・システム論文

# 大規模災害における ICT 避難所管理システムの開発および評価

赤坂 幸亮<sup>1,a)</sup> 大曾根 諒<sup>1</sup> 天城 康晴<sup>2</sup> 山口 高男<sup>3</sup> 安部 恵一<sup>1</sup>

受付日 2017年2月28日, 採録日 2017年7月3日

**概要:** 本稿では, 大規模災害発生時, ICT (Information and Communication Technology) を用いて避難者情報を収集し, 救援ニーズを含む避難者名簿などを迅速に作成・発信, かつ避難者の在席状況を管理する避難所管理システム (Refuge Management System: 以下 RMS と呼ぶ) を提案する. 我々が提案する RMS は, 電力・通信インフラ断絶時を想定して稼働させるため, 市販の組み込みシステムを活用していつもの RMS の省電力化を行った. また RMS は太陽光発電システムで充電したバッテリーユニットを主電源としている. この 1 台の鉛バッテリーユニット (DC12V, 電流容量 20Ah) で約 3 日間 RMS を稼働させること (常時 LCD バックライト OFF のとき) ができる. さらにバッテリー交換時 RMS の電源をシャットダウンせずに満充電したバッテリーと交互に交換する技術により, RMS の稼働時間を延長できた. さらに本稿では我々が開発したプロトタイプを実際に多くの方々に見てもらい, アンケート調査を行った. このアンケート調査の結果より, 本研究で提案する RMS の有効性を確認できた.

**キーワード:** ICT, 避難所管理, 大規模災害, 組み込み, バッテリー管理

## Development and Evaluation of Refuge Management System Using ICT at the Time of Large Scale Disaster

KOSUKE AKASAKA<sup>1,a)</sup> RYO OSONE<sup>1</sup> YASUHARU AMAGI<sup>2</sup> TAKAO YAMAGUCHI<sup>3</sup> KEIICHI ABE<sup>1</sup>

Received: February 28, 2017, Accepted: July 3, 2017

**Abstract:** In this paper, we propose RMS (Refuge Management System) Which gather information of a refugee, create quickly a roster of a refugee including needs of relief supplies, send it using wireless, and manage presence of a refugee using ICT at the time of large scare disaster. To use RMS assuming an infrastructure of power and communications blocked, we tried to save power more of the RMS using commercial Embedded system. The RMS is powered lead battery system charged with solar panel. We have evaluated the battery system (capacity 12V, 20Ah). As a result, it turned out that it is possible to operate RMS during 3.67 days with one lead battery. (in case of LCD backlight OFF). We devised a way to replace the battery without shutting down the power of the RMS. This technique was able to extend the RMS of the running time. Additionally we actually asked many people to look at the RMS we developed and conducted a questionnaire survey. As a result, we confirmed the effectiveness of our proposed the RMS.

**Keywords:** ICT, refuge management, wide-scale disaster, embedded system, battery system

<sup>1</sup> 神奈川工科大学創造工学部  
Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of  
Technology, Atsugi, Kanagawa 243-0292, Japan

<sup>2</sup> 株式会社ユー・エス・ピー  
USP CORPORATION, Hamamatsu, Shizuoka 431-1305,  
Japan

<sup>3</sup> アツミ特機株式会社  
Atsumi Tokki Co.,Ltd, Hamamatsu, Shizuoka 433-8119,  
Japan

a) s1433028@cce.kanagawa-it.ac.jp

### 1. はじめに

阪神・淡路大震災 (1995 年) や東日本大震災 (2011 年) など過去の大規模災害時は, 被災者の情報を収集するのに相当な時間がかかり, 特にアレルギー情報や要介護など救援ニーズをとりまとめるのは困難であった [1], [2]. 本来ならば ICT (Information and Communication Technology) の活用により迅速に被害状況や被災者情報を収集できると

ころであるが、実際被害の大きかった地域では電力や通信などのインフラが1カ月以上止まったため [3], その間 ICT は活用できず手作業による情報収集となり、国や自治体などに報告する避難者名簿作成に相当な時間を要した [2], [4].

また大規模災害において、一部の避難者のなかには一カ所の避難所にとどまらず、複数の避難所をわたり歩く傾向があったとの報告がある [5]. このため、避難者情報を収集できたとしても避難所内の避難者の在席管理などを正確に行うことは困難であった。

したがって、本稿では、これらの課題を解決するため、電力・通信インフラ断絶時でも強く、ICT を用いて被災者情報を収集し救援ニーズを含む避難者名簿などを迅速に作成し、国や自治体などに発信でき、かつ避難者の在席状況を正確に管理できる避難所管理システム (Refuge Management System: 以下 RMS と呼ぶ) を提案する。

本稿では、まず2章で関連技術と課題について述べ、3章で本稿が提案する RMS のシステム設計のコンセプトについて述べる。4章では RMS のシステム概要および実装について、5章でプロトタイプによる評価結果について述べる。6章で本研究のまとめについて述べる。

## 2. 関連技術と課題

東日本大震災以来、企業、大学および NPO 団体において ICT を用いた被災者支援システムの研究および開発が多く進められている [6], [7], [8], [9], [10].

類似する代表的な既存技術として、マイクロソフトが提供する「震災復興支援システム」[11] や西宮市情報センターが無償提供する「被災者支援システム」[12] などがあげられる。これらのシステムは PC および既存ネットワークなどを使うことが前提となるため、災害発生から電力および通信などのインフラが断絶され復旧しない間はシステムを稼働できないという課題がある。またこれらの既存技術では、被災者の数、被災者の男女の割合、安否情報などといった行政レベルで管理するおまかな数字のみしか管理できず、避難所内における詳細な救援ニーズ、たとえば、アレルギー疾患や難病の患者、障がい者、介護を要する老人、障がい者、妊婦など特に配慮を要する人々のニーズ情報まで拾い上げるシステムとなっていない。

また既存技術では避難者情報を入力する際、すでに専用ソフトがインストールされた情報端末 (PC など) に限られ事前準備を要していないと利用できないという課題がある。

ところで、大規模災害時において、一部の避難者は1カ所の避難所にとどまらず、複数の避難所をわたり歩く傾向があるとの報告 [5] がある。仮に PC などで避難者情報を収集できたとしても、時間の経過ともなると避難者が流動的に避難場所を変更した場合、既存技術では避難所内の避難者の在席状況を正確に把握できないという課題がある。

これらの既存技術の課題をまとめると、下記のとおりである。

- (1) 電気・通信のインフラ断絶時 ICT を用いて避難所内の避難者名簿などを迅速に作成できない。
- (2) アレルギー疾患や難病の患者、障がい者、妊婦など特に配慮を要する人々のニーズ情報を拾い上げていない。
- (3) 避難者情報の入力端末として、すでにインストールした情報端末 (PC を含む) に限られている。
- (4) 流動的に変化する避難所内の避難者の在席状況を正確に把握できない。
- (5) 電気、通信インフラが復旧するまで収集した避難者名簿のデータを、自治体などに発信できない。

したがって、本稿ではこれらの課題を解決する避難所管理システム (Refuge Management System 以下 RMS と呼ぶ) を提案する。

また本稿では (1), (5) の共通課題である電力・通信インフラ断絶時でも RMS を運用するための提案手法を示し、そのプロトタイプの実装および評価を行ったのでその詳細を述べる。

## 3. RMS のシステム設計

次のような設計コンセプトで RMS をシステム設計した。

### 3.1 設計コンセプト

- (1) システムの使用対象  
市民に公開しない避難所情報を扱うため使用者は公務員および準公務員 (団体職員) などとするのがよい。
- (2) システムの使用状況  
大規模災害 (M7 クラス以上の地震) 発生直後からすぐにシステムとして活用できるようにする。
- (3) データ収集の規模  
避難所の設置は学校や公民館などを想定しているため、中規模 (400 人程度) なデータ収集を行えるようにする。
- (4) データ収集内容  
氏名、住所、性別、年齢、国籍、緊急連絡先、被害状況、備蓄状況、要介護項目 (妊娠、持病、アレルギーなど) など実際に東日本大震災の避難所で使用されたアンケートに追加で要介護情報を盛り込んだ情報を入力できるようにする。
- (5) データ入力端末  
避難所情報登録アプリケーションはクライアント環境に依存せず、アプリケーションソフトおよび避難者情報を一元的に管理できるサーバサイドアプリケーションを採用する。サーバとクライアント間の通信は普及率の高い無線通信 Wi-Fi 規格 [13] を使用する。これにより、PC、スマホ、タブレットなど Web ブラウザがインストールされた Wi-Fi 通信搭載の各種情報端末なら避難者情報を入力できるようにする。

(6) 避難者識別方法

避難所内での避難者の特定を行うため、ふだん日常使用している Suica や PASUMO, T カードなどの NFC カードに埋め込まれている UID (Unique ID: 固定 ID 番号) を利用して避難者の識別を行うものとする。ふだん利用している NFC カードを利用すれば既存の資源を有効活用でき、コスト削減につながる。また NFC カード自体汚れにも強いなどの多くの長を有するため、バーコードなどと比べてメリットが高い。もしも、NFC カードを所有していない場合は、避難所で用意した NFC リストバンドを配布して、避難者に身に付けさせることにする。また、NFC カードおよびリストバンドの UID コードは避難者情報入力時に同時登録するシステムとする。

(7) 避難所の設置および運用について

本 RMS の設置イメージは避難所の受付に設置することを想定した。ただし、避難者情報のデータ入力時期は、避難者の心身のケアを考え、災害直後の初期の避難所入室受付時に行わず、避難所内に人々を収容し落ち着かせてから様子を見てから実施するものとする。なぜなら、災害直後は避難所管理者を含む避難者の心身は多少混乱気味のため、ある程度落ち着いてから避難所管理者の判断で、避難者情報の入力期間を決めて、避難者が所有する情報端末などを使い、任意のタイミングでデータ入力してもらうことを想定した。

本研究が提案する RMS は避難者情報および UID 登録後、避難所単体で使用するならば予定外の避難所移動が発生した場合は追跡が行えず、入退出管理のみを行うシステムとなる。しかし、これをすべての避難所に設置し、自治体などが設置する上位側のデータ収集サーバで一元的に管理できるようなシステムを構築した場合に限り、予定外の避難所に移動した場合、避難者が持つ NFC カードの固有の ID で追跡が行えるように考えた。

(8) RMS の稼働電源

RMS 稼働電源は、ソーラパネルにより太陽光で発電した鉛バッテリーを利用するシステムとする。また、太陽光ソーラパネル発電とバッテリーとを組み合わせ、人が片手で持ち運べる重量約 10kg 以下となるデザインとした。RMS の稼働時間を延長させる方法として、サーバ側のコンピュータに市販の PC を使わず、組込み型マイコンを活用して RMS 全体の省電力化を図るとともに、複数のバッテリーを交互に活用することで、RMS の稼働時間の延長を図るデザインとした。

4. RMS のシステム概要および実装

4.1 インフラ断絶時の RMS 稼働時間の長期化手法

本稿が提案する RMS では実際の避難所での運用を想定し、電力インフラが喪失状態でも RMS を運用できるように図 1 に示す太陽光発電システムの開発を行った。太陽光

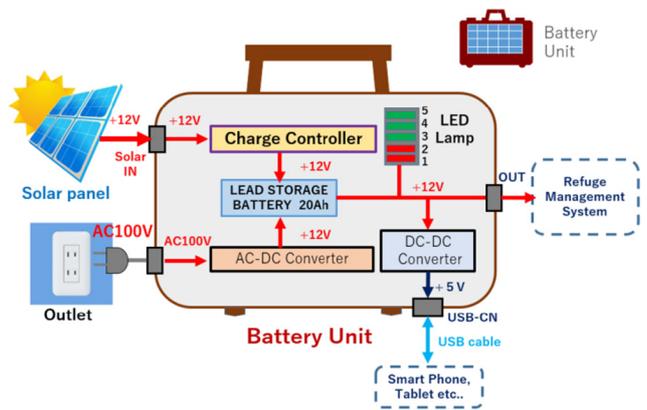


図 1 太陽光発電システムのバッテリーユニットの概要  
Fig. 1 Charging system for Lead battery using solar panel.

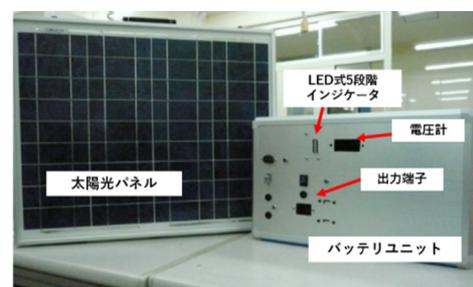


図 2 実際に開発した太陽光発電システム  
Fig. 2 Overview of charging system for Lead battery.

発電システムの構成は、図 1 に示すように太陽光パネルとバッテリーユニットなどから構成される。バッテリーユニットケースの寸法は持ち運びが可能のように市販のアタッシュケースに収納できるサイズ 100 mm × 400 mm × 250 mm 以内とした。バッテリーユニット内の鉛電池 (型式 WP22-12/LONG, 容量 22 Ah) への充電方法は 2 通り用意した。1 つはソーラパネル (型式 OPSM-SF1025/Opt Supply, 25 W) を使い太陽光発電した電気をバッテリーユニットに充電させる方式である。もう一方は家庭用コンセント (AC100 V) から直接バッテリーユニットへ充電する方式とした。後者の方式は災害前にあらかじめ家庭用電源で充電しておくこともでき、また電気インフラ復帰後、家庭用電源からバッテリーユニットに充電して稼働できるシステムとした。

図 2 に実際に開発した太陽光発電システムを示す。この太陽光発電システムの設計値では晴天時であれば約 5 時間で鉛バッテリー (容量 22 Ah) の充電が完了するデザインとした。LED 式 5 段階インジケータでバッテリーの充電の状態を確認できるようにした (図 1, 図 2)。緑レベルが消え、赤色レベルまで下がるとバッテリー充電不足を提示し、利用者に交換を知らせる。

図 3 に本稿が提案する RMS の概要および実装内容を示す。本 RMS では、MCU (Micro Control Unit) に、市販のマイコンボード Raspberry Pi Model B (RPI) を使用し、

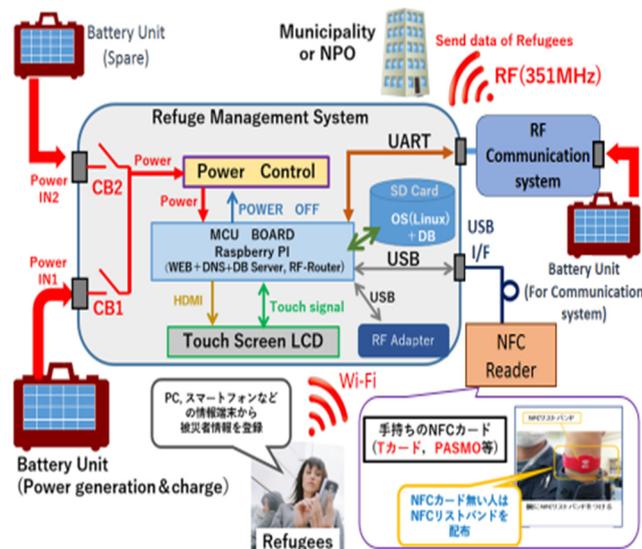


図 3 本提案の RMS の概要および実装内容  
 Fig. 3 Overview of proposed RMS.

表 1 RMS プロトタイプ開発に使用した各種周辺機器

Table 1 Peripheral equipment.

筐体外寸	170mm×275mm×140mm 以内
マイコンボード	Raspberry Pi Model B (RS)
NFCリーダ	型式 RC-S330 (SONY)
マウス (メンテ用)	型式 M-BT7R (ELECOM)
キーボード (メンテ用)	型式 SK-8115 (DELL)
無線子機アダプタ	型式 WLI-UC-GNM (BUFFALO)
タッチパネル LCD	型式 7DD1+1 FPC (INNOLUX)

この RPI に組込型 LinuxOS (Raspbian) を実装し、これにデータベース (SQLite), Web サーバ (apache2), DNS サーバ, 無線ルータなどの機能を構築した。今回, MCU に組み込み型 Linux を採用した理由は RMS 自体の省電力化を図るためである。通常のノートパソコンの消費電量は 40~50 W 程度あるが, RPI を使うことで, 約 1/10 に省電力化できる。

表 1 に本稿が提案する RMS のプロトタイプ開発に使用した各種周辺機器などの型式および外寸を示す。

図 3 に示すように太陽光発電システムのバッテリーユニットを 2 台使用し, この 2 台のバッテリーユニットをうまく交互に交換することで電力インフラ断絶時においても長期的なシステムの運用を実現できるシステムとした。いま RMS に接続されたバッテリーユニットの充電量が低く, 満充電されたバッテリーユニットと交換する場合について説明する。現在接続されている充電量の低いバッテリーユニットと満充電したバッテリーユニットとの出力ラインを一時的に並列接続してから, 充電量の低いバッテリーユニットを外す機構を設けたことで, システムの電源を一時的にシャットダウンせずに継続運用できるデザインとした。

具体的な操作手順は, 図 3 に示すようにバッテリー交換で

きるようサーキットブレーカスイッチ CB1, CB2 の 2 個を用意しており, RMS の MCU を含む主回路とは回路上並列に接続されている。バッテリー交換の方法は次のとおりである。図 3 に示すように CB1 側の入力端子 IN1 にいま使用中の残量の低いバッテリーユニットが接続され CB1 が ON 状態になっていると仮定する。いま IN1 に接続されている太陽光発電システムのバッテリーユニットを, 満充電したバッテリーユニットと交換する場合, 一方の空きの入力端子 IN2 に満充電のバッテリーユニットを接続し, CB2 スイッチを ON する。このとき CB1 と CB2 のスイッチは両方 ON 状態となりバッテリーユニットどうしは並列接続の状態となる。次に IN1 に接続中の充電残量の少ないバッテリーユニットを取り除く場合, CB1 を OFF してから IN1 から残量の少ないバッテリーユニットを取り外すことで, RMS の MCU の主電源を OFF にせずにバッテリー交換できるシステムとした。また残量の少なくなったバッテリーは太陽光で発電しておき, RMS で使用中のバッテリーユニットの残量が低下したら交換するというこの作業を交互に繰り返すことで RMS の稼働時間の長期化を図る。

#### 4.2 避難者情報の入力機能

避難所にいる避難者の情報入力 (氏名, 住所, 被災状況など) は, 避難者自身が所有する Wi-Fi 搭載の携帯情報端末 (スマホ, PC 端末など) にある汎用的な Web ブラウザソフトから容易に避難者情報を入力できるよう PHP (Hypertext Preprocessor) でユーザインタフェースを開発した。

図 4 がスマートフォンの Web ブラウザで表示した避難者情報の入力画面である。図 4 の左側に示すようなメニュー画面が最初に表示され, 「登録する」項目を選択すると避難者情報を入力する画面に切り替わる。RMS に登録する避難者情報の項目は実際に避難所で使用されたものを参考に作成した。

この情報のほかに妊婦, 障がい者, 要介護者などの有無を問う情報や, 食品アレルギーの有無 (法令による表示義務が定められている [14] えび, かに, 小麦, そば, 卵, 乳, 落花生などのチェックボックス項目および, それ以外の品目に対応するためのテキストボックス) を追加したことで, 救援ニーズ情報を含む名簿を RMS 内部で作成するシステムとした。この救援ニーズおよびアレルギー情報を含む避難者情報を自治体などへ送信することで, 救援物資の要求として避難者に優しい食品などの供給を自治体などに促すことが可能となる。これにより, 需要と供給の救援物資のミスマッチを軽減できると考えた。

これ以外にメニュー項目としては, 避難者登録情報をもとに現在の避難者数および詳細内訳を表示する「避難所情報」項目や, 避難所から避難者にお知らせを通知する「避難所からお知らせ」項目, RMS 管理者がメンテナンス用

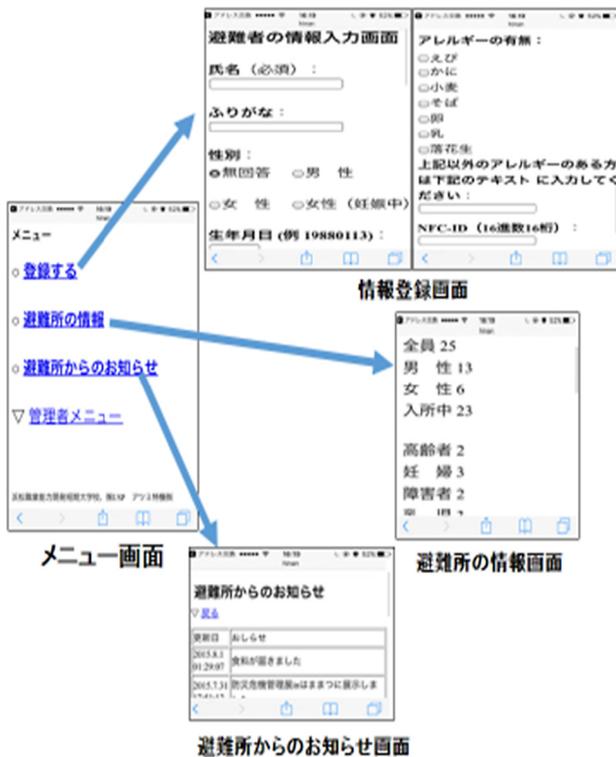


図 4 Web ブラウザ上での避難者の情報入出画面  
Fig. 4 Screen on web browser.

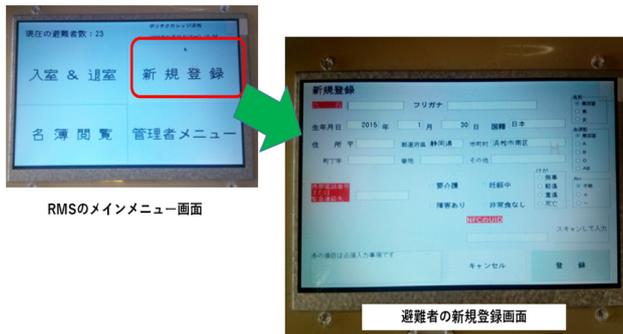


図 5 RMS 本体の避難者の新規登録画面  
Fig. 5 Screen for entering information of the RMS.

に使用する管理メニューなどを実装している。

また、スマートフォン、タブレットなどの情報端末を携帯していない避難者がいた場合への対処として、図 5 に示すような RMS のメインメニュー画面から「新規登録」項目を選択すると、図 5 の右側の画面に切り替わり、RMS 本体のキーボードおよびマウス入力より避難者情報を登録できるようにした。なお、RMS 本体の GUI (Graphical User Interface) アプリケーションは、オープンソースの Pascal 言語を使い、クロスプラットフォームビジュアルプログラミング統合開発環境の Lazarus で開発を行った。

### 4.3 避難者の個人認証および、避難所内避難者の入退出管理方法

避難所における避難者の入退出が流動的に変動した場合

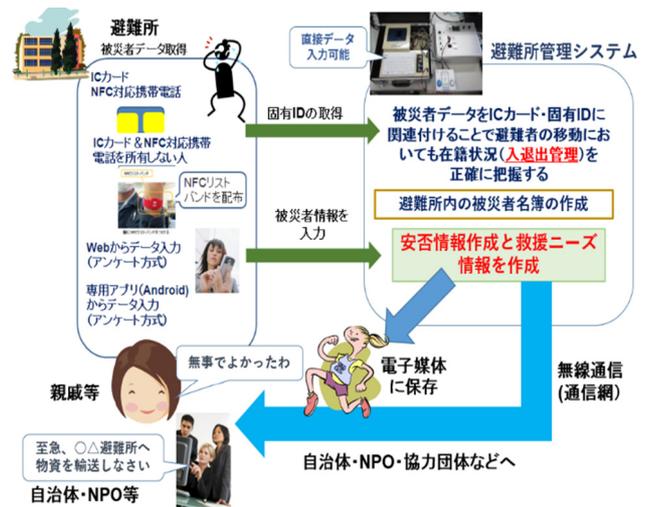


図 6 避難者の情報登録および救援ニーズの発信方法  
Fig. 6 How to register information and send relief needs.

でも避難者の入退出管理を迅速に行えるよう避難者がふだんから所有する NFC (Near Field Communication) カードなどを使った避難所の入退出管理を行うシステムを考案した。図 6 に NFC を用いた避難所の入退出管理システムの概要を示す。一般的に NFC カードの代表例として、PASMO や Edy といった IC 型電子マネーがある。日本銀行決済機構局 2017 年 3 月決済動向 [15] によると、IC 型電子マネーの総発行枚数は 2017 年 1 月時点で 33,346 万枚であり、これを日本の人口約 12,300 万人で割ると 1 人あたり平均 2.7 枚所持している計算となる。このような背景から、我々はこれらを避難者の個人認証として有効活用できないか考えた。

もしも、NFC を所有していない人の場合でも避難所で NFC チップ内蔵のリストバンド [16] を配布し、腕などに付けてもらうことで個人認証できるよう考案した。リストバンドタイプの NFC の場合は、肌身離さず装着することで、紛失および破損を防ぐことができるというメリットがある。

また NFC はバーコードなどと比べて水や汚れでも読み取りに強いという特徴がある。このため本研究では NFC を採用することにした。

NFC カードならびに NFC リストバンドに埋め込まれた UID (User Identifier) とすでに登録済みの避難者情報とを RMS 内部で対応づける。これにより、避難者が避難所を入退出する際に身につけた NFC カードなどを避難所の出入り口付近に設置された NFC リーダパネル (図 6) に NFC カードをかざすことで、避難者の入退出管理を迅速に行うものである。次に図 7 の NFC リーダパネルの使い方を説明する。まず避難所を退出するときは、照光式の「退出」ボタンを押すと、「退出」ボタンランプが点灯状態となる。この間に NFC リーダをかざすとボタンランプは点滅状態となり、この間に RMS 内部に登録された UID と照合



図 7 入退出受付用 NFC リーダパネル  
Fig. 7 NFC reader operation panel.

し、合致すると、左上にあるエラーランプが消灯状態となる。もしも、読み取った UID が存在しない場合はエラーとなり、エラーランプを点灯してユーザにエラーであることを知らせる機能とした。また、避難所を「入室」する場合も、「退出」と同様の操作手順で行う。

#### 4.4 避難者名簿、救援ニーズの作成および発信方法

本システムでは図 6 に示すよう避難者の名簿を作成する機能のほか、安否情報の作成や、配慮の必要な人の救援ニーズ情報を作成する。配慮の必要な人の確認方法は、避難者情報を入力する際に持病の有無、性別が女性なら妊娠しているかなどを問う入力画面とすることで、RMS で特に配慮を要する人々のニーズ情報を拾い上げ、最終的に救援ニーズ情報という形で電子ファイルにとりまとめる機能とした。本システムで作成した避難者名簿などは USB フラッシュ・メモリなどの電子媒体に CSV 形式ならびに JSON 形式でファイル保存して、外へ持ち出せる機能とした。また、図 5 に示す無線通信を利用して避難者名簿などを自治体および協力団体に対して送信し、救援依頼するシステムとした。

既存通信網ではインフラ断絶時には使用できないため、本研究では市販のアマチュア無線機あるいはデジタル簡易型無線機を活用して、自治体へ通信する方式を考えた。RMS 本体と無線通信機との接続は UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) で接続し、パケット通信でキャラクタデータの送受信ができるよう D-sub9 ピンの外部コネクタを RMS のパネル面に設置した。

この D-sub9 ピンと市販の無線機を接続するには、専用のハーネスを製作する必要があるが、免許不要な周波数 351 MHz 帯域のデジタル簡易型無線機、免許を要するアマチュア無線機など各種無線機と接続できる汎用性のあるデザインとした。また使用する通信プロトコルは任意のキャラクタコマンドで実装した。

RMS システムで使用する通信機の電源供給方法についても、図 3 に示すように RMS 本体の電源確保と同様、太

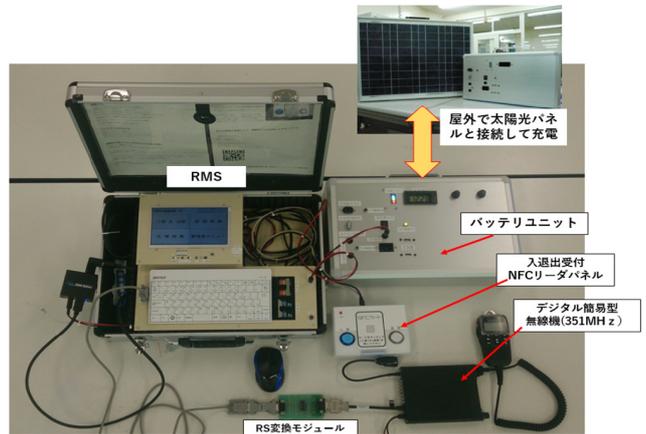


図 8 RMS (避難所管理システム) のプロトタイプシステム  
Fig. 8 RMS prototype.

陽光で発充電したバッテリーを交互に使用するシステムとする。たとえばアマチュア無線通信機 (TNC 内蔵) を使用するにあたり、電源 DC5 V 入力、5 W 出力を想定する。無線機自体の平均消費電流は約 500 mA ~ 1 A と大きいことを考慮して、節電を考え常時稼働はせず、データを自治体へ送信するときだけバッテリー電源を入れて使用し、1 日 5 回、約 400 人から 600 人分の避難者データを約 10 分程度で送信するものと想定した。本稿の提案する鉛バッテリーの容量は 12 V 20 Ah のため、1 個のバッテリーで約 1 日間程度稼働できる見込みとなる。通信機用の予備のバッテリーを 1 個以上用意し、1 日ごとにバッテリー交換することで無線通信機の稼働時間を延長できるため、本研究ではインフラ断絶時でも通信できると考えた。

## 5. RMS プロトタイプシステムの稼働性能の評価

図 8 に本稿で提案した RMS のプロトタイプ開発した概要を示す。本章では、提案 RMS のプロトタイプ単体の消費電力測定、バッテリーユニットと組み合わせたシステム全体の稼働時間の実証評価、また 2 個のバッテリーユニット並列接続時のシステム動作安定性の評価を行うことで、本提案システムの稼働性能を評価した。

### 5.1 提案 RMS のプロトタイプの消費電力測定

表 2 に本プロトタイプで使用している各種機器の消費電力の実測値を示す。この表 2 を見ると、LCD、Raspberry PI (マイコンボード)、無線 LAN の順に消費電力が高いことが分かる。特に LCD の消費電力がシステム全体の半分を占めている。よって、本提案の RMS では、システムの立ち上げ時とメンテナンスを行うときくらいにしか LCD を使用しないことから、節電のため LCD のバックライトの ON/OFF スイッチを設けている。この省電力効果を確認するため、LCD-ON/OFF、無線 LAN アダプタの有無、OS 稼働状況などによる各種パターンでシステムの消費電

表 2 各機器消費電力

Table 2 Power consumption of each device.

RMS で使用する各周辺機器	電力計算値[W]
Raspberry Pi	2.00
USB ハブ	0.17
無線 LAN アダプタ	0.85
NFC リーダー	0.18
キーボード	0.16
マウス	0.35
L C D	4.10
合計	7.81

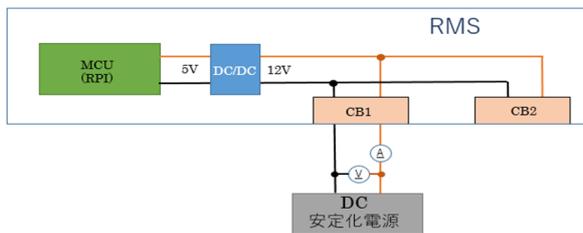


図 9 プロトタイプの電力測定構成

Fig. 9 Measurement method of the power consumption for RMS prototype.

力を測定した。

図 9 に示す測定構成で本プロトタイプの消費電力の測定を行った。測定方法としては、RMS プロトタイプの入力電源にはバッテリーユニットではなく、直流安定化電源を接続し、直流安定化電源の出力側の直流電圧、直流電流を測定し、間接測定法によりプロトタイプの直流消費電力を算出した。また、プロトタイプシステムの各種動作状態に応じた消費電力の測定結果を表 3 に示す。

表 3 より無線 LAN あり、LCD バックライト ON、OS 稼働中では 5.44 [W]~6.05 [W] である。一般のノートパソコンの消費電力は約 40~50 W 程度であるため、組み込み型マイコン (Raspberry PI : RPI) を導入したことにより、約 1/8~1/10 の省電力化を実現できている。さらに LCD バックライトを OFF にすると、プロトタイプの消費電力は 3.03 [W] とアプリケーション稼働中の消費電力と比べて半分程度節電できており、さらに無線 LAN アダプタを取り外すと、1.82 [W] と約 7 割程度の節電になることが分かった。

避難者データの収集などを行う際、節電になるからといって常時無線 LAN を OFF にすることはないが、LCD バックライトを OFF にすることはシステム運用上可能であると考えられる。なぜなら、RMS の立ち上げ時、立ち下げ時、システムのメンテナンス時など手入力作業が必要となるときは LCD を使用しないからである。本稿で提案するシステムはあくまで避難者データの入力個人が所有す

表 3 プロトタイプの消費電力測定結果

Table 3 Results of power measurement.

システムの状態	電圧 [V]	電流 [A]	消費電力 [W]
無線 LAN 有り, LCD-ON, OS 起動中	12.1	0.45	5.44
無線 LAN 有り, LCD-ON, コンソール画面表示	12.1	0.5	6.05
無線 LAN 有り, LCD-ON, GUI 画面表示(アイドル時)	12.1	0.5	6.05
無線 LAN 有り, LCD-ON, アプリ稼働中	12.1	0.5	6.05
無線 LAN 有り, LCD-OFF, アプリ起動中	12.1	0.25	3.03
無線 LAN 無し, LCD-OFF, アプリ起動中	12.1	0.15	1.82

る携帯端末 (スマホ, タブレット, PC など) で Web ブラウザからの入力のみとなる。しかし、Wi-Fi 搭載の情報端末を所有しない人がいた場合に限り、メンテナンスモードに切り替えて RMS 本体のキーボードより入力することになるが、ふだんは利用しない形となる。よって、RMS 立ち上げ後は、LCD バックライトを OFF できるよう、本プロトタイプでは LCD-ON/OFF スイッチを設け、手動で ON/OFF できるデザインとした。

## 5.2 提案 RMS とバッテリーユニットの構成による稼働時間の測定および評価

この節では RMS のプロトタイプとバッテリーユニット (20 Ah) との構成で本システムの稼働時間を測定した。なお、バッテリーユニットは鉛蓄電池 (DC12 V, 20 Ah) を使用しており、電圧を約 10 V まで下げるとサルフェーションという現象が起き、再充電できなくなることがある。したがって、今回のバッテリーユニットの稼働時間の評価では、RMS を起動してからバッテリーユニットの元電圧が 10 [V] になるまでの時間を本プロトタイプの稼働時間として算出した。今回は 5.1 節で議論した LCD バックライト ON/OFF の節電効果を実験より確認した。測定実験は RMS のプロトタイプにバッテリーを接続した状態でバッテリーの出力電圧を測定した。その結果を図 10 に示す。図 10 の赤線が LCD バックライト ON (LCD-ON) の結果、青線が LCD バックライト OFF (LCD-OFF) の結果である。図 10 より LCD-ON の稼働時間が 35 時間 (約 1.45 日) であったのに対し、LCD-OFF では 88 時間 (約 3.67 日) であった。

したがって、システムを運用する場合、LCD-OFF にした方が長期的な稼働時間を確保できることが分かった。

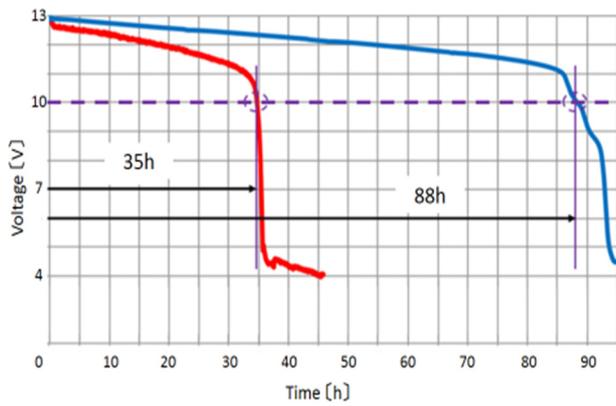


図 10 LCD-ON/OFF によるプロトタイプ稼働時間の測定

Fig. 10 Measurement of operating time by RMS prototype and Lead battery unit configuration.

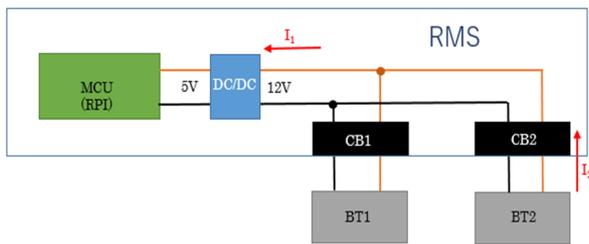


図 11 バッテリ並列接続時の電流・電圧測定構成

Fig. 11 Evaluation method of stable operation of the system when two battery units are connected.

### 5.3 2 台のバッテリーユニットを並列接続したときのシステムの安定動作評価

本提案システムでは、バッテリーユニットを交換する際に RMS の MCU (RPI) システムを停止 (シャットダウン) させることなくバッテリーユニットを交換できるシステムとした。

ここでは、2 台のバッテリーどうしを並列接続した場合、バッテリー間で電流が流れ、両バッテリーの電圧が平衡するのかが測定実験により確認した。図 11 に本 RMS で採用したバッテリーユニット並列接続システムの構成図および電圧・電流測定ポイントを示す。図 11 の CB1, CB2 はサーキットブレーカ、BT1, BT2 はバッテリーユニットを示す。各バッテリーはサーキットブレーカ、DC/DC コンバータ (12V ⇒ 5V 変換) を介して、RMS の MCU へ DC5V の電源供給を行った。

バッテリー交換時に BT1 と BT2 が電氣的に並列接続になったときに、MCU 動作に支障がないか、下記の手順でシステムの動作評価を行った。その結果を下記に示す。

①BT<sub>1</sub> と MCU が通電中 (CB<sub>1</sub> 開 : CB<sub>2</sub> 閉)

このとき、BT<sub>1</sub> の電圧は 9[V]、BT<sub>2</sub> の電圧は 13[V] であった。

②BT<sub>2</sub> を接続 (CB<sub>1</sub> 開 : CB<sub>2</sub> 開)

開通直後は  $I_1 = 0.7[A]$ 、 $I_2 = 2.2[A]$  であった。MCU への入力電圧に変化はなく、MCU の動作に支障もなかった。また、BT<sub>1</sub> と BT<sub>2</sub> の電圧は 24 時間以上経っても平

衡せず、MCU 自体動作が停止することはなかった。

したがって、バッテリーを並列接続しても RMS の MCU に支障なく、動作できることが確認できた。

また約 1 週間程度の稼働性能評価実験を行った結果、2 台のバッテリーユニットを使って、一方のバッテリーユニットの充電残量が少なくなったら満充電したバッテリーユニットと交換して、残量の少なくなったバッテリーユニットは太陽光パネルと接続して、太陽光発電により再充電するという作業を繰り返すことで、RMS のシステムを停止させず、稼働時間を延長できることを確認した。

## 6. RMS プロトタイプ評価に関するアンケート調査

2016 年 11 月 4 日～5 日に実施された神奈川県立神奈川工科大学学園祭「第 41 回幾徳祭」(以下、幾徳祭と呼ぶ)において、今回開発した RMS プロトタイプを研究ブースに出展し、一般来客者の方々に对本プロトタイプの評価に関するアンケート調査を実施した。

本章では、本プロトタイプの評価に関するアンケートの結果とそれに基づいた考察を示す。

### 6.1 アンケートの調査方法

幾徳祭において本プロトタイプの実演展示を見学していただいた 38 人の一般の来客者を対象にアンケートを実施した。

調査方法は、表 4 に示す設問 1～3 を問うアンケート用紙を事前に配布し、本研究の概要およびプロトタイプの実演紹介した後、見学者にアンケート調査を実施した。本アンケートの設問内容を表 4 に示す。

設問 1 から設問 3 については 4 択となっており、設問 4 については任意で記述回答してもらう内容とした。設問 3 に「あまりそうは思わない」または「全くそうは思わない」と答えた人は、なぜそう感じたのかをこの質問 4 で記入してもらうものとした。

### 6.2 アンケートの結果

設問 1 の「避難所管理支援システムの概要は理解できましたか?」について、図 12 にこの設問への結果を表すグラフを示す。「理解できた」または「やや理解できた」の回答を合わせると全体の 97% (総回答者数 38 人のうち 37 人) から本システムについて理解できたという回答を得ることができた。

設問 2 の「RMS のディスプレイや携帯電話などに表示される画面は見やすいですか」について、図 13 にこの設問への結果を表すグラフを示す。「そう思う」または「ややそう思う」の回答を合わせると全体の 95% (総回答者数 38 人のうち 36 人) が本システムについて理解できたという回答を得ることができた。

表 4 アンケート項目  
Table 4 Questionnaire item.

設問 1	避難所管理支援システムの概要は理解できましたか？ (1) 理解できた (2) やや理解できた (3) あまり理解できなかった (4) 理解できなかった
設問 2	RMS のディスプレイや携帯電話などに表示される画面は見やすいですか (1) そう思う (2) ややそう思う (3) あまりそう思わない (4) 全くそう思わない (5) わからない
設問 3	もし大規模災害が発生したとき、このシステムがあったら、使用してみたいと感じますか？ (1) 使用したいと思う (2) やや使用したいと思う (3) あまりそう思わない (4) 全くそう思わない (5) わからない 上記の(3)と(4)を選択した人はその理由を設問 4 に記入
設問 4	避難者管理支援システムについて、感じたことや意見・要望があれば教えてください。

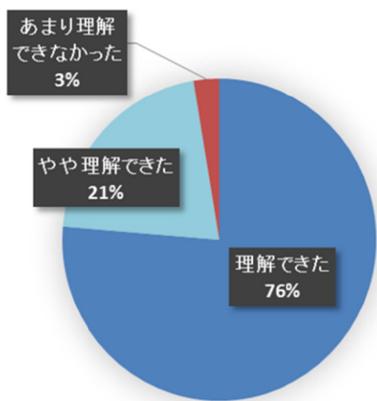


図 12 本提案の RMS に関する理解度について (設問 1 のアンケート結果)

Fig. 12 Understanding the RMS outline (Q1).

次に設問 3「もし大規模災害が発生したとき、このシステムがあったら使用してみたいと感じますか？」について、図 14 にこの設問への結果を表すグラフを示す。「そう思う」または「ややそう思う」という回答が全体の約 79% (総回答者数 38 人のうち 30 人) であった。しかし、無回答者が全体の 18% (7 人) いたため、全体の約 2 割が本システム

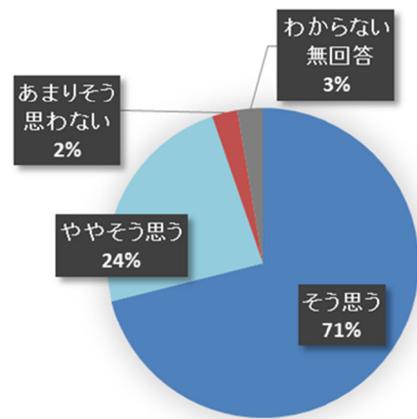


図 13 RMS 表示画面の見やすさについて (設問 2 のアンケート結果)

Fig. 13 Easiness of display screen (Q2).

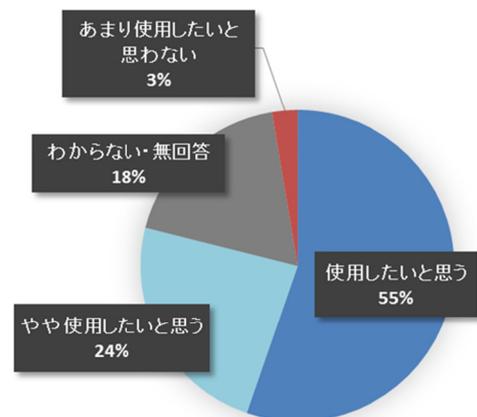


図 14 本提案手法の RMS を実際利用したいか? (設問 3 のアンケート結果)

Fig. 14 Whether you want to use the RMS (Q3).

表 5 設問 3 のアンケート結果 (意見・要望)  
Table 5 RMS opinions and requests (Q4).

内容	件数
災害発生時以外で活用できる用途があるとよい	2
RMS や Web ブラウザに表示される文字を見やすくしてほしい	1
Web ブラウザに登録される情報の反応速度が遅い	1
ペット情報も搭載されているとよい	1
顔写真も入れるとよい	1
個人情報漏れないか心配	1

ムを使用したいと判断できなかったと考えられる。また、「あまり使用したいと思わない」という回答が 1 件あり、理由は「RMS やバッテリーユニットが少し重たくさらに軽量化してほしい」というものであった。

さらに、設問 4「避難者管理支援システムについて、感じたことや意見・要望があれば教えてください」という問

い対しての意見・要望の結果を表 5 に示す。

したがって、今回の本アンケート調査結果より、本システムの改善点に関する指摘事項については今後検討する必要があるが、本アンケートに回答していただいた多くの方々为本提案手法の RMS の意義について高く評価していただいたと考えられる。

## 7. まとめおよび今後の展開

本稿では電力および通信インフラ断絶時に強い避難所管理システム (RMS) 実現のため、市販の組込みシステム (RPI) を活用して RMS のいっそうの省電力化を行い、かつ太陽光発電システムで充電したバッテリーユニットを主電源として扱うシステムを提案した。また本稿では提案する RMS のプロトタイプ開発を行い、そのプロトタイプの稼働性能の評価を行った。その結果、本稿が提案する RMS と太陽光発電システム (バッテリーユニットを含む) の両方を使用し、RMS 側の LCD バックライトを OFF にした場合、1 台のバッテリーユニット (容量 12 V, 20 Ah) で約 3.67 日分稼働できることが分かった。また、バッテリー交換時には RMS の電源をシャットダウンせずに満充電したバッテリーと交換できる技術を考案した。この技術を用いると 2 個のバッテリーを交互に交換するだけで、RMS の稼働時間を延長できることを確認した。

したがって、この提案手法を用いることで電力インフラに依存せずに RMS を長期的運用できると考えられる。

また今回開発した RMS のプロトタイプの実演展示を行い、一般来客者に対して本システムに関する評価アンケートの調査を行ったところ、全体の来客者の約 8 割の人から本提案手法の RMS の意義について高い評価が得られた。

今後は実際の数十人~数百人規模の避難訓練を通してシステムの実証実験を行う必要がある。それにともない、RMS に情報を登録する際に接続できる携帯端末などの台数の調査や、アマチュア無線通信機を用いた避難者名簿送信時のデータ送信速度と送信量の評価を行う予定である。

**謝辞** 最後に本研究を進めるにあたり、多大なご協力をいただきました浜松職業能力開発短期大学の西出和広様、橋本隆志様、そして浜松職業能力開発短期大学卒業生の池谷直人様、岩崎真規様、加藤守洋様、佐野友亮様、星野成紀様、稲葉賢様、春名雄介様、佐藤晃啓様、鈴木大己様、伊藤大地様、内田聡明様、和歌山職業訓練支援センター訓練課長岡崎仁様、元浜松職業能力開発短期大学校長長瀬安信様、梅澤無線電機株式会社様、日本 Android の会浜松支部様に深く感謝の意を申し上げます。

## 参考文献

[1] 内閣府 (防災担当): 東日本大震災における災害応急対策の主な課題, 入手先 (<http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku.wg/5/pdf/3.pdf>) (参照 2016-06).

- [2] 情報通信技術委員会: 大規模災害対応に役立つ ICT ツール (クラウドサービス) のセキュリティガイドライン, 第 1 版, TR-1048 (2013).
- [3] 松本直人: 事例に学ぶ東日本大震災における情報発信, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.3, pp.1021-1027 (2013).
- [4] 今井建彦: 東日本大震災から課題とその対応の現状 (自治体 ICT の側面から), 仙台市総務企画局情報政策部 (2011).
- [5] 内閣府防災情報ページ: 非難に関する総合的対策の推進に関する実態調査結果報告書, 入手先 ([http://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hinan\\_taisaku/houkoku.html](http://www.bousai.go.jp/kaigirep/houkokusho/hinan_taisaku/houkoku.html)) (参照 2016-09-01).
- [6] 総務省: 防災・減災等に資する ICT サービス事例集<参考資料 1-2>, 入手先 ([http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000203203.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000203203.pdf)) (参照 2016-09-01).
- [7] 菱田隆彰, 杉本祐介, 池田輝政, 土井千章, 中川智尋, 稲村 浩, 水野忠則: 大学における災害時避難状況追跡システム, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-MBL-69, No.9 (2016).
- [8] 濱村朱里, 福島 拓, 吉野 孝, 江種伸之: あかりマップ: 日常利用可能なオフライン対応型災害時避難支援システム, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2014) シンポジウム論文集, pp.2070-2078 (2014).
- [9] 池端優二, 塚田晃司: 案否報告が困難な状況を支援するライフログ活用安否確認システム, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-CDS-9, No.24, pp.1-8 (2015).
- [10] 永田正樹, 阿部祐輔, 福井美彩都, 磯部千裕, 長谷川孝博, 峰野博史: インタークラウドを用いた高可用性安否確認システムの基礎評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2016-IOT, 24 (2016).
- [11] 東日本大震災被災地支援への取り組みについて, 入手先 (<http://www.microsoft.com/ja-p/citizenship/disasterrelief/default.aspx>) (参照 2016-06).
- [12] 西宮情報センター: 被災者支援システムの概要, 入手先 (<http://www.nishi.or.jp/homepage/n4c/hss/>) (参照 2016-06).
- [13] 総務省: 地方自治体における公衆無線 LAN 整備について, 入手先 ([http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/joho\\_tsusin/top/local.support/ict/musenlan.html](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/top/local.support/ict/musenlan.html)) (参照 2016-09-01).
- [14] 消費者庁: アレルギー表示について, 入手先 ([http://www.caa.go.jp/foods/pdf/food\\_index\\_8\\_161222\\_0001.pdf](http://www.caa.go.jp/foods/pdf/food_index_8_161222_0001.pdf)) (参照 2016-05-17).
- [15] 日本銀行決済機構局: 決済動向 (2017 年 3 月), p.13, 入手先 (<https://www.boj.or.jp/statistics/set/kess/release/2017/kess1703.pdf>) (参照 2017-05-15).
- [16] エース工業株式会社: NFC タグ内蔵リストバンド, 入手先 ([http://shop.nfc-acekougyo.co.jp/i-shop/product.asp?cm\\_id=281481&cm\\_large\\_cd=8&cm\\_small\\_cd=7](http://shop.nfc-acekougyo.co.jp/i-shop/product.asp?cm_id=281481&cm_large_cd=8&cm_small_cd=7)) (参照 2016-09-01).



赤坂 幸亮 (学生会員)

2014 年神奈川工科大学創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科入学。現在, ICT 災害支援管理システムに関する研究に従事。



大曾根 諒

2013年神奈川工科大学創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科入学。現在、コンシューマーシステムに関する研究に従事。



天城 康晴

株式会社ユー・エス・ピー代表取締役，システム監査技術者。組込みLinuxをベースとしたシステムの技術コンサルティングに従事。



山口 高男

アツミ特機株式会社代表取締役。IoTを取り込んだセキュリティーシステムおよびFA制御，管理システムの設計開発に従事。



安部 恵一 (正会員)

神奈川工科大学創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科准教授。現在，HEMS，情報家電，ICT災害支援管理システムに関する研究に従事。著書として『USB2.0 インターフェース設計術』（電波新聞社），『(Chapter 11)，

Energy Management Systems』（INTECH社）がある。電気学会，電子情報通信学会，IEEE各会員。博士（情報学）。