

災害時避難所支援システム (避難所てだすけくん) の開発

浜松職業能力開発短期大学校	西出 和広*
浜松職業能力開発短期大学校	橋本 隆志
浜松職業能力開発短期大学校	寺田 憲司
神奈川工科大学	安部 恵一
株式会社ユー・エス・ピー	天城 康晴
アツミ特機株式会社	山口 高男

Development of System to Support Evacuation Site from Natural Disaster

Kazuhiro NISHIDE, Takashi HASHIMOTO, Kenji TERADA,
Keiichi ABE, Yasuharu AMAGI, Takao YAMAGUCHI

要約 東日本大震災時、東北地方だけで約 2,000 箇所の避難所が開設された。電力・通信インフラストラクチャー（以下、インフラ）が寸断されていたため、避難所の避難者数や不足物資に関する情報収集は、困難を極めた。この問題を解決するために、筆者らは電力・通信インフラがない状況でも、単独で動作が可能な避難所支援システム（愛称、避難所てだすけくん）を開発した。これは、自立バッテリー及び無線機を持ち、入力端末で避難者数を集計、被災者自身がもつスマートフォンを利用して個人情報を入力してもらうことで避難者情報を得て、サーバーに避難者名簿を自動的に作成することができるシステムである。また、サーバー内にある集計した避難所データを無線通信システムを用いて、災害対策本部がある区役所などに送信し、避難所ごとのデータを統計、閲覧することもできる。当校の避難訓練で本システムの実証実験を行い、10 分間に学生・職員の人数 140 名に対し、避難者に見立てた家族の人数 567 名を集計できた。また、無線通信システムによるデータ通信実験を行い、2.6km 離れた地点間で避難所情報を正確に伝送、統計できることを確認した。

I はじめに

浜松地域は、南海トラフによる大規模な地震が約 150 年周期で発生しており、静岡県がまとめた第 4 次被害想定^①では、当校がある浜松市南区沿岸にも最大 13m の津波がくることが想定されている。過去、多くの地震があり、江戸時代にあった宝永地震（1707 年）などでは津波が遠州灘沿岸を襲い、大きな被害を及ぼした記録がある^②。その中で東日本大震災後、当校でも防災教育に力を入れ、学生や地域の方を巻き込んで意識づけを図る取り組みが必要と考えた。当校の比較的高い建物 2 棟については、浜松市の津波避難ビルに指定するよう働きかけ、実現するなど校をあげて災害に対する備えや啓発活動に取り組んでいる。

電子情報技術科では、IT 関係の技術を活用し、地域防災に貢献するための避難所支援システム（愛称「避難所てだすけくん」）を提案しており、本報では、本システムの有効性について報告することを目的とする。システムの開発は、地元企業 2 社との共同研究として、また地元自治体の浜松市役所や静岡県西部危機管理局などの防災関係者の意見を取り入れながら進めており、ここに示す内容はこれまで 3 年間継続的に取り組んできた結果である^③。

II 開発の経緯

一般的に地震や豪雨のような規模が大きい災害が発生したときには図 1 に示すような避難所^④が開設さ

れる。東日本大震災の際には、各地の避難所で以下の問題が発生した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

- ・避難所の状況把握が困難
- ・避難者安否情報の把握が困難
- ・必要量の把握ができなかったことによる配給物資の不足、種類や量の偏り
- ・災害時要援護者（高齢者、障害者、乳幼児等）への不十分な対応

これらの原因として、被害地域が広範囲だったこと、避難所の数が多すぎて（東北で約 2,000 箇所）全体の状況及び各避難者の情報を把握できなかったことがある。また、避難者が自宅での避難に切り替えたり、他の避難所へ移動するなどして入退室管理が難しかったこともある。

こうした対策として、避難所の避難者名簿を作り、適切に利用することが有効とされている⁽⁶⁾。実際に、避難者名簿をまとめることができた避難所では、避難者名簿が安否情報の確認に役立ったという例が報告されている⁽⁷⁾。しかし、多くの避難所では避難者名簿の活用は困難であった。その理由として、震災の混乱により避難所に対して対応できる自治体職員の数が圧倒的に少なかったことで、詳しい情報を調査することは困難だったことが挙げられる。また、被災地では地震や津波に伴う設備の破損等によりインフラが寸断されており、まず電気が使えなくなったことから、コンピュータが使用できなくなったとの報告がある。そのため避難所では手作業で避難者名簿を作ることとなり、作成や集計、更新が困難な作業となった。それに加え、携帯電話やインターネットといった通信手段も途絶や輻輳により使用不能となり、まとめた情報を共有することができなかった。さらに、当時は避難者名簿の様式が統一されておらず⁽⁸⁾、名簿から得られる情報が実際の救援ニーズと対応していなかった事象もあった。以上のことから、災害発生時に必要となる情報の種類を予め整理しておき、避難者名簿の様式に反映することが重要であると考えられるようになり、近年は多くの自治体が独自の避難者名簿様式を指定してインターネット上で公開している⁽⁹⁾。

これらの問題を解決するため、筆者らは災害発生後 1 週間程度までの電力・通信インフラ喪失下でも、単独動作が可能な避難所支援システムを製作した。これにより避難者数の集計や避難者名簿の作成が短時間ででき、区役所などの災害対策本部に自動でデータ通信を用いて送信できるようなシステムを完成させた。

本システムの検証実験として、本校の避難訓練にお

いて製作したシステムの運用実験を行い、避難者数の把握能力を評価した。



図 1 避難所の様子（東日本大震災）⁽⁴⁾

Ⅲ 避難所支援システムの概要

避難所支援システムは、以下の 3 つのシステムで構成されており、それぞれの関連性を図 2 に示す。

① 避難者名簿作成支援システム

システムは避難者名簿作成支援サーバー（以下、サーバー）と入力端末からなる。サーバーを利用し、浜松市避難所運営マニュアル⁽¹⁰⁾に沿った避難者名簿を短時間で作成する。バッテリーで長時間駆動させるため、低消費電力となるように設計されており、避難者情報入力端末や無線通信機、避難者のスマートフォン・タブレット端末との通信を行うことができる。

また、災害発生時避難所に殺到する避難者の人数を迅速に把握するために入力端末を使用する。また、救援物資や食糧の配布等にも利用し、過剰若しくは配布漏れを防ぐことができるようにする。

② 太陽光発電システム

太陽光発電または家庭用 AC100V 電源によりバッテリーに充電し、バッテリーの電力を利用してサーバー、通信機を稼働させる。

③ 無線通信システム

避難所サーバーと市役所とで独自無線通信を確保し、避難者数、必要物資等避難所運営に必要な情報を送受信する。

本システムを製作する前に避難所の問題点とその有効な解決策を明らかにし、システムの仕様を固めることを考えた。静岡県西部危機管理局の 3 名の方に講師依頼をして避難所運営ゲーム（以下、HUG と略す）⁽⁸⁾を当校電子情報技術科 2 年生全員（14 名）に対して行った。図 3 に当校学生が HUG を体験している様子を

す。HUG は、静岡県が開発した避難所運営をゲーム形式で疑似体験するもので、避難所運営を行うことになる各自治体や地域の自治会、教育機関などの関係者に避難所の運営を的確に行えるように訓練するゲームであり、避難所の問題点を意識することも可能である。ゲームを体験したところ、災害が発生すると多くの避難者が避難所に殺到し、これ以外にも簡易トイレの設置などの運営業務が多く発生することから、避難所スタッフは避難者をさばくことすら困難であることが分かった。

この結果から、災害後の経過期間によって、震災当日をフェーズ0（安全を確保する期間）、震災翌以降をフェーズ1（安定へ向けた対策をする期間）、7日経過程度をフェーズ2（環境改善へ対策をする期間）として分類し、それぞれのフェーズごとにシステムの仕様を決定することにした。図4にフェーズごとのシステムのデータ集計について示す。フェーズ0では上記の混乱により最小限の情報集約にとどめ、避難者数や家族の人数など避難所にどれだけの人が避難をしているのかを明らかにする人数把握に努めることとした。避難者数は災害対策本部が設置されている市役所（及び区役所）に送り、避難所ごとの合計避難者数や避難所のニーズ把握などに活用ができるようにすることにした。また、安全が確保され、安定へ向けた体制をつくれるようになるフェーズ1に移行した段階で避難者名簿の作成を行うこととした。作成した名簿は無線を通じて災害対策本部に送ることを考え、刻々と避難者名簿の内容は変更することが想定されるので1日1回など定期的に避難者名簿を更新し、送信することを検討した。また、基本理念として、緊急時の混乱状態でも問題なく扱えるような、シンプルで持ち運びも可能な構成を目標とした。

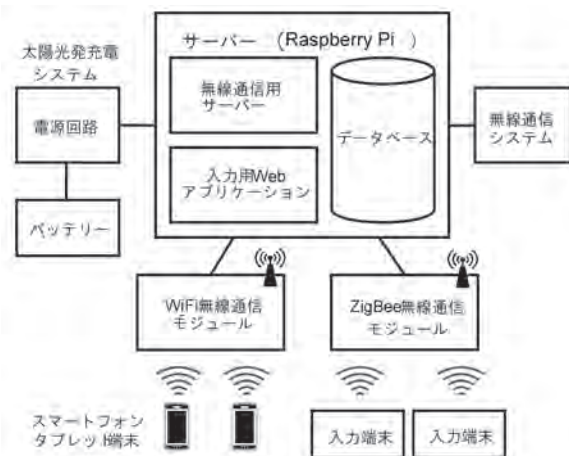


図2 避難所支援システムのブロック図



図3 避難所運営ゲーム（HUG）の体験の様子

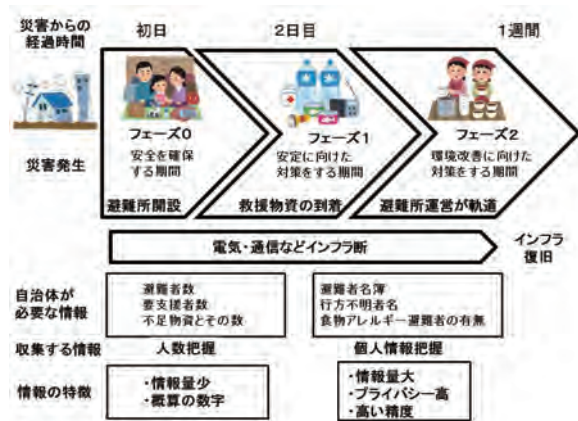


図4 災害発生時から収集が必要な情報の推移

IV 避難所名簿作成支援サーバー

図5に製作した避難所名簿作成支援サーバーを示す。マイコンボードRaspberry Pi 2を核とした低消費電力サーバーを製作した。このサーバーは以下の機能を提供する。

- ・避難者情報の入力のためのWebアプリケーション
- ・避難者情報を格納するデータベース機能
- ・避難者のスマートフォンや入力端末との無線通信

1 ハードウェア

持ち運びに必要な強度を確保するため市販のアタッシュケース内に筐体を収めた。電源回路の部品などを小型化するなどした結果、全体の重さを4kgfとすることができた。また、フロントパネルの使い勝手を向上させるために、ディスプレイをタッチスクリーンに替え、マウスがなくても操作できるようにした。USBコネクタを追加し、外部USB接続を簡単に利用できるようにした。サーバーの消費電力を測定したところ、

モニター使用時、未使用時の消費電力はそれぞれ 6.1 W、2.0 W と低消費電力を実現できた。サーバーの起動時及びメンテナンス時などではモニターを起動して動作を確認し、実際の運用時にはモニター電源を切ることで低消費電力化を図ることとした。



図 5 避難所名簿作成支援サーバー

2 ソフトウェア及びWebアプリケーション

サーバーの OS には軽量 Linux ディストリビューション DietPi を採用し、軽量 DBMS の Firebird や製作したアプリケーションをインストールした。サーバープログラムが自動的に起動されるように設定し、難解なコマンドを入力しなくても使用できるようにした。

避難者の情報を入力するためのスマートフォン若しくはタブレット向け Web アプリケーション（以下、Web アプリ）を製作し、サーバー内に導入した。避難者にはサーバーに無線 LAN を利用して接続し、個人情報を入力してもらうことにした。図 6 に個人情報入力 Web アプリを示す。ここに入れる情報の特徴的なものとして、避難所到着時に受け取るバーコード番号、避難者の氏名、性別、住所、年齢、避難先が避難所か在宅避難かの情報とさらに、アレルギー情報特定原材料 7 品目⁹⁾、要配慮事項、必需品、そして得意な分野などがある。また、なりすましを防ぐためにパスワード管理ができるようになっている。これらの個人情報は浜松市の避難所運営マニュアル⁷⁾に沿ったものであり、避難所から市に報告する内容と一致している。これ以外に避難所から避難者へ伝えるべき内容（例、毛布が到着します）も最新のお知らせなどで広報することができる。入力された個人情報は、瞬時にサーバー内のデータベースに登録される。

また、避難所管理者が避難所の避難者を管理するための Web アプリを作成した。図 7 にこれを示す。合

計の避難者数、避難者名簿を表示することができ、避難者名簿の修正、名簿持ち出し用の CSV ファイルの書き出しなどもできるようになっている。管理システムは特定の管理者向けのシステムであるために、パスワード保護機能をかけてあり、特定管理者以外は閲覧



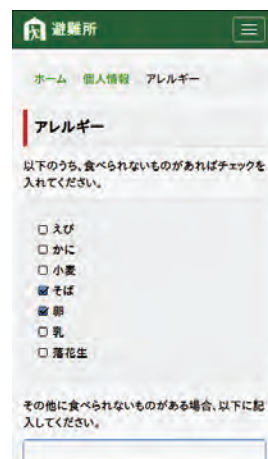
(a) 避難者入カトップ画面



(b) 基本情報入力画面



(c) 個人情報一覧画面



(d) アレルギー入力画面

図 6 個人情報入力 Web アプリケーション



(a) 避難者数把握画面



(b) 避難者名簿一覧画面

図 7 避難所管理者向け Web アプリケーション

できないようになっている。

V 避難者数入力端末

入力端末は、災害発生時に（主に当日）避難所に殺到する避難者の人数を素早く把握するために利用する。また、救援物資や食糧の配布等にも利用し、過剰供給や配布漏れを防ぐことができる機能と不審者への対策として避難所への避難者の入退室管理などにも利用する。図8に避難者数入力端末を示す。

避難者には受付にてバーコードを印刷した識別用カードを各人に配布し、携帯することを条件とする。写真5に避難者に配布する識別用カードを示す。バーコードの形式はJAN-8形式となっており、8桁の数字で表す、避難者人数は4桁の約1万人分、それ以外に避難所番号など3桁分が情報として組み込まれている。浜松市の計画では、避難所数が200ヶ所、避難所1か所あたりの最大収容人数が5,000人となっているため、十分対応できると考えられる。バーコード番号の打ち間違いなどを防ぐため、最終1桁がチェックディジットとなっている。本システムが複数の避難所に設置された際には、避難所を移動したとしてもこのカードを持っていれば、登録された個人情報との照



図8 避難者数入力端末



図9 避難者に配布する識別用カード

らし合わせが可能となる。裏面には、Web サーバーアクセスのためのURL及びQRコードを用意している。端末は入力された情報を ZigBee 無線通信によってサーバーへ送信する。受信したサーバーはデータを解釈して情報を取り出し、データベースに登録する。避難が落ち着いたフェーズ1以降に前述したWebアプリケーションでバーコード番号及び個人情報を入力してもらい、識別用カードとひも付けする。

この入力端末は携帯することができ、先にも述べたように単3電池4本で駆動する。マイコンの動作電圧(5Vから3.3V)やクロック周波数の低減(32MHzから8MHz)、バーコードリーダーや無線通信モジュールを必要とすのみ動作させる電源制御といった工夫を施した結果、動作電流は待機時24mA、バーコードリーダーでの読み取り時150mA程度となった。新品のアルカリ乾電池(2,000mAh)4本を使って10秒に1回情報を入力した場合を仮定すると、動作時間は40時間程度である。これを3台製作し、並列に避難者数を入力することができるようにした。図10に避難所受付での入力端末運用模式図を示す。

避難者数の入力には以下の手順で行う。

1. 家族に対して代表者1名が避難所受付に並ぶ
2. 3台ある入力端末に振り分ける
3. 家族の代表者番号をバーコードリーダーで読み取り代表者に渡す
4. 代表者が家族の人数をボタンで入力
5. 入力した情報をサーバーに送信
6. 代表者に家族分のバーコードを渡し、家族全員に分け与えてもらう

VI 太陽光発電システム

今回作成した太陽光発電システムを図11に示す。大規模震災時は、電力インフラが途絶されている可

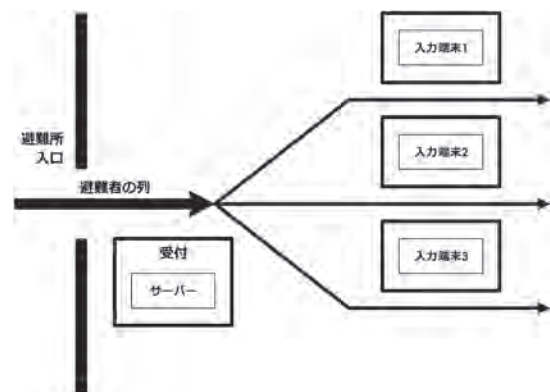


図10 避難所受付の入力端末の運用模式図

能性が高く、サーバーや無線機を駆動させるための自前の電力システムが必要である。平時に家庭用 AC 100V 電源で確保した電力を用い、また緊急時は晴天時に太陽光による発充電でポータブルバッテリーに確保した電力を用いて避難者名簿作成支援システムや無線通信システムを駆動させる。また、USB 端子を設けており、災害時充電が難しくなるスマートフォンやタブレットへの電力供給も可能となっている。電力供給部にはキースイッチを設けてあり、管理者以外は使用できないような工夫も施されている。当システムは、ソーラーパネル 50W (25W × 2) と 12V12Ah のバッテリーを採用している。このバッテリーでサーバー(消費電力 2.0W) がどれだけ駆動できるかを実験した。その結果を図 12 に示す。バッテリー過放電をし、システムが停止するまで 4.5 日程度であった。そのため、バッテリーの電圧が 11V になるまで使用することとし、約 3.5 ~ 4 日程度を駆動できる日数と判断した。

また、デジタル簡易無線機の駆動実験では、1 日 15 回程度の送信をし、それ以外は待機(受信)状態で運用した場合で想定すると 1 日 1 回程度のバッテリー交換を目安とすればいいことがわかった。以上結果から、ポータブルバッテリーを 3 ~ 4 個ほど用意し

て、システム駆動及びバッテリー発充電を並行し、ローテーションさせつつ利用することで電力供給を持続させることとした。

VII 無線通信システム及び 避難所統計システム

大規模災害時は、通信インフラも途絶されている可能性が高い。そのため、サーバー内に格納された避難者数のデータを災害対策本部(想定では浜松市南区役所)に送るための無線通信システムを、また災害対策本部で避難所の状況を統計する避難所統計システムをそれぞれ制作した。図 13 に無線通信システムと避難所統計システムの関連性を示す。避難所からは避難所支援サーバーにて収集した避難者数や避難者名簿を無線通信システムで送信する。災害対策本部は、これらをリアルタイムでデータを取得し、避難所統計システムにて総避難者数などの統計を取得することで救援物資の配給等の見積もりなどに利用できる。図 14 に無線通信システムを示す。無線機は市販のデジタル簡易無線(YAESU 無線社製、VX-D2901)を利用した。この無線の特徴として、登録局であり、利用者が免許



図 11 太陽光発充電システム

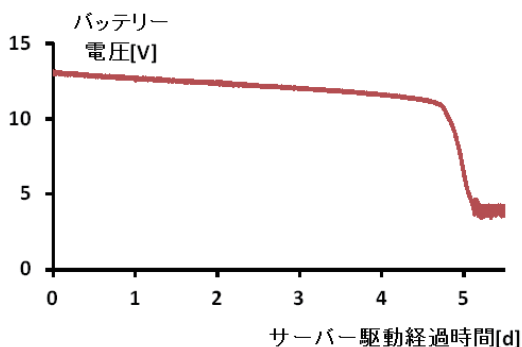


図 12 太陽光発充電システムによる
避難所支援サーバー駆動実験の結果



図 13 無線通信システムと避難所統計システムの関連性



図 14 無線通信システムの写真

を持つ必要がないこと、出力が高く（送信出力 5W）通信距離が長くとれること（環境にもよるが 10km 程度）、デジタル通信であるため、避難者名簿データの暗号化が可能であることなどが挙げられる。避難者数情報の通信方法について説明する。市役所等から避難所サーバーを呼び出し、それについての応答があった場合に避難者数の要求を行い、避難所からは人数が送信される仕組みである。これにより、災害対策本部では自動的に避難所のデータを取得できる。

次に、災害対策本部に送られた避難者数を視覚的に表すことができる避難所統計システムを製作した。図 15 に避難所統計システム内の地図に避難者数を表示している様子を示す。地図データは、オープンソースである Open Street MAP を利用してサーバー内にダウンロードされているため、インターネット環境がなくても動作可能となっている。当校がある浜松市南区には避難所が計 14 ヶ所設定される計画となっている⁽¹⁰⁾が、この場所がブルーアイコンより地図上に位置が表示される。また、避難所の避難者数に応じ、赤色の円の大きさが変わることによって視覚的に避難者数を表すことができる。無線通信システムにより避難者数データが受信され、データが更新されると、ポップアップにより吹き出しが表示される。図では当校を避難所に見立てた状態で表示をしているが避難者数、データ更新日時などが表示される仕組みとなっている。また、南区の避難所での避難者の合計人数も数値で表すこともできる。現在の避難所支援システムは 1 台しかないため、当校に設定してある避難所については支援サーバーの避難者数を、当校避難所以外のところについては支援サーバーで避難者数に模した乱数を通信させる形で統計を行い、システムが機能することを確認した。



図 15 避難所統計システム地図画面

Ⅷ 実証実験

1 避難所支援サーバー及び入力端末

平成 27 年 11 月 19 日に行われた本校の避難訓練の際に、本システムを使って避難者数をどれだけ速く数えられるか調べる実証実験を行った。図 16 にその実証実験の様子を示す。実験では、2 台の入力端末を使い、1 台につき 3 人の係員を配置し、作業を行った。参加者を家族の代表者と見立て、自身の家族の人数を入力してもらい、10 分間で 140 人の参加者から 567 人分の情報が問題なく登録ができた。この結果、本システムを使うと千人規模の大きな避難所でも避難者数を素早く把握できることを実証できた。



図 16 当校避難訓練での避難所支援サーバー実証実験の様子

2 無線通信システム及び

避難所統計システム

無線通信システム及び避難所統計システムの実用性を確認するため、避難所データの通信実験を行った。避難所に見立てた本校 3 F の建物の部屋から、避難所支援サーバー内の避難者数のデータを送信し、2.6km 先の災害対策本部に見立てた中田島砂丘まで、正確にデータが送れ、統計を取得できることを確認した。図 17 に無線通信システムの実証実験の様子を示す。

Ⅸ まとめと今後の展開

災害時電力通信インフラが途絶された状態でも単独で動作可能な避難所支援システム（愛称、避難所てだすけくん）を製作した。本システムには、避難者名簿作成支援サーバーにて避難者名簿を作成する機能、入力端末にて避難者数を集計する機能、太陽光発電システムにて太陽光を用いてポータブルバッテリーを充電する機能を備え、さらに無線通信システム及び避難

所管理システムにて避難所と災害対策本部に避難者数などの避難者データを送信し、地図へ避難所ごとの避難者数を表示できるような機能も備えている。

本避難所支援システムの実証実験を校内避難訓練で行い、迅速な避難者情報の入力と伝送が行えることを実証し、1,000人規模の避難所でも運用できることを



図 17 無線通信システム及び避難所統計システムの実証実験の様子



図 18 システムの意見交換会の様子



図 19 展示会出展の様子

確認した。また、地域自治体の仕様に合わせるために浜松市危機管理課及び静岡県西部危機管理局との意見交換（図 18）を行い、地域ニーズに合わせたシステムづくりに取り組んでいる。この取り組みの普及・浸透を図るべく、浜松防災危機管理展などの各種展示会への出展（図 19）やぼうさい甲子園⁽⁴⁾へのエントリーを行い、地域や専門家の意見を取り入れて進めている。

謝辞

避難訓練の際に実証実験に参加いただきました当校学生及び職員の皆様に感謝申し上げます。また、HUG の研修をしていただきました静岡県西部危機管理局内山様・日馬様、システム開発に関してご助言をいただきました浜松市危機管理課栗田様に感謝申し上げます。

【参考文献】

- (1) 静岡県、「静岡県第 4 次地震被害想定（第一次報告）- 概要 -」、平成 27 年、p.39
- (2) 浜松市、「浜松市津波防災地域づくり推進計画」
- (3) 職業能力開発論文コンクール、「共同研究『ICT を用いた大規模災害時避難所支援システムのプロトタイプ開発』の取り組みを通じた職業訓練教育の実践報告」、平成 27 年
- (4) 仙台市役所、「東日本大震災アーカイブス」
- (5) 岩手県、「東日本大震災津波における避難者支援活動記録集」、平成 25 年
- (6) 内閣府、「避難所における良好な生活環境の確保に向けた取組指針」、平成 24 年
<http://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/h25/pdf/kankyokakuho-honbun.pdf>
- (7) 浜松市、「避難所運営マニュアル③様式集」
- (8) 静岡県、避難所 HUG、<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/e-quakes/manabu/hinanjyo-hug/>
- (9) 農林水産省、「アレルギー表示」、http://www.maff.go.jp/j/fs/f_label/f_processed/allergy.html
- (10) 浜松市、「防災に関するオープンデータ」(2016年)、<https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/koho2/opendate/bosai.html>
- (11) 兵庫県、毎日新聞社ほか、「ぼうさい甲子園」