

大規模災害時におけるデジタル技術を活用した 避難所運営効率化に関する調査研究

林 孝典*・渡壁 守正**・玉里 祐太郎***・田中 健路****

(令和4年10月28日受付)

An Investigative Research on the Efficiency of Shelter Management Using Digital Technology During a Large-Scale Disaster

Takanori HAYASHI, Morimasa WATAKABE, Yutaro TAMARI, and Kenji TANAKA

(Received Oct. 28, 2022)

Abstract

With the increase in natural disasters in recent years, the number of times shelters have been opened is increasing. In addition, especially in the event of a large-scale disaster, the evacuation period will be prolonged, which will increase the burden on shelter management staff. This study proposes a simple and inexpensive information system that uses digital technology to improve the efficiency of shelter operations during large-scale disasters. As a first step, the system uses Radio Frequency Identification (RFID) tags to streamline the work of evacuees' roll call and food distribution. As a result of introducing the proposed system to an evacuation drill, it was demonstrated that the execution speed of roll call and food distribution was improved by about three times. In addition, the results of a questionnaire survey of evacuation drill participants showed that more than 90% of the participants realized the effectiveness of the proposed system.

Key Words: disaster, shelter management, RFID, roll call, food distribution, questionnaire evaluation

1. はじめに

近年、気候変動に伴う災害の激甚化・頻発化が進んでいる。気象庁の観測によれば、1976～1985年と2010～2019年における短時間強雨（1時間降水量50mm以上の雨）の年間平均発生回数は、約1.4倍に増加している^[1]。水害・土砂災害等の気象災害をもたらす豪雨の頻発化の背景には、自然変動の影響による異常気象に加え、地球温暖化の影響があると考えられており、今後も頻発することが懸念されている^[1]。

また、日本は地震・火山活動が活発な環太平洋変動帯に位置しており、世界で発生しているマグニチュード6.0以上の大地震の約2割が日本で発生している^[2]。今後、首都直下地震や南海トラフ地震などの巨大地震発生の可能性が高まってきている。

このように、日本は、地震・津波・高潮・台風・大雨・洪水・豪雪・噴火など、自然災害が世界で一番多い国とも言われており、災害に強い国土・地域づくりに向けた、さまざまな防災・減災対策が推進されている。

災害が発生した場合や発生する可能性が高まった場合

* 広島工業大学情報学部情報コミュニケーション学科

** 広島工業大学環境学部建築デザイン学科

*** 広島工業大学生命学部生体医工学科

**** 広島工業大学環境学部地球環境学科

に、住民の安全確保や、自宅に住み続けることが困難になった場合の一時的な生活場所を確保することを目的に、避難所が開設される。近年では自然災害発生件数の増加に伴って避難機会が増加し、避難所運営に関わる行政職員や地域関係者の負担が増大してきている。また、特に大規模災害が発生して避難生活が長期化すると、避難者の身体的負担による疾病が原因となって死亡する「災害関連死」に至る場合も少なくなく、その防止には避難生活の環境改善が非常に重要となる。その他、避難所環境の維持、プライバシー対策、乳幼児をはじめとする食のアレルギー対応、高齢化に伴う災害弱者（要配慮者）の支援、近年では新型コロナウイルス対策など、避難所運営における課題は多岐に渡る。

本研究では、大規模災害において避難生活が長期化した場合を想定し、デジタル技術を活用して避難所運営を効率化する簡易・安価な避難所運営支援システムを構築することを目的とする。その最初の検討ステップとして、RFID（Radio Frequency Identification）タグを用いて避難者の点呼作業や食料物資の配給管理を支援するシステムを検討した。2022年3月に広島市立落合小学校で実施された安佐北区落合学区自主防災訓練において提案システムを導入し、防災訓練参加者の点呼時間及び食料配給時間が短縮された効果と、防災訓練参加者によるアンケート調査結果について述べる。

以下、第2章では大規模災害時の避難所運営の課題について概説し、第3章では関連検討について触れる。次に、第4章で提案するシステムを示し、第5章で防災訓練の機会を利用した実証実験の内容について示す。また、第6章では実証実験の結果と考察を展開し、最後に第7章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 大規模災害時の避難所運営の課題

大規模災害が発生した際の避難所運営では、発災直後は多くの被災者が避難所に集まるため、避難者の入退所管理や食料物資等の配給、トイレの確保、避難者からの各種要望やトラブルへの対応などで混乱する可能性がある。避難所生活が長期化すると、衛生的な避難所環境（温湿度、音、匂い等）の維持、食料物資の配給状況管理、避難者（特に障がい者、高齢者、子供等）の健康管理、女性や要配慮者への配慮などが必要になる。避難所は地域住民と行政が協働して開設・運営していくことが重要であり、避難所運営に関するマニュアルやガイドラインとして整備が進んでいる^[3]。

また、坂田らは、過去の地震や豪雨災害発生時における避難所の開設・運営に関する課題と対応事例を整理している^[4]。そこでは、熊本地震における避難所運営で発生した

具体的な問題点や課題などがまとめられている。

これらの課題の中で、避難者の入退所管理や食料物資等の配給管理、避難所環境の把握、避難者の健康管理などは、デジタル技術によって運営負担を軽減できる可能性がある。

これらと今回の実証実験で協力を得た安佐北区落合学区自主防災会連合会へのヒアリング結果と合わせ、本研究ではデジタル技術の活用が効果的な避難所運営の課題として、避難者の所在管理の迅速化、食料物資配給管理の迅速化・効率化を取り上げることにした。

3. 関連検討

ここでは、デジタル技術を用いて避難所運営の効率化を狙った既存の取り組み例について述べる。

石田はビーコン（低消費電力の近距離無線技術であるBLE: Bluetooth Low Energy）を利用した位置情報特定デバイスと専用アプリケーションを用いて、避難所に入出入りする人数や、事前登録された避難者情報（性別・住所など）を送受信・集計するシステムを開発している^[5]。

また、行政による避難所運営効率化に関する取り組みも進んできている。例えば、宮崎県都市では、PCやスマートフォンを用いて各避難所の混雑状況を把握したり、事前にユーザ登録した情報のやり取りを行ったりすることで避難所受付業務の効率化を図っている。さらに、各避難所に保管されている物資の情報集約・管理、対策本部と各避難所間の情報共有を支援できる仕組みを構築し、デジタル技術による避難所運営の効率化を進めている^[6]。一方、デジタル庁は、地方自治体が開設する各避難所の状況や必要な支援内容を迅速に把握するための仕組みを2022年12月から順次実施していく計画を発表している^[7]。避難者は事前にスマートフォンから氏名、年齢、家族構成、配慮が必要な事項、ペットの有無などを登録しておき、災害発生後、避難所名、体調、服薬の有無、支援物資の要望などの情報を発信する。従来手書きやFAXでまとめていた避難者情報を効率的に収集できる仕組みの実現を目指している。

これらの取り組みは避難者のスマートフォンを活用することを前提しているが、スマートフォンを所持していない、または使いこなすことが困難な高齢者が多く暮らしている地区も多い。このため、本研究では避難者側のデジタル機器に頼らない方法を対象として検討した。

4. 提案システム

本研究では、RFIDタグを用いて避難者の点呼作業や食料物資の配給管理を支援するシステムを提案する。RFIDとは、電波を用いてRFIDタグのデータを非接触で読み書

きする自動認識技術である。離れた場所から複数のRFIDタグのデータを一括で読み込むことが可能である。この特徴を活かし、小売、製造、流通、医療などのさまざまな分野において活用されている。例えばアパレル業界では商品にRFIDタグを取り付け、在庫管理や無人レジなど店舗業務の効率化を図っている。また、製造メーカーでは工具やパレットなど、図書館では書籍にRFIDタグを貼り付け、資産管理や貸出業務の効率化を実現している。

提案システムでは、図1に示すRFIDタグ付きカードを挿入したネックストラップ（以降、「タグ付ネックストラップ」と記す）を避難者受付で一人ひとりに配布するとともに、避難者情報とRFIDタグ識別番号を対応付けたデータベースを構築した。タグ付ネックストラップを図2に示すRFIDリーダー（東北システムズ・サポート社製のDOTR-2200^[8]）を利用して読み取ることで、短時間かつ避難者に声をかけることなく点呼作業が完了できる（既存システムにおける在庫管理シナリオを、避難所における避難者の点呼へ応用したことになる）。また、避難者の食料物資配給管理では、食料物資等の受け取り時にタグ付ネックストラップをRFIDリーダーで読み取ることで、いつ、だれに、何を配給したかの履歴をデータベースで管理することができるようになる（既存システムにおける物品貸出シナリオを、食料物資配給状況管理へ応用したことになる）。

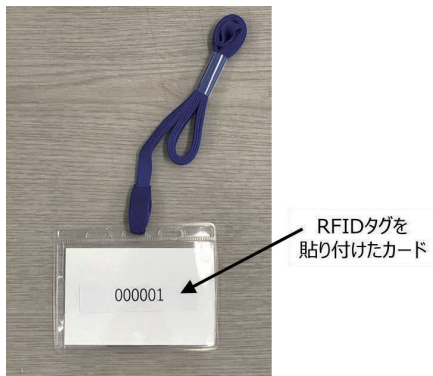


図1 タグ付きネックストラップ



図2 提案システムで用いたRFIDリーダー

5. 実証実験

提案システムの有効性を検証するため、2022年3月27日に広島市立落合小学校（広島市安佐北区）の体育館で開催された安佐北区落合学区自主防災訓練において提案システムを導入した。自主防災訓練には、一般訓練参加者82名、避難所運営スタッフ35名の計117名が参加した。訓練参加者の年齢層の割合は後述するアンケート結果から、39歳以下：11.5%、40～59歳：40.2%、60～74歳：34.5%、75歳以上：13.8%となり、約9割が40歳以上、その約半数が60歳以上であった。

避難所となった体育館のレイアウトを図3に示す。入口を入った左右両側に防災訓練参加受付を設置し、一般訓練

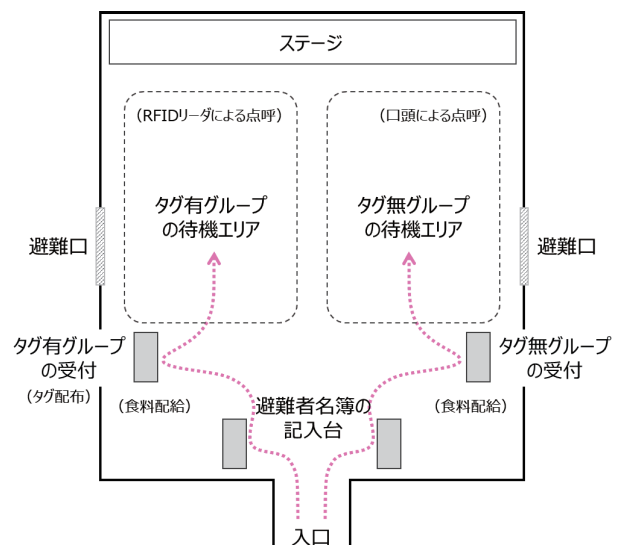


図3 避難所となった体育館のレイアウト



(a) 訓練参加受付



(b) タグ付きネックストラップの配布

図4 訓練参加受付とタグ付ネックストラップ配布の様子

参加者を、タグ付ネックストラップを配布するグループ（以降「タグ有グループ」と記す）43名と、配布しないグループ（以降「タグ無グループ」と記す）39名に分けて受け付けた。また、避難所運営スタッフ35名全員にタグ付ネックストラップを配布した。訓練参加受付とタグ付ネックストラップ配布の様子を図4に示す。

その後、防災訓練における各種イベントの間の時間を活用し、訓練参加者の点呼作業を実施した。また、訓練参加者にアルファ化米を配給する際、提案システムを用いて配給管理を実施した。実験企画者はそれぞれの作業の様子を



(a) タグ無グループ



(b) タグ有グループ

図5 点呼作業の様子



(a) タグ無グループ



(b) タグ有グループ

図6 食料配給作業の様子

観察するとともに、作業時間を計測した。点呼作業の様子を図5、食料配給作業の様子を図6に示す。

さらに、訓練終了時に参加者に対してRFIDタグ活用に関するアンケート調査を実施した。調査項目は次の5項目とした。

- ① 参加者属性：年齢層を調査（本項目の結果に基づいて、前述の参加者の年齢層に関するデータを収集した）。
- ② RFIDタグ利用の有効性評価：RFIDタグを用いた避難所での点呼や支給物資の配給などが短時間で終わることに対する有効性を評価。タグ無グループは、タグ有グループの実施の様子を観察した上で期待感を評価。
- ③ RFIDタグ利用の懸念点評価：RFIDタグの活用に対する抵抗感・懸念点などを評価。選択肢として、「特になし」、「タグを無くしてしまわないか心配である」、「常に首にかけておくのが面倒である」、「管理されている印象があり抵抗感がある」、「その他（自由記述）」を設定し、複数回答可とした。
- ④ RFIDタグ活用の受容性評価：RFIDタグを利用することの利点と欠点を総合的に考慮し、避難所運営にRFIDタグを活用することに対する受容性を評価。「避難者として抵抗感や懸念点が大きく、賛同できない」、「避難者として抵抗感や懸念点があり、より多くの利点がないと賛同できない」、「避難者として抵抗感や懸念点があるものの、避難所運営スタッフの負担が軽減されるのであれば、賛同できる」、「避難所運営が効率化されるため、賛同できる」の選択肢を設定した。
- ⑤ その他の意見・感想など、自由記入欄を設定した。

6. 実験結果と考察

点呼作業において、タグ有グループとタグ無グループで実施時間を計測・比較した。点呼を実施した人数が異なったため、両グループで実施速度を比較した結果、タグ有グループは25名/分、タグ無グループで9名/分となり、RFIDタグを用いることで点呼実施速度は約3倍となった。タグ無グループは、一人ひとりの名前を呼んで確認しながら点呼を進めるため、一度の実施で終了した。一方、タグ有グループは、RFIDタグが正常に読み取れたかどうかを確認するため、二度読み取りを行った結果である。一人ひとりの名前を呼んで確認しながら点呼を進める場合の実施速度は、点呼人数が増えた場合でもほとんど変わらないと考えられるが、RFIDタグを用いる場合は点呼人数が増えれば実施速度がより高くなることも想定され、詳細な分析は今後の課題となる。

また、食料配給作業において、タグ有グループとタグ無グループで実施時間を計測した。食料配給を行った人数が異なったため、両者で実施速度を比較した結果、タグ有グループは13名/分、タグ無グループで4名/分となり、RFID タグを用いることで食料配給実施速度も約3倍となった。タグ無グループは、紙の訓練参加者名簿を用いて支給状況を確認しながら配給作業を行うため、配給人数が多くなると支給者を名簿の中から検索する時間が長くなるため、実施速度は低下する可能性がある。避難者名簿は受付順で記入されており、氏名の五十音順、町内会のブロックなどとの関連付けがなくランダムに並んでいる。氏名確認をしながら個別の状況を確認する場合に、上記のような関連付けに基づくソートがなされている場合とそうでない場合とで、作業による識別速度が変化する。また、避難者にカナ文字で氏名の記入を依頼しても、漢字で氏名を記入する場合もある。その際、筆跡次第では識字に時間を要したり、常用漢字で用いられる読みと異なる場合、作業者が正しく氏名を読めなかったりするなどの問題が生じてしまう。

また、今回はタグ有グループの食料の受け取りも1列に並んで実施したが、複数列に並んで受け取ることを許容しても受け取り確認で対応する運営スタッフが増えるわけではないため、実施速度はより高くなる可能性がある。

次に、避難所運営にRFID タグを活用することに関するアンケート調査結果を示す。アンケートの回答数（回答率）は、タグ無グループが20件（約50%）、タグ有グループが一般参加者32件、運営スタッフ35件の計67件（それぞれ約82%、100%）であった。

まず、今回の点呼作業や食料配給作業におけるRFID活用に対して、どの程度の効果を感じたかについて調査した結果を図7に示す。図7より、一般訓練参加者のタグ有グループでは81%が「大きな効果がある」と評価し、「多少効果がある」を含めると94%が効果を認める結果となった。一方、導入効果の期待度を評価したタグ無グループでは、65%が「大きな効果が期待できる」と評価し、「多少効果が期待できる」を含めると80%が効果を期待する結果となった。運営スタッフは一般訓練参加者のタグ有グループと比較して若干評価が厳しくなったが、これは提案システムの運用に関する不安が一要因であると考えられる。訓練参加者全員で見ても、約7割が大きな効果や期待を寄せる結果となった。

2番目にRFID タグ利用の懸念点を評価した結果を図8に示す。図8より、訓練参加者全体の4割以上が懸念点は「特になし」とし、最も大きな懸念点には「タグ付ネックストラップを無くしてしまわないか心配である」が同程度の割合で示される結果となった。実験実施の前段階では、

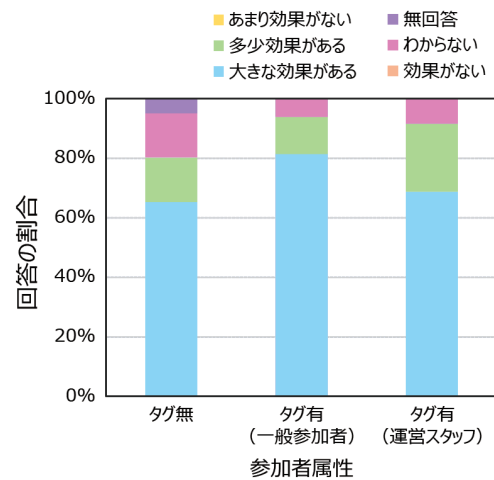


図7 RFID タグ利用の有効性評価

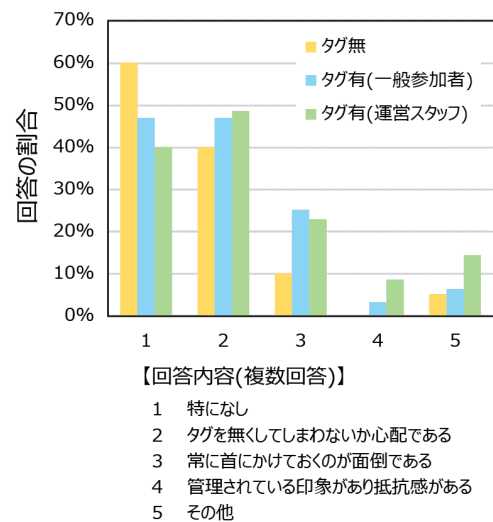


図8 RFID タグ利用の懸念点評価

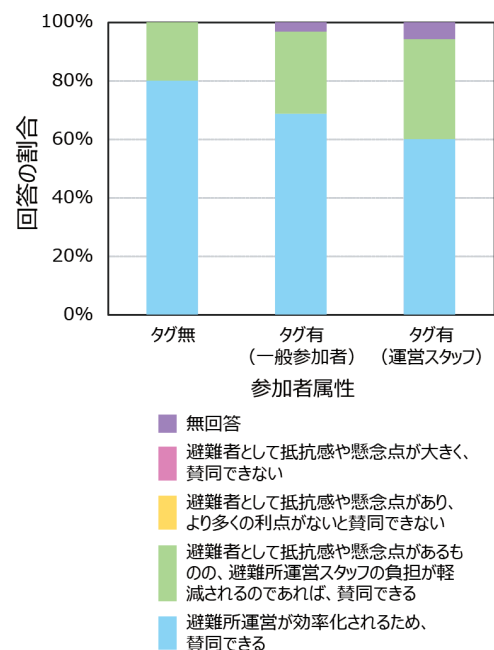


図9 RFID タグ活用の受容性評価

通常モノの管理に使用される RFID タグを避難者（人）の管理に適用することで、モノのように管理されていることに対する嫌悪感が示されるのではないかと懸念していたが、その観点はほとんど示されなかった。その他の意見では、「高齢者がシステム運用者になった場合に対応できるか不安」、「タグを雑に扱って壊れてしまわないか不安」、「家族内で間違えて付けてしまいそう」などが挙げられた。

3 番目に、RFID タグ利用の効果と懸念点を総合的に考慮した提案システムの受容性を評価した結果を図 9 に示す。図 9 より、RFID タグ活用に賛同できないという回答はなく、避難所運営の効率化に向けて RFID タグを導入することをポジティブに捉える回答となった。その他の自由記述には、「ネックストラップではなく、名札のように服にピン止めするなどの方法だと邪魔にならない」、「会話なしに点呼などができるのはコロナウイルス感染症対策にもなる」、「個人情報の観点で管理データの取り扱いには課題が残る」、「床に置いたタグも反応するため、タグの読み込みだけでなく目視での確認も必要」などの意見があった。

7. まとめと今後の課題

本研究では、大規模災害において避難生活が長期化した場合を想定し、RFID タグを用いて避難者の点呼作業や食料物資の配給管理を支援するシステムを検討した。自主防災訓練の場を借りた実証実験を行い、提案システムを用いることで点呼作業や食料配給作業の実施速度が約 3 倍向上することを実証した。また、訓練参加者へのアンケート調査の結果から、RFID タグを用いた避難所運営効率化に対して約 70% が大きな効果を体感されたことを示した。避難所運営に RFID タグを利用することで、自分がモノのように管理されているというような嫌悪感はほとんど示されず、訓練参加者のほとんどが避難所運営の効率化に向けて RFID タグを導入することをポジティブに捉えていることが明らかになった。

今後の短期的課題として、避難所受付において効率的に避難者データベースを構築する（RFID タグと対応付け）仕組み、避難者が避難所のどのエリアにいるかの位置情報を得る仕組み、避難者（特に、高齢者や要配慮者）の健康管理支援の一環として避難所内での体調異変者の早期発見につながる仕組みなどの検討が必要である。また、アンケート調査で懸念点として示された「タグ付ネックストラップを無くしてしまわないか心配である」については、ネックストラップではなく、リストバンドタイプのタグなどを採用するなど、避難者の負担を軽減する装着方法についても検討が必要となる。

さらに、中期的には、異なる地区に開設された避難所間

の情報共有を支援する仕組みや、行政による避難所運営状況（避難者数、物資数等）の把握を支援する仕組みへと発展させていく予定である。

謝辞

避難所運営効率化に関する実証実験では、安佐北区落合学区自主防災会連合会の柳迫長三様をはじめ、自主防災訓練参加者の皆様に協力頂いた。また、提案システムの実現において、株式会社三宅 三宅正光様、折本秀樹様、株式会社ハイエレコン 萬谷哲也様にも協力頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

文献

- [1] 国土交通省, “令和 4 年版国土交通白書”,
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r03/hakusho/r04/pdfindex.html>, (参照2022-10-28)
- [2] 内閣府, “令和元年版防災白書”,
<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h31/>,
(参照2022-10-28)
<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h31/honbun/index.html>, (参照2022-10-28)
- [3] 内閣府 (防災担当), “避難所運営ガイドライン”,
https://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/2204_hinanjo_guideline.pdf, (参照2022-10-28)
- [4] 坂田朗夫・川本篤志・井面仁志・白木 渡, “複合災害に備えた基礎自治体のレジリエントな避難所開設・運営の提案”, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.76, No.2, pp.I-117-I-122, (2020)
- [5] 福岡工業大学, “避難所運営をデジタルで効率化する新システムを開発”, PR TIMES,
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000010.000047155.html>, (参照2022-10-28)
- [6] 松永侑貴恵, “全国初! 自治体による避難所のデジタル化に向け、宮崎県都城市と民間 2 社がシステムを構築・本格運用”, INTERNET Watch,
<https://internet.watch.impress.co.jp/docs/news/1360743.html>, (参照2022-10-28)
- [7] 読売新聞, “避難所運営をデジタル化へ、氏名や体調を自らスマホ登録…12月から順次”, 読売新聞オンライン,
<https://www.yomiuri.co.jp/politics/20220908-OYT1T50259/>, (参照2022-10-28)
- [8] 東北システムズ・サポート,
<https://www.tss21.co.jp/>, (参照2022-10-28)